

ÚSZÁSHANGSÚLYOS SPORTTERÁPIA HATÁSA GERINCVELŐ SÉRÜLÉS ESETÉN

– ESETTANULMÁNY –

I. BEVEZETÉS

A dolgozatban egy napjainkban sokakat érintő, életvitelt átformáló sérülés következményeit és abból való felépülés lehetőségeit szeretnénk bemutatni, nem hagyományos rehabilitációs környezetben és rendszerben, valamint edző-sportoló attitűddel, hozzáállással és célrendszerrel.

A dolgozatban egy 2022 nyarán történt siklóernyős balesetet követő otthoni rehabilitációs folyamatot mutat be alternatív környezetben, melynek keretrendszere egy hagyományos éves három makrociklusos edzésterv. Ötvözve az úszás adta lehetőségeket a járás-tanulás (újratanulás) kihívásaival a csecsemő- és korai gyermekkor mozgásfejlődésének szakaszainak tanulásával, mely a mozgásanyag alapja. Mozgásfejlődési szempontból a motoros fejlesztés, illetve annak megítélése Bayley (1969) skálája alapján történt. A skála szempontrendszere tükrében a (járás) a gyakorlatok mozgáskészlete a 12 hónap terápia alatt a 6 hónapos csecsemőtől a 2 éves kisgyermek mozgáskészségeihez kívánta eljuttatni a résztvevőt, az elvesztett mozgások helyreállítására irányuló edzéssel, mely elősegíti a további motoros fejlődést (Kleim 2009). Ismert, hogy a neuromuszkuláris kontroll visszanyerésének, helyreállításának alappillérei a dinamikus és statikus stabilitás, kinesztézia és propiocepció (Sziliné Hangai és Gerencsér 2005; Somogyiné Kuti 2014), valamint a statikus helyzet megtartása szükséges annak érdekében, hogy a térben megfelelően helyezzük el testünket. A perifériás idegrendszernek a reflexívei és a központi idegrendszer feed-forward (előre csatolás) mechanizmusa felelős az egyensúlyért (Behm et al. 2006). Az egyensúlyozás képességének feltétele más (sport)mozgástól eltérően nem függ az erőtől, rugalmasságtól, gyorsaságtól, de számos megoldás létezik ennek fejlesztésére. Míg a dinamikus stabilitás azt a célt szolgálja, hogy a mozgás amplitúdóját, azaz nagyságát és mozgás irányítását ingereljük, a poszturális kontroll, azaz tartási szabályozás egy igen összetett rendszer, amely rengeteg bejövő információt kap a vizuális, szomatoszenzoros és vestibuláris rendszerekből. Ez a komplex rendszer szükséges ahhoz, hogy egy adott mozgást vagy testhelyzetet elhelyezzünk megfelelően a térben (Sziliné Hangai és Gerencsér 2005).

A víz, mint könnyítő – Archimédész törvénye – közeg óriási mozgásszabadságot biztosít és ezáltal hozzájárul a gravitáció ellenében (szinte) kivitelezhetetlen minták begyakorlásához. Az úszás a ritmus, differenciáló, egyensúlyozó, téri tájékozódó és átállító koordinációs

képességeket rendkívüli módon fejleszti (Hirtz et al. 2004). A víz egy jóval sűrűbb közeg a levegőnél, így állandó taktilis ingerlést vált ki, ezenkívül rendkívül biztonságos „tér” a közegellenállás miatt, így elmondható, hogy az elesésből származó sérülések kockázata minimális. Míg a „szárazföldön” az érintett gerinc terhelését rendkívül fontos kontrollálni, magas az izom-, ín-, és ízületi sérülés kockázata, addig a vízben rengeteg lehetőség van a korrigálásra és önkorrigálásra is. A közegellenállás másik nagy előnye – mint nevéből is kiderül: „ellenáll” – hogy könnyebben lehet izomerőt és mozgástartományt fejleszteni, csekély ízületi terhelés mellett. A hidrosztatikai nyomás és a felhajtó erő következtében nem csak könnyebb a mozgás, de a testet folyamatosan ki is billenti az egyensúlyi helyzetéből, így a téri tájékozódás, koordináció, propiocepció rendkívül jól fejleszthető, mely az idegrendszeri rehabilitációt nagymértékben elősegíti (Sziliné Hangai és Gerencsér 2005; Somogyiné Kuti 2014). A sérülés következményeként fellépő fokozott izomtónus lazítására is megfelelő a közeg, továbbá rendkívül pozitív a lélektani hatása a „mozgás szabadsága” érzés előidézésével.

I.1 AZ ESET(T) – ÁLLAPOT

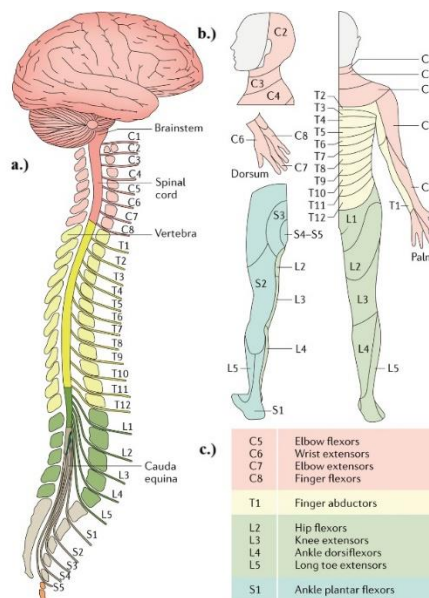
Esettanulmányunk alanya 2022. július 17-én siklóernyővel balesetet szenvedett, oktatóként a csoportot vezetve, a felszállást követően közvetlenül ernyője összezsugorlott és a Csobánc hegynél csapódott. Balesetben eltört az összes bordája, tüdeje kilukadt (haemoPTX), ágyéki csigolyái eltörték, az LII-es csigolya szétrobbant (instabil burst törés), itt a csontfragmentumok eltávolításra kerültek, a gerincvelő sérült. Hamar megműtötték Győrben, a műtét sikeresnek bizonyult. Dura decompressio, Expedium rendszerrel a ThXII-LIV-ig hátsó stabilizálás történt. E. coli sebfertőzés miatt újabb feltárás és tisztítás történt, ezt követően a lábadozás zökkenőmentesen zajlott.

Augusztus 29-én az Országos Mozgásszervi Intézet OORI-Gerincvelősérültek Rehabilitációs Osztályára került, komplex rehabilitáció céljából. Osztályos-, tornatermi-, sport-, hydro-, és robotterápiás foglalkozások során izomereje és kondíciója javult, adaptált környezetben a kerekesszék használatának elsajátításával önellátóvá vált, így 2022. december 21-én végleg otthonába bocsájtották. Kerekesszékes betegként, terápiás állás- járáshoz mindkét oldali négykörsínes járógéppel (Pinocchio-láb) látták el, petyhüdt paraplegia diagnózissal.

I.2 A SÉRÜLÉS MEGHATÁROZÁSA

A traumás gerincvelő sérülés (Spinal Cord Injury a továbbiakban SCI) következtében az agyból kiinduló információ, ami az idegsejtek segítségével az izmokhoz jut, egyszerűen nem tud megérkezni. Az idegi pálya megszakad, az elektromos jel nem érkezik meg a végrehajtó

szervhez, az izomhoz, ezért nem jön létre az akaratlagos izomkontrakció, relaxáció, azaz a mozgás. A gerincvelő-sérülés a motoros, vegetatív és érző funkciók kiesésével járhat (1. ábra). A sérülés magassága és típusa határozza meg a bénulás mértékét és a különböző izmok és izomcsoportok érintettségét. Megkülönböztetünk teljes vagy részleges bénulást, illetve a végtagok érintettségétől függően paraplégiát (alsó végtagot érinti a bénulás) és tetraplégiát (alsó és felső végtagot is érinti a bénulás) (Ahuja et al. 2017).



1. ábra: (a): A csigolyák (7 nyaki (cervicalis), 12 háti (thoracalis) 5 ágyéki (lumbalis) és 5 keresztcsonti (sacralis)) és a kilépő idegek. Az első nyaki ideg a C1-es csigolya fölött, a C8-as pedig a C7 és Th1 csigolya között, majd a további idegek a megfelelő csigolya alatt lépnek ki. Dermatómák (b) és az izomcsoportokat (c) specifikus beidegző idegek (Ahuja et al., 2017)

II. PROBLÉMAFELVETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

Évente fél millió új gerincvelő sérüléssel esetet regisztrálnak a világon, ennek nagyon nagy része traumás sérülés, amik közül a leggyakoribb a közúti baleset, illetve a magas helyről történő leesés illetve a testi erőszak. A férfi sérültek (79,8%) aránya jóval nagyobb, mint a nőké (Chen et al. 2016). A legmagasabb számban pedig a 20 és 40 év közöttiek körében jellemző (Ackery et al. 2004). Az ellátás minőségének javulása magasabb túlélési arányt és az inkomplett SCI-vel rendelkező személyek számának relatív növekedését eredményezte (Liverman et al. 2005, Wyndaele and Wyndaele 2006). Jelenleg az SCI-ben szenvedők átlagos várható élettartama, amelyet a sérülés után 38 évre becsültek, és az egyének 40% -a 40 évig vagy annál hosszabb ideig él (McColl et al. 1997). A mobilitás helyreállítása, amely magában foglalja a járási funkció helyreállítását is, várhatóan javítja a mindennapi élet és az életminőség teljesítményét is. A csökkent járási képesség az egyik olyan következmény, amellyel az SCI-ben szenvedők a legnehezebben élnek együtt (Brown-Triolo et al. 2002,

Widerstrom-Noga et al. 1999). Mindezek alapján szükségesek olyan rehabilitációs programok kidolgozása, melyek könnyen hozzáférhetők és minőségi javulást érnek el hosszú távon, támogatva a sérülést követő minél teljesebb élet esélyét. **Az esettanulmány célja vizsgálni az úszás hangsúlyos sportterápiás program pozitív hatásait gerincvelő sérülés esetén, valamint a terápia szélesebb populációra való kiterjesztésének lehetőségét.**

III. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

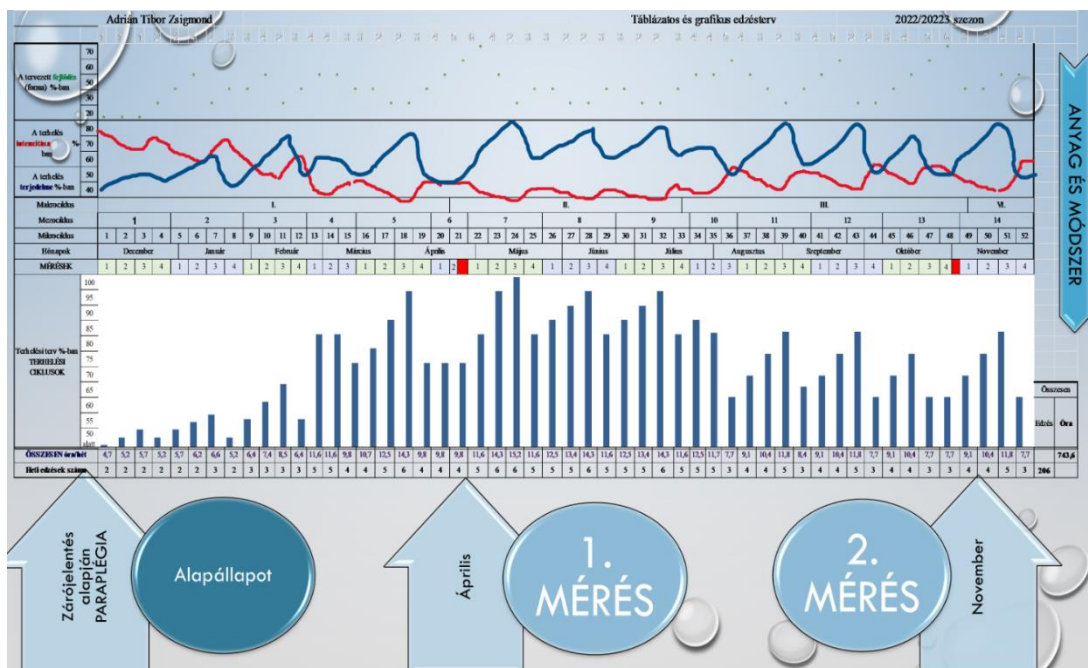
III.1 EDZÉS – SPORTTERÁPIA

A járás helyreállítása és a kapcsolódó funkciók, mint például az egyensúly és a mobilitás fontos prioritások a gerincvelő-sérülésben (SCI) szenvedők számára (Kirshblum et al. 2007; Ditunno et al. 2008). A járás és funkciójának a helyreállítása lehetséges néhány, részleges SCI-vel rendelkező személynél (Burns et al. 2012). A rehabilitáció központi paradigmája a feladatspecifikus tréning, amelynek célja egy azonosított és kívánt funkció helyreállítása (Van Kammen et al. 2014).

A sportterápia a sport elemeit, sportági sajátosságokat és edzésmódszertanát használja fel a rehabilitációban, valamint postrehabilitációban egyaránt (Laczkó Magyar 2008; Koroknai et al., 2003; Huszár et al., 2000; Koroknai 2007). A sportterápia széles körben alkalmazható eljárás, a sportmozgás során figyelmet tudunk fordítani a megváltozott képességű, fogyatékkal élő személyek speciális igényeire, ez az úgynevezett „adaptált fizikai aktivitás” vagy más néven „adaptált sport” (Gombás 2011). A sport ebben az esetben inkább eszköz nem pedig cél, nem azonos a gyógytornával, nem helyette végezzük, a kettő egymást elősegítő tevékenység (Czeglédy 2000).

III.2 ÉVES EDZÉSTERV (A TERHELÉS ÖSSZETEVŐI)

Az edzésterhelés szabályozása, illetve a hatékonyság növelése érdekében – edzéselméleti megközelítésben – periodizáció szükséges, melyet hagyományos grafikai edzésterv formájában a (2. ábra) is rögzítettünk, ami a sportterápia keretrendszereként szolgált.



2. ábra: Az egész éves ciklus felépítése (Nádori,1986) és Az éves felkészülési terv (Harsányi, 2000 alapján saját szerk.).

III.3 EDZÉSEK ÖSSZETEVŐI

Edzésnap szerint: A napi tréningeket mindig három azonos blokkra osztottuk. Az első a sportmedencében (bemelegítés), a második a tanmedencében (járástréning) a harmadik pedig ismét a sportmedencében (úszóedzés, levezetés, nyújtás) zajlottak. A gyakorlatok kivitelezése és végrehajtása és a helyszínek sorrendisége mindig ugyanazon metódus szerint zajlottak - a nagymozgások felől az egyre finomabb mozgások végrehajtása felé -.

1. Az edzések mindig a rávezető, bemelegítő, illetve átmozgató feladatok helyzet-, és helyváltoztató mozgások mélyvízben, kardiorespiratorikus rendszer felkészítésével kezdődött; vízbe ereszkedést követően gimnasztikai feladatokat követte a gerincoszlop tehermentesített mozgatása, kontraktúrák feloldása, csavaró (rotáló) mozgásokkal, ez a porckorong terhelése nélkül tudott létrejönni a vízszintes testhelyzet miatt. A bemelegítés során is a gyakorlatok olyan összeállításban szerepeltek, hogy sok volt benne a ciklikus-aszimmetrikus és szimmetrikus mozgás, ritmikus motoros mintázattal (a járáshoz is szükséges idegrendszeri aktivitás), valamint az inverz pozíciós gyakorlatok (téri tájékozódás progresszív fejlesztése).

2. A bemelegítést követően a vízi járás-imitációs gyakorlatok végrehajtása következett, mely tanmedencében 90-120 cm-ig mélyülő langyos (~31 °C) közegben valósult meg. A mélyülő medence kifejezetten járás-utánzó gyakorlatok kivitelezését tette lehetővé, helyben, illetve

haladó mozgásban is, melyek célzottan hozzájárulnak az izomfűző erősítéséhez, illetve a végtagok funkcionális izmainak a fejlődéséhez. Fő feladatok, a lépéshossz kialakítására, illetve szabályozására, ritmus gyakorlásra, tartás-, és esések gyakorlására, irány-, és lépésszélesség újratanulására irányultak. A helyváltoztató gyakorlatok – futó-, ugróiskola mintájára, lépő-, járóiskola gyakorlatok megfelelő kombinációiban lettek összeállítva. Különösen ügyeltünk a mozdulat kivitelezésekor a kompenzációs tartáshibákra, azok megfelelő javítására. A kismencedében a gyakorlatok folyamatos biztosítása és a korrekció szoros közreműködést igényelt.

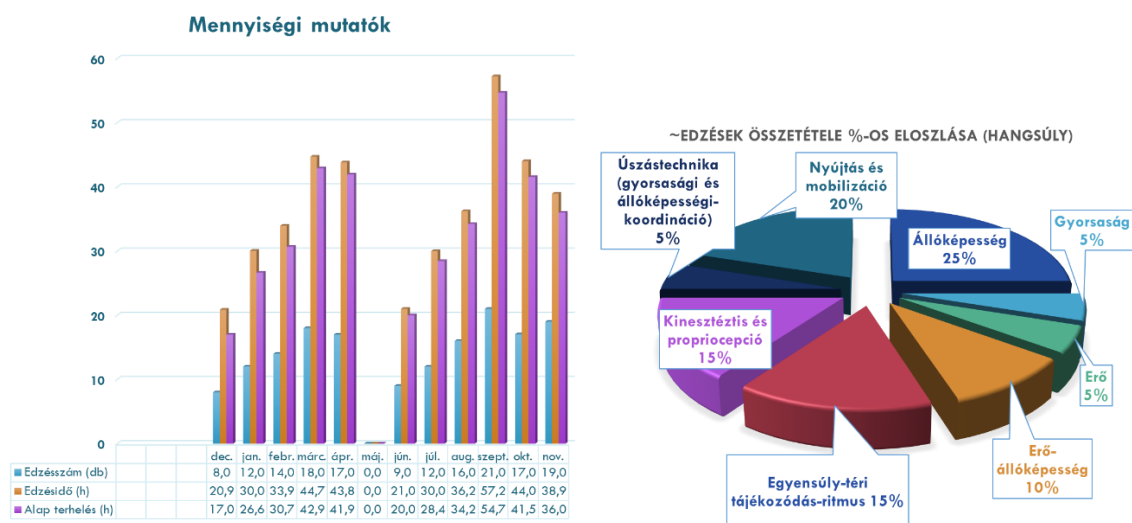
3. Sportmedence (50m, 2-2,5m mély) ami a tréningeknek az úszógyakorlatok, úszóedzések színtere, melyek a „hagyományos” úszóedzésekre sokkal jobban hasonlító mozgásforma gyakorlását tette lehetővé. A nagymencedés feladatok előfeltétele az úszástudás, megfelelő vízbiztonság megléte, ettől függetlenül a biztonságérzet növeléséhez – amennyiben ez szükséges - rendelkezésre álltak különböző felszerelések is (polifoam úszó-öv, bója, deszka, gyűrű, „kukac”). Az első időszakra kizárólag a stady-sate típusú edzésekre jellemző alap, alacsony intenzitáson végrehajtott, hosszabb részfeladatokkal tűzdelt (a különböző gyakorlatok, technikai elemek és változatok között nincs pihenő, az egész egy egybefüggő úzás) szakaszok voltak a jellemzőek. A tréningek végén a levezetés és nyújtás (különös tekintettel az alsó végtagi kontraktúrákra), elmaradhatatlan része volt az edzéseknek.

Heti beosztás (mikrociklus) szerint: a fő részt, - mint változó - hetente kétszer (nem egymást követő napon) állóképesség fejlesztésére irányuló edzés adta, a másik 2-3 alkalommal pedig úzás-, illetve járó mozgásra fókuszáló technikai feladatokból állt (3. ábra).

Mezociklus szerint: a kondicionális képességek fejlesztését 3+1 hetes terhelési ciklusban határoztuk meg. Az edzés összetevők változtatásával, a heti (edzés)terhelés növelésével és a 4. héten a terhelés „kikönnyítésével” haladtunk előre.

Makrociklus szerint: az évet összesen három négyhónapos + egy levezető időszakra osztottuk fel. Az első egy hosszú alapozó időszak volt, melyet az első mérés követett, majd egy intenzívebb vegyes formába-hozó, majd a célorientált, azaz a funkcionális járást segítő időszak („versenyidőszak”) következett, amit a (vissza)mérés, végül egy átmeneti időszak

követett, melyben a további célok kerültek meghatározásra (3 ábra).



3. ábra: A terhelés összetevői, átlagosan az edzések %-os eloszlása (edzésterv és napló alapján – saját szerk.)

1. Makrociklus a program kezdetétől az első mérésig – alapozó időszak: az edzés, mint rendszer bevezetése a terápia segítségével. Hétről hétre új „apró” célok kerültek kitűzése az elért eredmények (teljesítmény) mentén. Túlsúlyban voltak az úszáshangsúlyos sportfoglalkozások, melyek az antigravitációs közeg előnyeinek kihasználásával a mozgás szabadságának felismerésére a sportmozgás jelentőségének tudatosítására irányultak. Fő célkitűzés: térd-ortézis (4 körsínes rögzítő „Pinocchio” láb) és mankó nélküli állás nyújtott térd ízülettel, 2 perces időtartamban. Ezen időszak végére terveztük az első mérést, melyre 2023. áprilisban került sor.

2. Makrociklus – célok megvalósítása (2023 április- július): a sportmozgás repertoár bővítése - a mérési eredményekhez igazítva -, multiszenzoros kondicionálás, valamint az aránytalanságok kiküszöbölése volt a cél. Bevezetésre kerültek a gravitációs közegben történő foglalkozások (kondicionálótermi edzés) is. Hangsúlyos maradt a koordináció és egyensúly, valamint az erő-, és gyorsasági állóképesség fejlesztése, azonban továbbra is a hosszú távú állóképesség volt a fő fejlesztendő terület, melyek a hagyományos úszóedzés típusú foglalkozásokon keresztül valósultak meg, a statikus és dinamikus izomerő fejlesztése (erőnléti, konditermi edzés, illetve gyógytorna), aránytalanságok csökkentése mellett. Fő célkitűzésünk volt erre az időszakra: naponta egy alkalommal (az edzéseken kívül) kerekesszék-nélküli tevékenység (séta rolátorral/bottal) végzése ~30 perc -1 óra időtartamban.

3. Makrociklus (2023 július- október): itt a hangsúly az úszáson, mint sportmozgáson volt az ülő tevékenységek minimalizálása mellett. Célként lett meghatározva a betegség

(influenza) utáni állóképesség újraépítése, valamint a valós mozgások (járás), rávezető gyakorlatok, (gyalogló,- szökdelő,- járó-futósík) beépítése gravitációs közegben történő alkalmazása is. Fő célunk a mindennapi tevékenységek kerekesszék elhagyásával, rolátor és bot használata, valamint a kontraktúrák megelőzése volt.

A 4. levezető makrociklus: a tervekben meghatározottak szerinti felépítése közel azonos volt az előző időszakkal. A visszamérést követően a következő évi célok meghatározása lett a fő fókusz. Definiáltuk a további úszóedzések folytatását, menetét, az elmúlt egy év tapasztalatainak felhasználásával. További realizálható célokat tűztünk ki, melyek eléréséhez szükséges programot a következő évi edzéstervben rögzítettük.

III.4 MÉRÉSEK

A Hévízgyógyfürdő és Szent András Reumakórház Mozgásanalizáló Laboratóriumában Kinezio-Lab-ban, a labor gyógytornász munkatársának felügyeletével és irányításával a következő méréseket (1. mérés: 2023. április; valamint 2. mérés: 2023 november) végeztük:

III.4.1 IZOMETRIA, MAXIMÁLIS ERŐ (DIERS Myoline rendszerrel)

DIERS myoline egy testtartással kapcsolatos összes izomerő-paraméter rögzítésére és dokumentálására alkalmas rendszer (<https://diers.eu/en/products/muscle-strength-measurement/diers-myoline/>). **A mérés fő célja az izomegyensúly (arányok) feltérképezése volt.** A mérések statikus testhelyzetben (ülő pozícióban) történtek (4. ábra), izometriás izomkontrakció során. Az összehúzódást legalább három másodpercig a gép által jelzett sípszótól az újabb jelzésig kellett tartani. A gép beállítása a megfelelő protokoll szerint történt, ezt követően, az alany, izometriásan, azaz ízületi elmozdulás nélkül, statikusan feszítette meg az adott izomcsoportot. A kapott adatokból végeztük a kiértékelést, valamint feltérképeztük az aránytalanságokat.

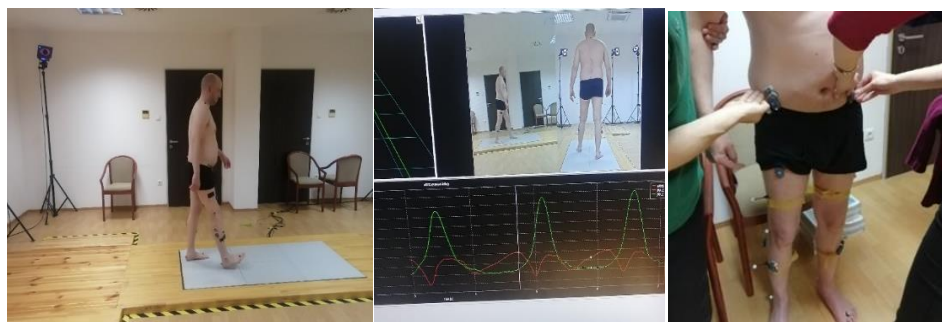


4. ábra: izometriai mérésre szolgáló berendezés, mérés közben (saját szerk.).

Alsó végtagon közelítő (add.) és távolító (abd.), feszítő (ext.) és hajlító (flex.) funkciókat ellátó izomcsoportok mérése történt, valamint a törzsön a törzs hajlításáért, feszítéséért, illetve forgatásáért felelős izomcsoportok erejét rögzítettük. A funkciók szerinti összehasonlítást kifejezetten az izomcsoportok egymáshoz viszonyított arányának felderítésére, a további edzések/terápia terhelési összetevőinek meghatározása érdekében végeztük.

III.4.2 *SZENZOROS JÁRÁSELEMZÉS (BTS Motion Capture) és FELÜLETI EMG (BTS FREEEMG1000)*

A BTS Smart-E járásanalizátor a kinematikus járásparaméterek kvantitatív mérését teszi lehetővé. Néhány olyan térbeli-időbeli és ízületi szög paraméter bemutatását választottuk, amelyek könnyen meghatározhatók a járási ciklus során. BTS Smart-E (BTS Bioengineering, Milánó, Olaszország) mozgáselemző rendszert (MAS) használtunk a kinematikai és mozgásdinamikai mérések rögzítésére. A rendszer tartalma: 6 db digitális infravörös kamera, 120 Hz-es mintavételi frekvencián, két NetworkCam AXIS 210A látható tartományú kamera 20 Hz-es frekvencián volt. A BTS MAS által használt Helen Hayes modell (Davis et al. 1991 és Tabakin et al. 2000) alapján fotoreflexív markereket helyeztünk az alany testére. A markereket kétoldalas ragasztószalaggal rögzítettük a szigorúan meghatározott pontokra. Az adatokat USB/PC vezérlő segítségével gyűjtöttük össze, és a BTS Smart Analyzerben elemeztük (5. ábra). A BTS-FreEMG (BTS-FREEEMG1000; BTS Bioengineering, Milánó, Olaszország) csatornánkén 1000 Hz-es mintavételezési frekvenciával beállítva. Öntapadó felületi elektródákat használtunk (5. ábra), és az elektródák közötti távolság, az elektródák elhelyezési eljárása és a bőr előkészítése a szabványos felületi elektromiográfiát követte. Az eszköz (eljárás) hatékonyan értékelheti és nyomon követheti az egyének izomzatának állapotát a gyakorlatok során, emellett jó a hozzáférhetősége és non-invazív, nem úgy, mint a hagyományos sEMG eszközök (Myung et al. 2018). A felületi elektródákat SENIAM ajánlás alapján (Hermens et al. 1999) a rectus femoris (RF), a tibialis anterior (TA), a gastrocnemius lateralis izmokra került felhelyezésre.



5. ábra: Járásvizsgálat közben és EMG felületi elektródák felhelyezése (saját szerk).

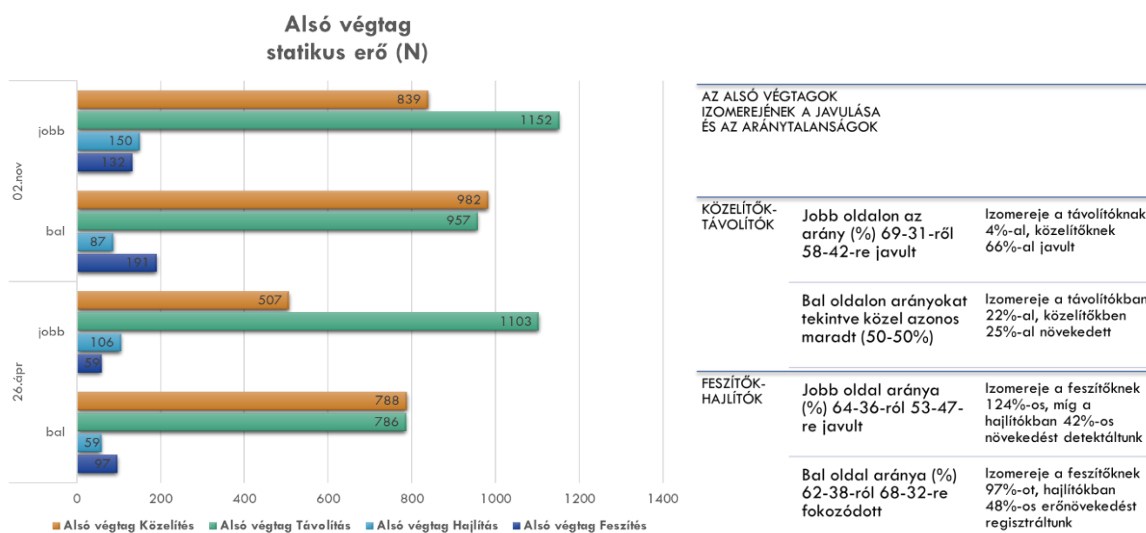
IV. EREDMÉNYEK

IV.1 IZOMETRIA

Első (1) és második (2) mérés során detektált adatok jobb (j.o) és bal (b.o) oldalon: Törzs forgató (tors.) izmai b.o (1) 304 N (2) 586 N, j.o (1) 261 N (2) 329 N. A forgatás ereje az első mérésakor alig volt kevesebb az elvárttól, a visszamérés során szignifikáns erőnövekedést regisztráltunk, ami a normál tartományba esett. A két oldal aránya b.o-j.o (1) 54%-46% (2) 64%-36% is megfelelőnek bizonyult. Az oldalsó hajlításnál b.o (1) 250 N (2) 755 N, j.o (1) 314 N (2) 539 N erő volt mérhető, ami (1) 44%-56% (2) 58%-42%-os erőarányt eredményezett (6. ábra).

Comb extensio b.o (1) 97 N (2) 191 N, j.o (1) 59 N (2) 132 N, flexio b.o (1) 59 N (2) 87 N, j.o (1) 106 N (2) 150 N, melyek nagysága a feszítők tekintetében még a nagymértékű erőnövekedés ellenére is elmaradt az elvárttól, azonban a hajlítók ereje megfelelő volt. Az izmok ereje nőtt és az ellentétes mozgatók arányában is javulást rögzítettünk a második mérésakor. A b.o térdfeszítőinek ereje (1) 62%-38% (2) 69%-31% arányban volt a hajlítókkal szemben, a j.o aránya fordítottan bizonyult (1) 36%-64% (2) 47%-53%, de mind az erők, mind az arányokban jelentős javulást tapasztaltunk. Azonban megállapítottuk, hogy még mindig jóval erősebbek a bal oldali feszítők és a jobb oldali hajlítók ereje az ellenoldalinál (6. ábra).

A comb távolításáért felelős izmoknál (csípő abductorok) b.o (1) 786 N (2) 957 N, j.o (1) 1103 N (2) 1152 N erőket mértünk, a közelítőknél (add.) b.o (1) 788 N (2) 982 N, j.o (1) 507 N (2) 839 N volt az eredmény. Ezek alapján a bal oldali távolítók és közelítők aránya 50%-50%-nak bizonyult, ami az erőnövekedés következtében is megmaradt, a jobb oldalon (1) 69%-31% (2) 58%-42%-ra változott ez az arány (6. ábra).

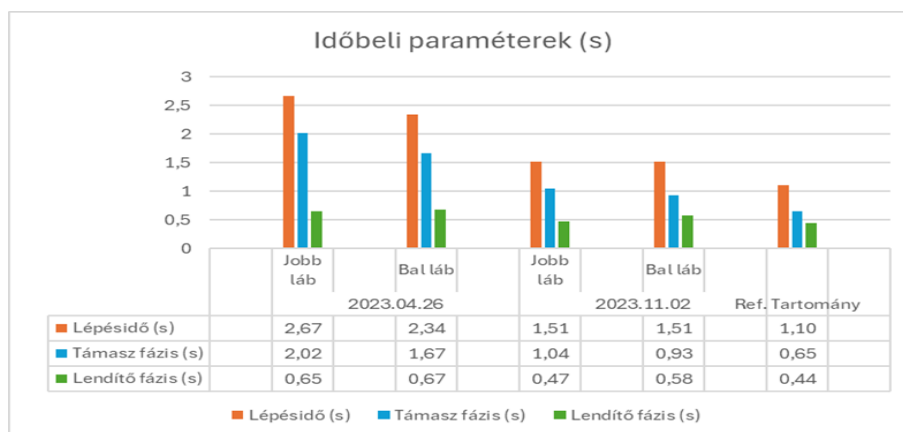


6. ábra: Az alsó végtag statikus erejének változásai (saját szerk.).

IV.2 SZENZOROS JÁRÁSELEMZÉS (BTS MC) ÉS FELÜLETI EMG (JÁRÁS KÖZBEN)

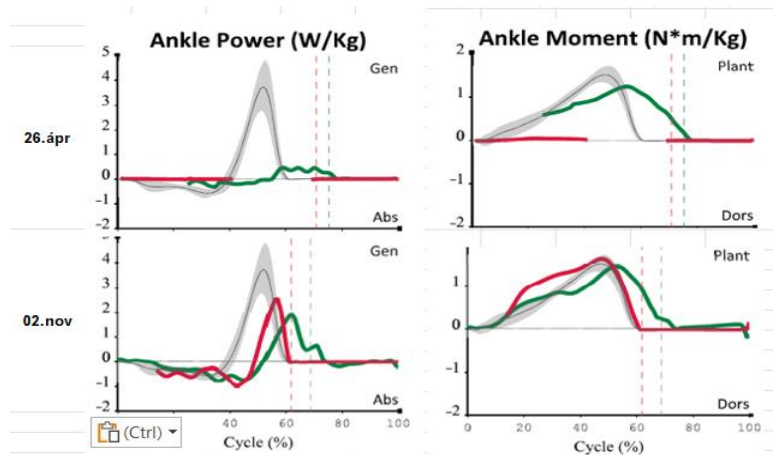
A térbeli paramétereket tekintve a lépéshossz mindkét oldalon lecsökkent (j.o.: $0,82 \pm 0,04$ m normál érték $1,36 \pm 0,11$ m). A járás fázisainak (1. ábra) időbeli paramétereit tekintve, a támaszfázis százalékos aránya egy lépéscikluson belül megnövekedett (j.o.: $75,39 \pm 2,23\%$, b.o.: $70,9 \pm 2,45\%$, normál érték $58,98 \pm 1,97\%$), míg a lengési fázis lecsökkent (j.o.: $24,61 \pm 2,23\%$, b.o.: $29,1 \pm 2,45\%$) a normál értékhez képest ($40,03 \pm 3,56\%$). Támaszfázist tovább bontva, a kettős támasz mértéke a legemelkedettebb, mely szinte a duplája (j.o.: $20,82 \pm 2,44\%$, b.o.: $19,48 \pm 0,16$) az elvártak (norm.: $10,27 \pm 3,09$), az egy láb támasz fázis pedig jóval rövidebb (j.o.: $25,87 \pm 3,36\%$, b.o.: $27,74 \pm 1,24\%$) a normál érték ($38,87 \pm 2,57\%$) mindössze 60%-át érte el. Ez mind a funkcionális izmok gyengeségéből (a kettős támasz egy jóval stabilabb állapot), mind pedig az idegrendszeri érintettségéből fakad. A lépésidő (j.o.: $2,67 \pm 0,49$ s, b.o.: $2,34 \pm 0,33$ s) mindkét oldalon a normál érték ($1,1 \pm 0,09$ s) háromszorosa volt. A két oldal eredményeiből az is látszik, hogy a domináns oldal a jobb láb, azonban 10%-nál nagyobb eltérést a két oldal között nem mértünk. A referencia ($114 \pm 4,2$ lép/perc) értékhez képest a lépésfrekvencia ($49,5 \pm 8,1$) 43 %-a, a lépéshosszt nem érzékelte az erőplató az elégtelen gördülésből adódóan, ezek az értékek azonban kiszámolhatóak a lépésfrekvenciából és átlagsebességből, így a kapott érték ($0,354$ m) a normál tartomány ($0,62 \pm 0,05$ m) 57%-a volt. A novemberi járás már egy jóval szebb képet mutatott, az összes paraméter sokat közelített a normál tartományhoz. Jelentős javulás a támasz és lendítő fázis arányában mutatkozott, azonban a

jobb láb dominanciája miatt ezen az oldalon a kettős támasz és lengőfázis aránya ($68.69 \pm 3.28\%$ - $31.31 \pm 3.28\%$), bal oldalon ez az arány már majdnem a normál tartományban volt ($61.81 \pm 1.91\%$ - $38.19 \pm 1.91\%$). A jobb oldalon az egy láb támasz %-os aránya a referencia tartományba esett (12-13. ábra). A lépésidő mindkét lábon megegyezett (1.51 ± 0.09 s), a jobboldalon 57%-ot, a baloldalon 65%-os javulást mértünk, a normál értékhez közelített (1.1 ± 0.09), mindösszesen 7% eltérést tapasztaltunk (7. ábra). Mind a lépéshossz és a frekvencia javult, a járás sebessége is növekedett.



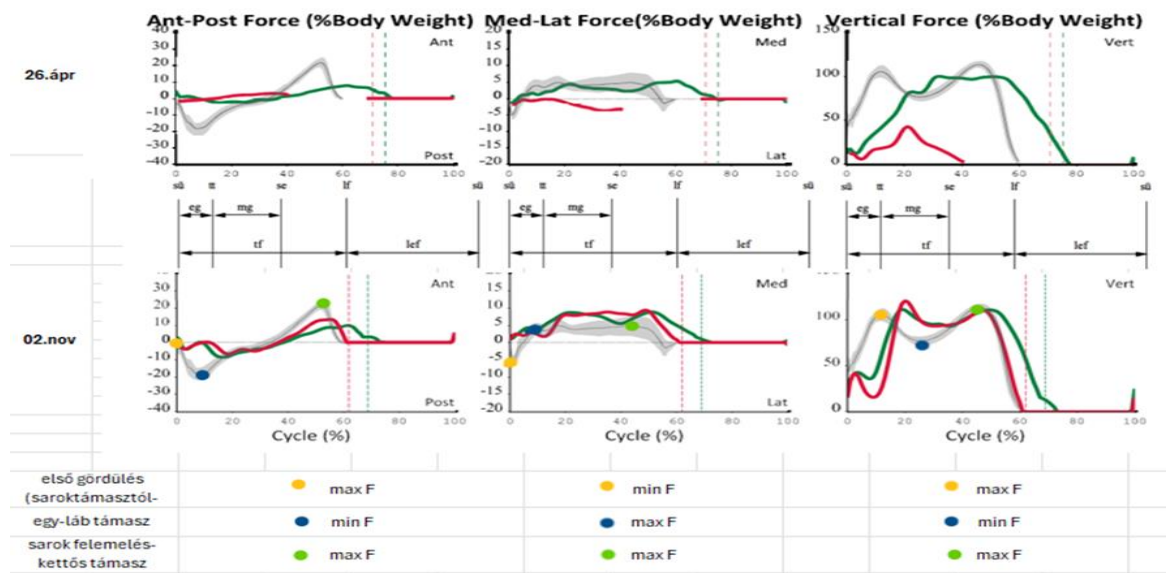
7. ábra: Lépésciklus kettős- egy-láb- és teljes támasz fázis és a lendítő fázis összehasonlítása %-osan kifejezve, valamint a lépésidő összehasonlítása járásciklus során (saját szerk.)

A kinematikai és kinetikai, valamint a dinamikus körülmények (járás) során vizsgált izomaktivitás eredményeiből, illetve az idő- és térbeli paraméterekből egy komplex képet kaptunk a járásról. Csípő-, térd- és bokaízület mechanikai teljesítménye ízületi erőprofil, valamint ezen ízületek forgatónyomatékának eredményeiből kiemelve a boka teljesítményét, ahol az első mérés során mindkét ízület ereje elégtelen, mozgástartománya beszűkült volt. Mindkét lábon a méréskor tapasztalt ízületi erők, forgatónyomaték elégtelenségét láttuk a bal láb a kettős támasz fázisban nem "dolgozott", a jobb oldal kompenzált. Visszaméréskor a boka mobilizációja jelentős javulást mutatott mindkét oldalon, mind a mért teljesítményben, mind a forgatónyomaték tekintetében mindkét láb arányos munkát végzett (8. ábra).



8. ábra: Mérési jegyzőkönyv alapján: Csípő-, térd- és bokaízület mechanikai teljesítménye, ízületi erőprofil (W/kg), valamint ezen ízületek forgatónyomatéka ($N*m/kg$), saggitalis síkban, zöld: jobb láb, piros: bal láb (saját szerk.)

Az első mérés során a függőleges irányú erő rajzolata jól mutatta a bal láb gyengeségét a kettős támasz fázisban a jobb láb átvette mindkét láb szerepét. A második mérés során már a lépésciklus közben "elvárt" erők íve közelített a normál képhez, azonban a járásciklusban eltolódás volt tapasztalható. A függőleges irányú erő rajzolata jól mutatta azt, hogy az első gördülés még mindig nincs meg, valamint a járás belső oldal erői felé nagyobb a terhelés. Jól látszik az ábrán (9. ábra), hogy a bal és a jobb láb (piros és zöld szaggatott függőleges vonal) támasz és lendítő fázisának aránya a járásciklus során javult ezek az adatok az időbeni paramétereiből is detektáltak.

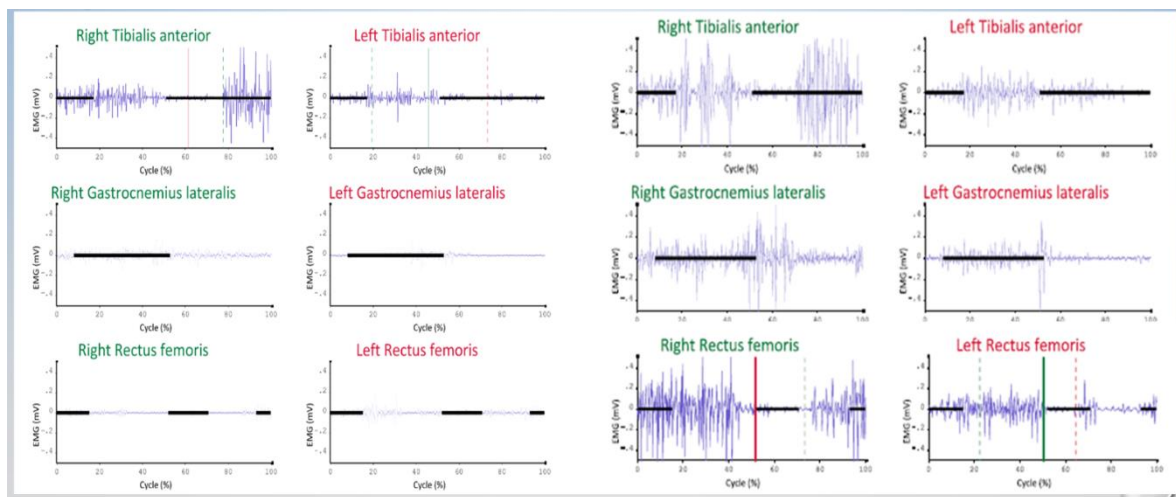


9. ábra: Az X tengelyen a lépésciklus %-os aránya, a lépés fázisainak megjelölésével (sü: sarok ütés, eg: első gördülés, tt: teljes talp, mg: második gördülés, se: sarok elemelés, tf: támasz fázis, lf: lábujj felemelés, lef: lendítő fázis, y tengely pedig a testsúly %-os arányát mutatja. A három ábra a különböző talajreakciós erő (GRF) első-hátsó (ant-post), belső-külső (med-lat) és függőleges (vertical) nyírási összetevőit, amely a támasztófelületen ható erővektor, amely egyenlő és ellentétes az összes izom, gravitációs erő összegével, és a mozgásban lévő test által keltett tehetetlenségi erővel (saját szerk.)

Dinamikus körülmények között, járás során vizsgáltuk (10. ábra) a m. tibialis anterior, a m. rectus femoris, a m. gastrocnemius lateralis, valamint a m. obliquus abdominis internus izomzat aktivitását mindkét oldalon. Az első járásvizsgálat során mért eredményeken látható volt, hogy minden mért izomzat aktivitása a két oldalon eltérő karakterisztikát mutat. A jobb oldali GL aktivitása a legszámottevőbb, gyakorlatilag a többi izom igen gyenge aktivitást mutat. Jól látszik, hogy az izomaktivitás összhangban van a járásciklus eltolódásával és a jobb oldali kompenzációs tevékenységgel. A bal oldali RF aktivitásának szórása (SD) nagyobb értékeket mutat, mint az ellenoldali.

2023.04.26.

2023.11.02.



10. ábra: Járás közben mért izomaktivitás összehasonlító ábrája (saját szerk.)

Összességében elmondható, hogy a járásképp nem csak szemre, de a mért adatok alapján megmutatkozó jelentős eredményt mutatott. A járás lassú, összerendezett, koordinált, ritmusa megfelelő, kissé szélesnek (gólem, babajárás) bizonyult.

V. MEGBESZÉLÉS

Különböző álláspontok születtek az SCI utáni járástréning helyénvalóságáról, szükségességéről és megvalósíthatóságáról; Bár a járás helyreállítása általában nem a legfontosabb prioritás a gerincvelő-sérült betegeknél (a vegetatív funkciók helyreállítása fontosabb), mégis a járás maga egy vizuálisan is jól észlelhető és számszerűsíthető eredmény, melynek használatát széles körben alkalmazzák a hatékonyság kimutatására.

Body Weight Supporting Treadmill Training (testsúly támogatott futópados tréning) kapcsán az elmúlt 20 évben számos tanulmány jelent meg arra vonatkozóan, hogy milyen

stratégiák vannak a motoros funkciók helyreállítására. **Harkema és munkatársai (2012)** kutatása szerint a nem teljes gerincvelő-sérülésben szenvedő betegek járástechnikája, funkcionális képességei javíthatók a mindennapos futópados végzett tréninggel. A tréningek a beteg testsúlyának részleges támogatásából és a terapeuták által a lábmozgások kézi segítségével állnak. Az edzés előrehaladtával a testtömeg támogatása fokozatosan csökken, és kevesebb segítségre van szükség a lendítési fázis elindításához és a lépéshez. Az edzés időtartama a sérülés súlyosságától függően változik, de jellemzően több hónapig tart. Két viszonylag általános következtetés állapítható meg ezekből a tanulmányokból; az egyik, hogy a tréninget követően hónapokig vagy akár évekig is fennmaradhatnak a jótékony hatások, mert ha az önfenntartó mozgást elérjük, a jobb járás a normál napi rutinokkal megtartható speciális edzésprogram hiányában is (Wirz et al., 2001). A másik következtetés, hogy a hatékony edzésekhez a lábak, a törzs és a karok normál mozgásának utánzása szükséges (legtöbbször a terapeuták segítségével) és ez megfelelő szenzoros bemeneti mintázatot hoz létre a gerincvelő neurális hálózatainak adaptív változásaihoz (Harkema et al. 2001). **A dolgozatban leírt járás-tanulásra irányuló technikai képzés a tréning része, mely a gravitáció oly módon történő „szabályozásával” valósult meg, hogy a test különböző mélységekben végzi a gyakorlatokat, így különböző súlytámogatást valósított meg. Ezáltal a tréner mentesül a testsúly alátámasztó „szerep” alól, így marad kapacitása a helyes mozdulatok segítésére (mozgatásra), az önálló mozgásnál pedig a hibajavításra. Nem csak az ismétlésszám növelhető így, de azok precíz kivitelezése is könnyebben megoldott. Ahogy Hicks és munkatársai (2008) a testtömeggel támogatott futópados edzést (BWSTT) írja le, azonban ez a terápia nagyon munkaigényes. Az általunk alkalmazott terápia a BWSTT-hez hasonlóan különböző mértékben nyújt segítséget a funkcionális járás tréninghez. Fontos látni azt, hogy a program nem kizárólag a járás-technika tanulását célozza meg, hanem átfogó motoros képzést nyújt a sérült részére. Hicks és munkatársai is azt a pozitív és az elsődleges célokra túlmutató megállapítást tette, hogy a feladattal járó élmény (a függőleges testhelyzet és a „saját” befektetések) számos és jelentős egészségügyi hozadékkal jár, illetve járulékos eredményként írt az állóképesség javulásáról. Az úszás adta „szabadságérzet” a fent leírt élményt fokozza, azonban a tanulmányban leírt, a kondicionális képességekre – hangsúlyosan az alap állóképességre - irányuló hagyományos edzéstervezés és vezetés nem következményként határoztuk meg, hanem alapvető fejlesztendő területként. **Az eredmények azt mutatják, hogy a kondicionális, - koordinációs,- és ízületi hajlékonyság azonos arányban történő fejlesztése jelentős állapotjavulást hozhat a szárazföldi****

járástechnika fejlődésben, valamint csökkentik az inaktív életmódból (kerekeszékhez kötöttség) származó másodlagos egészségügyi szövődmények kockázatát. Hirtz és mtsai (2004) is hangsúlyozzák a teljes test testmozgásának lehetőségét és annak fontosságát.

Recio és munkatársai (2017) egy tanulmányban a vízi terápia értékes terápiás eszköznek bizonyítékait tárja fel SCI-s betegeknél. A vízi terápia egy olyan beavatkozás, amely olyan támogatási és ellenállási környezetet biztosít, amely hatékonyan teszi lehetővé a spontán mozgást a gravitáció megszüntetésével és a mozgással szembeni enyhe, sebességfüggő ellenállást az erő és az állóképesség növelése érdekében. A vízi terápia eredményein túlmenően a dolgozatban leírt módszer ötvözi a hagyományos úszóedzések és a hydroterápia lehetőségeit, ezáltal a járástechnika magas színvonalú tanulásának-fejlesztésének alapjául szolgál.

Tóth és munkatársai (2020) az alsó végtagi exoskeleton terápia kezdeti eredményeit írja le alsó végtagi paraplégiás betegeknél. A robotikus terápia előnye, hogy lehetőséget teremt személyre szabott, célorientált funkcionális, intenzív gyakorlatok elvégzésére, magas ismétlésszámban, mialatt a mozgás-terapeuták terhelése redukálódhat, valamint a kezelési költségek csökkenhetnek. Leírják, hogy az elmúlt néhány év eredményei a járási funkciókat tekintve jobb eredmény érhető el exoskeletonnal, mint a hagyományos gyógyászati segédeszközökkel (pl. körsínes orthézis) (Molteni et al. 2018, Juszczak et al. 2018). **Lam és munkatársai (2007)** arra a következtetésre jutottak, hogy maga a járás ismételt gyakorlását megkönnyítő rehabilitációs stratégiák a funkcionális járás legnagyobb előnyei szubakut vagy krónikus SCI-ben. **Az esettanulmányban bemutatott úszás hangsúlyos sportterápia tehát ötvözi a traumás gerincvelő sérülés következtében paraplég betegek számára ajánlott járástréningeket, egy kondicionális-, koordinációs-, és hajlékonyság fejlesztő edzésterápiában.**

VI. ÖSSZEFOGLALÁS

A gerincvelő sérülés a motoros, vegetatív és érző funkciók kiesésével járhat. A sérülés magassága és típusa határozza meg a bénulás mértékét és a különböző izmok és izomcsoportok érintettségét. Célunk volt bemutatni egy esettanulmányon keresztül, hogy az úszás alapú sportterápia, hagyományos edzésterhelési összetevőkkel milyen eredményeket hozhat egy gerincvelő sérülést szenvedett paraplégia állapotában lévő 40 éves férfi esetében. Feltételezésünk az, hogy az újra-mozgás (újra-járás) tanulást olyan gyakorlatokkal kell végezni, melynek alapja a mozgásfejlődés szakaszainak sorrendben történő adaptációja.

Az alany megmaradt motoros képességeinek fejlesztése (erő, állóképesség, mozgáskoordináció, ízületi lazaság) a késői rehabilitáció szakaszában történt. Egy terápiás alkalom (edzés) három részből állt, mindig azonos sorrendben végrehajtva. Tanmedencei járásminták gyakorlása, magas ismétlésszámmal, különböző környezeti változók bevezetésével célorientáltan, sportmedencei feladatokkal kombinálva valósult meg. A kismedencés gyakorlatok fejlesztési területei a dinamikus stabilitás és poszturális kontroll javítása volt. A két helyszín és gyakorlatblokk meghatározott sorrendben, egymást követték az edzések során. Az éves edzésterv mezociklusaiban a terhelés adagolása 3+1 progressziós hétben, a makrociklusok terhelési összetevői pedig a mérések eredményeinek alapján készültek. Vizsgálatokban az alábbi méréseket végeztük: izometria, felületi elektromiográfia (EMG), valamint szenzoros járáselemzés.

A kiinduló adatokat a program kezdetekor fennálló alapállapotot (érzékszervi hiányos, neurológiai funkcióvesztés, paraplégia, kerekesszék) mutatta, melyet a rehabilitációs intézet közölt megfelelő besorolás szerint. Az első mérés a program 20. hét után, a harmadik mérés a program végén a 12. hónapban történt. Az első és második mérések során az alsó végtagok különböző mozgatóizmaiban jelentős erőnövekedést és az aránytalanságok csökkenését rögzítettünk, valamint a járáselemzés és a közben mért felületi EMG mérések is fejlődést mutattak.

A leírt módszerek előrevetítenek olyan lehetőségeket, melyeket gerincvelő trauma okozta paraplégia állapot javulását eredményezheti. A könnyített körülmények között végzett funkcionális gyakorlatok magas ismétlésszámmal, az idegrendszer stimulálásával, serkentik a cerebrális és spinális plaszticitást, fokozhatják a neurológiai javulást.

VII. KÖVETKEZTETÉS

Kutatásunk alapján beigazolódott az az alapfeltevésünk, mely a rehabilitációs irányelvek alapján, egy edzésméleti keretrendszerben az aerob állóképesség rendkívüli fejlődését eredményezi, mely alapjául szolgál a magas színvonalú technikai képzésnek, ami a mindennapos feladatok elvégzéséhez szükséges. A testsúlytámogatott (különböző vízmélységben) járó, tehát funkcionális gyakorlatok magas ismétlésszámmal, hosszútávon csak a megfelelő állóképesség elérése mellett lehetséges, így a magas színvonalú technikai fejlesztés is. Az úszás közben végzett nem (járás) funkcionális technikai elemek, gyakorlatok nagy mértékben fejlesztették a sportoló koordinációs képességét, mely gyorsította a járástechnika gyakorlatok kivitelezését. A kezdeti mozdulatlanságból a gravitáció ellenében is

végzett mozgásokig jutottunk el - mérőföldkő a kerekesszék visszaadása 2023. október hónapban, ami azt jelentette, hogy a sérült bármely, a mindennapi élethez szükséges helyzetváltoztató mozgást, feladatot ezen eszköz nélkül biztonságosan végre tudott hajtani - a funkcionális (járás) mozgásrepertoár nagyjából egy totyogó babáéval megegyező lett. A túledzettség elkerülését a feladatok közötti (különösen a technikai, kismencedés járás gyakorlatoknál) pihenőidő növelésével értük el. A program sikerességéhez nagymértékben hozzájárult a pontosan megfogalmazott rövidtávú célok, melyek mindig elvégezhető gyakorlatokban mutatkoztak meg. A feladatok sorrendiségét tekintve mindig hierarchikusan épültek fel és a tréningek minden esetben aktív vezetéssel zajlottak, melyek jól strukturáltak és érthető-teljesíthető elvárásokat tartalmaztak. A folyamatos visszajelzések alapján egy dinamikus működő terv követése vált elvégezhetővé, a tréning valós alternatívaként szolgált.

Az egy éves időszak visszamérése olyan eredményeket hozott, hogy a további kutatások lehetőségét is előre vetíti. Felmerül az igény további kutatásra a vízi alapú terápiák tekintetében és szükségessé válna egy olyan protokoll kidolgozása a késői rehabilitációs szakaszra, mely az ebbe a populációba tartozó betegek hozzáférését biztosítja.

IRODALOMJEGYZÉK

1. **Ackery** A., Tator C., Krassioukov A. (2004): A global perspective on spinal cord injury epidemiology. *Journal of Neurotrauma* 21(10) 1355–1370.
2. **Ahuja**, C. S., Wilson, J. R., Nori, S., Kotter, M., Druschel, C., Curt, A., et al. (2017): Traumatic spinal cord injury. *Nature reviews Disease primers*, 3(1) 1-21.
3. **Bayley**, N. (1969): Manual for the Bayley scales of infant development. Berkley, Physiological Corporation, 178-179.
4. **Behm**, D. G., Anderson, I. K. G. (2006): The role of instability with resistance training, *The Journal of Strength & Conditioning Research* 20(3) 716-722.
5. **Brown-Triolo** D.L., Roach M.J., Nelson K., Triolo R.J. (2002): Consumer perspectives on mobility: implications for neuroprosthesis design. *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 39(6), 659–669.
6. **Burns**, S.P., Biering-Sørensen, F., Donovan, W., Graves, D., Jha, A., Johansen, M., et al. (2012): International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury, Revised 2011, *Top Spinal Cord Injury Rehabilitation*, 18(1), 85-99.
7. **Chen**, Y., He, Y., DeVivo, M.J. (2016): Changing demographics and injury profile of new traumatic spinal cord injuries in the United States, 1972–2014. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 97(10) 1610-1619.
8. **Czeglédy**, K. (2000): A sport szerepe a rehabilitációban. In: Huszár, I., Kullmann, L., Tringer, L.: *A rehabilitáció gyakorlata*, Medicina Könyvkiadó, Budapest, 123-125.
9. **Davis**, R.B., Ounpuu, S., Tyburski, D., Gage, J.R. (1991): A gait analysis data collection and reduction technique, *Human Movement Science*, 10(5) 575–587.

10. **Ditunno** P.L., Patrick M., Stineman M., Ditunno J.F. (2008): Who wants to walk? Preferences for recovery after SCI: a longitudinal and cross-sectional study. *Spinal Cord*, 46(7) 500-506.
11. **Gombás**, J. (2011): Fogyatékosok sportja helyett adaptált sport- avagy a paradigmaváltás jótékony hatásai, *Magyar Sporttudományi Szemle*, 12(48) 27-31.
12. **Harkema**, S. J., Hillyer, J., Schmidt-Read, M., Ardolino, E., Sisto, S. A., Behrman, A. L. (2012). Locomotor training: as a treatment of spinal cord injury and in the progression of neurologic rehabilitation. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 93(9) 1588-1597.
13. **Harsányi**, L. (2000): Edzéstudomány, Dialóg Campus Kiadó, Budapest-Pécs, 40-424.
14. **Hermens**, H. J., Freriks, B., Merletti, R., Stegeman, D., Blok, J., Rau, G. et al. (1999): European recommendations for surface electromyography. *Roessingh research and development*, 8(2) 13-54.
15. **Hicks**, A. L., & Ginis, K. M. (2008): Treadmill training after spinal cord injury: it's not just about the walking. *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 45(2).
16. **Hirtz** P., Hotz A, Ludwig G. (2004): Mozgáskompetenciák-egyensúlyozás. Dialóg Campus Kiadó, Budapest-Pécs, 57-168.
17. **Juszczak** M, Gallo E, Bushnik T. (2018): Examining the effects of a powered exoskeleton on quality of life and secondary impairments in people living with spinal cord injury. *Top Spinal Cord Injury Rehabilitation*, 24(4) 336–342.
18. **Kirshblum** S.C., Priebe M.M., Ho C.H., Scelza W.M., Chiodo A.E., Wuermser L.A. (2007): Spinal Cord Injury Medicine. 3. Rehabilitation Phase After Acute Spinal Cord Injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 88(3) S62–S70.
19. **Kleim**, J. A. (2009): Neural Plasticity in motor learning and motor recovery. In: Lennon, S., Stokes, M.: *Pocketbook of Neurological Physiotherapy*, Elsevier Limited, Amsterdam, 51-72.
20. **Koroknai**, G. (2007): Sportterápia, Klinikai sport, In: Járomi, M.(szerk.): *Wellness alapismeretek II., PTE ETK*, Pécs, 83-88.
21. **Koroknai**, G., Járomi, M., Kránicz, J. (2003): Életminőség és önellátás vizsgálata a korai életkorban bekövetkezett agykárosodás utáni mozgáskorlátozottaknál klinikai sport hatására, In: *Mozgásterápia* 12(1) 3-6.
22. **Laczkó Magyar**, Gy. (2008): Sportterápia harántsérültek és traumás amputáltak orvosi rehabilitációjában, Hippokampus Intézet, Budapest, 201.
23. **Lam**, T., Eng, J., Wolfe, D., Hsieh, J., & Whittaker, M. (2007): A systematic review of the efficacy of gait rehabilitation strategies for spinal cord injury. *Topics in spinal cord injury rehabilitation*, 13(1), 32-57.
24. **Liverman** C.T., Altevogt B. M., Joy J. E., Johnson R. T. (2005): *Spinal cord injury: progress, promise and priorities*. Washington, DC: The National Academic Press.
25. **McColl** M.A., Walker J., Stirling P., Wilkins R., Corey P. (1997): Expectations of life and health among spinal cord injured adults. *Spinal Cord*, 35(12) 818–828.
26. **Molteni** F, Gasperini G, Cannaviello G, et al. (2018): Exoskeleton and end-effector robots for upper and lower limbs rehabilitation: Narrative review. *PMR*; 10(9 Suppl 2): S174–S188.
27. **Myung**, H. J., Se J. A., Jun W. L., Min-Hyung, R., Dasom, C., Jinmi K. (2018): Validity and Reliability of the Newly Developed Surface Electromyography Device for Measuring Muscle Activity during Voluntary Isometric Contraction, *Mathematical Methods in Medicine*, 2018(1).
28. **Nádori**, L. (1986): Az edzés elmélete és módszertana, Sport, Budapest, 54., 297.

29. **Recio**, A. C., Stiens, S. A., Kubrova, E., et al. (2017): Aquatic-Based therapy in spinal cord injury rehabilitation: effective yet underutilized. *Current Physical Medicine and Rehabilitation Reports*, 5, 108-112.
30. **Somogyiné Kuti**, I. (2014): Gyógyúszás – úszással a gerincfájdalmak megszüntetéséért. Flaccus Kiadó.
31. **Sziliné Hangai**, Á., Gerencsér, Zs. (2005): Mit tudhatunk a proprioceptív tréningről? In: *Mozgásterápia* 14(3), 3-9.
32. **Tabakin** D., Vaughan C.L. (2000): A comparison of 3D gait models based on the Helen Hayes marker set, *Proceedings of the Sixth International Symposium on the 3D Analysis of Human Movement Cape Town, South Africa*, 98–101.
33. **Tóth**, L., Bors, V., Pallag, A., Pinczker, V., Dóczi, T., Cserhádi, P. et al. (2020): Traumás gerincvelősérültek rehabilitációja alsó végtagi humán exoskeletonnal. *Orvosi Hetilap*, 161(29), 1200-1207.
34. **Van Kammen** K., Boonstra A., Reinders-Messelink H., Den Otter R. (2014): The Combined Effects of Body Weight Support and Gait Speed on Gait Related Muscle Activity: A Comparison between Walking in the Lokomat Exoskeleton and Regular Treadmill Walking. *PLoS ONE*. 9(9), e107323
35. **Widerstrom-Noga** E.G., Felipe-Cuervo E., Broton J.G., Duncan RC, Yeziarski R.P. (1999): Perceived difficulty in dealing with consequences of spinal cord injury. *Archives of physical medicine and rehabilitation* 80(5), 580–586.
36. **Wirz**, M., Colombo, G., & Dietz, V. (2001): Long term effects of locomotor training in spinal humans. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 71(1), 93-96.
37. **Wyndaele** M, Wyndaele JJ. (2006): Incidence, prevalence and epidemiology of spinal cord injury: what learns a worldwide literature survey? *Spinal Cord*, 44(9), 523–529.

Egyéb felhasznált hivatkozások:

1. <https://diers.eu/en/products/muscle-strength-measurement/diers-myoline/>

Letöltés ideje: 2024. február 12.