

ALSÓ VÉGTAGI ROBOTTERÁPIA

SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

Tartalomjegyzék

1	Általános bevezető.....	4
1.1	Fejlett technológián alapuló eszközök felosztása	5
1.2	Fejlett technológián alapuló eszközök gyakorlati alkalmazása	7
1.2.1	Milyen kórképek esetén javasolt a fejlett technológián alapuló terápiák alkalmazása?	7
1.2.2	Hogyan érdemes a fejlett technológián alapuló eszközöket beilleszteni a komplex rehabilitációs programokba?	8
1.2.3	Hogyan válasszuk ki az ideális fejlett technológián alapuló interaktív terápiás eszközt?	9
2	Rehabilitáció korai fázisa	11
2.1	Robotikus állítóág (Erigo)	11
2.1.1	Robotikus állítóág alkalmazási területei	12
2.1.2	Robotikus állítóág alkalmazásának céljai, indikációk és kontraindikációk	13
2.1.3	Terápia előkészítése és folyamata a robotikus állítóággal	17
2.1.4	Objektív mérési lehetőségek.....	20
2.2	Exoskeleton alapú futópados robotizált eszköz	20
2.2.1	Exoskeleton alapú robotikus eszköz alkalmazásának céljai, indikációi és kontraindikációi	22
2.2.2	Terápia előkészítése és folyamata exoskeleton alapú futópados robotizált eszközökkel	23
3	A rehabilitáció későbbi fázisa	25
3.1	End-effektor típusú robotikus alsó végtagi eszköz.....	25
3.1.1	End-effektor típusú robotikus alsó végtagi eszköz alkalmazásának indikációi és kontraindikációi	25
3.2	Overground tréningre alkalmas robotikus eszköz.....	27
3.2.1	Overground tréningre alkalmas robotikus eszköz alkalmazásának céljai, indikációi és kontraindikációi	28
3.2.2	Terápia előkészítése és folyamata overground tréningre alkalmas robotikus eszközzel	30
4	Gyakorlati alkalmazás közben felmerülő lehetséges nehézségek.....	31
5	Karbantartás:.....	38
6	Felhasznált és javasolt irodalom	39
7	Képmellékletek.....	43

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 neuorerehabilitáció 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 neuorerehabilitációban 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 végezhető 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 valóság-hű 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 legoptimálisabb 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 koncentrálnunk-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.

Összegzésképpen 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 Rehabilitáció korai fázisa

2.1 Robotikus állítóágy (Erigo)

Az eszközt a Zürichben található Balgristi Egyetemi Kórház Paraplég Központjával, valamint a Heidelbergben lévő Ortopédiai Egyetemi Kórház közreműködésével fejlesztette ki Volker Dietz professzor és Dr. Rüdiger Rupp. Az Erigo egy olyan rehabilitációs robotikus eszköz, mely tartós immobilizációt, valamint neurológiai károsodást (pl.: stroke, traumás agysérülés, gerincvelősérülés) követően egyaránt alkalmazható a korai rehabilitációban és a mobilizációban is.

A készülék alapvetően egy hagyományos állítóágy elvén alapszik. A páciens törzse a vállszíjak, mellkaspánt, derékszíj és lábhurkok segítségével van rögzítve az ágyhoz. A combok a combpántokkal, a lábak két hevederrel rögzülnek a talplemezekhez, amelyekbe egy speciális, rugós csapszeg van beépítve, ami lehetővé teszi az alsó végtagok passzív/ aktív mozgását. Mivel a páciens lábai a talplemezekhez vannak rögzítve, a gép a csípőkben és a térdékben flexiós és extenziós mozgásokat indukál, és ezek a mozgások fogják létrehozni az élettani lépés imitációját. A váltakozó lépés sebessége, valamint a csípő-és térdízületek mozgási tartománya egy vezérlőpanel segítségével állítható be. Az állítóágyat fekvő helyzetből fokozatosan emelve 90°-ig lehet dönteni. A talplemezek teljes terhelése a döntés szögével párhuzamosan növekszik.

Amennyiben a páciens kooperációja és fizikai állapota megengedi, lehetőségünk nyílik aktív mozgást is kérni: beállíthatjuk azt a százalékos értéket, hogy mennyit segítsen a gép (passzívan) és mennyit a páciens (aktívan) a lépés kivitelezésében mindkét oldal esetében. Ezáltal az eszköz egy rigid és merev rendszer helyett, a páciens aktív részvételét is kihasználja. Továbbá az eszköz Pro verziójának tartozéka egy FES (funkcionális elektromos stimuláció) készülék, amellyel a következő alsó végtagi izmokat ingerelhetjük: m. gastrocnemius medialis és lateralis, m. tibialis anterior, m. quadriceps femoris, és ischiocruralis izomzatot. A stimuláció teljesen szinkronban megy végbe a lépésciklussal.

Az Erigo hatásossága az orthostaticus dysregulatio javításában nyilvánul meg leginkább a hagyományos állítóágyakhoz viszonyítva. Tehát, az eszköz használatának elsődleges célja az, hogy a fent említett betegkör vertikalizációja során növeljük a cardiovascularis stabilitást, de ezen felül alkalmazható még a

tartós immobilizáció és mozgásképtelenség okozta szövődmények (például: mélyvénás trombózis, kontraktúra, izomsorvadás, tüdőgyulladás stb.) megelőzésére, illetve a páciensek éberségének javítására. A másik nagy előnye ennek az eszköznek, hogy a vezérlőpanel segítségével képesek vagyunk nyomon követni a betegünk fejlődését. Összesített táblázat ábrázolja a tréning adatait, amely által átfogó képet kaphatunk a betegünk aktuális állapotáról. Ezenkívül az eszköz képes grafikonokon ábrázolni az egyéb információkat, amiket a kezelések során nyertünk.

Ahhoz, hogy egy terápiás eszközt megfelelően tudjunk alkalmazni, rendkívül fontos, hogy megértsük az adott betegkörre vonatkozó anatómiai és ok-okozati háttért.

Magyarország 9,6 milliós lakosságára vetítve évente – becsléseink alapján – kb. 350-550 gerincvelő-sérülés következik be, főleg közlekedési balesetből adódóan. E sérültek többségét – mind az akut szakot követően, mind a késői szövődmények miatt jelentkezőket – 40+10 ágyon az Országos Mozgásszervi Intézet OORI Campusán látjuk el.

2.1.1 Robotikus állítóágy alkalmazási területei

A vertikalizáció mind stimuláló, mind preventív funkciókkal bír. Fontos eszköze a komplikációk megelőzésének és lassításának: pl.: végtagok kontraktúrái, osteoporosis, decubitus, és lényeges a légzőfunkciók javítása szempontjából. Az állás számos jótékony hatással rendelkezik: aktivizálja a proprioceptorokat, a taktilis és vestibularis rendszerek működését segíti elő. A vertikális pozíció csökkenti az osteoporosis előfordulását, a cardiorespiratorikus rendszert fokozatosan terheli, serkenti a bél motilitását, jó hatással van a vesefunkciókra, valamint a pszichés státuszra. Ezenkívül csökkenti a fájdalmat, normalizálja a tónust, és segíti a funkcionális felépülést. Többszöri, tréningszerű állítás javítja az orthostaticus toleranciaszintet és csökkentheti a spazmust. Az állítóágy használatával maximalizálható az alsó végtagok teherviselő funkciója, amely ülő helyzetben nem érhető el. Ezenkívül ez a pozíció szolgál alapjául a további rehabilitációs tevékenységeknek úgy, mint, egyensúlyi feladatok, illetve járástréning. Növeli az arousal szintet és a beteg éberségét, de a páciens reakcióképességére is hatással van. A passzív, repetitív mozgások segítik az agyi plaszticitást, elősegítik a funkcionális helyreállást, növelik az agyban a

kontralézionális aktivitást a másodlagos szenzomotoros területeken, amely segíti a visszanyert motoros funkciók szabályozását. Egészséges egyéneknél kimutatták, hogy a passzív proprioceptív tréning képes megakadályozni a neurovegetatív rendellenességeket, és az agyban a kontralaterális szenzomotoros cortikális reprezentációs terület átszerveződését indukálja. A vertikalizáció aktívan hozzájárulhat a kognitív teljesítmény fokozásához az agyi véráramlás növekedésével, következésképpen a cortikális plaszticitás indukálásával, különösen a frontális lebenyekben. A rehabilitációban a korai tréning hozzájárul a motoros teljesítmény növekedéséhez, mivel ezáltal gyengülnek a gyulladásos reakciók a szervezetben, hatással van a normális agyi véráramlásra, javítja az angiogenezist és a biokémiai neuroprotekción, ami az agy ödémájának és a lézió térfogatának csökkenéséhez vezet.

A neurorehabilitációban bizonyított, hogy a robotizált vertikalizáció növeli a motoros teljesítményt az agyi plaszticitást serkentve.

Egyes szerzők arról számoltak be, hogy az állítóágy alkalmazásánál a vertikalizálás növeli a szimpatikus aktivitást. Ez a fokozott szimpatikus aktivitás stimulálja a mechanoreceptorokat a kamrában, ami a vagus ideg aktivációjához és a szimpatikus aktivitás reflexív csökkenéséhez vezet. A vagus aktivitás bradycardiát és vasodilatációt eredményez. Ez a fajta túlműködés csökkenthető az alsó végtagok passzív mozgatásával állás közben, megakadályozva az ortosztatis hipotóniát (O) és a syncopet. Ezen kívül, ha nem csak passzívan, hanem a beteg aktívan is mozgatja az alsó végtagokat, hatásosabb a tréning.

Az áttörés az volt, amikor 2004-ben Czell és munkatársai azt mutatták be, hogy egészséges egyének esetében a konvencionális állítóágnál nagyobb hemodinamikai stabilitás érhető el passzív lábmozgató eszközzel. Ezen a kutatási területen Luther és munkatársai tanulmányozták ezen eszköz hatásait VS (Vegetative State) vagy MCS (Minimally Conscious State) betegeknél. A szerzők arra az eredményre jutottak, hogy a hagyományos állítóágyhoz képest az ilyen alsó végtagi mozgató komponenssel ellátott eszközzel kezelt betegeknél alacsonyabb előfordulási gyakoriságot tapasztaltak ájulás, és OH tekintetében.

2.1.2 Robotikus állítóágy alkalmazásának céljai, indikációk és kontraindikációk

Elsődleges cél:

- Kardiovaszkuláris stabilitás növelése a vertikalizáció során

Másodlagos cél:

- Mozgásszervi regeneráció intenzív szenzomotoros stimulációval az afferens folyamat elindítása

Aktív-asszisztált cél: mozgás újratanulása, járásra felkészítés

- Immobilizációs szövődmények megelőzése (pl.trombózis, izomsorvadás, kontraktúra, stb.)
- Mozgástartomány megtartása, növelése (alsó végtag)
- Éberség javítása

ErigoPro a fentiek mellett alkalmazható:

- Izomgörcsök enyhítésére
- A használaton kívüli izmok sorvadásának megelőzésére vagy késleltetésére
- Helyi vérkeringés fokozására

Ellenjavallatok, korlátozások, problémák, kockázatok, rizikók

Mint minden eszköznek, az Erigo Basic-nek is vannak ellenjavallatai, melyek a következők:

- az alsó végtagok nagy ízületeit érintő súlyos, fixált kontraktúrák,
- 135 kg feletti testsúly,
- az alsó végtag hossza (trochanter majortól a talpig mérve) kisebb, mint 69 cm vagy nagyobb, mint 104 cm,
- a lábak és/vagy a gerinc aránytalan növekedésével járó kórképek (pl.: csont- vagy porcdiszplázia),
- csontinstabilitás (nem rögzített törések, nagyfokú osteoporosis, stb.),
- kardiológiai ellenjavallatok,
- ha a páciens nem rögzíthető megfelelően a terápiás eszközhöz a hevederek segítségével,
- nem kooperáló a beteg (pl.: agresszív),
- lázzal járó gyulladásos/fertőző állapotok.

ErigoPro esetén a fentiekén kívül ellenjavallott:

- szívritmus szabályzó, vagy más aktív elektromos stimulátor jelenléte,
- beültetett gyógyszeradagoló pumpa,
- várandósság.

A fenti kontraindikációkon kívül vannak bizonyos kockázati tényezők, amelyek fennállásakor érdemes mérlegelni az eszköz alkalmazását:

ErigoBasic:

- súlyos fokú spaszticitás (Módosított Ashworth Skála 3),
- súlyos mértékű csonttritkulás,
- dyestheticus fájdalom szindróma,
- bőrelváltozások vagy nyílt sebek, nyomási fekély,
- autonóm dysreflexia.

ErigoPro:

- fém implantátumok, melyeket a tréning előtt 3 hónappal ültettek be a stimulálandó izomcsoport alá vagy annak közelébe,
- epilepszia,
- allergiás reakció az elektródákban használt géltre.

Az eszközzel végzett tréning során kialakulható mellékhatások:

ErigoBasic:

- hányinger,
- horzsolás, bőrirritáció,
- decubitus,
- íngyulladás a túlzott mértékű terhelés hatására,
- ízületi-és izomfájdalmak,
- izom- és csontrendszer túlterhelése,
- eszméletvesztés.

ErigoPro:

- elektródák anyagára való allergiás hajlam,
- bőrirritáció/bőregés az elektródák nem megfelelő használatából,
- izomfáradtság,
- a stimuláció területén megjelenő bőrpír a fokozott helyi keringés és a bőr felmelegedése miatt.

Az osztályon végzett terápia során tapasztalt rizikók:

- Amennyiben már az osztályos terápia során érezhetően kifejezett a spaszticitás (Módosított Ashworth Skálán mérve 3-as vagy afeletti), mérlegelni kell az eszköz használatát, ugyanis az akaratlan végtagmozgás során a lábheveder nem tart megfelelően.
- Amennyiben a páciens pszichiátriai gyógyszeres kezelés alatt áll (pl.: alvászavar miatt), és emiatt napközben is aluszékony, akkor őt nem kooperáló betegnek kell tekinteni, mert nem tud érdemben visszajelzést adni az állapotáról (például szédül-e, látászavara van-e, stb.).
- Amennyiben a páciens agresszív, agitált.
- Amennyiben a megszokottnál alacsonyabb a kiinduló vérnyomás.
- Amennyiben izolációban van a páciens (pl.: MRK, CDI miatt), további fertőzések elkerülése érdekében a terápiát szüneteltetni kell.
- Nyomási fekély fennállása esetén, amennyiben a hevederek fokozzák annak súlyosságát vagy éppen nyomási fekélyt okoznak.

2.1.3 Terápia előkészítése és folyamata a robotikus állítóágygal

Terápia előkészítése

Az Erigo Basic robot asszisztált állítóágyat megosztva használjuk a mindennapi terápia során az Agysérültek Rehabilitációs Osztályának Kóma Részlegén és a Gerincvelősérültek Rehabilitációs Osztályának Tetraplég Betegek Korai Részlegén.

Orvosi konzultáció után kezdjük meg a vertikalizációt. Pácienseinket az esetek nagy többségében az ágyukból helyezzük át az állítóágyra csúszólap – és állapotuktól függően akár több személy – segítségével, de kerekesszékből is áthelyezhetőek. Fontos, hogy mielőtt megkezdénénk a transzfert, mindenképp rögzítsük az állítóágyat, illetve megfelelően pozícionáljuk mind a páciens ágyának magasságát, mind a készülék magasságát. Amennyiben az állítóágy nincsen teljesen 0 fokra visszadöntve, akkor a gép ezt hanggal jelzi és nem engedi a felfelé és lefelé mozgását az ágyak.

Az ágyon a páciens úgy helyezzük el, hogy a trochanter major egy vonalba kerüljön a háttámlán lévő jelzéssel. Ezek után kezdhetjük meg a hevederekkel történő rögzítést. Amennyiben a vállhevederek nem tartják megfelelően a páciens törzsét, keresztbe is lehet kötni. ErigoPro használata esetén érdemes olyan ruházatot választani a terápiához, amely könnyedén lehetővé teszi az elektródák alsó végtagra történő felhelyezését. Amennyiben a páciens talpa nem éri el a talplemezt az extenziós térdhelyzet ellenére, úgy be kell állítani az ágy hosszúságát az irányító segítségével. Ezután lehet a lábakat rögzíteni a lábtartóhoz, beállítva a szükséges supinatio/pronatio, illetve plantar-/dorsalflexió mértékét. A combhevederek kiválasztását érdemes a páciens kezelőágyra történő helyezése előtt kiválasztani és beállítani. A hevederek méretét (5-8) az eszközben rögzíthetjük a páciensek esetében külön-külön, melyet a programba belépve láthatunk. A combheveder pántját 2 ujjal a patella fölé tegyük, hogy ne akadályozza a térd nyújtását, majd a térd hajlított helyzetében szorítsuk rá a hevedert a páciens combjára. Amennyiben szükséges kiegészítő kartámaszt is fel lehet helyezni (ErigoPro esetén).

Terápia folyamata

Miután elhelyeztük a páciens az Erigo készülékben, a programot elindítva kiválasztjuk az adott páciens – új páciens esetén beírjuk a kért adatokat: név, születési dátum, azonosító szám, nem, testsúly, testmagasság, combheveder mérete, patológia –, majd miután meggyőződünk arról, hogy a páciens és az eszköz is megfelelően rögzítve van, akkor elkezdhetjük az alsó végtag mozgásterjedelem mérését.

Ezt követően kezdődhet meg a terápia. Mielőtt megkezdjük az állítást – a korai stádiumban mindenképp – érdemes kiinduló vérnyomást mérni, a tréning során elért maximális vertikalizációs fokon, valamint a tréning végeztével. Ezáltal tudjuk monitorozni a vérnyomás változását az állítás folyamata alatt (orthostaticus hypotensio/autonom disreflexia). Ezeket az értékeket tudjuk rögzíteni a páciens adatlapján. Bevezetésként érdemes az első néhány percben 0°-os dőlési szögben elindítani az alsó végtagok mozgását, ezzel felkészítve páciensünket a vertikalizációra (csökkentjük a vénás pangást az alsó végtagokban, melyet kiegészíthetünk kompressziós harisnya, haskötő használatával vagy a FES terápiával, fenntartva a kiindulási vérnyomást). Az első alkalom általában 15-20 percig tart, majd a terápiás időt később tudjuk növelni.

Azoknál a pácienseinknél, akik képesek aktív alsó végtagi mozgásra, az ő esetükben meg lehet kezdeni az aktív vertikalizációt. A gépen képesek vagyunk szabályozni az eszköz segítségének mértékét %-os arányban. A kijelzőn végig tudjuk monitorozni azt, hogy az előre beállított mozgástartományon végig képes-e dolgozni a betegünk. Ezáltal egy korai járáselőkészítés kezdhető meg.

Ezenkívül, ha már a beteg több időt is képes vertikális pozícióban tölteni, felső végtagi tréninget, vagy akár törzsizomerősítést is végezhetünk. Ehhez a vállpántokat érdemes lecsatolni, de mindig mérlegelni kell páciensünk állapotát ehhez.

Amennyiben a vérnyomás a tréning közben nagymértékben megváltozik, engedjük visszább az ágyat, hogy a vérnyomás rendeződni tudjon, illetve a tünetekről érdeklődjük a betegnél (kooperáció fontossága!). Az eszköz rendelkezik vészmegállító gombbal is, ha a terápia során valami oknál fogva azonnal abba kell hagyni a tréninget. A terápia végeztével fokozatosan visszaengedjük a páciens vízszintes helyzetbe (ErigoPro esetén a csípő nyújtást/hajlítást visszaállítjuk 0°-ra, illetve a FES kezelést is leállítjuk), lábmozgást leállítjuk a STOP gomb segítségével, a Befejezés sávot, majd a Megerősítés gombot megérintve megjelenik az összefoglaló képernyő, amin összegezve látjuk az állítás dátumát, idejét, lépésszámot, max. dőlési szögét, max lépésszám/percet. A páciens történetét behozva pedig a korábbi állítások paramétereit

láthatjuk, és hasonlíthatjuk össze. Végül kicsatoljuk a pántokat, hevedereket és segítünk a páciensnek az ágyba, vagy a kerekesszékekbe visszajutni. Ezután az eszközt kikapcsoljuk, hálózatról leválasztjuk és lefertőtleníttjük.

Az ErigoBasic kezelőfelületén az alábbi paramétereket tudjuk állítani:

- mozgásterjedelem (0-50°)
- ütem (sebesség)/ perc
- támogatás mértéke (0-100%): amennyiben a páciensnek vannak alsó végtagi mozgásai, lehet csökkenteni a mértéket és növelni a páciens aktivitását
- dőlésszög (0-90°)

ErigoPro verzió esetén a fentiekén kívül az alábbi paraméterek kerülhetnek beállításra:

- láb mozgásminta,
- FES (amplitúdó, impulzusszélesség, frekvencia, rámpa),
- terhelés (0-50 kg),
- csípő hajlítás/nyújtás mértéke.

Saját tapasztalataink az eszközzel történő munka során:

- Könnyű felszerelés (ha már a beteg a robotban fekszik, onnan kb. 5 perc a felhelyezés),
- több időt képes a beteg vertikálisan eltölteni a sima állítóágyakhoz képest,
- éberség fokozása koponyasérültek esetében,
- járáselőkészítés hamarabb megkezdődhet,
- törzs és fejkontroll nem szükséges az eszköz használatához a páciens részéről,
- a vérnyomásértékek rögzíthetők az eszköz memóriájába (tréning előtt, közben, után),
- kollabálást lényegesen kevesebbszer tapasztaltunk, mint a hagyományos állítóágy alkalmazásakor,
- alsó végtagi spaszticitás csökkenése (rövid távon, hosszú?),
- motiváció betegeknek,
- az alsó végtagok mozgásterjedelme külön-külön állítható be (hasznos pl.: az alsó végtag nagy ízületeiben kialakult esetleges heterotop ossificatio esetében).

2.1.4 Objektív mérési lehetőségek

A tréningadatokat táblázat formájában összegzi a program dátumra lebontva a(z):

- tréningek számát,
- tréning időtartamát,
- lépések számát,
- lépés/percet,
- terhelés mértékét,
- billentőasztal döntési fokát,
- bal és jobb oldali alsó végtag mozgását fokban,
- végtagok terhelését %-ban,
- illetve az összesített időt és lépésszámot.

2.2 Exoskeleton alapú futópados robotizált eszköz

A rehabilitációs folyamat korai szakaszában, amikor a páciens már biztonságosan tolerálja a vertikális pozíciót, lehetőség adódik, hogy olyan eszközöket alkalmazzunk, melyek az alsó végtagokat exoskeleton segítségével közel fiziológiás járásmintában mozgatják. Ez a fejlett technológia elősegítheti a mozgásfunkciók fejlődését és a rehabilitációs folyamat hatékonyságát.

Mehrholz és munkatársai átfogó tanulmánya a következő eredményekre jutott a robotizált/elektromechanikusan támogatott alsó végtagi eszközök használata terén, melyet hagyományos terápiákkal kombináltak.

- több ember önálló járásának elérésben segített (38 tanulmány; 1567 fő);
- növelhette az emberek átlagos gyaloglási sebességét (42 tanulmány; 1600 fő);
- valószínűleg nem növelte a hat perc alatt megtehető távolságot (24 tanulmány; 983 fő).

Azok az emberek, akik a stroke után fizioterápiával kombinált elektromechanikus járástréninget kapnak, nagyobb valószínűséggel érnek el önálló járást, mint azok, akik ezen eszközök nélkül kapnak járástréninget.

Az elektromechanikus eszközök használhatók a nem járóképes betegek komplex járási ciklusainak intenzív gyakorlására (a nagy ismétlésszámok tekintetében).

A következőkben bemutatásra kerül részletesebben két exoskeleton alapú futópados robotizált eszköz (Lokomat, Robogait).

Lokomat

A Lokomat világszerte elismert robotizált eszköz, amely lehetővé teszi az intenzív járásterápiát mind felnőttek, mind gyermekek számára. A fejlett technológián alapuló terápia során a betegek nagyszámú, feladatspecifikus ismételt mozgást végezhetnek, ami elengedhetetlen a neuroplaszticitás és a jobb funkcionális eredmények elérésében.

A Lokomat az egyénileg állítható külső vázzal és a dinamikus testtömeg-támogató rendszerrel biztosítja a szinte fiziológiás járásmintát. A terápia során fontos a betegek motiválása és kihívás elé állítása. A pácienseket motiváló, virtuális valóság alapú gyakorlatok - más néven Augmented Performance Feedback (APF) - segítik őket céljaik elérésében. A Lokomat segíti a terapeuták munkáját, azáltal, hogy kisebb fizikai igénybevételnek vannak kitéve, így több figyelmet fordíthatnak a páciensre és magára a terápiára. Ezáltal a legmodernebb járásrehabilitációs lehetőséget nyújtja.

Összesen 70 lektorált folyóiratban közzétett klinikai vizsgálat, köztük 39 randomizált kontrollált kísérlet (RCT) igazolja, hogy a Lokomat edzés javítja a járás képességeket és a funkcionális mobilitást.

Robogait

Futópadra integrált exoskeleton alapú járást fejlesztő eszköz. Ez a rendszer robotizált exoskeleton-ból és testtömeg-támogató mechanizmusból áll, futópaddal kombinálva. A Robogait ideális a járás előkészítéséhez és a járásmintázat fejlesztéséhez. A változatos funkcionális gyakorlatok és az interaktív vizuális támogató rendszer révén hatékony, valósághű járási élményt kínál a kezelés során. A folyamatosan működő testtömeg-támogató rendszernek köszönhetően a páciensek biztonságos környezetben részesülhetnek kezelésben.

2.2.1 Exoskeleton alapú robotikus eszköz alkalmazásának céljai, indikációi és kontraindikációi

A Lokomat a járási képességek és a funkcionális mobilitás súlyos vagy közepes mértékű károsodásával küzdő betegek rehabilitációs kezelésére lett tervezve. Ilyen károsodás számos betegség következménye lehet, beleértve, de nem kizárólagosan a neurológiai betegségeket, mint a szerzett agysérülések (stroke vagy trauma következményeként), a gerincvelő-sérülések és a cerebrál paresis.

A Lokomat tréning alkalmazása során figyelembe kell venni az alábbi ellenjavallatokat:

- csökkent csontsűrűség,
- testsúly és testmagasság limitációk: az eszköz használata ellenjavallt, ha a beteg súlya meghaladja a 135 kg-ot vagy magassága a 2 métert, illetve a 10 kg-nál kisebb testsúlyú személyek számára a használata szintén ellenjavallt,
- nem konszolidált törések,
- egyéb egészségügyi állapotok: például légzőszervi betegségek, terhesség, bizonyos ortopédiai állapotok, kognitív deficit, neuropszichológiai állapotok, fertőzések vagy gyulladásos betegségek,
- ízületi kontraktúrák,
- a hám és az ortézisek nem megfelelő illeszkedése.

Kockázati tényezők

A fenti ellenjavallatok mellett számos kockázati tényező is létezik, amelyeket figyelembe kell venni az eszköz használata során. Ezek a kockázati tényezők az eszközök használati utasításában megtalálhatóak.

Robogait

Alkalmazási területei közé tartozik:

- a központi idegrendszer károsodása (például stroke, traumás agysérülés, gerincvelősérülés, sclerosis multiplex),
- valamint térd- és csípőprotézisek.

Ellenjavallatok közé tartozik:

- a kifejezett spaszticitás,
- az osteoporosis és
- a terhesség.

2.2.2 Terápia előkészítése és folyamata exoskeleton alapú futópados robotizált eszközökkel

A rehabilitációs csapat első lépésként értékeli, hogy a páciens alkalmas-e az elektromechanikusan támogatott terápiára. Ebben az értékelésben figyelembe veszik az indikációkat, kontraindikációkat és relatív kontraindikációkat. A terápia kezdetén szükséges a beteg alapos előkészítése, tájékoztatása. Ez magában foglalja az eszköz biztonságos rögzítését, a páciens megfelelő pozícionálását, és szükség esetén az eszköz paramétereinek beállítását. Ezek az eszközök gyakran tartalmaznak felfüggesztési rendszert, amelynek beállítása elengedhetetlen a testtömeg támogatásához. A megfelelő felfüggesztés biztosítja, hogy a páciens biztonságosan és kényelmesen mozoghasson.

Minden páciens egyedi, ezért fontos beállítani az eszközt a páciens szükségletei és képességei szerint. Ez magában foglalja a mozgások amplitúdójának és sebességének testre szabását is.

A terapeuták a páciens állapotának és terápiás céloknak megfelelő gyakorlatokat választanak ki. Az eszköz lehetővé teszi az egyes mozdulatok specifikus gyakorlását, amelyek hozzájárulhatnak a motoros funkciók javulásához.

Lehetővé teszik az intenzív tréninget a futópadon, amely során a páciens képes nagy ismétlésszámú mozgásokat végrehajtani. Ez hozzájárulhat az izomerő növekedéséhez és a mozgás koordinációjának fejlődéséhez.

Az eszközök által rögzített adatok segítik a terapeutákat a páciens fejlődésének monitorozásában. Az objektív adatok alapján módosíthatják a terápiás tervet és optimalizálhatják a kezelést.

Gyakran tartalmaznak motiváló elemeket, például játékos kihívásokat vagy virtuális valóság alkalmazásokat, amelyek növelik a páciensek részvételét és motivációját a terápiában.

A terapeuták a páciens állapotától függően határozzák meg a terápia időtartamát és gyakoriságát.

A rehabilitációs team határozza meg a kezelések befejezését, figyelembe véve az állapotváltozást, a beteg esetleges fejlődését, és külön hangsúlyt fektetve a beteg véleményére, hiszen a páciens motivációja kulcsfontosságú a terápia sikerességéhez, ezért az ő véleménye számít a döntés során.

3 A rehabilitáció későbbi fázisa

3.1 End-effektor típusú robotikus alsó végtagi eszköz

Az end-effektor típusú és az exoskeleton típusú eszközök közötti fő különbség az, hogy az end-effektor típusú láblemezeket alkalmaz, amelyek egy dupla hajtókarral és billenő hajtóművel vannak összekapcsolva. Ezek lehetővé teszik a boka dorsalflexióját a járástréning során, kevésbé irányítva a csípő- és térdízületeket, így aktívabb mozgást engedélyeznek. Az exoskeleton típusú pedig irányított csípő-térdízülettel vagy csípő-térd-boka ízülettel rendelkezik, biztosítva a pontos szabályozást az ízületek közötti koordinációban, de korlátozva az aktív mozgást a járástréning során. Ezek az end-effektor típusú eszközök nagyobb aktivitást igényelnek a páciensektől, mivel nem irányítják olyan mértékben a proximális ízületeket. Emiatt általában a rehabilitáció későbbi szakaszában alkalmazzák őket.

Lexo

A Lexo egy end-effektor alapú járást fejlesztő robotizált eszköz.

Ez a rendszer speciális járásfejlesztést biztosít, amely azt jelenti, hogy terápia során a páciens megérezheti a talajjal való kontaktust, az állásfázist és a lendítési fázist, ezáltal segíti az eszköz a betegeket a természetes járásminták elsajátításában.

3.1.1 End-effektor típusú robotikus alsó végtagi eszköz alkalmazásának indikációi és kontraindikációi

A Lexo indikációi:

- stroke,
- traumatikus agysérülés (TBI),
- gerincvelősérülés (SCI),

- paraplegia, tetraplegia,
- spasztikus vagy petyhüdt bénulás,
- cerebrális parézis (CP),
- spinalis izomatrophia,
- sclerosis multiplex (MS),
- parkinson-kór (PD),
- szív- és érrendszeri betegség, ha a kezelő orvosszakértő engedélyezi,
- mozgató idegsejtek betegsége, pl. amiotrófiás laterálszklerózis (ALS),
- műtét utáni rehabilitáció,
- alsó végtagok törése és sérülése,
- alsó végtagok degeneratív ízületi betegsége,
- izomkárosodás,
- izom-dystrophia.

A Lexo kontraindikációi

Abszolút kontraindikációk:

- akut, jelentős fájdalom,
- nem adaptálható a beteg testére valamilyen deformitás vagy spazmus miatt,
- testsúly, ami 15 kg-nál kevesebb, vagy 180 kg-nál több,
- testmagasság, ami 100 cm-nél alacsonyabb, vagy 200 cm-nél magasabb,
- súlyos osteoporózis,
- csontok instabilitása (nem konszolidált törések, osteogenesis imperfecta, instabil gerincoszlop, pseudoarthrosis),
- kardiovaszkularis ellenjavallatok,
- az alsó végtagok súlyos keringési betegségei,
- jelentős mértékű ataxia,
- bőrelváltozások, amelyek érintkeznek a berendezéssel vagy hevederrendszerrel (decubitus),
- az alsó végtagok jelentősen korlátozott mozgástartománya,

- az aktív rehabilitációt akadályozó egészségállapot (pl. légzőszervi betegségek, terhesség, ortopédiai betegségek, a kommunikációt korlátozó szellemi fogyatékoság, neuropszichológiai betegségek, fertőzések, illetve gyulladásos betegségek, osteomyelitis).

Kockázati tényezők:

- apraxia,
- arthritis az alsó végtagok ízületeinek környékén,
- autonóm dysreflexia,
- nem együttműködő vagy (önmagával szemben) agresszív viselkedés,
- szívbetegségek, pl. szívelégtelenség, ortosztatis hipotónia vagy egyéb keringési probléma, az alsó végtagok keringési zavara,
- közelmúltbeli ízületi sérülés/endoprotézis,
- az alsó végtagok körüli konszolidált törések,
- epilepszia
- közelmúltbeli rohamok, illetve rohamok fokozott kockázata,
- gépi lélegeztetés,
- fejkontroll hiánya,
- hosszú távú infúziók (pl. Baklofén pumpa, intrathecalis pumpák, PEG cső...) vagy stimulátorok (pl. pacemaker),
- enterostoma,
- osteoporosis,
- érzéskiesés az alsó végtagokban.

3.2 Overground tréningre alkalmas robotikus eszköz

Andago

A különféle életszerű helyzetekben történő járásfejlesztés során a páciensek biztonságának garantálása jelentős kihívást jelent a terapeuták számára. Különösen igaz ez a hagyományos felületen, földfelszínen

történő (overground training) járásterápiára, ahol a terapeutáknak gyakran fizikailag kell támogatniuk a páciens testsúlyát és testtartását. Ez nemcsak megnehezíti a terápia megvalósítását, de a beteg eleséstől való félelme korlátozhatja a természetes mozgásait, növelve ezzel a sérülés veszélyét.

Az Andago egy innovatív eszköz, amely megkönnyíti a földfelszínen (overground) végzett járás- és egyensúlytréninget, megoldást nyújtva ezen kihívásokra. Ez az eszköz lehetővé teszi a terapeuták számára, hogy biztonságosan végezzenek intenzív és sokoldalú overground terápiát járás- vagy egyensúlyzavarral küzdő betegeknél.

Az Andago egy dinamikus és egyénileg állítható testtömeg-támogató rendszerrel rendelkezik, amelynek köszönhetően nem eshet a földre a páciens, illetve segíti őt a támaszkodás nélküli járásban. Ez a rendszer nemcsak a páciens, hanem a terapeuta számára is biztonságos környezetet teremt.

3.2.1 Overground tréningre alkalmas robotikus eszköz alkalmazásának céljai, indikációi és kontraindikációi

Az Andago terápiás eszköz alkalmazásának döntése a kezelő klinikusok felelőssége, akik azt járás- és egyensúlyzavarral küzdő betegeknél alkalmazhatják, ha nincsenek jelen ellenjavallatok és figyelembe veszik a kockázati tényezőket. A terápiákat csak akkor szabad alkalmazni, ha a lehetséges előnyök meghaladják a lehetséges kockázatokat az adott beteg esetében.

Ellenjavallatok közé tartozik

- Az Andago-val történő terápia semmilyen esetben sem végezhető, ha a hagyományos föld feletti terápia a csökkent csontsűrűség miatt ellenjavallt.
- A terápia ellenjavallt, ha a személy súlya kevesebb, mint 10 kg vagy több mint 135 kg, vagy alacsonyabb, mint 1,35 m vagy magasabb, mint 2 m.
- Nem konszolidált törések.
- Bármilyen egészségügyi állapot, amely megakadályozza az aktív rehabilitációt (pl. légúti betegség, terhesség, ortopédiai állapotok, kommunikációt korlátozó kognitív zavarok, neuropszichológiai állapotok, fertőzések vagy gyulladásos rendellenességek, osteomyelitis stb.).

- Az Andago használata továbbá ellenjavallt abban az esetben, ha a hevedert nem lehet megfelelően hozzáigazítani az adott testrészhez a következők miatt:
 - terhesség,
 - sztómaszák,
 - olyan bőrelváltozások, amelyek nem védhetők megfelelően,
 - bármely egyéb ok, amely megakadályozza a heveder megfelelő, fájdalommentes beállítását.

Kockázati tényezők:

- Artroplasztika (különösen csípőízületi műtét vagy olyan ízületi műtét, ahol a páciens számára a csípő külső rotációja ellenjavallt).
- Kontrollálatlan térd- vagy bokainstabilitás, amely a testtömeg-támogatás ellenére is veszélyt jelentene.
- A fejkontroll hiánya.
- Ízületi kontraktúrák vagy mozgáskorlátozások a spaszticitás miatt, amelyeket nem lehet csökkenteni.
- Bőrsérülések (beleértve a decubitusokat is) a hevedertartóval vagy az alsó végtag terhelésével érintkező területeken (láb).
- Érzékszervi károsodás az alsó végtagokban és a törzsben, különösen a csökkent fájdalomérzet.
- Az autonóm dysreflexia kockázata (T6-os vagy feletti szint; az anamnézisben szereplő autonóm dysreflexia növeli az epizód megismétlődésének kockázatát).
- A közelmúltban előfordult görcsroham vagy annak fokozott kockázata.
- Szívbetegségek, pl. szívelégtelenség és thoracotomia, ellenőrizetlen ortosztatikus hipotenzió vagy egyéb keringési problémák, az alsó végtagok érrendszeri rendellenességei.
- Nem együttműködő vagy (ön)agresszív viselkedés.
- Hosszú távú infúziók (pl. baklofenpumpa, intratekális pumpák, perkután endoszkópos gasztrosztómiai szonda) vagy stimulátorok (pl. pacemakerek, idegstimulátorok).

Fontos, hogy a kockázati tényezők is ellenjavallatnak tekinthetők, ha kisebb mértékben és/vagy több kockázati tényező egyidejűleg jelentkezik. Minél több kockázati tényező van jelen, és minél súlyosabbak az egyes betegeknél, annál valószínűbb, hogy az eszközök használata ellenjavallt.

Jelen protokoll nem helyettesíti a gyártó felhasználói kézikönyvét!

3.2.2 Terápia előkészítése és folyamata overground tréningre alkalmas robotikus eszközzel

A rehabilitációs csapat első lépésként értékeli, hogy a páciens alkalmas-e a testtömeg-támogatással kombinált terápiára. Ebben az értékelésben figyelembe veszik az indikációkat, kontraindikációkat és relatív kontraindikációkat. A csapattagok konzultálnak egymással, és figyelembe veszik a beteg egyedi állapotát és szükségleteit a döntés meghozatalakor. A terapia kezdetén szükséges a beteg alapos előkészítése és tájékoztatása. Ez magában foglalja az eszköz biztonságos rögzítését, a páciens megfelelő pozicionálását, és szükség esetén az eszköz paramétereinek beállítását. Ezek az eszközök gyakran tartalmaznak felfüggesztési rendszert, amelynek beállítása elengedhetetlen a testtömeg támogatásához. A megfelelő felfüggesztés biztosítja, hogy a páciens biztonságosan és kényelmesen mozoghasson.

A terapeuták a páciens állapotának és terápiás céloknak megfelelő gyakorlatokat választanak ki. Az eszköz lehetővé teszi, hogy biztonságos környezetben, a térben bármerre sétáljon a beteg, miközben a testtömeg-támogatásnak köszönhetően sokkal hosszabb és intenzívebb terápián tud részt venni.

Az Andago intenzív tréninget tesz lehetővé, ami nagy ismétlésszámú mozgásokat eredményez. Ez elősegítheti az izomerő növekedését, valamint hozzájárulhat a járásképp és egyensúlyozóképesség fejlődéséhez. Az eszköz rögzíti a megtett sétatávolságot és időt, miközben hagyományos módszerekkel követhető a beteg állapotváltozása. A terápiát változatos elemekkel, mint instabil felszínek, akadályok és pályák, kiegészíthetjük, ami nemcsak a mozgásfejlesztéshez járul hozzá, de fenntartja a motivációt is. A terapeuták a páciens állapotától függően határozzák meg a terapia időtartamát és gyakoriságát.

A rehabilitációs team határozza meg a kezelések befejezését, figyelembe véve az állapotváltozást, a beteg esetleges fejlődését, és külön hangsúlyt fektetve a beteg véleményére, hiszen a páciens motivációja kulcsfontosságú a terápia sikerességéhez, ezért az ő véleménye számít a döntés során.

4 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 meg kell tanulniuk, és sok gyakorlatot kell szerezniük, így kezdetben megnövekedett lehet a felhelyezési idő.

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 több gyakorlata jelentősen csökkenti a szükséges időt, illetve a páciensek oktatása is abban, hogy hogyan segíthetnek a felhelyezési 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.

Továbbá 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 igényli, 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 kerekesszéssel vagy más segédeszközzel is közlekedni.
- A fejlett technológián alapuló eszközök működtetéséhez szükség van a megfelelő elektromos hálózatok kiépítésére.

Működési idő

Bizonyos fejlett technológián alapuló eszközök 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.

5 Karbantartás:

Az eszközök karbantartását és biztonsági vizsgálatát a gyártónak 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!

6 Felhasznált és javasolt irodalom

Baltz, M. és mtsai., (2013). Tolerance of a tilt table protocol in an in-patient stroke unit setting: A pilot study. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 37(1), pp. 9-13.

Basteris, A. és mtsai., (2014). Training modalities in robot-mediated upper limb rehabilitation in stroke: a framework for classification based on a systematic review. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 11(111).

Borboni, A. & Faglia, R., (2013). Stochastic Evaluation and Analysis of Free Vibrations in Simply Supported Piezoelectric Bimorphs. *Journal of Applied Mechanics*, Volume 80(Issue 2), pp. 1-7.

Calabrò, R. és mtsai., (2015). Do post-stroke patients benefit from robotic verticalization? A pilot-study focusing on a novel neurophysiological approach. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 33(5), pp. 671-81.

Colombo, G. és mtsai., (2005). Novel tilt table with integrated robotic stepping mechanism: design principles and clinical application. 9th International Conference on Rehabilitation Robotics, 2005. ICORR 2005., pp. 227-230.

Czell, D. és mtsai., (2004). Influence of passive leg movements on blood circulation on the tilt table in healthy adults. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 1(4).

Daunoraviciene, K. és mtsai., (2018). Necessity of early-stage verticalization in patients with brain and spinal cord injuries: Preliminary study. *Technology and Health Care*, vol.26(no.S2), pp. 613-623.

Duret, C., Courtial, O., Grosmaire, A. G. & Hutin, E., (2015). Use of a robotic device for the rehabilitation of severe upper limb paresis in subacute stroke: exploration of patient/robot interactions and the motor recovery process. *BioMed Research International*.

Frazzita, G., Zivi, I., Valsecchi, R. & Saltuari, L., (2018). Early Verticalization in Patients. *Biosystems & Biorobotics*, pp. 285-292.

Greco, A. és mtsai., (2013). Quantitative EEG analysis in minimally conscious state patients during postural changes. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual International Conference*, p. 6313–6316.

Harvey, L., (2008). *Management of Spinal Cord Injuries: A Guide for Physiotherapists*. Első szerk. London: Churchill Livingstone.

Hirschberg, R. & Giacino, J. T., (2011). The vegetative and minimally conscious states: diagnosis, prognosis and treatment. *Neurologic Clinic*, 29(4), pp. 773-786.

Jaeger, L. és mtsai., (2014). Brain activation associated with active and passive lower limb stepping. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8(828).

Luther, M. S., Krewer, C., Müller, F. & Koenig, E., (2008). Comparison of orthostatic reactions of patients still unconscious within the first three months of brain injury on a tilt table with and without integrated stepping. A prospective, randomized crossover pilot trial. *Clinical Rehabilitation*, 22(12), pp. 1034-1041.

Pellegrino, G. és mtsai., (2012). Inter-hemispheric coupling changes associate with motor improvements after robotic stroke rehabilitation. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 30(6), pp. 497-510.

Pignat, J.-M., Jöhr, J. & Diserens, K., (2015). From disorders of consciousness to early. *Current Opinion in Neurology*, 28(6), p. 587–594.

Taveggia, G. és mtsai., (2015). Robotic tilt table reduces the occurrence of orthostatic hypotension over time in vegetative states. *International Journal of Rehabilitation Research*, 38(2), p. 162–166.

Weidner, N., Rupp, R. & Tansey, K. E., (2017). *Neurological Aspects of Spinal Cord Injury*. Cham: Springer International Publishing.

Williamson, J. W. és mtsai., (1997). Activation of the insular cortex during dynamic exercise in humans. *The Journal of Physiology*, 503(2), p. 277–283.

Yakub, F., Khudzari, A. Z. & Mori, Y., (2014). Recent trends for practical rehabilitation robotics, current challenges and the future. *International Journal of Rehabilitation Research*, 37(1), pp. 9-21.

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>

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.

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

Lee, S.H., Park, G., Cho, D.Y. *et al.* (2020) 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. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-58630-2>

Fazekas Gabor, Tavaszi Ibolya: The future role of robots in neuro-rehabilitation, (2019) EXPERT REVIEW OF NEUROTHERAPEUTICS 19: (6) pp. 471-473.

Mehrholz, J., Thomas, S., Kugler, J., Pohl, M., & Elsner, B. (2020). Electromechanical-assisted training for walking after stroke. *The Cochrane database of systematic reviews*, 10(10), CD006185. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006185.pub5>

Hesse, S., Werner, C., von Frankenberg, S., & Bardeleben, A. (2003). Treadmill training with partial body weight support after stroke. *Physical medicine and rehabilitation clinics of North America*, 14(1 Suppl), S111–S123. [https://doi.org/10.1016/s1047-9651\(02\)00061-x](https://doi.org/10.1016/s1047-9651(02)00061-x)

Kim, H., Park, G., Shin, JH. *et al.* (2020). Neuroplastic effects of end-effector robotic gait training for hemiparetic stroke: a randomised controlled trial. *Sci Rep* 10, 12461 <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69367-3>

7 Képmellékletek



1. ábra: Erigo



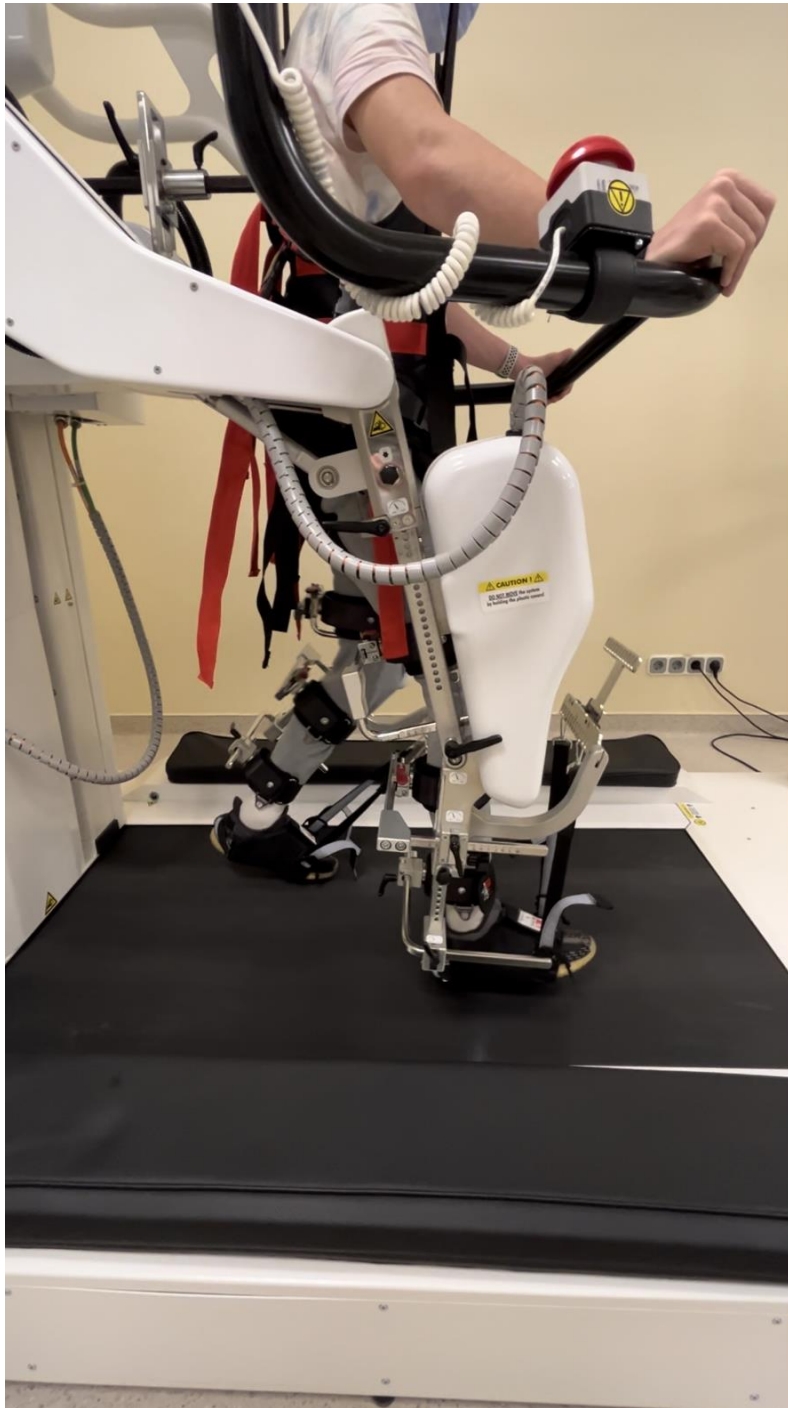
2. ábra: felső végtagi gyakorlatok Erigo használata közben



3. ábra: Erigo



4. ábra: Lokomat



5. ábra: Robogait



6. ábra: Lexo



7. ábra: Andago



8. ábra: Andago járás újratanulásához