

FELSŐ VÉGTA ROBOTTERÁPIA

SZÉCHENYI 



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

Tartalomjegyzék

1	Általános bevezető.....	2
1.1	Fejlett technológián alapuló eszközök felosztása	3
1.2	Fejlett technológián alapuló eszközök gyakorlati alkalmazása	5
1.2.1	Milyen kórképek esetén javasolt a fejlett technológián alapuló terápiák alkalmazása?	5
1.2.2	Hogyan érdemes a fejlett technológián alapuló eszközöket beilleszteni a komplex rehabilitációs programokba?	6
1.2.3	Hogyan válasszuk ki az ideális fejlett technológián alapuló interaktív terápiás eszközt?	7
2	A felső végtagi, fejlett technológián alapuló eszközök	8
2.1	Kéz ujjainak fejlesztésére alkalmas robotikus eszközök.....	9
2.1.1	End-effektor alapú robotos eszköz a kéz ujjainak fejlesztésére	9
2.1.2	Exoskeleton alapú robotos eszköz a kéz ujjainak fejlesztésére	10
2.2	Teljes felső végtagi mozgások fejlesztésére alkalmas robotikus eszközök	11
2.2.1	End-effektor típusú felső végtagi rehabilitációs robotok.....	11
2.2.2	Exoskeleton alapú felső végtagi robotikus eszköz	12
3	Felső végtagi robotterápia alkalmazási lehetőségei.....	13
3.1	A robot asszisztált terápiák hatékonyságáról.....	13
3.2	Alkalmazási területek és indikációk	14
4	Eddigi hazai tapasztalatok, az Országos Orvosi Rehabilitációs Intézetből	16
5	Ellenjavallatok, korlátozások, kockázatok, rizikók.....	17
6	A terápia folyamata	18
6.1	Előkészületek	18
6.2	A terápia folyamatáról.....	20
7	Gyakorlati alkalmazás közben felmerülő lehetséges nehézségek.....	22
8	Karbantartás	30
9	Felhasznált és ajánlott irodalom.....	31
10	Képmellékletek.....	33

Ez a protokoll az EFOP-1.8.26-23-2023-00002 „Az egészségi állapot helyreállításához szükséges modern feltételek biztosítása” című projekt keretében készült. A protokoll bárki számára hozzáférhető, nyilvános dokumentum, de mint egyéb szellemi termékek esetében idézni, illetve hivatkozni rá csak a forrás megjelölésével szabad. Tartalmának ezen túlmenő felhasználása a szerzők engedélyéhez kötött.

1 Általános bevezető

A fejlett technológiával végzett terápia, mint a neurorehabilitáció innovatív területe, az elmúlt években gyorsan bővült, hiszen a technológia fejlődése lehetővé tette olyan eszközök alkalmazását, amelyek az egyszerű mozgásoktól kezdve az összetettebb feladatokig képesek segíteni a mozgásfejlesztést. Fejlett technológián alapuló interaktív eszközök terápiában való alkalmazása számos előnnyel jár, melyet elsősorban a neurorehabilitációban alkalmazunk. Ilyen előny többek között a nagyobb pontosság, a megismételhetőség, a hagyományos terápiás módszerekhez képest a terapeuta kisebb fizikai igénybevétele, a teljesítmény visszajelzés és az objektív mérési lehetőségek. További előny, hogy biztonságos és ellenőrzött környezetet biztosítanak olyan mozgások és feladatok gyakorlására, amelyek elvégzése a hagyományos terápiás környezetben nehéz lehet.

A fejlett technológián alapuló interaktív eszközök alkalmazása nem helyettesíti, hanem kiegészíti a hagyományos terápiás módszereket. Ezek az eszközök, bár rendkívül hasznosak; kizárólag kiegészítő terápiaként szolgálnak, nem helyettesítik a hagyományos gyógytornát vagy más terápiás módszereket. A technológia segít abban, hogy a terápia hatékonyabb, célorientáltabb és személyre szabottabb legyen, de a betegek gyógyulásának és fejlődésének alapja továbbra is a hagyományos terápiás eljárásokon és a terapeuta szakértelmén alapul. Továbbá, a fejlett technológián alapuló interaktív eszközök használata nem váltja ki a mozgásterapeuták feladatát, hiszen ők biztosítják azt az emberi interakciót és támogatást, illetve azt a széleskörű szakértelmet, amely elengedhetetlen a rehabilitációs folyamatban.

Ezeket az eszközöket úgy tervezték, hogy ismétlődő és szisztematikus mozgások kivitelezésére legyenek alkalmasak, így segítenek javítani a motoros funkciókat, növelni a mozgástartományt és az izomerőt, illetve fejleszteni a koordinációt.

Emellett további előny, amit a technológiai eszközök kínálnak, az az azonnali visszajelzés. A páciensek valós időben képesek látni és értékelni saját teljesítményüket. Ez a fajta azonnali feedback lehetővé teszi számukra, hogy lássák a fejlődésüket, ami erősíti az elköteleződésüket és motiválja őket a folyamatos gyakorlásra.

A motiváció kulcsfontosságú tényező. A betegek motivációjának fenntartása és növelése jelentősen befolyásolja a terápiás folyamat sikerességét és a beteg által elért haladást. A fejlett technológiával végzett terápia ebben az összefüggésben is nagy szerepet játszik, hiszen számos módon képes pozitív hatást kifejteni a betegek motivációjára.

A gamifikáció, azaz a terápiás gyakorlatok játékosítása, jelentősen növeli a betegek érdeklődését és lelkesedését. Ez azért fontos, mert a betegek gyakran nehezen motiválhatók a hosszantartó és fárasztó gyakorlatok elvégzésére. A gamifikációval a betegek úgy érezhetik, hogy a terápia maga, amin részt vesznek, játék és ez növelheti a motivációjukat és elköteleződésüket. Az eszközök gyakran a virtuális valóság elemeit is integrálják, amelyek a betegek teljesítményének és fejlődésének nyomon követésére is használhatók.

Az objektív mérési lehetőségekkel nyert adatok is hozzájárulnak a motiváció növeléséhez. Az objektív mérési lehetőségek rendkívül fontosak, mert hiteles és pontos információt szolgáltatnak a betegek aktuális állapotáról és a terápiás folyamat során elért haladásról. A fejlett technológián alapuló interaktív eszközökkel végzett mérések lehetővé teszik az egészségügyi szakemberek számára, hogy a rehabilitációs folyamat minden lépését nyomon kövessék, és így pontosabban értékeljék a terápia hatékonyságát.

1.1 Fejlett technológián alapuló eszközök felosztása

A modern technológia számos olyan eszközt kínál, amelyek a rehabilitáció területén biztosítanak új terápiás megközelítéseket. Ezeket az eszközöket többféle kategóriába sorolhatjuk. A rehabilitációban használatos robotokat két nagy csoportra oszthatjuk: a funkciót fejlesztő terápiás eszközökre és az önellátást segítő eszközökre.

A terápiás eszközöket további alcsoportokra bonthatjuk: felső végtagi, alsó végtagi, egyensúlyfejlesztésre vagy kognitív fejlesztésre szolgáló eszközökre, illetve további szempontok, például a motorika jelenléte alapján is kategorizálhatók: valódi robotok és nem valódi robotok (vagy másképp: komputerizált interaktív eszközök). A valódi robotok azok, amelyek motorral vannak felszerelve, így képesek önállóan mozgatni a páciens egyes testrészeit, anélkül, hogy a páciensnek saját izomerejét kellene használnia. Ezzel szemben a nem valódi robotoknál nincs jelen motor, így a

páciensnek saját erejét kell használnia az eszköz működtetéséhez. Ugyanakkor ezeket az eszközöket mégis a modern technológiai eszközök között említjük, mivel számos fejlett funkcióval rendelkeznek. Ilyenek például a dinamikus testtömeg-támogatás, mozgásérzékelő szenzorok, virtuális és kiterjesztett valóság technológiák, vizuális visszajelző rendszerek vagy akár az objektív mérések lehetősége. Ugyanaz a feladat végeztethető software segítségével valódi és nem valódi robotos eszközök használatával egyaránt.

A terápiás eszközök további kategóriába sorolása a testrészenkénti osztályozás szerint történik: felső végtagi eszközök és alsó végtagi eszközök.

A felső végtaghoz tartozó eszközök esetén további felosztás történik attól függően, hogy a végtag proximális, disztális részét, vagy akár az egész testrészt kezelik.

Az alsó végtaghoz kapcsolódó eszközök a rehabilitációs folyamat különböző szakaszaiban kerülnek alkalmazásra. A korai rehabilitációs szakaszban, amikor a beteg állapota még súlyos, az eszközök motorral vannak felszerelve, így nagy mértékű támogatást biztosítanak a páciens számára. Ezek az eszközök még a törzskontroll és alsó végtagi izomerő hiányában is használhatók. Abban az esetben amikor már egy bizonyos szintű törzskontrollal rendelkezik, de az alsó végtag izomereje még nem elegendő, az exoskeleton vagy end-effektor típusú robottechnikát alkalmazzuk, amely mozgatja a páciens alsó végtagját.

Mit is jelent az exoskeleton és az end-effektor?

A rehabilitációban az exoskeleton és az end-effektor két különböző eszköztípust képvisel, melyek eltérő funkciókat látnak el.

Az exoskeleton egy külső vázrendszer, amely közvetlenül a testre illeszkedik, az alsó végtagon, a felső végtagon vagy a teljes testen helyezkedik el. Az eszköz nagyon komplex, mivel az emberi test minden mozdulatát követnie kell, és általában motorokkal, érzékelőkkel és vezérlőrendszerekkel van felszerelve. Adott izmok terápiája az ízületi mozgások kiszámított nyomatékokkal történő szabályozásával lehetséges. Célja, hogy támogassa, erősítse vagy helyettesítse a páciens saját mozgásait, és így segítse a mozgásfejlesztést.

Az end-effektorok egy távoli ponton kapcsolódnak a betegekhez, és az eszköz ízületei nem egyeznek az emberi ízületekkel. A disztális határfelületen keletkező erő egyidejűleg más ízületek helyzetét is megváltoztatja, megnehezítve egyetlen ízület izolált mozgását.

Tovább haladva a rehabilitációs folyamatban, amikor a páciens már rendelkezik alsó végtagi izomerővel, dinamikus testtömegtámogatást alkalmazva tud részt venni a terápiás foglalkozásokon. A dinamikus testtömegtámogatás segít abban, hogy a páciens a saját testsúlyának csak egy részét viselje, miközben gyakorol, így könnyítve a járást vagy az állást. Ez különösen hasznos a sérült vagy gyenge izmokkal rendelkező pácienseknek, mivel csökkenti az izmokra nehezedő terhelést, és így lehetővé teszi a biztonságos gyakorlást. Végül, amint a páciens állapota jelentős mértékben javul és megerősödik, a futópad és más fejlett technológiai eszközök kombinációjával készülnek fel a mindennapi élethelyzetekre, a virtuális valóság és a kiterjesztett valóság technológiáinak segítségével. A futópadok és egyéb technológiai eszközök alkalmazása tovább növeli a gyakorlatok intenzitását és változatosságát, elősegítve a páciens további fejlődését. A virtuális és kiterjesztett valóság technológiák pedig motiváló elemként szolgálnak, mivel a páciensek valósághű környezetben érezhetik magukat, miközben a terápiás gyakorlatokat végzik.

1.2 Fejlett technológián alapuló eszközök gyakorlati alkalmazása

1.2.1 Milyen kórképek esetén javasolt a fejlett technológián alapuló terápiák alkalmazása?

A fejlett technológiával támogatott terápia számos kórkép esetén kínálhat hatékony megoldást. Ennek ellenére fontos hangsúlyozni, hogy bár sok beteg számára előnyös lehetőségeket kínálnak, nem minden esetben jelentenek optimális megoldást. A terápia alkalmazása mindig az egyéni igényekre és az egészségügyi szakemberek döntéseire kell, hogy épüljön. A szakirodalom és a gyakorlati tapasztalatok alapján ajánlott ezen terápiás eszközök alkalmazása stroke-ot, traumás agysérülést elszenvedett betegek vagy gerincvelősérült rehabilitációjában, illetve egyéb neurológiai rendellenességekben, mint

például a sclerosis multiplex, továbbá ortopédiai műtétek utáni rehabilitációban, ezeken kívül az idős korosztály, mint geriátriai csoport körében is alkalmazhatók.

Mielőtt bármilyen kezelést alkalmazunk, alapvető fontosságú egy részletes állapotfelmérés elvégzése, a funkciózavarok megállapítása az egész szakértői csapat bevonásával. Csak akkor léphetünk tovább a fejlett technológián alapuló terápiás eljárásokhoz, ha teljes bizonyossággal kijelenthető, hogy nincs kontraindikáció. Minden terápiás eszköz esetében különböző kontraindikációkat kell mérlegelni, és ennek megfelelően kell a kezelést biztosítani a betegek számára. A kontraindikációk részletes leírását a felhasználói kézikönyvek tartalmazzák, továbbá minden döntést a kezelőorvos jóváhagyása mellett kell meghozni. Ahogy más terápiás módszereknél is előfordul, itt is lehetnek relatív kontraindikációk. Ilyen esetekben mérlegelni kell, hogy a terápiával járó előny több-e, mint a kockázat.

1.2.2 Hogyan érdemes a fejlett technológián alapuló eszközöket beilleszteni a komplex rehabilitációs programokba?

A fejlett technológián alapuló interaktív eszközök integrálása a komplex rehabilitációs programokba körültekintő tervezést és szakértelmet igényel. Ezen eszközök alkalmazása, bár innovatív és ígéretes, csupán kiegészítő terápiás lehetőségként szolgál; nem helyettesíthetik a hagyományos terápiás módszereket, melyek a rehabilitációs folyamat alapvető pillérei.

Minden beteg egyedi, így a terápiás igények és lehetőségek is eltérők. Az indikációk és kontraindikációk alapos ismerete elengedhetetlen ahhoz, hogy a legmegfelelőbb technológián alapuló eszközt válasszuk ki a beteg számára. Egy multidiszciplináris csapatmunka keretében orvosok, mozgásterapeuták és egyéb egészségügyi szakemberek együttműködése szükséges a legoptimálisabb terápiás terv kialakításához.

A terápia pszichológiai aspektusa sem hagyható figyelmen kívül. A modern eszközök, mint a robotok, hamis reményeket kelthetnek a betegekben, akik esetleg "csodaszereknek" gondolhatják őket. Ezért alapvető, hogy reális elvárásokat támasszunk és őszintén kommunikáljunk a betegekkel. Akár pszichológusok bevonására is szükség lehet, ami a rehabilitációs program során elősegítheti a betegek helyes tájékoztatását és támogatását. Miközben a fejlett technológián alapuló interaktív eszközök hozzáadott értéket képviselnek a rehabilitációs programban, fontos megérteni és hangsúlyozni, hogy

ezek az eszközök nem "varázsgépek", hanem kiegészítő eszközök, melyek a komplex terápiás folyamat egyik alkotóelemeként működnek. A kezelésekhöz a páciens együttműködése, aktív részvétele, tanulási képessége nélkülözhetetlen.

1.2.3 Hogyan válasszuk ki az ideális fejlett technológián alapuló interaktív terápiás eszközt?

A betegek kezelésénél az elsődleges cél mindig az, hogy az adott állapotnak megfelelő, a leghatékosabb eredményeket elérő, ugyanakkor a legkisebb kockázattal járó terápiás módszert alkalmazzuk. A fejlett technológiai eszközök kiválasztásánál a fókuszban a beteg specifikus szükségletei állnak, legyen szó akár felső végtagi, alsó végtagi, egyensúlyi vagy kognitív funkciók fejlesztéséről.

A felső végtagi kezelések során a beteg állapota és a terápiás célok alapján dönthetünk arról, hogy a végtag proximális vagy disztális részére koncentrálunk-e. Az eszközök közötti váltás is lehetőség, amennyiben úgy ítéljük meg, hogy egy másik eszköz hatékonyabb lehet a beteg jelenlegi állapotában.

Az alsó végtagi eszközök kiválasztásánál a rehabilitációs fázist és a beteg aktuális állapotát vesszük figyelembe. Egy súlyosabb állapotban lévő, kezdeti rehabilitációs fázisban lévő beteg számára olyan eszközt választunk, amely nagyobb támogatást nyújt és tehermentesíti a végtagot. Ahogy a beteg állapota javul, érdemes olyan eszközre váltani, amely nagyobb izomerőt igényel, kevesebb támogatást biztosít, interaktívabb, és a hétköznapi kihívásokhoz hasonló helyzetekkel szembesíti a beteget, akár valós tárgyakat is igénybe véve.

Egyes nehezítő tényezők alkalomadtán konkrét eszközök alkalmazását kontraindikálhatják. Ilyen esetben érdemes későbbi időpontban, a beteg állapotváltozása esetén újraértékelni adott eszköz alkalmazását vagy alkalmatlanság esetén eszközváltás sem elvetendő.

Összességképpen a fejlett technológián alapuló eszközök beépítése a rehabilitációs programba kiváló eredményeket hozhat azoknak a betegeknek, akik számára ez az eljárás ideális. A különböző ilyen eszközökkel végzett terápiás módszerek részletes ismertetése és alkalmazási területe a következő fejezetekben kerül tárgyalásra.

2 A felső végtagi, fejlett technológián alapuló eszközök

A felső végtagi robotterápia és a komputerizált interaktív terápia célja, hogy kiegészítse a hagyományos fizioterápia lehetőségeit. Fontos megérteni, hogy ezek az eszközök nem helyettesítik a gyógytornász szakértelmét, munkáját, hanem segítik és kiegészítik azt.

A felső végtagi funkciót fejlesztő eszközöket két nagy csoportra oszthatjuk: robotikusan támogatott eszközökre és nem robotikus, interaktív fejlett technológiás eszközökre.

Ebben a protokollban kizárólag a robotikusan támogatott felső végtag rehabilitációs robotokat (ULRR - Upper Limb Rehabilitation Robots) vizsgáljuk, amelyek további két fő csoportba sorolhatók: a teljes felső végtagot kezelő eszközök és a kéz ujjait fejlesztő eszközök. Mindkét csoportban előfordulnak exoskeleton-alapú és end-effektor típusú eszközök.

Az exoskeleton-alapú ULRR esetében az eszközök több ponton kapcsolódnak a beteghez, és ízületi tengelyeik megegyeznek az emberi ízületi tengelyekkel. Mindazonáltal a mozgásszegmentek számának növelése növeli az eszközmodulok számát, így a rendszer beállítása nehézkessé válik; továbbá, mivel a vállnak változó az ízületi középpontja, a mechanikai tervezés és a vezérlő algoritmusok bonyolultabbá válnak. Példák exoskeleton-alapú ULRR eszközökre: ArmeoSpring, Gloreha, SUEFUL-7, CADEN-7, ARMin III, L-EXOS, ExoRob, RUPERT, BONES, ULEL és Limpact.

Az end-effektor típusú felső végtagi rehabilitációs robotok a disztális ponton kapcsolódnak a páciensekhez, és az ízületeik nem felelnek meg az emberi ízületeknek. A disztális interfész erőt fejt ki, amely egyszerre változtatja meg a többi ízület pozícióját, ami megnehezíti az egyetlen ízület izolált mozgásának követését. (Maciejasz, Eschweiler, Gerlach-Hahn, Jansen-Troy, Leonhardt, 2014). Az end-effektor típusú ULRR-ek előnye, hogy egyszerűbb felépítésűek és kevesebb összetett vezérlő algoritmust igényelnek. Példák end-effektor típusú ULRR eszközökre: Diego, Amadeo, MIT-Manus, AMES, iPAM, PASCAL, Fourier M2, EEULRebot, hCAAR és PA.

Mivel ezek az eszközök tervezésben és használatban is lényegesen különböznek egymástól, így kihívást jelentene azok egyszerre történő bemutatása és összehasonlítása. Ezért döntöttünk úgy, hogy külön-külön ismertetjük a különböző fejlesztésű eszközöket.

Az alábbi protokollban átfogóan tekintjük át a felső végtagi robotterápia lehetőségeit néhány eszköz példáján keresztül. Fontos megjegyezni, hogy az eszközök bemutatása nem teljeskörű, hanem inkább átfogó jellegű, így csak általános képet nyújtunk a témáról.

A felső végtagi fejlett technológián alapuló eszközök terápiás lehetőségeit részletesen bemutatjuk a következő példákon keresztül.

A protokollban tárgyalt eszközök:

- Amadeo: ujjak mozgásának fejlesztésére alkalmas robotikus end-effektor.
- Gloreha Sinfonia: ujjak mozgásának fejlesztésére alkalmas robotikus exoskeleton (okos-kesztyű).
- Diego: teljes felső végtag kezelésére alkalmas robotos end-effektor.

2.1 Kéz ujjainak fejlesztésére alkalmas robotikus eszközök

Egy szisztematikus áttekintés arra a következtetésre jutott, hogy bár korlátozott számú tanulmány áll rendelkezésre ebben a témában, az exoskeleton alapú robotizált eszközök jobb megoldást jelenthetnek a stroke-betegek ujjainak motoros károsodásának kezelésére, mint az end-effektor alapú eszközök.

2.1.1 End-effektor alapú robotos eszköz a kéz ujjainak fejlesztésére

Ujj funkciók fejlesztésére alkalmas end-effektor alapú robotizált eszköz az Amadeo.

Az Amadeo az első eszközünk a protokollban. Ez a Tyromotion által gyártott felső végtagi fejlett technológiás eszköz, és kiválóan alkalmas mindkét oldali kéz kezelésére. Könnyen beállítható, és lehetővé teszi a gyors és egyszerű felszerelést, valamint a kartartók gyors cseréjét. Az eszközök segítségével könnyen beállíthatók asszisztált és interaktív terápiák, így mind felnőtteknek, mind gyermekeknek megfelelőek, és minden életkorban alkalmazhatók. Ezek az eszközök használhatók a rehabilitáció minden fázisában, és akár olyan betegeknek is segítséget nyújthatnak, akik spasticitással vagy fokozott izomtónussal küzdenek.

Fontos, hogy a lehető legobjektívebb mérési lehetőségekkel dolgozzunk, mely kézzelfoghatóvá és könnyen dokumentálhatóvá teszi a rehabilitáció folyamatában mért eredményeket, tehát segíti a terapeuta és a team munkáját.

Az Amadeo használatával alapvetően négy mérési aspektust lehet értékelni, amelyek a következők:

- izomerő,
- mozgásterjedelem,
- izomtónus,
- spasticitás.

Ezen mérési eredmények alapján hatékonyan nyomon követhető és szemléltethető a páciens állapotának alakulása, és szükség esetén módosítható a terápiás terv.

Ezen eredmények objektívizálásával pontos képet kaphatunk a páciens állapotáról. Az eszköz sokféle terápiás módot kínál, ideértve a szenzoros feladatokat és az egyéni mozgásterápia elemeket is. Továbbá, az eszköz lehetőséget biztosít olyan speciális terápiás eljáráshoz is, mint a CPM (Continuous Passive Motion), valamint a spasticitás kezeléséhez is.

2.1.2 Exoskeleton alapú robotos eszköz a kéz ujjainak fejlesztésére

Az exoskeleton alapú okos kesztyűk olyan eszközök, amelyeket a kézre és az ujjakra helyeznek, és segítenek a kézmozgások fejlesztésében. Ezek az eszközök gyakran tartalmaznak beépített szenzorokat és motorokat, amelyek segítik a kézmozgások precíziójának és izomerejének fejlesztését. Például a Gloreha Sinfonia egy olyan exoskeleton alapú okos kesztyű, amely különféle terápiás célokra alkalmazható, beleértve a passzív mobilizációt, az asszisztált gyakorlatokat és az interaktív terápiákat is.

A Gloreha eszközök a kéz rehabilitációjában is kiemelkedően hasznosak. Ezek az eszközök ideálisak a rehabilitáció minden szakaszában. A gyártó az eszközök során figyelembe vette minden egyes fázis szükségleteit. Az első az Aida, amely a rehabilitációs folyamat elején használható, és rendelkezik szemkövető technológiával, amely segít neurokognitív feladatokat végrehajtani. A következő három eszköz, a Crescendo, Aria és Maestro fokozatosan növelik a páciensek rehabilitációs lehetőségeit, bővítve a feladatok komplexitását és funkcionalitásukat. A Sinfonia az utolsó a sorban, melyet kórházi

környezetben alkalmazhatunk, és lehetővé teszi a legkomplexebb terápiákat. A passzív mobilizációtól az aktív asszisztált gyakorlatokig és az interaktív terápiáig terjedő skálát kínál. Az eszközök sorában a legutolsó a Concerto, amit a páciensek akár otthonukba is vihetnek gyakorlás céljából.

2.2 Teljes felső végtagi mozgások fejlesztésére alkalmas robotikus eszközök

2.2.1 End-effektor típusú felső végtagi rehabilitációs robotok

A felső végtagi robotterápiás eszközök hatékonyan kiegészítik a terápiát, még abban az esetben is, ha a páciens izomereje az érintett végtagban nem elegendő az önálló mozgáshoz. Ahogyan korábban már említettük, ezek a robotikus eszközök képesek segíteni a mozgásban, és akár a végtagok mozgásában is részt vehetnek.

Ilyen eszköz alkalmas lehet a felső végtag robotikus felfüggesztésére vagy alátámasztására. Példák end-effektor alapú fejlesztésekre (nem mind van kereskedelmi forgalomban, van ami csupán laboratóriumi termék): MIME, InmotionARM, REHAROB, NeReBot, GENTLE/S, Amadeo. Ebben a fejezetben kifejezetten az end-effektor típusú robotizált eszközöket tekintjük át.

A hazai fejlesztésű end-effektoros rendszer a REHAROB, amelyet a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem és az Országos Orvosi Rehabilitációs Intézet együttműködésével, külföldi partnerek időszakos bevonásával fejlesztenek. Sajátossága, hogy valós tárgyak megfogásával kell mindennapi élettevékenységekhez kapcsolódó feladatokat végrehajtani: egy korsó szájhoz emelése, telefon felvétele és fülhöz vitele. Egyelőre nincs kereskedelmi forgalomban.

A következő eszköz mely része ennek a protokollnak a Tyromotion által készített Diego. Ahhoz, hogy a páciens megfelelően be tudjuk szerelni az eszközbe és el tudjuk kezdeni a terápiát, a felső végtagokra a könyöknél és a csuklónál rögzítjük a felfüggesztés hevedereit. Amikor rögzítettük a tépőzárral, csatokkal a felfüggesztő pántokat, a páciens megkérjük, hogy az általunk kért (általában ülő) testhelyzetben helyezkedjen el.

Lehet úgy is beállítani a beteget, hogy szemben üljön a Diego kijelzőjével, de úgy is beállíthatjuk, hogy háttal üljön a kijelzőnek. Amikor, szemben helyezkedik el, akkor egyértelműen a Diego eszköz feladatait adhatjuk, ha viszont háttal ül a beteg a gépnek, akkor adhatunk úgyis feladatot, hogy egy másik eszközzel kombináljuk a terápiát. Ez a pozíció lehetőséget teremt arra, hogy további fejlett technológiai eszközöket is alkalmazzunk, például a Tyromotion által gyártott Myro-t. A Myro egy nagy kijelzővel rendelkezik, és számos funkcionális vagy ergoterápiás feladatot kínál a betegeknek. Elképzelhető, hogy a páciens háttal ül a Diego eszköznek, miközben kihasználjuk a felső végtag felfüggesztését. Példaként adhatunk egy 2 kilogrammos támogatást az érintett felső végtagnak, és közben olyan funkcionális gyakorlatokat végezhet, mint a Myro eszköz által előírt csészfogás és emelés, majd a pontos visszahelyezés a megadott területre. A beállításoknál, terapeutaként, kiemelten fontos precízen meghatározni a végtag felfüggesztésének mértékét. Ezzel gyakorlatilag azt állapítjuk meg, mennyi végtagsúly-támogatást nyújtunk a feladatok során.

2.2.2 Exoskeleton alapú felső végtagi robotikus eszköz

Az elmúlt években új elektromechanikusan támogatott (robotikus) terápiás stratégiákat fejlesztettek ki a stroke utáni betegek számára, melyek célja a karfunkciók és a mindennapi életvitel javítása. Az elektromechanikusan támogatott felső végtagi terápia terén számos innovatív eszköz található, amelyek különböző szempontok szerint segítik a stroke utáni betegek rehabilitációját. Néhány példa a piacon elérhető exoskeleton alapú eszközökre: ArmeoPower, Bi-Manu-Track, ARMin.

Ezek a rendszerek különböző módokon támogatják a betegek felső végtagjának mozgását, beleértve a passzív mozgatást, az aktív mozgást és az ellenállás biztosítását.

Az elektromechanikus eszközökkel végzett terápia eredményeképpen a betegek képesek javítani mindennapi tevékenységeiket, felső végtagi funkcióikat és izomerejüket. A speciális gépek által támogatott robotikus felső végtagi terápia szerepe a stroke utáni rehabilitációban további kutatásokat igényel.

Az ArmeoPower kiemelkedően intenzív terápiát kínál súlyos vagy közepesen súlyos felső végtagi károsodásokkal küzdő betegek számára. A rendszer lehetővé teszi a nagy ismétlésszámú gyakorlatok végrehajtását, amelyek elengedhetetlenek a motoros funkciók újratanulásához. Az eszköz érzékeli,

amikor a páciens nem képes egy mozdulatot végrehajtani, és szükség szerint segít a gyakorlat sikeres teljesítéséhez.

Az ArmeoPower exoskeleton széleskörű kar súlytámogatást nyújt egy háromdimenziós munkaterületen, lehetővé téve a betegek számára az 1D, 2D és 3D mozgások gyakorlását.

Az eszköz továbbá segíti a terapeutákat, hiszen csökkenti a terapeuta fizikai igénybevételét ezzel növeli a terápiás hatékonyságot. Az objektív értékelő eszközökkel rendelkező ArmeoPower lehetővé teszi a páciens előrehaladásának objektív elemzését és dokumentálását, támogatva az optimális terápia tervezést.

3 Felső végtagi robotterápia alkalmazási lehetőségei

A felső végtagi robotterápiát, illetve a felső végtagi komputerizált interaktív terápiát a következő betegcsoportokban, esetekben alkalmazhatjuk: központi idegrendszeri sérültek, perifériás idegrendszeri sérültek, vagy ortopéd/traumatológiai operációt követő problémák, felső végtag arthrosisos folyamatok, vagy az immobilitásból adódó problémák. A 2020-ban publikált systematic review és metaanalysisben azt az eredményt kapták, hogy a robotasszisztált terápia nem hozott szignifikánsan jobb eredményt az általános ellátáshoz képest, a funkcionalitás javításában és a fogyatékosság csökkentésében, az agyvérzésen átesett pácienseknél hat hónapon belül. A jövőbeni tanulmányokban a robotasszisztált terápia hatásainak meghatározása érdekében közvetlen összehasonlításra lehet szükség a szubakut agyvérzésen átesett pácienseknél. A robotasszisztált terápia előnyöket kínálhat a jelenleg könnyebben elérhető standard ellátással összehasonlítva az alacsonyabb munkaerő költség szempontjából, így érdemes további noninferioritási vagy ekvivalencia vizsgálatokat végezni.

3.1 A robot asszisztált terápiák hatékonyságáról

A felső végtagi robotterápiával végzett kezelések hatékonyságát számos tanulmány vizsgálta a különböző neurológiai, ortopédiai, vagy traumás páciensek esetében, így például stroke utáni rehabilitációban vagy sérülés utáni helyreállításban. Az eredmények azt mutatják, hogy a robotasszisztált, és a komputerizált interaktív terápia is hatékony lehet a motoros funkciók javításában,

az életminőség növelésében, a funkciók gyakorlásában. Ezen kívül lehetővé teszi az azonnali visszajelzést, biztosítja a magas ismétlésszámmal való gyakorlást, így a terápia nem válik monotonná és unalmassá. Lehetőséget teremt a funkciók gyakorlására magas fokon. Az eszközök felhasználóbarát szoftvere segítségével egyszerűen beállíthatók az aktuális állapotnak megfelelően, és könnyen adaptálhatók a páciensre. A rehabilitáció minden fázisában használhatók, tehát végig kísérhetik a páciens rehabilitációjának minden fázisát. Általuk segítjük a páciensek minél gyorsabb reintegrációját a mindennapi életbe. Azonban a legtöbb kutatás arra irányul, hogy bebizonyítsák, hogy valójában melyik terápiás lehetőség a leghatékosabb a különböző betegcsoportokban. Egy esettanulmányban a Gloreha Sinfonia robottal végzett kezelést mutatták be. A cikkben nyaki gerincvelő sérülésen átesett páciens vizsgálata, ez az állapot gyakran vezet a felső végtagi funkcionális elvesztéséhez, ami csökkenti a mindennapi tevékenységek önálló elvégzésének képességét. A robottechnológiák alkalmazása a rehabilitációban hozzájárulhat a felső végtagi funkcionális javításához és a kezelés minőségének növeléséhez. A következő esetleírás a Gloreha Sinfonia nevű robotkezelés hatásosságát mutatja be a hagyományos rehabilitációval kombinálva egy tetraparézisben szenvedő betegnél. Összesen tizenöt rehabilitációs kezelésben részesült a páciens. Az értékelések három különböző időpontban történtek: a kezelés előtt (T0), azonnal a kezelés után (T1), és két hónappal később (T2). Az értékelések magukban foglalták a felső végtag mozgásterjedelmét és erejét, a Fugl-Meyer Felső Végtag Értékelését (FMA-UE), a 9 lyukas pálca tesztet (9HPT), és a Kar, Váll és Kéz Fogyatékoságok (DASH) kérdőívet. Ezen kívül egy virtuális valóság alapú játékkal támogatott értékelési rendszert alkalmaztak az erőszabályozás és moduláció képességének értékelésére. Klinikai skálákban mutatkozott javulás mindkét kéznél T1-nél, de T2-nél csak a domináns kéz mutatott további fejlődést. Következtetesként elmondható, hogy a hagyományos fizioterápia és a Gloreha Sinfonia kezelés kombinációjának látszólag rövid távú előnyei vannak a funkcionális és ügyesség terén a tetraparézisben szenvedő betegek számára. További kutatásra van szükség az eredmények megerősítéséhez, és a robot asszisztált terápiák legmegfelelőbb módszereinek azonosításához.

3.2 Alkalmazási területek és indikációk

A jelenlegi protokoll nem helyettesíti az adott eszköz gyártója által írt használati útmutatót! A következőkben azon a betegségek vagy állapotok vannak feltüntetve, amelyek esetén a fejlett technológiás eszköz alkalmazható.

Specifikus indikációk közé tartoznak:

- központi idegrendszeri sérülések,
- perifériás idegrendszeri sérülések,
- ortopédiai operációt követően,
- arthrosis,
- felső végtag törései,
- immobilitásból adódó problémák.

Terápiás alkalmazhatóság eszközként:

Amadeo ujj funkciókat fejlesztő robotikus eszköz:

- mozgásterjedelem értékelése
- erő értékelése,
- spaszticitás értékelése és kezelése,
- mozgásterápiák – CPM Plus,
- komoly játékok egy- és két-dimenziós mozgásokban,
- izomerő fejlesztése, növelése,
- mozgástartomány növelése,
- figyelemtartásának növelése,
- szelektív ujjmozgások,
- finommotorika fejlesztés.

Gloreha ujj funkciókat fejlesztő robotikus eszköz:

- Funkcionális gyakorlatok bevezetése, gyakorlása,
- játékos feladatok során a kézfunkciók gyakorlása,
- izomerő fejlesztése, növelése,

- mozgástartomány növelése,
- figyelemtartásának növelése,
- szelektív ujjmozgások,
- finommotorika fejlesztés.

Diego felső végtagot kezelő robotikus eszköz:

- Interaktív terápiás játékok a felső végtag nagyízületeire,
- izomerőfejlesztés,
- mozgástartomány növelése,
- figyelem és koordináció fejlesztése,
- ideális feladatok az ADL-ek gyakorlásához, adaptálás a mindennapi életbe,
- interaktív terápiák és feladat-orientált edzés tárgyakkal,
- szimmetrikus és aszimmetrikus mozgások, valamint ciklikus és kooperatív mozgássorok.

4 Eddigi hazai tapasztalatok, az Országos Orvosi Rehabilitációs Intézetből

Amadeo

A hazai tapasztalatok alapján az Amadeo az egyik leggyakrabban használt eszköz, és ennek számos oka van. Először is, a páciens beszerelése az eszközbe rendkívül gyors és egyszerű folyamat. Ebben a folyamatban kis mágneseket használunk, amelyeket a páciens ujjainak végére helyezünk, és ezáltal csatlakoztatjuk a páciens érintett felső végtagját az eszközhöz. Emellett kiválóan képes arra, hogy kéz tengelyeit fiziológiás helyzetben tartsa a terápia során, és a csukló rögzítése is biztosítja, hogy a terápia alatt elkerüljük a deviációkat.

Gloreha

A Gloreha Sinfonia eszköz szintén a kéz kezelésére alkalmas, egy másik technológiát alkalmaz erre a célra. Ebben az esetben a páciens egy kesztyűt kap a saját méretében, a kesztyűben bovdenek vannak melyek segítségével, létrejöhet a passzív mozgítás vagy az asszisztált feladatok elvégzése. Az aktív feladatok elvégzését az eszköz gyártói egy sensros kesztyűvel oldották meg, ekkor a kéz mozgásait a sensor érzékeli és ennek mértékében végzi a páciens a feladatokat. Ezzel az eszközzel lehetőség nyílik

a funkciók gyakorlására is és a különböző fogások gyakorlására, így tehát funkcióban kivitelezheti a páciens az ujjbegy az ujjbegyhez, az ujjhegy az ujjbegyhez és az ujjhegy az ujj oldalához fogások kombinációit is.

Diego

Ennél az eszköznél nagyon sok lehetősége van a terapeutának, akár összefordítható a Myro eszközzel is ekkor

kognitív feladatokat is adhatunk a páciensnek. Az eszközben az a jó, hogy a felfüggesztett helyzetben azoknak a

pácienseknek is tudunk komplex feladatot adni, akik még nem képesek a teljes aktív felső végtagi mozgásra.

5 Ellenjavallatok, korlátozások, kockázatok, rizikók

Abszolút kontraindikációk

- akut erős fájdalom,
- 3 éves kor alatti gyermek,
- nem pozícionálható páciens,
- együttműködés hiánya,
- magas fokú ataxia,
- súlyos osteoporosis
- instabil, vagy nem megfelelően konszolidált törések,
- aktív gyulladásos folyamat
- ízületi gyulladás,
- vérzéses állapotok,
- bőrfertőzések,
- belátás hiánya, agresszív viselkedés,
- szövetek súlyos ellenállása -olyan erős spazmus, amikor nem lehet felszerelni az eszközt.

Diego eszközhöz kiegészítés az abszolút kontraindikációi:

- 5 évnél fiatalabb páciens

Relatív kontraindikációk:

- apraxia,
- arthritis a kezelendő régióban,
- csökkent compliance,
- epilepszia,
- fertőzések, duzzanatok,
- elhúzódó problémák korábbi sérülésekből adódóan,
- interferencia orvosi eszközökkel, például pacemaker,
- osteoporosis,
- ortosztatikus hypotonia,
- szédülés,
- fájdalom (CRPS),
- érzéscsökkenés,
- bőrproblémák,
- ízületi stabilitás,
- nyirokrendszer zavarai.

A felső végtagi robotterápiával végzett kezelések hatékonyságát számos tanulmány vizsgálta a különböző

neurológiai, ortopédiai, vagy traumás páciensek esetében, így például stroke utáni rehabilitációban vagy sérülés

utáni helyreállításban.

6 A terápia folyamata

6.1 Előkészületek

Fontos, hogy a terapeutáknak az általános hagyományos betegvizsgálattal együtt azt kiegészítve kell értékelniük a páciensek aktuális állapotát, fejlődését. A legtöbb eszköznek saját beépített vizsgáló,

felmérőrendszere van, mely segítheti a terapeutát az elért eredmények objektívizálásában, és alátámaszthatja a hagyományos fizioterápiában mért, elért eredményeket. Ebben a részben néhány eszköz bemutatásán keresztül adunk egy átfogó leírást, hogy általánosságban mikre kell terapeutaként figyelni az előkészületek során.

Kiemelhető, hogy a páciens érdemes röviden megvizsgálni a hagyományos módszerekkel, ha még nem vagyunk elég rutinosak az adott eszköz felmérőrendszerét illetően, hiszen ezzel meggyőződhetünk arról, hogy helyesen van-e felszerelve a páciensre az eszköz. Ezen beállítások minden eszköznél specifikusak a gyártó által az eszközhöz adott felhasználói kézikönyvnek megfelelően kell eljárunk. Most bemutatunk néhány eszközt, és ezen eszközök alap beállításait.

Az Amadeo eszköz használatakor az elsődleges szempont az, hogy a páciens biztonságosan helyezkedjen el. Lehetőség szerint leültetjük, és ha kerekesszékekben ül, akkor azt rögzítjük. Ezután beállítjuk az eszköz megfelelő magasságát, amely lehetővé teszi a paraméterek transzverzális vagy akár szagittális síkban történő beállítását. Ezt követően rögzítjük az eszközt a pácienshez, és a páciens ujjainak végére mágneseket helyezünk, amelyek segítségével csatlakoztatjuk a beteget a géphez. Ezután beállítjuk a páciens profilját, amely magában foglalja az adatok rögzítését. Ez után beállítjuk a passzív mozgástartományt mind az extenzió, mind a flexió irányában. Miután ezeket az előkészítő lépéseket elvégeztük, elkezdhetjük a terápiát.

A Gloreha eszköz használatakor is kiemelten fontos, hogy a páciens biztonságosan elhelyezkedjen. Leültetjük, ha kerekesszékekben ül, akkor azt rögzítjük. Ezután rögzítjük az eszközt, és itt több lehetőségünk van attól függően, hogy milyen feladatokat szeretnénk gyakoroltatni. A gyártó két különböző kesztyűt kínál a páciens számára: a szenzoros kesztyűt és a motoros kesztyűt. A motoros kesztyűt a passzív mozgáshoz használhatjuk, míg a szenzoros kesztyű segítségével meglévő funkciókat gyakorolhatunk. Ezenkívül van egy lehetőség arra is, hogy a motoros kesztyű bódeneit párosítsuk a szenzoros kesztyűvel, így aktív asszisztált feladatokat is végezhetünk. A további beállítások részletes leírása a felhasználói kézikönyvben található.

A Diego eszköz használatakor is kiemelten fontos, hogy a páciens biztonságosan elhelyezkedjen. Leültetjük, ha kerekesszékekben ül, akkor azt rögzítjük, vagy ellenőrizzük, hogy a beteg megfelelő kezelési testhelyzetben van-e. Ezután felszereljük az eszközt, beállítjuk a páciens profilját, majd elkezdhetjük a feladatokat. Ebben az esetben különösen fontos, hogy a felfüggesztés bovdeneit a megfelelő pontokon rögzítsük, így biztosítva a páciens megfelelő testhelyzetét a különböző feladatok végrehajtásához.

Az eddigi hazai tapasztalatok azt mutatják, hogy az eszközök közül a leggyorsabban betegre adaptálhatók a leggyakrabban használtak. Azok az eszközök, amelyeknél a felszerelés sok időt igényel, kevésbé frekvencián használtak. Ilyenkor szükséges lehet meghosszabbítani a terápiás időt legalább az első alkalommal, amikor a pontos beállításokat végezzük.

6.2 A terápia folyamatáról

A felső végtagi robotterápiában kulcsfontosságú a megfelelő felmérés elvégzése, ugyanúgy, mint az általános gyógytornában. Az Amadeo esetében például egy komplex vizsgálat során 4 részmérést végezhetünk, amit általában az első és az utolsó terápiás alkalommal hajtunk végre a fejlődés dokumentálása érdekében. Az összes fejlett technológias eszköz lehetőséget nyújt a mérésekre, mivel ezeket az eszközöket úgy tervezték, hogy segítsék a rehabilitáció folyamatának objektív nyomon követését. Emellett ajánlott az általános felső végtagi vizsgálatot is elvégezni az adott eszköz első használata előtt. Minden eszköz esetében a konkrét felmérési lehetőségek eltérhetnek, ezért célszerű a gyártó hivatalos honlapját vagy a felhasználói kézikönyvet átolvasni a részletes információkért.

A terápia folyamata: A felső végtagi robotterápiában fontos, hogy ugyanúgy, mint az általános gyógytorna során elvégezzük a beteg állapotának felmérését. Erre az Amadeoban 4 részmérésből álló komplex vizsgálatot végezhetünk. Ezt általában a kezelések során az első és az utolsó alkalommal végezzük el, annak érdekében, hogy a fejlődés folyamatát dokumentáljuk. A mérésekre az összes fejlett technológias eszköznél van lehetőség, mivel ezeket a gépeket úgy tervezték, hogy segítsék a rehabilitáció objektivizálását, sokszor azonban az általános fizioterápiás felső végtagi vizsgálatot is érdemes elvégeznünk külön csak az eszköz első használata előtt is. Ebben a protokollban az Amadeo (Tyromotion) példáján keresztül mutatjuk be általánosságban a felmérési

lehetőségeket, mely nyilvánvalóan minden eszközben más, ezt az adott eszköz gyártójának hivatalos honlapján vagy a felhasználói kézikönyvben olvashatjuk el.

Az Amadeoban a mérést a gép software is felajánlja az assesment fül alatt, itt választhatjuk ki, mit szeretnénk vizsgálni, a többi fejlett technológiás eszköznél is a gyártók figyelnek arra, hogy megfelelően objektív és részletes vizsgálatokat végezhesünk a terápiák előtt, esetleg terápia közben, ha indokolt, vagy a terápiák után, visszamérés kapcsán.

Ebben az eszközben a terapeuta állítja be a passzív mozgástartományt, azzal, hogy a már korábban a fentebb említett módon mágnesekkel rögzítette a géphez az ujjakat. Az összes kezelni kívánt ujjat elmozdítja a csúszkákon. A gép ebben az esetben (ha mind az 5 ujjat kezeljük) egy körülbelül ökölbezárt kéz mennyiségű flexiós mozgástartományt enged, és teljes extenziót. Tehát a vizsgálat előtt a terapeuta passzívan beállítja a mozgástartományt flexios és extensios irányban. Majd az assesment fület választjuk, itt jelenik meg a 4 féle mérési lehetőség ebben az eszközben. A többi felső végtagi eszköz is lehetőséget teremt a komplex betegvizsgálatra.

1. A spaszticitás vizsgálata során szelektíven vizsgáljuk a 4 hosszú ujjat és külön a hüvelykujjat. Ekkor a gép mindkét esetben nyújtja az ujjakat fokozatosan növekvő tempóban. Majd értékeli az eredményeket, melyből megtudjuk a spaszticitás mértékét.

2. A második mérés a tónus mérése ez páciens részéről szintén passzív, ekkor az eszköz egy középhelyzetben méri a páciens aktuális tónusát.

3. A harmadik mérési lehetőség, amikor a Range of Movement-et mérjük, ekkor a páciensnek kell extendálni és flektálni az ujjait, amennyire csak aktuálisan kivitelezni tudja, ekkor az eszköz az általunk előre meghatározott passzív mozgástartományhoz viszonyítva méri ezt a százalékos arányt. Illetve végez egy nagyon hasznos összterület mérést is ez az eszköz, mely azt mutatja meg, hogy az aktuálisan mért aktív mozgástartomány hány százaléka az általunk beállított passzív mozgástartományhoz képest. Ebből következtethetünk arra, hogy mennyi az a mozgástartomány, ami még fejlesztésre szorul, illetve a visszamérésnél tökéletesen látható, hogy az összes ujj flexió és extenzió tekintetében mennyit fejlődött.

4. A negyedik mérési lehetőség az erőmérés. Ekkor a gép egy középhelyzetbe állítja az ujjakat és itt kell a páciensnek egy extenziót és egy flexiót végeznie izometriás izommunkával. Ekkor az eszköz i kilogrammban méri az ujjak erejét.

Általánosságban elmondható, hogy minden gyártó megpróbálja a lehető legfelhasználóbarátabbá tenni a szoftveket, hogy a terapeutának kevesebb informatikai tudással, képességgel is könnyen használhatóvá tegye:

1. Az eszközök általában segítenek abban is, hogy a rehabilitáció fázisai szerint a kezdetektől a haladóbb feladatokig építik fel a terápiákat. Így tehát tökéletesen alkalmazkodnak az általános fizioterápia kötelező elemeihez. Például az Amadeo eszközzel egy spasztikus stroke-os páciens esetében van lehetőségünk a spazmus oldásra melyhez általában a rezgetés funkciót adjuk, ilyenkor a páciens azt érzékeli, hogy a gép egy általunk megadott frekvencián, egy általunk meghatározott intenzitással rezeg, ezzel előkészítjük az érintett végtag csuklótól disztálisan elhelyezkedő részét.
2. Ezek után a páciens állapotától függően adhatunk CPMet, ilyenkor a gép az általunk beállított mozgástartományon átmozgatja a beteg ujjait. Erre a funkcióra minden robotterápiás eszköz képes, hiszen a rehabilitáció kezdetén, illetve sok krónikus esetben is ez a megfelelő terápiás mód.
3. Az állapot javulása során adhatunk assistive gyakorlatokat is ilyenkor a beteg ujjainak mozgását a gép segíti, a következő módon. A mozgástartomány azon részét, amelyben tudja mozgatni az ujjait a páciens, azokban a beteg aktívan vesz részt, tehát az eszköz csak azokban a szakaszokban segít a mozgást, amikor a tartomány olyan részébe ér, amely még a betegnek hiányzik.
4. Később, a beteg állapotának javulásakor adhatunk olyan feladatokat is, amelyekben már aktívan kell az ujjakat hajlítani, nyújtani ilyenkor könnyebb feladatok felől haladunk komplexebb gyakorlatok felé. A komplexebb gyakorlatok során adhatunk olyat is, amikor már az összes új mozgásainak kombinációival irányítja a páciens a feladatot.

7 Gyakorlati alkalmazás közben felmerülő lehetséges nehézségek

Fejlett technológián alapuló terápiás eszköz használata számos előnyt kínál, azonban számos kihívást is felvet, amelyeket fontos szem előtt tartani a hatékony alkalmazása érdekében.

Az alábbiakban részletezve olvasható néhány nehézség, és az azokra javasolt megoldás.

Időigényes lehet a felszerelés

A fejlett technológián alapuló eszközök alkalmazása során az egyik gyakori kihívás a terápiás eszközök felhelyezésének időigényessége.

Miért lehet időigényes a felhelyezés?

- Az eszközöket gyakran személyre kell szabni, hogy illeszkedjenek a páciens egyedi igényeihez. Ez magában foglalhatja a páciens méretének és a kezelési célkitűzéseknek megfelelő beállításokat.
- Néhány fejlett technológián alapuló terápiás eszköz bonyolult összeszerelést, felszerelést igényelhet minden egyes használat előtt. Továbbá a terápia biztonságának és hatékonyságának biztosítása érdekében a terapeutáknak minden egyes alkalommal ellenőrizniük kell a beállításokat, ami időt vesz igénybe.
- A páciensek együttműködésére is szükség van, mert aktívan részt kell venniük a felhelyezési folyamatban, így hosszabb időt vehet igénybe, ha a páciens valamilyen korlátozottsága miatt nem tud segíteni vagy nehezen követi az utasításokat.
- A terapeutáknak és a pácienseknek egyaránt tanulniuk kell és gyakorlatot szerezniük az eszköz felhelyezési a kezeléseknél.

Hogyan kezelhetjük ezt a nehézséget?

- Ahol lehetséges, az eszközöket előre be kell állítani, talán még a páciens megérkezése előtt, ezzel minimalizálva a felhelyezés idejét és növelve a kezelési időt.
- Továbbá egy egységesített felhelyezési folyamat segíthet a terapeutáknak gyorsabban és hatékonyabban végrehajtani a szükséges lépéseket.
- Természetesen a terapeuták alapos képzése és gyakorlata jelentősen csökkenti a felhelyezési időt, illetve a páciensek oktatása is abban, hogy hogyan segíthetnek folyamatban.

Felhelyezhetőség

Az eszköz betegre szerelt részének megfelelően kell illeszkednie a páciens testéhez, hogy az kényelmes és hatékony legyen, ami különösen kihívást jelenthet szokatlan testalkatú és méretű páciensek esetében.

Amikor egy fejlett technológián alapuló eszköz nem illeszkedik könnyen a páciensre, több probléma is felmerülhet, például akár súlyosbíthatják a meglévő sérüléseket, csökkenthetik a terápia hatékonyságát és növelhetik a sérülés kockázatát.

Problémák, amelyek a nem megfelelő illeszkedésből adódhatnak:

- Elsődleges probléma, ha az eszköz nem illeszkedik megfelelően, akkor ez nyomást gyakorolhat a páciens bizonyos testrészeire, ami rövid távon diszkomfortot vagy akár fájdalmat is okozhat; vagy nem biztonságosan illeszkedik és balesetveszélyt rejt magában. Mindez akár csökkentheti a terápiás gyakorlatok hatékonyságát.
- Ha az eszköz illeszkedése hosszú távon pontatlan, akkor fájdalmas nyomást gyakorolva a bőrre és az alatta lévő szövetekre akár súlyos hámsérülések kialakulásához vezethet.
- A kellemetlenség vagy a fájdalom a páciensekből ellenállást válthat ki, ronthatja a beteg együttműködését, végső esetben akár teljesen megtagadhatják az eszközök használatát.
- Továbbá, ha az eszköz nem engedi meg a természetes vagy terápiás célból kívánt mozgást, az korlátozhatja a terápiában történő előrehaladást.

Hogyan kezelhetjük ezt a nehézséget?

A terápiás eszközöket a lehető legnagyobb mértékben személyre kell szabni, hogy illeszkedjenek a páciens egyedi alkatához, illetve folyamatosan kérni kell a páciens visszajelzését. Minden esetben figyelembe kell venni a kontraindikációkat, és ennek megfelelően alkalmazni az eszközöket!

Kontraindikációk

Nem minden páciens alkalmas fejlett technológián alapuló eszközzel végzett terápián való részvételre. Nagyon fontos azoknak a fizikai állapotoknak és korlátozásoknak a figyelembevétele, amelyek miatt egyes páciensek nem használhatják az eszközöket

Minden esetben szükséges az egyedi értékelés, a team-mel történő konzultálás, ahol közösen eldöntik, hogy egy adott páciens számára megfelelő-e a fejlett technológián alapuló terápia. A kontraindikációk azonosítása fontos része a kezelési terv kialakításának, és elősegíti a páciens biztonságának valamint a terápia sikerének elérését.

Páciensek motivációja

A páciens motivációja kulcsfontosságú tényező. A kiindulási állapot rögzítése és az állapotváltozás követése motiváló lehet. A fejlett technológián alapuló eszközök gyakran tartalmaznak visszajelzési rendszereket, adott esetben valós időben is történhet ez a visszajelzés, amelyek segíthetnek a pácienseknek nyomon követni a haladást. Ha a páciensek látják és érzékelik a javulást, akkor valószínűbb, hogy motiváltak maradnak.

A terápia során a kihívások fokozatos bevezetése segíthet a páciensek motivációjának fenntartásában. Ha a feladatok túl könnyűek vagy túl nehezek, az csökkentheti a páciens elkötelezettségét. A cél az, hogy a feladatok a beteg számára megoldhatóak legyenek, de mégis megfelelő kihívást nyújtsanak.

Néhány páciensnek nehézségei lehetnek a technológiával történő interakcióval, idősebb betegek nem mindig nyitottak rá. Illetve vannak olyanok, akiknek nehéz elfogadni egy gép segítségét, és inkább az emberi interakciót részesítik előnyben. Fontos figyelembe venni, hogy ezek az eszközök nem pótolhatják az emberi interakciót!

Technikai nehézségek

Előfordulhat technikai probléma, mely az eszközök meghibásodását jelenti, és ez komoly kihívást jelenthet. Egy hiba esetén az egész terápiás folyamat leállhat, ami csökkenti a terápia hatékonyságát. A terápiás eszközök karbantartása és a szükséges szervizelési háttértámogatás biztosítása elengedhetetlen. Természetesen áramellátási zavar esetén sem lehet terápiát végezni.

Megfelelő képzés és tapasztalat

A fejlett technológián alapuló eszközök használata szakképzett terapeuták bevonását igénylik, akik megfelelő tapasztalattal rendelkeznek ezen eszközök használatában.

Miért fontos a tapasztalt terapeuta a fejlett technológián alapuló eszköz hatékony kihasználásához?

- A fejlett technológián alapuló eszközök gyakran bonyolult kezelőfelületekkel rendelkeznek, amelyek megértése és hatékony használata időt és tapasztalatot igényel.
- A terapeutáknak képeseknek kell lenniük arra, hogy az eszközöket a páciens egyedi igényeihez igazítsák. Ez magában foglalja az eszközök paramétereinek beállítását és a terápiás programok testreszabását.
- A fejlett technológián alapuló eszközök nem megfelelő használata sérülést okozhat. Tapasztalt terapeuták képesek felismerni a kockázatokat és megfelelően reagálni rájuk.
- A tapasztalt terapeuták képesek felismerni és kezelni a pácienseknek a fejlett technológián alapuló eszközök kapcsán kialakult érzelmi reakcióit; továbbá megkülönböztetni azt egyéb okból fellépő érzelmi reakcióktól.
- A váratlan helyzetek, mint például technikai hibák vagy a páciens váratlan reakcióira történő reagálás tapasztalatot igényelnek.
- A tapasztalattal rendelkező terapeuták hozzájárulhatnak a fejlett technológián alapuló eszközök továbbfejlesztéséhez azzal, hogy visszajelzéseket és javaslatokat adnak a gyártóknak, valamint részt vehetnek klinikai vizsgálatokban és kutatásokban.
- A tapasztalt terapeuták fontos szerepet játszanak más szakemberek oktatásában.

Fertőtlenítési nehézségek

- A fejlett technológián alapuló eszközök gyakran rendelkeznek összetett felületekkel, részekkel és mozgó alkatrészekkel, amelyek nehezen hozzáférhetők és ezért nehezen fertőtleníthetők.
- Az eszközök tartalmaznak olyan elektronikai részeket, amelyeket speciális módszerekkel szabad csak tisztán tartani.
- Az eszközök tartalmazhatnak olyan textil felületeket, amelyeket nehezen lehet fertőtleníteni és karbantartásuk pontos tisztítási folyamatot igényel (pl. mosás esetében betartandó instrukciók), ezek befolyásolhatják használhatóságukat és "élettartamukat".
- Néhány fertőtlenítőszer károsíthatja az eszközök anyagát, a műanyagot, a festéket és egyéb részeket. Ezt figyelembe kell venni a fertőtlenítőszer kiválasztásánál!

- Megfelelő protokollok és eljárások szükségesek, amelyeket a terapeutáknak és a takarító személyzetnek egyaránt követniük kell. Figyelembe kell venni a gyártó utasításait is!
- Az alapos fertőtlenítés időigényes lehet, különösen, ha az eszközt gyakran használják és a kezelések között rövid idő áll rendelkezésre a fertőtlenítésre.

Költségek

Az eszközök és azok karbantartása költséges lehet. Ez korlátozhatja a kezelés hozzáférhetőségét.

- A fejlett technológián alapuló eszközök beszerzési ára magas.
- A rendszeres karbantartás és a technikai problémák során felmerülő költségek szintén magasak lehetnek.
- A terapeuták képzése is költséges.
- A fejlett technológián alapuló eszközök működtetése energiaigényes lehet, ami növeli az intézmény energiafelhasználását.
- Néhány fejlett technológián alapuló eszköz különleges alkatrészeket és/vagy fogyóeszközöket igényelhet, amelyeket rendszeresen cserélni és/vagy pótolni kell.

Egyéb terápiás módszerek mellé történő integrálás

Fontos, hogy a fejlett technológiával végzett terápia ne helyettesítse, hanem kiegészítse a hagyományos fizioterápiás és egyéb módszereket, és ez kihívást jelenthet! A fejlett technológia sikeres integrálásához a különböző szakterületek közötti együttműködés szükséges. Terapeuták, orvosok és mérnökök közötti kommunikáció nélkülözhetetlen.

A páciensek vonakodhatnak az új technológiától, mások lelkesek lehetnek. Mindkettő esetben fontos helyén kezelni ezt a terápiás lehetőséget és ezt a beteg számára is közérthetően elmagyarázni, megértetni vele. Az elfogadás elősegítéséhez vagy a túlzott elvárások reális célokká alakításában a terapeutáknak mindig informálniuk kell a pácienseket a terápia menetéről és a terápia során alkalmazott eszközről, valamint az eszköz nyújtotta lehetőségekről.

Etikai kérdések

- A fejlett technológián alapuló eszközök használata során gyűjtött adatok védelme kulcsfontosságú etikai kérdés.

- Továbbá fontos kérdés a hozzáférhetőség igazságossága.

Egyrészt a fejlett technológia költségei miatt nem mindenki számára érhető el egyenlően ez a terápiás megoldás.

Másrészt érdemes megfontolni, hogy mennyi idő telt el a szerzett funkciózavartól és ez az idő miként befolyásolja a várható eredményt, amihez igazítva a terápiás alkalmak mennyisége korlátozás alá eshet.

- Mélyebb etikai kérdéseket felvethet az ember-gép interakciók, például, hogy a gépek milyen mértékben vehetik át az emberi terapeuták szerepét, és ez hogyan hat a terápiás folyamatokra.

Környezeti tényezők

A fejlett technológián alapuló eszközök működéséhez gyakran speciális környezeti feltételekre van szükség, mint például stabil elektromos hálózat, szünetmentes áramkör vagy megfelelő terápiás tér.

A környezet kialakításánál figyelembe kell venni az alábbi szempontokat:

- A terápiás eszközök megfelelő elhelyezése és a megfelelő mozgástér kialakítása. Elegendő helyre van szükség az eszközök és a páciensek számára, hogy biztonságosan és hatékonyan mozoghassanak.
- A fejlett technológián alapuló eszközök számára kialakított környezetben létrejött zaj jelentősen befolyásolhatja a páciens koncentrációját és elterelheti a figyelmét.
- A környezetet úgy kell kialakítani, hogy az minden páciens számára könnyen hozzáférhető legyen, tehát könnyedén eljuthasson a kezelés helyszínére, ahol akadálymentesített környezetben könnyedén tud akár kerekesszékekkel vagy más segédeszközzel is közlekedni.
- A fejlett technológián alapuló eszközök működtetéséhez szükség van a megfelelő elektromos hálózatok kiépítésére.

Működési idő

Bizonyos fejlett technológián alapuló eszköz működési idejét korlátozza az akkumulátor kapacitása, mely meghatározza, hogy mennyi ideig képesek üzemelni töltés nélkül. Ez a terápiát befolyásolhatja,

hiszen az akkumulátorral működő eszközök használatát úgy kell ütemezni, hogy azok a terápiák során ne merüljenek le, ami megszakíthatja a kezelést és csökkentheti a terápia hatékonyságát.

Klinikai bizonyítékok hiánya

Bár sok kutatás folyik, további bizonyítékokra van szükség a fejlett technológián alapuló eszközök hatékonyságának és biztonságosságának igazolásához.

Kutatási és fejlesztési kihívások

A rehabilitációban alkalmazott fejlett technológia további fejlesztése érdekében folyamatos kutatásra van szükség.

8 Karbantartás

Az eszközök karbantartását és biztonsági vizsgálatát a gyártó vagy a gyártó által jóváhagyott szervíztechnikusnak kell elvégeznie. A legtöbb szoftver előre tudatja a felhasználóval, hogy mikor esedékes a következő karbantartás, ellenőrzés.

Fontos kiemelni, hogy a fejlett technológián alapuló eszközöket csak képzett terapeuta használhatja. Képzett terapeutának számít az, aki részt vett a betanítási képzésen, vagy olyan terapeuta, aki a képzésen részt vett terapeutától megtanulta a gép használatát.

Ezen dokumentum nem jogosítja fel az olvasót egyik eszköz használatára sem!

9 Felhasznált és ajánlott irodalom

Bonanno, M., De Luca, R., De Nunzio, A. M., Quartarone, A., & Calabrò, R. S. (2022). Innovative Technologies in the Neurorehabilitation of Traumatic Brain Injury: A Systematic Review. *Brain sciences*, 12(12), 1678. <https://doi.org/10.3390/brainsci12121678>

Bressi, F., Cricenti, L., Bravi, M., Pannunzio, F., Cordella, F., Lapresa, M., . . . Campagnola, B. (2023). Treatment of the Paretic Hand with a Robotic Glove Combined with Physiotherapy in a Patient Suffering from Traumatic Tetraparesis: A Case Report. *Sensors (Basel)*, 23(7). doi:10.3390/s23073484

Chien, W. T., Chong, Y. Y., Tse, M. K., Chien, C. W., & Cheng, H. Y. (2020). Robot-assisted therapy for upper-limb rehabilitation in subacute stroke patients: A systematic review and meta-analysis. *Brain Behav*, 10(8), e01742. doi:10.1002/brb3.1742

Dong, M., Fan, W., Li, J., & Zhang, P. (2022). Patient-Specific Exercises with the Development of an End-Effector Type Upper Limb Rehabilitation Robot. *Journal of healthcare engineering*, 2022, 4125606. <https://doi.org/10.1155/2022/4125606>

Fazekas Gabor, Tavaszi Ibolya: The future role of robots in neuro-rehabilitation, EXPERT REVIEW OF NEUROTHERAPEUTICS 19: (6) pp. 471-473.

Flores, Eletha & Tobon, Gabriel & Cavallaro, Ettore & Cavallaro, Francesca & Perry, Joel & Keller, Thierry. (2008). Improving patient motivation in game development for motor deficit rehabilitation. *Proceedings of the 2008 International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology, ACE 2008*. 381-384. 10.1145/1501750.1501839.

Lee, S.H., Park, G., Cho, D.Y. *et al.* Comparisons between end-effector and exoskeleton rehabilitation robots regarding upper extremity function among chronic stroke patients with moderate-to-severe upper limb impairment. *Sci Rep* 10, 1806 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-58630-2>

Maciejasz, P., Eschweiler, J., Gerlach-Hahn, K., Jansen-Troy, A., & Leonhardt, S. (2014). A survey on robotic devices for upper limb rehabilitation. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 11, 3. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-11-3>

Marchal-Crespo, L., Reinkensmeyer, D.J. Review of control strategies for robotic movement training after neurologic injury. *J NeuroEngineering Rehabil* 6, 20 (2009). <https://doi.org/10.1186/1743-0003-6-20>

Mehrholz, J., Pohl, M., Platz, T., Kugler, J., & Elsner, B. (2018). Electromechanical and robot-assisted arm training for improving activities of daily living, arm function, and arm muscle strength after stroke. The Cochrane database of systematic reviews, 9(9), CD006876. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006876.pub5>

Moggio, L., de Sire, A., Marotta, N., Demeco, A., & Ammendolia, A. (2022). Exoskeleton versus end-effector robot-assisted therapy for finger-hand motor recovery in stroke survivors: systematic review and meta-analysis. *Topics in stroke rehabilitation*, 29(8), 539–550. <https://doi.org/10.1080/10749357.2021.1967657>

Salvalaggio, S., Cacciante, L., Maistrello, L., & Turolla, A. (2023). Clinical Predictors for Upper Limb Recovery after Stroke Rehabilitation: Retrospective Cohort Study. *Healthcare (Basel)*, 11(3). doi:10.3390/healthcare11030335

Tyromotion. (2023a). Amadeo. Retrieved from <https://tyromotion.com/en/products/amadeo/>

Tyromotion. (2023b). Diego. Retrieved from <https://tyromotion.com/en/products/diego/>

10 Képmellékletek



1. ábra: Amadeo



2. ábra: Diego



3. ábra:Gloreha