

A munkamemória mérőeljárásai és szerepük az iskolai szűrésben és fejlesztésben

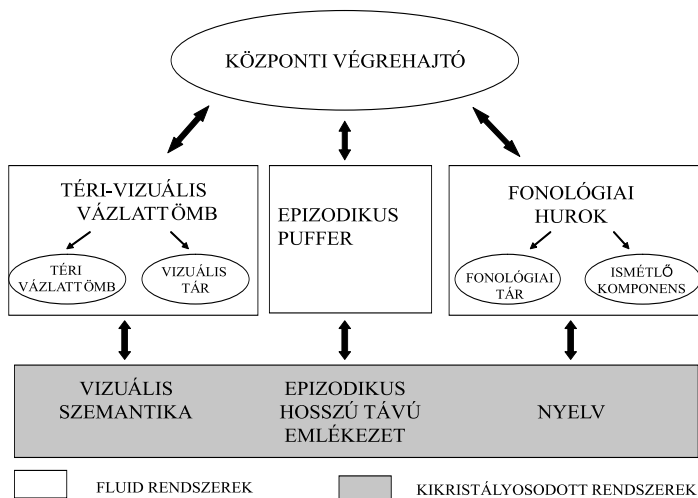
Életünk során sok olyan feladattal találkozunk, amikor valamilyen információt egyszerre kell rövidebb ideig tárolni és feldolgozni (például a követelmények változásának megfelelően frissíteni, az oda nem illő információkat legátolni). Ilyen készségekre van szükségünk például számolás, jegyzetelés, érvelés, egy párbeszédben való részvétel vagy a nyelvi megértés során. Ezen funkciók mindegyikében szükségünk van a munkamemóriánkra. Ebben a tanulmányban olyan mérőeljárásokat mutatunk be, amelyek a munkamemória életkori változásainak vizsgálatára és a patológiás eltérések részletes feltérképezésére is alkalmasak. Ezek a tesztek hasznos segédeszköznek bizonyulnak a fejlődépszichológiában, a tanulási nehézségek azonosításában és a neuropszichológiai diagnosztikában is, mivel specifikusabbak, kisebb részterületet mérnek, mint a pedagógiában használt tesztek többsége, ezért lehetőséget nyújtanak arra, hogy az egyes fejlődési és tanulási zavarok hátterét pontosabban megállapítsuk, valamint hogy hatékonyabban járassunk el a fejlesztés, tehetséggondozás terén.

Az elmúlt években jelentősen megnőtt azoknak a tanulmányoknak a száma, amelyek azt vizsgálják, hogy az iskolai teljesítményt mi befolyásolhatja. Elsősorban a munkamemória működését, illetve a végrehajtó funkciókat hozták kapcsolatba ezzel, azonban ezek szerepe eltérhet az egyes iskolai tantárgyak esetében. Természetesen egyéb tényezők is befolyásolhatják a teljesítményt, mint például a motiváció vagy a szocioökonómiai státus. A neuropszichológiában használt tesztek specifikusabbak, mint a korábban a pedagógiában használt tesztek többsége: mind idegrendszeri, mind funkcionális szinten jobban fókuszáltak. Ezért lehetőséget nyújtanak arra, hogy az egyes gyermekkori fejlődési és tanulási zavarok hátterét pontosabban tudjuk feltárni, valamint hogy megfelelő hatékonysággal járassunk el az ilyen nehézségekkel küzdő gyerekek fejlesztése során.

A munkamemória-modell

Az emberi emlékezet vizsgálata már több mint egy évszázada népszerű a kutatók körében. A többkomponensű és dinamikus munkamemória-modell (Baddeley és Hitch, 1974), a 80-as évekre általánosan elfogadottá vált. Baddeley (2000) újabb elméletében a modell részét képezi még az epizodikus puffer is, amely multimodális információk tárolására szolgál, és ezzel összeköttetést teremt a modalitás-specifikus komponensek és a hosszú távú memória között (magyarul lásd: Racsomány, 2007). A munkamemória tehát nem egyszerűen passzív tár, amely csak az információk tárolásával foglalkozik, hanem

további részekre tagolható aktív információ-feldolgozó rendszer, amelynek segítségével műveleteket végzünk (1. ábra).



1. ábra. A Baddeley-féle munkamemória-modell (Baddeley, 2000 alapján)

A központi végrehajtó

A többkomponensű, dinamikus munkamemória-modellben egy kontrolláló rendszer – a központi végrehajtó – ellenőrzi és irányítja a periférikus alrendszerek működését (fonológiai hurok és téri-vizuális vázlattömb), és emellett kapcsolatot teremt a hosszú távú emlékezet és az alrendszerek között (Baddeley és Hitch, 1974; Baddeley, 1986). A központi végrehajtó egy modalitásfüggetlen információkezelő eszköz, mely figyelmi, kontrolláló rendszerként is működik. Feladata a periférikus alrendszerek tevékenységének ellenőrzése, valamint felelős a korlátozott erőforrások elosztásáért és a különböző műveletek végrehajtásáért, illetve az információk manipulálásáért is végzi.

A központi végrehajtó működésének leggyakoribb vizsgálóeljárásai a következők: fordított számterjedelem teszt, az N-et vissza feladatok, a random szám- és betűgenerálási feladatok, a Wisconsin Kártyaszortírozási Teszt, a Stroop feladat, a labirintusfeladatok, a fluencia-feladatok és a Rey-Osterrieth komplex ábra feladata (Németh, Racsmány, Kónya és Pléh, 2001).

A téri-vizuális vázlattömb

A másik alrendszer a téri-vizuális vázlattömb, amelynek a vizuális képek felépítésében, megtartásában és manipulálásában van szerepe. A vázlattömb egyik része a téri, a másik pedig a vizuális információk feldolgozásáért felelős. Az információ kétféleképpen kerülhet a rendszerbe: vagy vizuális percepció útján közvetlenül, vagy képzeleti képek létrehozásával, közvetett úton. Az emlékezeti teljesítmény javul akkor, ha a vizsgálati személyek el tudják képzelni a megjegyzendő szavakat, és akkor is, ha össze tudják kötni az emlékezeti képeket (Paivio, 1969). Ha téri mondatokat kell megjegyezniük, akkor képzeletüket használják, mely olyan folyamatokat vesz igénybe, amelyek a vizuális percepcióhoz hasonlóak. Ha nem téri mondatokat kell megjegyezniük, akkor verbális kódok

segítségével jegyzik meg az információkat, melyek működése az auditív észleléssel megegyező folyamatokon alapszik.

A téri-vizuális vázlattömb leggyakoribb vizsgálóeszköze a Corsi-kocka feladata, amely remekül használható a téri alrendszer vizsgálatakor, valamint a Visual Pattern Span teszt, amellyel azt tudjuk vizsgálni, hogy a mintázatokat milyen szinten sikerült a vizsgálati személyeknek megjegyezniük (Németh és mtsai, 2001).

A fonológiai hurok – verbális munkamemória

Az elmúlt évtized szakirodalma (Gathercole, 1999) megkülönbözteti a fonológiai hurkot, vagyis a fonológiai rövid távú emlékezetet, ahol csak az információ rövid idejű tárolása a feladat, valamint a munkamemóriát, ahol a tárolás mellett szükség van az információ feldolgozására is (Engle, Kane és Tuholski, 1999; Daneman és Merikle, 1996, Cowan, Towse, Hamilton, Sauls, Elliott, Lacey, Moreno és Hitch, 2003; Service és Tujulin, 2002). Ha verbálisalapú a munkamemória, akkor a Baddeley-féle modellben a fonológiai hurok és a központi végrehajtó együttesét kell érteni alatta. A fonológiai hurok a beszédalapú információk ellenőrzéséért felelős, és a munkamemória legintenzívebben vizsgált és legkidolgozottabb komponenseként tartják számon. A fonológiai hurok további két alegységre osztható fel: a fonológiai tárba, amely a verbális információ néhány másodpercig tartó megtartásáért felelős, és az artikulációs kontrollfolyamatra, amely a belső beszéd alapul. A fonológiai tár emléknymoi 1,5–2 másodperc alatt elhalványulnak, vagyis a fonológiai hurok ennyi ideig képes az információk megtartására. Az artikulációs kontrollfolyamatokkal tudjuk frissíteni az emléknymokat (szubvokálisan), mivel a folyamatok kiolvassák és visszaküldik az információt a fonológiai tárba a korai nyomelhalványulás megakadályozása érdekében (Gathercole, 1999). Minél gyorsabban zajlik le a frissítés, annál több elem marad meg az emlékezetben, és annál inkább megnő az emlékezeti terjedelem. Az artikulációs kontrollfolyamatok írott információ fonológiai kóddá alakítására is képesek, és ezt be is tudják táplálni a fonológiai tárba (Zhang és Simon, 1985; Baddeley, 2001). Baddeley (2001) szerint az artikulációs kontrollfolyamat közreműködésével lehetőség van arra is, hogy vizuális információ is bekerüljön a fonológiai hurokba, például úgy, hogy hangosan kimondjuk, felolvassuk és ismételtetjük a leírt szöveget.

A fonológiai hurok tulajdonságai

A fonológiai hurok az információt nem a szemantika, hanem a hangzás alapján tárolja, ezért a szeriális felidézési teljesítmény jobban károsodik olyan elemek esetében, melyek hasonló hangzásúak vagy az artikulációs tulajdonságaikat figyelembe véve hasonlóság figyelhető meg, mint olyanoknál, amelyek jelentésben hasonlítanak egymásra. Ezt fonológiai hasonlósági hatásnak nevezzük, amely a fonológiai tár működéséhez köthető, és először a hatvanas években írták le (Conrad és Hull, 1964; Baddeley, 1966). A fonológiai kód alkotja a tárolás alapját és a hasonló elemekhez hasonló kódok köthetők. A differenciálás komplikáltabbá teszi a felidézést, ezzel pedig az interferencia megjelenését segíti elő.

Vizsgálatokkal kimutatták, hogy összefüggés van az olvasási sebesség, a szóhosszúság és az 1–5 szótagszámú szavak memorizálásával kapcsolatos emlékezeti teljesítmény között, amely azon keresztül hat, hogy mennyire hosszú a hangzási idő (Baddeley, Thomson és Buchanan, 1975). A szóhosszúsági hatást úgy tudjuk a legkönnyebben magyarázni, hogy a szavak hosszúsága befolyásolja a teljesítményt, tehát minél hosszabb szavakat kell megjegyeznünk, annál rosszabb lesz a teljesítmény, mert az emlékezeti terjedelmet meghatározza az, hogy mennyi elemet tudunk 2 másodperc alatt kiejteni.

Ebből következik, hogy akik gyorsabban beszélnek, magasabb értékeket, vagyis jobb teljesítményt érhetnek el a verbális munkamemóriával kapcsolatos feladatokban. A gyerekek esetében a beszédszervek és azok mozgékonyságának érése, valamint az artikuláció motoros részeinek fejlődése hozzájárul ahhoz, hogy a munkamemória-kapacitásuk növekedhessen. Hoosain és Salili (1988) kutatásukban kimutatták, hogy a matematikai eredmények és a számterjedelmi feladaton elért teljesítmény között gyenge korreláció található, mely igazolja a munkamemória szerepét a kognitív folyamatokban. Ezen eredmények alapján tehát feltételezhető, hogy szoros kapcsolat van a fonológiai hurok, a nyelv és a számolás, fejszámolás között. Hoosain és Salili (1988), valamint Ellis és Henneley (1980) vizsgálatukban különböző nemzetiségű személyeket vizsgáltak. Azt találták, hogy a kínaiak számterjedelme átlagban 9,9, az angoloké átlagban 6,6, míg a walesieké 5,8. Az eredményeket a szóhosszúsági hatással indokolták meg: a kínaiak eredménye azzal magyarázható, hogy a számneveket ők ejtik ki a leggyorsabban. Az angol és a walesi számnevek szótagszám tekintetében ugyan egyformák, de a walesi számnevek főleg hosszú magánhangzókából állnak, ezért több időbe telik azok nevét kiejteni.

Az artikulációs kontroll, vagyis a fonológiai hurok jelenlétét bizonyítja az artikulációs elnyomási hatás is. Ez akkor fordul elő, ha hangosan vagy hangtalanul ismételtünk valamit, például miközben egy szó- vagy számlistát kell megtanulnunk. Tehát ha egy emlékezeti feladattal párhuzamosan egy szót kell ismételtünk, akkor az emlékezeti kapacitás csökkenését figyelhetjük meg. Az ismételtetés lefoglalja az artikulációs kontrollfolyamatokat, ezzel pedig megakadályozza a fonológiai tárban levő elemek frissítését és a vizuális elemek átalakítását fonológiai kóddá, így rontja a teljesítményt. Hatása független attól, hogy mit kell a vizsgálati személynek ismételtetnie, viszont Baddeley és munkatársai (1975) vizsgálati eredményei kimutatták, hogy az artikulációs elnyomás kizárólag vizuális ingerek esetében tüntette el a szóhosszúsági hatást, auditoros bemutatásnál nem tapasztaltak ilyet. Ez megdönti azt a kezdetleges vélekedést, hogy mind auditoros, mind pedig vizuális inger érkezése esetén az artikulációs elnyomási hatás teljesen kitér a szóhosszúsági hatást. Baddeley, Lewis és Vallar (1984) további vizsgálatokban az artikulációs elnyomás az előhívásnál és a bemutatásnál is használták. Az eredmények alátámasztották a korábbi vélekedéseket (Baddeley, 2001).

A nem figyelt beszéd a fonológiai tárba kerülve károsítja az emlékezeti megtartást. Colle és Welsh (1976) vizsgálatában a kísérleti személyeknek vizuálisan mutattak be számokat, amiket meg kellett tanulniuk, és ezzel párhuzamosan egy idegen nyelvű szöveget hallgattak. Annak ellenére, hogy a személyek nem értették a szöveget, a teljesítményük leromlott. A vizuálisan bemutatott számtanulási feladatban nyújtott teljesítményt tehát erősen lerontják a nem figyelt értelmes és értelmetlen szavak, mivel ezek bekerülnek a fonológiai tárba. Értelmetlen szavak esetén a hatás azzal magyarázható, hogy a tárban a fonológiai információk raktározódnak, nem pedig a szemantikusak. Ha a nem figyelt beszédnek jelentése is van, és a vizsgálati személyek értik a szöveget, akkor ez elvonja a figyelmet, ami a teljesítmény további csökkenéséhez vezet. Ebben az esetben a megjegyzés és a szövegmegértés színvonala is jelentős mértékben csökken. A nem figyelt zajnak nincs ilyen hatása, még akkor sem, ha annak rezgésmintázata azonos a folyamatos beszéd modulációjával (Salamé és Baddeley, 1987, 1989). Vizuálisan bemutatott ingerek esetén az artikulációs elnyomással eltűnik a nem figyelt beszéd hatása, a szóhosszúsági hatás és a fonológiai hasonlósági hatás is, mivel ebben az esetben az információ nem verbális, hanem képi kód formájában raktározódik el.

A fonológiai hurok két alrendszerének vizsgálatára különböző neuropszichológiai tesztek hoztak létre. Az artikulációs hurok ismétlésen alapuló összetevőjének vizsgálatára a számterjedelem tesztet használják a leggyakrabban, a fonológiai tár terjedelmét pedig az álszóterjedelem tesztel lehet a legjobban megbecsülni. Ezek a tesztek megfele-

lően jelzik az adott vizsgálati személy nyelvi produkciójának színvonalát is (*Németh és munkatársai*, 2001).

A verbális munkamemória szerepe a kognitív fejlődésben

Szókincs-elsajátítás

Több kutatásban igazolták, hogy a fonológiai huroknak fontos szerepe van az anyanyelv és a szókincs elsajátításában (*Gathercole és Adams*, 1993, 1994; *Baddeley és Gathercole*, 1989; *Service és Kohonen*, 1995; magyarul *Racsmány, Lukács, Pléh és Király*, 2001; *Racsmány*, 2004). Gathercole és munkatársai feltárták ennek egyik lehetséges működését: amikor új szót tanulunk, a fonológiai hurok fenntartja az új szó reprezentációját, míg létrejön az azzal kapcsolatos tartós emléknym. Ez mind anyanyelvünk szavainak elsajátításánál segítséget nyújt, mind pedig az idegen nyelvek tanulásánál (*Hummel*, 2002; *Sanz*, 2005). Service (1992) 9–10 éves finn anyanyelvű gyerekekkel végzett kísérletében azt találta, hogy az álszóismétlési feladatban nyújtott teljesítmény megfelelő jóslója az idegen nyelv elsajátításának.

Szintaktika

A fonológiai hurok a szintaktika fejlődésére is hatással van. Adams és Gathercole (2000) megállapították, hogy gyerekek esetében szoros kapcsolat van a verbális munkamemória-teszteken elért teljesítmény és a szintaktikai feladatokban nyújtott eredmény között. Azok a összetettebb kifejezéseket tudnak létrehozni. Speidel (1993) ezt azzal magyarázta, hogy tovább képesek megőrizni a felnőttek által használt kifejezéseket, kijelentéseket, és így azok később is aktiválódnak saját közléseik megformálásánál.

A verbális munkamemória-terjedelemnek tehát nagy szerepe van a szókincs elsajátításában és más hosszú távú fonológiai reprezentációk létrehozásában (*Racsmány, Lukács, Németh és Pléh*, 2005).

Olvasás és olvasástanulás

A fonológiai huroknak az olvasástanulás fejlődésében is szerepe van. Olyan gyerekek-nél is megjelennek olvasástanulási problémák, akik jó szociális környezetben élnek és átlagos az intelligenciájuk. Egyes kutatók valószínűsítik, hogy ezek háttérben a fonológiai hurok problémája áll (*Miles és Ellis*, 1981). Nem egyértelmű azonban, hogy az olvasásfejlődési deficitért az emlékezet, a fonológiai manipuláció vagy egy harmadik tényező tehető-e felelőssé. A fonológiai hurok befolyásolja az olvasástanulást, és megállapítható az is, hogy az olvasástanulás is javítja az emlékezeti terjedelmet és a fonológiai teljesítményt, amelyek pedig tovább növelik az olvasási teljesítmény színvonalát.

Perfetti és Goldman (1976) eredményei szerint a fonológiai hurok csak akkor kerül előtérbe, amikor elkezdődik az olvasástanulási folyamat. Jól és rosszul olvasó gyerekeket vizsgáltak és megállapították, hogy nem lehetséges közvetlenül megőrsölni az olvasási színvonalat az emlékezeti terjedelem alapján. Lehetségesnek tartják, hogy az egyéni különbségek háttérben a központi végrehajtó komponens található.

Glanzer, Dorfman és Kaplan (1981) vizsgálatában, amikor a vizsgálati személyeknek a mondatok olvasásával párhuzamosan hármásával kellett visszafelé számolniuk, jelentősen leromlott a szöveg megértési teljesítményük. Baddeley (2001) azzal magyarázta ezt a teljesítménycsökkenést, hogy a visszafelé számolás leterhelte a központi végrehajtót vagy a fonológiai hurokot zavarta meg. Az álszóismétlési teszt eredményei jó megjósolói voltak az idegen nyelv és az olvasástanulás elsajátítási sikerességének, mivel ezen szavak

memorizálása nagyobb mértékű fonológiai tudatosságot igényel. Szoros kapcsolatot mutattak ki a fonológiai emlékezet és a hanganalízis képessége között is, melyek megfelelő fokú érettsége nélkülözhetetlen feltétele a hatékony olvasástanulásnak.

Aritmetika/matematika

Számos vizsgálat foglalkozott már azzal a kapcsolattal, ami a munkamemória és az aritmetikai teljesítmény között van, de az eredmények még mindig bizonytalanok. Egyes kutatók szerint a munkamemóriának döntő szerepe van a matematikai és az aritmetikai képességekben, valamint a fluens gondolkodási folyamatokban, továbbá a mentális számolás folyamatának elősegítésében felnőttek és gyerekek esetében is (Adams és Hitch, 1997; Logie, Gilhooly és Wynn, 1994).

Durand és munkatársai 7 év 5 hónapos és 10 év 4 hónapos gyerekeken végzett vizsgálatukban megállapították, hogy a szám-összehasonlító ('digit comparison') feladaton nyújtott teljesítmény és a verbális képességek előrejelzik az aritmetikai készségeket, míg a fonéma-áthúzás ('phoneme deletion') feladata és a verbális képességek jól előre vetítik az olvasási készségeket. A fonémaáthúzás képessége döntő fontosságúnak tűnik az olvasástanulásban (Durand, Hulme, Larkin és Snowling, 2005).

Iskolai teljesítmény

Azonfelül, hogy nyilvánvaló a munkamemória szerepe a számtani feldolgozásban és a nyelvi megértésben, a felnőtt életúton keresztülívelő vizsgálatok erős kapcsolatot találtak a munkamemória kapacitása és számos intellektuális képesség között, mint például az utasítások követése, a jegyzetelés, az írás, az érvelés és a komplex tanulás, melyek erőteljesen befolyásolják az iskolai előmenetelt (Gathercole, 1999; Engle és mtsai, 1999).

Tanulási nehézségek

Gathercole és Pickering (2000) felhívták a figyelmet arra, hogy az egyes munkamemória-teszteket hatékonyan lehet alkalmazni a tanulási zavarokkal küszködő gyerekek diagnosztizálására is. A 6–7 évesek munkamemória-teszteken (például: hallási mondat-terjedelem-teszt, olvasásiterjedelem-teszt) nyújtott teljesítménye jó prediktora lehet a későbbi gyenge iskolai eredménynek, míg a fonológiai rövid távú memória kapacitása önmagában nem bejósoló értékű (Pickering és Gathercole, 2004). Több év is lehet azoknak a gyerekeknek az elmaradása, akiknek nyelvi zavarokkal kell szembenéznük a mindennapok során. McNamara és Wong (2003) vizsgálatából kiderül, hogy azok az egyetemisták, akik tanulási nehézségekkel küzdenek, rosszabbul teljesítenek a munkamemória-teszteken, mint a kontrollszemélyek. A szövegértési, következtetési képességek és a nagyobb munkamemória-kapacitás között szoros kapcsolat található, amely a központi végrehajtó kapacitásának mértékére utalhat (Oakhill, Yuill és Parkin, 1986).

Nyelvi megértés

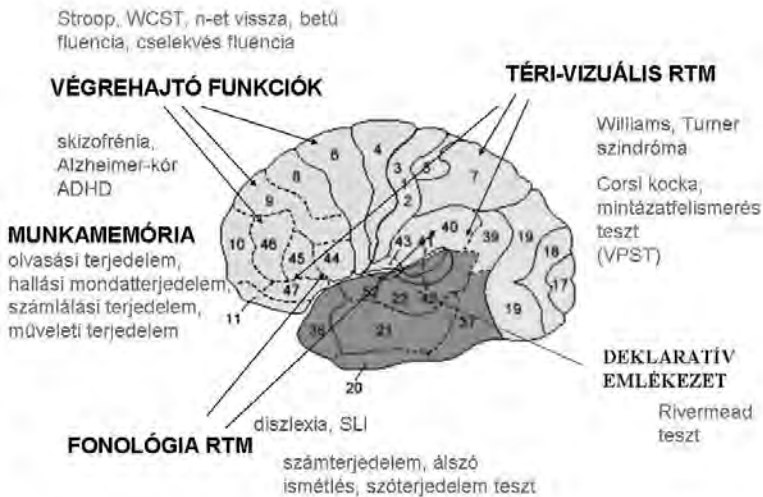
Baddeley és munkatársai vizsgálatokat végeztek olyan betegeken, akiknek a rövid távú memóriája specifikus deficitet mutatott. Bizonyítékokat találtak arra, hogy a munkamemóriának szerepe van a nyelvi megértésben is (Baddeley és munkatársai, 1987; Baddeley, Gathercole és Papagno, 1998). Szilárd kapcsolat található tehát a komplex munkamemória és az ezt mérő teszteken nyújtott teljesítmény, valamint a beszélt, illetve az írott nyelv megértése között (Daneman és Merikle, 1996; Leather és Henry, 1994). A vizsgálatok

eredményei azt látszanak alátámasztani, hogy valódi oksági kapcsolat van köztük (Engle és mtsai, 1999).

Akik jobb eredményeket érnek el a munkamemória-teszteken, nagyobb erőforrás áll rendelkezésükre, hogy felépítsenek és elemezzenek egy mondat szerkezetet, és a mondatfeldolgozás során több lehetséges magyarázatot is tudnak kezelni (Németh, 2002). Egy magyar nyelvű vizsgálatban a munkamemória és a morfológiai komplexitás között találtak összefüggést: minél komplexebb egy szó morfológiai struktúrája, annál inkább szükség van a munkamemória leterhelésére (Németh, Ivády, Miháltz, Krajcsi és Pléh, 2006).

Wassenberger, Hurks, Hendriksen, Feron, Meijs, Vles és Jolles (2008) 361 óvodás és általános iskolás gyerekekkel végzett vizsgálatukban a komplex nyelvi megértés tekintetében fejlődést állapítottak meg a sebességben és a pontosságban az életkor előrehaladásával. Az eredmények azt mutatták, hogy a nyelvi megértés pontossága a 6. osztályig fejlődik, míg sebességének fejlődése a 7. osztályig eltart. Megállapították tehát, hogy a komplex nyelvi megértés a korai serdülőkor előtt még nem teljesen kifejezett.

A munkamemória neuropszichológiai vonatkozásai



2. ábra. A munkamemória neuropszichológiája

Az utóbbi évtizedben egyre több figyelem irányult a nyelvi zavarok pontos természetének felderítésére és a megkésett nyelvi fejlődés korai azonosításának lehetőségeire. A kutatások kimutatták a komplex verbális munkamemória deficitjét a specifikus nyelvi károsodás (régi nevén fejlődési diszfázia, angolul Specific Language Impairment, SLI) esetében. Montgomery több vizsgálatából is kiderül (lásd például: Montgomery, 1995, 2000a, 2000b, 2002), hogy SLI-os gyermekeknél a tárolási kapacitásban nincs különbség a kontrollcsoporthoz képest, viszont azokon a teszteken, ahol az információ manipulációjára is szükség van, rosszabbul teljesítenek.

Ellis Weismer és munkatársai is hasonló eredményre jutottak, mint Montgomery (lásd például: Ellis Weismer és Evans, 2002; Ellis Weismer, Evans és Hesketh, 1999). Olyan kisgyermek teljesítményét hasonlították össze életkor alapján illesztett kontrollcsoporttal, akiknek késik a nyelvfejlődésük. Emellett egy újabb tanulmányban fMRI-vel azt is kimutatták, hogy SLI-os gyermekeknél alacsonyabb az aktiváció azokon a területeken, melyek a figyelemi és emlékezeti folyamatokban szerepet játszanak (Ellis Weismer, Plante,

Jones és Tomblin, 2005). Ezek az eredmények különösen fontosak a nyelvi fejlődés segítése szempontjából, mert rámutatnak arra, hogy érdemesebb lenne a gyermekek munkamemóriáját fejleszteni, például különböző emlékezeti stratégiákat tanítani, nem pedig specifikusan csak a nyelvre korlátozódó feladatokat gyakoroltatni. Montgomery és Evans (2009) vizsgálatukban megállapították, hogy az SLI-zavarban szenvedő iskoláskorú gyerekek esetén az egyszerű és az összetett nyelvtan megértése is mentálisan megterhelő feladat, ami jelentős munkamemória-készletet igényel. Alloway és Archibald (2008) kutatásukban azt az eredményt kapták, hogy az SLI-zavaros csoport teljesítményében csak a verbális rövid távú emlékezeti teszteken és a munkamemória-teszteken volt megfigyelhető károsodás. Riccio, Cash és Cohen (2007) kimutatták, hogy az SLI-zavaros gyerekek csökkentett verbális kapacitással rendelkeznek annak érdekében, hogy az auditoros információt feldolgozzák, megszervezzék és fenntartsák a munkamemóriában.

Figyelmi/hiperaktivitási zavarral küzdő (Attention Deficit / Hyperactivity Disorder, ADHD) gyermekeknél, illetve felnőtteknél is kimutatták a komplex verbális munkamemória deficitjét, amely erősen korrelált a hallás utáni megértéssel (Martinussen, Hayden, Hogg-Johnson és Tannock, 2005), és ami Martinussen és Tannock (2006) véleménye szerint figyelmi deficit esetén még erőteljesebben kimutatható.

A számerjedelem-teszten ezek a személyek a kontrollcsoport szintjén teljesítettek, ami jelzi, hogy a deficit nem a tárolásban van, hanem az információk manipulálásában (McInnes, Humphries, Hogg-Johnson és Tannock, 2003; Cornoldi, Marzocchi, Belotti, Caroli, Meo és Braga, 2001) – akárcsak a nyelvi zavarok esetében is.

A hallási mondat-terjedelem-teszt hasznos eszköznek bizonyul a demenciák diagnosztikájában is. Welland, Lubinski és Higginbotham (2002) Alzheimer-típusú demenciában szenvedő betegekkel végeztek vizsgálatot, melyből kiderült, hogy a beszélt nyelv megértése, különösen a részletek megértése és a következtetés sérült ezeknél a személyeknél, s teljesítményük korrelált a munkamemória-kapacitással (korai és középső stádiumban is).

Williams-szindrómás betegeknek a verbális és téri képességek disszociatív sérülése figyelhető meg (Vicari, Bellucci és Carlesimo, 2003). Verbális munkamemória-kapacitásuk és nyelvi képességeik átlagosnak mondhatóak, de téri munkamemóriájuk teljesítményében jelentős károsodás mutatható ki, mindössze néhány elem tárolására képesek (Racsmany, 2004).

Velük ellentétben a Down-kóros gyerekek a téri-vizuális feladatokon értek el lényegesen jobb teljesítményt (Wang és Bellugi, 1994; Jarrold, Baddeley és Hewes, 1999; magyarul Racsmany, 2004). Ezeknél a gyerekeknél károsodott verbális munkamemóriát találtak a kutatók, és az új szavak tanulásában is nehézségeik voltak (Jarrold, Thorn és Stephens, 2009).

A munkamemória fejlődése és hatása a kognitív folyamatok működésére

Jelentős különbség figyelhető meg a munkamemória egyes alrendszerének fejlődésében (Baddeley, 2001; Smith és Jonides, 1998; Gathercole, 1999). Fontos különbséget tennünk az életkori változásokat illetően a verbális (fonológiai hurok) és a komplex munkamemória fejlődése között, mivel eltérő sajátosságokat figyelhetünk meg a két rendszer esetében. A munkamemória komponenseinek fejlődési üteme jelentősen eltér egymástól. Míg a fonológiai hurok kapacitásának növekedése hamarabb véget ér, addig a komplex munkamemória-feladatokkal (hallási mondat-terjedelem, olvasási terjedelem) mért komponensek fejlődése lassabb, és az öregkori leromlás is jobban megfigyelhető (Carpenter, Miyake és Just, 1994; Gathercole, 1999; Németh, 2006). Case, Kurland és Goldberg (1982) szerint azért nő arányosan a gyerekek életkorával a munkamemória-kapacitás, mert a képességeik fejlődésével kevesebb erőforrásra van szükségük az információ feldolgozásához, és így több erőforrás marad a tároláshoz (Németh, 2006).

A fonológiai hurok különböző mérőeljárásait használva kimutatták, hogy a verbális munkamemória-teszteken nyújtott teljesítmény az életkorral együtt nő (Gathercole és Adams, 1994; Baddeley és mtsai, 1998). Azt feltételezik, hogy a kapacitásnövekedés háttérében az ismétlési mechanizmusok átalakulása áll. A munkamemória-teszteken a gyerekek elért teljesítménye 8 éves korig erős növekedést mutat, azután pedig már fokozatos fejlődés figyelhető meg 11–12 éves korig, amikor is a fejlődés üteme lassul 16–17 éves korig. Ennek a profilnak kivételét képezi a hallási mondatrjedelem-teszten elért teljesítmény (komplex munkamemória-mérő eljárás), mivel itt 9–13 éves korban is meredek emelkedést figyelhetünk meg. Ez arra utal, hogy a komplex munkamemória hosszabb fejlődési perióduson megy keresztül (Gathercole, 1999; Gathercole, Pickering, Ambridge és Wearing, 2004).

Chiappe, Hasher és Siegel (2000) 19 éves korra teszik a komplex munkamemória-kapacitás fejlődésének végét. Cowan (1992, 1994) vizsgálatában megállapította, hogy az emlékezeti előhívás során a 4 és 8 év közötti gyerekek egyre kevesebb szünetet tartanak az egyes szavak között, tehát az ismétlés adott idő alatt gyorsabbá válik, melynek egyéni eltérései erősen összefüggnek a munkamemória-teszteken elért eredménnyel. A téri-vizuális munkamemória kapacitásának növekedése 5 éves kortól 11 éves korig egyenletes, azután pedig csökken, de egészen felnőttkorig megfigyelhető a fejlődés.

Szinte minden verbális feladatban megfigyelhető négyéves kor után a szóhosszúsági hatás, mivel ez befolyásolja a szavak kiejthetőségét. Az emlékezeti kapacitást meghatározza, hogy mennyi elemet tudunk sikeresen frissíteni, mielőtt az elhalványulás bekövetkezik. Azt, hogy mennyi elemet tudunk frissíteni, meghatározza az artikuláció sebessége és a szavak közti szünetek hossza (Hoosain és Salili, 1998). Fiatalabb gyermekek felidézési zavarának okaként a nyomelhalványulást nevezhetjük meg, mivel ők még az információk frissítéséhez nem használják az ismétlést, és ennek következtében 1,5–2 másodpercen belül megtörténik a nyomelhalványulás (Gathercole, 1999). Más kutatók vizsgálatai is alátámasztják azt a feltételezést, hogy 8 éves kor után a szavak kiejtési sebessége (artikulációs sebesség) nagymértékben összefügg a munkamemória kapacitásával (Henry, 1991; Cowan, 1994).

Barrouillet, Gavens, Vergauwe, Gaillard és Camos (2009) vizsgálatot végeztek egy korábbi modell (Time-Based Resource-Sharing Model) alapján (Barrouillet, Bernardin és Camos, 2004), amelynek alapfeltevése az volt, hogy az emlékezet újraaktiválja az elhalványuló emléknymokat, mielőtt azok végleg eltűnnének. 5 és 14 év közötti gyerekeknel figyelték meg azt, hogy milyen szerepe lehet az újraaktiválási folyamatnak a munkamemória kapacitásának eltéréseiben. Ezek a gyerekek alkalmazzák a szeriális kontrollt, és megállapították, hogy a reaktiválási folyamat hatékonysága 7 éves kortól egészen késő serdülőkorig növekszik. Serdülőkorban a komplex munkamemória teljesítményének növekedése szoros kapcsolatban áll a végrehajtó és a figyelmi funkciók éréssel, amely a frontális területek fejlődési folyamatainak eredményeként jelentkezik. 10–17 éves kor között az emlékezeti teljesítmény mintegy 10 százalékkal nő.

Iskoláskorban a felidézési hibák nagy részének okaként az interferenciát nevezhetjük meg, a nyomelhalványulás szerepe ebben a korban már csökken. Azért, hogy a gyerekek saját tanulásukat könnyebbé tegyék, különböző emlékezeti módszereket alakítanak ki maguknak ebben az életkorban (Wagner, 1974; Cole, 2006; Gathercole, 1999). A 7 évnél fiatalabb gyerekek esetén a gyengébb felidézési teljesítményhez vezethet az, hogy még nem tudják átalakítani a vizuális információkat verbálissá. Az iskoláskorú gyerekek teljesítménye a verbális munkamemória-feladatokban növekszik, amely a javuló fonológiai tudatossághoz és a temporális diszkrimináció fejlődéséhez kapcsolódik. Ezek segítségével könnyebben és jobban tudják kódolni az információt, amely jobb teljesítményt eredményez (Gathercole, 1999).

Brown (1999) szerint a 8 évnél idősebb gyerekek emlékezeti terjedelme tovább fejlődik, ami úgy jelenik meg, hogy előhíváskor kevesebb szeriális hibát vétenek. Idősebb gyerekek egyidejűleg többféle modalitásban is tudják kódolni az információkat. Ez javítja a kód minőségét, és megjelenik egy újabb emlékezeti forma, az epizodikus emlékezet. Ebben az életkorban nő az információfeldolgozási sebesség, valamint figyelmük időtartama és annak terjedelme alkalmassá válik arra, hogy az iskolában a feladatokat elvégezzék, a tanári utasításokat, magyarázatokat kövessék. A feldolgozási folyamatok sebessége és eredményessége serdülőkorban nő, ami hatással van a tárolás eredményességére is. A feldolgozásban és a tárolásban jelentkező egyéni eltérések állandósulnak, amire a figyelmi folyamatok egyéni különbségei szolgálnak magyarázattal.

A magyar nyelvű kutatások közül Németh (2002) vizsgálatát említeném meg, melyben a munkamemória fejlődésének és a mondatmegértésnek a kapcsolatát tanulmányozta, s megállapította, hogy gyermekeknél az önütemezett olvasással mért megértés munkamemória-hatásokat mutat. A keresztmetszeti vizsgálatokból kiderül, hogy ez a hatás eltűnik az életkor növekedésével és a nyelvi megértés készségi szintjévé válásával.

Chiappe és munkatársai (2000) szerint megállapítható, hogy az életkor növekedésével a komplex munkamemória-teszteken hamarabb és nagyobb mértékű teljesítménycsökkenés jelentkezik, mint a verbális munkamemória esetében. Ennek hátterében az állhat, hogy a komplex munkamemóriáért felelős agyi területek szenzitívebbek az öregedésre, tehát hamarabb megmutatkozik a deficit a teljesítményben, míg a verbális és térbeli munkamemória esetén a romlás kezdete későbbre tehető.

A fonológiai rövid távú memória és a komplex (verbális) munkamemória mérőeljárásai

A munkamemória kapacitásának mérésére több tesztet is kidolgoztak. Ezek a tesztek más-más komponenseket mérnek a munkamemórián belül (*Gathercole és Pickering*, 2000, magyarul *Németh és mtsai*, 2001; *Racsmány és mtsai*, 2005). A megjegyzendő elemek általában nem függenek össze egymással, ennek segítségével ki lehet zárni a hosszú távú emlékezet hatásait. A vizsgálati személyeknek a megjegyzett elemeket rövid időn belül kell visszamondaniuk. A választóvonal ott húzható meg a teljesítményben, ahol a felidézés már nem pontos. A memóriakapacitás az a szint, amíg az adott egyén a legtöbb elemet tökéletesen fel tudja idézni (*Németh*, 2006).

1. táblázat. A munkamemória mérőeljárásai

Térs-vizuális vázlattömb (térs-vizuális rövidtávú emlékezet)	Központi végrehajtó	Fonológiai hurok (fonológiai rövidtávú emlékezet)	(Komplex) munkamemória
Corsi-kocka teszt	N-et vissza feladat	Álszó-ismétlés teszt (Non-word repetition)	Hallási mondatterjedelem-teszt
Mintázatterjedelem-teszt (VPST)	Betűfluencia-teszt	Számterjedelem-teszt	Számlálási terjedelem teszt
Térkép-tesztek	Wisconsin Kártaszor- tírozás Teszt (WCST)	Szóterjedelem-teszt (recall of words)	Fordított számterjedelem-teszt
	Random számgenerálás		Olvásásterjedelem-teszt

Számterjedelem-teszt (Digit Span)

A verbális munkamemóriát leggyakrabban a számterjedelem-teszttel vizsgálják, melyet elsőként Jacobs (1887) dolgozott ki. Egészséges személyek munkamemória-terjedelme 7 +/- 2 elem (*Miller*, 1956; *Baddeley*, 2001). A teszt megtalálható a Wechsler-

féle intelligenciatesztben is, mely jelentős mértékben növelte alkalmazási körét, ezáltal népszerűségét is. A Digit Span sztenderdizált, magyar nyelvű változatát Racsmány és munkatársai (2005) dolgozták ki.

Olvasásiterjedelem-teszt (Reading Span)

Az olvasásiterjedelem-tesztet Daneman és Carpenter dolgozta ki 1980-ban. Ez egy komplex (verbális) munkamemória-feladat, amely a feldolgozó és tároló elemeket egyformán terheli. Baddeley és Hitch (1986) munkamemória-modelljében a fonológiai hurok és a központi végrehajtó együttesét hivatott mérni. Népszerű vizsgálati eszköznek számít, mivel remekül bejósolja a szövegmegértési feladatokban elért teljesítményt (*Daneman és Carpenter, 1980*). A Reading Span sztenderdizált, magyar nyelvű változatát Racsmány és munkatársai (2005) dolgozták ki.

Hallási mondatterjedelem-teszt (Listening Span)

A hallási mondatterjedelem-teszt szintén Daneman és Carpenter (1980) nevéhez fűződik. A teszt nagyon hasonlít az olvasásiterjedelem-teszthez. Eredetileg azért dolgozták ki, hogy még olvasni nem tudó gyermekek komplex munkamemória-feladatokon nyújtott teljesítményét is tudják mérni. Az eredeti angol nyelvű teszt azóta széles körben használt mérőeljárássá vált a nyugati országokban. A teszt remekül alkalmazható az életkori változások vizsgálatára, például a munkamemória-kapacitás gyermekkori fejlődésének vagy az öregedés hatásának feltérképezésére, emellett számos kutatás bizonyítja a teszt diagnosztikai értékét például nyelvi zavarok, tanulási nehézségek korai azonosításában. Magyar nyelvű változatát Janacsek, Tánczos, Mészáros és Németh (2009) dolgozta ki.

Álszó-ismétlési teszt (Non-word repetition Test)

Az álszóismétlési tesztben a vizsgálati személynek egyre hosszabb, értelmetlen szavakat kell hallás után megismételnie. Az álszavak megegyeznek a vizsgálati személy anyanyelvének fonológiai szerkezetével. Az azonnali visszamondás miatt nem történik ismételtetés, artikulációs frissítés, ezért elsősorban a fonológiai tárat terheli ez a feladat (*Racsmány és munkatársai, 2005; Németh és munkatársai, 2000*).

Fordított számterjedelem-teszt (Backward Digit Span)

A fordítottszám-terjedelem-tesztben a vizsgálatvezető számokat olvas fel, a számok után 1 másodperces szünetet hagyva. A vizsgálati személynek az a feladata, hogy a számokat az elhangzás sorrendjével ellentétesen, vagyis „visszafelé” mondja vissza. Egy számsoron belül a számok nem ismétlődnek, és véletlenszerű sorrendben szerepelnek. Egy adott terjedelemhez négy különböző számsor tartozik. Mivel itt a verbális információ rövid idejű tárolásán túlmenően az információ manipulációjára is szükség van, ezért ez a teszt inkább a munkamemória mérőeljárásai közé sorolandó, bár nincs szükség olyan nagy feldolgozási követelményekre, mint például a hallási mondatterjedelem-teszt (*Conway, Kane, Bunting, Hambrick, Wilhelm és Engle, 2005; Hutton és Towse, 2001*) esetében.

Számlálásiterjedelem-teszt (Counting Span)

A számlálásiterjedelem-teszt (*Case és mtsai, 1982*) a munkamemória mérőeljárása. Előnye, hogy korábbi életkorban is felvehető, amikor már kialakult a gyermek számlálási képessége, valamint hogy magasabb szintű matematikai képességek hiányában is fel-

vehető, például olyan személyekkel, akik kimaradtak az iskolai oktatásból, vagy bizonyos fokú nehézségekkel rendelkeznek ilyen téren (lásd diszkalkulia).

A teszt során sötétkéék köröket és négyzeteket, valamint sárga köröket mutatunk a számítógép képernyőjén a kísérleti személyeknek. Az a feladatuk, hogy egyesével, hangosan számolják meg, hogy hány sötétkéék kört látnak a képen, ismételjék meg ezt az utolsó számot és jegyezzék meg. Két kép után vissza kell mondaniuk a megjegyzett számokat a bemutatás sorrendjében. Ez a szám mindig 2 és 8 közé esik, és egy számsoron belül nincs ismétlődés, valamint nem fedezhető fel semmilyen logikai szabályszerűség abban, hogy hogyan követik egymást a számok. Továbbá fontos kikötés, hogy amint befejezték a számolást, rögtön ki kell mondaniuk az eredményt, valamint, hogy amint megjelenik a következő kép, rögtön kezdjenek el számolni, nem tarthatnak közben szünetet, ezzel időt hagyva az ismétlésre. Annyi pontot ér el a személy, ahány számot helyesen vissza tudott mondani maximálisan. Ha nem sikerült az első két szám visszamondása, egy pontot kap az adott sorozatra. A számlálási terjedelem végső értékét a három sorozat eredményének átlaga adja, amely maximálisan 6 lehet, mivel hat elemből áll a leghosszabb számsorozat (lásd: *Janacsek, Gyüre, Fekete, Filep és Németh*, előkészületben).

Műveletiterjedelem-teszt (Operation Span Task)

A műveletiterjedelem-tesztet Turner és Engle (1989) fejlesztette ki mint a munkamemória vizsgálatát lehetővé tevő új eljárást. Hátránya, hogy 8–9 éves kor előtt nem vehető fel, mivel viszonylag stabil számlálási képességhez kötött. A feladat során egyszerű matematikai egyenleteket kell hangosan megoldania a vizsgálati személyeknek, majd eldönteni, hogy helyes-e a végeredmény, és felolvasni az egyenlet utáni szót. A magyar szavak kiválasztásánál ügyeltünk arra, hogy mindegyik szó két szótagból álljon, körülbelül egyforma gyakoriságú legyen, és ne kerüljön egymás mellé két hasonló hangzású vagy hasonló jelentéssel bíró szó, amelyek könnyen asszociálódhatnak. A válaszokat szóban kérjük vissza a kísérleti személyektől. Két egyenlet után fel kell idézniük a szavakat a bemutatás sorrendjében. Ezután három egyenlet következik, tehát három szót kell memorizálni és visszamondani. A sorozat végén már hat szót kell megjegyezni, ha végig sikerült a vizsgálati személyeknek visszamondaniuk helyes sorrendben a szavakat. Hiba esetén egy új sorozat következik, összesen három. Ennél a feladatnál is fontos kikötés, hogy az egyenletek között nem tarthatnak szünetet a résztvevők, rögtön számolniuk kell, amint megjelenik az újabb egyenlet. A számlálási terjedelem teszthez hasonlóan alakul a pontozás. A végső értéket itt is a három sorozat átlaga alapján határozzuk meg (lásd: *Janacsek és mtsai*, előkészületben).

A komplex (verbális) munkamemória mérőeljárásainak alkalmazási lehetőségei a diagnosztikában

Az iskolában sok olyan feladat van, ami egyszerre igényli az új információk feldolgozását és az előzetes ismeretekhez való integrálását. Ilyen iskolai feladatok például hallgatni egy másik beszélőt, írás közben kigondolni a következő szövegrészt vagy fejben számolni. A komplex munkamemória-tesztek is hasonló követelményeket állítanak: az információ tárolása mellett szükség van annak manipulációjára is. Számos kutatás alátámasztja, hogy a komplex munkamemória-teszteken nyújtott teljesítmény jó bejósolója a tanulási nehézségeknek (lásd például: *Gathercole és Pickering, 2000; Pickering és Gathercole, 2004; McNamara és Wong, 2003*).

Gathercole és Pickering (2000) 6 és 7 éves gyermekeknél vizsgálta a munkamemóriakapacitás és az iskolai előrehaladás kapcsolatát. Az általuk felvett tesztek: a számterjedelem-, a fordítottszám-terjedelem-, az álszóismétlési teszt, a hallási mondatterjedelem-

2. táblázat. Fonológiai RTM és munkamémória-tesztek

Mérőeljárás	Vizsgált funkció	Feladat	Helyes válasz	
Számterjedelem-teszt	Fonológiai RTM	Megjegyezni, visszamondani sorrendben Pl.: „7-2-9-1”	„7-2-9-1”	
Álszóteszt	Fonológiai RTM	Megjegyezni, visszamondani Pl.: „sémernyegvőterec”	„sémernyegvőterec”	
Fordítottszám-terjedelem-teszt	Fonológiai RTM	Megjegyezni, visszamondani fordított sorrendben Pl.: „4-9-6-1”	„1-6-9-4”	
Olvasásiterjedelem-teszt	Munkamémória	Eloolvasni, megjegyezni, visszamondani sorrendben. Pl.: „Mikor az alapos takarításnak vége lett, az épület összes emeletén megszűnt az általános rossz <u>illat</u> .” „A művészeti igazgató közölte a híres zenésszel, hogy a gyengébb teljesítmény ellenére jár neki a <u>gitár</u> .”	„illat gitár”	
Hallási mondat-terjedelem-teszt	Munkamémória	I/H, megjegyezni, visszamondani sorrendben. 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”
Műveletiterjedelem-teszt (Operation Span)	Munkamémória	I/H, megjegyezni, visszamondani sorrendben. Pl.: „(10 / 2) – 3 = 2 banán” „(6 * 3) – 7 = 13 kocsma”	„igaz” „hamis”	„banán kocsma”
Számlálásiterjedelem-teszt (Counting Span)	Munkamémória	Egymás után következő ábrákon megszámlálni a sötétkék köröket, majd sorrendben visszamondani a számolások végeredményét.	a számolások végeredménye	

teszt, valamint a téri-vizuális vázlattömb mérőeljárásai. Eredményeik szerint az iskolában rosszabbul teljesítők jelentősen gyengébbek a komplex munkamémória (hallási mondat-terjedelem) és a téri-vizuális feladatokban, mint átlagosan teljesítő társaik. E tesztek jó előrejelzői lehetnek a gyenge iskolai teljesítménynek, míg a fonológiai hurok mérőeljárásai önmagukban nem prediktív értékűek. Gathercole és Pickering (2000) szerint a téri-vizuális vázlattömb feladatai azért jártak együtt erősen a gyenge iskolai teljesítménnyel, mert ezekben is szükség van az információ tárolása mellett annak manipulációjára is, mint ahogy például a hallási mondat-terjedelem-feladatban is.

Pickering és Gathercole (2004) speciális tanulási igényekkel rendelkező gyermekek munkamémória-teljesítményét is tanulmányozták. Négy csoportba sorolták a gyermekeket: általános tanulási nehézség, nyelvi-beszédzavar, írás-olvasás zavarai és egyéb viselkedéses zavar alapján a munkamémória minden komponensét. A viselkedéses zavarral küzdők átlagosan teljesítettek a vizsgálatban minden munkamémória-mérő eljárásnál, ami jelzi, hogy problémájuk nem kognitív természetű, míg a másik három csoport teljesítménye gyengébb volt az egészséges kontrollcsoport képest. Az eredmények összhangban vannak az elképzeléssel, hogy a munkamémória komponenseinek specifikus szerepe van a tanulás támogatásában.

A komplex munkamémória-tesztek diagnosztikai értéke felnőtteknél is jelentős. McNamara és Wong (2003) kutatásából kiderül, hogy tanulási nehézségekkel küzdő

egyetemisták rosszabbul teljesítenek a hallási mondatterjedelem-teszten, mint a kontroll-személyek, ami arra utal, hogy problémáik háttérében munkamemória-deficit áll; a mindennapi munkamemória-feladatokon is rosszabbul teljesítettek (például egy táncpizöd felidézése, könyvtári esemény előhívása, gyakran látott dolgok előhívása, például McDonald's-jel), ami mutatja, hogy nem a feladat komplexitása okozza a gyengébb teljesítményt.

Összefoglalás

Számos olyan feladattal találkozhatunk az iskolában, amikor egyszerre van szükség az új információk feldolgozására és ezen információk előzetes ismeretekhez illesztésére. Ilyen iskolai feladatok például részt venni egy beszélgetésben, a tanórán figyelni és jegyzetelni, írás közben kigondolni a következő szövegrészt vagy fejben számolni. A komplex munkamemória mérőeljárásai is hasonló követelményeket állítanak: az információ tárolása mellett fontos szerepe van a feldolgozásnak is. Számos kutatás alátámasztja, hogy az itt bemutatott munkamemória-teszteken nyújtott teljesítmény jó bejósolója a tanulási nehézségeknek, ami segítségünkre lehet abban, hogy idejében felismerjük és diagnosztizáljuk az egyes fejlődési és tanulási zavarokat, és hatékonyan végezhesük az iskolai fejlesztést, tehetség-gondozást. Hasznos eszközként szolgálnak továbbá a munkamemória differenciáltabb mérésére a különböző életkori csoportokban, különös tekintettel a fejlődépszichológiai és az öregedéssel együtt járó kognitív változások vizsgálatára.

A neuropszichológiai tesztek mind idegrendszeri, mind funkcionális szinten jobban körülhatároltak, mint a korábban használatos tesztek, ezért pontosabb diagnosztikát tesznek lehetővé és ennek következtében specifikusabb fejlesztési programok dolgozhatók ki az iskolákban, nevelési tanácsadóknak, fejlesztő központokban.

Irodalom

- Adams, A. M. és Gathercole, S. E. (2000): Limitations in working memory: Implications for language development. *International Journal of Language and Communication Disorders*, 35. sz. 95–117.
- Adams, J. W. és Hitch, G. J. (1997): Working memory and children's mental addition. *Journal of Experimental Child Psychology*, 67. sz. 21–38.
- Alloway, T. P. és Archibald, L. (2008): Working memory and learning in children with developmental coordination disorder and specific language impairment. *Journal of Learning Disabilities*, 41. sz. 251–262.
- Archibald, L. M. D. és Gathercole, S. E. (2007): The complexities of complex memory span: Storage and processing deficit sin specific language impairment. *Journal of Memory and Language*, 57. sz. 177–194.
- Baddeley, A. D. (1966): Short-term memory for word sequences as a function of acoustic, semantic and formal similarity. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 18. sz. 362–365.
- Baddeley, A. D. (1986): *Working memory*. Clarendon Press, Oxford.
- Baddeley, A. D. és Vallar, G. (1987): Phonological short-term store and sentence processing. *Cognitive Neuropsychological*, 4. sz. 417–438.
- Baddeley, A. D. és Wilson, B. (1987): Comprehension and working memory: a single case neuropsychological study. *Journal of Memory and Language*, 27. sz. 479–498.
- Baddeley, A. D. és Gathercole, S. E. (1989): Evaluation of the role of phonological STM in the development of vocabulary in children: a longitudinal study. *Journal of Memory and Language*, 28. sz. 200–213.
- Baddeley, A. D., Gathercole, S. E. és Papagno, C. (1998): The phonological loop as a language learning device. *Psychological Review*, 105. sz. 158–173.
- Baddeley, A. D. és Hitch, G. (1974): Working memory. In: Bower, G. A. (szerk.): *Recent advances in learning and motivation*. Academic Press, New York,.
- Baddeley, A. D., Lewis, V. J. és Vallar, G. (1984): Exploring the articulatory loop. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 36. sz. 233–252.
- Baddeley, A. D., Thomson, N. és Buchanan, M. (1975): Word length and the structure of short-term memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 14. sz. 575–589.
- Baddeley, A. D. (2000): The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4. 11. sz. 417–423.

- Baddeley, A. D. (2001): *Az emberi emlékezet*. Osiris Kiadó, Budapest.
- Barrouillet, P., Bernardin, S. és Camos, V. (2004): Time constraints and resource sharing in adults' working memory spans. *Journal of Experimental Psychology General*, 133. sz. 83–100.
- Barrouillet, P., Gavens, N., Vergauwe, E., Gaillard, V. és Camos, V. (2009): Working Memory Span Development: A Time-Based Resource-Sharing Model Account. *Developmental Psychology*, 45. sz. 477–490.
- Brown, G. D. A., McCormack, T., Vousden J. I. és Henson, R. N. A. (1999): Children's Serial Recall Errors: Implications for Theories of Short-Term Memory Development. *Journal of Experimental Child Psychology*, 76. sz. 222–252.
- Carpenter, P. A., Miyake, A. és Just, M. A., (1994): Working memory constraints in comprehension. In: Gernsbacher, M. A. (szerk.): *Handbook of psycholinguistics*. Academic Press, San Diego. 1075–1122.
- Case, R. D., Kurland, M. és Goldberg, J. (1982): Operational efficiency and the growth of short-term memory span. *Journal of Experimental Child Psychology*, 33. sz. 386–404.
- Chiappe, P., Hasher, L. és Siegel, L. S. (2000): Working Memory, Inhibitory Control and Reading Disability. *Memory and Cognition*, 28. 1. sz. 8–17.
- Cole, M. és Cole, S. R. (2006): *Fejlődéslélektan*. Osiris Kiadó, Budapest.
- Colle, H. A. és Welsh, A. (1976): Acoustic masking in primary memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 15. sz. 17–32.
- Conrad, R. és Hull, A. J. (1964): Information acoustic confusion and memory span. *British Journal of Psychology*, 55. sz. 429–432.
- Conway, A. R. A., Kane, M. J., Bunting, M. F., Hambrick, D. Z., Wilhelm, O. és Engle, R. (2005): Working memory span tasks: A methodological review and user's guide. *Psychonomic Bulletin and Review*, 12. 5. sz. 769–786.
- Cornoldi, C., Marzocchi, G. M., Belotti, M., Caroli, M. G., Meo, T. és Braga, C. (2001): Working Memory Interference Control Deficit in Children Referred by Teachers for ADHD Symptoms. *Psychology Press*, 7. 4. sz. 230–240.
- Cowan, N. (1992): Verbal memory span and the timing of spoken recall. *Journal of Memory and Language*, 31. sz. 684–688.
- Cowan, N., Towse, J. N., Hamilton, Z., Sauls, J. S., Elliott, E. M., Lacey, J. F., Moreno, M. V. és Hitch, G. J. (2003): Children's working-memory processes, a response-timing analysis. *Journal of Experimental Psychology*, 132. sz. 113–132.
- Daneman, M. és Carpenter, P. (1980): Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning Verbal Behavior*, 19. sz. 450–466.
- Daneman, M. és Merikle, P. M. (1996): Working memory and language comprehension: a meta-analysis. *Psychonomic Bulletin and Review*, 3. sz. 422–433.
- Durand, M., Hulme, C., Larkin, R. és Snowling, M. (2005): The cognitive foundations of reading and arithmetic skills in 7-to 10-year-olds. *Journal of Experimental Child Psychology*, 91. sz. 113–136.
- Ellis, N. C. és Hennesley, R. A. (1980): A bilingual word-length effect: Implications for intelligence testing and the relative ease of mental calculation in Welsh and English. *British Journal of Psychology*, 71. sz. 43–52.
- Ellis Weismer, S. és Evans, J. (2002): The Role of Processing Limitations in Early Identification of Specific Language Impairment. *Topics in Language Disorders*, 22. 3. sz. 15–29.
- Ellis Weismer, S., Evans, J. és Hesketh, L. (1999): An Examination of Verbal Working Memory Capacity in Children with Specific Language Impairment. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 42. sz. 1249–1260.
- Ellis Weismer, S., Plante, E., Jones, M. és Tomblin, B. (2005): A Functional Magnetic Resonance Imaging Investigation of Verbal Working Memory in Adolescents with Specific Language Impairment. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 48. sz. 405–425.
- Engle, R. W., Kane, M. J. és 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*, 102–134.
- Gathercole, S. E. és Adams, A. (1993): Phonological working memory in very young children. *Developmental Psychology*, 29. sz. 770–778.
- Gathercole, S. E. és Adams, A. (1994): Children's phonological working memory: Contributions of long-term knowledge and rehearsal. *Journal of Memory and Language*, 33. sz. 672–688.
- Gathercole, S. E. és Pickering, S. J. (2000): Assessment of working memory in six and seven-year old children. *Journal of Educational Psychology*, 92. sz. 377–390.
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Ambridge, B. és Wearing, H. (2004): The structure of working memory from 4 to 15 years of age. *Developmental Psychology*, 40. sz. 177–190.

- Gathercole, S. E. (1999) Cognitive approaches to the development of short-term memory. *Trends in cognitive sciences*, 3. 11. sz. 410–419.
- Glanzer, M., Dorfman, D. és Kaplan, B. (1981): Short-term storage in processing of text. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 20. sz. 656–670.
- Hutton, U. M. Z. és Towse, J. N. (2001): Short-term memory and working memory as indices of children's cognitive skills. *Memory*, 9. sz. 383–394.
- Hoosain, R. és Salili, F. (1988): Language differences, working memory, and mathematical ability. In: Gruneberg, M. M., Morris, P. E. és Sykes, R. N. (szerk.): *Practical aspect of memory: Current research and issues. II. Clinical and educational implications*. Wiley, Chichester. 512–571.
- Hummel, K. M. (2002): Second Language Acquisition and Working Memory. *Advances in the Neurolinguistics of Bilingualism. F. Fabbro. Udine, Forum*, 95–117.
- Jacobs, J. (1887): Experiments on „prehension”. *Mind*, 12. sz. 75–79.
- Janacsek K., Tánzos T., Mészáros T. és Németh D. (2009): A munkamemória új neuropszichológiai mérőeljárása: a hallási mondatterjedelem teszt (HMT). *Magyar Pszichológiai Szemle*, 61. 2. sz. 265–298.
- Janacsek K., Gyüre T., Fekete R., Filep O. és Németh D. (előkészületben): A számlálási és műveleti terjedelem tesztek magyar nyelvű változata.
- Jarrold, C.; Baddeley, A. és Hewes, A. (1999): Genetically dissociated components of working memory: evidence from Down and Williams syndrome. *Neuropsychologia*, 37. sz. 637–651.
- Jarrold, C., Thorn, A. S. C. és Stephens, E. (2009): The relationships among verbal short-term memory, phonological awareness, and new word learning: Evidence from typical development and Down syndrome. *Journal of Experimental Child Psychology*, 102. sz. 196–218.
- Leather, C. és Henry, L. A. (1994): Working memory span and phonological awareness tasks as predictors of early reading ability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 58. sz. 88–111.
- Logie, R. H., Gilhooly, K. J. és Wynn, V. (1994): Counting on working memory in arithmetic problem solving. *Memory Cognition*, 22. sz. 395–410.
- Martinussen, R., Hayden, J., Hogg-Johnson, S. és Tannock, R. (2005): A Meta-Analysis of Working Memory Impairments in Children With Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 44. sz. 377–384.
- Martinussen, R. és Tannock R. (2006): Working Memory Impairments in Children with Attention-Deficit Hyperactivity Disorder With and Without Comorbid Language Learning Disorders. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 28. sz. 1073–1094.
- McInnes, A., Humphries, T., Hogg-Johnson, S. és Tannock, R. (2003): Listening Comprehension and Working Memory Are Impaired in Attention-Deficit Hyperactivity Disorder Irrespective of Language Impairment. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 31. 4. sz. 427–443.
- McNamara, J. K. és Wong, B. (2003): Memory for Everyday Information in Students with Learning Disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 36. 5. sz. 394–406.
- Miles, T. R. és Ellis, N. C. (1981): A lexical encoding difficulty II: Clinical observations. *Dyslexia research and its applications to education*, 217–244.
- Miller, G. A. (1956): The magical number seven, plus or minus two: Same limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63. sz. 81–97.
- Montgomery, J. (1995): Sentence Comprehension in Children with Specific Language Impairment: The Role of Phonological Working Memory. *Journal of Speech and Hearing Research*, 38. sz. 187–199.
- Montgomery, J. (2000a): Relation of Working Memory to Off-line and Real-time Sentence Processing in Children with Specific Language Impairment. *Applied Psycholinguistics*, 21. sz. 117–148.
- Montgomery, J. W. (2000b): Verbal Working Memory and Sentence Comprehension in Children With Specific Language Impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 43. sz. 293–308.
- Montgomery, J. W. (2002): Understanding the Language Difficulties of Children With Specific Language Impairments. Does Verbal Working Memory Matter? *American Journal of Speech-Language Pathology*, 11. sz. 77–91.
- Montgomery, J. W. és Evans, J. L. (2009): Complex sentence comprehension and working memory in children with specific language impairment. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 52. sz. 269–288.
- Németh D. (2002): A munkamemória fejlődése és mondatmegértés. *Pszichológia*, 22. 3. sz. 267–276.
- Németh D. (2006): *A nyelvi folyamatok és az emlékezeti rendszerek kapcsolata*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Németh D., Ivády R. E., Miháltz M., Krajcsi A. és Pléh Cs. (2006): A verbális munkamemória és morfológiai komplexitás. *Magyar Pszichológiai Szemle*, 61. 2. sz. 265–298.
- Németh D., Racsmány M., Kónya A. és Pléh Cs. (2001): A munkamemória-kapacitás mérőeljárásai és szerepük a neuropszichológiai diagnosztikában. *Magyar Pszichológiai Szemle*, 55. 4. sz. 403–416.

- Oakhill, J. V., Yuill, N. és Parkin, A. J. (1986): On the nature of the difference between skilled and less-skilled comprehenders. *Journal of Research in Reading*, 9. sz. 80–90.
- Paivio A. (1969): Mental imagery in associative learning and memory. *Psychological Review*, 76. sz. 241–263.
- Perfetti, C. A. és Goldman, S. R. (1976): Discourse memory and reading comprehension skill. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 14. sz. 33–42.
- Pickering, S. J. és Gathercole, S. E. (2004): Distinctive Working Memory Profiles in Children with Special Educational Needs. *Educational Psychology*, 24. 3. sz. 393–408.
- Racsmány M. (2004): *A munkamemória szerepe a megismerésben*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Racsmány M., Lukács Á., Németh D. és Pléh Cs. (2005): A verbális munkamemória magyar nyelvű vizsgálóeljárásai. *Magyar Pszichológiai Szemle*, 59. 2. sz.
- Racsmány, M., Lukács, Á., Pléh, Cs. és Király, I. (2001): Some cognitive tools for word learning: The role of working memory and goal preference. *Behavioral and Brain Sciences*, 24. 6. sz. 1115–1117.
- Racsmány M. (2007): Az „elsődleges emlékezet” – a rövid távú emlékezés és a munkamemória elméletei. In: Csépe V., Győri M. és Ragó A. (szerk.): *Általános pszichológia 2*. Osiris Kiadó, Budapest. 177–209.
- Riccio, C. A., Cash, D. L. és Cohen, M. J. (2007): Learning and memory performance of children with specific language impairment (SLI). *Applied Neuropsychology*, 14. sz. 255–261.
- Salamé, P. és Baddeley, A. D. (1987): Noise unattended speech and short-term memory. *Ergonomics*, 30. sz. 1185–1193.
- Salamé, P. és Baddeley, A. D. (1989): Effects of background music on phonological short-term memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 41A. sz. 107–122.
- Sanz, C. (2005): *Mind AND context in adult second language acquisition: Methods, theory and practice*. Georgetown University Press, Washington.
- Service, E. (1992): Phonology, working memory, and foreign-language learning. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 45A. sz. 21–50.
- Service, E. és Kohonan, V. (1995): Is the relationship between phonological memory and foreign language learning accounted for by vocabulary acquisition. *Applied Psycholinguistics*, 16. sz. 155–172.
- Service, E. és Tujulin, A. M. (2002): Recall of morphologically complex forms Is affected by memory task but not dyslexia. *Brain and language*, 81. sz. 42–54.
- Smith, E. E. és Jonides, J. (1998): Neuroimaging analyses of human working memory. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 95. 12061–12068.
- Speidel, G. E. (1993): Phonological short-term memory and individual differences in learning to speak: a bilingual case study. *First Language*, 13. sz. 69–91.
- Zhang, G. és Simon, H. A. (1985): STM capacity for Chinese words and idioms: Chunking and acoustical loop hypotheses. *Memory and Cognition*, 13. sz. 193–201.
- Vicari, S., Bellucci, S. és Carlesimo, A. G. (2003): Visual and spatial working memory dissociation: evidence from Williams syndrome. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 45. sz. 269–273.
- Wagner, D. A. (1974): The development of short-term and incidental memory: A cross cultural study. *Child Development*, 48. sz. 389–396.
- Wang, P. P. és Bellugi, U. (1994): Evidence from two genetic syndromes for a dissociation between verbal and visual-spatial short-term memory. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 16. sz. 317–322.
- Wassenberger, R., Hurks, P. P. M., Hendriksen, J. G. M., Feron, F. J. M., Meijs, C. J. C., Vles, J. H. S. és Jolles, J. (2008): Age-related improvement in complex language comprehension: Results of a cross-sectional study with 361 children aged 5 to 15.
- Welland, R., Lubinski, R. és Higginbotham, D. J. (2002): Discourse comprehension test performance of elders with dementia of the Alzheimer type. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 45. sz. 1175–1187.