

◀ A MUNKAMEMÓRIA ÉS VÉGREHAJTÓ FUNKCIÓK KAPCSOLATA AZ ISKOLAI TELJESÍTMÉNNYEL*



TÁNCZOS Tímea

Szegedi Tudományegyetem, Neveléstudományi Doktori Iskola
6722 Szeged, Petőfi S. sgt. 30–34.
timeatanczos@gmail.com

JANACSEK Karolina

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Pszichológiai Intézet
1064 Budapest, Izabella u. 46.
janacsekkarolina@gmail.com

NÉMETH Dezső

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Pszichológiai Intézet
1064 Budapest, Izabella u. 46.
nemethd@gmail.com

ÖSSZEFOGLALÓ

Háttér és célkitűzések: A munkamemória és végrehajtó funkciók fókuszált vizsgálata kulcsfontosságú a gyerekek tanulási képességeinek és nehézségeinek megértéséhez. Vizsgálatunk célja annak feltérképezése volt, hogy a gyerekek munkamemóriát és végrehajtó funkciókat mérő feladatokon elért első osztályos teljesítménye hogyan jósolja be a negyedik osztályos iskolai teljesítményüket. *Módszer:* A munkamemória-rendszer komponenseit a következő tesztekkel mértük: számterjedelem, álszóismétlés, hallási mondatterjedelem, számlálási terjedelem, fordított számterjedelem, Corsi-kocka. A végrehajtó funkciókat pedig a betű- és szemantikus fluencia feladatok mennyiségi és minőségi elemzésével mértük. 105 tipikusan fejlődő gyerek vett

* Köszönjük a vizsgálatot lehetővé tevő intézményeknek és az adatfelvételt segítő hallgatóknak a közreműködésüket, valamint Orosz Gábornak a kézirattal kapcsolatos javaslatait. A kutatás az OTKA NF105878 (ND), OTKA MB08A 84743 (ND) és a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj (JK) támogatásával készült. A kutatás a TÁMOP 4.2.4. A/2-11-1-2012-0001 Nemzeti Kiválóság Program című kiemelt projekt keretében zajlott, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

részt a longitudinális vizsgálatban. *Eredmények:* Eredményeink azt mutatják, hogy a magyar nyelv és irodalom tantárgyon nyújtott teljesítményt a téri-vizuális, illetve a komplex munkamemória jósolta be. A matematikateljesítményt ugyanezek a kognitív funkciók jósolták be, kiemésülve még a végrehajtó funkciók váltási és stratégiai előhívási komponensével. A környezetismeret esetében a komplex munkamemória és a végrehajtó funkciók csoportosítási és váltási komponensei bizonyultak bejósoló értékűnek. *Következtetések:* Eredményeink rámutatnak arra, hogy a részletes kognitív profil segíthet a tanulási folyamatok hátterének megértésében és a gyerekek későbbi tanulmányi sikereinek bejósolásában.

Kulcsszavak: végrehajtó funkciók, munkamemória, iskolai teljesítmény, tanulási nehézségek

BEVEZETÉS

Az általános iskolai teljesítmény alapvetően határozza meg a gyerekek életútját és jövőjét. Az iskolai teljesítmény hátterében álló faktorok feltérképezése tehát kulcsfontosságú nemcsak tanuláspszichológiai és iskolapszichológiai szempontból, hanem a fejlesztési programokat tekintve is. Az utóbbi években a modern kognitív pszichológiának és neuropszichológiának fontos szerepe van az iskolai teljesítményt meghatározó faktorok vizsgálatában, ugyanis ezek a tudományterületek 1. fókuszáltabb kognitív funkciókat vizsgálnak, 2. a funkciók empirikusan megalapozottak, és 3. idegrendszeri hátterük relatíve feltérképezett. Ebben a személeti keretben dolgozva tanulmányunk célja, hogy longitudinálisan megvizsgálja az iskola kezdetekor a kognitív funkciókat (munkamemória és végrehajtó funkciók) és ezek bejósoló hatását a négy évvel későbbi iskolai teljesítményre.

A többkomponensű munkamemória-rendszernek jelentős szerepe van a különböző típusú információk ideiglenes tárolásában és feldolgozásában, így a tanulási folyamatokban is (Baddeley és Hitch, 1974; Baddeley, 2000, 2003; magyarul lásd Racsmány, 2007). A téri-vizuális munkamemória (ún. téri-vizuális vázlattömb), a verbális munkamemó-

ria (ún. fonológiai hurok), epizodikus puffer, a központi végrehajtó és általánosan a munkamemória (ún. komplex munkamemória) működéséért specifikus agyi hálózatok felelősek, melyeket különböző mérőeljárásokkal tudunk vizsgálni (Baddeley, 2002, 2003; Gathercole, 1999; Engle et al., 1999; Daneman és Merikle, 1996, Cowan et al., 2003; Service és Tujulin, 2002; Racsmány et al., 2005; Janacsek et al., 2009).

A *végrehajtó funkciók* felelősek a gondolatok tudatos kontrolljáért és a viselkedés irányításáért egy távoli cél elérése felé. Ezek a folyamatok magukban foglalják a gátlást, munkamemóriát, flexibilitást, tervezést, fluenciát és a fogalomalkotást. Tehát ezek a folyamatok egy nagyobb önszabályozó konstruktum kognitív alkotmenseiként értelmezhetőek (Calkins és Markovitch, 2010; Miyake et al., 2000). A végrehajtó funkciók magas szintű működése az egyik alapja a figyelmi, gondolkodási és problémamegoldási folyamatoknak, amelyek az iskolai teljesítményben meghatározó szerepet játszanak (Bull és Scerif, 2001; Bull et al., 2008; McLean és Hitch, 1999; Ozonoff és Jensen, 1999; Russell et al., 1996; Swanson et al., 1996; St. Clair-Thompson és Gathercole, 2006; Thorell et al., 2009; Best et al., 2009). A verbális fluencia (szógenerálási) tesztek a végrehajtó funkciók mérőeljárásai, ame-

lyek széles körben használtak a kognitív pszichológiában, a fejlődépszichológiában és a neuropszichológiai diagnosztikában is (Benton et al., 1976; Lezak, 1995; Spreen és Strauss, 1991). Tanulmányunkban nemcsak az alap-fluenciamutatókat elemezzük, mint a generált szavak száma és *perszeverációk* (ismétlések), hanem finomabb elemzésekkel a csoportosító stratégiákat is (magyarul ld. Mészáros et al., 2011; Tánczos et al., 2014, megjelenés alatt).

Az elmúlt években a nemzetközi szakirodalomban nagy érdeklődés övezte az iskolai teljesítményt befolyásoló faktorokat. Elsősorban a munkamemória működését, illetve a végrehajtó funkciókat hozták kapcsolatba az iskolai teljesítménnyel, azonban ezek szerepe eltérhet az egyes tantárgyak esetében (Krajewski és Schneider, 2009; Dahlin, 2011; Lu et al., 2011; Bull et al., 2008).

A memóriefunkciók és a tanulmányi teljesítmény közötti kapcsolat erősségére már számos korábbi tanulmányban rámutattak (Gathercole et al., 2006; Gathercole et al., 2003; Swanson és Jerman, 2007; Bull et al., 2008). Mind az olvasási készségek (Gathercole et al., 2006; Seigneuric et al., 2000), mind pedig a matematikai képességek terén (Alloway és Alloway, 2010; Swanson és Sachse-Lee, 2001) kapcsolatot találtak a munkamemóriával.

Alloway és munkatársai 4-5 éves gyerekek memóriaműködési készségei és a tanári értékelések eredményei közötti összefüggéseket tanulmányozták longitudinális vizsgálatukban. A különböző kognitív funkciók egyedi társításokat alkottak az alapszintű felmérésekkel, mint pl. olvasás, írás, hallottszöveg-értés. A vizsgálatok eredményei azt jelzik, hogy a rövid idő alatti információátrolás és -feldolgozás, valamint a hangtani szerkezetek tudatos használata (pl. rímek)

döntő szerepet játszhatnak a kulcsfontosságú tantárgyaknál a gyerekek szervezett oktatásának kezdetén (Alloway et al., 2005).

Gathercole és Pickering (2000) vizsgálatukban összefüggést találtak a 6-7 éves gyerekek információátrolási és -feldolgozási képessége és matematikai, olvasási teljesítményei között. A tesztbatteria kialakításakor fontos szempontként szerepelt, hogy a Baddeley és Hitch (1974) nevéhez fűződő munkamemória-modell egyes komponenseit minél részletesebben tudják mérni. A vizsgálatban részt vevő 83 főt átlagos és alacsony teljesítményű csoportokba sorolták a matematika- és angol nyelvi teljesítményük alapján. Az alacsonyabb teljesítményű gyerekek főként a téri-vizuális vázlattömböt mérő feladatokon teljesítettek gyengébben. Gyakorlással ezek a gyerekek elérték a magasabb teljesítményű csoport szintjét, hibázásaik száma lecsökkent. A téri-vizuális vázlattömb fejlettsége hatással van tehát a gyerekek matematikajeljesítményére, gyakorlással és fejlesztő foglalkozásokkal az elmaradások behozhatóak (Gathercole és Pickering, 2000).

A fenti kutatócsoport (Gathercole et al., 2004) a munkamemória és a nemzeti tananyag – angol, matematika és természettudományok – elsajátítása közötti kapcsolatot kutatta a 7 és 14 évesek körében. Azt kapták eredményül, hogy az írás-olvasás készségek elsajátítása kapcsolatban áll a munkamemóriával, viszont a magasabb szintű készségek, mint a szövegértés és a szövegelemzés, a 14 éveseknél független a munkamemória kapacitásától. Azok a gyerekek, akik általános tanulási nehézségekkel küzdenek, beleértve a matematikát és az anyanyelvet, a munkamemória minden komponense esetében gyengébb teljesítményt nyújtottak (Gathercole et al., 2004). Eredményeik tehát alátámasztják Gathercole és Pickering (2000) korábbi munkáját, miszerint

a munkamemória kapacitása bejósolja a matematika és az angol nyelv tantárgyban nyújtott teljesítményt. A korai munkamemória-eredmények erősen szignifikáns előjelzői a gyerekek későbbi írás-olvasás elsajátításának, de a matematika esetében ezt nem mutatták ki. A munkamemóriát mérő tesztek eredményei igazolják az egyedi eltéréseket a gyermekek betűzési és írási eredményeiben a hétéveseknél (Gathercole et al., 2003). Krajewski és Schneider (2009) longitudinális kutatásában hasonló eredményeket kaptak, miszerint az olvasási képesség, a betűzés és a fonológiai tudatosság között, valamint a matematikai képesség és a téri-vizuális vázlattömb fejlettsége között magas korrelációt találtak. Ezek az eredmények rámutatnak az alapismeretek és a kognitív képességek összekapcsolásának hasznosságára, ugyanis ezek jósolják be a gyerekek későbbi tanulmányi sikereit.

Meyer és munkatársai (2010) keresztmetszeti vizsgálatban második és harmadik osztályos gyerekeknél térképezték fel a munkamemória és a matematikai képességek kapcsolatát. Második osztályban a számlálási teszten elért teljesítmény együttjárást mutatott a matematikai érveléssel, azonban a téri-vizuális vázlattömb mérésére szolgáló Corsi-kocka teszten nyújtott teljesítmény nem mutatott együttjárást a számokkal végzett műveletek tudatosságának fejlettségével. A harmadik osztályban azonban már korrelációt találtak a Corsi-kocka teszten elért eredmények és a matematikai érvelési képesség között. Hozzájuk hasonlóan Swanson (2011) eredményei szerint azok a gyerekek, akik fejlettebb munkamemóriával rendelkeznek, jobb eredményeket nyújtottak a matematikai feladatok megoldásakor.

Bull és munkatársai (2008) a munkamemória különböző komponenseit vizsgálták

az iskola-előkészítőben (4 évesen), majd az általános iskola első és harmadik osztályában. Az eredmények alapján a téri-vizuális munkamemória és a komplex munkamemória fejlettsége meghatározó volt a matematikateljesítményben (Gathercole et al., 2005; Mazocco és Kover, 2007; Toll et al., 2011; Lu et al., 2011). A munkamemória és az iskolai teljesítmény kapcsolatát mutatja az is, hogy azok a gyerekek, akiknek nehézségei vannak a matematikával, alacsony teljesítményt mutatnak a munkamemória mérőeljárásain (Swanson és Jerman, 2006).

Longitudinális kutatásunk célja annak feltérképezése volt, hogy a vizsgálatban részt vevő gyerekek negyedik osztályos iskolai teljesítményét hogyan jósolja be a munkamemória és végrehajtó funkció teszteken nyújtott első osztályos eredményük. Az elemzésekbe a magyar nyelv és irodalom, a matematika, illetve a környezetismeret tantárgyakat vontuk be, mivel célunk volt az angolszász szakirodalom témával kapcsolatos alapvizsgálatainak (lásd Gathercole és Pickering, 2000; Gathercole et al., 2004) magyar nyelvű megisméltése és validálása. A pontos replikálás miatt ugyanazokat a tantárgyakat választottuk, melyeket a fenti szerzők. Kutatásunk fókusza nem a készségtárgyakon volt (rajz, testnevelés, ének-zene, technika), hanem a kognitív képességeket nagyobb mértékben igénylő tárgyakon.

Vizsgálatunk több szempontból is hiánypótló: 1. ilyen fókuszú kutatásra Magyarországon eddig még nem került sor, továbbá 2. a munkamemória funkcióinak precízebb feltérképezése és a fluenciateszteken belül mind a klasszikus (szavak száma, hiba, perszeveráció), mind az újabb változók (klaszterek száma, mérete, váltások száma) bekevertek az elemzéseinkbe.

1. táblázat. A vizsgálatban használt munkamemória és végrehajtó funkció tesztek

MÉRŐELJÁRÁS	VIZSGÁLT FUNKCIÓ	FELADAT	HELYES VÁLASZ
Álszóismétlési teszt	Verbális munkamemória	Megismételni egyenként Pl. „szan”	„szan”
Számterjedelm teszt	Verbális munkamemória	Megjegyezni, visszamondani sorrendben Pl.: „7 – 2 – 9 – 1”	„7 – 2 – 9 – 1”
Fordított számterjedelm teszt	Komplex munkamemória	Megjegyezni, visszamondani fordított sorrendben Pl.: „4 – 9 – 6 – 1”	„1 – 6 – 9 – 4”
Hallási mondat-terjedelm teszt	Komplex munkamemória	I/H, megjegyezni, visszamondani sorrendben az utolsó szavakat. Pl.: „A varrónő által gyakran használt eszköz az <u>olló</u> .” „A madarak csőrében mindig sok a <u>káv</u> é.”	„igaz” „hamis” „olló” „kávé”
Számlálási terjedelm teszt	Komplex munkamemória	Egymás után következő ábrákon megszámolni a sötétkék köröket, majd sorrendben visszamondani a számolások végeredményét.	a számolások végeredménye
Corsi-kocka teszt	Téri-vizuális munkamemória	Megjegyezni, visszamutatni sorrendben. Pl.: „5 – 3 – 8 – 1” (ahol a számok a kockákat jelölik)	„5 – 3 – 8 – 1”
Betűfluencia	Nyelvi és végrehajtó funkciók ¹	Pl. „K” betűvel minél több szót mondani 1 perc alatt.	„kutya, kard, kalap...”
Szemantikus fluencia	Nyelvi és végrehajtó funkciók	Pl. „ÁLLAT” kategória-minta-példányokat mondani 1 perc alatt	„macska, kutya, hal, tevé...”

A VIZSGÁLAT

Résztevők

A vizsgálatban összesen 105 tipikus fejlődésű gyerek vett részt (59 lány/ 46 fiú; 88 jobb-/ 17 balkezes). A vizsgálati személyek átlagos életkora 6,79 év volt (szórás = 0,54). Az adatgyűjtésre Csongrád megyében került sor, három különböző iskolában. A kognitív tesztek felvételekor a gyerekek az általános iskola első osztályába jártak, a tanulmányi eredményeiket pedig negyedik osztályos korukban kértük ki. Az iskolai teljesítményt az

egy-egy tantárgyra adott év végi jegyekben mértük. A tesztfelvétel előtt minden résztvevőt és az intézmények vezetőit is részletesen informáltunk a kutatás céljáról és menetéről, valamint írásbeli beleegyezést is kértünk a gyerekek szüleitől. A vizsgálat során betartottuk a Magyar Pszichológiai Társaság által előírt etikai szabályokat.

Eszközök

Álszóismétlési teszt (Gathercole et al., 1991; Racsmany et al., 2005, Németh et al., 2000) – Ebben a tesztben a vizsgálati személynek (v.sz.) egyre hosszabb, értelmetlen szavakat

¹ A végrehajtó funkciók mérőeljárásai közül azért esett a fluenciatesztekre a választásunk, mivel magyar nyelven még nem született olyan vizsgálat, ahol a verbális fluencia tesztek részletes mennyiségi és minőségi elemzése történt volna az iskolai teljesítmény függvényében. A fluenciatesztek előnye más végrehajtó funkciót mérő tesztekkel szemben (pl. Wisconsin kártyaszortírozási teszt, Stroop teszt, Hanoi-torony feladat), hogy felvétele viszonylag gyors és mégis sokféle mutatót ad, amelyek segítségével lehetővé válik a váltás, a gátlás és a lexikális hozzáférés feltérképezése is.

kell hallás után megismételnie (ld. 1. táblázatban). A végső terjedelmi mutató az a szótaghosszúság, ahol a v.sz. négy próbából hármat helyesen tudott megismételni.

Számterjedelem teszt (Jacobs, 1887; Racsmány et al., 2005) – A teszt során a v.sz.-nek számsorokat kell megismételni az elhangzás sorrendjében. A végső terjedelmi mutató az a számsorozat-hosszúság, ahol a v.sz. négy próbából hármat helyesen tudott megismételni.

Fordított számterjedelem teszt (Gathercole, 1999; Racsmány et al., 2005) – Ennél a tesztnél a v.sz.-nek az a feladata, hogy a számokat az elhangzás sorrendjével ellentétesen, vagyis „visszafelé” mondja vissza. A végső terjedelmi mutató az a számsorozat-hosszúság, ahol a v.sz. négy próbából hármat helyesen tudott megismételni.

Hallási mondatterjedelem teszt (Dane-man és Blennerhasset, 1984; Janacsek et al., 2009) – A teszt során a v.sz.-nek a hallott mondatok igazságtartalmáról kell döntenie, valamint megjegyezni a mondatok utolsó szavait, és ezeket a próba végén az elhangzás sorrendjében megismételni. Helyes válasz esetén egyre több mondatot olvasunk fel. Ha a v.sz. nem tudja a szavakat helyes sorrendben felidézni, akkor előlről kezdjük a feladatot új mondatokkal (összesen háromszor). A végső terjedelmi mutatót a három próba során még helyesen felidézett szavak számának átlaga adja.

Számlálási terjedelem teszt (Case et al., 1982; Janacsek et al., előkészületben) – A teszt során sötétkék köröket és négyzeteket, valamint sárga köröket mutatunk a számítógép képernyőjén. A v.sz.-eknek az a feladatuk, hogy egyesével, hangosan számlálják meg a sötétkék köröket, ismételjék meg ezt az utolsó számot és jegyezzék meg. Több kép bemutatása után a számlálás végeredményeit

kell sorrendben felidézniük. Ha hibáznak, a feladatot előlről kell kezdeni (összesen háromszor). Mindhárom alkalommal annyi pontot ér el a személy, ahány végeredményt még helyesen vissza tudott mondani. A teszt végső értékét a három sorozat átlaga adja.

Corsi-kocka teszt (Lezak, 1995; Racsmány, 2004) – A teszt során kilenc darab fakocka van elhelyezve egy fatáblán. A v.sz.-nek ugyanabban a sorrendben kell a kockákra mutatnia, ahogy azt a vizsgálatvezető tette. A végső terjedelmi mutató az a hosszúság, ahol a v.sz. négy próbából hármat helyesen tudott visszamutatni.

Betűfluencia (Lezak, 1995; Tánczos et al., bírálat alatt) – A teszt során a v.sz.-eknek megadott kezdőbetűkkel (K, T, A) kell egy percen belül minél több szót mondaniuk. Fontos kritérium, hogy nem mondhatnak tulajdonneveket és ugyanakkor a szónak a különböző végződéseit sem. A feladat során nyújtott teljesítményt több mennyiségi és minőségi mutatóval lehet jellemezni (ld. 2. táblázat).

Szemantikus fluencia (Lezak, 1995; Tánczos et al., bírálat alatt) – A teszt felvételekor a v.sz.-eknek megadott kategóriákon belül (ÁLLAT, GYÜMÖLCS, ÉLELMISZERBOLT) kell egy percen belül minél több szót mondaniuk. A feladat során nyújtott teljesítményt több mennyiségi és minőségi mutatóval lehet jellemezni (ld. 2. táblázat).

A verbális fluencia tesztek esetében vizsgálatunkban a következő változókat tanulmányoztuk: szavak száma, perszeverációk száma, hibák száma, klaszterek száma, klaszterek mérete, öszsváltások száma és klaszterváltások száma. A változók meghatározásakor elsősorban Troyer és munkatársai (1997, 1998), valamint Mészáros és munkatársai (2011) munkáját vettük alapul, egyes változóknál viszont módosításokkal éltünk.

2. táblázat. A betű- és szemantikus fluencia tesztek mennyiségi és minőségi mutatói

MUTATÓ	PÉLDA	EREDMÉNY	ÉRTÉKELÉSI MÓDSZER
Betűfluencia szavak száma	„kutya, kard, kalap”	3	az összesen generált szavak száma mínusz a hibák és a perszeverációk száma
Betűfluencia perszeveráció	„kutya, kard, <i>kutya</i> ”	1	olyan helyes szavak ismétlése, amelyek már korábban előfordultak a válaszban (beleszámítva a ragozott alakokat is)
Betűfluencia hiba	„kutya, kalap, kecske, <i>teve</i> , kesztyű”	1	olyan szavak száma, amelyek nem a megfelelő kezdőbetűvel kezdődtek
Betűfluencia klaszterszám	„kalap, kakadu, kabát kecske, kenyér, kefe”	2	azon sikeresen generált szavak, amelyeknek az első két betűje megegyezik vagy csak egy magánhangzóban különböznek vagy rímelnek
Betűfluencia klaszterméret	„táj, tányér, táltos”	2	a klaszter mérete a klasztert alkotó szavak száma mínusz egy (a perszeverációk és a hibák nem számítanak bele)
Betűfluencia klaszterváltás	„teve, tetű, terasz tál, tábla”	1	a szomszédos klaszterek közötti váltások száma
Betűfluencia élesváltás	„tehén, terep takaró tinta”	2	egy klaszter és egy nem klaszterbe sorolt szó közti vagy két nem csoportosított szó közti váltások száma
Szemantikus fluencia szavak száma	„kutya, macska, róka”	3	az összesen mondott szavak száma mínusz a hibák és a perszeverációk száma
Szemantikus fluencia perszeveráció	„citrom, narancs, <i>citrom</i> , banán”	1	olyan helyes szavak ismétlése, amelyek már előfordultak a válaszok között
Szemantikus fluencia hiba	„kutya, macska, egér, <i>rózsa</i> ”	1	azon szavak száma, amelyek nem a megadott kategória tagjai voltak
Szemantikus fluencia klaszterszám	„kutya, macska, tehén, csirke” →háziállatok	1	azon sikeresen generált szavak, amelyek ugyanazon alkategóriába tartoznak
Szemantikus fluencia klaszterméret	„kutya, macska, csirke”	2	a klasztert alkotó szavak száma mínusz egy (a perszeverációk és a hibák nem számítanak bele)
Szemantikus fluencia klaszterváltás	„oroszlán, tigris sas, bagoly”	1	a szomszédos klaszterek közötti váltások száma
Szemantikus fluencia élesváltás	„oroszlán, tigris, hörcsög anakonda”	2	egy klaszter és egy nem klaszterbe sorolt szó vagy két nem csoportosított szó közti váltások száma

1. Szavak száma: Tanulmányunkban az összesen generált szavak számából kivontuk a hibák és a perszeverációk számát (Mészáros et al., 2011; Tröster et al., 1998; Troyer et al., 1997, 1998; Troyer, 2000; Hughes és

Bryan, 2002; Da Silva et al., 2004; Raoux et al., 2008).

2. Perszeverációs mutató: A perszeveráció olyan helyes szavak ismétlését jelentette, amelyek már korábban előfordultak

a vizsgálati személy válaszában (pl. „teve, terem, *teve*, tányér” vagy „citrom, narancs, *citrom*, banán”) ahogyan azt Troyer és munkatársai (1997), valamint Mészáros és munkatársai (2011) is meghatározták. Vizsgálatunkban a betűfluencia feladatban a variánsokat is perszeverációnak tekintettük, ami ugyanannak a szónak a különböző végződéseivel (pl. „tej, *tejjel*, *tejbe*”) történő megismétlését jelenti (Woods et al., 2004; Rabouret et al., 2010).

3. Hibázási mutató: A hibákat betolakodó hibákként definiáltuk, vagyis amikor olyan szó hangzott el, amely a betűfluencia feladat esetében nem a megfelelő kezdőbetűvel kezdődött (pl. „kutya, kalap, kecske, *teve*, kesztyű”) vagy a szemantikus fluencia feladat esetében nem volt a megadott kategória tagja (pl. „kutya, macska, egér, *rózsa*”) (Troyer et al., 1997; Mészáros et al., 2011; Woods et al., 2004). Viszont mivel Tröster és munkatársai (1998), valamint Troyer és munkatársai (1997) a perszeverációkat és a hibákat is beleszámolták a klaszterméretbe és a váltások számába, mivel úgy gondolták, hogy információkat adhatnak a mögöttes kognitív folyamatokról, ezért vizsgálatunkban mi is eszerint jártunk el. Továbbá Troyer (2000) az instrukcióban kizárta a betűfluencia esetében a tulajdonnevek és ugyanannak a szónak a különböző végzésekkel való ismétléseit.

4. Klaszterszámmutató: A vizsgálati személyek által mondott szavakból alkotott klaszterek száma alkotja ezt a változót. A klaszterelés egy viszonylag automatikus szótároláson alapuló folyamat, amelynek vizsgálata segíthet az asszociált szóelőhívás és az új kategóriára váltás tanulmányozásában. Egyes kutatók a lexikonhoz való hozzáférés mutatójaként értelmezik ezt a változót (Hurks et al., 2004; Hurks et al., 2010; Takács et al., 2014; Tucha et al., 2005). A be-

tűfluencia feladatban a klaszterek azon sikeresen generált szavak, amelyeknek az első két betűje megegyezik (pl. „kalap, kakadu, kabát”), csak egy magánhangzóban különböznek, rímelnek (Mészáros et al., 2011).

Eljárás

A kognitív funkciók részletes feltérképezése a gyerekek első osztályos korában történt, egyéni adatfelvétel során, az iskolákban található csendes helyiségekben. Az összes teszt egy alkalommal került felvételre, mely kb. 1 órát vett igénybe. A tanulmányi eredményeket a negyedik osztály befejezésekor kértük el, tehát az iskolai teljesítményt az egyes tantárgyakra adott év végi jegyekben mértük. A korábbi kutatási eredményeket figyelembe véve a tantárgyak közül a magyar nyelv és irodalomra, a matematikára és a környezetismeretre fókuszáltunk.

EREDMÉNYEK

Az eredményeket SPSS 17.0 programcsomag segítségével elemeztük. A tanulmányi teljesítményt befolyásoló kognitív faktorok meghatározásához többszörös lineáris regresszióelemzést végeztünk el lépésenkénti módszerrel. A függő változó a tanulmányi teljesítmény volt magyar nyelv és irodalomból, matematikából, illetve környezetismeretből, a független változók pedig a *Módszerek* résznél tárgyalt teszteken nyújtott teljesítmények közül azok, amelyek korreláltak az egyes tantárgyak eredményével (ld. *1. mellékletben*). A regressziós eredmények bemutatásánál csak azokat a tesztek fogjuk tárgyalni, amelyek szignifikánsan hozzájárultak a vizsgált tantárgyakon nyújtott teljesítmény bejósolásához. A regresszióelemzés következő paramétereit közöljük: a regresz-

3. táblázat. A magyar nyelv és irodalom tantárgyon nyújtott teljesítményt befolyásoló faktorok regresszióelemzési mutatói a 2. modell alapján

Változók	Magyar nyelv és irodalom		
	<i>B</i>	<i>SE B</i>	β
Corsi-kocka	0,211	0,086	0,241
Fordított számterjedelem	0,224	0,092	0,239
<i>Adj R</i> ²	0,140		
<i>R</i> ²	0,157		
<i>F</i>	9,390**		

* $p < 0,05$ ** $p < 0,01$

sziós együtttható (*B*) és a hozzá tartozó átlag standard hibája (*SE B*), a standardizált regressziós együtttható (β), a modellhez tartozó statisztika (*F*), a modell által megmagyarázott varianciaszázalék az aktuális mintára vonatkoztatva (*R*²), a standard adjusztált *R*² a modell által megmagyarázott varianciaszázalék a populációra vonatkoztatva (*adj R*²).

A magyar nyelv és irodalom teljesítmény bejósoló faktorai

Az alkalmazott lépésenkénti regresszióelemzés mutatja, hogy a magyar nyelv és irodalom tantárgyon nyújtott teljesítményt két faktor határozta meg szignifikánsan: a Corsi-kocka feladaton nyújtott teljesítmény került be először a modellbe [Modell 1: $F(1, 102) = 12,27$; $p = 0,001$; $R^2 = 0,107$], és ezt követte a fordított számterjedelem teszten nyújtott teljesítmény [Modell 2: $F(2, 101) = 9,39$; $p < 0,001$; $R^2 = 0,157$]. Ez a két változó összességében a magyar nyelv és irodalom tantárgyon nyújtott teljesítmény varianciájának 15,7%-át magyarázta. Mindkét teszten nyújtott teljesítmény pozitív irányú összefüggést mutatott a tantárgyi teljesítménnyel: tehát minél jobban teljesítettek a gyerekek a Corsi-kocka és a fordított számterjedelem feladaton, annál jobb jegyet kaptak magyar nyelv és irodalomból. Az egyes változók β értékeit lásd 3. táblázatban.

A matematikateljesítmény bejósoló faktorai

Az alkalmazott lépésenkénti regresszióelemzés mutatja, hogy a matematika tantárgyon nyújtott teljesítményt három faktor határozta meg szignifikánsan: a számlálási terjedelemben nyújtott teljesítmény került be először a modellbe [Modell 1: $F(1, 100) = 11,82$; $p = 0,001$; $R^2 = 0,106$], ezt követte a Corsi-kocka teszten nyújtott teljesítmény [Modell 2: $F(2, 99) = 10,07$; $p < 0,001$; $R^2 = 0,169$], majd a betűfluencia feladaton alkotott klaszterek száma [Modell 3: $F(3, 98) = 9,38$; $p < 0,001$; $R^2 = 0,223$]. Ez a három változó összességében a matematika tantárgyon nyújtott teljesítmény varianciájának 22,3%-át magyarázta.

Mindhárom feladaton nyújtott teljesítmény pozitív irányú összefüggést mutatott a tantárgyi teljesítménnyel: tehát minél jobban teljesítettek a gyerekek a számlálási terjedelemben feladaton, annál jobb jegyet kaptak matematikából. Ehhez hasonlóan, minél több klasztert alkottak a betűfluencia feladaton, illetve minél magasabb volt a teljesítményük a Corsi-kocka teszt esetében, annál jobb jegyet kaptak matematikából. Az egyes változók β értékeit lásd a 4. táblázatban.

4. táblázat. A matematika tantárgyon nyújtott teljesítményt befolyásoló faktorok regresszióelemzési mutatói a 3. modell alapján

Változók	Matematika		
	<i>B</i>	<i>SE B</i>	<i>β</i>
Számlálási terjedelem	0,368	0,129	0,26
Corsi-kocka	0,293	0,099	0,271
Betűfluencia klaszterszám	1,672	0,641	0,233
<i>Adj R</i> ²		0,199	
<i>R</i> ²		0,223	
<i>F</i>		9,38**	

* $p < 0,05$ ** $p < 0,01$

5. táblázat. A környezetismeret tantárgyon nyújtott teljesítményt befolyásoló faktorok regresszióelemzési mutatói a 3. modell alapján

Változók	Környezetismeret		
	<i>B</i>	<i>SE B</i>	<i>β</i>
Számlálási terjedelem	0,292	0,113	0,238
Betűfluencia klaszterszám	1,547	0,569	0,248
Szemantikus fluencia élesváltás	- 1,204	0,480	- 0,231
<i>Adj R</i> ²			0,162
<i>R</i> ²			0,187
<i>F</i>			7,50**

* $p < 0,05$ ** $p < 0,01$

A környezetismeret tantárgy teljesítményének bejósoló faktorai

Az alkalmazott lépésenkénti regresszióelemzés mutatja, hogy a környezetismeret tantárgyon nyújtott teljesítményt három faktor határozta meg szignifikánsan: a számlálási terjedelem került be először a modellbe [Modell 1: $F(1, 100) = 8,52$; $p = 0,004$; $R^2 = 0,079$], ezt követte a betűfluencia feladaton alkotott klaszterek száma [Modell 2: $F(2, 99) = 7,69$; $p = 0,001$; $R^2 = 0,135$], valamint a szemantikus fluencia feladaton produkált élesváltások száma [Modell 3: $F(3, 98) = 7,50$; $p < 0,001$; $R^2 = 0,187$]. Ez a három változó összességében a környezetismeret tantárgyon nyújtott teljesítmény varianciájának 18,7%-át magyarázta.

A számlálási terjedelem teszten nyújtott teljesítmény és a környezetismeret tantárgy jegye között pozitív irányú összefüggést találtunk: tehát minél magasabb volt a gyerekek teljesítménye a számlálási terjedelem teszten, annál jobb jegyeket kaptak környezetismeretből. Ehhez hasonlóan, minél több klasztert alkottak a betűfluencia feladaton, annál jobb eredményt értek el ezen a tantárgyon. A szemantikus fluencia élesváltás számával viszont negatív irányú volt az összefüggés: vagyis minél kevesebb élesváltás történt a szemantikus fluencia feladaton, annál jobb jegyeket kaptak környezetismeretből. Az egyes változók β értékeit lásd az 5. táblázatban.

ÖSSZEFOGLALÁS

Longitudinális vizsgálatunk célja annak leíró jellegű feltérképezése volt, hogy a negyedik osztályos iskolai teljesítményt hogyan jósolja be a munkamemória és végrehajtó funkció teszteken nyújtott első osztályos teljesítmény. Három tantárgyra fókuszáltunk az elemzéseink során: magyar nyelv és irodalom, matematika, illetve környezetismeret. A magyar nyelv és irodalom esetében a Corsi-kocka teszt és a fordított számterjedelem teszt volt bejósoló értékű. A matematikajeljesítményt a változók közül a számlálási terjedelem teszten nyújtott teljesítmény, a betűfluencia klaszterszám mutató és a Corsi-kocka terjedelem jósolta be. A környezetismeret esetében pedig a számlálási terjedelem, a betűfluencia klaszterszáma és a szemantikus fluencia élesváltás mutatója került be a modellbe. Tehát összességében vizsgálatunkban a téri-vizuális munkamemória, a komplex munkamemória, illetve a végrehajtó és nyelvi funkciókat mérő fluencia feladatok egyes komponensei határozták meg a negyedik osztályos tanulmányi teljesítményt. Számos korábbi tanulmányban megállapították, hogy az iskoláskorú gyerekek olvasási és írási készségei szoros kapcsolatban állnak a munkamemóriával (St. Clair-Thompson és Gathercole, 2009; van der Sluis et al., 2007; Waber et al., 2006), a flexibilitással (Altemeier et al., 2008; van der Sluis et al., 2007; Waber et al., 2006) és a gátlással (Altemeier et al., 2008; Altemeier et al., 2006; St. Clair-Thompson és Gathercole, 2009; Taylor et al., 1996; Waber et al., 2006). Vizsgálatunkban a magyar nyelv és irodalom tantárgyon nyújtott teljesítménynél a leginkább meghatározó tényezőnek a téri-vizuális munkamemória-kapacitás bizonyult. Ez az eredmény összhangban van több korábbi kutatás-

sal is, amely kimutatta, hogy a jó téri-vizuális képességek elengedhetetlenek pl. az olvasáshoz és szövegértéshez (Lovegrove et al., 1986; Goulandris, 1991; von Károlyi et al., 2003). Vizsgálatunkban továbbá meghatározónak bizonyult a fordított számterjedelem teszten nyújtott eredmény is a magyar nyelv és irodalom teljesítmény esetében (Gathercole et al., 2006). Ez összhangban van Dahlin (2011) munkájával, aki a munkamemória és az olvasási képesség közti kapcsolat vizsgálatába olyan figyelemzavaros 9–12 éves gyerekeket vont be, akik munkamemória-fejlesztő feladatokat kaptak naponta 30–40 percen át, 5 héten keresztül. A verbális és komplex munkamemóriát a számterjedelem és a fordított számterjedelem tesztekkel mérték, az olvasási képességet pedig egy szöveg elolvasása után kérdések megválaszolásával tesztelték.

Az eredmények egyértelműen alátámasztották a munkamemória-fejlesztő tréning pozitív hatását, ugyanis mind a munkamemória, mind pedig az olvasásértési képességek tekintetében javulás mutatkozott. Más kutatások is szoros összefüggést találtak a munkamemória és az írás/olvasás teljesítmény között (St. Clair-Thompson és Gathercole, 2009; van der Sluis et al., 2007). A munkamemória-tréningek mellett fontos megemlíteni a verbális fluencia tréningek hatását is. Hurks (2012) vizsgálatában az explicit instrukciós tréning szerepét térképezte fel a verbális fluencia feladaton nyújtott teljesítmény kapcsán. A vizsgálatban 3. osztálytól 6. osztályig vettek részt a gyerekek. A feladatok megoldásához egy 6-7 perces segédanyagot kaptak a szócsoportok segítségével történő feladatmegoldáshoz.

A 6. osztályosok több szót és nagyobb klaszterméretet alkottak ennek hatására. Harmadiktól ötödik osztályig a klaszterek mérete

szintén nőtt, de ez csökkenéssel járt együtt a fluencia teljesítmény összpontszámára nézve.

A matematika tantárgyon elért teljesítmény esetében a komplex munkamemória kapacitása mutatkozott a legmeghatározóbbnak, összhangban néhány korábbi kutatással (Bull és Scerif, 2001; Epsy et al., 2004; Lu et al., 2011). Van den Bos és munkatársai (2013) vizsgálata szerint a munkamemória minden komponense kapcsolatban van a matematikateljesítménnyel. Rasmussen és Bisanz (2005) szerint az iskola első évfolymában a teljesítmény kezd kiegyenlítődni a nonverbális és a verbális matematikai feladatokon, valamint a verbális munkamemória a legjobb előrejelzője a verbális matematikai problémáknak. A központi végrehajtó a megfelelő stratégia kiválasztásával segíti a gyerekek problémamegoldó készségeit (Barrouillet és Lepine, 2005; Bull et al., 1999; Geary et al., 2004). A több klaszter létrehozása a betűfluencia feladat esetében jobb váltási képességekkel függhet össze, ami szintén meghatározónak bizonyult a matematikateljesítmény esetében. Más szerzők azonban a lexikonhoz való hozzáférés mutatójaként is értelmezik ezt a változót (Hurks et al., 2004; Hurks et al., 2010; Takács et al., 2014; Tucha et al., 2005). A korábbi kutatások szintén találtak kapcsolatot más feladatokkal mért váltási képesség (pl. Wisconsin kártyaszortírozási teszt, Stroop teszt, számlálási terjedelem teszt) és a matematika tantárgy jegye között (Bull et al., 1999; Bull és Scerif, 2001). Emellett a Corsi-kocka teszttel mért téri-vizuális munkamemória kapacitása is fontos szerepet játszott a matematikateljesítményben, összhangban Meyer és munkatársai (2010) eredményeivel. Ez a feladat egyszerre igényel jó rövid távú tárolási és komplexebb, téri-vizuális információfeldol-

gozási kapacitást, így involválódása a matematikateljesítményben szintén megegyezik Holmes és Adams (2006) eredményeivel, miszerint 8-9 éves tipikusan fejlődő gyerekeknél a központi végrehajtó és a téri-vizuális munkamemória mérőeljárásain elért teljesítmény határozza meg leginkább a matematikai teljesítményt. A téri-vizuális funkciók segítik a számfogalom kialakulását, a számolást és az aritmetikát (McLean és Hitch, 1999). Tehát összességében a jó téri-vizuális képesség, komplex munkamemória, illetve váltás és flexibilitás segítheti például a szöveges feladatok megoldását és a fejben számolást a matematika esetében. Eredményeinkkel összhangban Gersten és munkatársai (2005) szerint a munkamemória megbízható indikátora a matematikai nehézségeknek a formális oktatás első évében. Néhány további kutatás szerint is a gyengébb munkamemória-készségek szoros kapcsolatban állnak a gyengébb számolási készségekkel (Wilson és Swanson, 2001; Alloway et al., 2009), valamint a munkamemória mérőeljárásai jól differenciálnak a matematikai nehézséggel küzdő és a matematikából jól teljesítő gyerekek között (Geary et al., 1999; Bull és Scerif, 2001).

A környezetismeret tantárgy kognitív bejósólóra eddig nem igazán fordult figyelem. A korábbi kutatások közül a természettudomány tantárgy esetében elért teljesítmény állhat legközelebb ehhez a vizsgált területhez. Gathercole és munkatársai (2004) azt találták, hogy a természettudományok esetében a komplex munkamemória, azon belül pedig a fordított számterjedelem teszt bír bejósoló értékkel. Kutatásunkban a számlálási terjedelemmel mért nagyobb komplex munkamemória-kapacitás magyarázta legnagyobb mértékben a környezetismeret tantárgyon elért jobb teljesítményt, mivel az információ

manipulálását és tárolását ez a teszt tükrözi leginkább. Emellett a matematikához hasonlóan itt is megjelent a rugalmasabb, jobb váltási képességeket jelző nagyobb klaszterszám a betűfluencia feladaton. A szemantikus fluencia feladat esetében a kevesebb élesváltás kapcsolódott a jobb tanulmányi teljesítményhez. Ez úgy értelmezhető, hogy amennyiben a gyerekek képesek a fluencia feladaton produkált szavakat csoportokban (klaszterekben) előhívni, és klaszterek között váltani (szemben az élesváltással), akkor ez a szintetizáló gondolkodás segítheti a jobb tanulmányi teljesítményt.

Kutatásunk első lépésnek tekinthető a fókuszált kognitív funkciók és az iskolai teljesítmény feltérképezésében. Emiatt elsősorban leíró jellegű munkáról van szó, a pontos modellépítéshez még további kutatások szükségesek. Fontosnak tartjuk kiemelni, hogy kutatásunkban csupán két fő kognitív területet vizsgáltunk – a munkamemóriát és a végrehajtó funkciókat –, melyek önmagukban viszonylag magas (közel 20) százalékat adják a megmagyarázott varianciának. Ez viszonylag meglepő eredmény, figyelembe véve azt, hogy egyéb, esetlegesen fontos kognitív funkciók be sem kerültek a vizsgálatba, mint például a szelektív figyelem, kitartó figyelem (vigilancia), szemantikus és epizodikus emlékezet, implicit emlékezet, IQ (természetesen ezek sem egymástól független konstrukciók).

A kapott eredmények alapján úgy véljük, hogy a fenti területek (munkamemória és végrehajtó funkciók) vizsgálata fontos szerepet kaphat a diagnosztikában, és ezek fejlesztése jelentős hatással lehet az iskolai teljesítményre. Egy korábbi közleményében Táncczos (2012) konkrét példákon is szemlélteti a verbális fluencia tesztek elemzését tanulási nehézségek (diszlexia) esetében.

Vizsgálatunk korlátjának tekinthető, hogy korlátozott számú tesztből álló battériát használtunk fel. A munkamemória és végrehajtó funkciókat mérő eljárások közül számos kimaradt a vizsgálatból (pl. Wisconsin kártyaszortírozási teszt, Hanoi-torony, N-back teszt stb.). Ennek első számú oka, hogy korlátozott idő (egy tanítási óra – 45 perc) állt rendelkezésünkre a gyerekek vizsgálatára. Továbbá figyelembe kellett vennünk azt is, hogy ilyen életkorú gyerekek figyelmét ennél hosszabb ideig nem tudjuk fenntartani. A fentebb említett mérőeljárások felvétele a további kutatásokban mindenképpen fontos lenne. A vizsgálat további korlátjaként merülhet fel, hogy az iskolai teljesítményt a tanulmányi jegyek alapján mértük, ami szubjektívebb lehet, mint a sztenderdizált teljesítménytesztek, azonban ilyenek magyar nyelven nem álltak rendelkezésre. A jövőben mélyebb elemzések és vizsgálatok szükségesek annak érdekében, hogy az egyes tantárgyakon nyújtott teljesítmények alkomponenseit pontosabban tudjuk mérni (pl. magyar nyelvénél olvasás, olvasottszöveg-értés, fogalmazás stb.). Végül pedig azt is fontos megemlíteni, hogy az adatokat egy városból gyűjtöttük, tehát a reprezentativitás sérülhet az oktatási módszerek oldaláról, habár ennek csökkentése érdekében több iskolát vontunk be a vizsgálatba. Vizsgálatunk első lépésnek tekinthető tehát, melyben feltérképeztük az alapvető összefüggéseket a tantárgyakon nyújtott teljesítmény és a munkamemória, valamint a verbális fluencia feladatokon kapott eredmények között.

Összefoglalva tehát vizsgálatunkban fókuszált kognitív funkciók bejósoló hatását vizsgáltuk az iskolai teljesítményre, és sikerült kapcsolatot kimutatni a munkamemória és végrehajtó funkciók egyes alkomponensei, valamint az iskolai teljesítmény között.

Kutatásunk hiánypótló, mivel magyar vonatkozású eredmények eddig még nem születtek ebből a nézőpontból. Eredményeink nemcsak a pedagógia és az iskolapszichológia számára lehetnek fontosak, hanem a ne-

uropszichológiai gyakorlatban is. Ez a típusú vizsgálati módszer segítheti a munkamemória, nyelvi és végrehajtó funkció károsodások detektálását tanulási nehézségekkel küzdő gyerekeknél.

SUMMARY

THE RELATIONSHIP BETWEEN WORKING MEMORY, EXECUTIVE FUNCTIONS AND SCHOOL PERFORMANCE

Background and aims: The role of working memory and executive functions are crucial in school performance. The aim of our study was to investigate how working memory capacity and executive functions predict school performance. *Methods:* Working memory components were measured with digit span, non-word repetition, listening span, counting span, backward digit span and Corsi-block tapping tasks, while the executive functions were assessed by qualitative and quantitative analysis of letter and semantic fluency tasks. Hundred-and-five typically developing children participated in our longitudinal study. *Results:* Our results show that visuo-spatial and complex working memory in first grade predicts the school achievement in Hungarian class in fourth grade. Mathematical school performance was also predicted by visuo-spatial and complex working memory as well as the executive functions. The performance in science class was associated with complex working memory and the clustering and switching components of executive functions. *Discussion:* Our results highlight the role of detailed cognitive profile in understanding the mechanisms behind learning processes and children's school performance.

Keywords: executive functions, working memory, school performance, learning difficulties

IRODALOM

- ALLOWAY, T. P., GATHERCOLE, S. E., ADAMS, A. M., WILLIS, C. EAGLEN, R., LAMONT, E. (2005): Working memory and other cognitive skills as predictors of progress towards early learning goals at school entry. *British Journal of Developmental Psychology*, 23(3). 417–426.
- ALLOWAY, T. P., GATHERCOLE, S. E., KIRKWOOD, H., ELLIOTT, J. (2009): The Cognitive and Behavioral Characteristics of Children With Low Working Memory. *Child Development*, 80(2). 606–621.
- ALLOWAY, T. P., ALLOWAY, R. G. (2010): Investigating the predictive roles of working memory and IQ in academic attainment. *Journal of Experimental Child Psychology*, 106(1). 20–29.

- ALTEMEIER, L. E., JONES, J., ABBOTT, R. D., BERNINGER, V. W. (2006): Executive Functions in Becoming Writing Readers and Reading Writers: Note Taking and Report Writing in Third and Fifth Graders. *Developmental Neuropsychology*, 29(1). 160–173.
- ALTEMEIER, L. E., ABBOTT, R. D., BERNINGER, V. W. (2008): Executive functions for reading and writing in typical literacy development and dyslexia. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 30(5). 588–606.
- BADDELEY, A. D., HITCH, G. (1974): Working memory. In: BOWER, G. A. (ed.): *Recent advances in learning and motivation*. Academic Press, New York.
- BADDELEY, A. D. (2000): The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 11(4). 417–423.
- BADDELEY, A. (2002): Is working memory still working? *European Psychologist*, 7. 85–97.
- BADDELEY, A. (2003): Working memory and language: An overview. *Journal of Communication Disorders*, 36(3). 189–208.
- BARROUILLET, P., LEPINE, R. (2005): Working memory and children's use of retrieval to solve addition problems. *Journal of Experimental Child Psychology*, 91(3). 183–204.
- BENTON, A. L., HAMSHER, K., SIVAN, A. B. (1976): *Multilingual aphasia examination*. Iowa City: IA, AJA.
- BEST, J. R., MILLER, P. H., JONES, L. L. (2009): Executive functions after age 5: Changes and correlates. *Developmental Review*, 29(3). 180–200.
- BULL, R., JOHNSON, R. S., ROY, J. A. (1999): Exploring the roles of the visuo-spatial sketchpad and central executive in children's arithmetical skills: View from cognition and developmental neuropsychology. *Developmental Neuropsychology*, 15(3). 421–442.
- BULL, R., SCERIF, G. (2001): Executive functioning as predictor of children mathematical ability: Inhibition, switching, and working memory. *Developmental Neuropsychology*, 19(3). 273–293.
- BULL, R., ESPY, K. A., WIEBE, S. (2008): Short-term memory, working memory and executive functioning: longitudinal predictors of mathematics achievement at age 7. *Developmental Neuropsychology*, 33(3). 205–228.
- CALKINS, S. D., MARCOVITCH, S. (2010): Emotion regulation and executive functioning in early development: Mechanisms of control supporting adaptive functioning. In CALKINS, S. D., BELL, M. A. (eds): *Child development at the intersection of emotion and cognition*. 37–57. American Psychological Association, Washington, DC.
- COWAN, N., TOWSE, J. N., HAMILTON, Z., SAULTS, J. S., ELLIOTT, E. M., LACEY, J. F., MORENO, M. V., HITCH, G. J. (2003): Children's working-memory processes, a response-timing analysis. *Journal of Experimental Psychology*, 132(1). 113–132.
- ENGLE, R. W., KANE, M. J., TUHOLSKI, S. W. (1999): Individual differences in working memory capacity and what they tell us about controlled attention, general fluid intelligence and functions of the prefrontal cortex. *Models of Working Memory: Mechanisms of Active Maintenance and Executive Control*. Cambridge University Press, New York. 102–134.
- DAHLIN, K. I. E. (2011): Effects of working memory training on reading in children with special needs. *Read Write*, 24(4). 479–491.

- DANEMAN, M., BLENNERHASSET, A. (1984): How to assess the listening comprehension skills of prereaders. *Journal of Educational Psychology*, 76(6). 1372–1381.
- DANEMAN, M., MERICKLE, P. M. (1996): Working memory and language comprehension: a meta-analysis. *Psychonomic Bulletin and Review*, 3(4). 422–433.
- GATHERCOLE, S. E. (1999): Cognitive approaches to the development of short-term memory. *Trends in cognitive sciences*, 3(11). 410–419.
- GATHERCOLE, S. E., PICKERING, S. J. (2000): Assessment of working memory in six and seven-year old children. *Journal of Educational Psychology*, 92(2). 377–390.
- GATHERCOLE, S. E., PICKERING, S. J., AMBRIDGE, B., WEARING, H. (2004): The structure of working memory from 4 to 15 years of age. *Developmental Psychology*, 40(2). 177–190.
- GATHERCOLE, S. E., PICKERING, S. J., KNIGHT, C., STEGMANN, Z. (2004): Working memory skills and educational attainment: evidence from national curriculum assessments at 7 and 14 years of age. *Applied Cognitive Psychology*, 18(1). 1–16.
- GATHERCOLE, S. E., TIFFANY, C., BRISCOE, J., THORN, A. (2005): Developmental consequences of poor phonological short-term memory function in childhood. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 46(6). 598–611.
- GATHERCOLE, S. E., ALLOWAY, T. P., WILLIS, C. S., ADAMS, A. M. (2006): Working memory in children with reading disabilities. *Journal of Experimental Child Psychology*, 93(3). 265–281.
- GATHERCOLE, S. E., BROWN, L., PICKERING, S. J. (2003): Working memory assessments at school entry as longitudinal predictors of National Curriculum attainment levels. *Educational and Child Psychology*, 20(3). 109–122.
- GEARY, D. C., HOARD, M. K., HAMSON, C. O. (1999): Numerical and arithmetical cognition: Patterns of functions and deficits in children at risk for a mathematical disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74(3). 213–239.
- GEARY, D., HOARD, M., BYRD-CRAVEN, J., DESOTO, M. (2004): Strategy choices in simple and complex addition: Contributions of working memory and counting knowledge for children with mathematical disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 88(2). 121–151.
- GERSTEN, R., JORDAN, N. C., FLOJO, J. R. (2005): Early Identification and Interventions for Students With Mathematics Difficulties. *Journal of Learning Disabilities*, 38(4). 293–304.
- GOULANDRISA, N. K., SNOWLINGA, M. (1991): Visual Memory Deficits: A Plausible Cause of Developmental Dyslexia? Evidence from a Single Case Study. *Cognitive Neuropsychology*, 8(2). 127–154.
- HOLMES, J., ADAMS, J. W. (2006): Working Memory and Children's Mathematical Skills: Implications for mathematical development and mathematics curricula. *Educational Psychology: An International Journal of Experimental Educational Psychology*, 26(3). 339–366.
- HURKS, P. P. M. (2012): Does Instruction in Semantic Clustering and Switching Enhance Verbal Fluency in Children? *The Clinical Neuropsychologist*, 26(6). 1019–1037.
- HURKS, P. P. M., HENDRIKSEN, J. G. M., VLES, J. S. H., KALFF, A. C., FERON, F. J. M., KROES, M., VAN ZEBEN, T. M. C. B., STEYAERT, J., JOLLES, J. (2004): Verbal fluency over time as a measure of automatic and controlled processing in children with ADHD. *Brain and Cognition*, 55(3). 535–544.

- HURKS, P. P. M., SCHRANS, D., MEIJS, C., WASSENBERG, R., FERON, F. J. M., JOLLES, J. (2010): Developmental changes in semantic verbal fluency: analyses of word productivity as a function of time, clustering, and switching. *Child Neuropsychology*, 16(4). 366–387.
- JANACSEK K., TÁNCZOS T., MÉSZÁROS T., NÉMETH D. (2009): A munkamemória új neuropszichológiai mérőeljárása: a hallási mondatrjedelem teszt (HMT). *Magyar Pszichológiai Szemle*, 61 (2). 265–298.
- JARVIS, H. L., GATHERCOLE, S. E. (2003): Verbal and nonverbal working memory and achievements on national curriculum tests at 11 and 14 years of age. *Educational and Child Psychology*, 20(3). 123–140.
- KRAJEWSKI, K., SCHNEIDER, W. (2009): Exploring the impact of phonological awareness, visual–spatial working memory, and preschool quantity–number competencies on mathematics achievement in elementary school: Findings from a 3-year longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103(4). 516–531.
- LEZAK, M. (1995): *Neuropsychological assessment* (3rd ed.). Oxford University Press, New York.
- LOVEGROVE, W., MARTINA, F., SLAGHUISA, W. (1986): A theoretical and experimental case for a visual deficit in specific reading disability. *Cognitive Neuropsychology*, 3(2). 225–267.
- LU, L., WEBER, H. S., SPINATH, F. M., SHI, J. (2011): Predicting school achievement from cognitive and non-cognitive variables in a Chinese sample of elementary school children. *Intelligence*, 39(2–3). 130–140.
- MAZZOCCO, M. M. M., KOVER, S. T. (2007): A longitudinal assessment of executive function skills and their association with math performance. *Child Neuropsychology*, 13(1). 18–45.
- MCLEAN, J. F., HITCH, J. (1999): Working memory impairments in children with specific arithmetical learning difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74(3). 240–260.
- MEYER, M. L., SALIMPOOR, V. N., WU, S. S., GEARY, D. C., MENON, V. (2010): Differential contribution of specific working memory components to mathematics achievement in 2nd and 3rd graders. *Learning and Individual Differences*, 20(2). 101–109.
- MÉSZÁROS A., KÓNYA A., KAS B. (2011): A verbális fluenciatesztek felvételének és értékelésének módszertana. *Alkalmazott Pszichológia*, 2. 53–76.
- MIYAKE, A., FRIEDMAN, N. P., EMERSON, M. J., WITZKI, A. H., HOWERTER, A., WAGER, T. D. (2000): The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex „Frontal Lobe” Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1). 49–100.
- OZONOFF, S., JENSEN, J. (1999): Brief report: Specific executive function profiles in three neurodevelopmental disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 29(2.) 171–177.
- RACSMÁNY M. (2004): *A munkamemória szerepe a megismerésben*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- RACSMÁNY M., LUKÁCS Á., NÉMETH D., PLÉH Cs. (2005): A verbális munkamemória magyar nyelvű vizsgálóeljárásai. *Magyar Pszichológiai Szemle*, 60(4). 479–506.

- RACSMÁNY M. (2007): Az „elsődleges emlékezet” – a rövid távú emlékezés és a munkamemória elméletei. In CSÉPE, V., GYÖRI, M. & RAGÓ, A. (szerk.): *Általános pszichológia 2*. Osiris Kiadó, Budapest. 177–209.
- RASMUSSEN, C., BISANZ, J. (2005): Representation and working memory in early arithmetic. *Journal of Experimental Child Psychology*, 91(2). 137–157.
- RUSSELL, J., JARROLD, C., HENRY, L. (1996): Working memory in children with autism and with moderate learning difficulties. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 37(6). 673–686.
- SEIGNEURIC, A., EHRLICH, M. F., OAKHILL, J. V., YUILL, N. M. (2000): Working memory resources and children’s reading comprehension. *Reading and Writing*, 13(1–2). 81–103.
- SERVICE, E., TUJULIN, A. M. (2002): Recall of morphologically complex forms is affected by memory task but not dyslexia. *Brain and Language*, 8(1–3). 42–54.
- SPREEN, O., STRAUSS E. (1991): *A compendium of neuropsychological tests*. Oxford University Press, New York.
- SWANSON, H. L., ASHBAKER, M. H., LEE, C. (1996): Learning-disabled readers working memory as a function of processing demands. *Journal of Experimental Child Psychology*, 61(3). 242–275.
- SWANSON, H. L., SACHSE-LEE, C. (2001): Mathematical problem solving and working memory in children with learning disabilities: Both executive and phonological processes are important. *Journal of Experimental Child Psychology*, 79(3). 294–321.
- SWANSON, H. L., JERMAN, O. (2006): Math Disabilities: A Selective Meta-Analysis of the Literature. *Review of Educational Research*, 76(2). 249–274.
- SWANSON, H. L., JERMAN, O. (2007): The influence of working memory on reading growth in subgroups of children with reading disabilities. *Journal of Experimental Child Psychology*, 96(4). 249–283.
- SWANSON, H. L. (2011): Working memory, attention, and mathematical problem solving: A longitudinal study of elementary school children. *Journal of Educational Psychology*, 103(4). 821–837.
- TAKÁCS, Á., KÓBOR, A., TÁRNOK, Zs., CSÉPE, V. (2014): Verbal fluency in children with ADHD: Strategy using and temporal properties. *Child Neuropsychology*, 20(4). 415–429.
- TUCHA, O., MECKLINGER, L., LAUFKOTTER, R., KAUZINGER, I., PAUL, G. M., KLEIN, H. E., LANGE, K. W. (2005): Clustering and switching on verbal and figural fluency functions in adults with attention deficit hyperactivity disorder. *Cognitive Neuropsychiatry*, 10(3). 231–248.
- TAYLOR, H. G., SCHATSCHEIDER, C., PETRILL, S., BARRY, C. T., OWENS, C. (1996): Executive dysfunction in children with early brain disease: Outcomes post Haemophilus influenzae meningitis. *Developmental Neuropsychology*, 12(1). 35–51.
- TÁNCZOS T. (2012): A végrehajtó funkciók szerepe az iskolában és a verbális fluencia tesztek. *Iskolakultúra*, 5. 38–51.
- TÁNCZOS T., JANACSEK K., NÉMETH D. (2014): A verbális fluencia tesztek I. – A betűfluencia teszt magyar nyelvű vizsgálata 5-től 89 éves korig. *Psychiatria Hungarica*, 29(2). 158–180.

- TÁNCZOS T., JANACSEK K., NÉMETH D. (2014): A verbális fluencia tesztek II. – A szemantikus fluencia teszt magyar nyelvű vizsgálata 5-től 89 éves korig. *Psychiatria Hungarica*, 29(2). 181–207.
- THOMPSON, H. L., GATHERCOLE, S. E. (2006): Executive Functions and Achievements in School: Shifting, Updating, Inhibition, and Working Memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59(4). 745–759.
- THORELL, L. B., LINDQVIST, S., NUTLEY, S. B., BOHLIN, G., KLINBERG, T. (2009): Training and transfer effects of executive functions in preschool children. *Developmental Science*, 12(1). 106–113.
- TOLL, S. W. M., VAN DER VEN, S. H. G., KROESBERGEN, E. H., VAN LUIT, J. E. H. (2011): Executive functions as predictors of math learning. *Journal of Learning Disabilities*, 44(6). 521–532.
- TROYER, A. K., MOSCOVITCH, M., WINOCUR, G. (1997): Clustering and switching as two components of verbal fluency: evidence from younger and older healthy adults. *Neuropsychology*, 11(1). 138–146.
- VAN DEN BOS, I. F., VAN DER VEN, S. H. G., KROESBERGEN, E. H., VAN LUIT, J. E. H. (2013): Working memory and mathematics in primary school children: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 10. 29–44.
- VAN DER SLUIS, S., VAN DER LEIJ, A., DE JONG, P. F. (2005): Working memory in Dutch children with reading- and arithmetic-related LD. *Journal of Learning Disabilities*, 38(3). 207–221.
- VON KÁROLYI, C., WINNER, E., GRAY, W., SHERMAN, G. F. (2003): Dyslexia linked to talent: Global visual-spatial ability. *Brain and Language*, 85(3). 427–431.
- WABER, D. P., GERBER, E. B., TURCIOSH, V. Y., WAGNER, E. R., FORBES, P. W. (2006): Executive Functions and Performance on High-Stakes Testing in Children From Urban Schools. *Developmental Neuropsychology*, 29(3). 459–477.
- WAGNER, R. K., MUSE, A. (2006): Working memory deficits in developmental dyslexia. In ALLOWAY, T. P., GATHERCOLE, S. E. (eds): *Working memory in neurodevelopmental conditions*. Psychology Press, East Sussex, UK. 41–58.
- WILSON, K. M., SWANSON, H. L. (2001): Are Mathematics Disabilities Due to a Domain-General or a Domain-Specific Working Memory Deficit? *Journal of Learning Disabilities*, 34(3). 237–248.

MELLÉKLETEK

1. melléklet. Korrelációk az iskolai teljesítmény és a munkamemória, valamint végrehajtó funkció kapacitás között

		4. osztályos magyar- teljesítmény	4. osztályos matematika- teljesítmény	4. osztályos környezetismeret- teljesítmény
Számterjedelem teszt	Pearson-korreláció	,320**	,325**	,205*
	Szignifikanciaszint	,001	,001	,034
	Elemzés	107	107	107
Corsi-kocka teszt	Pearson-korreláció	,362**	,345**	,201*
	Szignifikanciaszint	,000	,000	,038
	Elemzés	107	107	107
Álszóismétlési teszt	Pearson-korreláció	,135	,106	,042
	Szignifikanciaszint	,165	,275	,671
	Elemzés	107	107	107
Fordított számterjedelem teszt	Pearson-korreláció	,339**	,303**	,198*
	Szignifikanciaszint	,000	,002	,042
	Elemzés	106	106	106
Számlálási terjedelem teszt	Pearson-korreláció	,216*	,324**	,279**
	Szignifikanciaszint	,027	,001	,004
	Elemzés	105	105	105
Hallási mondat-terjedelem teszt	Pearson-korreláció	,166 ⁺	,250**	,267**
	Szignifikanciaszint	,090	,010	,006
	Elemzés	106	106	106
Betűfluencia perszeverációs mutató	Pearson-korreláció	,099	,049	-,029
	Szignifikanciaszint	,286	,597	,757
	Elemzés	117	117	117
Betűfluencia hibázási mutató	Pearson-korreláció	-,147	-,170	-,094
	Szignifikanciaszint	,114	,067	,312
	Elemzés	117	117	117
Betűfluencia klaszterszám	Pearson-korreláció	,153 ⁺	,239**	,226*
	Szignifikanciaszint	,100	,010	,014
	Elemzés	117	117	117
Betűfluencia klaszterméret	Pearson-korreláció	,055	,126	,069
	Szignifikanciaszint	,556	,177	,461
	Elemzés	117	117	117
Betűfluencia szavak száma	Pearson-korreláció	,091	,113	-,052
	Szignifikanciaszint	,325	,222	,577
	Elemzés	119	119	119

		4. osztályos magyar-teljesítmény	4. osztályos matematika-teljesítmény	4. osztályos környezetismeret-teljesítmény
Szemantikus fluencia szavak száma	Pearson-korreláció	,117	,173 ⁺	,137
	Szignifikanciaszint	,206	,059	,137
	Elemszám	119	119	119
Szemantikus fluencia perszeverációs mutató	Pearson-korreláció	-,167 ⁺	-,106	-,100
	Szignifikanciaszint	,070	,250	,280
	Elemszám	119	119	119
Szemantikus fluencia hibázási mutató	Pearson-korreláció	-,040	-,130	-,131
	Szignifikanciaszint	,668	,158	,157
	Elemszám	119	119	119
Szemantikus fluencia klaszterszám	Pearson-korreláció	,026	,113	,051
	Szignifikanciaszint	,779	,219	,583
	Elemszám	119	119	119
Szemantikus fluencia klaszterméret	Pearson-korreláció	-,198 [*]	-,208 [*]	-,031
	Szignifikanciaszint	,031	,023	,739
	Elemszám	119	119	119
Betűfluencia klaszterváltásszám	Pearson-korreláció	,044	,083	,027
	Szignifikanciaszint	,635	,375	,772
	Elemszám	117	117	117
Betűfluencia élesváltásszám	Pearson-korreláció	-,042	-,087	-,148
	Szignifikanciaszint	,656	,351	,111
	Elemszám	117	117	117
Szemantikus fluencia klaszterváltásszám	Pearson-korreláció	,111	,136	,125
	Szignifikanciaszint	,230	,139	,176
	Elemszám	119	119	119
Szemantikus fluencia élesváltásszám	Pearson-korreláció	,148	,064	-,118
	Szignifikanciaszint	,107	,486	,202
	Elemszám	119	119	119

(+ p < 0,1, *p < 0,05, ** p < 0,01)