

Mozgástanulást befolyásoló tényezők a stroke utáni neurorehabilitációban

Vámos Tibor^{1,2} – Berencsi Andrea¹

¹ELTE BGGYK GYMRI Szomatopedagógiai Szakcsoport

²Országos Mozgásszervi Intézet

Országos Orvosi Rehabilitációs Intézet Központi Ergoterápia

vamos.tibor@barczy.elte.hu

berencsi.andrea@barczy.elte.hu

Kedves Éva!

Megtiszteltetés számunkra, hogy a munkatársaid lehettünk. Köszönjük a fantasztikus beszélgetéseket akár a Szanatórium utcában, akár az Ecseri úton, akár valamelyik konferenciára tartva. Veled bárhol, bármikor is beszélgetünk, a beszélgetéseink mindig vidáman végződnek.

Andi és Tibor

Összefoglaló

A stroke-ot követő rehabilitáció folyamatában a károsodott mozgások újratanulása során számos tényező befolyásolja a funkcionális változások eredményességét. Az utóbbi években több szakirodalmat áttekintő (review) tanulmány vizsgálta, mely tényezők befolyásolhatják a stroke-os betegek mozgástanulását, és milyen evidencia áll rendelkezésre e tényezőkkel kapcsolatban. Cikkünk azokat a mozgástanulást befolyásoló tényezőket mutatja be, amelyek hangsúlyosabban vannak jelen a mindennapi gyakorlati munkában. Ezek a következők: milyen hatással van a mozgástanulásra a gyakorlás mennyisége, időtartama és gyakorisága, a gyakorlás elosztása, a feladatok specifikus megválasztása, a célorientált gyakorlás, a feladatok nehézségi foka, a mentális gyakorlás, az obszervációs tanulás, valamint a ritmus és a variábilis gyakorlás módszerének alkalmazása.

Kulcsszavak: stroke, rehabilitáció, mozgástanulás, gyakorlás

Bevezetés

A stroke-on átesett betegek neurorehabilitációja során a legtöbb terápiás helyzetben különféle mozgások megtanulása, újratanulása zajlik. A mozgás szinte minden terápiában (gyógytorna, hidrotériapia, ergoterápia, logopédia, neuropszichológia, zeneterápia stb.) jelen van. Például a helyzet- és helyváltoztatás újratanulása során a gyógytorna-foglalkozásokon, a hétköznapi tevékenységek újratanulása során, az ergoterápiás foglalkozásokon, a kommunikáció létrehozásához, fenntartásához szükséges mozgások újratanulásakor a logopédiai foglalkozásokon. A különböző szakmák egyik közös nevezője tehát a mozgás.

Stroke és motoros képességek

A stroke a felnőttkorban kialakuló tartós fogyatékoság leggyakoribb oka (Langhorne és mtsai 2011). Az Egészségügyi Világszervezet 2018-as definíciója szerint a stroke akut fokális neurológiai funkciózavar, amely egy vagy több agyterület infarktusa következtében alakul ki. Az akut agyi infarktus bizonyítékának tekinthető, ha (1) a tünetek több mint 24 órán keresztül fennállnak, vagy (2) agyi képzőanyag, illetve az agyterület szempontjából klinikailag releváns eljárás alátámasztja (World Health Organization 2018). A tünetek és azok súlyossága függenek az érintett agyterülettől és a lézió mértékétől (Lundy-Ekman 2013; Woodson 2013). A stroke következtében leginkább érintett tevékenységek közé tartozik:

- a kommunikáció és beszéd
- az olvasás, írás és számolás
- problémamegoldás, feladatvégzés

- helyzetváltoztatás
- a szükséges testtartás biztosítása
- járás és mobilitás
- kézhasználat
- önellátási tevékenységek: toaletthasználat, öltözködés, étkezés
- háztartási és munkatevékenységek
- szabadidős tevékenységek
- autóvezetés és közlekedés. (Langhorne és mtsai 2011).

A funkcionális károsodás vezető okai között a motoros funkciók zavara áll (Langhorne és mtsai 2011). A motoros tünetek közé tartozik a hemiparézis (80%), az izomerő-csökkenés, a szelektív izomműködés hiánya és megváltozott szinergizmusok, az egyensúly és a mozgáskoordináció zavara, megváltozott reflextevékenység és izomtónus (Woodson 2013, Edmans 2010, Szél 2010). A tünetek a lézió helyével ellentétes testfél mellett az azonos oldali testfelet is érinthetik bizonyos mértékig és ideig (Schaefer és mtsai 2009, Quaney és mtsai 2005). A funkciózavarhoz és a megváltozott mozgásszabályozáshoz a stroke következtében kialakuló szenzoros működészavar is hozzájárul (Winward és mtsai 2007). A szomatoszenzoros funkció károsodása az érintettek 7–53%-ban lehet jelen (Carey–Matyas 2011, Conell és mtsai 2008).

Mozgástanulás

A motoros funkciók stroke utáni helyreállása részben a spontán gyógyulás következménye (Kwakkal és mtsai 2006), másrészt az elvesztett, illetve megváltozott funkciók újratanulásának az eredménye. A mozgásfunkciók helyreállása a stroke előtti mozgásrepertoár legalább részben azonos mozgás-mintákkal való kivitelezését jelenti. Fennmaradó diszfunkció esetén a tevékenységek végrehajtása kompenzáló mozgások segítségével lehetséges. Ebben az esetben a mozgásos teljesítményjavulás a feladatra specifikus, célirányos helyettesítő mozgások kialakításával valósul meg (Xu és mtsai 2015). A spontán javulást leszámítva tehát a motoros funkciók helyreállása és a kompenzáló mozgások kialakítása aktív tanulási folyamat eredménye.

Mozgástanulásnak – a motoros memória kialakulásának – azt a folyamatot nevezzük, amelynek során gyakorlás vagy tapasztalatszerzés következtében a mozgásos teljesítmény javul, s amely folyamat hosszú távú neurális változásokhoz vezet (Brem és mtsai 2013). A rehabilitációs folyamatban a mozgástanulás célja a lehető legmagasabb funkcionális állapot elérése.

Mozgástanulást befolyásoló tényezők a stroke utáni neurorehabilitációban

A stroke-ot követő rehabilitáció folyamatában a mozgástanulás során számos tényező befolyásolja a tanulást, a funkcionális változások eredményességét. Az utóbbi években több szakirodalmat áttekintő (review) tanulmány vizsgálta, mely faktorok azonosíthatók, és milyen evidencia áll rendelkezésre velük kapcsolatban (Maier és mtsai 2019, Cano-De-La-Cuerda és mtsai 2015, Winstein és mtsai 2014). Az alábbiakban elsősorban e három tanulmány eredményeinek mentén mutatjuk be a stroke-ot követő neurorehabilitáció terén a mozgástanulás szempontjából kiemelt tényezőket, részletesebben ismertetve azokat, amelyek hangsúlyosabban vannak jelen a mindennapi gyakorlati munkában.

A gyakorlás mennyisége, időtartama és gyakorisága

Alapvető kérdés, hogy mennyi gyakorlásra van szükség ahhoz, hogy eredményes legyen a tanulás. Ez a kérdés nem válaszolható meg könnyen, különösen stroke után nem. A stroke-on átesett emberek funkcionális képességei és teljesítőképesége nagy egyéni eltéréseket mutatnak. Ezért míg a gyógyszerek esetén az adagolás könnyen definiálható, addig a rehabilitáció területén a terápia adagolása nehezebben meghatározható fogalom (Kwakkal 2009). Ebben a fogalomkörben megjelennek a terápiás foglalkozásokkal eltöltött idő mennyiségére, időtartamára, gyakoriságára és a tanulási hatás eléréséhez szükséges gyakorlás mennyiségére vonatkozó terminusok (Maier 2019).

Mind stroke-betegek, mind egészséges személyek esetén elmondható, hogy a gyakorlás mennyisége alapvetően befolyásolja a tanulás minőségét, eredményességét. Nagyobb mennyiségű, hosszán (hetekig, hónapokig) tartó gyakorlás feladatspecifikus változásokat hoz létre az idegrendszerben, például a kérgi motoros mezőkben (Dobkin és mtsai 2004; Karni és mtsai 1998).

Stroke-betegeket vizsgáló tanulmányok esetében a gyakorlás mennyisége széles határok között változik. Több tanulmány arról számol be, hogy a nagyobb számú gyakorlás jobb eredményhez vezet. Van der Lee és munkatársai (2001) 13 tanulmány szisztematikus áttekintése után azt találták, hogy hat tanulmányban kifejezettebb volt a felső végtagok funkcionális javulása, amikor hosszabb időtartamú volt a terápia. A mindennapi tevékenységek (ADL) tekintetében pozitív hatása volt az emelt számú gyakorlásnak a stroke utáni első hat hónapban (Kwakkel és mtsai 2004). A Fugl–Meyer-teszt motoros próbáiban 10 pontnyi emelkedést jellemzően 2–60 órányi terápiával lehetett elérni, napi 1–6 órára, heti 3–5 napra és 2–12 héten belüli időtartamra elosztva (Dobkin 2004). Kamo és munkatársai (2019) arra az eredményre jutottak, hogy idős stroke-betegek esetében a heti rehabilitációval töltött idő 15 óra fölé emelése megnövekedett funkcionális javulással társul a heti 15 óránál kevesebb terápiában részesülőkhöz képest. Ebben benne foglaltatott a gyógytornász, az ergoterapeuta és a logopédus által nyújtott terápia. Négy európai stroke-centrum összehasonlításában a magasabb napi terápiás óraszám (1 óra versus 3 óra) jobb kimeneti mutatókkal jár együtt a – nagymozgásokat és az önellátási képességeket leszámítva – a funkcionális képességek tekintetében (DeWit és mtsai 2007, DeWit és mtsai 2005). Ugyanakkor a szakirodalom nem minden esetben támasztja alá a nagyobb mennyiségű gyakorlás előnyös hatását, például a stroke utáni akut vagy szubakut fázisban (Yelnik és mtsai 2017, Kwakkel 2009), és nem áll rendelkezésre megfelelő szakirodalom arra vonatkozóan sem, hogy a kliensek által tapasztalt kifáradás mértéke (post-stroke fatigue) és a terápia mennyisége milyen módon függenek össze. További vizsgálatok szükségesek ahhoz, hogy a gyakorlás mennyiségét illetően a stroke-ot követő felépülés egyes fázisaiban az egyéni jellemzőket, mint terhelhetőség és funkcionális állapot, figyelembe véve ajánlások kidolgozására legyen lehetőség.

A gyakorlás elosztása

A megfelelő mennyiségű gyakorlás mellett az is fontos szempont, hogy a gyakorlást hogyan osztjuk el az egyes gyakorlási napokon belül, illetve hosszabb időszakokban. A mozgástanulás eredményességére hatással van az aktív gyakorlással töltött időszakok és a pihenőidők hossza, valamint ütemezése is (Cepeda és mtsai 2006, Savion-Lemieux – Penhune 2005). Tömbösített vagy más szóval tömörített gyakorlásról (massed practice) akkor beszélünk, ha az aktív gyakorlás nincs megszakítva szünetekkel, vagy csak nagyon rövid szünetek vannak az egyes gyakorlási fázisok között. Ezzel szemben a tagolt gyakorlás (distributed practice) során az aktív gyakorlással töltött periódusok jobban elkülönülnek egymástól, hosszabb szünetekkel zajlik a gyakorlás, a szünetek hosszúsága pedig megegyezik az aktív gyakorlási periódusok hosszával, vagy hosszabb azoknál, több időt hagyva a gyakorlási periódusok közötti pihenésre a mozgást elsajátító személy számára (Schmidt – Lee 1999). A gyakorlás során bekövetkező teljesítményváltozás (online learning) mellett az utóbbi évtizedekben egyre több figyelem irányult a gyakorlási periódusok közötti időben lejátszódó motorosmemóriakonzolidációra és teljesítményjavulásra (offline learning) (Dayan – Cohen 2011, Karni és mtsai 1998), és számos tanulmány igazolta, hogy az utóbbi tekintetében a gyakorlások közötti szünetekben az alvásban töltött idő előnyös hatású (Walker és mtsai 2003), és a tipikustól eltérő alvásmintázat az alvásfüggő motoros teljesítményjavulás megváltozásával járhat együtt (Berencsi és mtsai 2017).

Tipikus fejlődés és egészséges résztvevők esetén több tanulmány a tagolt gyakorlás előnyét hangsúlyozta a tömörített gyakorláshoz képest (Shea és mtsai 2000; Donovan–Radosevich 1999, Lee – Genovese 1988). Stroke után a gyakorlás elosztására vonatkozóan egy kényszerindukált mozgásterápiát (Constraint Induced Movement Therapy, CIMT) vizsgáló klinikai kutatás arra az eredményre jutott, hogy a hagyományos 60 órás tréninghez viszonyítva az azonos mennyiségű intervenció 20 napra tagolása – napi 3 óra intenzív tréning a jobban érintett oldallal és 9,3 óra korlátozás az

ellenoldalon – szintén szignifikáns javuláshoz vezet a mindennapos tevékenységek, a nagy- és finom-motoros készségek, az izomerő és az izmotónust, valamint az életminőség egyes területeit illetően (Dettmers és mtsai 2005).

A gyakorlások közötti időszakot tekintve, a gyakorlást követő alvás a gyakorlást követő ébrenléthez képest segítette a motoros teljesítményjavulást felső végtagi vagy kézfunkciót igénylő procedurális feladatokban stroke után. Az életkorban illesztett egészséges személyek esetén ez a hatás nem jelent meg idős korban (Backhaus 2016).

Feladatspecifikus gyakorlás

A neurorehabilitáció egyik legfontosabb célja: alkalmassá tenni a páciens arra, hogy képes legyen elvégezni a számára fontos mindennapi tevékenységeket. Stroke után, amennyiben a megváltozott motoros képességek nem teszik lehetővé a fiziológiás mozgásminták végrehajtását, akkor a funkcionális feladatok végrehajtása érdekében kompenzáló mozgásokat alkalmazunk (Michaelsen és mtsai 2006). A nemzetközi gyakorlatban a feladatspecifikus gyakorlás (task oriented practice vagy task-specific practice) a funkcionális feladatok gyakorlása mellett a funkciót végrehajtó testrész, például felső végtag intenzív mozgásterápiáját is magában foglalja (Winstein 2016, Michaelsen és mtsai 2006). A feladatspecifikus tréning előnyeit a funkcionális képességek tekintetében (Winstein 2016) és a mindennapos tevékenységek során (Waddell és mtsai 2017) a hagyományos ergoterápiához képest nem sikerült igazolni stroke után. A feladat végrehajtásának másik specifikus tényezője a környezet, amelyben a feladatot kivitelezük. Tipikus fejlődés esetén empirikus vizsgálatok eredményei arra engednek következtetni, hogy a mozgástanulás feltehetően eredményesebb, ha a gyakorlás és az aktuális feladatvégzés körülményei megegyeznek (Schmidt – Lee 2011). Az egyes terápiák megtervezésekor tehát további szempont lehet az, hogy a gyakorlás körülményei hasonlítsanak azokhoz a körülményekhez, amelyek között a páciens az elsajátítandó tevékenységeket végezni fogja majd az intézményes rehabilitáció után.

Célorientált gyakorlás

Az elnevezést tekintve az előző paradigmához hasonlóan tűnhet a célorientált gyakorlás (goal-oriented practice) kifejezés, mégis eltérő fogalmat takar. A célorientált gyakorlás során a legfontosabb szempont, hogy eredményesebb elsajátításhoz vezetnek azok a mozgásfeladatok, amelyek céljával tisztában van a mozgást elsajátító személy. A jelenséget jól példázza Wu és munkatársainak tanulmánya (2000), melyben azt vizsgálták, hogyan hajtanak végre egy mozdulatsort stroke-os személyek (és egészséges kontrollszemélyek) valós tárgyakkal, valamint tárgyak nélkül. A mozdulatsor, amit végre kellett hajtani, a következő volt: az egyik kézzel pénzérmét kellett felszedni az asztalról, majd a pénzérmét a másik kézbe beletenni. A stroke-os résztvevők az érintett kezükkel nyúltak a pénzérméért, az egészséges kontrollszemélyek a stroke-os résztvevők érintett kezének megfelelő kezükkel. A mozdulatsort pénzérmék nélkül is végre kellett hajtania minden résztvevőnek. A vizsgálat eredményei azt mutatták, hogy gyorsabban és gazdaságosabban hajtották végre a mozdulatsort a résztvevők, amikor valós pénzérméssel hajtották végre a feladatot. A valós és funkcionális tárgyak és feladatok használata tehát hatékony módja lehet a gördülékeny, koordinált mozgások elősegítésének stroke-os személyek esetében. A feladat végrehajtása mellett, az instrukcióban is hangsúlyozták a célorientált feladatmeghatározás fontosságát, mely a pontos feladatmegjelölést takarja a kimenet és ismétlésszám tekintetében, és szignifikánsan befolyásolja a kliensek feladat-végrehajtásának intenzitását (Hillig és mtsai 2019). A célorientált és a kliens számára is jelentőséggel bíró feladatok felkínálása mind a felső, mind az alsó végtagi funkciók szempontjából eredményes (Dobkin 2004) és ajánlott gyakorlat (Herbert és mtsai 2016). A célorientált gyakorlás során az eredményességhez amellet, hogy a feladat értelmet nyer, valószínűleg az a jelenség is hozzájárul, hogy a mozgástanulás eredményesebb lehet, ha a figyelem a mozgás eredményére irányul, és nem magára a mozgásra koncentrálunk (Wulf – Prinz 2001).

A feladatok nehezítése

A terapeuták örök kérdése a stroke utáni rehabilitációban, hogy milyen kihívások elé állítsák a pácienseiket, milyen nehézségű feladatokat adjanak nekik. Hogy milyen nehézségű egy feladat végrehajtása, az mindig összetett kérdés. A stroke utáni neurorehabilitációban talán érdemes a beteg aktuális állapotát és funkcionális képességeit viszonyítási pontként használni. Ha a feladatok nehezítésének a mértéke nincs a páciens képességeihez igazítva, kevésbé lesz eredményes a tanulás, mintha a feladatokat a páciens saját képességeihez adaptálva nehezítik. A mozgástanulás eredményesebb, ha a gyakorlásra felkínált feladatok nehézsége nem tér el nagymértékben a betegek aktuális funkcionális teljesítményétől, és lehetőleg mindig kis lépésekben, fokozatosan történik a feladatok nehezítése (Zhang és mtsai 2017).

A mozgást végrehajtó végtag megválasztása

A stroke akut fázisában a betegek hajlamosak hanyagolni a stroke által érintett kezük használatát, és inkább a jól mozgó kezükkel végzik el a hétköznapi tevékenységeiket. Ez a jelenség az úgynevezett tanult nem használat. A tanult nem használatnak gyakran az a következménye, hogy a terápiás helyzetben jelentkező funkciójavulás a hétköznapi tevékenységek végrehajtása során nem jelentkezik, a beteg annak ellenére nem használja az érintett oldali kezét, hogy azt terápiás feladathelyzetben már jobban tudja használni (Kwakkel és mtsai 2015, Smania és mtsai 2012). Ilyen esetben eredményes terápiás eljárás lehet a kényszerítve indukált mozgásterápia (Constraint Induced Movement Therapy), ami úgy ösztönzi az érintett oldali gyengébb kéz használatát, hogy a jobban funkcionáló kezét nem használhatja a páciens a terápia, illetve a napi tevékenységek során meghatározott ideig (Kwakkel és mtsai 2015), csak a gyengült, ügyetlenebb kezét. A kényszerítve indukált mozgásterápia azoknak a klienseknek az esetében ajánlott, akiknél az érintett felső végtag disztális részében bizonyos mértékű funkció (20 foknyi csuklóextenzió és 10 foknyi ujjextenzió) elérhető (Hebert és mtsai 2016). A kényszerítve indukált mozgásterápiát Edward Taub fejlesztette ki főemlőskísérletek alapján az 1980-as években. A több módosításon átesett protokoll jelenleg stroke esetén a felső végtagi funkciók tanulása során magas szintű evidenciával rendelkezik (Hebert és mtsai 2016), alsó végtagi funkciók esetén eredményessége nem haladja meg a konvencionális mozgásterápiáét (Abdullahi és mtsai 2021; dos Anjon és mtsai 2020).

Mentális gyakorlás és obszervációs tanulás

Stroke után, amennyiben a kliensek nem képesek végrehajtani egyes mozgásfeladatokat, alkalmazható a mentális gyakorlás (motor imagery, mental practice) és a megfigyeléses tanulás (action observation) módszere (Page és mtsai 2007). A mentális gyakorlás az a fajta elsajátítási módszer, amikor a feladat elvégzését elképzeljük vagy vizualizáljuk, de fizikailag nem hajtjuk végre (Schmidt – Lee, 1999). Egy mozgás mentális gyakorlása segítheti a mozgások javulását stroke-betegek esetében is (Mulder 2007). Súlyos fokban károsodott stroke-betegek is megtarthatják azt a képességüket, hogy a paretikus végtaggal végzett mozgásokat elképzeljék. A mentálisan végzett motoros gyakorlatok elősegíthetik a funkcionális reorganizációt (Johnson 2000).

A cselekvés megfigyelésén alapuló terápia (action observation treatment) az obszervációs tanulás jelenségén alapul, miszerint azok a személyek, akik úgy tanultak egy új mozgásfeladatot, hogy gyakorlás helyett azt figyelik meg, hogy egy másik személy hogyan hajtja végre a mozgást, eredményesebbek az elsajátításban, mint azok a kontrollszemélyek, akik nem figyelték meg előzőleg a feladat kivitelezését (Mattar – Gribble 2005). A paradigma a neurorehabilitáció területén is alkalmazható (Oouchida és mtsai 2013), stroke esetén hozzájárul a kérgi plaszticitás elősegítéséhez felső végtagi funkciók helyreállítása során (Ertelt és mtsai 2007). Afáziát kísérő szótalálási nehézségek esetén a beszédgesztusok megfigyelése a terápia során segítette az előhívást (Marangolo és mtsai 2010).

Ritmus alkalmazása

A zene ritmusának vagy külső ritmus kíséretének a jótékony hatása járás során Parkinson-kór esetén széles körben ismert (Dalla Bella és mtsai 2018, Dalla Bella és mtsai 2017; Lim és mtsai 2005). Stroke-ot követően is megfigyelhető, hogy futópádon történő járástréning közben adott hangos külső ritmus (rhythmic cueing) segítheti a járás koordinációját (Thaut – Abiru 2010), valamint a járás sebességének, a járás ütemének, és a lépéshosszának a javulásához is hozzájárul (Yoo – Kim 2016). Ezenfelül a ritmikus auditív jelzésekkel végzett kétoldali felső végtagi tréning javítja a funkcionális motoros teljesítményt, amely hosszú távon fennmarad (Ghai 2018, Whitall és mtsai 2000) stroke után.

Variábilis gyakorlás

A tanulás eredményességére hatással van a mozgásfeladatok variabilitása is. Konstans gyakorlásról akkor beszélünk, ha egy mozgásfeladatot mindig ugyanolyan módon kell végrehajtani. A variábilis gyakorlás ezzel szemben azt jelenti, hogy nem csak egy módon történik a mozgásfeladat végrehajtása, hanem az elsajátítandó feladatnak a különböző változatait, variációit is gyakorolni kell az elsajátítási folyamat során. Számos tanulmányban kirajzolódott a variábilis gyakorlásnak az a paradox jellegzetessége, hogy a konstans módon gyakorló személyekhez képest, az elsajátítás során többet hibáztak azok, akik a célfeladat több variációját is gyakorolták, a másik oldalról viszont, később a tanulás eredményességét vizsgáló tesztekben a variábilis módon gyakorló személyek pontosabban hajtották végre az elsajátítandó feladatot, mint a konstans módon gyakorló személyek (Schmidt – Lee 2011).

A tanulás eredményességére az is hatással van, hogy a variábilis gyakorlás során hogyan követik egymást az elsajátítandó mozgásfeladatok. Lee és Magill (1983) azt találták, hogy hatékonyabb a tanulás, ha a feladatok szeriális vagy randomizált módon követik egymást, mintha blokkokba rendezett módon kell elsajátítani azokat.

A variábilis gyakorlás hatásait a rehabilitációhoz kapcsolódóan is vizsgálták. Kerekesszék hajtása során a sebesség adaptációja szempontjából pl. előnyösebbnek mutatkozott a variábilis gyakorlás a konstans gyakorlásnál olyan esetben, amikor a kerekesszék-használatot tanuló személyek egészséges fiatal felnőttek voltak (Yao és mtsai 2012). Stroke-ot követően, funkcionális elektromos stimulációval kiegészített felső végtagi tréning során, a random és blokk kondíciók hosszú távon konzisztensebb eredményre vezettek a motoros teljesítményt tekintve, mint a kontroll kondíció, amelyet nem kísért elektromos stimuláció (Cauraugh – Kim 2003). Ugyanakkor járástanulás során nem jelentkezett különbség a gyakorlás összetételétől függően egy-egy alkalmas tréninget követően (Rhea és mtsai 2012). Hemiparetikus stroke-betegek esetében a precíz izometriás kézi szorítóerőkifejtés elsajátításakor a variábilis gyakorlás feltehetően hatékonyabb, mint a specifikus gyakorlás (Vámos és mtsai 2018).

Időskorban és Alzheimer-kór esetén a variábilis gyakorlás hatása a tanult feladat retenciójára és a transzferre (vagyis az elsajátítás során nem gyakorolt, új feladatvariáció végrehajtása) eltér a két populációban. Egészséges idős személyek konstans, blokk és random összeállítású gyakorlása között nem jelentkezett különbség a tanulási hatást tekintve egy dobó feladat tanulása során. Alzheimer-kór esetén a konstans gyakorlás vezetett a tanultak eredményes megtartásához és transzferhez, míg a variábilis összeállítású gyakorlás nem (Dick és mtsai 2000). Specifikus nyelvi zavar esetén, egy téri feldolgozást igénylő felső végtagi funkció tanulása során a variábilis gyakorlás mutatkozott előnyösnek a feladat generalizálása szempontjából (Desmottes és mtsai 2017). Ugyanakkor hangképzés tanulása során a variábilis gyakorlás nem vezetett a konstans gyakorlástól eltérő eredményre (Wong és mtsai 2011).

Összegzés

A stroke-on átesett emberek funkcionális képességei és teljesítőképessége nagy egyéni eltéréseket mutatnak. Az egyéni eltérések mellett mozgástanulásukat számos tényező befolyásolhatja. Az optimális gyakorlás mennyiségének, időtartamának és gyakoriságának megállapítására mindenképpen hatással van a stroke súlyossága, a stroke óta eltelt idő, a beteg fáradékonysága, kognitív és pszichés

állapota, motiváltsága. A gyakorlás mennyisége mellett az is fontos szempont, hogy hogyan van felosztva az elsajátítási folyamat az egyes gyakorlási napokon belül, illetve hosszabb időszakokban. A stroke következtében sérült funkciók és tevékenységek újratanulásának eredményességére hatással lehet az aktív gyakorlással töltött időszakok és a pihenőidők hossza, ütemezése, valamint a terápiás feladatok variabilitása is. Hatással lehet az is, hogy a variábilis gyakorlás során milyen sorrendben követik egymást a feladatok. Mindenképpen eredményesebb elsajátításhoz vezetnek azok a mozgás-feladatok, amelyek céljával tisztában van a beteg.

A neurorehabilitáció folyamatában a fenti alapvető tényezők mellett természetesen számos más faktor és módszer befolyásolhatja a mozgástanulást és a funkcionális kimenetet, ezek közé tartozik az asszisztív technológiák alkalmazása, orvos-mérnöki fejlesztések, a robot- vagy virtuális terápiák alkalmazása a mindennapi gyakorlatban stroke után.

Irodalom

- ABDULLAHI, A.–TRUIJEN, S.–UMAR, N. A.–USEH, U.–EGWUONWU, V. A.–VAN CRIEKINGE, T.–SAEYS, W. (2021). Effects of Lower Limb Constraint Induced Movement Therapy in People With Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in neurology*, 12, 638904. <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.638904>
- BACKHAUS, W.–KEMPE, S.–HUMMEL, F. C. (2016). The effect of sleep on motor learning in the aging and stroke population—a systematic review. *Restorative neurology and neuroscience*, 34(1), 153–164.
- BERENCSI, A.–BÓDIZS, R.–GOMBOS, F. *et al.* (2017). Sigma frequency dependent motor learning in Williams syndrome. *Scientific Reports* 7, 16759. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-12489-y>
- BREM, A. K.–RAN, K.–PASCUAL-LEONE, A. (2013). *Learning and memory*. Edinburgh ; New York: Elsevier.
- CANO-DE-LA-CUERDA, R.–MOLERO-SÁNCHEZ, A.–CARRATALÁ-TEJADA, M.–ALGUACIL-DIEGO, I. M.–MOLINARUEDA, F.–MIANGOLARRA-PAGE, J. C.–TORRICELLI, D. (2015). Theories and control models and motor learning: Clinical applications in neurorehabilitation. *Neurología (English Edition)*, 30(1), 32–41.
- CAREY, L. M.–MATYAS, T. A. (2011). Frequency of discriminative sensory loss in the hand after stroke in a rehabilitation setting. *Journal of rehabilitation medicine*, 43(3), 257–263.
- CAURAUGH, J. H.–KIM, S. B. (2003). Stroke motor recovery: active neuromuscular stimulation and repetitive practice schedules. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 74(11), 1562–1566.
- CEPEDA, N. J.–PASHLER, H.–VUL, E.–WIXTED, J.–ROHRER, D. (2006). Distributed practice in verbal recall tasks: a review and quantitative synthesis. *Psychol. Bull.* 132, 354–380. doi: 10.1037/0033-2909.132.3.354
- CONNELL, L. A.–LINCOLN, N. B.–RADFORD, K. A. (2008). Somatosensory impairment after stroke: frequency of different deficits and their recovery. *Clin Rehabil*, 22(8), 758–767. doi:10.1177/0269215508090674
- DALLA BELLA, S.–BENOIT, C. E.–FARRUGIA, N.–KELLER, P. E.–OBRIG, H.–MAINKA, S.–KOTZ, S. A. (2017). Gait improvement via rhythmic stimulation in Parkinson's disease is linked to rhythmic skills. *Scientific reports*, 7(1), 1–11.
- DALLA BELLA, S.–DOTOV, D.–BARDY, B.–DE COCK, V. C. (2018). Individualization of music-based rhythmic auditory cueing in Parkinson's disease. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1423(1), 308–317.
- DAYAN, E.–COHEN, L. G. (2011). Neuroplasticity subserving motor skill learning. *Neuron*, 72(3), 443–454.
- DESMOTTES, L.–MAILLART, C.–MEULEMANS, T. (2017). Mirror-drawing skill in children with specific language impairment: Improving generalization by incorporating variability into the practice session. *Child Neuropsychol*, 23(4), 463–482.
- DETTMERS, C.–TESKE, U.–HAMZEI, F.–USWATTE, G.–TAUB, E.–WEILLER, C. (2005). Distributed form of constraint-induced movement therapy improves functional outcome and quality of life after stroke. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 86, 204–209. doi: 10.1016/j.apmr.2004.05.007
- DICK, M. B.–HSIEH, S.–DICK-MUEHLKE, C.–DAVIS, D. S.–COTMAN, C. W. (2000). The variability of practice hypothesis in motor learning: does it apply to Alzheimer's disease? *Brain Cogn*, 44(3), 470–489.
- DE WIT, L.–PUTMAN, K.–DEJAEGER, E.–BAERT, I.–BERMAN, P.–BOGAERTS, K.–...–DE WEERDT, W. (2005). Use of time by stroke patients: a comparison of four European rehabilitation centers. *Stroke*, 36(9), 1977–1983. <https://doi.org/10.1161/01.STR.0000177871.59003.e3>

- DE WIT, L.–PUTMAN, K.–SCHUBACK, B.–KOMÁREK, A.–ANGST, F.–BAERT, I.–...–DE WEERDT, W. (2007). Motor and functional recovery after stroke: a comparison of 4 European rehabilitation centers. *Stroke*, 38(7), 2101–2107. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.107.482869>
- DOBKIN, B. H. (2004). Strategies for stroke rehabilitation. *Lancet Neurol.* 3, 528–536. doi: 10.1016/S1474-4422(04)00851-8
- DONOVAN, J. J.–RADOSEVICH, D. J. (1999). A Meta-Analytic Review of the Distribution of Practice Effect: Now You See It, Now You Don't. *Journal of Applied Psychology*, 84(5), 795–805.
- DOS ANJOS, S.–MORRIS, D.–TAUB, E. (2020). Constraint-induced movement therapy for lower extremity function: describing the LE-CIMT protocol. *Physical therapy*, 100(4), 698–707.
- EDMANS, J. (2010). *Occupational therapy and stroke* (2nd ed.). Chichester, West Sussex, U.K.; Malden, MA: Wiley-Blackwell.
- ERTELT, D.–SMALL, S.–SOLODKIN, A.–DETTMERS, C.–MCNAMARA, A.–BINKOFSKI, F.–BUCCINO, G. (2007). Action observation has a positive impact on rehabilitation of motor deficits after stroke. *Neuroimage*, 36, Suppl 2, T164-T173.
- GHAJ, S. (2018). Effects of real-time (sonification) and rhythmic auditory stimuli on recovering arm function post stroke: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in neurology*, 9, 488.
- HEBERT, D.–LINDSAY, M. P.–MCINTYRE, A.–KIRTON, A.–RUMNEY, P. G.–BAGG, S.–BAYLEY, M.–DOWLATSHAHI, D.–DUKELOW, S.–GARNHUM, M.–GLASSER, E.–HALABI, M.–L.–KANG, E.–MACKAY-LYONS, M.–MARTINO, R.–ROCHETTE, A.–ROWE, S.–SALBACH, N.–SEMENKO, B.–...–TEASELL, R. (2016). Canadian stroke best practice recommendations: Stroke rehabilitation practice guidelines, update 2015. *International Journal of Stroke*, 11(4), 459–484. <https://doi.org/10.1177/1747493016643553>
- HILLIG, T.–MA, H.–DORSCH, S. (2019). Goal-oriented instructions increase the intensity of practice in stroke rehabilitation compared with non-specific instructions: a within-participant, repeated measures experimental study. *Journal of physiotherapy*, 65(2), 95–98.
- JOHNSON, S. H. (2000). Imagining the impossible: intact motor representations in hemiplegics. *Neuroreport*, 11(4), 729–732.
- KAMO, T.–MOMOSAKI, R.–SUZUKI, K.–ASAHI, R.–AZAMI, M.–OGIHARA, H.–NISHIDA, Y. (2019). Effectiveness of intensive rehabilitation therapy on functional outcomes after stroke: a propensity score analysis based on Japan rehabilitation database. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, 28(9), 2537–2542.
- KARNI, A.–MEYER, G.–REY-HIPOLITO, C.–JEZZARD, P.–ADAMS, M. M.–TURNER, R.–UNGERLEIDER, L. G. (1998). The acquisition of skilled motor performance: fast and slow experience-driven changes in primary motor cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 95(3), 861–868. <https://doi.org/10.1073/pnas.95.3.861>
- KWAKKEL, G. (2009). Intensity of practice after stroke: more is better. *Schweizer Arch. fur Neurol. und Psychiatr.* 160, 295–298. doi: 10.1080/09638280500534861
- KWAKKEL, G.–KOLLEN, B.–TWISK, J. (2006). Impact of time on improvement of outcome after stroke. *Stroke*, 37(9), 2348–2353.
- KWAKKEL, G.–VAN PEPPEN, R.–WAGENAAR, R. C.–DAUPHINEE, S. W.–RICHARDS, C.–ASHBURN, A.–ET AL. (2004). Effects of augmented exercise therapy time after stroke: a metaanalysis. *Stroke*, 35, 2529–2536.
- KWAKKEL, G.–VEERBEEK, J. M.–VAN WEGEN, E. E.–WOLF, S. L. (2015). Constraint-induced movement therapy after stroke. *The Lancet Neurology*, 14(2), 224–234.
- LANGHORNE, P.–BERNHARDT, J.–KWAKKEL, G. (2011). Stroke rehabilitation. *The Lancet*, 377(9778), 1693–1702.
- LEE, T. D.–GENOVESE, E. D. (1988). Distribution of practice in motor skill acquisition: Learning and performance effects reconsidered. *Research Quarterly for exercise and Sport*, 59(4), 277–287.
- LEE, T. D.–MAGILL, R. A. (1983). The Locus of Contextual Interference in Motor-Skill Acquisition. *Learning, Memory*, 9(4), 730–746.
- LIM, I.–VAN WEGEN, E.–DE GOEDE, C.–DEUTEKOM, M.–NIEUWBOER, A.–WILLEMS, A.–...–KWAKKEL, G. (2005). Effects of external rhythmical cueing on gait in patients with Parkinson's disease: a systematic review. *Clinical rehabilitation*, 19(7), 695–713.
- LUNDY-EKMAN, L. (2013). *Neuroscience-E-Book: Fundamentals for Rehabilitation*. Elsevier Health Sciences.
- MAIER, M.–BALLESTER, B. R.–VERSCHURE, P. F. (2019). Principles of neurorehabilitation after stroke based on motor learning and brain plasticity mechanisms. *Frontiers in systems neuroscience*, 13, 74.
- MARANGOLO, P.–BONIFAZI, S.–TOMAIUOLO, F.–CRAIGHERO, L.–COCCIA, M.–ALTOË, G.–PROVINCIALI, L.–CANTAGALLO, A. (2010). Improving language without words: first evidence from aphasia. *Neuropsychologia*, 48(13), 3824–3833. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.09.025>

- MATTAR, A. A.–GRIBBLE, P. L. (2005). Motor learning by observing. *Neuron*, 46(1), 153–160.
- MICHAELSEN, S. M.–DANNENBAUM, R.–LEVIN, M. F. (2006). Task-specific training with trunk restraint on arm recovery in stroke: randomized control trial. *Stroke*, 37(1), 186–192.
- MULDER, T. (2007). Motor imagery and action observation: cognitive tools for rehabilitation. *Journal of neural transmission*, 114(10), 1265–1278.
- OOUCHIDA, Y.–SUZUKI, E.–AIZU, N.–TAKEUCHI, N.–IZUMI, S. (2013). Applications of observational learning in neurorehabilitation. *Int. J. Phys. Med. Rehabil*, 1(5), 146. doi:10.4172/2329-9096.1000146
- PAGE, S. J.–LEVINE, P.–LEONARD, A. (2007). Mental practice in chronic stroke: results of a randomized, placebo-controlled trial. *Stroke*, 38(4), 1293–1297.
- QUANEY, B. M.–PERERA, S.–MALETSKY, R.–LUCCHIES, C. W.–NUDO, R. J. (2005). Impaired grip force modulation in the ipsilesional hand after unilateral middle cerebral artery stroke. *Neurorehabil Neural Repair*, 19(4), 338–349. doi:10.1177/1545968305282269
- RHEA, C. K.–WUTZKE, C. J.–LEWEK, M. D. (2012). Gait dynamics following variable and constant speed gait training in individuals with chronic stroke. *Gait Posture*, 36(2), 332–334.
- SAVION-LEMIEUX, T.–PENHUNE, V. B. (2005). The effects of practice and delay on motor skill learning and retention. *Exp. Brain Res.* 161, 423–431. doi: 10.1007/s00221-004-2085-9
- SCHAEFER, S. Y.–HAALAND, K. Y.–SAINBURG, R. L. (2009). Hemispheric specialization and functional impact of ipsilesional deficits in movement coordination and accuracy. *Neuropsychologia*, 47(13), 2953–2966. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2009.06.025
- SCHMIDT, R. A.–LEE, T. D. (1999). *Motor control and learning: A behavioral emphasis* (3rd ed.). Human Kinetics.
- SCHMIDT, R. A.–LEE, T. D. (2011). *Motor Control and Learning: A Behavioral Emphasis*, 5th Edn. Champaign, IL: Human Kinetics.
- SHEA, C. H.–LAI, Q.–BLACK, C.–PARK, J. H. (2000). Spacing practice sessions across days benefits the learning of motor skills. *Human movement science*, 19(5), 737–760.
- SMANIA, N.–GANDOLFI, M.–PAOLUCCI, S.–IOSA, M.–IANES, P.–RECCHIA, S.–...–FARINA, S. (2012). Reduced-intensity modified constraint-induced movement therapy versus conventional therapy for upper extremity rehabilitation after stroke: a multicenter trial. *Neurorehabilitation and neural repair*, 26(9), 1035–1045.
- SZÉL, I. (2010). Stroke-betegek rehabilitációja. In Z. Vekerdy-Nagy (Ed.), *Rehabilitációs orvoslás* (pp. 473-485). Budapest: Medicina.
- THAUT, M. H.–ABIRU, M. (2010). Rhythmic auditory stimulation in rehabilitation of movement disorders: a review of current research. *Music perception*, 27(4), 263–269.
- VAMOS, T.–BERENCSI, A.–FAZEKAS, G.–KULLMANN, L. (2018). Precise isometric hand grip learning of hemiparetic stroke patients. *Int J Rehabil Res*, 41(2), 180–182.
- VAN DER LEE, J. H.–SNELS, I. A.–BECKERMAN, H.–LANKHORST, G. J.–WAGENAAR, R. C.–BOUTER, L. M. (2001). Exercise therapy for arm function in stroke patients: a systematic review of randomized controlled trials. *Clinical Rehabilitation*, 15(1), 20–31.
- WADDELL, K. J.–STRUBE, M. J.–BAILEY, R. R.–KLAESNER, J. W.–BIRKENMEIER, R. L.–DROMERICK, A. W.–LANG, C. E. (2017). Does task-specific training improve upper limb performance in daily life poststroke? *Neurorehabilitation and neural repair*, 31(3), 290–300.
- WALKER, M. P.–BRAKEFIELD, T.–SEIDMAN, J.–MORGAN, A.–HOBSON, J. A.–STICKGOLD, R. (2003). Sleep and the time course of motor skill learning. *Learning & memory (Cold Spring Harbor, N.Y.)*, 10(4), 275–284. <https://doi.org/10.1101/lm.58503>
- WHITALL, J.–WALLER, S. M.–SILVER, K. H.–MACKO, R. F. (2000). Repetitive bilateral arm training with rhythmic auditory cueing improves motor function in chronic hemiparetic stroke. *Stroke*, 31(10), 2390–2395.
- WINSTEIN, C.–LEWTHWAITE, R.–BLANTON, S. R.–WOLF, L. B.–WISHART, L. (2014). Infusing Motor Learning Research Into Neurorehabilitation Practice: A Historical Perspective With Case Exemplar From the Accelerated Skill Acquisition Program. *Journal of neurologic physical therapy: JNPT*, 38(3), 190–200.
- WINSTEIN, C. J.–WOLF, S. L.–DROMERICK, A. W.–LANE, C. J.–NELSEN, M. A.–LEWTHWAITE, R.–...–AZEN, S. P. (2016). Effect of a task-oriented rehabilitation program on upper extremity recovery following motor stroke: the ICARE randomized clinical trial. *Jama*, 315(6), 571–581.
- WINWARD, C. E.–HALLIGAN, P. W.–WADE, D. T. (2007). Somatosensory recovery: a longitudinal study of the first 6 months after unilateral stroke. *Disabil Rehabil*, 29(4), 293–299. doi:10.1080/09638280600756489

- WONG, A. Y.–MA, E. P.–YIU, E. M. (2011). Effects of practice variability on learning of relaxed phonation in vocally hyperfunctional speakers. *J Voice*, 25(3), e103–113.
- WOODSON, A. M. (2013). Stroke. In M. V. Radomsky & C. A. Trombly (Eds.), *Occupational Therapy for Physical Dysfunction* (7th ed., pp. 1000–1029). Philadelphia: Lippincott, Williams&Wilkins.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (2018). International statistical classification of diseases and related health problems Retrieved from <https://icd.who.int/browse11/l-m/en>. <https://icd.who.int/browse11/l-m/en>
- WU, C. Y.–TROMBLY, C. A.–LIN, K. C.–TICKLE-DEGNEN, L. (2000). A kinematic study of contextual effects on reaching performance in persons with and without stroke: influences of object availability. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 81(1), 95–101.
- WULF, G.–PRINZ, W. (2001). Directing attention to movement effects enhances learning: a review. *Psychon. Bull. Rev.* 8, 648–660.
- ZHANG, J.–YU, J.–BAO, Y.–XIE, Q.–XU, Y.–ZHANG, J.–ET AL. (2017). Constraint-induced aphasia therapy in post-stroke aphasia rehabilitation?: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *PLoS One* 12:e0183349. doi:10.1371/journal.pone.0183349
- XU, J.–HAITH, A. M.–KRAKAUER, J. W. (2015). Motor Control of the Hand Before and After Stroke. In K. Kansaku, L. G. Cohen, & N. Birbaumer (Eds.), *Clinical systems neuroscience* (pp. 271–289). New York, NY: Springer Japan.
- YAO, W. X.–CORDOVA, A.–DE SOLA, W.–HART, C.–YAN, A. F. (2012). The effect of variable practice on wheelchair propulsive efficiency and propulsive timing. *Eur J Phys Rehabil Med*, 48(2), 209–216.
- YELNIK, A. P.–QUINTAINE, V.–ANDRIANTSIFANETRA, C.–WANNEPAIN, M.–REINER, P.–MARNEF, H.–...–ROUSSEAU, H. (2017). AMOBES (Active Mobility Very Early After Stroke) A Randomized Controlled Trial. *Stroke*, 48(2), 400–405.
- YOO, G. E.–KIM, S. J. (2016). Rhythmic auditory cueing in motor rehabilitation for stroke patients: systematic review and meta-analysis. *Journal of music therapy*, 53(2), 149–177.