

Robot által támogatott terápia hatásosságának vizsgálata stroke-on átesett betegek felső végtagi funkciójának javítására

Doktori értekezés

Dr. Péter Orsolya

Semmelweis Egyetem
Klinikai Orvostudományok Doktori Iskola



Témavezető: Dr. Fazekas Gábor, Ph.D., osztályvezető főorvos

Hivatalos bírálók: Dr. Toronyi Éva, Ph.D., egyetemi docens
Dr. Kiss Rita, D.Sc., egyetemi tanár

Szigorlati bizottság elnöke: Dr. Géher Pál, Ph.D., egyetemi tanár
Szigorlati bizottság tagjai: Dr. Varjú Cecília, Ph.D., egyetemi adjunktus
Dr. Mayer Ágnes, Ph.D., adjunktus

Budapest
2017.

TARTALOMJEGYZÉK

| | | |
|-----|----------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. | RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE | 4. |
| 2. | BEVEZETÉS | 6. |
| | 2.1. A robotok segítségével végzett terápia helye a rehabilitációban | 6. |
| | 2.2. Felső végtagot tornáztató robotok a rehabilitációban | 7. |
| | 2.3. Váll-könyök tornáztató robotok | 11. |
| | 2.4. Csukló-kéz tornáztató robotok | 32. |
| | 2.5. A Reharob Gyógytornáztató Rendszer | 43. |
| 3. | CÉLKITŰZÉSEK | 45. |
| | 3.1. Irodalomkutatás célkitűzései | 45. |
| | 3.2. Technikai fejlesztés célkitűzései | 45. |
| | 3.3. Klinikai céljaink | 45. |
| 4. | MÓDSZEREK | 46. |
| | 4.1. Az irodalomkeresés módszertana | 46. |
| | 4.2. Az alkalmazott technika ismertetése | 46. |
| | 4.3. Betegek | 51. |
| | 4.4. A klinikai vizsgálat menete | 55. |
| | 4.5. Alkalmazott statisztika | 57. |
| 5. | EREDMÉNYEK | 58. |
| | 5.1. Technikai eredmények | 58. |
| | 5.2. Motoros skálák eredményei | 58. |
| | 5.3. Funkcionális skálák eredményei | 58. |
| | 5.4. Betegelégedettségi kérdőívek eredményei | 61. |
| 6. | MEGBESZÉLÉS | 64. |
| 7. | KÖVETKEZTETÉSEK | 71. |
| 8. | ÖSSZEFOGLALÁS | 72. |
| 9. | SUMMARY | 73. |
| 10. | IRODALOMJEGYZÉK | 74. |

| | | |
|-----|---------------------------------------------------------------------|-----|
| 11. | SAJÁT PUBLIKÁCIÓK | 85. |
| | 11.1. A disszertáció témájához kapcsolódó saját publikációk | 85. |
| | 11.2. Egyéb saját publikációk | 85. |
| 12. | KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS | 86. |
| 13. | ÁBRÁK JEGYZÉKE | |
| 14. | MELLÉKLETEK | |
| | 14.1. Fugl-Meyer skála – felső végtagi alskála | |
| | 14.2. Módosított Ashworth skála | |
| | 14.3. British Medical Research Council által ajánlott izomerő skála | |
| | 14.4. Action Research Arm Test | |
| | 14.5. Functional Independence Measure | |
| | 14.6. Barthel Index | |

1. RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

| | |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ADL: | Activity of Daily Living / mindennapi élettevékenységek |
| ARAT: | Action Research Arm Test |
| BBT: | Box and Block Test |
| BME: | Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem |
| CBS: | Catherine Bergego Scale |
| CIMT: | Constraint-Induced Movement Therapy / Kényszerindukált Mozgásterápia |
| CM: | Chedoke-McMaster Test |
| DoF: | Degree of Freedom / szabadságfok |
| FAT: | Frenchay Arm Test |
| FES: | Functional electrical stimulation / Funkcionális Elektromos Stimuláció |
| FIM: | Functional Independence Measure / Funkcionális Függetlenség Mértéke |
| FM: | Fugl-Meyer Assesment / Fugl-Meyer Skála -S, E, W, H – shoulder, elbow, wrist, hand / váll, könyök, csukló, kéz |
| JTHF: | Jebsen Test of Hand Function |
| MAL: | Motor Activity Log |
| MFT: | Manual Function Test |
| MI: | Motricity Index |
| MIME: | Mirror Image Motion Enabler |
| MIT: | Massechusettes Institute of Technology |
| MP: | Motor Power |
| MRC: | Medical Research Council |
| MVTs: | Maximal Voluntary Torques |
| NEADL: | Nottingham Extended Activities of Daily Living |
| NMES: | Neuromuscular Electrical Stimulation / Neuromuszkuláris Elektromos Stimuláció |
| RCT: | Randomized Controlled Trial / Randomizált Kontrollcsoportos Vizsgálat a, p ROM: active, passive Range of Motion / aktív, passzív Mozgástartomány |
| RTP: | Repetitive Task Practice |
| SD: | Standard Deviation/Standard Deviáció |

| | |
|-------|--------------------------------------------------------------------------|
| SIS: | Stroke Impact Scale |
| TSRT: | Task Specific Repetitive Training / Feladat Specifikus Ismétlődő Kezelés |
| TUG: | Timed Up and Go |
| VAS: | Visual Analogue Scale/Vizuális Analóg Skála |
| WMFT: | Wolf Motor Function Test |

2. BEVEZETÉS

2.1 A robotok segítségével végzett terápia helye a rehabilitációban

Az elmúlt évtizedek technikai újításai, így a robottechnológia fejlődése érintik az egészségügyet is. Egyre több a tapasztalat, klinikai vizsgálat arról, hogy milyen betegek esetében alkalmazhatunk robotok segítségével végzett tornát. A robotokat leggyakrabban stroke-betegek rehabilitációja során használják, de készültek már klinikai vizsgálatok traumás agysérültek (1), gerincvelő sérültek (2), cerebrális paresis (3) és egyéb neuromotoros betegségek (4) esetén is. Ez a fajta terápia elsősorban a korai, intenzív, feladat-specifikus és célorientált, ismétlődő gyakorlatok miatt tekinthető hasznosnak, hiszen a robot bármekkora ismétlésszámot képes a betegnek biztosítani, kifáradás nélkül, szemben a mozgásterapeuta korlátozott terhelhetőségével. Az említettek mellett a robotos kezelés alkalmas lehet neurorehabilitációs állapotfelmérésre, valamint a funkcionális mozgások korrekciójára. Előnye még, hogy motiválja a betegeket, mert e módszert a páciensek különlegesnek, érdekesnek találják(5).

A fejlett országokban a stroke a leggyakoribb, tartós fogyatékosághoz vezető, magas incidenciájú betegség (6). A cerebrovascularis esemény számos fizikai funkciót érinthet, megfigyelhető az izomerő csökkenése, az izommozgások szelektivitásának csökkenése/megszűnése, izomtónus változások, egyensúly-és koordinációs zavar, érzés- valamint érzékszervi zavar. Emellett a szellemi és lelki funkciók károsodása sem elhanyagolható (7). Éppen ezért a stroke-on átesett betegek rehabilitációs programja összetett és anyagilag rendkívül megterhelő. A végtagi motoros funkciókban és a napi tevékenységekben (ADL) megmaradt károsodás és hiány adja a stroke fontos társadalmi hatását. A stroke után 6 hónappal a betegek 70 %-ánál kimutatható az érintett oldali kéz motoros funkciójának károsodása annak ellenére is, hogy e betegek részt vettek rehabilitációs programokban (8). A rehabilitáció eredményesebbé tételére számos új eljárást dolgoztak ki az elmúlt évtizedekben, és újabb technikai segédeszközök is megjelentek. Példaként említhető ezekre a funkcionális elektromos stimuláció (FES), a tükrötherápia, a kényszer indukálta mozgás terápia (CIMT) vagy a bilaterális tréning(5,9).

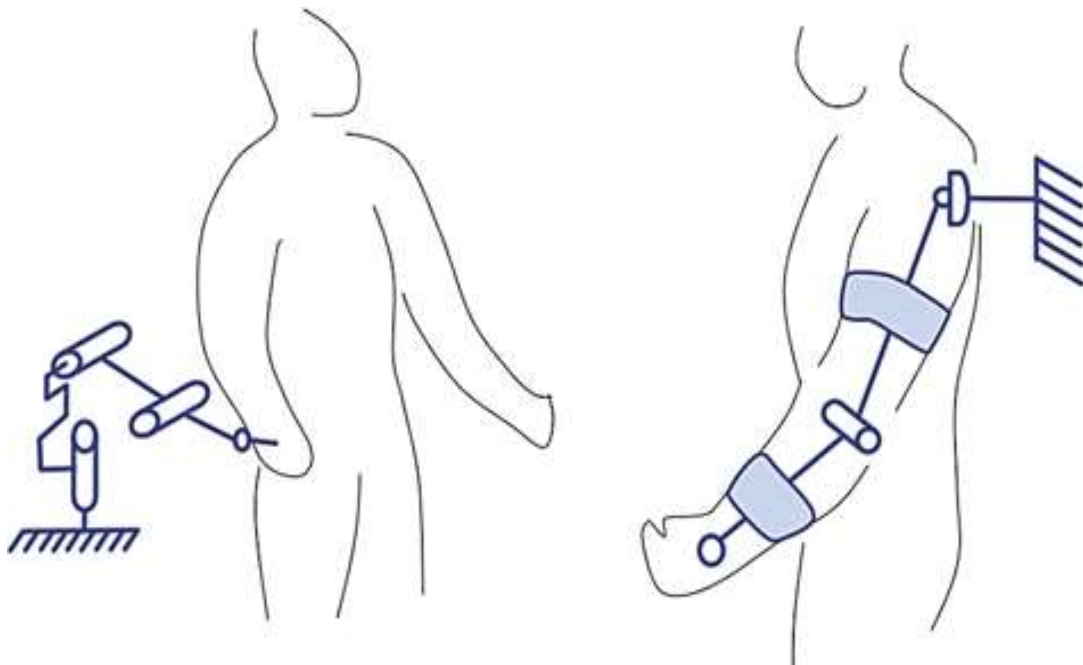
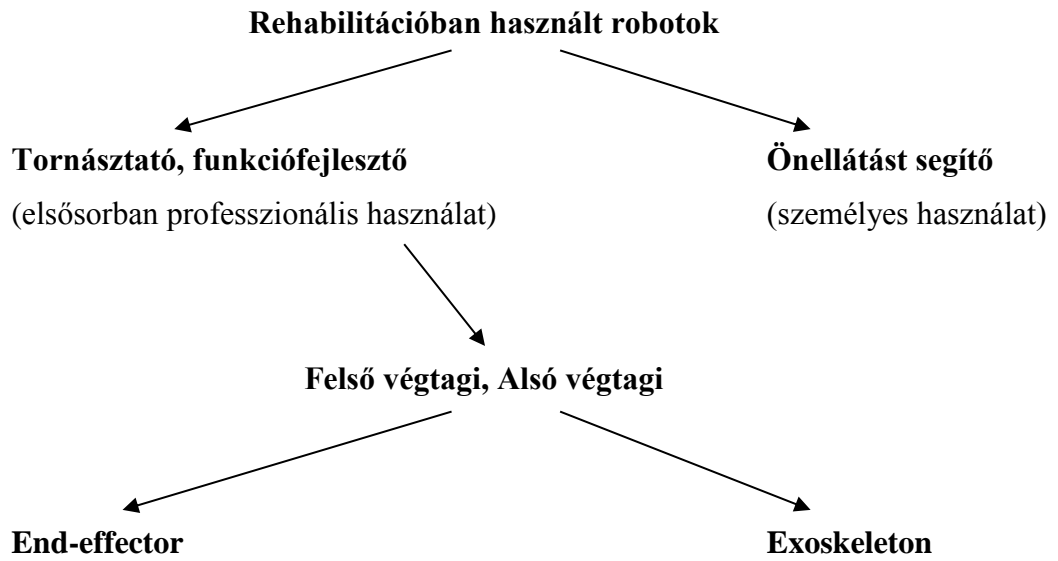
2.2 Felső végtagot tornásztató robotok a rehabilitációban:

A robotok meghatározása nem egységes, az ISO 8373:2012 ipari robot definíciója a következő:

„Automatikusan vezérelt, újraprogramozható, többféle funkcióra felhasználható manipulatív gép, három vagy több újraprogramozható tengellyel, akár rögzített, akár szabadon mozgó változatban, ipari automatizálási célokra való felhasználásra.

Talán könnyebben értelmezhető az alábbi robotokra vonatkozó meghatározás: „A robotok rugalmasan újraprogramozható, komplex mozgással és/vagy tárgymanipulációval járó feladatot részben vagy teljesen önműködően végrehajtó, szenzor alapú mechatronikai eszközök. A hagyományos automata gépektől eltérően, nem csak előre meghatározott feladatsorok végrehajtására képesek, hanem a felhasználó szükség szerint tudja programjukat változtatni, tevékenységüket meghatározni. A programozás felhasználóbarát módon történik. A robotok feladatuk végrehajtásakor érzékelik környezetük változásait és módosítják működésüket. ‘ (10)

A rehabilitációban használt robotok két csoportját az 1. ábra mutatja. Az 1. táblázat a tornásztató, funkciófejlesztő robotok két szerkezeti típusának főbb jellemzőit foglalja össze.



1. ábra: A rehabilitációban használt robotok felosztása

1. táblázat: A felső végtagot tornásztató end-effector és exoskeleton típusú robotok főbb jellemzői:

| End-effector | Exoskeleton |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Több szabadságfokú mozgást biztosít egy vagy több felső végtag résznek. | Felépítése szorosán (és soros módon) követi a tornásztatott felső végtagét. |
| Egy csatlakozási pont. | Több kapcsolódási ponton/felületen keresztül csatlakozik a végtaghoz, így a végtag pozíciója teljesen meghatározott. |
| Alcsoportok: egy kar (egyoldali), két kar (kétoldali) | Külön képesek kontrollálni minden anatómiai ízületben a kölcsönhatásban lévő forgatónyomatékokat. |
| Általában az ízület(ek) anatómiai mozgásai nem kivitelezhetőek, kivételt képez a Reharob | Alkalmasabbak a mindennapi feladatok végzésére, hiszen nagyobb mozgástartományt biztosítanak. |
| | Hátránya: gyakran jelentkezik kinematikai eltolódás a robot és az emberi ízület anatómiai tengelye között, hosszabb felvételi és levételi idő. |
| Példák: MIT-Manus/InMotion, MIME, Gentle/S, Reharob, NeReBot (kábelvezérelt) | Példák: ARMin, MULOS, L-EXOS |

A felső végtagot tornásztató robotok a kezelés során rendszerint többféle üzemmódban is képesek a beteget támogatni, vagy akár ellenállást biztosítani számára. A 2. táblázat az irodalomban előforduló üzemmódokat foglalja össze.

2. táblázat: A robotos terápia során a robotok által használt üzemmódok összefoglalása *Basteris és munkatársai (11)* alapján

| Üzemmód | Jellemzői |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Passzív | Robot végzi a mozgást (anélkül, hogy figyelembe venné a beteg tevékenységét). |
| Tükör / Kétoldali | Bimanuális robotok jellemzője, az ép végtag vezeti/vezérli az károsodott végtag passzív mozgását. |
| Aktív | A robotot mintegy mérőműszerként használják anélkül, hogy támogatóerőt biztosítana a paretikus végtagnak. |
| Vezetett aktív | A beteg önkéntes aktivitása szükséges, a robotok segíthetnek súlylátámasztással vagy biztosíthatnak támogatást a célfeladat befejezéséhez. |
| Vezetett aktív-passzív kombináció | A robot csak akkor aktivizálódik, ha a résztvevő nem tudja (aktívan) befejezni a feladatot. Ekkor a robot a beteg végtagját passzívan mozgatja a megadott cél felé. |
| Aktív kontrollált | A beteg mozgását leállítja a robot, ha egy előre megadott hibát/hibahatárt elér (pl. túl nagy távolság a kívánt pozíciótól), utána megkéri, hogy végezze el a feladatot újra. |
| Ellenállásos | A robot ellenállást biztosít a mozgás során. |

Az irodalmi adatokat áttekintve, az eredmények azt mutatják, hogy a legtöbb tanulmány eddig a krónikus stroke-betegek váll-könyök ízületi funkcióinak fejlesztésére összpontosított. Basteris és munkacsoportja 2014-ben 74 klinikai vizsgálat alapján állította össze az alábbi összefoglaló ábrát (2. ábra), mely mutatja milyen stádiumú stroke-betegek milyen arányban vettek részt a vizsgálatokban, valamint a tornásztatott felső végtagi ízületek előfordulási gyakoriságát (11).



2. ábra: Bal oldalon a 74 klinikai vizsgálatban résztvevő stroke-betegek stádiumának megoszlása, jobb oldalon a tornásztatott felső végtagi ízületek előfordulási gyakorisága látható

Napjainkban egyre inkább úgy tűnik, hogy a robotos rehabilitáció során a bénult felső végtagi motoros funkciók jelentősebb javulásához a passzív mozgások nem elégségesek, hanem szükséges a páciensek aktív részvétele is a mozgás megkísérlésében. Az aktív mozgással összekapcsolt folyamatos passzív mozgatás már hozzájárulhat a motoros funkciók visszanyeréshez, amint azt számos robot-terápiás készülékkel már bizonyították. Az adaptív kezelés, mely során a koordináció javítása érdekében a robotos segítség, valamint ellenállás mértéke folyamatosan alkalmazkodik a beteg igényeihez, jelentős előnyt jelenthet, jobb eredményeket biztosíthat, mint a hagyományos robotos terápia (12).

Bővebb irodalmi áttekintésem a felső végtagi funkciók javítását, fejlesztését szolgáló robotokat mutatja be.

2.3. Váll-könyök tornásztató robotok:

A korai projektek leginkább a váll és könyök tornásztatására koncentráltak. Az első, mára már történelmi jelentőségű, tornásztatást és funkciófejlesztést szolgáló robot, a

kaliforniai Paolo Altoban fejlesztett **MIME** (Mirror Image Motion Enabler) (13). A beteg kerekesszékekben rögzítve ül, egy állítható magasságú asztal előtt. A páciens bénult karját egy alkar sínrel csatlakoztatja a Puma típusú robothoz és így kell célmozgásokat végrehajtania (3. ábra). A robot 4 különböző típusú mozgást támogat:

- **„passzív” mód:** a robot mozgatja a beteg végtagját a cél felé.
- **„vezetett aktív” mód:** a beteg indítja meg a mozgást a cél felé, és a „robottal együtt dolgozik”.
- **„ellenállásos” mód:** a robot ellenállást fejt ki, hogy a megfelelő irányba terelje a beteg mozgását, ha letérne a megfelelő mozgáspályáról.
- **„kétoldali” mód:** a robot segíti a bénult végtagot, a mozgást az épp oldali végtag irányítja.

Két klinikai vizsgálat készült a rendszerrel. Az egyik szubakut (1-5 hónappal a stroke után) stádiumú stroke-betegekkel történt. A pácienseket 4 csoportba sorolták:

- **egyoldali robotos csoport:** 9 fő, a betegek kombinálva kapták az egyoldali terápiákat
- **kétoldali (bilaterális) robotos csoport:** 5 fő, csak kétoldali terápiát kaptak
- **kombinált robotos csoport:** 10 fő, egyoldali és kétoldali terápiát kaptak fele-fele arányban
- **kontroll csoport:** 6 fő

A kombinált robotos csoport jelentősebb javulást mutatott a proximális Fugl-Meyer Assesment (FM) és a Motor Status Score (MSS) skálákban, mint a kontroll csoport. Ezek a különbségek a 6 hónapos utánkövetés alkalmával már nem álltak fenn. Amikor a kombinált robotos – és az egyoldali robotos csoportot hasonlították össze, a FM, a Motor Power (MP) érték és a Functional Independence Measure (FIM) szignifikánsan javult mindkét csoportban, a MSS pedig csak a kombinált robotos csoportban. Az utánkövetés alkalmával az egyoldali robotos csoport nagyobb javulást mutatott a distális FM esetében. A kizárólag bilaterális üzemmódban kezelt betegek érték el a legkisebb javulást az állapotfelmérő skálákban (14).

A másik jelentősebb tanulmány egy randomizált kontrollcsoportos vizsgálat (RCT), ahol a 27 krónikus (6 hónappal az agyi történés után) stroke-betegből 13 részesült robotos terápiában. Az alkalmanként egy órás kezelések (összesen 24 alkalommal) két

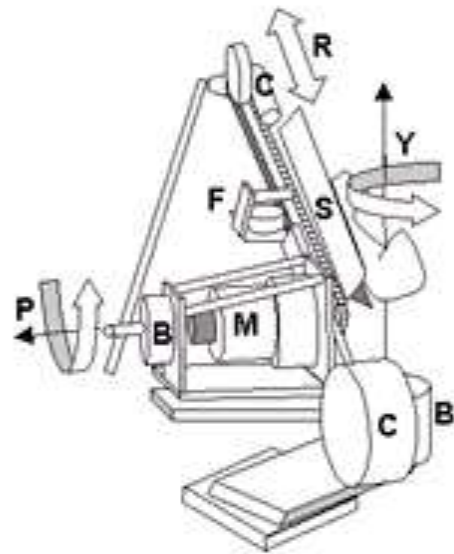
hónapon keresztül folytak. A FM proximális felső végtagi mozgásokat értékelő része szignifikánsan nőtt a kontroll csoporthoz képest, mind a kezelés első, mind pedig a második hónapjában. 6 hónap elteltével a FM tekintetében a két csoport nem különbözött, de a robotos csoportban magasabb FIM értékeket mértek.

A mára befejezett program a robotos fejlesztés fontos lépését képviselte, hiszen ez volt az első ilyen jellegű projekt, másrészt kiemelendő, hogy itt használtak először ipari robotot tornáztatáshoz.



3. ábra: A MIME kétoldali (felül) és egyoldali (alul) terápia közben

A másik történelmi jelentőségű robot a Rehabilitation Institute of Chicago által létrehozott **Assisted Rehabilitation and Measurement (ARM) Guide**. A rendszer a koordináció fejlesztését szolgálja. A beteg bénult alkarját és kezét egy speciálisan kialakított sínben rögzítik. A robot egy egyenes tengely mentén képes asszisztálni a paretikus végtag mozgását (4. ábra). A vizuális visszacsatolást a beteg előtt lévő monitor teszi lehetővé. (16). 2006-ban *Kahn és munkacsoportja* 19 krónikus stroke-os beteg bevonásával vizsgálta a rendszer eredményességét. 10 beteg részesült robotos terápiában (aktív, célzó mozgásokat gyakorolt), 9 páciens pedig a kontrollcsoportot alkotta. Vizsgálták a biomechanikai paramétereket, a mozgás egyenességét és simaságát és a klinikai skálák közül a Chedoke-McMaster Test-et (CM) valamint a Rancho Los Amigos Functional Test-et. Mindkét csoportban szignifikánsan javultak a biomechanikai paraméterek és a CM teszt eredménye. A szerzők szerint ez a típusú robotos torna bár javította a bénult kar mozgását, de nem nyújt semmilyen kimutatható további eredményt az összehasonlító hagyományos terápiához képest (17).



4. ábra: Az ARM-Guide robotrendszer

Szintén korai fejlesztésű a Massachusetts Institute of Technology által 1991-ben készített váll-könyök tornásztató **MIT-Manus**. A rendszer kereskedelmi forgalomba *InMotion2* néven került (5. ábra). Ez egy két szabadságfokú (DoF), end-effector típusú robot. A kezelés során a beteg bénult karját egy robotkarhoz csatlakoztatják, melynek végén kurzor található. A kurzort mozgatva kell a páciensnek „videojáték” szerű feladatokat végrehajtani, az előtte elhelyezett monitoron (18). A robottal számtalan klinikai vizsgálat készült, a beteganyag igen változatos volt: akut, szubakut és krónikus állapotú stroke-betegekkel egyaránt végeztek robotos kezeléseket.

A teljesség igénye nélkül ismertetném néhány, a robottal készült RCT-t és azok eredményeit (figyelembe véve, hogy mind akut, szubakut és krónikus stroke-beteggel készült kutatás szerepeljen a bemutatásban). Fasoli és munkatársai 2004-ben 56 olyan beteget vizsgált, akik átlagosan két héttel voltak első agyi történésük után. A robotos csoport legalább 25 kezelésben részesült és a terápia végén szignifikánsan nagyobb FM, váll és könyök Motor Status Score-t, izomerőt (MRC) és FIM értékeket mutatott a kontroll csoporthoz képest (19).

2014-ben 53 stroke-beteggel készült Sale és munkatársai RCT-je. A betegeket első stroke-juk után 30 ± 7 nappal randomizált módon két csoportba osztották. Mindkét csoport részesült standard terápiaiban, a robotos csoport ezen felül 30 alkalommal robotos kezelést, míg a kontroll csoport 30 ülés hagyományos terápiát kapott. Az

állapotfelmérések során nézték a FM, a váll, könyök Modified Ashworth Scale-t (MAS-SE), a váll és könyök teljes passzív mozgástartományát (pROM-SE) és a Motricity Index-et (MI). Szignifikánsan javult a MAS-SE, pROM-SE a kísérleti csoportban, valamint a FM és MI mindkét csoportban (a robotos csoportban nagyobb mértékben)(20).

2010-ben Lo és munkatársai több centrumos, igen nagyszámú, 127 krónikus stroke-beteg bevonásával készített RCT-t. 49 beteg intenzív robotos terápiát, 50-en résztvevő intenzív összehasonlító terápiát és 28-an hagyományos terápiát kaptak. A betegek 12 hét alatt, 36 alkalommal, alkalmanként egy órás kezelésben részesültek. A FM-t, Wolf Motor Function Test-et (WMFT), Stroke Impact Scale-t (SIS), a fájdalom mértékét és a MAS-sal a spaszticitást vizsgálták. 12 hét elteltével a motoros skálák nem javultak szignifikánsan semelyik csoportban (a robotos csoport jobb eredményt ért el, mint a hagyományos terápiát kapó betegek, de rosszabbat, mint az intenzív összehasonlító terápiában részesülők). A SIS szignifikánsan javult a robotos csoportban. A 36 hetes utánkövetés során a hagyományos terápiához képest a robotos csoport szignifikánsan magasabb FM és WMFT értékeket mutatott (21).

2010-ben *Posteraro és munkacsoportja* olyan tanulmányt publikált az MIT-Manus-szal, melyben két eltérő típusú robotos terápiát hasonlítottak össze. Az A csoportban célirányos „óra-szerű” (a központi céltól a perifériás célpontok felé mozgás) feladatokat gyakoroltak, míg a B csoport legyezőszerű mozgásokat végzett. Mindkét csoportban statisztikailag szignifikánsan javult MSS-SE, MAS-S, pROM-S. A könyök passzív mozgástartománya az A csoportban, míg az aktív könyök extensio a B csoportban változott szignifikánsan. Számos beteg váll fájdalma is jelentősen csökkent (22).

Az MIT-Manus robotrendszert később tovább fejlesztették, a csukló, kéz és ujj mozgásra koncentrálva (23). Jelenleg a robotrendszert 4 modul alkotja: **planáris modul** (2-DoF aktív), **verticális modul** (1-DoF aktív), **csukló modul** (3 DoF aktív), **fogást segítő modul** (1 DoF passzív). A verticális modul célja, hogy térbeli karmozgásokat is lehetővé tegyen, beleértve a gravitáció ellenében végzett mozgást is. A csukló robot (kereskedelmi forgalomba került néven: **InMotion3/WRIST**) abductionot-adductiot, flexiot-extensiot és pronatot-supinatot tesz lehetővé, működtethető önállóan, vagy a váll-könyök tornáztató rendszerrel együtt (6. ábra). Biztosítja a csukló

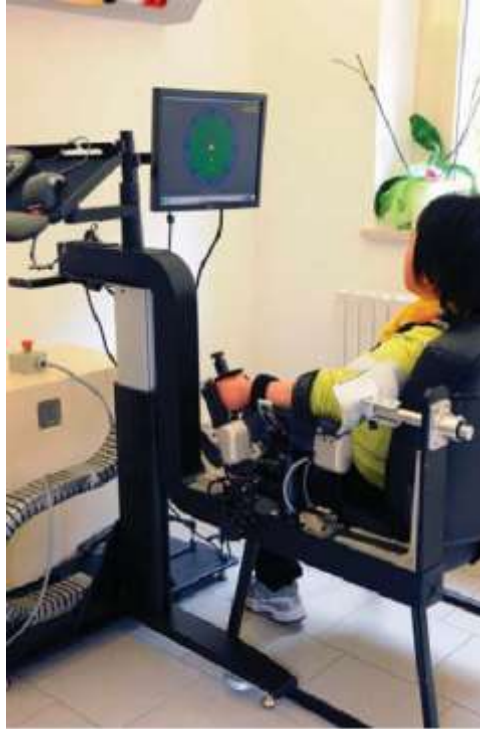
folyamatos passzív mozgását, izomerő fejlesztését, szenzoros és szenzomotoros tréningjét (24).

2013-an *Mazzoleni és munkacsoportja* egy a proximális és distális felső végtagi robotos terápiát összehasonító tanulmányt publikált 64 krónikus stroke-túlélő részvételével. Az A csoport váll-könyök tornáztatásban, míg a B csoport ezeken felül csukló mozgásban is részesült. A kezeléssorozat végén mindkét csoportban szignifikánsan javult a FM-SE, MI, míg a B csoportban a FM-W is. A munkacsoport megállapította, hogy a robotos kezelés hatékonyan csökkentette a motoros károsodást krónikus stroke-betegeknél. Amennyiben distális mozgással is kiegészítik a kezelést, az nem nyújt semmilyen járulékos hasznot a proximális szegmensben (25).



5. ábra: MIT-Manus/InMotion2/ARM robot terápia közben

Az MIT-Manus-szal készült klinikai vizsgálatok összességében azt mutatják, hogy a robotos terápia lehet olyan hatásos, mint a hagyományos terápia, illetve érdemes az eltérő típusú és különböző felső végtagi szegmensekben történő robotos terápiákat kombinálni.



6. ábra: Az InMotion3/WRIST csukló robot, mely működtethető önállóan, valamint a váll-könyök tornásztató rendszerrel együtt

Egy az Európai Unió 5-ös számú keretprogramjához tartozó projekt során fejlesztették a **GENTLE/S** -t. Kereskedelmi forgalomban kapható, Haptic Master nevű robotot használtak a rendszer kialakításánál. A beteg érintett karját a nehézségi erő kikapcsolása céljából egy függesztő rendszer tartja. Itt is monitor előtt ülve kell célzó mozgásokat végeznie a páciensnek (7. ábra). A robot három üzemmódban működik:

- **passzív módban** a robot mozgatja a beteg karját.
- **vezetett aktív üzemmódban** a beteg indítja a mozgást, és a robot csak utána kezd mozogni.
- **aktív módban** szintén a beteg indítja a mozgást, a robot akkor aktivizálódik, ha a résztvevő letér az adott mozgáspályáról, ekkor arra ösztönzi a páciens, hogy visszatérjen a meghatározott pályára.

2008-ban 20 beteg bevonásával egy randomizált kontrollált cross-over vizsgálatról számolt be *Coote és munkacsoportja*. A kutatás során randomizált kezelési fázisokat alkalmaztak ABC - ACB mintázattal. B fázisban kaptak robotos kezelést a páciensek, C fázisban (kontroll fázis) a beteg úgy végezte a feladatokat, hogy közben karját

felfüggesztették, de a robot nem működött. A kezelési fázisok három hétig tartottak, minden héten három 30 perces üléssel. A FM, a Motor Assessment Scale, a váll flectorok aktív mozgástartománya és a könyök MAS-je a robotos kezelési fázisban szignifikáns növekedést mutatott egyes betegeknél (26).



7. ábra: A GENTLE/S terápiás rendszer

Míg a GENTLE/S váll-könyök mozgásra képes, az újabb fejlesztésű, három szabadságfokkal rendelkező exoskeleton típusú robot, a GENTLE/G a hüvelyk-és a többi ujj együttes mozgására alkalmas (27).

A csukló-kéz tornásztatók közé is sorolható, az alkar pronatioját-supinatioját és a csukló hajlítását-nyújtását lehetővé tevő tendszer a **Bi-Manu-Track** vagy másnéven **Arm Trainer** (8.ábra). A robotot a berlini Reha-Stim fejlesztette ki. A Bi-Manu-Track három számítógép-vezérelt módban működőképes (28):

- **passzív-passzív üzemmód:** a robot mozgatja a beteg mindkét karját
- **aktív-passzív üzemmód:** az aktívan mozgó ép kar passzívan mozgatja az érintett kart
- **aktív-aktív üzemmód:** a kar mozgásához az érintett karnak le kell küzdeni a kezdeti ellenállást

E robottal készült egyik korábbi RCT során *Hesse és munkatársai* az Arm Trainer és a funkcionális elektromos stimuláció (FES) eredményességét hasonlították össze. 21 akut stádiumú stroke-beteg részesült robotos kezelésben. A FM és az izomerő értékek is szignifikáns növekedést mutattak az ARM Trainerrel kezeltéknél az elektromos stimulációban részesülökhöz képest (29).

Másik a rendszerrel készült korai klinikai vizsgálat a robotos terápia hatásosságát a robot nélkül, szabadon végzett tárgy megfogással/elengedéssel vetette össze. A tanulmányban 19 krónikus stroke-túlélő vett részt. A kezelés befejeztével a két csoport eredményei érdemben nem különböztek egymástól. A szerzők úgy találták, hogy az ismétlődő, feladatorientált terápia bármely formája kellő stimulust nyújthat a motoros funkciók javulásához krónikus stroke-beteg esetén (30).

Két újabb RCT is készült az ARM-Trainerrel, melyek a kombinált kezelések hatékonyságát vizsgálták. Az első 2015-ben 39 krónikus stroke-beteg beválasztásával történt. A szerzők a robotos terápia (19 fő) és a kombinált robotos - neuromuszkuláris elektromos stimuláció (NMES, 20 fő) eredményességét kutatták. A betegek heti 5 alkalommal, alkalmanként 90-100 perces terápiában részesültek 4 héten keresztül. Felmérték kiinduláskor és a terápia végén a FM, MAS, WMFT (külön pontozva a teljesítési idő és a mozgás minőség) SIS és Motor Activity Log (MAL) skálákat, valamint a három hónapos utánkövetéskor a FM-t MAL-t és SIS-t. A robotos terápia passzív-passzív módban 200 ismétlést (5-10 perc), aktív-passzív módban 750 ismétlést (20 perc) és aktív módban a beteg állapotától függően 50-200 ismétlést (5-10 perc) tartalmazott. Az ülés második felében további 20-30 percig funkcionális feladatot végeztek a beteggel. A kombinált csoportban aktív-passzív és aktív-aktív üzemmódban NMES is alkalmaztak a pararetikus karon. A FM, WMFT – mozgás minősége, MAL, SIS skálák a kiindulási értékekhez képest szignifikánsan javultak mindkét csoportban, míg a MAS értékek közül egyedül a csukló flexor érték lett szignifikánsan jobb a kombinált csoportban. A SIS kéz funkciót vizsgáló eleme szintén csak a kombinált csoportban javult szignifikáns mértékben (31).

A második, 2016-ban közölt tanulmány a robotos terápia, illetve a kombinált robotos és módosított (csökkentett erősségű és idejű kezelés) kényszerindukálta mozgásterápia hatásosságát vizsgálta. 34 krónikus stádiumú stroke-beteg bevonásával készült a

vizsgálat, mindkét csoportban 17-17 fővel. A csoportok azonos ideig részesültek terápiában, átlagban 90-105 percig naponta, heti 5 nap, 4 egymást követő héten. A robotos torna alatt 600-800 ismétlése történt a passzív-passzív és az aktív-passzív üzemmódnak 15-20 percig, majd 150-200 ismétlés az aktív-aktív módban körülbelül 5 percig. Utána 15-20 perc funkcionális tréning következett, olyan feladatokkal, mint pénzérme felvétel, üveg kinyitás, újság lapozás, tárgyak hordozása, törülköző kicsavarás, asztal letörlés, mobil telefon használata. A feladatokat a páciens és a terapeuta együtt választották ki. A feladat kiválasztását és nehézségi szintjét, illetve a segítség mértékét a beteg képességei és javulásának üteme határozta meg. A CIMT során a kezelés részét képezte az érintett kar tréningje, különböző funkcionális feladatok gyakorlásával, valamint az ép kar mozgását minden nap 6 órára korlátozták. Igyekeztek a bénult kar használatát megkönnyíteni viselkedési szerződéssel, otthoni napló használatával és problémamegoldó mentorálással. A vizsgált klinikai paraméterek a WMFT, FIM, a Nottingham Extended Activities of Daily Living (NEADL) voltak. A kombinált csoportban (robotos terápia+módosított CIMT) szignifikánsan nagyobb javulást mutatott a mozgás minőségét értékelő WMFT és a NEADL összpontszáma, mint a csak robotos terápiában részesülő csoportban (32).

Az újabb, Bi-Manu-Track és NMES vagy CIMT kombinációjával készült vizsgálatok azt mutatják, hogy érdemes a robotos terápiát más terápiás lehetőségekkel együtt alkalmazni a nagyobb hatásosság elérése céljából.



8. ábra: Az alkar pronatio-supinatioját és a csukló hajlítását-nyújtását lehetővé tevő Bi-Manu-Track

A Padovai Egyetemen kifejlesztett, három szabadságfokú, vezetékes váll-könyök tornáztató robot a **NeuroRehabilitation Robot (NeReBot)**. A robot alapja egy C-alakú görgős talpazatból és egy középső oszloprészből áll. Az oszlop tetején három alumínium kar tart három nylon vezetéket, melyek egyik vége három egyenáramú motorhoz, másik vége egy ortézis segítségével a beteghez kapcsolódik (9. ábra). A rendszer nagy előnye a szállíthatóság, könnyen elhelyezhető egy kórházi ágy vagy kerekesszék fölé, így a kezelés történhet az ágyban hanyatt fekvő, vagy kerekesszékben ülve is (33).

2007-ben készült az első klinikai vizsgálat a rendszerrel. *Masiero és munkatársai* 35 akut stroke-os beteg (többnyire egy héttel a stroke után) bevonásával kutatták a robot hatásosságát. Mindkét csoport részesült standard terápiában, melyen felül a robotos csoport (17 személy) heti 4 óra NeReBot terápiát kapott 5 héten keresztül. Szignifikánsan nagyobb javulást mutatott a kísérleti csoport a FM-SE, a delta és biceps izmok izomereje és a FIM Motor esetében a kontrollokhoz képest. A pozitív eredmények jelentős része 8 hónappal később, az utánvizsgálatkor is fellelhető volt. Masiero szerint a robotos terápia hatékony kiegészítője lehet stroke után a hagyományos terápiának már a rehabilitációs program kezdetétől fogva. (34)

2011-ben akut, szubakut stroke-betegek bevonásával készült egy RCT. 11 beteg alkotta a robotos csoportot, 10-en pedig kontrollként vettek részt a vizsgálatban. Mindkét csoport napi 120 perc kezelésben részesült, a hét 5 napján, 5 héten át. A kísérleti csoport 2x20 perces NeReBot kezelést kapott. Az állapotfelmérő skálák közül az izomerő, FM (total, SEC, WH), FIM Motor, Box and Block Test (BBT), Frenchay Arm Test (FAT), MAS került felvételre. A terápia végén a motoros és funkcionális skálák szignifikánsan javultak mindkét csoportban. A javulások nagy része az utánkövetés során is megmaradt, különösen a kísérleti csoportban. FM-WH és a FIM motor változások észrevehetően hangsúlyosabbak voltak a kontroll csoport esetében, de ez magyarázható azzal, hogy ezeknél a skáláknál a robotos csoport kiinduló értékei eleve magasabbak voltak. Az eredmények azt mutatták, hogy a kezeléssorozat végén mind a motoros, mind pedig a funkcionális skálák tekintetében kísérleti csoport betegeinél jobb értékeket találtak. (35).

Masiero és munkacsoportja 2014-es tanulmányában összehasonlította a hagyományos és a NeReBottal történő kezelés költségeit. Két akut, szubakut betegekkel készült, különböző protokollú RCT alapján mérték össze a hagyományos rehabilitációs kezelés költségeit, valamint a hagyományos kezelés mellett használva a robotos terápiát, illetve a standard rehabilitációs programot részlegesen helyettesítve a robotos kezeléssel. A robot- és kontrollkezelés költségeinek felmérésére a stroke utáni akut és szubakut fázisokban a terapeuta óránkénti költségeit és a rehabilitációs kórházi kezelés napi költségét, valamint a NeReBot terápia óránkénti költségeit vetették össze. Az utóbbit a berendezés teljes beszerzési költsége (50 000 EUR) és a karbantartási költségek alapján számították ki. A robotos költségeket a működtetés órájával osztották fel, figyelembe véve az amortizációt és az évi 2080 óra működést (52 héten át, heti 5 nap, napi 8 óra működéssel számolva). A robotos foglalkozás óránkénti költsége két összegből adódott össze: a berendezés használatának költségéből, valamint annak az üzemeltető /fizioterapeutának bérköltségéből, aki a robotos kezelés alatt felállítja a robotrendszerrel és felügyeli annak működését. Az utóbbi költség függ a szükséges felügyelet szintjétől, ami az adott beteg autonómiájától függ. Ezek alapján a gyógytornász óránkénti költségét 18,7 €-ra, az óránkénti robotos terápia (robot+terapeuta) költségét pedig 11,0 €-25,1 €-ra számították ki, a működő robotok számától (egy-től-négyig) és a felügyelet mértékétől (7,5-30 perc) függően. Arra a következtetésre jutottak, hogy robotos terápiájuk értékes és finansziális szempontok alapján is fenntartható támogató kezelés lehet a stroke-betegek rehabilitációja során (36). *Masiero* tanulmánya abból a szempontból jelentős, hogy a robotos terápia anyagi hátterét vizsgálja. Ilyen típusú felmérést nem találtam az irodalomban. Ismert tény, hogy a robotokkal végzett kezelés elég költséges, de a kutatás rámutat arra, hogy a robotos terápia finansziális szempontból már most (és a technika, illetve a tudomány fejlődésével majd még inkább) hasznos támogató lehetőség a páciensek számára.



9. ábra: A vezetékes robotrendszer, a NeReBot

Az **ARMinI** svájci fejlesztésű, részben exoskeleton típusú robot, mely a felkarhoz, alkarhoz és a kézhez csatlakozik. Három aktív szabadságfoka a vállat, egy pedig a könyököt mozgatja. A robot váll abductiót/adductiót, flexiót/extenziót, rotációt és könyök flexiót/extenziót segít. A beteg előtti kijelző bemutatja a mozgást és az elvégzendő feladatot a betegnek (37).

A robottal kezdetben kis esetszámú, kontrollcsoport nélküli vizsgálatok történtek. 2009-ben három krónikus (legalább 14 hónappal a stroke után) stroke-beteg robotos tornásztatásának eredményeiről számoltak be. Két hét alap állapotfelmérés után 8 hét robotos tornásztatást kaptak a résztvevők, két beteg heti három alkalommal egy órás kezelésben, míg egy beteg heti 5 alkalommal egy órás kezelésben részesült. A páciensek jól tolerálták az ARMin-nel végzett tornát. A FM skála mérsékelte, de szignifikáns javulást mutatott mindhárom betegnél. A javulások többsége fennállt a 8 hetes utánkövetéskor is (38).

2014-ben nagyszámú beteggel végzett klinikai vizsgálat készült a rendszerrel. 38 beteg kapott robotos kezelést, míg 35 páciens a kontroll csoportot képezte és hagyományos terápiában részesült. A betegek heti három nap 45 perces terápiában részesültek 8 héten keresztül. A FM szignifikánsan nagyobb javulást mutatott a robotos csoportban, a többi skála tekintetében azonban nem volt szignifikáns különbség a csoportok között. A szerzők szerint a különbség robotos és a hagyományos terápia hatásai között a

vizsgálatban statisztikailag jelentéktelen volt, ami e vizsgálat alapján kérdésessé teszi a terápia klinikai jelentőségét (39).

A továbbfejlesztett robotrendszer az **ARMinII** a váll, könyök tornáztatás mellett a csukló mozgására is képes. Két üzemmódban működik: passzív módban „tanít és ismétél”, aktív módban labdás vagy labirintusos játékot lehet játszani a robottal. Amennyiben a beteg nem tudja teljesíteni a feladatot, a robot segíti benne. 2009-ben készült pilot study a rendszerrel, 4 krónikus (több mint 12 hónappal az agyi történet után) stroke-beteg részvételével. 8 héten keresztül az egyes betegtől függően heti 3-4 alkalommal részesültek egy órás ARMinII kezelésben. Vizsgálták a FM, WMFT, a Catherine Bergego Skála (CBS) és a Maximal Voluntary Torques (MVTs) eredményeit. A négyből három beteg FM és WMFT értéke szignifikánsan javult (40).

Az ARMin robotok kereskedelmi forgalomba került változata az **Armeo (ARMinIII)**, mely egy három elemből álló rendszer (10. ábra). Az **ArmeoPower**-ben van robot, míg az **ArmeoSpring**-ben és az **ArmeoBoom**-ban nincs, ezek csak tehermentesített helyzetben tartják a felső végtagot és a betegnek saját izomerejénél fogva kell ugyanazokat a feladatokat végezni, mint a robotos változattal. A hármas robot sorozat lehetővé teszi, hogy a beteg állapotától függően a súlyosságának megfelelő eszközt vegyük igénybe. Kezdetben, mikor kevés még az aktív mozgás, jól használható az ArmeoPower. Amikor már az aktív mozgások megjelentek, és csak tehermentesíteni kell, az Armeo Spring segítségével, míg otthon az ArmeoBoommal gyakorolhat a beteg. Mindhárom robottal elvégezhetőek ugyanazok a gyakorlatok, melyek nehézségi foka az állapot függvényében változtatható. A rendszer visszajelzést ad a terapeuta és a páciens számára a kezelt állapotáról.



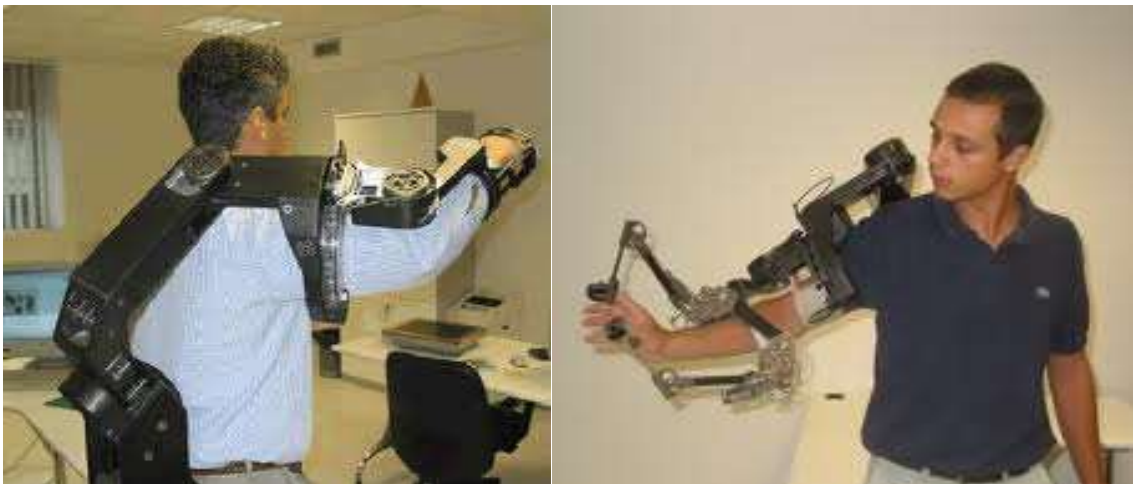
10. ábra: A bal oldali képen az ARMinI, míg a jobb oldalin Hocoma által fejlesztett és forgalmazott Armeo® Power

Pisában fejlesztett robotrendszer a **MEMOS** (MEchatronic system for upper limb MOrtor recovery after Stroke). Egyszerű mechatronikai rendszer, „nagyreszt a polcról levett”, kereskedelmi forgalomban elérhető alkatrészekből. A prototípus készítése során figyelembe vették a klinikai alkalmazhatóságra vonatkozó követelményeket, úgymint stabilitás és biztonság. A beteg a terápia alatt egy képernyővel szemben ül, mely vizuális visszajelzést ad számára. A robot fogantyújának segítségével a vízszintes síkban egy alakot kell követnie, és elérnie a megadott pontokat. Amennyiben a beteg magától nem képes elérni a célt, a robot vezeti a karját.

Előzetes klinikai vizsgálat készült a rendszerrel 8 krónikus (több mint 6 hónappal a cerebrovascularis esemény után) stroke-beteg részvételével, akik napi kétszer 40 perces MEMOS terápiát kaptak három héten keresztül. A résztvevők kedvezően fogadták és jól tolerálták a robotos terápiát (41).

A **L-EXOS** (Light-Exoskeleton) egy jobb kart mozgató 5 szabadságfokkal rendelkező exoskeleton típusú robot. A rendszer szerkezete nyitott, a csukló az egyetlen zárt ízület (11. ábra).

Pilot study 9 krónikus stroke-beteg bevonásával készült, akiknek a virtuális valóságban kellett feladatokat végrehajtani. Statisztikailag szignifikáns javulást találtak a FM, Asworth Scale (AS), és a paretikus felső végtag aktív és passzív mozgástartományában(42).



11. ábra: A jobb váll és könyök tornásztató exoskeleton a L-EXOS

A **Pneu-WREX** 4 szabadságfokkal rendelkező, exoskeleton típusú robot, ahol a kart egy pneumatikusan működtetett ortézis tartja. A Pneu-WREX váll abductiót/adductiót,

flexiot/extensiot, translatiot, valamint könyök flexiot/extensiot tesz lehetővé. A felhasználó a háromdimenziós térben mozgathatja a kezét egy számítógép képernyőjén, a kurzort irányítva virtuális tárgyakat tud megfogni és elengedni (12. ábra). 26 krónikus stroke-beteg vett részt a robottal készült klinikai vizsgálatban. A páciensek két hónap alatt 24 alkalommal részesültek egy órás kezelésben. A terápia mindkét csoportban csökkentette a motoros károsodás mértékét. A FM szignifikáns javulást mutatott a robotos csoportban (a kontroll csoportban csak kisebb mértékben javult), a javulás többnyire fennmaradt a 3 hónapos utánkövetés során is. A kísérleti csoportban ezen felül a BBT és a markoló erő is szignifikánsan jobb eredményt mutatott a kiindulási értékhez képest (43).



12. ábra: Az exoskeleton típusú PneuWrex robot

BFIAMT (Bilateral force-induced isokinetic arm movement trainer) kétoldali váll-könyök tornásztatást lehetővé tevő end-effector robotrendszer. Terápia alatt a paretikus oldali (13. ábra) kezét egy kötés rögzíti a robot fogantyújához. A vezérlőpanel mutatja a páciens számára minden toló és húzó mozgás során a maximálisan kifejtett erőt. *Chang és munkatársai* 20 krónikus stroke-beteggel készült klinikai vizsgálatról számoltak be 2007-ben. A résztvevők 8 héten keresztül, heti három alkalommal 40 perces (10 perc

hagyományos és 30 perc robotos) terápiában részesültek. A kezeléssorozat végén a markoló, toló- és húzóerő, valamint a FM érték szignifikánsan javult (44).



13. ábra: A kétoldali váll és könyök tornásztató BFIAMT robotrendszer

A Motorika cég által fejlesztett end-effector típusú, váll-könyök tornásztató robot a **Reo™Therapy System/ ReoGo™ System**. A beteg egy székhez rögzítve ül, paretikus karja a robotkarhoz van erősítve. A páciensnek vagy aktívan kell meghatározott pontokat elérnie az előtte elhelyezett képernyőn, vagy hagyni, hogy a robotkar vezesse a végtagmozgást az elérendő célpontokhoz (14. ábra).

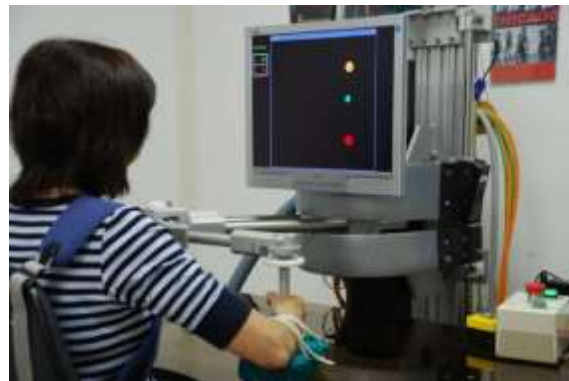
2008-ban *Treger és munkatársai* 10 szubakut (kb. 7 héttel a stroke után) stroke-beteggel vizsgálták a rendszer hatékonyságát. A résztvevők a hagyományos terápia mellett 15 alkalommal részesültek kezelésben a Reo™Therapy Systemmel, alkalmanként 45 percig. A betegek jól fogadták a robotos terápiát. A FM és a Manual Function Test (MFT) a kezelés befejezése után szignifikánsan jobb eredményt mutatott a kiindulási értékekhez képest (45).



14. ábra: A kereskedelmi forgalomba került Reo™Therapy System

Bovolenta és munkacsoportja 2011-ben publikáltak a rendszerrel klinikai vizsgálatot 19 krónikus stroke-beteg bevonásával. A résztvevők állapotát a FM, AS, MRC, FIM, a fájdalomra vonatkozó vizuális analóg skála (VAS), FAT, BBT és a Timed Up and Go (TUG) teszt segítségével mérték fel. Az MRC, AS és a fájdalomra vonatkozó VAS kivételével a többi skála pontszáma szignifikáns növekedést mutatott a kiindulási értékekhez képest és a különbség megfigyelhető volt az egy hónapos utánkövetés során is (46).

Váll és könyök tornáztató robot a **Braccio di Ferro**, mellyel a vízszintes síkban lehet célirányú mozgást végezni (15. ábra). 10 krónikus stroke-beteg és 4 kontroll személy vett részt a vizsgálatban. A robotot úgy programozták, hogy minimális és fokozatosan csökkenő segítséget biztosítson a résztvevőnek. A terápia során 10 alkalommal, több mint 5000 mozgást végeztek a páciensek. A vizsgálat végén a FM értékek szignifikánsan nőttek a kiindulási pontszámokhoz képest, míg az AS eredménye nem változott (47).



15. ábra: A váll-könyök tornáztató Braccio di Ferro rendszer (balra) és feladat teljesítés közben (jobbra)

A kereskedelmi forgalomban kapható Haptic Master manipulátor robotot több fejlesztő munkacsoport is használta a GENTLE/S rendszeren kívül, ilyen eszköz például a **MIMICS multimodal system** (MIMICS MMS) (16. ábra).



16. ábra: A Haptic Master robotot felhasználó MIMICS robotrendszer

A Haptic Master robotot használták az **ADLER** (Activities of Daily Living Exercise Robot) 6 szabadságfokú (három aktív és három passzív) robot fejlesztése során. A rendszer egyesíti magában a robotos kezelés és az ADL feladatok gyakoroltatásának előnyeit. Környezete valós tárgyakat tartalmaz (szemben a robotok többségével, ahol a virtuális valóságban kell feladatot teljesítenie a betegnek), elősegíti a fogó és megragadó mozdulatokat, hogy ezáltal fejlessze a motoros és ADL funkciókat. A beteg egy síneken mozgó széken ül, amit a terápiás asztalhoz húznak, karja egy ortézissel csatlakozik a rendszerhez. Olyan feladatokat kell végeznie, mint evés és ivás (17. ábra). A kezdeti (egy egészséges és egy stroke-beteg részvételével készült) eredmények azt mutatták, hogy a terápia elsősorban a paretikus felső végtag váll és könyök ízületeinek mozgásait javította, nem pedig a kéz (fogó) funkcióját (48).



17. ábra: ADLER, Haptic Master robotot tartalmazó rendszer, mely a terápia során valódi környezetet és tárgyakat használ

Szintén Haptic Master robotot és valós tárgyakat használt tanulmányához *Timmermans és munkacsoportja*. 2014-ben publikált, 22 krónikus stroke-beteg bevonásával végzett klinikai vizsgálatában a következő tárgyak úgymint csésze, kés, villa és erszény használatára alkalmazták (18. ábra). Céljuk a Haptic Masterrel végzett robotos, feladatorientált tréning hatásosságának és hozzáadott értékének megvizsgálása volt. A robot ülve és állva is segíti a tárgyak elérését, megfogását, valamint mozgását a háromdimenziós térben. A rendszer passzív és aktív módban egyaránt üzemeltethető. A kísérleti csoport robotos, míg a kontroll csoport nem robotos feladatorientált terápiában részesült, napi kétszer 30 percig, heti 4 alkalommal 8 héten keresztül. A FM skála pontszáma egyik csoportban sem javult szignifikánsan, az ARAT pontszám csak a kísérleti csoportban mutatott szignifikáns javulást, míg a Motor Activity Log (MAL) mindkét csoportban szignifikánsan jobb eredményt mutatott a kiindulási értékekhez képest (49).



18. ábra: A kontroll csoport betegének terápiája (balra) és a robotos csoport betegének kezelése (jobbra). A képen láthatók a valós tárgyak: pohár, csésze, pénztárca.

Az **AJB** egy exoskeleton típusú, EMG-vezérelt könyökmozgató robot (19. ábra). Az exoskeletonok, vagy „hordható” robotok képesek gyógytornát biztosítani és/vagy

motoros ortézisként is funkcionálhatnak, hogy kompenzálják a páciens gyengeségét. A szerzők egy 6 krónikus stroke-beteggel készült pilot studyról számoltak be. A résztvevők 6 hét alatt 18 óra robotos kezelésben részesültek. A FM skála és a könyök flexorok, extensorok MAS-a szignifikánsan javult. A betegek jól tolerálták a kezelést, és a terápia alatt nem volt komplikáció. *Stein és munkacsoportja* eredményei azt mutatják, hogy az EMG-vezérelt motoros könyök ortézisek sikeresen használhatók a súlyosan károsodott hemiparetikus stroke-betegek kezelésében. Ez a technika ígéretes új lehetőség lehet a stroke utáni rehabilitációban (50).



19. ábra: EMG-vezérelt könyökmozgató robot, az AJB

Szintén exoskeleton típusú váll-könyök tornáztató robot az **UL-EX07**. A rendszer klinikai vizsgálatában 15 krónikus (több mint 6 hónappal a stroke után) stroke-beteg vett részt. A páciensek 6 hét alatt, 18 óra „task specific repetitive training” -ben (TSRT, feladat specifikus ismétlődő kezelés) részesültek, egy részük robotos kezelés formájában, míg a kontroll személyek gyógytornász közreműködésével végzett formában. Mindkét csoportban szignifikánsan javult a FM és ROM (a két csoport között nem volt jelentős különbség). A szerzők szerint a robot vagy gyógytornász által végzett virtuális vagy tényleges TSRT csökkenti a váll és könyök motoros károsodásának mértékét, anélkül, hogy jelentősen javítaná a kéz finom motoros funkcióit, és az ADL funkciókat (51).

Dél-Koreában, Japánban és Kínában is folynak hasonló robotos fejlesztések. Ezek a terápiás rendszerek többnyire klinikai vizsgálathoz készült prototípusok, kereskedelmi forgalomba nem kerültek. Ilyen például az egy szabadságfokkal rendelkező myoelektromos vezérlésű robot, mely a könyököt a vízszintes síkban mozgatja. A rendszer hatásosságát 8 krónikus stroke-os résztvevő bevonásával vizsgálták, akik 20 alkalommal részesültek könyök mozgó robotos terápiában. Az eredmények azt mutatták, hogy a kezelési program javította a felső végtagi funkciókat, hiszen a 20 ülés befejeztével mind a FM-SE, MAS, MSS és a biomechanikai paraméterek szignifikánsan jobb pontszámokat mutattak a kiindulási értékekhez képest (52). Egy másik tanulmányban, ahol a betegek 20 robotos könyököt tornáztató ülésben részesültek, megfigyelték, hogy elsősorban az össz-terápiás időtartam első felében csökkent a fokozott izomaktivitás, ami összefüggésben lehet a tanulási folyamattal és a spaszticitás csökkenésével. A könyök mozgatásához szükséges izmok koordinációja pedig a kezelések utolsó szakaszában javult szignifikánsan, melyet a vizsgált izompárok (kétfejű és háromfejű karizom, valamint az elülső és hátsó delta izom) közötti csökkent kokontrakcios indexek mutattak (53). Hasonló, csak a distalis régióra koncentrált vizsgálatot végeztek 15 krónikus stádiumú stroke-on átesett beteggel, akik 20 alkalommal csukló mozgó robotos terápiában részesültek. A terápia végén szignifikánsan jobb eredményeket mértek a FM-SE, FM-WH skálák esetében, a könyök és csukló spaszticitása a MAS skálával vizsgálva szintén szignifikánsan csökkent (54). Kutatták a kétoldali, izokinetikus karmozgó kezelés hatásosságát is, és arra a megállapításra jutottak, hogy a hagyományos rehabilitáció kombinálva a robotos kezeléssel növelheti a krónikus stroke-betegek paretikus felső végtagjának motoros funkcióit (55).

2.4. Csukló-kéz tornáztató robotok:

Az utóbbi néhány évben megfigyelhető tendencia a rehabilitációs robotika területén, hogy egyre inkább nő az érdeklődés a csukló és kéz tornáztatást végző robotok iránt.

A korábban már részletesen ismertetett robotok közül az **MIT-Manus/InMotion3/WRIST**, **Bi-Manu-Track/Arm Trainer** képes csukló tornáztatásra, valamint az **InMotion HAND** és a **GENTLE/G** kéz-és ujj mozgatásra.

Pneumatikus mozgató, a csukló hajlítását, nyújtását segítő robot a **Hand Mentor** (20. ábra). A rendszerrel *Kutner és munkacsoportja* 2010-ben készített RCT-t. A betegek 3-9 hónappal voltak az agyi történést követően. A robotos csoportba sorolt 10 beteg 30 óra robotos és 30 óra repetitive task practice-ban, (RTP), míg a 7 kontroll személy 60 óra RTP-ben részesült. Mindkét csoportban javulás következett be a kézfunkciókban (56).



20. ábra: A kereskedelmi forgalomban kapható, csukló és 4 ujj mozgatóját biztosító Hand Mentor

A **HapticKnob** a zürichi ETH és a National University of Singapore közös fejlesztése. Két szabadságfokú, end-effector típusú robot, mely a megfogást és az alkar pronációt/supinációt segíti. Az ujjak tépőzáras pántokkal rögzíthetők. A rendszerrel virtuális környezetben lehet feladatokat végezni (57)

A robot továbbfejlesztett verziója a **ReHapticKnob**. A rendszerrel 6 szubakut stroke-beteg beválasztásával készült pilot study. A kezeléssorozat végére a páciensek FM pontszáma javult (58). (21. ábra).



21. ábra: Haptic Knob és továbbfejlesztett verziója a ReHapticKnob

Az **Amadeo Robotic System** Ausztriában, Grazban fejlesztett end-effector típusú robotrendszer, 5 szabadságfokkal. Egy vagy mind az 5 ujj mozgását segíti, miközben a csukló mozgásokat kiiktatják egy Velcro szíjjal. A rendszer alkalmas passzív, vezetett aktív (a robot segíti a beteg mozgását), és aktív, célorientált feladatok végrehajtására a virtuális térben (22. ábra).

2014-ben publikált RCT-t *Sale és munkacsoportja* 20 akut stroke-beteg bevonásával. A pácienseket random módon két csoportba sorolták. A kísérleti csoport 20 alkalommal Amadeo robotos kezelésben, a kontroll személyek pedig ugyanennyi foglalkozási terápiában részesültek. A vizsgált klinikai skálák a FM, kéz flexor, extensor MRC, MI, MAS és a BBT voltak. 4 hét után jelentős, szignifikáns javulás látszott a FM, BBT, MI és MRC skálákban. *Sale* szerint az eredményeik alátámasztják azt a felvetést, hogy az akut stádiumú stroke-betegek kéz terápiájában helye van az intenzív robotos kezelésnek(59).



22. ábra: A Tyromotion GmbH által forgalmazott Amadeo robotrendszer

A Kaliforniai Egyetemen fejlesztett **HWARD** (Hand Wrist Assistive Rehabilitation Device) három szabadságfokkal rendelkező csukló-kéz tornáztató robot. Lehetővé teszi a csukló flexióját/extenzióját, valamint a hüvelyk- és a négy másik ujj flexióját/extenzióját az MCP ízületben. A terápia során a résztvevők egy számítógépmonitorral szemben ülnek. A kéz három puha szíjjal rögzíthető a robothoz, az alkart pedig egy emelvényre szerelt sínben rögzítik (23. ábra).

13 krónikus stroke-beteg vett részt a HWARD-dal készült klinikai vizsgálatban. 7 beteg a teljes terápia alatt, míg 6 beteg csak fele időben részesült robotos kezelésben. Az ülések nagyjából napi másfél órát vettek igénybe, három héten keresztül, összesen 15

alkalommal. A torna során a kéz mozgását a beteg indította, és amennyiben szükséges volt, a robot fejezte be. A kezeléssorozat végén szignifikáns javulást találtak a FM és ARAT értékekben (60).



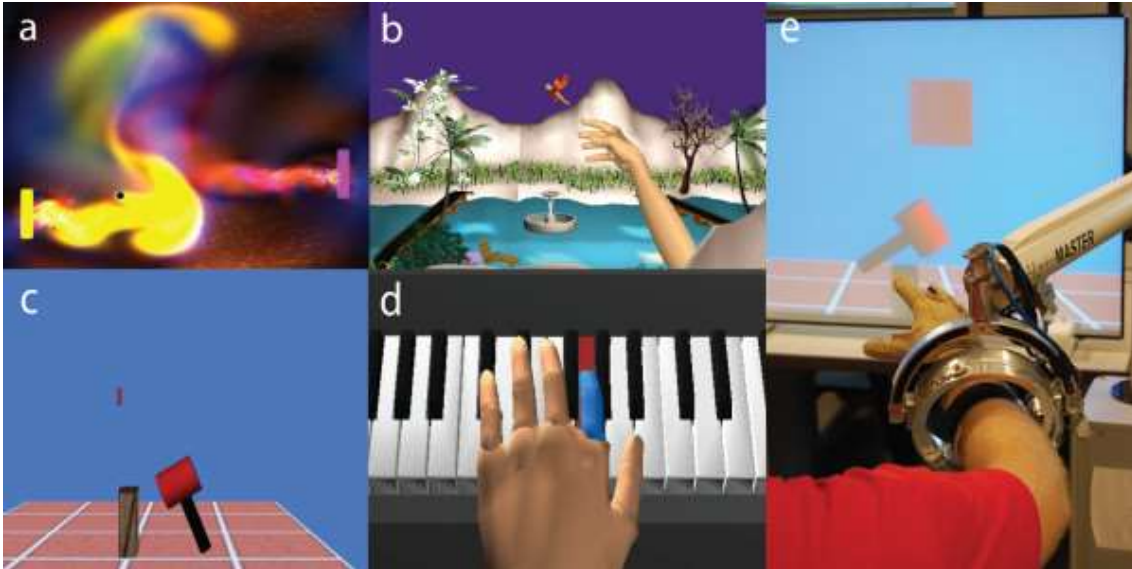
23. ábra: Hand-Wrist Assisting Robotic Device

Kéz tornáztatást tesz lehetővé az Immersion cég által forgalmazott **Cyberglove + Cybergrasp** rendszer (24. ábra).

A *Merians* által publikált tanulmányban a rendszert egy Haptic Master robothoz csatlakoztatták, így a teljes pareticus felső végtag mozgását biztosították 4 játékszimuláció során (25. ábra). 12 krónikus stroke-beteg bevonásával készült önkontrollos vizsgálat. A betegek 2-3 órás kezelésben részesültek 8 napon keresztül. Az ülések alatt a páciensek mind a 4 szimulációt egyforma ideig végezték. A terápia befejeztével az Jebsen Test of Hand Function (JTHF) 24 másodperccel, míg a WMFT elvégzése 16 másodperccel csökkent (61).



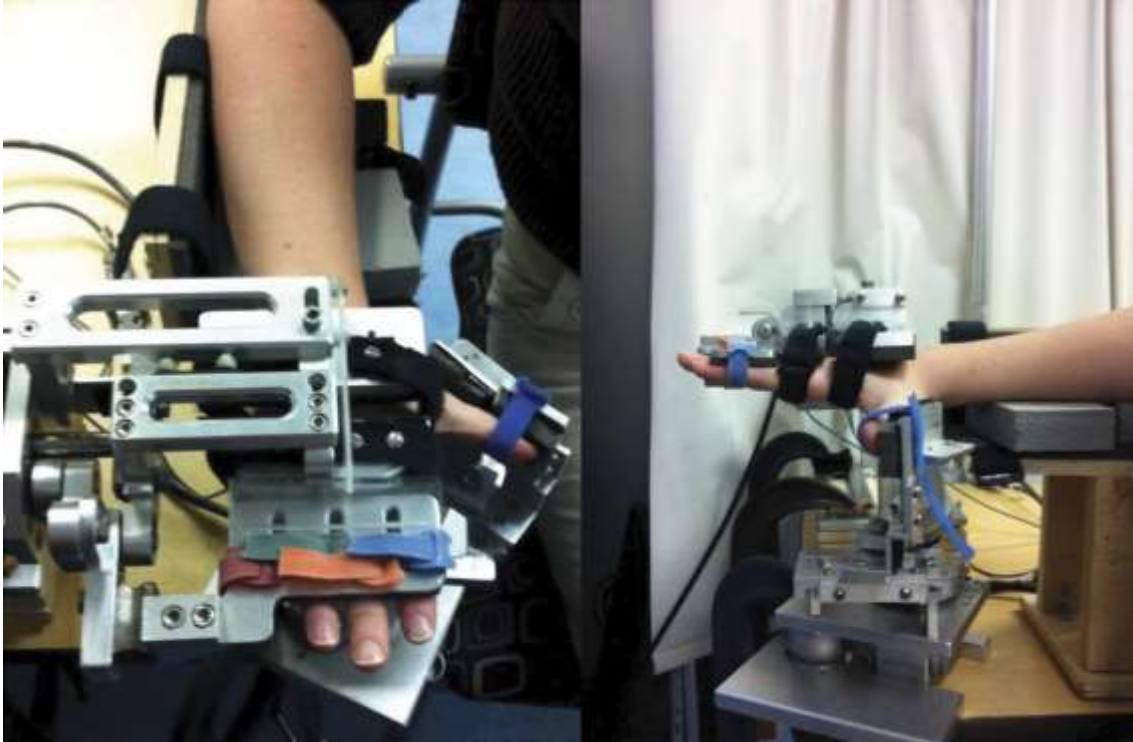
24. ábra: Baloldalt a Cyberglove, jobbra a Cyberglove+ Cybergrasp rendszer látható



25. ábra: A négy szimuláció feladat, amit a résztvevőknek a kezelés alatt gyakorolni kellett: a: Plasma Pong, b: Kolibri vadászat, c: Kalapácsos feladat, d: Virtuális zongora. Az e kép a terápiás rendszert ábrázolja

A **HEXORR** (Hand EXOskeleton Rehabilitation Robot) exoskeletonot úgy tervezték, hogy a hüvelykujj flexióját/extenzióját, abductióját/adductióját, valamint az összes ujj mozgását a teljes mozgástartományukban biztosítani tudja (26. ábra). A rendszerrel készült pilot studyt 2010-ben publikálták, 9 egészséges önkéntes és 5 krónikus stroke-beteg részvételével. A betegek jól fogadták a robotos terápiát. Az állapotfelmérések alkalmával a FM, ARAT, valamint a könyök, csukló és ujjak MAS értékeit mérték. A stroke-betegek képesek voltak az exoskeletonon belüli szabad kézmozdulatok végrehajtására, és az eszköz sikeresen növelte a hüvelyk- és a többi ujj aktív mozgástartományát (62).

A szintén a HEXORR robottal végzett, 2013-ban publikált tanulmányban 9 krónikus stroke-beteg vett részt. A páciensek összesen 18 kezelésben részesültek, melynek végén javult a ROM, a FM-H és az ARAT skála eredménye. A vizsgált, kevésbé súlyos állapotú betegeknél a kéz-centrikus állapotfelmérések azt mutatták, hogy a rendszer hatékonyan javította a kéz működést. Lehetséges azonban, hogy a súlyosabb állapotú stroke páciensek esetében a hasonló funkcionális eredmények elérésének érdekében a distalis kezeléssel párhuzamosan proximalis tréning is szükséges (63).



26. ábra: A HEXORR terápiás rendszer felülnézetből (balra) és oldalról (jobbra) az ujjak maximális extenzióban

A **Reha-Digit** (más néven: **Finger Trainer**) a bénult ujjak szabályozott passzív mozgására alkalmas robot. Fejlesztése során szempont volt, hogy a Reha-Digit tehermentesítse a terapeutákat, akik az így felszabadult időben bonyolultabb feladatokra tudnak koncentrálni (27. ábra). Két krónikus beteg részvételével esettanulmány, míg 8 szubakut stroke-beteg bevonásával pilot study készült. A 8 páciens két csoportba sorolták, az egyik csoport 4 héten keresztül, munkanapokon napi 20 perc Reha-Digit terápiában, a kontroll személyek pedig kétkézes csoport terápiában részesültek. A kezelés végén a krónikus betegek ujj- és csukló spaszticitása csökkent, de az aktív mozgásaik nem javultak. A szubakut páciensek distalis FM értéke szignifikánsan javult a robotos csoportban (a kontrollok javulása nem volt szignifikáns), míg az összegzett MAS érték csak a kontroll betegek esetében javult. A szerzők szerint az olcsó Reha-Digit egyszerű módja annak, hogy stroke után a bénult ujjaknak intenzívebb stimulációt és passzív nyújtást biztosítsanak (64).



27. ábra: A Reha-Stim által forgalmazott Reha-Digit

Az Idrogenet cég által forgalmazott **Gloreha** a kéz passzív mozgását biztosító, 5 szabadságfokkal rendelkező, end-effector típusú eszköz (28. ábra), mellyel 7 krónikus stroke-beteget vizsgáltak. A páciensek heti három alkalommal 30 perces kezelésben részesültek három héten keresztül. A vizsgált klinikai skálák közül a MI nem változott a kezelések hatására, de a MAS szignifikánsan javult a terápia végére (65).



28. ábra: A Gloreha passzív ujjmozgató terápiás rendszer

A **Hand of Hope** egy 5 szabadságfokkal rendelkező exoskeleton, melyet a Rehab-Robotics Company forgalmaz. Az eszköz az ujjak mozgását segíti. Felismeri és érzékeli a stroke-betegek paretikus oldaláról érkező felszíni EMG jeleket, és ezek felhasználásával támogatja a kéz nyitásával vagy zárásával járó funkcionális feladatokat (29. ábra). 8 krónikus stroke-beteg bevonásával készült pilot study a robot hatásosságának felmérésére. 20 kezelés után szignifikáns javulást tapasztaltak a FM és

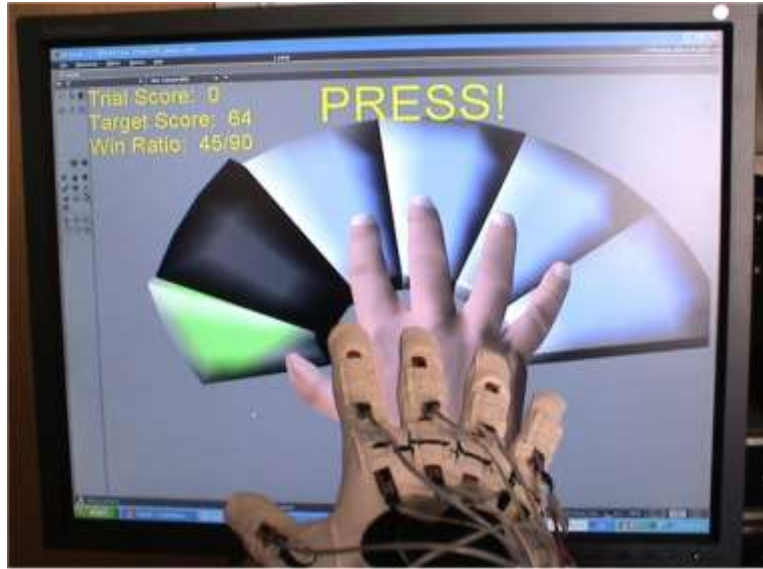
ARAT skálák eredményeiben. Úgy tűnik, hogy ennek a könnyű és hordozható robotkészüléknek a segítségével a stroke-betegek könnyebben tudják akaratlagosan nyitni és zárni az ujjukat, mely megkönnyítheti számukra a napi feladatok elvégzését is(66).



29. ábra: Az ujjak külön-külön mozgását segítő exoskeleton, a Hand of Hope

Az 5 szabadságfokkal rendelkező **PneuGlove** az ujjak egymástól független extenzióját valamint fogó funkcióját teszi lehetővé. Az eszköz segítségével gyakorolhatja a beteg a megragadást, elengedést akár valós tárgyakkal, akár virtuális környezetben, virtuális objektumokkal (30. ábra).

A stroke-betegekkel készült klinikai vizsgálat során a résztvevők 6 héten keresztül heti három alkalommal egy órás terápiában részesültek. A robotos és a kontroll csoportban is szignifikánsan javult a FM (teljes ill. WH) és a BBT. Bár a két csoportban bekövetkezett változások statisztikailag nem különböztek egymástól, a PneuGlove-ot használó csoport mindegyik mérésnél nagyobb átlagjavulást mutatott a kontrollokhoz képest (67).



30. ábra: A PneuGlove a megragadást, elengedést segíti mind a valós tárgyakkal, mind a virtuális objektumokkal való gyakorlás során.

Összességében a csukló-kéz tornásztató robotok irodalmát áttekintve megfigyelhető, hogy jelenleg még kisszámú, kevés beteg részvételével történő klinikai vizsgálat (különösen RCT) áll rendelkezésre. Az eredmények értékelése sem egyszerű, mert a FM skálán kívül (mely a legtöbb vizsgálatban szerepel) különböző állapotfelmérő skálákat használtak tanulmányaikban a szerzők. Remélhetőleg a későbbiekben sokkal több és nagyobb esetszámú klinikai vizsgálat, valamint egységesebb állapotfelmérő skála használat fog a rendelkezésünkre állni, hogy megítélhessük a csukló-kéz tornásztató robotok hatásosságának mértékét.

Az irodalmi összefoglaló könnyebb áttekintését segíti a 3. táblázat.

3. táblázat: Az irodalomban előforduló főbb felső végtagot tornáztató robotok és jellemzőik összefoglalása.

| Robot | Szerkezeti típus | DoF | Mozgatott ízület(ek) | Klinikai vizsgálat | Klinikai vizsgálat eredményei |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| MIT-Manus/ InMotion2/ARM | end-effector | 2 DoF | váll-könyök | számos – 500 fölötti (akut, szubakut, krónikus) stroke beteg | rendszerint FM, MSS-SE, MAS, MI , időnként a FIM |
| Verticalis modul (gravitáció ellen) InMotion3/ WRIST | end-effector | 1 DoF 3 DoF | (alkar), csukló | 2013, 64 krónikus stroke betegek (A: SE torna, B: SEW torna) | FM-SE, MI , míg a B csoportban a FM-W |
| (kereskedelmi forgalomban kaphatóak) | | | | | |
| MIME | end-effector | 6 DoF (összesen) egyoldali, kétoldali terápia | váll-könyök | 2002, RCT, 27 krónikus stroke betegek 2006, 31 szubakut stroke beteg | FM-SE FM, MP, FIM a robotos csoportokban, MSS csak a kombinált robotos csoportban |
| GENTLE/S | end-effector | 3(+3) DoF | váll-könyök (alkar) | 2008 cross-over | FM , a Motor Assessment Scale , a váll flexorok aROM -ja és a könyök MAS a robotos kezelési fázisban |
| GENTLE/G | exoskeleton | 3 DoF | hüvelykujj, többi ujj együtt | | |
| Bi-Manu.Track/ Arm Trainer (kereskedelmi forgalomban kapható) | end-effector | 1 DoF | alkar pron./supp. csukló | 2005, RCT, 21 akut stroke beteg 2015, RCT, 39 krónikus stroke beteg 2016, RCT, 34 krónikus stroke beteg | FM, MRC a robotos csoportba FM, WMFT – mozgás minősége, MAL, SIS mindkét csoportban, MAS-W flexor, SIS kéz a kombinált csoportban WMFT, NEADL a kombinált csoportban |
| ARM Guide | end-effector | 1+2 DoF | váll-könyök | 2006, 19 krónikus stroke betegek | biomechanikai paraméterek , a mozgás egyenessége és a CM mindkét csoportban |
| NeReBot | end-effector (vezetékes) | 3 DoF | váll-könyök | 2007, RCT, 35 akut stroke beteg 2011, RCT 21 akut, szubakut stroke betegek | FM-SE, MRC deltoideus és biceps , a FIM Motor a robotos csoportban MRC, FM, FIM Motor, B&B, FAT, MAS mindkét csoportban |
| ADLER | end-effector | 6 DoF | váll-könyök-alkar | pilot study | proximális ízületekben javulás |

| Robot | Szerkezeti típus | DoF | Mozgatott ízület(ek) | Klinikai vizsgálat | Klinikai vizsgálat eredményei |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Braccio di Ferro | end-effector | 2 DoF | váll-könyök | 2009, 10 krónikus stroke beteg, 4 kontroll | FM , AS nem változott |
| Reo™Therapy System (kereskedelmi forgalomban kapható) ReoGo™System | end-effector | 2(+1) | váll-könyök | 2008, 10 szubakut stroke beteg 2011, 19 krónikus stroke beteg | FM, MFT FM, FIM, FAT, BBT, TUG, MRC, AS, VAS fájdalom nem változott |
| BFIAMT | end-effector | 2 DoF | váll-könyök kétoldali | 2007, 20 krónikus stroke beteg | FM, markoló, toló- és húzóerő |
| MEMOS | end-effector | 2 DoF | váll-könyök | 8 krónikus stroke beteg | jól fogadták és tolerálták a robotos terápiát |
| Reharob | end-effector | 2x6 DoF | váll-könyök- csukló-kéz | 2003: 4 egészséges, 8 stroke beteg 2005: 30 stroke beteg 2012, 20 krónikus stroke betegek | vizsgált változóban javulás a betegek többségénél FM, MAS FM, ARAT, FIM |
| ARMinI | exoskeleton | 4 DoF | váll-könyök | 2009, 3 krónikus (pilot study) 2014, RCT, 73 krónikus stroke beteg | FM FM |
| ARMinII | exoskeleton | 6 DoF | váll-könyök-csukló | 2009, 4 krónikus stroke beteg (pilot study) | FM, WMFT 3 betegnél |
| ARMinIII/ Armeo Power (kereskedelmi forgalomban kapható) | exoskeleton | 6(+1) | váll-könyök, alkar-csukló | | |
| L-EXOS | exoskeleton | 5 DoF | váll-könyök | 2009, 9 krónikus stroke beteg (pilot study) | FM, AS, p,aROM |
| Pneu-WREX | exoskeleton | 4 DoF | váll-könyök | 2012, 26 krónikus stroke beteg | FM, BBT, markolóerő |
| UL-EX07 | exoskeleton | 2x7 DoF | váll-könyök | 2013, RCT, 15 krónikus stroke beteg | FM, ROM mindkét csoportban |
| AJB | exoskeleton | | könyök | 2007, 6 krónikus stroke beteg (pilot study) | FM, könyök flexorok, extensorok |
| Hand Mentor (kereskedelmi forgalomban kapható) | exoskeleton | 1 DoF | csukló, 4 ujj | 2010, RCT, 17 szubakut, krónikus stroke beteg | kézfunkciók javultak |
| HapticKnob | end-effector | 2 DoF | alkar pron./supp. csukló-kéz | | |
| Amadeo Robotic System (kereskedelmi forgalomban kapható) | end-effector | 5 DoF | ujj | 2014, RCT, 20 akut stroke beteg | FM, BBT, MI és MRC kéz flexor, extensor |

| Robot | Szerkezeti típus | DoF | Mozgatott ízület(ek) | Klinikai vizsgálat | Klinikai vizsgálat eredményei |
|-------------------------------------------------|--------------------------|-------|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| HWARD | exoskeleton | 3 DoF | csukló-kéz | 2008, 13 krónikus stroke beteg | FM, ARAT |
| CyberGrasp + CyberGlove Rendszer | exoskeleton | 5 DoF | ujjak | 2011, önkontrollós, 12 krónikus stroke beteg | JTHF, WMFT javult |
| HEXORR | exoskeleton | 2 DoF | hüvelykujj + 4 ujj együtt | 2010, 9 egészséges, 5 krónikus stroke beteg (pilot study) 2013, 9 krónikus stroke beteg | FM, ARAT, és könyök, csukló, ujj MAS, aROM FM-kéz, ARAT, ROM javult |
| Reha-Digit (kereskedelmi forgalomban kapható) | end-effector | 1 DoF | 4 ujj együtt, hüvelykujjat nem | 2008, 2 krónikus beteg (esettanulmány) 8 szubakut stroke beteg (pilot study) | FM-WH a robotos csoportban, MAS a kontrolloknál |
| Gloreha (kereskedelmi forgalomban kapható) | end-effector (vezetékes) | 5 DoF | passzívan mozgatja az összes ujjat | 2016, 7 krónikus stroke beteg (pilot study) | MAS, MI |
| Hand of Hope (kereskedelmi forgalomban kapható) | | 5 DoF | ujjakat külön | 2011, 8 krónikus stroke beteg (pilot study) | FM, ARAT |
| PneuGlove / Pneumatic Glove | exoskeleton | 5 DoF | ujj extensio megragadás | 2010, RCT, stroke betegek | FM (teljes ill. WH), BBT mindkét csoportban |

2.5. A Reharob Gyógytornásztató Rendszer

Az Európai Unió 5-ös számú keretprogramja révén, Magyarországon fejlesztett váll-könyök tornásztató berendezés a Reharob. A rendszerrel korábban két klinikai vizsgálatot végeztek (4. táblázat). Az első, „Reharob Klinikai Vizsgálat” 2003-ban zajlott, melynek célja a tapasztalatszerzés, valamint annak bizonyítása volt, hogy a robotos terápia a gyakorlatban működőképes és biztonságos. 4 egészséges önkéntes és 8 féloldali bénult beteg vett részt a klinikai vizsgálatban. A résztvevők 20 egymást követő munkanapon, napi félórás robotos tornában részesültek. A vizsgált változóknál javulás következett be a betegek többségénél (68).

2005-ben, a „Fiziorobot Klinikai Vizsgálat” keretében a továbbfejlesztett, módosított rendszerrel végezték a második, randomizált, kontrollcsoportos vizsgálatot. A felső motoneuron károsodás következtében féloldali bénulttá vált betegeket random módon két csoportra osztották. A kontroll csoport naponta 30 perc Bobath-terápiában, a robotos csoport a Bobath-terápián túl 30 perc passzív robotos terápiában is részesült. A robotos

csoportban a vizsgált mutatók többségénél nagyobb mértékű javulást észleltek, mint a kontroll csoportnál (69, 70).

A disszertáció tárgyát képező COSMOSYS- projekt és klinikai vizsgálat részben magyar (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, az Elmaflex, és az Országos Orvosi Rehabilitációs Intézet) és szingapúri (Nanyang Technological University és a Tan Tock Seng Hospital Rehabilitation Centre) együttműködéssel zajlott. A projekt során a robotrendszer további fejlesztése zajlott.

4. táblázat: A Reharob Gyógytornásztató Rendszerrel készült két korábbi vizsgálat összefoglalása

| Vizsgálat | Reharob Klinikai Vizsgálat | Fiziorobot Klinikai Vizsgálat |
|-----------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Ideje | 2003 | 2005 |
| Résztvevők | 4 egészséges önkéntes 8 féloldali bénult beteg | 30 féloldali bénult beteg (robotos, kontroll csoport) |
| Kezelések száma | 20 | 20 (4 hét alatt) |
| Kezelési idő | 30 perc | 30 perc |
| Eredmény | vizsgált változóknál javulás a betegek többségénél | FM, MAS szignifikánsan javult |

3. CÉLKITŰZÉSEK

3.1. Irodalomkutatás célkitűzései:

Az irodalmi áttekintés célja egyfelől az eddigi felső végtagot tornáztató eszközök (lehetőség szerint minnél szélesebb körű) rövid bemutatása, másfelől az ezekkel végzett, az eszközök hatásosságát kutató klinikai vizsgálatok összefoglalása.

3.2. Technikai fejlesztés célkitűzései:

Technikai fejlesztések során célunk volt, hogy a korábbi, csak váll-könyök tornáztatásra alkalmas berendezést, a Reharobot kiegészítésük:

- A csukló és kézfunkció javítását lehetővé tevő, kézre rögzíthető szenzoros és terápiás disztális modulokkal. Ezáltal a rendszer a teljes felső végtag tornáztatását biztosítani tudja.
- A passzív mellett aktív, vezetett aktív mozgatót is biztosítson a terápiás rendszer.
- A robot segítségével napi tevékenységek gyakoroltatását biztosítsuk. Ez jelentős újítás, hiszen a legtöbb robotrendszer inkább a virtuális térben gyakoroltat feladatokat a betegekkel.

3.3. Klinikai céljaink:

Klinikai céljaink között szerepelt:

- Tapasztalatszerzés a továbbfejlesztett rendszerről.
- A robotos torna biztonságosságának bizonyítása.
- Annak megvizsgálása, hogy krónikus (több mint egy évvel a stroke után) stroke-betegek paretikus felső végtagja 4 hetes intenzív robotos terápia hatására képes-e még javulást mutatni?
- Felmérni, hogy az ADL feladatok gyakoroltatása hatékony-e? Az ADL feladatokat tartalmazó robotos tornaprogram a motoros skálák javítása mellett a funkcionális skálák javulását is eredményezi-e?

4. MÓDSZEREK

4.1. Az irodalomkeresés módszertana:

Az irodalomkeresés a PubMed adatbázisban történt, 2017 áprilisával bezárólag. Az irodalomkutatás során a felső végtagi terápiás robotokkal végzett klinikai vizsgálatokat, pilot studykat és esettanulmányokat kerestük, az alábbi MeSH kulcsszavak alapján: robotics, stroke rehabilitation, upper limb. A keresésnél kiemelt jelentőséget kaptak az új fejlesztésű robotrendszereket bemutató az adatbázisban (publikusan) elérhető vizsgálatok.

4.2. Az alkalmazott technika ismertetése:

Reharob Gyógytornásztató Rendszer felépítése:

A Reharob Gyógytornásztató Rendszer fejlesztését mérnöki oldalról a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) Gépgyártástechnológia Tanszék (jelenlegi neve Gyártástudomány és -Technológia Tanszék), valamint a Műszaki Mechanikai Tanszék mérnökei végezték. A robot jelentős részben kereskedelmi forgalomban kapható elemekből épült fel. A Reharob eredetileg passzív váll- és könyök mozgásra képes, az ízületek teljes mozgástartományában. Az ABB cég által forgalmazott két ipari robot kar kapcsolódik a beteg felkarjához és alkarjához egy-egy műszerezett ortézis segítségével. A rendszer első kialakításánál az alkar ortézis másik funkciója volt, hogy a csuklót és a kezet antispasztikus tartásban rögzítse. (31. ábra).

Az ortézis és a robot közé az alábbi műszerek kerültek:

- két erő nyomatékmérő műszer (a betanítás, illetve a terápia alatt a biztonsági ellenőrzésben kap szerepet)
- biztonsági lazító (vészeállás esetén aktivizálódik)
- gyógytornász számára fogantyú
- robotkar lekapcsolását lehetővé tevő eszköz

Az állvány tartalmazza:

- a robotok vezérlő egységeit, az irányítópanelt

- az érintőképernyős számítógépet: a rendszer a BME-n fejlesztett Microsoft Windows alapú programmal működik, hibaüzenetet küld, ha szükséges, elraktározza a robotkarok által végzett mozdulatokat



31. ábra: A Reharob Gyógytornásztató Berendezés korábbi felépítése

A rendszer ebben a kialakításában csak **passzív terápiára** volt képes.

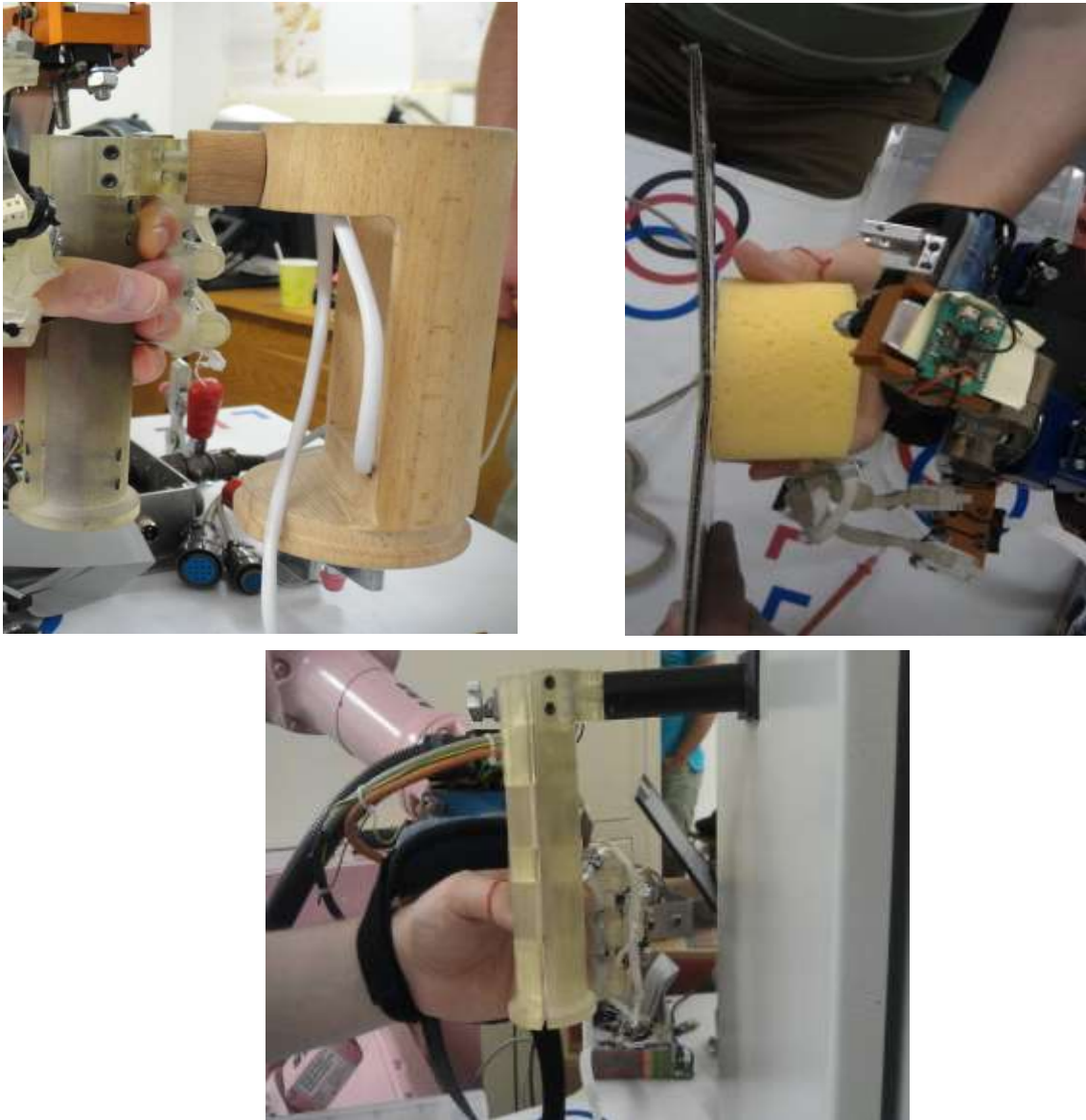
Továbbfejlesztett Reharob Gyógytornásztató Rendszer:

A Cosmosys projekt keretében a Reharob Gyógytornásztató Rendszer számos technikai fejlesztésen esett át a klinikai vizsgálat megkezdése előtt.

Technikai fejlesztések:

Az egyik legnagyobb horderejű technikai fejlesztésnek köszönhetően a passzív torna mellett már a betegek saját izmainak közreműködését igénylő aktív torna is a robotos terápia szerves részét képezheti. Ehhez elsősorban a már meglévő erőmérő szenzorok adataira volt szükség, amelyekből egy új szoftverkomponens valós időben meghatározta, hogy a robotoknak milyen irányban és mekkora erővel kell segíteniük a beteg karját. Az új rendszer a fejlesztéseknek köszönhetően lehetővé teszi napi tevékenységek gyakoroltatását. Az ADL feladatokhoz kapcsolódóan elkészültek olyan

tárgyak, amelyekbe erőmérő szenzorok is beépítésre kerültek a megfogás detektáláshoz(32. ábra).

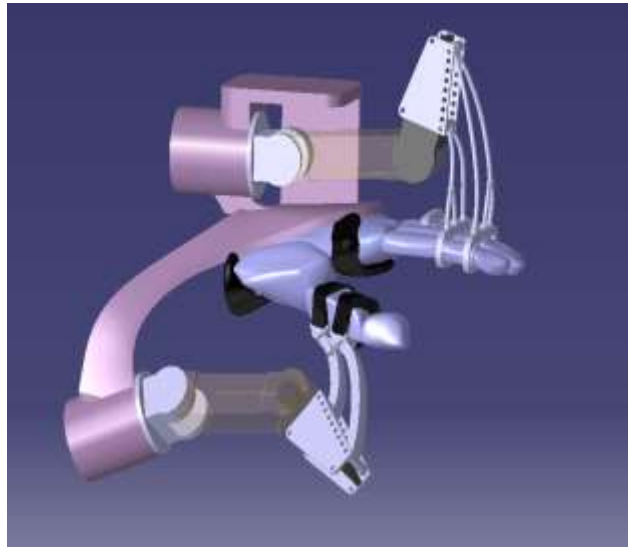


32. ábra: ADL feladatokhoz adaptált eszközök: balra felül a bögre, jobbra felül a szivacs, alul a szekrény ajtaja

A másik jelentős technikai előrelépés, hogy az új rendszer egyidejű váll-könyök-csukló mozgatásra, és ujjvezetésre is képes. Az ergonomiai szempontok szem előtt tartása mellett készült több új ortézis a könyök (33. ábra), a kézfej, illetve az ujjak megfogásához (34. ábra). A könyök ortézis univerzális (méretfüggetlen), de a hemiparesis oldalának megfelelően külön készült jobb és bal oldali verzió. A középső három ujj rögzítéséhez méretsorozat készült milliméteres lépésközzel.



33. ábra: Az új könyök ortézis a robotkarhoz csatlakoztatva

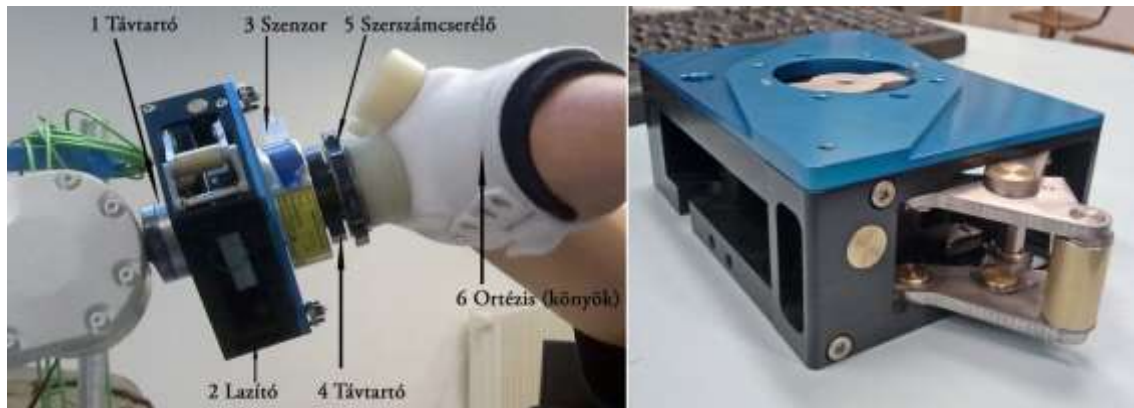


34. ábra: A kéz és ujjak befogásának megoldása a továbbfejlesztett Reharob rendszernél
A gyógytornászok munkáját segítő az aktív torna mozdulatait betegenként el lehet menteni és vissza lehet tölteni a robot vezérlőjébe. A rendszer a vezetett, aktív gyógytorna közben mindig a megadott, egyedi referencia mozdulatsor megvalósítására törekszik.

Betegtájékoztatására egy képernyőt és hangszórókat szereltünk be, melyek segítségével a páciensek instrukciókat és visszajelzést is kaphatnak a torna aktuális állásáról, így például az ismétlésszámról és arról, hogy az adott gyakorlat mely fázisánál tart éppen.

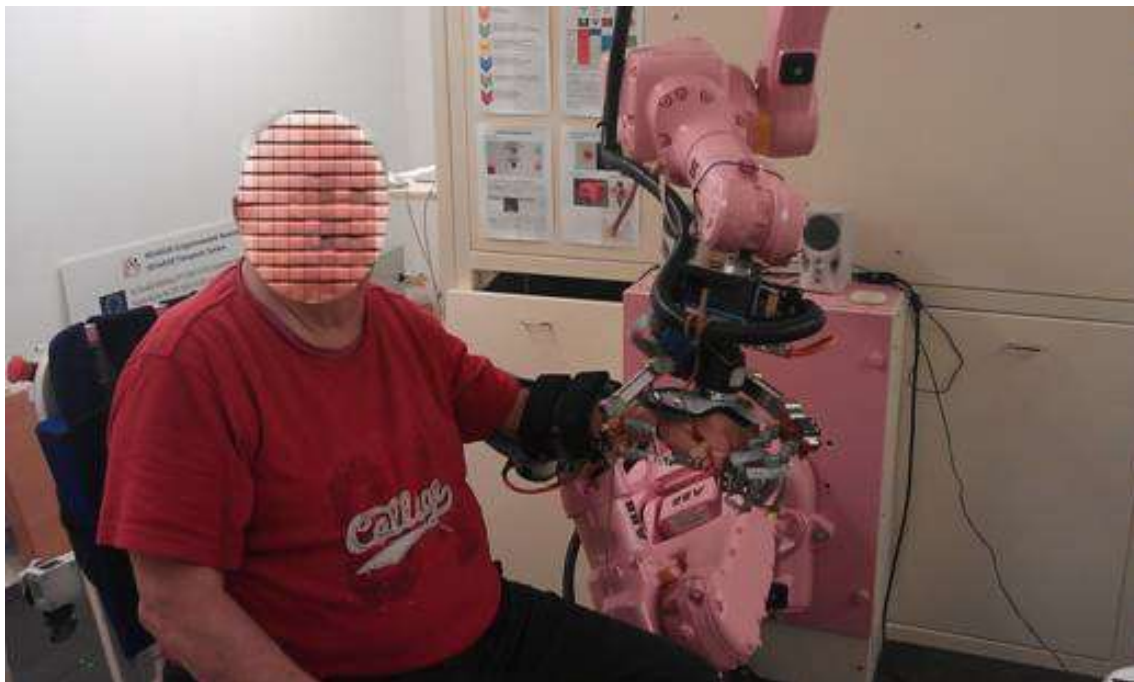
A projekt során több olyan fejlesztés is történt, melyek a meglévő funkciók megbízhatóbb működését segítették elő. Ide sorolható az újonnan fejlesztett biztonsági

lazító berendezés (35. ábra), illetve 6 tengelyes erőmérő szenzor. Utóbbi a piacon lévő termékekhez képest költséghatékonyabb és pontosabb megoldást jelentett.



35. ábra: Új elektromágneses biztonsági lazító berendezés

A vezérlőprogram egyes részeit korszerű C# forrásnyelvű programokra cseréltük, a korábbi már elavult Delphi forrásnyelvű, PC alapú helyett. Megújítottuk a grafikus felhasználói felületet is (36, 37 ábra).



36. ábra: A beteg karja próba közben csatlakoztatva a Reharob Gyógytornászati Rendszerhez



37. ábra: A Reharob Gyógytornásztató Rendszer terápia közben

A fejlesztés a mérnöki és orvosi oldal folyamatos együttműködésével történt. A szerző feladata volt a mérnöki oldal felé a felhasználói igények megadása, a robot által gyakoroltatandó feladatok kiválasztása, a fejlesztés során folyamatos visszajelzés és az elkészült rendszer tesztelése.

4.3. Betegek

A klinikai vizsgálatban résztvevők beválasztásának, kizárásának kritériumrendszere a következő kritériumokat tartalmazta.

Beválasztási kritériumok:

- ischaemiás vagy haemorrhagiás stroke következtében kialakult féloldali bénulás;
- a háttérben álló agykárosodást CT vagy MRI igazolta;
- a stroke óta eltelt idő legalább egy év, maximum 10 év;
- a beteg életkora 18-80 év közötti;

- a páciens testmagasságra nem adtunk korlátot, de a kezelt személyt a következők alapján 3 osztályba soroltuk:
 - S méret, ha a testmagasság 164 cm alatti,
 - M méret, ha a testmagasság 164-175,3 cm közötti,
 - L méret, ha a testmagasság 175,3 cm feletti.(A 152,8-186,7 cm tartományon kívüli testmagasság esetén egyedi alkalmassági próba dönt a beválasztásról);
- FM felső végtagra vonatkozó értéke több legyen 18 pontnál;
- belgyógyászati szempontból alkalmas páciens, aki a gyógytornához szükséges fizikai terhelést elviseli;
- a vizsgálathoz szükséges kooperációra alkalmas beteg;
- a beteg vagy írásképtelen beteg esetén a szóbeli nyilatkozata alapján két tanú által aláírt beleegyezési nyilatkozat.

Kizárási kritériumok:

- cselekvőképtelen, vagy korlátozottan cselekvőképtelen személy;
- várandós vagy szoptató nő, illetve olyan fogamzóképes korú nő, aki nem folytat megbízható védekezést;
- fogvatartott vagy büntetőeljárás alá vont személy;
- epilepsziás beteg;
- ha a betegnek mozgásszervi vagy egyéb megbetegedése van, amely nem teszi lehetővé, hogy a kezelés alatt nyugodtan üljön a kezelőszékben;
- bőrelváltozás, amely nem teszi lehetővé az ortézis alkalmazását;
- infratentoriális, lacunáris stroke.

A kutatásban résztvevők:

A klinikai vizsgálatban 20 stroke következtében féloldali bénult beteg vett részt. A résztvevők főbb adatait az 5. táblázat tartalmazza. A páciensek átlag életkora 60,35 év, a legfiatalabb beteg 40, a legidősebb 77 éves volt. A betegek között 13-an jobb oldali, 7-en bal oldali bénulásban szenvedtek. A stroke óta eltelt idő átlagosan 31,95 hónap, a legrövidebb idő 13 hónap, a leghosszabb idő 71 hónap volt. A betegek közül csak két esetben telt el 5 évnél több idő a stroke óta (melyből az egyik beteg mindössze egy hónappal haladta meg az 5 évet). 16-an ischaemiás stroke-on estek át, míg 4 beteg

vérzéses stroke-ot szenvedett. A betegek az Országos Orvosi Rehabilitációs Intézet és a Szent János Kórház ambuláns betegei közül kerültek ki.

A bevonásra alkalmasnak ítélt betegek nyitottak voltak a robotos terápiára, többnyire szívesen beegyeztek a vizsgálatba. Időközi lemorzsolódás nem volt. Technikai okok miatt az első három beválasztott beteg túllépte az előre meghatározott 6 hetes terápiás időintervallumot. Ezen betegek eredményeit nem számoltuk a klinikai vizsgálat eredményei közé. Komolyabb egészségügyi állapotváltozás, ami a terápiás kezelés megszakítását indokolta volna nem fordult elő. Egy betegnél zajlott rövid lefolyású felső légúti vírus fertőzés, mely párhány napon belül gyógyult, így a páciens be tudta fejezni a kezeléssorozatot 6 héten belül.

5. táblázat: A vizsgálatban résztvevők adatainak összefoglalása

| | | |
|-----------------------------------------------|---------------|--------------------|
| Átlagéletkor(\pm SD; év) | | 60.35 \pm 11.273 |
| Nem | Nő | 8 |
| | Férfi | 12 |
| Stroke óta eltelt idő (átlag \pm SD; hónap) | | 31.95 \pm 17.252 |
| Stroke típusa (betegszám) | Ischaemias | 16 |
| | Haemorrhagias | 4 |
| Hemiparesis oldala (betegszám) | Jobb | 13 |
| | Bal | 7 |

Az alkalmazott beavatkozások ismertetése (állapotfelmérő skálák, állapotfelmérés menete):

A COSMOSYS klinikai vizsgálat során állapotfelmérő és terápiás módszerek alkalmazására került sor, melyek kizárólag non-invazív eljárások voltak.

A betegek állapotának felméréséhez az alábbi állapotfelmérő skálákat használtuk:

Motoros skálák:

Fugl Meyer Assessment of Motor Recovery, Upper Extremity (FM): a skála a felső végtag izomerejét, aktív mozgásait, mozgásterjedelmét, reflexeit vizsgálja. 4 alrészből áll, melyből az A: vállat-könyököt-alkart, B: csuklót, C: kezet, D: koordinációt és gyorsaságot méri. Összesen 66 pontot érhet el a beteg (71, 72).

Módosított Ashworth Scale (MAS): a skála az izomtónus fokozódás, spazmus felmérésére szolgál. 0 pont esetében nincs izomtónus fokozódás, 5 pont pedig a merev ízületet jelenti. A klinikai vizsgálat során a MAS-t a váll adductor, könyök flexor, csukló volarflexor izmok esetében vizsgáltuk (73).

British Medical Research Council által ajánlott izomerő skála (MRC): az izomműködés kvantitatív értékelésére szolgál, az izomerőt 0-5-ig terjedő skálán értékeli. 0-ás érték esetén nincs izominnerváció, nincs elmozdulás, 5 pontnál az izom teljes mozgáspályán elmozdul, valamint a gravitációs erővel szemben maximális ellenállás leküzdésével is tud mozgást végrehajtani. Az izomerőt a váll abductio, könyök flexio, extensio, valamint csukló dorsal- és volarflexio esetében vizsgáltuk (74).

Funkcionális skálák:

Action Research Arm Test (ARAT): a teszt alkalmas a felső végtag mozgásainak, ügyességének felmérésére, valamint az ADL feladatok vizsgálatára. 4 alfejezetből áll: markolás, fogás, precízió és tömegmozgások. Pontozni a feladatokat 0 (nem képes teljesíteni a feladatot) és 3 pont (problémamentes feladat végrehajtás) között lehet. Maximálisan 57 pont adható (75).

Functional Independence Measure (FIM): önellátást mérő skála, mely a következő nagy csoportokra bontva értékeli az élettevékenységeket: önellátás, sphincter kontroll, mozgáskészség, járás, kommunikáció, szociális készségek. Vizsgálja, hogy milyen mértékben szorul külső segítségre a beteg (önálló, részleges, illetve teljes függőség), ez alapján 1-7 pont adható az adott tevékenységre. A legmagasabb elérhető pontszáma 126. (76, 77)

Barthel Index (BI): önellátást vizsgáló skála, melyet először 1965-ben publikáltak (Mahoney). A skála az alábbi 10 élettevékenységet vizsgálja: étkezés, átszállás kerekesszékekbe, személyes toalett, WC-használat, fürdés, járás, lépcsőjárás, öltözködés,

széklettartás és vizelettartás. A tevékenységekre 0-5-10-15 pont adható, attól függően, hogy mennyi segítséget igényel a beteg, így a BI pontszáma 0-100-ig terjedhet (78).

4.4. A klinikai vizsgálat menete

A klinikai vizsgálat önkontrollos volt, hogy kizárjuk a spontán javulás lehetőségét. Az előszűrést egy hónappal később követte csak a beválasztás, amennyiben az állapotfelmérő skálák pontszámaiban nem következett be érdemleges változás.

Az állapotfelmérést független gyógytornász végezte, aki nem vett részt a terápiában, csak a betegek állapotfelmérése volt a feladata.

A klinikai vizsgálat lépéseit az alábbi felsorolás tartalmazza, míg az egyes viziteken előforduló állapotfelmérő skálákat a 6. táblázat foglalja össze:

1. A betegek előszűrése (E1 vizit): a beteggel ismerkedő beszélgetés, mely során általános és anamnesztikus adatok, belgyógyászati és neurológiai status és állapotfelmérő skálák felvétele történt.
2. Beteg-beválasztás (B1 vizit): az E1 után egy hónappal valósult meg, amennyiben a beteg statusában érdemi változás nem következett be. Ehhez a vizsgáló orvos elvégezte ugyanazokat az állapotfelmérő teszteket, mint előszűréskor.
3. Terápiás szakasz (T1-T20 vizit): robotos tornáztatás történt (20 alkalommal, 6 héten belül), a T10-es és T20-as vizitek után a betegek állapotát felmértük. (A B1-et rendszerint azonnal követte a T1, amennyiben valamiért a beválasztás napján nem történt meg az első terápiás ülés, a B1-től számítva (a kutatási tervben előre megszabott) 2 napon belül sor került a T1-re.)
4. Utánkövetés (U1 vizit): az utolsó terápiás ülés után három hónappal zajlott, beszélgetésből és ismételt állapotfelmérésből állt.

6. táblázat: Az egyes viziteken használt állapotfelmérő skálák összefoglalása.

| VIZIT JELZÉSE: | E1 | B1 | T1 | T10 | T20 | U1 |
|-------------------|---------------|----------------|-----------|-----------------|---------------------|---------------------|
| VIZIT IDŐPONTJA: | előszű-réskor | beválasztáskor | 1.kezelés | 10.kezelés után | utolsó kezelés után | 3 hónappal T20 után |
| Általános adatok | + | | | | | |
| Anamnesis | + | | | | | |
| Bel-neurol status | + | | | | | |
| FM | + | + | | + | + | + |
| MRC | + | + | | + | + | + |
| MAS | + | + | | + | + | + |
| ARAT | + | + | | + | + | + |
| FIM | + | + | | + | + | + |
| BI | + | + | | + | + | + |

Amennyiben a B1 vizitkor az állapotfelmérő skálák eredményei érdemben nem különböztek az E1 vizit során mért értékektől, a betegek beválasztásra kerültek a terápiás szakaszba. A különböző állapotfelmérő skálák (beválasztáshoz) engedélyezett eltérései az E1-hez képest a B1 vizit felvételekor a következők voltak: FM:2 pont, MAS: 1 pont, MRC: 1 pont, ARAT: 2 pont, FIM: 3 pont és BI: 0 pont.

Az E1 és B1 állapotfelmérések eredményei között nem volt szignifikáns eltérés.

A robotos torna menete:

A résztvevők 20 napon keresztül, alkalmanként 50 perces robotos tornában részesültek. A tornaprogram elkezdése előtt megtörtént a beteg kezelőszékbe ültetése, rögzítése és az ortézisek csatlakoztatása. A terápia 15 perces passzív átmozgatást, majd 5 ADL feladat egyenként 7 percig történő gyakorlását tartalmazta. Az ADL feladatok a következők voltak:

- egy bögre szájhoz emelése a fogantyújánál fogva
- egy mellény cipzárjának a le-és felhúzása
- egy telefon felvétele, lerakása
- egy szivaccsal a száj megtörlése
- egy szekrény ajtajának a kinyitása, becsukása

Az ADL feladatok kiválasztása során a következő szempontokat vettük figyelembe:

- megfeleljenek a Bobath és PNF gyógytornásztatás előírásainak
- tárgy megfogás és manipulálás legyen
- mind testközeli, mind testtávoli ízületi mozgásokat tartalmazzon
- lényeges mozgás legyen minden felső végtagi anatómiai ízületben
- mechanikailag mind szabad, mind kényszerített mozgások előforduljanak

4.5. Alkalmazott statisztika:

A statisztikai számítások StatSoft Inc. cég Statistica programjának 13-as verziójával készültek. Annak bizonyítására, hogy nem történt spontán javulás, az E1 és B1 állapotfelmérés eredményeit (egymintás) t-próbával hasonlítottuk össze. A robotos torna hatásosságának megállapítására a B1, T20 és U1 állapotfelmérések adatait hasonlítottuk össze egyszempontos varianciaanalízissel (ANOVA).

A klinikai vizsgálatot jóváhagyta a Tudományos és Kutatásetikai Bizottság és az Egészségügyi Engedélyezési és Közigazgatási Hivatal, az engedély száma: 10128/2012/OTIG).

A betegek tájékoztatás után beleegyező nyilatkozatot írtak alá az előszűrés alkalmával. Ekkor csak beszélgetés, anamnéziszfelvétel és állapotfelmérés történt. Egy hónappal később került sor a beválasztásra, valamint a terápia megkezdésére, így a pácienseknek lehetőségük volt átgondolni beleegyezésüket.

5. EREDMÉNYEK

5.1. Technikai eredmények

A betegek összesen $20 \times 20 \times 50 = 20\,000$ perc (333,33 óra) robotos terápiában részesültek. A torna alatt nemkívánatos esemény nem történt.

Néhány technikai probléma azonban felmerült a kezelés alatt:

- A robot ki-, bekapcsolásához (kalibrálásához) mérnöki segítség kellett, egy meghibásodott akkumulátor miatt.
- A kezelések közben olykor az erőmérőket újra kellett kalibrálni.
- Amikor a robotkar valamelyik csuklója végállásba került, az adott gyakorlatsor félbeszakadt, mérnöki segítség kellett a robotkar kimozdításához, valamint az új betanításhoz.
- Egyes tárgyak eltörték és/vagy erőmérő szenzoraik meghibásodtak.

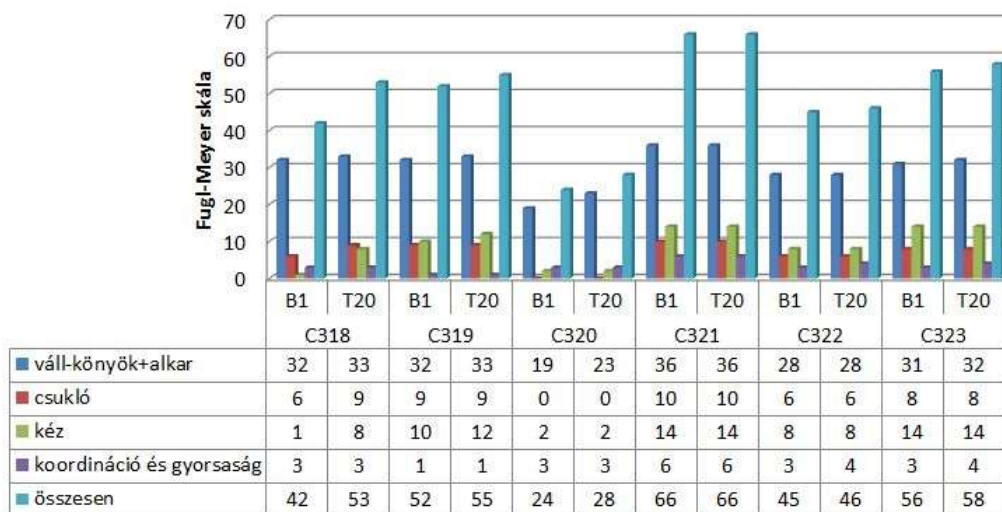
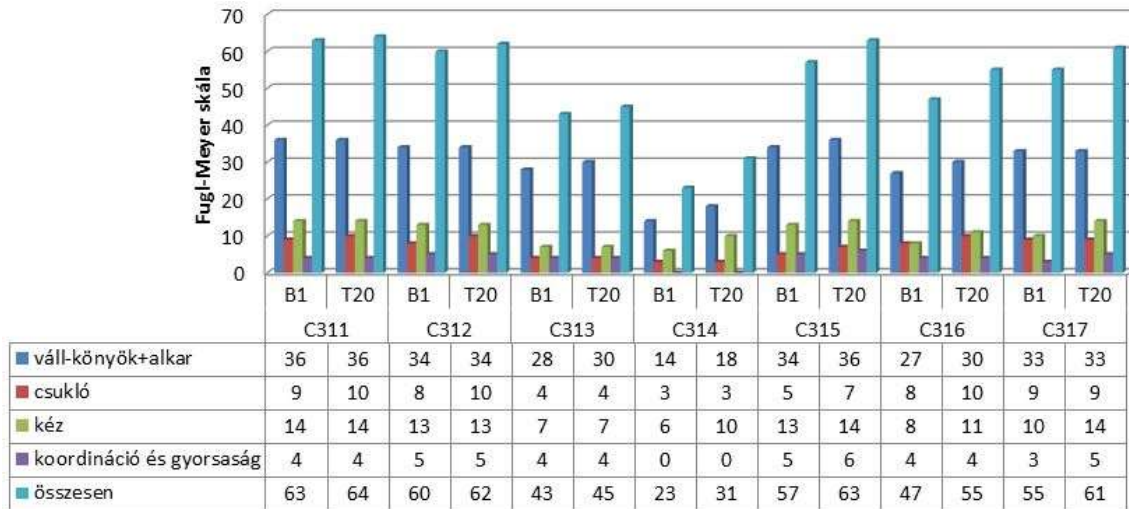
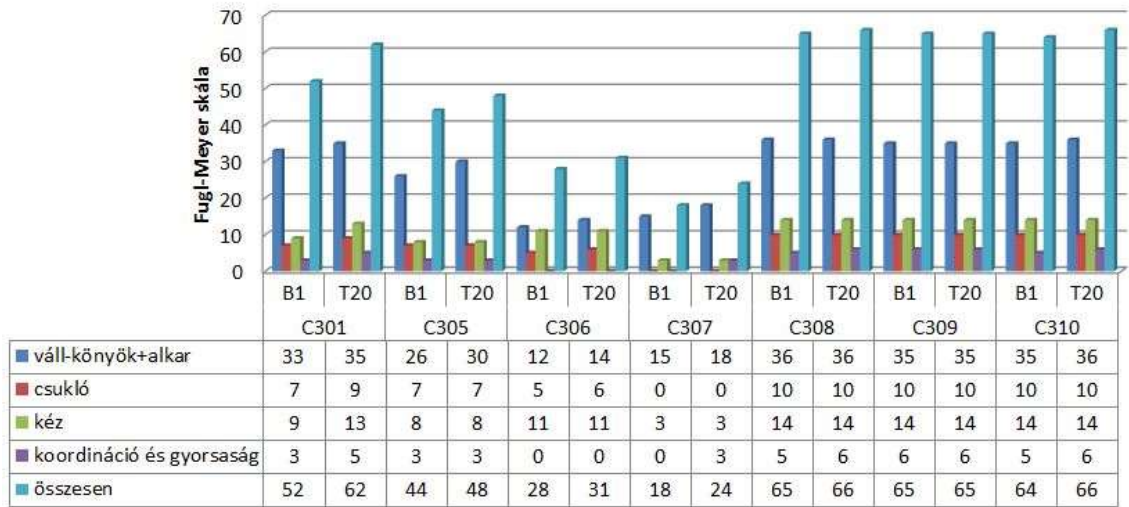
5.2. A motoros skálák eredményei:

A motoros skálák közül látványos javulást a FM értékekben figyeltünk meg, mely 20 betegből 18 esetben nőtt. Az egyszempontos varianciaanalízissel összehasonlítva a B1-T20 értékeket szignifikáns volt a javulás ($p < 0,05$ szignifikancia szinten). Az MRC a váll abductio, könyök flexio, extensio, valamint csukló dorsal- és volarflexio esetében nem javult érdemlegesen. A váll adductorok, könyök és csukló flexorok módosított Ashworth értékei nem változtak. Mindezt a 7. táblázat mutatja részletesen.

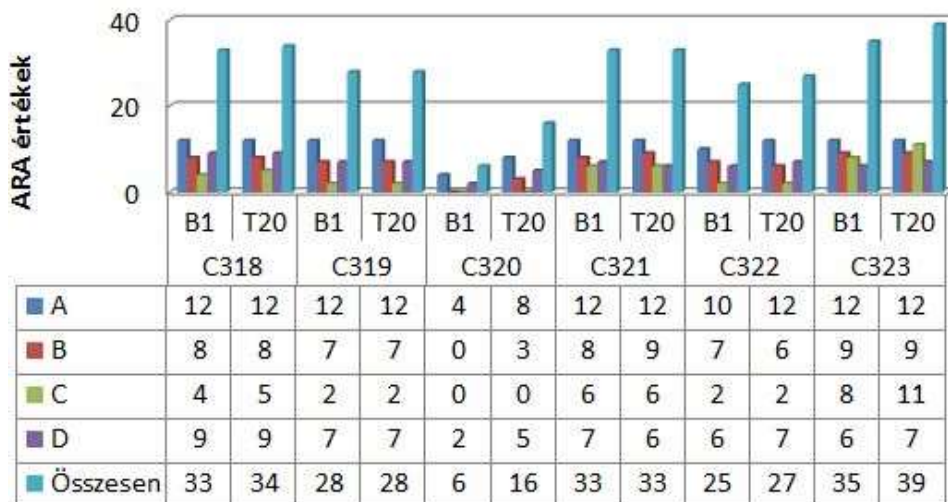
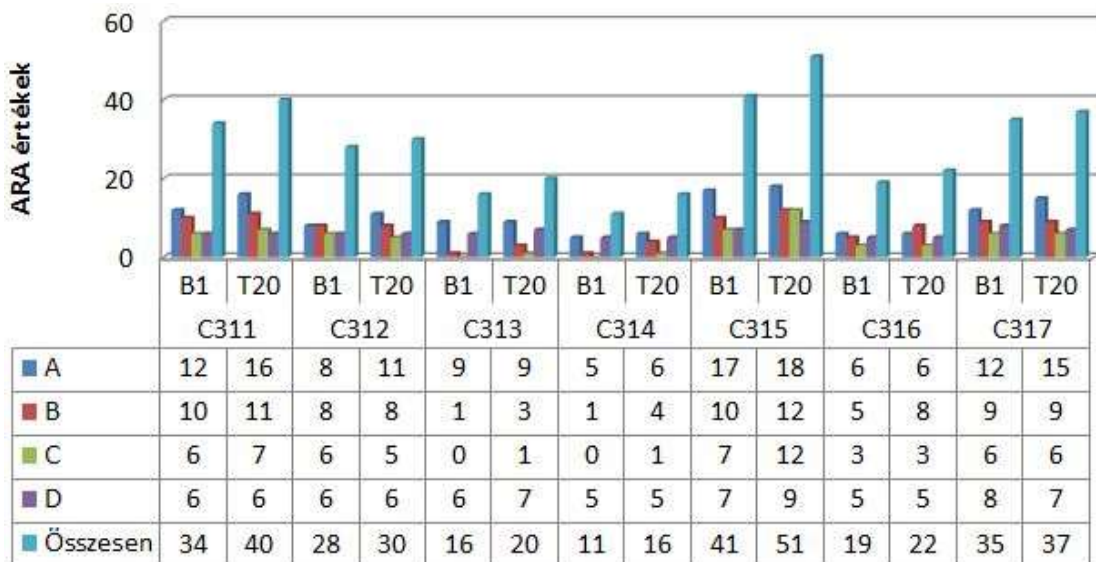
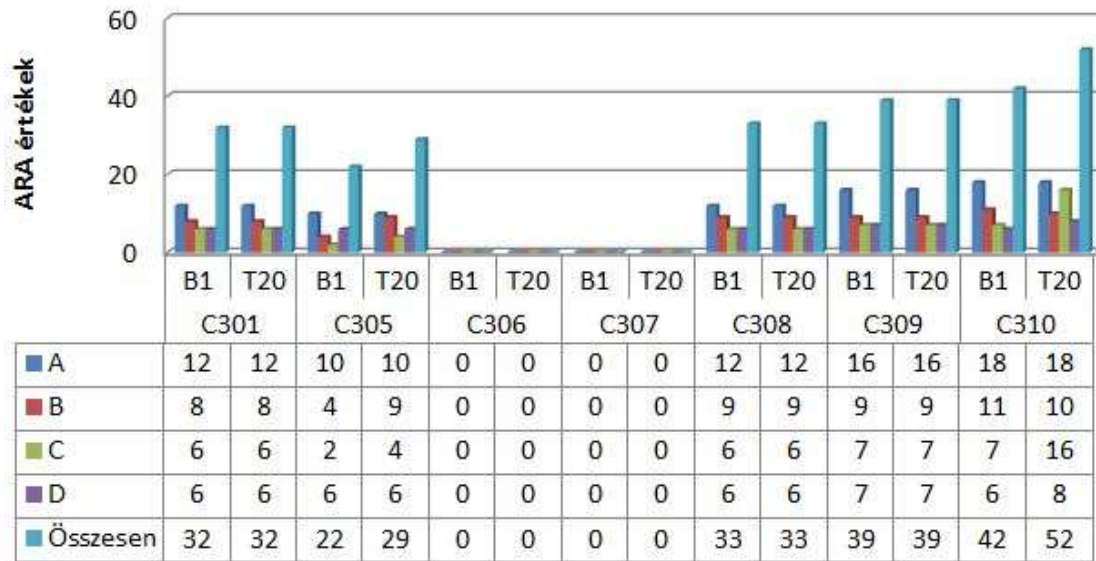
5.3. A funkcionális skálák eredményei:

A funkcionális skálák közül jelentősebb változást az ARAT-nál találtunk. 13 beteg eredményei javultak, 5 esetben nem változott és 2 betegnél nem volt felvehető a teszt (nem volt hozzá megfelelő kézfunkciójuk). Az ARAT skála változása a terápia megkezdése előtt és a végén ANOVA-val vizsgálva szignifikáns javulást jelentett ($p < 0,05$).

7. táblázat: FM B1-T20 értékeinek összehasonlítása



8. táblázat: ARAT B1-T20 értékeinek összehasonlítása



A FIM esetében a 20-ból 6 betegnél jelentkezett pozitív változás, ami statisztikai próbával nézve, összehasonlítva a T1-T20 értékeket, szintén szignifikáns javulásnak minősült.

A Barthel-index 2 páciensnél javult, ez a változás a terápia végén a kiindulási értékhez képest varianciaanalízissel nem volt szignifikáns.

A bevásárlás és az utánkövetés során készült állapotfelmérés eredményeit ANOVA-val összehasonlítva a szignifikáns javulás fennmaradt mind a FM-UE, mind az ARAT és a FIM skálák esetében. A 9. táblázat összefoglalja a B1 -T20 (p_1) és B1 -U1 (p_2) állapotfelmérések eredményeit egyszempontos varianciaanalízissel vizsgálva.

9. táblázat: Motoros és funkcionális skálák statisztikai eredményei:

| | Maximum érték | B1 átlag \pm SD | T20 átlag \pm SD | p_1 | U1 átlag \pm SD | p_2 |
|---------|---------------|-------------------|--------------------|---------|-------------------|---------|
| FM -UE | 66 | 48.25 \pm 15.0 | 52.45 \pm 13.9 | 0.0006* | 55.28 \pm 13.2 | 0.0002* |
| MAS | 0 | 2.60 \pm 2.9 | 2.60 \pm 2.9 | 1.0000 | 2.83 \pm 3.1 | 0.9320 |
| ARAT | 57 | 24.9 \pm 13.8 | 28.90 \pm 13.8 | 0.0057* | 32.92 \pm 12.5 | 0.0032* |
| FIM | 126 | 117.55 \pm 8.2 | 118.35 \pm 8.4 | 0.0484* | 120.85 \pm 4.9 | 0.0279* |
| Barthel | 100 | 92.25 \pm 10.6 | 93.00 \pm 11.0 | 1.0000 | 95.71 \pm 6.1 | 0.3213 |

* $p < 0.05$, ha összehasonlítjuk a B1 -T20 (p_1) és B1 -U1 (p_2) állapotfelmérések eredményeit egyszempontos varianciaanalízissel.

5.4. A betegelégedettségi kérdőívek eredményei:

A betegelégedettségi kérdőív saját szerkesztés, amit már korábbi robotos vizsgálatainknál használtunk.

A kérdőívek adatai azt mutatták, hogy a betegek szívesen vettek részt a robotos tornában. Többségük szerint a kezelések megfelelő ideig tartottak, nem találták fárasztónak vagy épp annyira volt fárasztó számukra, amennyire még el tudták viselni. Mindössze egy beteget ért kellemetlenség (a tornásztatott keze beszorult, illetve nehéz volt az kezelőszékről leszállnia) (10. táblázat).

10. táblázat: A betegelégedettségi kérdőívek adatai

| | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Mennyire találta hosszúnak az egyes kezeléseket? | Nagyon hosszúak voltak. | - |
| | Kicsit hosszúak voltak. | 2 |
| | Épp megfelelő ideig tartottak. | 15 |
| | Rövidebb ideig tartottak, mint gondolta. | 3 |
| 2. Mennyire volt fárasztó egy-egy kezelés? | Sokkal fárasztóbb volt, mint amit el tud viselni. | - |
| | Kicsit fárasztóbb volt annál, mint amit még jól el tud viselni. | 2 |
| | Épp annyira volt fárasztó, mint amit el tud viselni. | 4 |
| | Nem találta fárasztónak a vizsgálatot. | 14 |
| 3. Érte-e kellemetlenség a kezelés során? | Több is. | - |
| | Egy kellemetlenség ért. | 1 (kéz beszorulás két alkalommal, nehéz az ülésről leszállni - bekékölt a combja) |
| | Nem ért kellemetlenség. | 19 |
| 4. Megfelelőnek tartotta-e a kezelések előtt kapott tájékoztatást? | Igen. | 20 |
| | Nem. | - |
| 5. Részt venne-e ugyanilyen vizsgálatban máskor is, – az esetleges kellemetlenségek ellenére, ha ezzel saját és más hasonló betegek gyógyulását elősegítheti? | Igen. | 20 |
| | Nem. | - |

| | |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>6. Van-e bármilyen egyéb megjegyzése?</p> | <p>Mindenki aranyos, kedves.</p> <p>Várom a további fejlesztést.</p> <p>Fizikailag és mentálisan is jó hatással volt rám, mindenképpen javított a mozgásállapotomon.</p> <p>Úgy érzem erősödött a kézfej mozgásom.</p> <p>A kezelések után jobban figyelek az ujj mozgásaimra.</p> <p>Sajnálom, hogy vége van, szívesen folytatnám, várom a folytatást.</p> <p>Jól éreztem magam, köszönöm a részvételt.</p> <p>Nagyon jók voltak a kezelések.</p> <p>Szívesen venne részt a további fejlesztésben.</p> <p>Kicsit fárasztó volt, inkább a sok jövés, menés miatt.</p> <p>Nem tudom, hogy mennyire használ, mert ugyanúgy zsibbad, de jövök, ha lesz még kezelés.</p> <p>Hasznosnak éreztem a kezeléseket. Sajnálom, hogy vége van.</p> |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

6. MEGBESZÉLÉS

A fogyatékosná vált személyek önellátóképességének javítása a rehabilitáció egyik fő feladata, melyhez robotok is felhasználhatók. A mindennapi élettevékenységek robottal történő támogatására két lehetőségünk van: egyik módja személyi használatú, assistive robotokkal (79, 80) történhet, míg az egyéni teljesítőképesség javítására terápiais, ADL funkciókat gyakoroltató robotokat használhatunk.

Az utóbbi időben számos kutatás és vizsgálat foglalkozott a post-stroke-betegek problémáival és (maradvány) tüneteivel. Mivel a stroke a tartós fogyatékoság egyik vezető oka a fejlett országokban élő felnőttek körében, ezért azok a lehetőségek, módszerek, melyek javíthatják ezeknek a betegeknek az állapotát és csökkenthetik szenvedéseiket szintén a figyelem középpontjába kerültek (81).

A stroke-on átesett betegek önellátóképességének helyreállítása, valamint a terápia és a gondozás költségeinek csökkentése érdekében a stroke-rehabilitációban végzett legújabb kutatások minél hatékonyabb terápiák szükségességét hangsúlyozzák.

Lo és munkatársai összehasonlították az intenzív robotos és intenzív hagyományos (ugyanolyan mozgási intenzitással, mint a robotterápia) kezelés, valamint a standard terápia (amely kevesebb intenzív terápiát tartalmazott) kimenetelét. A tanulmányban a robotos és az intenzív hagyományos terápia hasonló funkcionális eredményeket adott, és mindkét kezelés hatékonyabb volt, mint a standard terápia. (21) Ezek az eredmények arra engednek következtetni, hogy a jelenlegi robot terápiais eszközök elsődleges előnye, hogy csökkenthetik a költségeket és erőfeszítéseket (hiszen ugyanazt az eredményt adták, mint az intenzív terápia), melyek a terapeutára nehezednek egy intenzív edzésprogram során. Megjegyzendő, hogy jelenleg ezeknek az eszközöknek a költségei hasonlóak az intenzív terápia költségeihez, de remélhetőleg a jövőbeli készülékek olcsóbbak és könnyebben hordozhatóbbak lesznek (82).

Különösen a karfunkció hatékonyabb rehabilitációja döntő fontosságú, mivel a paretikus felső végtag korlátozza a betegeket a mindennapi tevékenységeik végzésében (81). A robotos terápia azért kapott jelentős figyelmet a felső végtagi stroke-rehabilitációban, mivel képes nagy intenzitású, ismétlődő mozgásterápiát nyújtani kevesebb erőfeszítéssel, mint amire a hagyományos módszerek alkalmasak.

A felső végtagi tornászató robotok mind felépítésüket, szerkezetüket nézve (end-effector, exoskeleton /ipari robot használata vagy saját fejlesztés), mind pedig alkalmazott környezetüket tekintve (virtuális valóság, valós tárgyak) különbözőek. Az end-effektoroknak és az exoskeletonoknak is vannak előnyei és természetesen hátrányai is (ahogy azt az irodalmi áttekintésben részleteztem), melyeket figyelembe véve zajlanak az újítások és fejlesztések. Nincs evidencia arra, hogy mely felépítésű, szerkezetű és milyen környezetet alkalmazó robotok a hatásosabbak.

Köszönhetően annak, hogy egyre több tanulmányt publikálnak a robotos torna hatásosságának vizsgálatáról, lehetőség van egyre nagyobb számú vizsgálat bevonásával metaanalízist készíteni. Az egyik első ilyen összefoglaló cikket 2006-ban 8 klinikai vizsgálat tanulmányozásával *Prange és szerzőtársai* írták. Azt találták, hogy a robotos terápia talán hatékonyabban javítja a bénult felső végtag rövid és hosszú távú motoros kontrollját, mint a hagyományos terápia (83).

2008-ben készült *Kwakkel és munkacsoportja* összefoglaló tanulmánya, 10 klinikai vizsgálat és 218 beteg részvételével. A felkar motoros funkcióiban szignifikáns javulás volt megfigyelhető, míg a napi tevékenységekben nem sikerült szignifikánsan jobb eredményt kimutatni (84).

A korai vizsgálatok és korábbi összefoglaló cikkek (80, 81) felvetették, hogy a robotos terápia előnye a hagyományos kezelésekhez képest a magas ismétlésszámban, a független gyakorlás lehetőségében, valamint a terápia motiváló erejében rejlik. A Cochrane összefoglaló tanulmányok célja, összegezni az irodalmi adatokat, megpróbálni igazolni a robotos technológia előnyeit, valamint bizonyítani, hogy a fejlesztések megérik a ráfordított erőfeszítést és költségeket. Az első áttekintés e témáról 2008-ban készült, a következő 2012-ben és a legfrissebb verziót 2015-ben publikálták.

A 2008-as Cochrane review során 11 klinikai vizsgálat meta-analízise készült el. *Mehrholtz és munkatársai* szerint az elektromechanikus és a robotos terápia során a bénult kar motoros funkciói és izomereje javulhat, míg a napi tevékenységekben nagy valószínűséggel nem következik be fejlődés (85).

A 2012-es review 19 klinikai vizsgálatot tartalmazott, 666 beteg részvételével. A szerzők arra a következtetésre jutottak, hogy az elektromechanikus és a robotos torna

javította az ADL funkciókat, a kar és kéz funkcióit, de a kéz izomereje nem nőtt. Úgy találták, hogy a robotos kezelés motiváló hatásának köszönhetően nem nő annak esélye, hogy a betegek idő előtt abbahagyják a terápiát, valamint a torna program alatti nemkívánatos események előfordulása is ritka volt (86).

A legfrissebb 2015-ben publikált Cochrane review 34 klinikai vizsgálat (összesen 1160 résztvevő) felhasználásával készült. *Mehrholz és munkacsoportja* megállapította, hogy az elektromechanikus és a robotos torna javította az ADL funkciókat, a kar és kéz funkcióit, és izomerejét. Az eredményeket azonban óvatosan kell értelmezni, mert az evidenciák szintje a nagyon alacsonytól az alacsonyig terjedt, és eltérések voltak a terápiák intenzitása, időtartama, összmennyisége, valamint a kezelés típusa és a résztvevők jellemzői között (87).

A csukló, kéz tornáztató robotokról publikált *Balasubramanian és munkatársai* átfogó tanulmányt 2010-ben. A szerzők úgy találták, hogy számos ilyen jellegű tornáztató robotrendszert fejlesztettek ki az elmúlt időszakban, azonban ezek jelentős részét, 75%-át nem tesztelték betegekkal. Feltételezésük szerint azért, mert ezek a robotok túl komplexek voltak ahhoz, hogy a betegek használják. Összesen 6 olyan klinikai vizsgálatról számoltak be, melyben 13 vagy annál több beteget kezeltek csukló és/vagy kéz tornáztató robottal (**BiMANU Track**, **PneuGlove**, **HWARD**, **Hand Mentor**, **Haptic Knob** voltak a használt robotok) (88).

Az állapotfelmérő skálák használatát vizsgálták egy 2011-ben megjelent, 30 klinikai vizsgálatot áttekintő összefoglaló tanulmányban. A motoros skálák közül a FM-t használta a legtöbb, 27 klinikai vizsgálat, mely 27 esetből 24-ben szignifikánsan javult. A spaszticitás mérésére a MAS-t alkalmazták, a skála 21 vizsgálatból (mely során felvették) 9-ben szignifikánsan csökkent. A funkcionális skálákat csak a tanulmányok egyharmadában mérték. Jelentős eltéréseket találtak a szerzők a beavatkozások intenzitásában, időtartamában, valamint a stroke óta eltelt idő is változó volt. Számos olyan állapotfelmérő skála szerepelt a vizsgálatokban, amelyet csak néhány kutató csoport használt. A szerzők szerint kívánatos lenne a könnyebb összehasonlíthatóság és értékelhetőség céljából a robotos klinikai vizsgálatok módszertanának egységesítése. Javasolják az akut / szubakut / krónikus kategóriák pontosítását, az egyes kísérletek

eredményességének mérésére bizonyos skálák használatának standardizálását, a funkcionális skálák alkalmazását, valamint a beavatkozások pontosabb leírását (89).

Míg korábban a váll-könyök tornáztató robotok fejlesztése zajlott elsősorban, napjainkban egyre több munkacsoport foglalkozik a distalis funkciók javítását lehetővé tevő csukló-kéz tornáztató robotok fejlesztésével. A disszertáció tárgyát képező Cosmosys projekt során fontos technikai újítás, hogy a rendszer a váll-könyök tornáztatás mellett a csukló és kéz mozgását is biztosítja passzív és asszisztált aktív üzemmódban.

Klinikai kutatásunk célja volt az aktív, ADL gyakorlatokat tartalmazó felső végtagi robotos torna hatásosságát megvizsgálni krónikus stroke-betegek esetében. A szakirodalmat áttekintve a felső végtagi tornáztató robotok többségénél a terápia során a gyakorlatok a virtuális valóságban játszódnak. Ezekkel ellentétben a továbbfejlesztett Reharob Gyógytornáztató Rendszerrel a résztvevők valós objektumokkal, valós környezetben manipulálnak. Két terápiás rendszer dolgozik még valós környezetben. A *Johnson és munkatársai* által fejlesztett **ADLER** rehabilitációs robot ADL-szerű feladatokat képes gyakoroltatni tényleges tárgyakkal (48). Valós objektumokat (csésze, kés, villa és erszény) használt *Timmermans és munkacsoportja* is a **Haptic Master** robottal végzett feladatorientált tornájuk során (49). *Park* két krónikus stroke-beteg kéthetes, nem robotos, feladatorientált terápiájáról számolt be és találta effektívnek ezt a fajta kezelésmódot publikációjában (90).

A különböző valós tárgyak megragadása kifinomultabb motoros vezérlő funkciót igényel a beteg részéről, mint egy robotkar markolatának megfogása. A valós objektumok alkalmazása nehezebbé teszi a feladatot mind a beteg, mind pedig a robot számára. Mindazonáltal tény, hogy az ADL feladatok gyakorlása közelebb van a valósághoz, mint a virtuális térben zajló terápia. A későbbiekben mindenképpen érdemes lenne összehasonlítani, hogy a valós tárgyakkal végzett vagy a virtuális környezetben zajló robotos terápia hatékonyabb-e.

A Cosmosys Klinikai Vizsgálatban 20 krónikus (több mint egy évvel az agyi történés után) stroke-beteg vett részt. Mindegyik páciens 20 alkalommal részesült 15 perces passzív és 35 perces asszisztált aktív kezelésben, melynek részét képezte az alábbi 5 ADL feladat gyakorlása: egy bögre szájhoz emelése a fogantyújánál fogva, egy mellény

cipzárjának a le-és felhúzása, egy telefon felvétele, lerakása, egy szivaccsal a száj megtörlése, egy szekrény ajtajának a kinyitása, becsukása.

Technikai szempontból nagyon jó eredménynek tekinthető a 333 órányi robotos terápia anélkül, hogy nemkívánatos esemény történt volna. Ez az eredmény összhangban van az irodalomban megjelenő adatokkal, melyek bizonyítják, hogy a robotos torna biztonságos (82, 83). Néhány technikai probléma azonban felmerült a kezelés alatt, úgymint: egy meghibásodott akkumulátor, a robotkar csuklójának „kiakadása”, eltört tárgyak és/vagy erőmérő szenzorok meghibásodása. Ezen problémák megoldása mérnöki segítséget igényelt.

A motoros skálák közül a FM 20 betegből 18 esetében mutatott javulást. Amennyiben tekintetbe vesszük, hogy a betegek többsége relatíve magas kiinduló pontszámokkal rendelkezett, ez a változás figyelemre méltó. Az MRC a váll abductio, könyök flexio, extensio, valamint csukló dorsal- és volarflexio esetében nem javult érdemlegesen. Az is megjegyzendő, hogy az összes résztvevő krónikus stádiumban lévő stroke-beteg volt, akiknek a MAS-pontszáma már stabilizálódott, ezért javulás ezen a skálán nem volt várható.

A funkcionális skálák közül az ARAT 18 betegből (akik esetében felvehető volt a skála) 13-nál növekedett a kezdeti állapotfelméréshez képest, ami szintén kiemelendő változásnak tekinthető. A FIM 6 páciensnél, míg a BI csak két betegnél mutatott javulást. A FIM és BI esetében megfigyelhető enyhe javulás valószínűleg a betegek beválasztásakor is meglévő jó kiindulási funkcionális állapotával magyarázható. Mivel a tárgyak megfogásához és az ADL feladatok elvégzéséhez szelektív ujj mozgások szükségesek, így a stroke súlyossága mérsékelt foknál nem lehetett rosszabb.

Az eredményeink hasonlóan alakultak a szakirodalmi adatokhoz képest: a FM skála változása a robotos terápia hatására többnyire szignifikáns javulást mutat (88), míg a funkcionális skálák közül leginkább az ARAT esetében figyelhető meg jelentősebb javulás. Mióta nagyobb hangsúlyt fektetnek a klinikai vizsgálatok szerzői a napi tevékenységek felmérésére is (FIM és BI skálák) egyre több esetben mutatnak ki szignifikáns javulást a robotos terápia végén ezen skálák esetében is. (83, 84)

A betegelégedettségi kérdőív eredményei azt mutatták, hogy a résztvevők szívesen vettek részt a robotos tornában. Többségük elégedett volt az ülések időtartalmával és a torna sem fárasztotta őket túlzottan.

A betegek közül relatíve sokan, 7-en nem vettek részt a három hónappal későbbi utánkövetéses vizsgálaton. A szignifikáns javulás mind a FM, az ARAT és a FIM skála esetében fennmaradt.

A vizsgálatnak több korlátja is van:

- a szervezési és költségvetési nehézségek, valamint az időhiány miatti relatíve alacsony betegszám. A jövőben a nagyobb minta érdekében érdemes lenne több beteget bevonni a klinikai vizsgálatba;
- az önkontrollos vizsgálat helyett RCT készítése, mely egyértelműbb összehasonlítást tenne lehetővé a robotos és a hagyományos terápia hatékonysága között;
- a klinikai vizsgálat egyik korlátja a betegek beválasztáskor meglévő jó funkcionális állapot. Érdemes lenne vizsgálatot végezni, kevésbé jó funkcionális állapotú betegekkel;
- szintén érdekes lenne az akut stroke-betegekkel végzett robotos torna hatásosságának felmérése.

A jövőbeni munkáknak tartalmazniuk kellene olyan kontrollcsoportos vizsgálatokat, melyek a különböző robot terápiai módszerek hatásosságát hasonlítják össze. Így lehetőség lenne a különböző képességekkel és szükségletekkel rendelkező betegek számára a betegspecifikus terápiai protokollok kialakítására.

A Cosmosys Klinikai Vizsgálat kapcsán megállapítható, hogy a Reharob Gyógytornászati Rendszerrel végzett, ADL feladatok gyakoroltatásán alapuló terápia krónikus stroke-betegek esetében bizonyos javulást eredményezett a bémúlt felső végtag motoros és funkcionális funkcióiban.

Napjainkban egyre több robot kapható már kereskedelmi forgalomban, melyeket terápiai célból használnak a stroke és egyéb neurológiai betegek rehabilitációjában. Ilyen például az **InMotion ARM/WRIST/HAND**, **ReoTMTherapy System**, **Armeo**

Power, és a distális részeket mozgató **Amadeo**, **Hand Mentor**, **Reha-Digit**, **Gloreha**, **Hand of Hope**.

A robotos fejlesztések egy másik iránya, hogy biztosítsa a betegek otthonában történő feladatok gyakoroltatást. Mivel ez a rehabilitáció következő stádiumát jelenti az intézeti bentfekvő, illetve az ambuláns program után, és tartós gyakorlást tesz lehetővé, ezért ezzel a fejlesztési iránnyal többen is foglalkoznak (91).

Annak feltérképezésére, hogy milyen stádiumban lévő stroke-beteget, mely gyakorlatokkal és milyen intenzitással tornáztassunk, indult a National Health Service (NHS) által finanszírozott Robot Assisted Training for the Upper Limb after Stroke (RATULS) multicentrikus klinikai vizsgálat Nagy-Britanniában. A kutatás 57 hónapja alatt a tervezett 720 stroke-beteget (egy hét - 5 év a stroke után) véletlenszerűen három csoportba sorolják: az egyik csoport robotos terápiában, a második csoport intenzív összehasonlító kezelésben, a harmadik csoport pedig az NHS által előírt szokásos rehabilitációs programban részesül. A robotos terápia során váll-könyök tornáztatás, csukló és kéz mozgatás történik, melyhez az InMotion ARM/WRIST/HAND rendszert használják. A résztvevőknek különböző számítógépes játékokat kell játszaniuk a robottal, például egy kör mozgatása a képernyőn a cél felé. A robot, amennyiben szükséges, segíti a beteget az olyan mozdulatoknál, amelyeket egyedül nem tudna teljesíteni. Amennyiben a beteg képes a mozgást elvégezni, akkor a robot nem segít neki.

A terápiás foglalkozások 12 héten keresztül hetente három alkalommal egy óráig tartanak. Állapotfelmérés a kezelés megkezdése után három és 6 hónappal történik. Az elsődleges állapotfelmérő skála az ARAT, ezen kívül vizsgálják még: a felső végtagi károsodás mértékét, az ADL funkciókat, az életminőséget, az erőforrás-felhasználást és a nemkívánatos mellékhatásokat.

Az eredmények birtokában jelentősen többet fogunk tudni a robotos terápia hatásosságáról, illetve, hogy milyen stádiumú stroke-betegek számára lehet igazán hasznos és eredményes ez a fajta terápia.

7. KÖVETKEZTETÉSEK

1. Az irodalmi áttekintésem a legnaprakészebb és legteljesebb képet adja a jelenleg használatos felső végtagot tornásztató, funkciófejlesztő robotokról.
2. Szakmai segítséggel támogattam a mérnöki fejlesztést, melynek köszönhetően a korábban passzív tornát végző Reharob Gyógytornásztató Rendszer alkalmassá vált a teljes felső végtag mozgatására, a passzív mellett vezetett aktív mozgatásra.
3. Részt vettem azon ADL mozdulatsorok meghatározásában, melyek lehetővé teszik a felső végtag valamennyi ízületének minden irányba történő mozgását.
4. Az elvégzett klinikai vizsgálat alapján megállapítottuk, hogy a hazánkban egyedülként végzett, a teljes felső végtagot mozgató torna biztonságos.
5. Megfigyeltük, hogy a robotos torna motiválja a betegeket, akik szívesen vettek részt a terápiás programban és úgy nyilatkoztak, hogy ismét részt vennének hasonlóban.
6. Bizonyítottam, hogy a robotos terápia több mint egy évvel a stroke után, jó funkcionális állapotú betegek felső végtagi funkciójának további javítására alkalmas lehet.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

Előzmények-célkitűzés: A felső végtagi motoros funkciók károsodása és a napi tevékenységek elvégzésének ebből eredő zavara a stroke okozta tartós fogyatékoság meghatározó eleme. Ezért azok a módszerek, melyek javíthatják ezeknek a betegeknek az állapotát és csökkenthetik szenvedéseiket szintén a figyelem középpontjában állnak. A tornásztató robotok által biztosított intenzív, magas ismétlésszámú, feladat-specifikus és célorientált gyakorlatok hasznosak lehetnek a stroke-betegek rehabilitációjában. Klinikai kutatásunk célja volt az aktív, napi tevékenységeket tartalmazó felső végtagi robotos torna hatásosságát megvizsgálni krónikus stroke-betegek esetében.

Betegek és módszerek: Az önkontrollos klinikai vizsgálatban 20 krónikus stroke-beteg vett részt. A páciensek 20 alkalommal részesültek 15 perces passzív és 35 perces vezetett aktív felső végtagi robotos kezelésben, melynek részét képezte ötféle napi tevékenység gyakorlása. Három motoros és három funkcionális skála került felvételre, előszűréskor, a terápia megkezdése előtt, a kezelés befejezésekor és három hónappal később. Az állapotfelmérést egy független gyógytornász végezte. A terápia hatásosságának megállapítására egyszempontos varianciaanalízissel összehasonlítottuk a beválasztáskor és a terápia végén, valamint a beválasztáskor és az utánkövetéskor rögzített állapotfelmérések eredményeit.

Eredmények: A betegek összesen 333,33 óra robotos terápiában részesültek. A torna alatt nemkívánatos esemény nem történt. A Fugl-Meyer skála – felső végtagi alskála része, az Action Research Arm Test és a Funkcionális Függetlenség Mértéke szignifikáns javulást mutatott a terápia végén a kiindulási értékekhez képest. A résztvevők szívesen vettek részt a robotos tornában, elégedettek voltak a kezelés időtartalmával és a torna sem fárasztotta őket túlzottan.

Következtetés: A továbbfejlesztett Reharob Gyógytornásztató Rendszerrel végzett napi tevékenységek gyakoroltatásán alapuló robotos terápia krónikus stroke-betegek esetében javulást eredményezett a bénult felső végtag motoros és funkcionális funkcióiban.

9. SUMMARY

Background-purpose: The disturbances in executing of daily living activities as a consequence of the motor function impairments of the upper limb are basic elements of the long-term disability caused by stroke. For this reason the methods that can improve the condition of these patients and reduce their suffering are in the focus of attention. The robot-mediated intensive, repetitive, task-specific and target-oriented exercises can be useful in the rehabilitation of stroke patients. The aim of our clinical study was the investigation of the efficacy of robot-mediated therapy of the upper limb in patients with chronic stroke, with application of active assisted training of daily living activities.

Patients and method: 20 chronic stroke patients participated in the self-controlled clinical trial. Subjects received 20 sessions of upper limb robot-mediated therapy. Each session consisted of 15 minutes passive and 35 minutes active assisted therapy, which included exercises of 5 activities of daily living. Three motor and three functional scales were conducted at pre-screening, at the start, at the end of the therapy, and three months after the end of therapy. The assessment was performed by an independent physiotherapist. To assess the efficacy of therapy the assessment results at the start and at the end of the therapy and at the start and three months after the therapy course were compared by using repeated measures ANOVA with Bonferroni post hoc test.

Results: Patients received a total 333.33 hours of robot mediated therapy. During the sessions no adverse event occurred. The Fugl-Meyer Scale – upper extremity subsection, the Action Research Arm Test and the Functional Independence Measure improved statistically significant after therapy than before. The subjects participated in the robotic therapy with pleasure, they were satisfied with the duration of the treatment and the therapy didn't overload them.

Conclusion: Practicing activities of daily living in real environment with the Reharob v2 Robotic Therapeutic System can improve the motor and functional ability of the paretic upper limb of chronic stroke patients.

10. IRODALOMJEGYZÉK

- 1) Breceda EY, Dromerick AW. (2013) Motor rehabilitation in stroke and traumatic brain injury: stimulating and intense. *Curr Opin Neurol*, 26: 595–601.
- 2) Cortes M, Elder J, Rykman A, Murray L, Avedissian M, Stampas A, Thickbroom GW, Pascual-Leone A, Krebs HI, Valls-Sole J, Edwards DJ. (2013) Improved motor performance in chronic spinal cord injury following upper-limb robotic training. *NeuroRehabilitation*, 33: 57–65.
- 3) Wiart L, Rosychuk RJ, Wright FV. (2016) Evaluation of the effectiveness of robotic gait training and gait-focused physical therapy programs for children and youth with cerebral palsy: a mixed methods RCT. *BMC Neurol*, 16: 86–96.
- 4) Hömberg V. Neurorehabilitation approaches to facilitate motor recovery. In: Umphred DA, Burton G, Lazaro R, Roller M (szerk.), *Neurological Rehabilitation*. Elsevier, Edinburgh, 2013: 161–173.
- 5) Fazekas G, Tavaszi I, Tóth A. (2016) A neurorehabilitáció újabb lehetőségei: terápiás robotok alkalmazása központi idegrendszeri károsodás utáni állapotokban. *Ideggyogy Sz*, 69: 148–154.
- 6) Centers for Disease Control and Prevention. (2009) Prevalence and most common causes of disability among adults: United States, 2005. *Morb Mortal Wkly Rep*, 58: 421-426.
- 7) Szél I. Stroke-betegek rehabilitációja. In: Vekerdy-Nagy Zs (szerk.), *Rehabilitációs orvoslás*. Medicina Könyvkiadó Zrt, Budapest, 2010: 473-479.
- 8) Feigin VL, Lawes CM, Bennett DA, Anderson CS. (2003) Stroke epidemiology: a review of population-based studies of incidence, prevalence, and case-fatality in the late 20th century. *Lancet Neurol*, 2: 43–53.
- 9) Tavaszi I, Boros E, Dénes Z, Fazekas G. (2016) Új technológia alkalmazása a stroke-on átesett betegek rehabilitációs programjában. *Rehabilitáció*, 26: 195–201.
- 10) Fazekas G, Tóth A, Pilissy T, Zsiga K, Stefanik Gy, Trócsányi M. (2010) Szervizrobotok alkalmazása neurológiai károsodás következtében fogyatékosá vált személyeknél. *Rehabilitáció*, 20: 41-45.

- 11) Basteris A, Nijenhuis SM, Stienen AH, Buurke JH, Prange GB, Amirabdollahian F. (2014) Training modalities in robot-mediated upper limb rehabilitation in stroke: a framework for classification based on a systematic review. *J Neuroeng Rehabil*, 11:111.
- 12) Hogan N, Krebs HI, Rohrer B, Palazzolo JJ, Dipietro L, Fasoli SE, Stein J, Hughes R, Frontera WR, Lynch D, Volpe BT. (2006) Motions or muscles? Some behavioral factors underlying robotic assistance of motor recovery. *J Rehabil Res Dev*, 43: 605–618.
- 13) Burgar CG, Lum PS, Shor PC, Van der Loos M. (2000) Development of robots for rehabilitation therapy: The Palo Alto VA/Stanford experience. *J Rehabil Res Dev*, 37: 663-673.
- 14) Lum PS, BurgarCG, Van der Loos M, Shor PC, Majmundar M, Yap R. (2006) MIME robotic device for upper-limb neurorehabilitation in subacute stroke subjects: a follow-up study. *J Rehabil Res Dev*, 43: 631-643.
- 15) Lum PS, Burgar CG, Shor CT, Majmundar M, Van der Loos M. (2002) Robot-assisted movement training compared with conventional therapy techniques for the rehabilitation of upper-limb motor function after stroke. *Arch Phys Med Rehabil*, 83: 952-959.
- 16) Reinkensmeyer DJ, Kahn LE, Averbuch M, McKenna-Cole A, Schmit BD, Rymer WZ. (2000) Understanding and treating arm movement impairment after chronic brain injury: Progress with the ARM Guide. *J Rehabil Res Dev*, 37: 653-662.
- 17) Kahn LE, Zygmant ML, Rymer WZ, Reinkensmeyer DJ. (2006) Robot-assisted reaching exercise promotes arm movement recovery in chronic hemiparetic stroke: a randomized controlled pilot study. *J Neuroeng Rehabil*, 3: 12.
- 18) Krebs HI, Hogan N, Aisen ML, Volpe BT. (1998) Robot-Aided Neurorehabilitation. *IEEE Trans Rehabil Eng*, 6: 75-87.
- 19) Fasoli SE, Krebs HI, Ferraro M, Hogan N, Volpe BT. (2004) Does shorter rehabilitation limit potential recovery poststroke? *Neurorehabil Neural Repair*, 18: 88-94.

- 20) Sale P, Franceschini M, Mazzoleni S, Palma E, Agosti M, Posteraro F. (2014) Effects of upper limb robot-assisted therapy on motor recovery in subacute stroke patients. *J Neuroeng Rehabil*, 11: 104.
- 21) Lo AC, Guarino PD, Richards LG, Haselkorn JK, Wittenberg GF, Federman DG, Ringer RJ, Wagner TH, Krebs HI, Volpe BT, Bever CT Jr, Bravata DM, Duncan PW, Corn BH, Maffucci AD, Nadeau SE, Conroy SS, Powell JM, Huang GD, Peduzzi P. (2010) Robot-assisted therapy for long-term upper-limb impairment after stroke. *N Engl J Med*, 362: 1772-1783.
- 22) Posteraro F, Mazzoleni S, Aliboni S, Cesqui B, Battaglia A, Carrozza MC, Dario P, Micera S. (2010) Upper limb spasticity reduction following active training: a robot-mediated study in patients with chronic hemiparesis. *J Rehabil Med*, 42: 279-281.
- 23) Krebs HI, Volpe BT, Williams D, Celestino J, Charles SK, Lynch D, Hogan N. (2007) Robot-aided neurorehabilitation: a robot for wrist rehabilitation. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, 15: 327-335.
- 24) Krebs HI, Ferraro M, Buerger SP, Newbery MJ, Makiyama A, Sandmann M, Lynch, Volpe BT, Hogan N. (2004) Rehabilitation robotics: pilot trial of a spatial extension for MIT-Manus. *J Neuroeng Rehabil*, 1: 5.
- 25) Mazzoleni S, Sale P, Franceschini M, Bigazzi S, Carrozza MC, Dario P, Posteraro F. (2013) Effects of proximal and distal robot-assisted upper limb rehabilitation on chronic stroke recovery. *NeuroRehabilitation*, 33: 33–39.
- 26) Coote S, Murphy B, Harwin W, Stokes E. (2008) The effect of the GENTLE/s robot-mediated therapy system on arm function after stroke. *Clin Rehabil*, 22: 395-405.
- 27) Loureiro RCV, Harwin WS. Reach & Grasp Therapy: Design and Control of a 9-DOF Robotic Neuro-rehabilitation System. Noordwijk, Netherlands, 2007: 757–763.
- 28) Hesse S, Schulte-Tigges G, Konrad M, Bardeleben A, Werner C. (2003) Robot-assisted arm trainer for the passive and active practice of bilateral forearm and wrist movements in hemiparetic subjects. *Arch Phys Med Rehabil*, 84: 915-920.

- 29) Hesse S, Werner C, Pohl M, Rueckriem S, Mehrholz J, Lingnau ML. Computerized arm training improves the motor control of the severely affected arm after stroke: a single-blinded randomized trial in two centers. *Stroke*, 2005; 36(9): 1960-1966.
- 30) Kahn LE, Zygmant ML, Rymer WZ, Reinkensmeyer DJ. (2006) Robot-assisted reaching exercise promotes arm movement recovery in chronic hemiparetic stroke: a randomized controlled pilot study. *J Neuroeng Rehabil*, 3:12.
- 31) Lee YY, Lin KC, Cheng HJ, Wu CY, Hsieh YW, Chen CK. (2015) Effects of combining robot-assisted therapy with neuromuscular electrical stimulation on motor impairment, motor and daily function, and quality of life in patients with chronic stroke: a double-blinded randomized controlled trial. *J Neuroeng Rehabil*, 12: 96
- 32) Hsieh YW, Liing RJ, Lin KC, Wu CY, Liou TH, Lin JC, Hung JW. (2016) Sequencing bilateral robot-assisted arm therapy and constraint-induced therapy improves reach to press and trunk kinematics in patients with stroke. *J Neuroeng Rehabil*, 13: 31.
- 33) Rosati G, Gallina P, Masiero S. (2007) Design, implementation and clinical tests of a wire-based robot for neurorehabilitation. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, 15: 560-569.
- 34) Masiero S, Celia A, Rosati G, Armani M. (2007) Robotic-assisted rehabilitation of the upper limb after acute stroke. *Arch Phys Med Rehabil*, 88: 142-149.
- 35) Masiero S, Armani M, Rosati G. (2011) Upper-limb robot-assisted therapy in rehabilitation of acute stroke patients: focused review and results of new randomized controlled trial. *J Rehabil Res Dev*, 48: 355-366.
- 36) Stefano M, Patrizia P, Mario A, Ferlini G, Rizzello R, Rosati G. (2014) Robotic upper limb rehabilitation after acute stroke by NeReBot: evaluation of treatment costs. *Biomed Res Int*, 2014: 265634.
- 37) Nef T, Mihelj M, Riener R. (2007) ARMin: a robot for patient-cooperative arm therapy. *Med Biol Eng Comput*, 45: 887-900.

- 38) Nef T, Quinter G, Müller R, Riener R. (2009) Effects of arm training with the robotic device ARMin I in chronic stroke: three single cases. *Neurodegener Dis*, 6: 240-251.
- 39) Klamroth-Marganska V, Blanco J, Campen K, Curt A, Dietz V, Ettl T, Felder M, Fellinghauer B, Guidali M, Kollmar A, Luft A, Nef T, Schuster-Amft C, Stahel W, Riener R. (2014) Three-dimensional, task-specific robot therapy of the arm after stroke: a multicentre, parallel-group randomised trial. *Lancet Neurol*, 13: 159-166.
- 40) Staubli P, Nef T, Klamroth-Marganska V, Riener R. (2009) Effects of intensive arm training with the rehabilitation robot ARMin II in chronic stroke patients: four single-cases. *J Neuroeng Rehabil*, 6: 46.
- 41) Micera S, Carrozza MC, Guglielmelli E, Cappiello G, Zaccone F, Freschi C, Colombo R, Mazzone A, Delconte C, Pisano F, Minuco G, Dario P. (2005) A Simple Robotic System for Neurorehabilitation. *Autonomous Robots*, 19: 271-284.
- 42) Frisoli A, Bergamasco M, Carboncini MC, Rossi B. (2009) Robotic assisted rehabilitation in Virtual Reality with the L-EXOS. *Stud Health Technol Inform*, 145: 40-54.
- 43) Reinkensmeyer DJ, Wolbrecht ET, Chan V, Chou C, Cramer SC, Bobrow JE. (2012) Comparison of three-dimensional, assist-as-needed robotic arm/hand movement training provided with Pneu-WREX to conventional tabletop therapy after chronic stroke. *Am J Phys Med Rehabil*, 91: S232-S241.
- 44) Chang JJ, Tung WL, Wu WL, Huang MH, Su FC. (2007) Effects of robot-aided bilateral force-induced isokinetic arm training combined with conventional rehabilitation on arm motor function in patients with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil*, 88: 1332-1338.
- 45) Treger I, Faran S, Ring H. (2008) Robot-assisted therapy for neuromuscular training of sub-acute stroke patients. A feasibility study. *Eur J Phys Rehabil Med*, 44: 431-435.

- 46) Bovolenta F, Sale P, Dall'Armi V, Clerici P, Franceschini M. (2011) Robot-aided therapy for upper limbs in patients with stroke-related lesions. Brief report of a clinical experience. *J Neuroeng Rehabil*, 8:18.
- 47) Casadio M, Giannoni P, Morasso P, Sanguineti V. (2009) A proof of concept study for the integration of robot therapy with physiotherapy in the treatment of stroke patients. *Clin Rehabil*, 23: 217–228.
- 48) Johnson MJ, Wisneski KJ, Anderson J, Nathan D, Strachota E, Kosasih J, Johnston J, Smith RO. Task-oriented and purposeful robot-assisted therapy. In: Sashi S Kommu (szerk.), *Rehabilitation robotics*. I-tech Education and Publishing, Vienna, 2007: 221–242.
- 49) Timmermans AA, Lemmens RJ, Monfrance M, Geers RP, Bakx W, Smeets RJ, Seelen HA. (2014) Effects of task-oriented robot training on arm function, activity, and quality of life in chronic stroke patients: a randomized controlled trial. *J Neuroeng Rehabil*, 11: 45.
- 50) Stein J, Narendran K, McBean J, Krebs K, Hughes R. (2007) Electromyography controlled exoskeletal upper-limb-powered orthosis for exercise training after stroke. *Am J Phys Med Rehabil*, 86: 255–261.
- 51) Byl NN, Abrams GM, Pitsch E, Fedulow I, Kim H, Simkins M, Nagarajan S, Rosen J. (2013) Chronic stroke survivors achieve comparable outcomes following virtual task specific repetitive training guided by a wearable robotic orthosis (UL-EXO7) and actual task specific repetitive training guided by a physical therapist. *J Hand Ther*, 26: 343–352.
- 52) Song R, Tong KY, Hu X, Li L. (2008) Assistive control system using continuous myoelectric signal in robot-aided arm training for patients after stroke. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, 16: 371-379.
- 53) Hu X, Tong KY, Song R, Tsang VS, Leung PO, Li L. (2007) Variation of muscle coactivation patterns in chronic stroke during robot-assisted elbow training. *Arch Phys Med Rehabil*, 88: 1022-1029.
- 54) Hu XL, Tong KY, Song R, Zheng XJ, Lui KH, Leung WW, Ng S, Au-Yeung SS. (2009) Quantitative evaluation of motor functional recovery process in chronic

stroke patients during robot-assisted wrist training. *J Electromyogr Kinesiol*, 19: 639-650.

- 55) Chang JJ, Tung WL, Wu WL, Huang MH, Su FC. (2007) Effects of robot-aided bilateral force-induced isokinetic arm training combined with conventional rehabilitation on arm motor function in patients with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil*, 88: 1332-1338.
- 56) Kutner NG, Zhang R, Butler AJ, Wolf SL, Alberts JL. (2010) Quality-of-life change associated with robotic-assisted therapy to improve hand motor function in patients with subacute stroke: a randomized clinical trial. *Phys Ther*, 90: 493-504.
- 57) Lambercy O, Dovat L, Gassert R, Burdet E, Teo CL, Milner T. (2007) A Haptic Knob for rehabilitation of hand function. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, 15: 356–366.
- 58) Metzger JC, Lambercy O, Califfi A, Dinacci D, Petrillo C, Rossi P, Conti FM, Gassert R. (2014) Assessment-driven selection and adaptation of exercise difficulty in robot-assisted therapy: a pilot study with a hand rehabilitation robot. *J Neuroeng Rehabil*, 11: 154.
- 59) Sale P, Mazzoleni S, Lombardi V, Galafate D, Massimiani MP, Posteraro F, Damiani C, Franceschini M. (2014) Recovery of hand function with robot-assisted therapy in acute stroke patients: a randomized-controlled trial. *Int J Rehabil Res*, 37: 236-242.
- 60) Takahashi CD, Der-Yeghiaian L, Le V, Motiwala RR, Cramer SC. (2008) Robot-based hand motor therapy after stroke. *Brain*, 131: 425–437.
- 61) Merians AS, Fluet GG, Qiu Q, Saleh S, Lafond I, Davidow A, Adamovich SV. (2011) Robotically facilitated virtual rehabilitation of arm transport integrated with finger movement in persons with hemiparesis. *J Neuroeng Rehabil*, 8: 27.
- 62) Schabowsky CN, Godfrey SB, Holley RJ, Lum PS. (2010) Development and pilot testing of HEXORR: hand EXOskeleton rehabilitation robot. *J Neuroeng Rehabil*, 7: 36.
- 63) Godfrey SB, Holley RJ, Lum PS. (2013) Clinical effects of using HEXORR (hand exoskeleton rehabilitation robot) for movement therapy in stroke rehabilitation.

Clinical Effects of Using HEXORR (Hand Exoskeleton Rehabilitation Robot) for Movement Therapy in Stroke Rehabilitation. *Am J Phys Med Rehabil*, 92: 947-958.

- 64) Hesse S, Kuhlmann H, Wilk J, Tomelleri C, Kirker SGB. (2008) A new electromechanical trainer for sensorimotor rehabilitation of paralysed fingers: a case series in chronic and acute stroke patients. *J Neuroeng Rehabil*, 5: 21.
- 65) Bissolotti L, Villafaña JH, Gaffurini P, Orizio C, Valdes K, Negrini S. (2016) Changes in skeletal muscle perfusion and spasticity in patients with poststroke hemiparesis treated by robotic assistance (Gloreha) of the hand. *J Phys Ther Sci*, 28: 769–773.
- 66) Ho NS, Tong KY, Hu XL, Fung KL, Wei XJ, Rong W, Susanto EA. (2011) An EMG-driven exoskeleton hand robotic training device on chronic stroke subjects: task training system for stroke rehabilitation. *IEEE Int Conf Rehabil Robot*, 2011: 5975340.
- 67) Connelly L, Jia Y, Toro ML, Stoykov ME, Kenyon RV, Kamper DG. (2010) A pneumatic glove and immersive virtual reality environment for hand rehabilitative training after stroke. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, 18: 551-559.
- 68) Fazekas G, Fehér M, Stefanik Gy, Boros Zs, Tóth A. (2004) Robotok alkalmazása féloldali bénultak felső végtagi gyógytornáztatásában. *Orv Hetil*, 145: 1327-1331.
- 69) Fazekas G, Horvath M, Toth A, Jurak M, Stefanik Gy, Boros Zs, Troznai T. (2007) Steps in the development of robot aided upper limb physiotherapy with the REHAROB System. *Int J Rehabil Res*, 30: 23-24.
- 70) Fazekas G, Horvath M, Troznai T, Toth A. (2007) Robot-mediated upper limb physiotherapy for patients with spastic hemiparesis: a preliminary study. *J Rehabil Med*, 39: 580-582.
- 71) Fugl-Meyer AR, Jääskö L, Leyman I, Olsson S, Steglind S. (1975) The post-stroke hemiplegic patient. 1. a method for evaluation of physical performance. *Scand J Rehab Med*, 7: 13-31.

- 72) Fugl-Meyer AR. (1980) Post-stroke hemiplegia assessment of physical properties. *Scand J Rehabil Med Suppl*, **7**: 85-93.
- 73) Bohannon RW, Smith MD. (1987) Interrater reliability of a Modified Ashworth Scale of muscle spasticity. *Phys Ther*, **67**: 206-207.
- 74) Gerencsér Zs, Balogh I, Tringer K. A gyógytornász-fizioterapeuta feladatai a rehabilitációban. In: Huszár I, Kullmann L, Tringer L (szerk.), *A rehabilitáció gyakorlata*. Medicina Könyvkiadó Zrt, Budapest, 2000: 91-114.
- 75) De Weerdt WJG. (1985) Measuring recovery of arm-hand function in stroke patients: A comparison of the Brunnstrom-Fugl-Meyer test and the Action Research Arm Test. *Physiother Can*, **37**: 65-70.
- 76) Hamilton BB, Laughlin JA, Fiedler RC, Granger CV. (1994) Interrater reliability of the 7-level functional independence measure. *Scand J Rehabil Med*, **26**: 115-119.
- 77) Dénes Z. (2000) Tesztek használata a mozgásszervi rehabilitációban. A FIM (Functional Independence Measure) skála. *Rehabilitáció*, **10**: 97-100.
- 78) Mahoney FI, Barthel DW. (1965) Functional evaluation: The Barthel Index. *Md State Med J*, **14**: 61-65.
- 79) Zsiga K, Edelmayer G, Rumeau P, **Péter O**, Tóth A, Fazekas G. (2013) Home care robot for socially supporting the elderly: focus group studies in three European countries to screen user attitudes and requirements. *Int J Rehabil Res*, **36**: 375-378.
- 80) Zsiga K, Tóth A, Pilissy T, **Péter O**, Dénes Z, Fazekas G. (2017) Evaluation of a companion robot based on field tests with single older adults in their homes. *Assist Technol*, **19**: 1-8.
- 81) Kwakkel G, van Peppen R, Wagenaar RC, Wood Dauphinee S, Richards C, Ashburn A, Miller K, Lincoln N, Partridge C, Wellwood I, Langhorne P. (2004) Effects of augmented exercise therapy time after stroke: a meta-analysis. *Stroke*, **35**: 2529-2539.

- 82) Blank AA, French JA, Pehlivan AU, O'Malley MK. (2014) Current Trends in Robot-Assisted Upper-Limb Stroke Rehabilitation: Promoting Patient Engagement in Therapy. *Curr Phys Med Rehabil Rep*, 2: 184–195.
- 83) Broeks JG, Lankhorst GJ, Rumping K, Prevo AJH. (1999) The long-term outcome of arm function after stroke: results of a follow-up study. *Disabil Rehabil*, 21: 357–364.
- 84) Prange GB, Jannink MJ, Groothuis-Oudshoorn CG, Hermens HJ, Ijzerman MJ. (2006) Systematic review of the effect of robot-aided therapy on recovery of the hemiparetic arm after stroke. *J Rehabil Res Dev*, 43: 171–184.
- 85) Kwakkel G, Kollen BJ, Krebs HI. (2008) Effects of robot-assisted therapy on upper limb recovery after stroke: a systematic review. *Neurorehabil Neural Repair*, 22: 111–121.
- 86) Mehrholz J, Platz T, Kugler J, Pohl M. (2008) Electromechanical and robot-assisted arm training for improving arm function and activities of daily living after stroke. *Cochrane Database Syst Rev*, 8: CD006876.
- 87) Mehrholz J, Hädrich A, Platz T, Kugler J, Pohl M. (2012) Electromechanical and robot-assisted arm training for improving generic activities of daily living, arm function, and arm muscle strength after stroke. *Cochrane Database Syst Rev*, 13: CD006876.
- 88) Mehrholz J, Pohl M, Platz T, Kugler J, Elsner B. (2015) Electromechanical and robot-assisted arm training for improving activities of daily living, arm function, and arm muscle strength after stroke. *Cochrane Database Syst Rev*, 7: CD006876.
- 89) Balasubramanian S, Klein J, Burdet E. (2010) Robot-assisted rehabilitation of hand function. *Curr Opin Neurol*, 23: 661-670.
- 90) Péter O, Fazekas G, Zsiga K, Dénes Z. (2011) Robot-mediated upper limb physiotherapy: review and recommendations for future clinical trials. *Int J Rehabil Res*, 34: 196-202.
- 91) Park J, Yoo C. (2015) Effects of task-oriented training on upper extremity function and performance of daily activities by chronic stroke patients. *J Phys Ther Sci*, 27: 2657–2659.

- 92) Sivan M, Gallagher J, Makower S, Keeling D, Bhakta B, O'Connor RJ, Levesley M. (2014) Home-based Computer Assisted Arm Rehabilitation (hCAAR) robotic device for upper limb exercise after stroke: results of a feasibility study in home setting. *J Neuroeng Rehabil*, 11: 163.

11. SAJÁT PUBLIKÁCIÓK

11.1. A disszertáció témájához kapcsolódó saját publikációk

1. **Péter O**, Fazekas G, Zsiga K, Dénes Z. (2011) Robot-mediated upper limb physiotherapy: review and recommendations for future clinical trials. *Int J Rehabil Res*, 34: 196-202. **IF:1,083**
2. **Peter O**, Tavaszi I, Toth A, Fazekas G. (2017) Exercising daily living activities in robot-mediated therapy. *J Phys Ther Sci*, 29: 854-858.
3. Zsiga K, Edelmayer G, Rumeau P, **Péter O**, Tóth A, Fazekas G. (2013) Home care robot for socially supporting the elderly: focus group studies in three European countries to screen user attitudes and requirements. *Int J Rehabil Res*, 36: 375-378. **IF: 1,144**
4. Zsiga K, Tóth A, Pilissy T, **Péter O**, Dénes Z, Fazekas G. (2017) Evaluation of a companion robot based on field tests with single older adults in their homes. *Assist Technol*, 19: 1-8. **IF: 1.037**

11.2. Egyéb saját publikációk

1. Dénes Z, Fazekas G, Zsiga K, **Péter O**. (2012) Rehabilitációs ismeretek kórházi orvosok és szigorlók körében. *Orv Hetil*, 153: 954-961.

12.KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A klinikai vizsgálatot jóváhagyta a Tudományos és Kutatásetikai Bizottság és a kutatást az Egészségügyi Engedélyezési és Közigazgatási Hivatal támogatta (10128/2012/OTIG).

Az OORI munkatársai közül elsősorban témavezetőmnek, Dr. Fazekas Gábor PhD Főorvos Úrnak szeretném megköszönni, hogy felkeltette érdeklődésemet a rehabilitációs szakterület iránt, nemcsak a klinikai munkámat vezette, segítette, hanem bevont a tudományos kutatást végző munkacsoportjába. Kitüntetett figyelemmel kísérte, hasznos tanácsaival, irányította tevékenységemet. Folyamatos biztatására, időnként „noszogatására” most már őszinte hálával gondolok.

Köszönöm az OORI gazdasági-pénzügyi, valamint munkaügyi és műszaki dolgozóinak, illetve Almásyné Kovács Éva és Grimmné Ács Ildikó könyvtárosoknak, hogy hozzájárultak kutatásom létrejöttéhez.

Külön köszönöm a Cosmosys Klinikai Vizsgálat szervezésében Dr. Tavaszi Ibolya segítségét, a betegek tornáztatását végző mozgásterapeutáknak, Stefanik Györgyinek, Dobszay Ambrusnénak, Némedy Annának és Karlik Beátának áldozatos munkáját, valamint a mérnök partnerek, Tóth András, Jurák Mihály, Pilissy Tamás támogatását.

Köszönettel tartozom stroke-os betegeinknek, akik vállalták, hogy részt vesznek e klinikai vizsgálatban. Nélkülük e munka nem jöhetett volna létre.

Köszönetemet szeretném kifejezni Dr. Dinya Elek Professzor Úrnak, az orvos-biológiai statisztika elismerten kimagasló szakértőjének, aki az adatgyűjtésben és – feldolgozásban, a statisztika számítások tervezésében és értékelésében nyújtott segítségével.

Végül szeretnék köszönetet mondani Családomnak, elsősorban Férjemnek, aki a tudományos munka, a közlemények és e dolgozat megírása idején átvállalta kisgyermekünk ellátását. Köszönöm Édesapámnak a szakmai támogatást, Édesanyámnak és Húgomnak a sok segítséget és biztatást.

13. ÁBRÁK JEGYZÉKE

1. ábra: <https://www.linkedin.com/pulse/white-paper-end-effector-robot-reaplan-first-class-companion-sapin>
2. ábra: irodalomjegyzék 11. hivatkozás
3. ábra: irodalomjegyzék 13. hivatkozás
4. ábra: irodalomjegyzék 16. hivatkozás
5. ábra: <https://www.memphisdailynews.com/news/2012/mar/21/robot-therapy-introduced-at-baptist-rehab/print> (Photo by Greg Campbell)
6. ábra: irodalomjegyzék 25. hivatkozás
7. ábra: <http://www.gentle.rdg.ac.uk>
8. ábra: <https://blog.stanbridge.edu/?p=19334>
9. ábra:
<http://www.mechatronics.it/index.php?lingua=ENG&pag=res&sub=att&id=16>
10. ábra: <http://cabrr.cua.edu/devicegallery.cfm>,
<http://www.elsa.web.tr/tr/urun/robotik-rehabilitasyon/hocomar-ameo-power>
11. ábra: http://www.xlab.it/mat_didattico/Interfacce_aptiche_medicina/l-exos.html
12. ábra: <http://biorobotics.eng.uci.edu>
13. ábra: https://www.researchgate.net/figure/233950471_fig15_BFIAMT-Reprinted-with-permission-httpwwwbmesorgtw
14. ábra: <http://www.berktree.com/reogo-robotic-therapy-upper-extremity-rehabilitation-robot-item-566327.html>
15. ábra: http://www.palidoronews.it/schede-207-sfide_a_braccio_di_ferro_con_un_robot_2014_04_29,
http://genova.repubblica.it/cronaca/2013/01/11/foto/un_braccio_di_ferro_per_i_malati_di_ictus-50353765/1/?refresh_ce
16. ábra: http://www.robolab.si/~miheljm/?Lang=eng&Action=1_01
17. ábra: <http://blog.pennpartners.org/pioneering-rehabilitation-research-in-robotics/>
18. ábra: irodalomjegyzék 49. hivatkozás
19. ábra: <http://www.newswise.com/articles/robot-assisted-exercise-may-help-disabled-stroke-patients-regain-arm-movement> (photo by Myomo, Inc.)
20. ábra: <http://www.providermagazine.com/archives/archives-2011/pages/0411/back-to-the-future.aspx>,
<http://paul.us2uk.eu/?x=entry:entry130209-021501>
21. ábra: <http://www.relab.ethz.ch/research/current-research-projects/robot-assisted-rehabilitation-and-assessment-of-hand-function.html>
22. ábra: <http://tyromotion.com/en/products>, <http://neuro-solutions.ca/amadeo/>
23. ábra: <http://www.technovelgy.com/ct/Science-Fiction-News.asp?NewsNum=937>
24. ábra: <http://www.cyberglovesystems.com/cyberforce/>,
<https://www.inition.co.uk/product/cyberglove-cybergrasp/>
25. ábra: irodalomjegyzék 61. hivatkozás

26. ábra: irodalomjegyzék 63. hivatkozás
27. ábra: <http://www.reha-stim.de/cms/index.php?id=109>
28. ábra: <http://www.dailymail.co.uk/health/article-2037394/Machine-operated-The-robotic-glove-exercises-injured-hand.html>
<http://clustertav.lombardia.it/news/la-presenza-tav-a-smau/>
29. ábra: <http://exoskeletonreport.com/product/hand-of-hope/>
30. ábra: https://www.researchgate.net/figure/270107203_fig2_Figure-1-Actuated-virtual-keypad-AVK-system-User-wears-the-PneuGlove-which-both
31. ábra: saját munkacsoport felvétele
32. ábra: saját munkacsoport felvétele
33. ábra: saját munkacsoport felvétele
34. ábra: saját munkacsoport felvétele
35. ábra: saját munkacsoport felvétele
36. ábra: saját munkacsoport felvétele
37. ábra: saját munkacsoport felvétele

14.MELLÉKLETEK:**14.1.Fugl-Meyer skála – felső végtagi alskála**

| FELSŐ VÉGTAGI MOTOROS TESZT | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| A. Váll-könyök-alkar | | |
| I. Reflexműködés vizsgálata (biceps, triceps, ujjhajlító) | Nincs biceps reflex (0) Van biceps reflex és/vagy ujjflexio. (2) | /4 |
| | Nincs triceps reflex (0) Van reflex válasz az extensorokban (2) | |
| II. Aktív mozgás a szinergistákban (ülő helyzetben, háttámasszal) | | |
| a.) flexor szinergizmus „vigye a kezét az azonos oldali füléhez” lapocka retrakcióval | nincs (0) részleges (1) teljes (2) | |
| alkar supinatio | 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> | |
| könyök flexio | 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> | |
| váll kirotáció | 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> | |
| váll abductio (90°) | 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> | |
| vállövi elevatio | 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> | |
| vállövi retractio | 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> | |
| b.) extensor szinergizmus „ököl az ellenoldali térdre” a <u>flexor szinergizmus</u> (szükség esetén passzívan létrehozott) helyzetéből. A beteg tárja szét a térdeit. | nincs (0) részleges (1) teljes (2) | |
| alkar supinatio | 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> | |
| könyök extensio | 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> | |
| váll adductio+berotáció | 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> | /18 |
| III. Dinamikus flexor-extensor szinergizmus (ülő helyzetben) | | |
| a.) kezét a lumbális csigolyákra „tegye a kezét hátul a derekára” | - kéz nem jut a spina iliaca anterior superior mögé (0) -a kéz a spina iliaca anterior superior mögé jut minden gravitációs trükk nélkül (1) - teljes (2) | |

| | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <p>b.) váll flexio 0°- 90°-ig</p> <p>Könyök teljes extenzióban a mozgás egésze alatt, a kéz pro-és supinatio között középállásban. A feladat a váll tiszta flexioja a megadott tartományban. A vizsgáló segíthet a kiindulási helyzet létrehozásában.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - kar rögtön abductioba, vagy könyök rögtön flexioba kerül (0) - ha nem azonnal történik mindez (1) - teljes (2) | |
| <p>c.) alkar pronatio és supinatio</p> <p>Aktív könyökhajlítás 90 fokig, váll 0 fokig hajlítva.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - A kiindulási helyzet létrehozása nem lehetséges és/vagy nincs pro/supinatio. (0) - A kiindulási helyzet létrehozása lehetséges és fenntartható a mozgás alatt, de a pro/supinatio korlátozott (1) - teljes (2) | /6 |

| | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <p>IV. Aktív mozgás kevés, vagy semmi szinergizmussal</p> <p>(ülő helyzet)</p> | | |
| <p>a.) váll abductio 0°-tól 90°-ig</p> <p>Könyök extenzióban, alkar pronatióban. A vizsgáló segíthet a betegnek a kiinduló helyzet beállításában.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - azonnali supinatio és/vagy könyök flexio (0) - a mozgás részleges, vagy a könyök flexióba kerül, vagy az alkar nem tartható pronált helyzetben (1) - teljes (2) | |
| <p>b.) váll flexio 90°-tól 180°-ig</p> <p>A beteg karja adductióban, könyöke extenzióban, alkar középállásban. Utasítás: „emelje a nyújtott karját felfelé néző hüvelykujjal.)</p> <p>A vizsgáló segíthet a betegnek a kiinduló helyzet beállításában.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - a kéz rögtön abductioban vagy könyök flexioba kerül (0) - ha a kéz nem rögtön kerül abductioba és/vagy könyök flexio (1) - tökéletesen kivitelezve (2) | |

| | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <p>c.) alkar pronatio-supinatio</p> <p>A váll 30° és 90°-os flexio közötti helyzetben legyen, könyök teljes extenzióban.</p> <p>A passzív ROM mértékéhez viszonyítsunk, ne számoljuk be a vállizület rotációját.</p> | <p>- kiindulópólya nem kivitelezhető és/vagy pronatio, supinatio nem hajtható végre (0)</p> <p>-kiindulópólya kivitelezhető, és tartja a mozgás alatt, de behatárolt pronatio, supinatio lép fel (1)</p> <p>- tökéletesen kivitelezve (2)</p> | /6 |
| <p>V. Normál reflex-aktivitás</p> <p>Csak akkor elvégzendő, ha a IV. rész összpontszáma 6</p> | <p>- nem került elvégzésre</p> <p>- ha a háromból két reflex hiperaktív (0)</p> <p>- ha az egyik reflex hiperaktív (1)</p> <p>- egyik sem hiperaktív (2)</p> | /2 |
| ÖSSZESEN: | | /36 |
| | | |
| B. CSUKLÓ | | |
| <p>1. csukló stabilitás 15°-os dorsalflexióban, 90°-os könyökhajlításban</p> <p>A váll 0° (minden szabadsági fokon), könyök 90°-ban, az alkar pedig teljesen pronált helyzetben van. Ha a beteg nem tudja karját a kért pozícióba vinni, a vizsgáló segítséget nyújthat.</p> | <p>- ha a kért helyzetben nem tudja végrehajtani a dorsalflexiót (0)</p> <p>- ha a dorsalflexió kivitelezhető, de nem tud ellenállást kifejteni(1)</p> <p>- ha a kért helyzet enyhe ellenállás szemben is fenntartható (2)</p> | |
| <p>2. ismételt maximális csukló flexio-extensio</p> <p>A váll 0° (minden szabadsági fokon), könyök 90°-ban, az alkar pedig pronált helyzetben van. Ha a beteg nem tudja karját a kért pozícióba vinni, a vizsgáló segítséget nyújthat.</p> | <p>- ha nincs aktív ismételt mozgás (0)</p> <p>- ha az aktív mozgás kisebb, mint a passzív (1)</p> <p>- ha minden részlet teljesen és megfelelően kivitelezett (2)</p> | |

| | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <p>3. csukló stabilitás 15°-os dorsalflexioban, teljes könyökextenzioban</p> <p>A váll enyhén flexioban, és/vagy abductioban van, könyök nyújtva, alkar pronatioban. A vizsgáló támogatja e pozíció kialakítását.</p> <p>Figyeljünk arra, hogy a dorsalflexio kb. 15 foknál ne legyen nagyobb.</p> | <p>- ha a kért helyzetben nem tudja végrehajtani a dorsalflexiót (0)</p> <p>- ha a dorsalflexio kivitelezhető, de nem tud ellenállást kifejteni(1)</p> <p>- ha a kért helyzet enyhe ellenállás szemben is fenntartható (2)</p> | |
| <p>Ismételt maximális flexio-extensio teljesen nyújtott könyökkel</p> <p>A váll enyhén flexioban, és/vagy abductioban van, könyök nyújtva, alkar pronatioban. A vizsgáló támogatja e pozíció kialakítását. Engedjünk némi flexiót az ujjakban, hogy elkerüljük a passív flexor-elégtelenséget a csukló extensioja alatt. Segíthetjük az alkart, de ne szorítsuk.</p> | <p>- ha nincs aktív ismételt mozgás (0)</p> <p>- ha az aktív mozgás kisebb, mint a passzív (1)</p> <p>- ha minden részlet teljesen és megfelelően kivitelezett (2)</p> | |
| <p>4. csukló circumductio</p> <p>A váll 0° (minden szabadsági fokon), könyök 90°-ban. Segíthetjük az alkart, de ne szorítsuk.</p> | <p>- ha a mozgás kivitelezhetetlen (0)</p> <p>- ha rángás lép fel, vagy nem teljes a mozgás (1)</p> <p>- ha minden részlet teljesen és megfelelően kivitelezett (2)</p> | |
| <i>ÖSSZESEN:</i> | | /10 |
| C. KÉZ | | |
| <p>7 feladat összesen, melyekből 5 a különböző izom cocontractiókra vonatkozik. Segíthetjük a könyököt a 90°-os pozícióba, de a csuklót nem támogatjuk.</p> | | |
| <p>I. összes ujj flexioja</p> | <p>- ha nincs flexio (0)</p> <p>- ha van flexio, de nem teljes (1)</p> <p>- ha a flexio teljes (az egészségeshez viszonyítva) (2)</p> | |

| | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <p>II. összes ujj extensioja</p> <p>A mozgás az aktív maximális flexio pozíciójából indul.</p> | <p>- ha nincs extensio (0)</p> <p>- ha van extensio, de nem teljes 1</p> <p>- ha az extensio teljes (az egészségeshez viszonyítva) (2)</p> | |
| <p>III. markolási tesztek</p> <p>Valamennyi teszt két elkülöníthető részből áll: egy dinamikus mozgásból (fogás), és egy statikus erő kifejtésből (erőfenntartás ellenállással szemben). Óvjuk a beteget a hirtelen végzett mozdulatoktól.</p> | | |
| <p>a.) A II-V. ujjak metacarpophalangealis ízülete nyújtva van. a proximális és distális interphalangealis ízületeket hajlítja a beteg. A fogást ellenállással szemben vizsgáljuk.</p> | <p>- ha a mozgás kivitelezhetetlen (0)</p> <p>- ha a fogás gyenge (1)</p> <p>- ha a szorítás jelentős viszonylag nagy erővel szemben is (2)</p> | |
| <p>b.) Hüvelykujj adductio</p> <p>A hüvelykujj és a tenyér közé helyezett papírlap helyzete alapján ítéljük meg az izomműködést, miközben az adductiot végző hüvelykujjra ellenirányú húzást fejtünk ki.</p> | <p>- ha a mozgás kivitelezhetetlen (0)</p> <p>- ha a papír megtartható az ujj és a tenyér között, de csak ellenirányú húzás nélkül (1)</p> <p>- ha a papír megtartható az ujj húzása ellenére is (2)</p> | |
| <p>c.) Hüvelykujj és mutatóujj ujjbegye közé fogott toll megtartása (ellenálláskifejtés a gravitáció ellenirányába, a tollat felfele húzzuk).</p> | <p>- ha a mozgás kivitelezhetetlen (0)</p> <p>- ha a toll megtartható, de csak ellenirányú húzás nélkül (1)</p> <p>- ha a toll megtartható húzás ellenére is (2)</p> | |

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| d.) Hüvelykujj és mutatóujj volaris felülete közé helyezett henger alakú tárgy megtartása (ellenállás a gravitáció ellenirányába végzett húzás ellen) | - ha a mozgás kivitelezhetetlen (0) - ha a tárgy megtartható, de csak ellenirányú húzás nélkül (1) - ha a tárgy megtartható húzás ellenére is (2) | |
| e.) Teniszlabda markolása és megtartása Az alkar pronált helyzetben legyen. | - ha a mozgás kivitelezhetetlen (0) - ha a tárgy megtartható, de csak ellenirányú húzás nélkül (1) - ha a tárgy megtartható húzás ellenére is (2) | |
| | ÖSSZESEN: | /14 |
| D. Koordináció és gyorsaság | | |
| <u>ujj-orrhegy próba</u> Szem becsukva, kiindulóhelyzet: kar abductio, 5x ismételve. | | |
| a.) tremor | - jelentős (0) - mérsékelt (1) - nincs (2) | |
| b.) dysmetria | - kifejezett vagy nem következetes hibákkal (0) - gyenge, következetes hibákkal (1) - nincs (2) | |
| c.) időkülönbség a két oldal között | - >6 sec (0) - 2-5 sec (1) - < 2 sec (2) | |
| | ÖSSZESEN: | /6 |
| MINDÖSSZESEN | | /66 |

14.2.Módosított Ashworth skála

- 0 = nincs izomtónus növekedés
- 1 = a végtag hajlítására vagy nyújtására csekély tónusfokozódás ("megakadás és elengedés") vagy a végponton minimális ellenállás
- 2 = a végtag hajlítására vagy nyújtására csekély tónusfokozódás ("megakadás"), melyet a maradék mozgástartományban minimális ellenállás követ
- 3 = jelentősebb tónusfokozódás, de a végtag könnyen mozgatható
- 4 = tekintélyes tónusfokozódás - passzív mozgítás nehéz
- 5 = hajlításkor vagy nyújtáskor az érintett rész merev

14.3. British Medical Research Council által ajánlott izomerő skála

- O Nincs izominnerváció (beidegzés), nincs elmozdulás
- 1 Izominnerváció tapintható, nincs elmozdulás
- 1+ A mozgáspálya felét nem meghaladó elmozdulás a gravitáció kikapcsolásával
- 2- A mozgáspálya felét meghaladó elmozdulás a gravitáció kikapcsolásával
- 2 Elmozdulás teljes mozgáspályán a gravitáció kikapcsolásával
- 2+ A mozgáspálya felét nem meghaladó elmozdulás a gravitáció ellenében
- 3- A mozgáspálya felét meghaladó elmozdulás a gravitáció ellenében
- 3 Elmozdulás teljes mozgáspályán a gravitációval szemben
- 3+ A mozgáspálya felét nem meghaladó elmozdulás, mérsékelt ellenállással és a gravitáció ellenében
- 4- A mozgáspálya felét meghaladó elmozdulás, mérsékelt ellenállással és a gravitáció ellenében
- 4 Elmozdulás teljes mozgáspályán a gravitációval szemben mérsékelt ellenállással
- 5 Elmozdulás teljes mozgáspályán a gravitációval szemben maximális ellenállással

14.4. Action Research Arm Test**ACTION
RESEARCH
ARM TEST**

Patient Name: _____

Rater Name: _____

Date: _____

Instructions

There are four subtests: Grasp, Grip, Pinch, Gross Movement. Items in each are ordered so that:

- if the subject passes the first, no more need to be administered and he scores top marks for that subtest;
- if the subject fails the first and fails the second, he scores zero, and again no more tests need to be performed in that subtest;

| Activity | Score |
|-----------------|--------------|
|-----------------|--------------|

Grasp

- | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 1. Block, wood, 10 cm cube (If score = 3, total = 18 and to Grip) Pick up a 10 cm block | _____ |
| 2. Block, wood, 2.5 cm cube (If score = 0, total = 0 and go to Grip) Pick up 2.5 cm block | _____ |
| 3. Block, wood, 5 cm cube | _____ |
| 4. Block, wood, 7.5 cm cube | _____ |
| 5. Ball (Cricket), 7.5 cm diameter | _____ |
| 6. Stone 10 x 2.5 x 1 cm | _____ |

Coefficient of reproducibility = 0.98

Coefficient of scalability = 0.94

Grip

- | | |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 1. Pour water from glass to glass (If score = 3, total = 12, and go to Pinch) | _____ |
| 2. Tube 2.25 cm (If score = 0, total = 0 and go to Pinch) | _____ |
| 3. Tube 1 x 16 cm | _____ |
| 4. Washer (3.5 cm diameter) over bolt | _____ |

Coefficient of reproducibility = 0.99

Coefficient of scalability = 0.98

Pinch

- 1. Ball bearing, 6 mm, 3rd finger and thumb (If score = 3, total = 18 and go to Grossmt) _____
- 2. Marble, 1.5 cm, index finger and thumb (If score = 0, total = 0 and go to Grossmt) _____
- 3. Ball bearing 2nd finger and thumb _____
- 4. Ball bearing 1st finger and thumb _____
- 5. Marble 3rd finger and thumb _____
- 6. Marble 2nd finger and thumb _____

Coefficient of reproducibility = 0.99

Coefficient of scalability = 0.98

Grossmt (Gross Movement)

- 1. Place hand behind head (If score = 3, total = 9 and finish) _____
- 2. (If score = 0, total = 0 and finish) _____
- 3. Place hand on top of head _____
- 4. Hand to mouth _____

Coefficient of reproducibility = 0.98

Coefficient of scalability = 0.97

References

Carroll D. "A quantitative test of upper extremity function."
J Chronic Diseases. 1965;18:479-491.

Crow JL, Lincoln NNB, Nouri FM, De Weerd W. "The effectiveness of EMG biofeedback in the treatment of arm function after stroke."
International Disability Studies. 1989;11:155-160.

De Weerd WJG, Harrison MA. "Measuring recovery of arm-hand function in stroke patients: a comparison of the Brunnstrom-Fugl-Meyer test and the Action Research Arm test."
Physiotherapy Canada. 1985;37:65-70.

Lyle RC. "A performance test for assessment of upper limb function in physical rehabilitation treatment and research."
[Int J Rehabil Res. 1981;4:483-492.](#)

14.5. Functional Independence Measure**ÖNELLÁTÁS**

| | |
|----------------------------|-------|
| Étkezés | ..... |
| Tisztálkodás | ..... |
| Fürdés | ..... |
| Öltözködés /felső testfél/ | ..... |
| Öltözködés /alsó testfél/ | ..... |
| Toalett-higiéné | ..... |
| Összesen: | ..... |

SPHINCTER KONTROLL

| | |
|---------------|-------|
| Vizelettartás | ..... |
| Széklettartás | ..... |
| Összesen: | ..... |

MOZGÁSKÉSZSÉG

| | |
|-------------------------------|-------|
| Átülés /ágy-szék-kerekesszék/ | ..... |
| WC használat | ..... |
| Fürdőszoba használat | ..... |
| Összesen: | ..... |

JÁRÁS

| | |
|----------------------------------|-------|
| Járás vagy kerekesszék használat | ..... |
| Lépcsőjárás | ..... |
| Összesen: | ..... |

KOMMUNIKÁCIÓ

| | |
|-------------|-------|
| Megértés | ..... |
| Önkifejezés | ..... |
| Összesen: | ..... |

SZOCIÁLIS KÉPESSÉGEK

| | |
|-------------------------|-------|
| Szociális együttműködés | ..... |
| Probléma megoldás | ..... |
| Emlékezés | ..... |
| Összesen: | ..... |

Összpontszám:

Dátum:.....

A kitöltő aláírása:.....

Instrukciók a pontozáshoz:

ÖNÁLLÓ /segítséget nem igényel/

7 Teljes függetlenség /biztosan, időben/

6 Részleges függetlenség /segédeszköz/

FÜGGŐ /segítséget igényel/

Részleges függőség:

5 Felügyeletet igényel /irányítás/

4 Kis fizikális segítséget igényel /75%+/

3 Mérsékelt segítséget igényel /50-74%+/

Teljes függőség:

2 Nagyfokú segítséget igényel /25%-49%/

1 Teljes ellátásra szoruló /25%-nál kevesebb/

Ha a tevékenység nem tesztelhető, a szint 1.

14.6.Barthel Index

| | | |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| | AZONOSÍTÓ: | |
| | ÉTKEZÉS: | |
| 10 | Önállóan: képes egyedül enni egy tálcáról vagy asztról, ha valaki azt elérhető távolságba teszi. Használhat segédeszközt, de fel kell tudnia vágni az ételt, sót szórni, vaját kenni megfelelő normális idő alatt. | |
| 5 | Segítséggel (pl. a hús felvágása). | |
| 0 | Etetés. | |
| | ÁTSZÁLLÁS TOLÓKOCSTÓL AZ ÁGYBA ÉS VISSZA: | |
| 15 | Teljesen önállóan biztonsággal befékezve a kocsit, a lábtartót felemelve, lefeküdni az ágyba, felülni az ágy szélére. | |
| 10 | Felügyeletet igényel vagy min. segítséget (pl. egyensúlyprobléma). | |
| 5 | Fel tud ülni, de ki kell emelni az ágyból. | |
| 0 | Felülni sem tud. | |
| | SZEMÉLYES TOALETT: | |
| 5 | Kézmosás, arcmosás, fésülködés, fogmosás, borotválkozás (pl. penge berakása, vagy a villanyborotva dugaszának bedugása). | |
| 0 | Nem képes a fentiek valamelyikére. | |
| | WC-HASZNÁLAT: | |
| 10 | Egyedül kimegy, ruháit le- és felhúzza, ruháját meg tudja óvni a bepiszkolódástól. WC-papírt használ. Segédeszköz a kapaszkodáshoz használható. | |
| 5 | Kis segítséget igényel (pl. egyensúlyzavar miatt, ruhafelhúzáshoz, papírhasználathoz), vagy önálló ágytálazás. | |
| 0 | A nővér ágytálaz. | |
| | FÜRDÉS: | |
| 5 | Más személy jelenléte nélkül tusoló vagy fürdőkád használata. | |
| 0 | Mosdatás. | |

| | | |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| | KÖZLEKEDÉS SÍK TALAJON: | |
| 15 | 50 métert megtesz segítség, felügyelet nélkül (bármilyen segédeszköz használható, kivéve guruló mankó). Ha protézist használ, a protézist be kell tudnia állítani járáshoz és üléshez (pl. térdzár zárása , nyitása). | |
| 10 | Felügyeletet igényel, vagy csak kis segítséggel tud járni 50 métert. Segédeszköz használható. | |
| 5 | Járásképtelen, 50 m önálló kerekesszék hajtás, manőverezés: fordulni ágyhoz, asztalhoz, WC-re. | |
| 0 | Kerekesszéket sem tud hajtani. | |
| | LÉPCSŐN FEL- LEJÁRÁS: | |
| 10 | Önálló, felügyelet nélküli lépcsőjárás, bármilyen segédeszközzel (a botot is vinnie kell magával). | |
| 5 | Kis segítséget vagy felügyeletet igényel (pl. aki a botot nem tudja magával vinni). | |
| 0 | Képtelen lépcsőn járni. | |
| | ÖLTÖZKÖDÉS, VETKŐZÉS: | |
| 10 | Önálló cipőfelvétel, inggomb begombolása. | |
| 5 | Kis segítséggel, legalább a felét egyedül. | |
| 0 | Nem tud egyáltalán. | |
| | SZÉKLETTARTÁS: | |
| 10 | Baleset nélkül, lehet kúp segítségével. | |
| 5 | Időnként baleset, vagy a kúpot másnak kell behelyezni. | |
| 0 | Naponta baleset. | |
| | VIZELETTARTÁS: | |
| 10 | Éjjel, nappal. | |
| 5 | Elvétve baleset, ha szól, de nem tud várni a nővérrre. | |
| 0 | Naponta baleset, állandó katéter. | |
| | ÖSSZESEN: | |

