

EGYENSÚLY- FEJLESZTŐ TRÉNING INTERAKTÍV ESZKÖZZEL

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?	8
2	Egyensúlyfejlesztés interaktív eszközzel	10
2.1	Milyen esetben van szükség egyensúlyfejlesztésre?	11
2.2	Az interaktív egyensúlyfejlesztő eszközök és alsó végtagi robotos eszközök ellenjavallatai	13
3	Az eszközös mérés lehetőségei	15
4	Az egyes egyensúlyfejlesztő eszközök terápiás alkalmazása	18
4.1	A fejlett technológiás eszközök szerepe a tanulásban	21
5	Gyakorlati alkalmazás közben felmerülő lehetséges nehézségek	23
6	Karbantartás:	29
7	Felhasznált és javasolt irodalom	31
8	Képmelléklet	34

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 kezelésekhez 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 Egyensúlyfejlesztés interaktív eszközzel

Az utóbbi időben elképesztő mértékben nőtt a rehabilitáció területén rendelkezésre álló robotterápiás eszközök száma. A különböző fizioterápiás célok eléréséhez változatos programok és beállítási lehetőségek kombinációja járul hozzá. A hazai és külföldi kutatások egyaránt pozitív eredményekről számolnak be a konvencionális terápia mellett alkalmazott fejlett technológiás eszközzel végzett kezelésekről. Ezek közül az egyensúlyfejlesztés lehetőségeire szeretnék részletesebben kitérni.

A mozgások szabályozása bonyolult idegrendszeri működések eredménye, számos terület összehangolt működése szükséges hozzá. Ahhoz, hogy a pontos mechanizmusokat megértsük és a fokozatosság elvének megfelelő terápiát tudjunk összeállítani pár definíciót szeretnék ismertetni a teljesség igénye nélkül, amely az egyensúly szabályozásban szerepet játszik. Pollock és mtsai (2000) szerint poszturális kontrollnak nevezzük azt a cselekvést, amely az egyensúlyi állapot fenntartására, elérésére vagy helyreállítására irányul bármilyen testhelyzet vagy mozgás során. Shumway-Cook and Woollacott (2012) szerint két összetevőre bonthatjuk a fogalmat, amely magába foglalja a poszturális stabilitást és a poszturális orientációt. Míg az előbbi meghatározás a testtömegközéppont alátámasztási felület felett tartását foglalja magában, addig az utóbbi a testrészek egymáshoz, illetve a test és környezet viszonyának összerendezési képességét jelenti. Míg a poszturális kontroll nélkülözhetetlen a legtöbb feladat végrehajtásához, addig a stabilitási és az orientációs összetevők a feladatnak megfelelően változnak.

Az egyensúly fenntartására irányuló elmozdulások során alkalmazott speciális mozgási mintákat a központi idegrendszer szabályozza, amit számos tényező befolyásol, mint például a kibillentő erő iránya és nagysága. Statikus állóhelyzet megtartásakor boka és csípő stratégiát figyelhetünk meg, míg nagyobb külső erő esetén ez már nem elegendő, ilyenkor új alátámasztási felület létrehozásával kíséreljük meg az egyensúlyi állapot megőrzését. Ez utóbbit kilépési stratégiának nevezzük. Ezek a reakciók nélkülözhetetlenek a stabilitásunk megtartásához és az esések elkerüléséhez.

A robotterápiás kezelések során a pácienseket gyakran állítjuk olyan feladathelyzetek elé, amelyek ezeket a stratégiákat hivatottak gyakoroltatni – pl. a Tyrostation Tymo eszközén végezhetők anteroposterior (AP) vagy Mediolateralis (ML) irányba történő elmozdulások vagy C-Millen az állásban

kivitelezhető, vagy abból a helyzetből oldalirányú kilépéssel irányítható programok, melyek a súlyátvitelt gyakoroltatják és az egyensúlyt is fejlesztik. Ezen felül az Andagóban a páciens a terapeuta vezetése mellett szabadon gyakorolhatja a fentebb említett mintákat. Ez utóbbi két eszköz óriási előnye, hogy szükség esetén akár testsúlytámogatás is adható, így a pácienseknek nem kell az eséstől tartania, mert hevederek biztosítják és teljes figyelemmel az adott feladatra tudnak koncentrálni.

A korábban említett biomechanikai tényezők – mint az alátámasztási felület mérete, alakja és minősége – mellett a szenzoros információk szolgáltatják a poszturalis kontroll szervezéséhez leglényegesebb adatokat a környezetről és a test helyzetéről. Az imént említett bejövő információk, melyek a szomatoszenzoros, vizuális és vestibuláris rendszerből érkeznek, a központi idegrendszerben kerülnek feldolgozásra. Ahogy a környezeti tényezők változnak vagy ahogyan változtatjuk, úgy változik az egyes érzékszervekre való ráhagyatkozásunk. Horak (2006) vizsgálata szerint egészséges emberekben, jól megvilágított környezetben, szilárd talajon ez az arány 70%-ban a szomatoszenzoros, 10%-ban a vizuális és 20%-ban a vestibuláris rendszer információinak feldolgozása alapján történik. Abban az esetben, ha a vizsgálati alanyokat instabil felszínre állítjuk ez a felosztás a vizuális és a vestibuláris rendszer javára nő a szomatoszenzorossal szemben.

Továbbá, ha bármelyik rendszer sérül és kevesebb információ jut a központba - pl. egy polyneuropathia miatt -, korlátozott lehetőségek állnak a rendelkezésre az egyes inputokból származó információk súlyozásával kapcsolatban, nő az esés rizikója. Az életkor előrehaladtával is számolnunk kell a poszturalis kontroll romlásával, ami a szenzoros és motoros rendszer funkciócsökkenéséhez, valamint a kognitív képességek csökkenéséhez társulhat. Ezek a változások egyensúlyi helyzetben a poszturalis kilengés megnövekedését hozzák magukkal, ami növeli az esés valószínűségét.

2.1 Milyen esetben van szükség egyensúlyfejlesztésre?

Az egyes indikációk és kontraindikációk eszközönként eltérhetnek egymástól, így a kezelések megkezdése előtt mindenképpen ajánlott a felhasználói kézikönyv áttekintése az adott gépre vonatkozóan, azonban a teljesség igénye nélkül szeretnék ismertetni a következőkben olyan eltéréseket, amelyek felismerésekor gondolni kell a terápiás terv felállításakor az egyensúly fejlesztésére is. Mint korábban a bevezetőben is írtuk, nincs két egyforma beteg, sokszor azonos diagnózis esetén is más és más lehet a kórkép lefolyása, így az egyensúlyfejlesztő eszközökre vonatkozó ajánlásokat inkább funkcionális szempontból közelítenénk meg először, hiszen az eszköz

kiválasztásán túl a beállításokat is ennek -funkcionális károsodások- alapján fogjuk meghatározni.

A következőkben elsősorban neurológiai nézőpontból közelítjük meg az egyensúly megbomlásához vezető eltéréseket, de természetesen ezek az elvek egy ortopédiai eset kapcsán vagy bármely más területen is ugyanúgy alkalmazhatóak. Shumway-Cook and Woollacott (1995) több csoportba sorolta azokat a károsodásokat, melyek poszturális instabilitáshoz vezetnek. Először a musculoskeletal rendszer elváltozásaira térnénk ki. Ide soroljuk a neurológiai deficitből eredő, gyakran másodlagosan kialakuló rendellenességeket, melyek általában a legnagyobb korlátozó tényezői a normális poszturális funkcióknak. Például a boka mozgásterjedelmének vagy izomerejének a csökkenése egy álló helyzet során limitálhatja a páciens az egyensúly fenntartására irányuló mozgási stratégiáinak alkalmazását. Ezek alapján, viszont más orvosi területről indikációt jelenthet egy törés vagy műtéti beavatkozás után létrejött izomgyengeség vagy mozgásterjedelemcsökkenés is vagy olyan traumás sérülés, mely a csontrendszert vagy izomrendszert érinti. A terápia megkezdését mindig a páciens állapotához igazítjuk és orvosi utasítás alapján végezzük – pl. a terhelhetőség mértékének meghatározása.

A neuromuscularis rendszert érintő károsodások esetén gyakran találkozunk izomgyengeséggel és az izomtónus eltéréseivel, valamint koordinációs problémákkal. A test és a testszegmentumok egymáshoz viszonyított helyzete is megváltozhat az alátámasztási felület és gravitáció viszonylatában. Felső Motoneuron lézió (FMN) következtében gyakran látunk ilyen eltérést a testtartásban, mely ülő és álló helyzetben is megmutatkozik a testtömegközéppont áttolásával a nem hemiparetikus oldal felé. Ilyen esetben célszerű olyan eszközt választani, mely az ülőegyensúly fejlesztésére is alkalmas – pl. a Tyromotion Tymo eszköze vagy a Pablo felső vagy alsó végtagra helyezhető szenzoraival is végezhetünk törzs fejlesztését célzó gyakorlatokat- kezdetben, majd álló helyzetben akár hevederekkel biztosítva – szükség esetén testsúlytámogatás mellett - korrigálni a testtartást. A mozgás koordinálás eltéréseinél a megfelelő *timing* hiánya is jelentős problémát okozhat. Például, ha valamilyen okból késik az egyensúly visszaszerzésére irányuló motoros aktivitás, akkor késni fog a válaszreakció, ezáltal az egyensúlyi kilengés megnő és ezzel együtt nő az esés valószínűsége is. Neurológiai károsodás nélkül, egészséges emberekben feedforward (anticipációs) és feedback mechanizmusok kombinációja segíti a megfelelő mértékű erő generálását a poszturális stabilitás fenntartásához. A normál poszturális kontroll magába foglalja annak a képességét, hogy a változó feladatokhoz és környezeti feltételekhez igazítsuk a válaszreakcióinkat. Egy Parkinson-kóros páciens esetében gyakran észrevehetjük, hogy a járása apróléptűvé válik és olykor megtorpan egy-egy akadály pl. küszöb előtt vagy megspórolja az utolsó lépéseket egy székre történő leülés előtt és inkább törzsből dől és karral támaszkodik a szék ülőfelületére és úgy foglal helyet. Az egyes interaktív eszközökkel végzett terápiák során lehetőség nyílik biztonságos, hevederek által biztosított környezetben külső vizuális ingerek által irányított feladatok gyakorlására egyénre szabott sebesség mellett is. C-mill eszközön például beállítható az adott programon a lépés távolsága és szélessége is a futópád sebessége mellett.

A szenzoros információk nélkülözhetetlenek a normál poszturális kontroll fenntartásához, hiszen ahhoz, hogy tudjuk, mikor és mekkora erőt alkalmazzunk az egyensúly fenntartásához, a KPIR-nek pontos képre van szüksége

arról, hogy a test hol helyezkedik el a térben vagy éppen statikus, álló helyzetben vagy éppen mozgásban van. A szomatoszenzoros, vizuális vagy vesztibuláris rendszer közül, ha bármelyik sérül, szükséges az egyensúly fejlesztésére is figyelmet fordítani a terápia megtervezése során.

A fentebb részletezett eltérések alapján tehát indikációs területet képeznek: a neurológiai érintettséggel rendelkező páciensek – pl.: Sclerosis multiplex, stroke, Parkinson-kór, traumás agysérülés, cerebrális paresis, gerincvelősérülés, agydaganat, motoneuron betegségek (ALS), izomdisztrófia, porckorongsérv okozta bénulások tünetek, stb. –, illetve traumás sérülésen – pl. csonttörés utáni gyógyulási szakasz - vagy ortopédiai beavatkozásokon - amputáció, ízületi műtét vagy ízületpótlás - átesett betegek is.

2.2 Az interaktív egyensúlyfejlesztő eszközök és alsó végtagi robotos eszközök ellenjavallatai

A következőkben az egyes gépek kontraindikációit részletezzük, de fontos hangsúlyozni, hogy minden esetben a terapeuták feladata mérlegelni, hogy fennáll-e kontraindikáció, vagy nem.

Tymo

Abszolút ellenjavallatok:

- A hagyományos fájdalomterápia ellenére fellépő akut, kifejezett fájdalom tüneteinek
- Alkalmazhatóság és a páciens állapota: ne végezzen gyakorlatokat, ha a készülék nem beállítható a beteg fizikai állapotának megfelelően.
- Csökkent mértékű belátási képesség pl.: súlyos pszichotikus vagy neurotikus zavarokkal küzdő gyermekek, páciensek esetén
- nagyfokú ataxia
- előrehaladott csontritkulás – nagy törési kockázat
- töréseknél: ne végezzen tréninget nem megfelelően stabil vagy még nem konszolidált töréseknél

Relatív ellenjavallatok

- apraxia
- arthritis
- csökkent mértékű együttműködés, pl. kognitív károsodással küzdő gyermekeknél, pácienseknél
- konszolidált töréseknél
- epilepsziánál

- pacemaker és hasonló készülékek/ implantátumok megléténél: az egyes pacemakerek a külső hatásokra különbözően reagálnak. Ezért fontos a pacemaker adott típusára vonatkozó lényeges és esetleges veszélyes hatásokat megismerni. A pácienseket tájékoztatni kell, hogy a tápegység dugós csatlakozójához tartozó összekötő elemben mágnesek találhatók. A TYMO rendszer nem befolyásolja a pacemaker működését, ha a pacemaker és a készülék (illetve a pacemaker és a mágnesek) közötti távolság nem kevesebb mint 15 cm.
- fertőzéseknél
- ízületi problémáknál
- neglekt szindrómánál
- csonttrikulásnál
- ortosztatikus keringési zavarnál: fokozott szédülési kockázatnál
- fájdalomérzetnél, pl. komplex regionális fájdalom szindrómánál (CRPS)
- Érzékelési zavarokban szenvedő páciensek esetlegesen jelentkező fájdalomról nem számolnak be. A terapeuta fokozott figyelme feltétlen szükséges.
- Bőrproblémáknál: A tréning előtt és után figyelje meg a meglévő és a tréning alatt keletkező sebeket, zúzódásokat, duzzanatokat és/ vagy bőrfekélyeket, különösen a test készülékkel érintkező területén.

Andago

Kontraindikációk

- minden olyan esetben, amikor az overground tréning kontraindikált a csökkent csontsűrűség miatt
- 135 kg feletti testsúly vagy 2m feletti magasság biztonsági okokból
- nem konszolidált törések
- olyan állapot, amely az aktív rehabilitációt nem teszi lehetővé (pl. fertőzőes vagy gyulladásos állapot)
- minden olyan esetben, amikor nem lehet biztonságosan rögzíteni a hámokat az adott testrészen pl. terhesség vagy sztomazsák miatt; olyan bőrsérülés esetén, amit nem lehet kikerülni/megvédeni; bármely olyan ok, ami akadályozza a megfelelő, fájdalommentes felhelyezését a hámoknak (Andago felhasználói kézikönyv)

Relatív kontraindikációk

- arthroplastika (különösen a csípő esetében- ha a csípő kirotáció kontraindikált),
- térd és boka instabilitás, ami a testsúlytámogatás ellenére is veszélyt jelent,
- fejkontroll hiánya,
- ízületi kontraktúrát vagy RoM csökkenést okozó spazmus, ami nem oldható,
- Bőr sérülések, amelyek a hám lefutása mentén helyezkednek el,
- csökkent/kiesett érzés az alsó végtagok, törzs területén – különösen a fájdalomérzet,
- autonóm dysreflexia (AD) veszélye,
- közelmúltbeli epilepsziás roham az anamnézisben vagy annak fokozott rizikója,
- hosszan fennálló infúziós kezelés (pl. baclofen pumpa, vagy beültetett stimulátorok).

C-mill

Kontraindikációk

- súlyos kognitív vagy látás- és halláskárosodás,
- 135 kg feletti vagy 25 kg alatti testtömeg,
- a páciens 100 cm-nél alacsonyabb vagy 200 cm-nél magasabb,
- instabil gerinc vagy instabil törések esetén,
- extrém magas vérnyomásban, súlyos érrendszeri rendellenességekben,
- vagy szívelégtelenségben szenvedő betegek,
- a hevederrel való érintkezés területén bőrelváltozással vagy kötéssel rendelkező betegek ,
- valamilyen oknál fogva nem lehet megfelelően beállítani a hevedert pl. testalkat, terhesség, sztómazsák.
- A relatív kontraindikációk megegyeznek az Andagonál leírtakkal.

3 Az eszközös mérés lehetőségei

A páciens egyensúlyi állapotának pontos megítéléséhez lehetőség van az egyes eszközök saját beépített programját használni. Ezek a felmérések eszközönként eltérőek, előnyük viszont, hogy fix beállítások alapján, ugyanolyan környezeti feltételek mellett értékelik az egyes paramétereket, így amellet, hogy folyamatosan nyomon követhetjük a páciens állapotát, kutatásokhoz is felhasználható, számszerű adatokat szolgáltatnak. Az egyes eszközök terápiás alkalmazását a későbbiekben részletezzük, azonban itt szeretnénk bemutatni külön- külön a felméréseket, melyeknek pontosabb

beállítási és kiértékelési paraméterei az eszközök saját felhasználói kézikönyvében találhatóak.

Tymo

A felméréseknél 6 különböző vizsgálatot tudunk elvégezni különböző kondíciók, nehézségi fokozatok mellett pl. csukott vagy nyitott szemmel, illetve a deszkán vagy szivacson állva. Azoknál a pácienseknél, akiknél az álló helyzet nem kivitelezhető, a mérések többsége ülőhelyzetben is megvalósítható.

A Weight distribution felmérés a két alsó végtag közti súlyeloszlást észleli és értékeli ki százalékos arányban az elindítást követő első 5 másodperc alapján. A vizsgálati idő alatt a páciens fenntarthat egy álló helyzetet, de akár székről felállást is végezhet. A második mérés a deszkára kifejtett nyomást méri, 3 választható kiinduló helyzetben. Az erőmérés történhet éppúgy a felső végtagokkal, mint az alsó végtagokkal. A Posture teszt 3 különböző beállításban vizsgálja, hogy az egyén meddig képes megtartani az egyensúlyát a körökön belül. Amennyiben elhagyja azt, a vizsgálat automatikusan megáll, egyébként 20 másodperc a mért idő beállításonként. Az állást vizsgáljuk nyitott szemmel, majd ezt követően csukott szemmel és végezetül 1 lábon állva nyitott szemmel.

Az Active weight transfer a páciens aktív mozgásterjedelmét méri, azaz milyen messzire tudja eltolni a testtömegközéppontját a kör minden irányába. A kitérés mértékét az egyes irányokban is és átlagolva is százalékosan értékeli ki a program. Ez a mérés is végezhető ülésben, állásban, illetve tenyéren támaszkodva az asztalnál. A Pedometer funkció a vizsgálat során a megtett lépéseket és a másodpercenként megtett átlaglépésszámot méri.

Végezetül a Balance teszt bemutatása maradt. Az egyensúly pontos megítéléséhez pontosan be kell állítani a kiindulóhelyzetet a Tymora rajzolt jelek segítségével a láb méreteinek megfelelően, cipő nélkül, csípő széles terpeszben, szimmetrikusan a koordinátáknak megfelelően. Az eszköz pozícionálásával és a Center ikon megnyomásával a szenzorok által is rögzítjük a kiinduló helyzetet. Az első mérés alatt nyitott szemmel állunk, a második során csukott szemmel, majd megismételjük az 1., 2. csak szivacson állva. Minden mérés során 30 másodpercig tart, azonban, ha valaki túl nagy kompenzációs mozgást végez az adott feladat automatikusan megáll. A kapott adatok megmutatják a mérés időtartamát, a kilengés mértékét, a mérés alatt elért távolságot, kirajzolja a kilengési területet, a kilengés sebességét, súlyeloszlást is kimutatja, emellett frekvencia analízist is végez, valamint a szenzoros feedback körök megoszlását és a frekvenciaeloszlás alapján az egyensúlyszervezés centrális vagy reflexalapú súlyozását is kimutatja.

C-mill

A C-mill-ben is lehetőség nyílik több teszt elvégzésére a pontos egyensúlyi képesség megítélésére. Az eszköz használata során lehetőség van a páciens hevederekkel történő biztosítására, valamint adott a testsúlytámogatás lehetősége is, azonban ez utóbbi esetben a tesztek kiértékelése során számolnunk kell azzal, hogy a felfüggesztés a vizsgálat eredményét jelentősen befolyásolhatja. A készülék honlapján számos verziója megtalálható, más-más felmérésekkel, így azokra térnek ki, melyek a legtöbb verzióban megtalálhatóak.

Az állóhelyzetben végzett tesztek közül *Postural stability* a statikus egyensúlyt vizsgálja, a pontosabb kép érdekében minden mérést 2-szer kell elvégezni, melyek az alábbiak: nyitott szemmel állás (30 sec.), csukott szemmel állás (30 sec), tandem állás (10 sec), 1 lábon állás (10 sec). A gép az átlag CoP elmozdulási sebességét adja meg (cm/s). A másik végezhető felmérés a *Limits of stability*, mely a páciens dinamikus egyensúlyát vizsgálja 4 irányban. Az eredményeket cm^2 -ben kapjuk meg. A harmadik teszt kognitív, kettős feladathelyzet elé állítja az alanyokat és így méri a CoP elmozdulásának sebességét.

A járás vizsgálata során beállítjuk a páciens számára legmegfelelőbb sebességet és 2 percig kell folyamatosan, lehetőleg megszakítás nélkül gyalogolnia a futópadon. A gép érzékeli lépés hosszát, időtartamát és szélességét, valamint a támaszfázis hosszát és idejét, a talajreakciós erőt és a CoP elmozdulását. Ezen felül még itt is található 2 másik teszt, az egyik a járás adaptációját vizsgálja, a másik pedig kognitív kettős feladat helyzet elé állítja az alanyt.

Andago

Az Andago alsó végtagi robotterápiás eszköz nem tartalmaz beépített mérést. Amennyiben a terapeuta ezt a fejlesztési módot találja a legjobbnak páciense számára, úgy alkalmazhat hagyományos méréseket, illetve elvégezheti bármely másik eszköz beépített programján az egyensúlyi teszteket annak pontosabb megítélésére. Az interaktív eszközökkel végzett felmérések során a legtöbb eszköz lehetőséget nyújt a szemmel látható adatok rögzítésére és elmentésére.

4 Az egyes egyensúlyfejlesztő eszközök terápiás alkalmazása

Az egyes eszközök más és más programokat és beállítási módokat tartalmaznak. A kezelések minden esetben terapeuta felügyeletével történnek, és abban az esetben kezdhető el a kezelés, ha meggyőződünk arról, hogy nem áll fenn kontraindikáció lehetősége.

A terápiát mindig a páciens aktuális állapotához igazítjuk, ez különösen fontos a neurológiai betegek esetében, hiszen az ő esetükben gyakrabban látunk állapotváltozást akár egyik napról a másikra. A terápia elkezdéséhez megfelelő támpontot adhat a fentebb ismertetett felmérések elvégzése.

A kezelések során itt is meghatározó a fokozatosság elve, így a megfelelő eszköz kiválasztásakor fontos szempont például a törzsstabilitás megléte. Amennyiben fejlesztésre szorul, úgy érdemes első lépésben erre fordítani a figyelmet és olyan gépezetet választani, amely alkalmas erre a célra pl. a Tyromotion *Tymo* eszközén ülőhelyzetben végezni a terápiás feladatokat. A gyakorlatok nehezítése történhet az ülőfelület instabilabbá tételével pl. szivacs ráhelyezése a készülékre vagy felsővégtagi gyakorlatokkal. Egy másik lehetőség a törzs izmainak a fejlesztésére a *Pablo* szenzorainak csuklópánttal történő rögzítése a mellkason vagy felső végtagokon, majd az így felvett beállításokkal végezni egysíkú, illetve összetett programokat. Nehezítés szempontjából ezekkel az eszközökkel érdemes a külső mozgáspályán végezni a gyakorlatokat. Az ülőegyensúly fejlesztésére még számos eszközt találunk a világpiacon. Thijs és mtsai (2021) *T-Chair* eszközzel fejlesztették a páciensek ülőegyensúlyát és a 4 hetes tréning visszamérésekor pozitív változásokat tapasztaltak az alanyok törzsfunkcióiban, járás sebességében és egyensúlyi képességeikben.

Az állóegyensúly fejlesztésére még több fejlett technológián alapuló eszközt találunk és az egyes berendezések kombinálhatóak akár a hagyományos eszközökkel, akár más gyártók kiegészítőivel. A statikus egyensúly fejlesztése a korábban részletezett mozgási stratégiák miatt is rendkívül fontos, viszont nemcsak neurológiai páciensek körében figyelhetjük meg azt az eltérést, hogy elmarad a szimmetrikus terhelés, súlyeloszlás, hanem gyakran traumatológiai vagy ortopédiai eseteknél is. A fejlett technológián alapuló eszközökben lehetőség adódik a megváltozott *tartás* javítására, mind a terapeuta által adott korrekciók, mind a virtuális valóság által biztosított feedback alapján. A Tymo eszközön lehetőség van a látótérkieséssel, színtévesztéssel vagy neglekt szindrómával rendelkező páciensek számára a vizuális háttér változtatására pl. látott kép tükrözésére, vizuális effektek eltávolítására, fekete árnyalatok beállítására. Ezen felül a gyakorlatok a legegyszerűbb feladatoktól -pl. ülésben a talpak alá helyezve a Tymo és úgy súlyátvitel gyakorlása, vagy erő kifejtés mértékével

végzett játékok- a legnehezebbekig pl. kör alakú instabil felszín felhelyezése a talpára. Az alapszintű feladatoknál lehetőség van egy síkban fejleszteni a súlyátvitelt (előre-hátra vagy jobbra-balra), valamint az aktív mozgásterjedelem beállítása is történhet a páciens igényeinek megfelelően pl. csak véghelyzetben. Ezen felül a programok között található olyan is, mely alkalmas a gyors mozgások, gyorsabb reakciók fejlesztésére pl. íjász játék. Az összetettebb feladatokon túl, kognitív és dinamikus egyensúly fejlesztésére is lehetőséget nyújt az eszköz pl. steppadon Tymora fellépés. Az egyensúly fejleszthető alsó vagy felső végtagra szerelt szenzorokkal is pl. Tyromotion Pablo érzékelőivel. A fokozatosság elve itt is érvényesíthető álló helyzet kombinálható csak felső végtaggal végzett feladatokkal, de kérhetünk kilépést, egy lábon állva gyakorlatokat, állíthatjuk szivacsra a páciens, de akár bosura is végezhető a szenzorok elhelyezésétől függően. Egy szintén álló egyensúly javítására kifejlesztett eszköz a BEAR (balance exercise assist robot), ami a Tymohoz hasonlóan a CoP kitérését érzékeli a játékok irányításához, viszont lehetővé teszi a páciens biztosítását egy esetleges esés elkerülésére.

Az egyes overground trainingre alkalmas eszközökben is lehet egyensúlyfejlesztést végezni, azonban itt találunk olyan eszközöket, melyeket virtuális valósággal egészítettek ki pl. Robogait- ezek többnyire helyhez kötöttek, így gyakran futópaddal összekapcsoltak, illetve olyat is mely ezt mellőzve beltéren pl. folyosón, teremben használható – mint az Andago. Ez utóbbi eszköz ötvözi a robotasszisztált terápiát és konvencionális overground traininget. Az Andago dinamikus testsúlytámogatást nyújtó eszköz, ami azt jelenti, hogy a járás során a testsúlytámogatást az egyes járásfázisoknak megfelelően tartja fenn, minden pillanatban ugyanakkora súllyal. Az eszköz ideális választás azon páciensek számára, akik önerőből még képtelenek felállni, akár 2 terapeutát is igényelne a felállítás, azonban a testtömegtámogatásnak és a korlátoknak köszönhetően ez 1 fővel is megvalósítható, tehát funkcionális gyakorlatok kivitelezésére is maximálisan alkalmas pl. székből felállás. Álló helyzetben a már korábban Tymo-nál említett korrekciók itt is érvényesek, azonban ebben az eszközben a páciens hevederek által biztosítva van, így biztonság érzete van, míg a terapeuta mindkét kezével korrigálhat és segítheti a helyes testtartást beállítását és megtartását. Amennyiben a páciens képes az állóegyensúlyának a megtartására, úgy a korábban említett egyensúlyi reakciók (boka, csípő, kilépési stratégia) ebben az eszközben is kiválóan fejleszthetők. Ezen felül az állóhelyzetet nehezíthetjük steppadra vagy instabil felszínre fellépéssel. Az eszközben kérhetőek állóhelyzetben felsővégtag gyakorlatok, akár tandem állásban nyújtózások, végezhető járás előkészítése a járásfázisoknak megfelelően. A funkció

károsodáshoz adaptálva beállítható szimmetrikus testsúlytámogatás, vagy tehermentesíthető csak az egyik oldal is, ezzel segítve vagy a terapeuta döntése szerint pont nehezítve a járást. A járásfejlesztés közben is adhatóak különböző egyensúlyi gyakorlatok pl. instabil felszínre fel-, illetve lelépés, különböző szerekekkel – pl. bólya vagy szalaggal- kirakott pálya mentén. Ezen felül, az Andago lehetővé teszi a már jobb állapotú páciensek számára, hogy akár saját maguk irányítsák az eszközt – egy tetszőlegesen választott irányban PFM módban (patient following mode) vagy egy egyenes vonal mentén előre-hátra irányra korlátozva SLM beállításban (straight-line mode). Három különböző, választható sebességi fokozat segíti a páciensek állapotához igazítani a járástempót, a terapeuta által vezérelt módban az eszköz könnyen gyorsítható, szükség esetén azonnal megállítható. Az Andagóban is és a többi testsúlytámogatást nyújtó eszköznél is érvényes szabály, hogy a páciens nem szabad a teljes testtömeg 40%-ánál nagyobb mértékben tehermentesíteni, mert abban az esetben a tehermentesítés túlságosan megzavarja a járásmintát.

Az alsó végtagi interaktív eszközzel végzett terápiák sokoldalúan támogatják a páciensek fejlődését és a megfelelő ingerek adásán túl a motivációt növelik és a koncentrációt is fejlesztik. Egyes virtuális valósággal és futópaddal kombinált eszközök, mint a Zebrys és C-Mill, a statikus egyensúlyi feladatokon túl gyakoroltatják a megfelelő súlyátvitelt és az oldalirányú kilépést, amit a képernyőn jelzett vizuális feedback kísér. Ezen felül egy szemközti kamera bekapcsolásával adhatunk egy „tükröt” a páciens tényleges testtartásáról állás vagy járás közben. A C-Millben a futópadba helyezett szenzor biztosítja a pontos járásminta analízist, mely az elvégzett felmérés után rögtön megtekinthető. A dinamikus egyensúlyfejlesztését változatos, feladatspecifikus programok biztosítják, melyek hűen imitálják a hétköznapi szituációk váratlan történéseit is pl. random megjelenő kövek vagy akadályok átlépése, kikerülése, vagy egy hirtelen gyorsítás előre. Az esések elkerülésére páciensek biztonságérzetét a hevederek biztosítják.

Parkinson-kórral élő páciensek járását vizsgálva Gulcan és mtsai (2022) azt tapasztalták, hogy a tréninget követően megnőtt a vizsgálati alanyok lépéshossza és az audio-visual cue, valamint a VR technológia nyújtotta feedback mechanizmusok a gyakorlatokkal kombinálva hatékonyak segítik a motoros tanulást ennél a betegcsoportnál. Ez az eszköz a korábban ismertetett Andagoval szemben olyan páciensek kezelésére a leoptimálisabb, akik már FAC (Functional Ambulation Categories) 2 kategóriába esnek, sík talajon egy személy folyamatos, könnyű vagy intermittáló segítségével járnak. A páciensek akár a segédeszközt is magukkal vihetik a futópadra. A C-Millben lehetőség nyílik

testsúlytámogatás adására, azonban itt is fontos, hogy a páciens testtömegének 40%-ánál nem lehet nagyobb az adott testsúlytámogatás mértéke. A futópad érzékeny sebességbeállításának köszönhetően egyénre szabható legkényelmesebb választást is lehetővé teszi, azonban FAC 4 vagy az alatti kategóriába sorolt páciensek esetében kontraindikált a futósebesség alkalmazása.

4.1 A fejlett technológiás eszközök szerepe a tanulásban

A páciensek motoros tanulását az eszközök tudatosan megtervezett beállítási lehetőségei, programjai segítik. Kleim és Jones (2008) a tapasztalat útján történő tanuláshoz 10 alapelvet fogalmazott meg. Ezekből párat szeretnék kiemelni, melyek a fejlett technológián alapuló eszközök használata során a megszerzett ismeret hosszabb távú elsajátítását hivatott elősegíteni. Mint korábban említettem, egyes eszközökben lehetőség nyílik testsúlytámogatás adására is, így egyensúlyfejlesztésen túl állás és járásfejlesztésre is alkalmazhatóak. A tanulási folyamatok szempontjából ezek a lehetőségek óriási jelentőséggel bírnak, hiszen a „Use it or lose it” elv arra hívja fel a figyelmet, hogy a megszerzett képességek bizonyos agyi funkciók kihasználatlansága miatt funkcióvesztéshez vezethetnek. A második elv az elsőhöz kapcsolódik „Use it and improve it” azok az agyi funkciók és területek fognak fejlődni, amelyeket használunk.

A fejlett technológiás eszközök közül azok, amelyek virtuális valósággal vannak kiegészítve egy folyamatos feedback-et szolgáltatnak- akár a játékok irányításával a test helyzetéről CoP elmozdulása által (pl. Tymo, C-Mill) vagy akár futópadra kivetített jelek és beépített szenzorok által – pl. a lábfej pontos helyzetének behatárolása, akadály pontos átlépése (C-Mill). A vizuális feedback-en túl a megfelelő külső ingerek adásának vagy úgynevezett „visual cue”-nak mozgásszervezés szempontjából is fontos szerepe van. Egy összefoglaló tanulmány szerint a biofeedback-en alapozott egyensúlyfejlesztő tréning idős alanyok esetében hatékonynak bizonyult, mivel csökkent a páciensek poszturális kilengése, jobb súlyátvitelt eredményezett, és több pontot értek el a Berg Balance tesztben. Emellett egyes eszközök hangingerekkel is jelzik a helyes feladatteljesítést, úgynevezett külső „auditory cue”-t adva megerősítésként. A különféle külső ingerek adása a VR technológia segítségével hatékonynak bizonyult Parkinson-kórral élő páciensek egyensúly- és járásfejlesztésére, mivel szignifikánsan jobb eredményt mutattak, mint a hagyományos terápiában részesülők.

A fentebb említett motoros tanulási elvekből még az ismétlés és az intenzitás fontosságát szeretném

kiemelni. Az interaktív terápia programjai lehetővé teszik a nagy számú ismétlést és a variáció lehetőségét, ami tovább segíti a tanulási folyamatot. Ezen felül a programok változatossága és pontos beállítási lehetőségei segítik a figyelem és a motiváció fenntartását.

A virtuális valóságban végzett terápia a motoros tanulást a „transference” és az „interference” elvek alapján is támogatja. A foglalkozás alatt megszerzett ismeretek serkentik a hasonló tapasztalatok elsajátítását, ezáltal könnyebb lesz a többi feladat megfelelő megértése és elvégzése, valamint a megszerzett tapasztalatok elősegítik más új képességek elsajátítását. A virtuális valóságban biztonságos környezetben mindig kis változtatással, nehezítéssel begyakorolt, elsajátított mozdulatok a hétköznapi környezetre könnyebben adaptálhatóbbak, előhívhatóbbak lesznek.

5 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. 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 az eszköz felhelyezését, és ebben gyakorlatot kell szerezniük, de kezdetben még hosszabb 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.

- 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.
- 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 alkatahoz, 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 terapia. A kontraindikációk azonosítása fontos része a kezelési terv kialakításának, és elősegíti a páciens biztonságának valamint a terapia 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 terapia 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. Az idősebb betegek nem mindig nyitottak és vannak olyan páciensek 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 technológiák használatától, mások lelkesek lehetnek. Mindkettő esetében fontos helyén kezelni ezt a terápiás lehetőséget és ezt a beteg számára is közérthetően kell elmagyarázni, megértetni. 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 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.

6 Karbantartás:

Az eszközök karbantartását és biztonsági vizsgálatát a gyártó vagy a gyártó által jóváhagyott szervíztechnikusnak kell elvégeznie. A legtöbb szoftver előre tudja 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!

7 Felhasznált és javasolt irodalom

Andago felhasználói kézikönyv

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>

C-Mill felhasználói kézikönyv

C-Mill Testsúlytámogatás – Klinikai útmutató

Fay, B. Horak (2006): *Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls?* Age and Ageing, 35 Suppl 2:ii7-ii11.

Feng, H., Li, C., Liu, J., Wang, L., Ma, J., Li, G., Gan, L., Shang, X., Wu, Z. (2019): *Virtual Reality Rehabilitation Versus Conventional Physical Therapy for Improving Balance and Gait in Parkinson's Disease Patients*. Medical Science Monitor: International Medical Journal of experimental and clinical research, 5:25:4186-4192.

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.

Gulcan, K., Guclu-Gunduz, A., Yasar, E., Ar, U., Karadag, Y. S., Saygili, F. (2022): *The effects of augmented and virtual reality gait training on balance and gait in patients with Parkinson's disease*. Acta Neurologica Belgica, 123(5):1917-1925.

Kleim, J. A., Jones, T. A. (2008): *Principles of experience-dependent neural plasticity: implications for rehabilitation after brain damage*. Journal of Speech, Language, and hearing research, 51(1):S225-39.

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>

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>

Marks, D., Schweinfurter, R., Dewor, A., Huster, T., Paredes, L. P., Zutter, D., Möller, J. C. (2019): The Andago for overground gait training in patients with gait disorders after stroke. *Physiotherapy Research and Reports*, 2:1-8

Papegaaij, S., Morang, F., Steenbrink, F. (2017): *Virtual and augmented reality based balance and gait training*. White paper

Pollock, A. S., Durward, B. R., Rowe, P. J., Paul, J. P. (2000): *What is balance?* *Clinical Rehabilitation*, 14(4):402-6.

Prado, J. M., Stoffregen, T. A., Duarte, M. (2007): *Postural sway during dual tasks in young and elderly adults*. *Gerontology*, 53(5):274-81.

Shumway-Cook, A., Woollacott, M., (1995): *Motor Control: Theory and Practical Application*. Wolters Kluwer, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia

Shumway-Cook, A., Woollacott, M., (2012): *Motor control: Translating research into clinical practice*. Wolters Kluwer, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia

Thijs, L., Voets, E., Wiskerke, E., Nauwelaerts, T., Arys, Y., Haspeslagh, H., Kool, J., Bischof, P., Bauer, C., Lemmens, R., Baumgartner, D., Verheyden, G. (2021): *Technology-supported sitting balance*

therapy versus usual care in the chronic stage after stroke. Journal of Neuroengineering and Rehabilitation, 28;18(1):120.

Tymo felhasználói kézikönyv

Williams, H. G., McClenaghan, B. A., Dickerson, J. (1995): *Spectral characteristics of postural control in elderly individuals*. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 78(7):737-744.

Zijlstra, A., Mancini, M., Chiari, L., Zijlstra, W. (2010): *Biofeedback for training balance and mobility tasks in older populations*. Journal of Neuroengineering and Rehabilitation, 9:7:58.

8 Képmelléklet



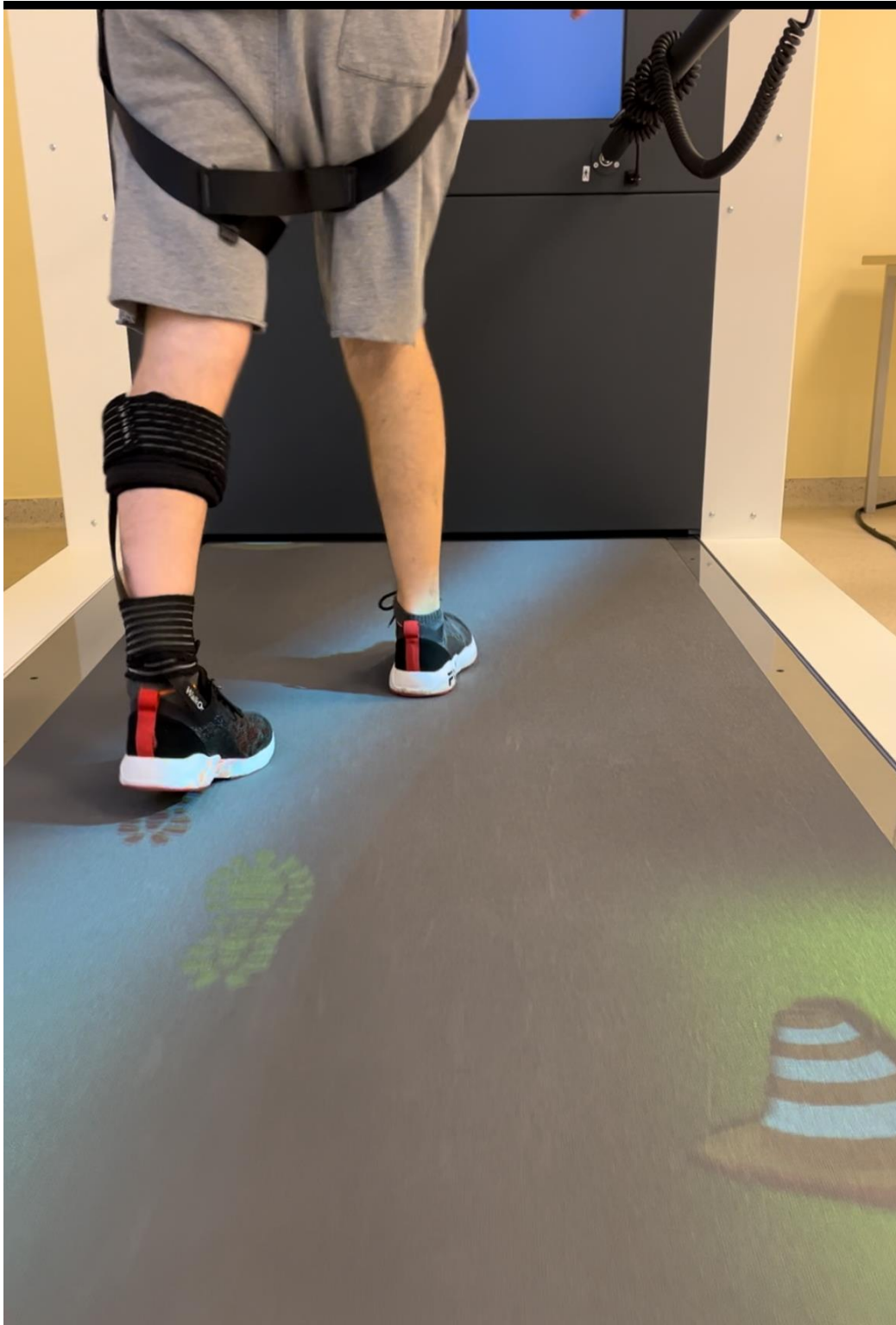
1. ábra: egyensúlyfejlesztés Andago eszközzel



2. ábra: egyensúlyfejlesztés Andago eszközzel



3. ábra: egyensúlyfejlesztés C-Mill eszközzel



4. ábra: egyensúlyfejlesztés C-Mill eszközzel



2. ábra: Tyromotion - Tymo