(1) ELTE Bárczi Gusztáv Gyógypedagógiai Kar Gyógypedagógiai Módszertani és Rehabilitációs Intézet Szomatopedagógia Szakcsoport; (2) Országos Orvosi Rehabilitációs Intézet

Kézmozgások tanulását befolyásoló tényezők

BERENCSI ANDREA (1) – VÁMOS TIBOR (1,2)
berencsi.andrea@barczi.elte.hu, vamos.tibor@barczi.elte.hu

Absztrakt
A mozgásszervi rehabilitáció területén kiemelt feladatot jelent a sérült kézfunkciók helyreállítása, melynek feltétele a finommotoros funkciók tanulása. E funkciók fejlesztése a szomatopedagógiának is fontos célja. A cikk első része röviden áttekinti a mozgás elsajátításának vizsgálatát, a tanulás fázisait, megemlítve annak korábbi és újabb modelljeit, majd a kézmozgásokban, ezen belül az ujjakkal végzett mozgássorokban és az erőkifejtés-tanulásban részt vevő idegrendszeri struktúrákat. A második részben a teljesítményt és a tanulást befolyásoló tényezőkről lesz szó, mint pl. az életkor, a gyakorlás elosztása és a gyakorolt feladatok variabilitása.

Kulcsszavak: mozgástanulás, tanulás fázisai, specifikus gyakorlás, variábilis gyakorlás

Kézmozgások tanulását befolyásoló tényezők

A mozgásszervi rehabilitáció területén kiemelt feladatot jelent a sérült kézfunkciók helyreállítása. Az egész napos mozgásnevelés során a szomatopedagógus feladata kiterjed az önellátás, az oktatás, a kommunikáció és a szabadidős tevékenységek során szükséges finommotoros működések kialakítására, ami folyamatos mozgástanulást feltételez. A mozgástanulás gyakorláshoz vagy tapasztalathoz kapcsolódó folyamatok összessége, ami változást okoz a mozgásos képességben, és magába foglalja új izommozgássorok kialakítását, valamint a meglévők újraépítését. A következőkben a mozgás elsajátításának fázisairól, a tanulásban részt vevő idegrendszeri struktúrákról, a teljesítményt és a tanulást befolyásoló tényezőkről, valamint arról lesz szó, hogyan tudjuk ezeket a jelenségeket vizsgálni.

A mozgástanulás viselkedéses vizsgálata

A mozgástanulás és a motoros memória kialakulásának folyamatára leggyakrabban a mozgásos viselkedésből következtetünk. A tanulás vizsgálatakor a középpontban a gyakorlás során bekövetkező teljesítmény változása áll. A tanulás jele, ha a mozgás kivitelezése pontosabbá/konzisztensebbé, illetve gyorsabbá válik anélkül, hogy az egyik funkció javulása a másik romlásával járna együtt. A gyakorlás során bekövetkező teljesítményváltozást a tanulási görbék írják le, melyek lefutása logaritmikus összefüggést mutat. Ez azt jelenti, hogy a tanulás soha nem fejeződik be, de a gyakorlás előrehaladtával adott mennyiségű gyakorlás hatására mind kisebb és kisebb a javulás a teljesítményben. Retenció alatt az elsajátítás (a gyakorlás folyamata) során elért teljesítmény megtartását értjük. Transzfer alatt pedig az elsajátítás során gyakorolt feladatnak egy új, nem gyakorolt feladat végre-

hajtását/tanulását befolyásoló hatását. Ez a hatás lehet pozitív, negatív vagy semleges. Általában elmondhatjuk, hogy a transzfer függ a két feladat hasonlóságától, a feladatok hasonlósága pozitív transzfert eredményez. Arra vonatkozóan azonban kevés az adat, hogy a mozgás mely tulajdonságainak hasonlósága vezet pozitív transzferhez (SCHMIDT–LEE 1999). A gyakorlatban számos esetben kívánatos a pozitív transzferhatás, pl. a rehabilitáció során, kontrollált körülmények között megtanult készségek átültetése a gyakorlatba (amit a páciens a kórházban képes megtenni, azt legyen képes az otthonában is kivitelezni). A másik oldalról viszont egy adott mozgás vagy egy készség magas fokú elsajátítása kisebb fokú transzferhez vezet, vagy nem jelentkezik transzferhatás (KORMAN et al. 2003). A készségtanulásnak számos példája mutatja, hogy a tanulás a tréning alapvető paramétereire specifikus hatást gyakorol, pl. a végtag helyzetére, a mozgáspályára, vagy a trajektóriák gyakorlás során megtapasztalt sorozatára. A gyakorlás specifikussága a gyakorlás paramétereire vonatkozóan felveti, hogy a feldolgozásnak egy adott része, az adott paramétereket reprezentáló idegsejtek adott csoportjai mennek át a tanuláshoz kapcsolódó változáson. A gyakorlati munka során a magas fokú készségelsajátításnak nemcsak az előnyeit tapasztaljuk, hanem gyakran találkozhatunk a helytelenül megtanult, korrekcióra szoruló mozgásokon való utólagos változtatás nagy nehézségeivel is.

A mozgástanulás állomásai

A mozgástanulás folyamatának legismertebb modellje a FITTS (1964), FITTS és POSNER (1967), majd ANDERSON (1982, in ANDERSON 2000) által javasolt háromlépcsős modell. Az *első, kognitív fázisban* értjük meg azt, hogy mi a feladat, és hogy kell végrehajtani, valamint hogy hogyan értékelik a feladat végrehajtását. Általában jelentős kognitív igénybevétel szükséges ahhoz, hogy a tanuló megtalálja/meghatározza a megfelelő végrehajtási stratégiát. A jó stratégiákat megtartja, a nem megfelelőket elveti. Ennek következtében a teljesítmény eléggé inkonzisztens. A teljesítménybeli javulás ebben a fázisban a legnagyobb. Az instrukciók, a modell, a feedback és más tréningtechnikák szerepe ebben a fázisban a leghatékonyabb. A kognitív fázisban elért eredmények nagy része verbális-kognitív természetű. A legnagyobb javulás abban jelentkezik, hogy megtaláljuk, mit kell csinálni, és nem elsősorban a mozgásos minta finomodásában. *(„Mi is a feladat, mit is kell végrehajtanom?”)* A *második, asszociatív fázis* akkor kezdődik, amikor az egyén megtalálta a feladat végrehajtásának leghatékonyabb módját, és a mozgáson elsősorban már csak finom változásokat végez. A feladat végrehajtása sokkal konzisztensebb, és a javulás is fokozatos. Ez a szakasz napoktól hetekig tarthat. Ebben a szakaszban a feladat verbális aspektusa kezd eltűnni: a *„mi a feladat”* helyett a *„hogyan hajtsam végre a feladatot”* kérdésen van a hangsúly. A mozgástanulással foglalkozó kutatásokban ezt a fázist vizsgáljuk a leggyakrabban. Az *automatikus fázis* hetek, hónapok vagy évek gyakorlásának a következménye. Ekkor a feladat végrehajtása már alacsonyabb kognitív terhelést (pl. figyelmet) igényel, és kevésbé interferál más, egy időben végrehajtott tevékenységekkel. Ebben a fázisban már lehetőség van arra, hogy az egyén a feladat végrehajtásának más szempontjaira fordítsa figyelmét (a zenész például az előadás módjára egy koncert során).

A kézmozgások tanulásakor a viselkedés és az agyban történő változások összefüggéseinek vizsgálata során Karni és munkatársai (KARNI et al. 1995; 1998) a *mozgástanulás gyors és lassú fázisát* írták le. A tanulás során az első szakasz általában gyors teljesítményjavulással jár, és gyakorlásfüggő (pl. a teljesítmény javulása az első gyakorlás alatt), amit egy lassabb, fokozatos javulás követ, ami több szakaszból áll. A gyors fázis hossza több tényezőtől, például a feladat összetettségétől is függ. A gyakorlás alatti teljesítményt számos tényező: a gyakorlás mennyisége, elosztása, a feladatok összetétele és összetettsége, valamint a feedback is befolyásolja. A mozgástanulásra jellemző, hogy nemcsak gyakorlás

közben (online), hanem az azt követő, gyakorlás nélkül töltött periódusban (offline) is bekövetkeznek változások. Az offline fázis felelős a mozgásos memória stabilizációjáért, és a gyakorlást követő, további gyakorlás nélkül bekövetkező teljesítménynövekedésért (DAYAN–COHEN 2011; WALKER et al. 2003). A stabilizáció során (consolidation based stabilization) a teljesítmény nem javul a gyakorlás során elérthez képest, ám a más feladatokkal való interferencia csökken. Példa erre, hogy egy ujj-mozgássor gyakorlását követő 15 percen belül hasonló új feladat gyakorlása kedvezőtlenül hat a feladatokban elért teljesítmény megtartására, ám ez a hatás a két feladat közötti idő 4–6 órára növelése esetén eltűnik. A stabilizációt követően további gyakorlás nélkül is bekövetkezik a teljesítményjavulás a gyakorlás végén elért teljesítményhez képest (consolidation based enhancement). Míg a stabilizációt alvás/ébrenlét-függetlennek találták, a további gyakorlás nélküli teljesítmény javulását az ébrenléthez képest az alvás elősegítette, illetve ennek feltétele volt. A gyakorlást követő alvás után a gyakorolt finommozgások gyakorlásfüggő és alvásfüggő teljesítményjavulásának mértéke között viszont nem találtak közvetlen összefüggést, és a gyakorlás mennyiségének növelése nem okozott további offline teljesítménynövekedést (WALKER et al. 2003).

A finommozgások tanulásában részt vevő központi idegrendszeri struktúrákról

Számos változás zajlik az idegrendszerben, miközben új képességeket sajátítunk el. A gyakorlással és a tanulással együtt járó változásokat az idegrendszerben nyomon követhetjük például képalkotó eljárások (PET, fMRI) és elektrofiziológiai módszerek [EEG, egysejtregisztráció, transzkraniális mágneses stimuláció (TMS) és mikrostimuláció] segítségével.

A kézmozgások tanulása során a fent leírt stádiumokra jellemző változásokat találtak az agyi aktivitás feltérképezése során. A mozgástanulás esetén kiemelt szerepe van a kérgi mozgatóterületeknek, így az elsődleges mozgatókéregnek (M1), a szupplementer motoros, a pre-szupplementer motoros és a premotoros kéregnek, valamit a velük a thalamuszon keresztül reciprok kapcsolatban álló bazális ganglionoknak és a kisagynak. A nagyobb kognitív igénybevételt jelentő első fázisban a kérgi aktivitás kiterjedt mind a kérgi mozgatómezőkön belül, mind más kérgi területeken, mint pl. a prefrontális, a parietális, az elülső cinguláris kéregben; hasonlóképpen fokozott aktivitást találtak a kéreg alatti területeken (thalamusz, nucleus caudatus, globus pallidus), valamint a kisagyban (JEUPTNER et al. 1997). Tehát az elülső kérgi területek akkor aktívak, amikor a feladat által támasztott követelmények nagyobbak, pl. figyelem szükséges, elő kell készülni a következő mozgásos válaszra, és új döntéseket kell hoznunk. Ilyen körülmények között olyan területek is bekapcsolódnak, amelyek kevésbé kapcsolódnak közvetlenül az elsődleges mozgatókéreghez. Ilyenkor a mozgásos válasz hosszabb időt vesz igénybe, és nagyobb a variabilitás. Az automatikus fázis felé haladva, a tanulás lassú fázisában az aktivitás egyre inkább a kérgi mozgatómezőkre, a parietális lebenyre, a kéreg alatt a putamen hátsó részére tevődik, s kisebb lesz az aktivitás a kisagy egyes területein is. Tehát amikor egy feladat már automatikus, a motoros rendszer hátulsó „sávjai" aktívak, az elülső „sávok" felszabadulnak, és más aktivitásban is részt vehetnek. Míg az adaptációt igénylő feladatokban (pl. megfelelő erő megválasztása) a nagyagykéreg–kisagykéreg és a kisagyi magvak, addig az új mozgássorok tanulásakor (pl. gépelés, hangszeres játék) elsősorban a nagyagykéreg és a bazális ganglionok közötti idegi hálózatok elsődleges szerepét feltételezik a tanulás lassú fázisában (DOYON–BENALI 2005). A gyakorlásfüggő plaszticitás természetesen az idegrendszer alacsonyabb szintjeire, így a kortikospinális pályarendszerre, a gerincvelőre is jellemző.

A finommozgások – pl. ujjmozgássorozat – tanulása során az alvás szerepét számos tanulmány kiemelte *mind tipikus, mind atipikus fejlődés* esetén (ADI-JAPHA et al. 2011). A gyakorlást követő alvás során leírt egyes alvásmutatók (pl. a lassú hullámú alvás alatti alvási orsók száma, amplitúdója) és az offline teljesítménynövekedés között számos esetben találtak összefüggést (BARAKAT et al. 2013; TAMAKI et al. 2013). Az alvásfüggő teljesítményjavulás mértéke függ a gyakorolt feladat összetettségétől: összetettebb feladat (pl. hosszabb, bonyolultabb ujjmozgássor) esetén kifejezettebb az alvás utáni teljesítményjavulás (KURIYAMA et al. 2004). A gyakorlást végző személy életkora szintén befolyással bír az alvásfüggő teljesítményjavulásra. Ujjmozgássorozat tanulása során a gyakorlás alatt gyengébben teljesítő gyermekek teljesítménynövekedése a pontosságot tekintve nagyobb volt alvást követően (ASTILL et al. 2014), míg időskorban a lassú hullámú alvás jellemzőinek megváltozásával az offline teljesítménynövekedés kisebb mértékű (FOGEL et al. 2014).

Életkori hatások

A kéz és az ujjak mozgásai a többi mozgáshoz képest viszonylag későn érnek (érik el a felnőttkorra jellemző szintet), ezek között is a szekvenciális és az alternáló mozgások a legkésőbb. Az ujjakkal végzett mozgássorozatok végrehajtása esetén a kiindulási teljesítmény mind a pontosság, mind a sebesség tekintetében nő az életkor előrehaladtával legalább 20 éves korig, ami nemcsak a kérgi és a kéreg alatti struktúrák, hanem jelentős mértékben a kortikospinális pályarendszer elhúzódó érésének is betudható. A finommozgások tanulásához kapcsolódó plaszticitás felnőttkorban is fennmarad (DORFBERGER et al. 2009; GERVAN–BERENCSI–KOVÁCS 2011). A gyakorlást követő offline teljesítménynövekedés a serdülőkortól kezdve a férfiak esetén kifejezettebbnek tűnik, mint a nőknél (DORFBERGER et al. 2009). Az életkori hatások között az idegrendszer érésén túl fontos szerepe van a muszkuloszkeletális fejlődésének is, ami meghatározza a biomechanikai sajátosságokat, így behatárolhatja a kiindulási teljesítményt, és kihathat a tanulási folyamatra is.

A gyakorlás mennyisége, elosztása és tagolása

A gyakorlás mennyisége alapvetően befolyásolja a tanulás minőségét, eredményességét. Nagyobb mennyiségű, hosszan (hetekig, hónapokig) tartó gyakorlás specifikus, plasztikus változásokat hoz létre az idegrendszerben, pl. az M1-ben (KARNI et al. 1995, 1998). Egy másik fontos szempont azonban, hogy az adott mennyiségű gyakorlást hogyan osztjuk el az egyes gyakorlási napokon belül, illetve hosszabb időszakokban.

A mozgástanulás eredményességére hatással van az aktív gyakorlással töltött idő és a pihenőidők ütemezése. *Tömbösített,* vagy más szóval *tömörített gyakorlásról* akkor beszélünk, ha az aktív gyakorlás nincs megszakítva szünetekkel, vagy csak nagyon rövid szüneteket szúrnak be a gyakorlás folyamatába, melyek rövidebbek, mint az aktív gyakorlással töltött periódusok. A *tagolt gyakorlás* során az aktív gyakorlással töltött periódusok jobban elkülönülnek egymástól, hosszabb szünetekkel, a szünetek hosszúsága pedig megegyezik az aktív gyakorlási periódusok hosszával, vagy hosszabb azoknál. Több tanulmány (LEE–GENOVESE 1988; DONOVAN–RADOSEVICH 1999; SHEA et al. 2000) a tagolt gyakorlás előnyét hangsúlyozta a tömörített gyakorlással szemben. [A tagolt elsajátítás pozitív hatása egyébként nem csak mozgások tanulásakor mutatkozik meg. SMITH és ROTHKOPF (1984) egyetemi statisztika előadások tananyag-elsajátításának hatékonyságát vizsgálta részben a tömbösített és tagolt gyakorlás kontextusában. Arra a következtetésre jutottak, hogy az egyetemi statisztika tananyag megtanulása is hatékonyabb, ha azt több napra szétosztva oktatják.]

A gyakorlás variabilitása

Az *elsajátítás* (más szóval: gyakorlás) során a mozgásfeladatok variabilitásának mértéke szintén hatással van a tanulás eredményességére. A *variabilitás* (egy mozgás többféle variációjának gyakorolása) rontja ugyan a teljesítményt az elsajátítás során, de jobban segíti a tanultak *megmaradását* (a retenciót), mint a *specifikus gyakorlás* (egy mozgás egyféleképpen történő gyakorlása az elsajátítás során). A variabilitás pozitív hatása a mozgástanulásra Schmidt *séma-teóriájából* (SCHMIDT 1975) ered. Schmidt szerint, amikor egy személy valamilyen mozgást gyakorol, a gyakorlás révén egy mozgásos válaszsémát alakít ki magában, ami nem más, mint ismeretek összessége az éppen gyakorolt mozgásról. Többféle kiindulási helyzet megtapasztalása, a mozgás különböző paramétereinek megtapasztalása (pl. különböző nagyságú erőkifejtésnek vagy sebesség alkalmazásának milyen következményei lesznek), a mozgás szenzoros következményeinek megtapasztalása, a mozgás eredményének megtapasztalása kialakít egy sémát a mozgást gyakorló személyben. Schmidt elmélete szerint egy-egy mozgás végrehajtása után a mozgásra vonatkozó információk elraktározódnak a központi idegrendszerben, és a gyakorlás során ezek az információk egy sémává alakulnak. A séma tehát az adott mozgáshoz tartozó tapasztalatok összessége. Minél több tapasztalatot szerzünk egy mozgásról (minél többször tapasztaljuk meg a mozgás valamely variációját, paraméterét), annál erősebb lesz az adott mozgásra vonatkozó motoros séma. Ha egy adott mozgásra vonatkozóan kellően erőssé vált a séma, az azt jelenti, hogy nagy valószínűséggel a mozgásnak olyan új variációját is képes hatékonyan végrehajtani a mozgást elsajátító személy, mely variációt az elsajátítás során nem is gyakorolt (gondoljunk például arra a gyakorlott kosárlabdázóra, aki a pálya több pontjáról is magabiztosan tud 3 pontos kosarat dobni).

A variábilis gyakorlás hatását többféle mozgás esetében vizsgálták. *Sporttal összefüggő* mozgásfeladatokat alkalmazó (MEMMERT 2006; DOUVIS 2005), *célzó mozgásokat alkalmazó* (HEITMANN et al. 2005) és *időzítéses* feladatokat alkalmazó (GIUFFRIDA et al. 2002) tanulmányok is kimutatták a variábilis gyakorlás pozitív hatását a tanulás eredményességére. Gyerekek esetében hatékonyabbnak tűnik a variabilitás alkalmazása gyakorlási helyzetekben felső végtagi mozgások esetén (KERR–BOOTH 1978; GREEN et al. 1995). Úgy tűnik, az sem mindegy, hogy a variábilis gyakorlás során hogyan követik egymást az elsajátítandó mozgásfeladatok. Ha például 4 variációját kell gyakorolni egy mozgásnak (A, B, C, D variáció) összesen 20-szor, akkor a 4 variáció többféleképpen is csoportosítható. A 4 variáció gyakorolható blokkokba rendezve (pl. AAAAA, BBBBB, CCCCC, DDDDD sorrendben), szeriálisan (pl. ABCD, ABCD, ABCD, ABCD, ABCD sorrendben) és randomizálva (pl. ACBD, BDAC, DCBA stb.). A gyakorolt A, B, C és D feladatok száma mindhárom esetben megegyezik, tehát az elsajátítást végző személyek mindhárom esetben ugyananyiszor gyakorolják a 4 feladatvariációt, csak más-más sorrendben. 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 tipikus fejlődésű populációkban történt vizsgálatai alapján jobb transzfer feltételezhető a tanulást követően, ezért hatásait a neurorehabilitációban is vizsgálták. Stroke-túlélőkkel végzett vizsgálatunk előzetes eredményei azt mutatták (VÁMOS et al. 2011), hogy hemiparetikus stroke-betegek esetében a precíz izometriás kézi szorítóerőkifejtés tanulása, valamint a mozgás új feltételek között való alkalmazása (a transzfer) szempontjából a *variábilis gyakorlás* feltehetően *hatékonyabb,* mint a specifikus gyakorlás.

Összegezve a fentieket: mind a gyakorlás alatti teljesítményt, mind a tanultak hosszú távú megtartását és az új körülmények között való alkalmazását számos faktor befolyásolja. Annak ellenére, hogy ezek egy része – pl. a mozgásos memória konszolidációs fázisainak feltérképezése – a képalkotó eljárások fejlődésével az utóbbi két évtizedben valamivel nagyobb hangsúlyt kapott, mint korábban, számos terület még feltáratlan.

Ilyen pl. a gyakorlás összetételének, elosztásának vagy a feedback hatásainak vizsgálata az egyes mozgáskorlátozott vagy tanulásban/értelmileg akadályozott populációkban. Ezek további vizsgálata és a gyakorlati munkába történő integrációja a szomatopedagógiai szakterületnek is egyik fontos feladata lehet a jövőben.

Irodalom

ADI-JAPHA, E. – FOX, O. – KARNI, A. (2011): Atypical acquisition and atypical expression of memory consolidation gains in a motor skill in young female adults with ADHD. *Research In Developmental Disabilities, 32*(3), 1011–1020. doi: 10.1016/j.ridd.2011.01.048

ANDERSON, J. R. (2000): *Learning and Memory: An Integrated Approach*. 2nd edition. Wiley, New York.

ASTILL, R. G. – PIANTONI, G. – RAYMANN, R. J. – VIS, J. C. – COPPENS, J. E. – WALKER, M. P. – STICKGOLD, R. – VAN DER WERF, Y. – VAN SOMEREN, E. J. (2014): Sleep spindle and slow wave frequency reflect motor skill performance in primary school-age children. *Frontiers in Human Neuroscience, 8,* 910. doi: 10.3389/fnhum.2014.00910

BARAKAT, M. – CARRIER, J. – DEBAS, K. – LUNGU, O. – FOGEL, S. – VANDEWALLE, G. – HOGE, R. D. – BELLEC, P. – KARNI, A. – UNGERLEIDER, L. G. – BENALI, H. – DOYON, J. (2013): Sleep spindles predict neural and behavioral changes in motor sequence consolidation. *Human Brain Mapping, 34*(11), 2918–2928. doi: 10.1002/hbm.22116

DAYAN, E. – COHEN, L. G. (2011): Neuroplasticity subserving motor skill learning. *Neuron, 72*(3), 443–454. doi: 10.1016/j.neuron.2011.10.008

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.

DORFBERGER, S. – ADI-JAPHA, E. – KARNI, A. (2009): Sex differences in motor performance and motor learning in children and adolescents: an increasing male advantage in motor learning and consolidation phase gains. *Behavioural Brain Research, 198*(1), 165–171. doi: 10.1016/j.bbr.2008.10.033

DOUVIS, S. J. (2005): Variable practice in learning the forehand drive in tennis. *Perceptual and Motor Skills, 101*(2), 531–45.

DOYON, J. – BENALI, H. (2005): Reorganization and plasticity in the adult brain during learning of motor skills. *Curr Opin Neurobiol, 15*(2), 161–167. doi: 10.1016/j.conb.2005.03.004

FOGEL, S. M. – ALBOUY, G. – VIEN, C. – POPOVICCI, R. – KING, B. R. – HOGE, R. – SAAD J. – BABDI, S. – BENALI, H. – – KARNI, A. – MAQUET, P. – CARRIER, J. – DOYON, J. (2014): fMRI and sleep correlates of the age-related impairment in motor memory consolidation. *Human Brain Mapping, 35*(8), 3625–3645. doi: 10.1002/hbm.22426

GERVAN, P. – BERENCSI, A. – KOVÁCS, I. (2011): Vision first? The development of primary visual cortical networks is more rapid than the development of primary motor networks in humans. *PLoS One, 6*(9), e25572. doi: 10.1371/journal.pone.0025572

GIUFFRIDA, C. G. – SHEA, J. B. – FAIRBROTHER, J. T. (2002): Differential transfer benefits of increased practice for constant, blocked, and serial practice schedules. *Journal of Motor Behavior, 34*(4), 353–365.

GREEN, D. P. – WHITEHEAD, J. – SUGDEN, D. A. (1995): Practice variability and transfer of a racket skill. *Perceptual and motor skills, 81*(3f). 1275–1281.

HEITMANN, R. J. – PUGH, S. F. – KOVALESKI, J. E. – NORELL, P. M. – VICORY, J. R. (2005): Effects of specific versus variable practice on the retention and transfer of a continuous motor skill. *Perceptual and Motor Skills, 100,* 1107–1113.

JUEPTNER, M. – STEPHAN, K. M. – FRITH, C. D. – BROOKS, D. J. – FRACKOWIAK, R. S. – PASSINGHAM, R. E. (1997): Anatomy of motor learning. I. Frontal Cortex and Attention to Action. *Journal of Neurophysiology, 77*(3), 1313–1324.

JUEPTNER, M. – FRITH, C. D. – BROOKS, D. J. – FRACKOWIAK, R. S. – PASSINGHAM, R. E. (1997):Anatomy of motor learning. II. Subcortical structures and learning by trial and error. *Journal of Neurophysiology, 77*(3), 1325–1337.

KARNI, A. – MEYER, G. – JEZZARD, P. – ADAMS, M. M. – TURNER, R. – UNGERLEIDER, L. G. (1995): Functional MRI evidence for adult motor cortex plasticity during motor skill learning. *Nature, 377*(6545), 155–158. doi: 10.1038/377155a0

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. *PNAS, 95*(3), 861–868.

KERR, R. – BOOTH, B. (1978): Specific and varied practice of motor skill. *Perceptual and Motor Skills, 46*(2), 395–401.

KORMAN, M. – RAZ, N. – FLASH, T. – KARNI, A. (2003): Multiple shifts in the representation of a motor sequence during the acquisition of skilled performance. *PNAS, 100*(21), 12492–12497. doi: 10.1073/pnas.2035019100

KURIYAMA, K. – STICKGOLD, R. – WALKER, M. P. (2004): Sleep-dependent learning and motor-skill complexity. *Learning & Memory, 11*(6), 705–713. doi: 10.1101/lm.76304

LEE, T. – MAGILL, R. (1983): The locus of contextual interference in motor-skill acquisition. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition, 9*(4), 730–746.
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.
MEMMERT, D. (2006): Long-term effects of practice on learning and transfer of a complex motor skill. *Perceptual and Motor Skills, 103*(3), 912–916.
SCHMIDT, R. A. (1975): A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review, 82*(4), 225–260.
SCHMIDT, R. A. – LEE, T. D. (1999): *Motor control and learning: a behavioral emphasis* (3rd ed.). Human Kinetics, Champaign, IL.
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.
SMITH, S. M. – ROTHKOPF, E. Z. (1984): Contextual Enrichment and Distribution of Practice in the Classroom. *Cognition and Instruction, 1*(3), 341–358.
TAMAKI, M. – HUANG, T. R. – YOTSUMOTO, Y. – HAMALAINEN, M. – LIN, F. H. – NANEZ, J. E. SR. – WATANABE, T. – SASAKI, Y. (2013): Enhanced spontaneous oscillations in the supplementary motor area are associated with sleep-dependent offline learning of finger-tapping motor-sequence task. *The Journal of Neuroscience, 33*(34), 13894–13902. doi: 10.1523/JNEUROSCI.1198-13.2013
VÁMOS, T. – BERENCSI, A. – FAZEKAS, G. – IMANAKA, K. – HORVÁTH, M. – TRÓCSÁNYI, M. (2011): Precise isometric hand grip learning of patients with hemiparetic stroke. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine, 47*(S1), 17.
WALKER, M. P. – BRAKEFIELD, T. – HOBSON, J. A. – STICKGOLD, R. (2003): Dissociable stages of human memory consolidation and reconsolidation. *Nature, 425*(6958), 616–620. doi: 10.1038/nature01930
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, 10*(4), 275–284. doi: 10.1101/lm.58503

A szlovákiai Carissimi Nonprofit Alap kuratóriuma 2010-ben
Carissimi – Esély a fogyatékos és egészségkárosodott embereknek címmel
olyan magyar nyelvű ismeretterjesztő folyóirat
megjelenésének támogatását határozta el, amely fórumot teremt
fogyatékos és egészségkárosodott embereknek, és segítséget nyújt
az őket érintő ügyekben való eligazodáshoz,
társadalmi beilleszkedésükhöz.

Az ismeretterjesztő folyóirat valamennyi eddig megjelent száma
ingyenesen elérhető a www.carissimi.sk oldalon.