

Ustrojstvo radnog pamćenja i njegova uloga u jezičnom procesiranju

Barbara Rončević Zubković

Odsjek za psihologiju, Filozofski fakultet Sveučilišta u Rijeci

Sažetak

Ovim se preglednim radom nastoji povećati svjesnost o teorijskim i metodološkim problemima vezanim uz definiranje i mjerenje radnog pamćenja kako bi se pridonijelo shvaćanju njegova ustrojstva i razjašnjavanju njegove uloge u kompleksnim procesima poput čitanja. Na početku je rada izložen kratak povijesni pregled teorija pamćenja kako bi se dobio uvid u razvoj zanimanja za mjerenje kratkoročnog i radnog pamćenja. Opisan je Baddeleyev model (Baddeley, 2000; Baddeley i Hitch, 1974), koji se uspoređuje s drugim modelima radnog pamćenja. Pri tome se opisuje funkcionalno ustrojstvo sustava radnog pamćenja te uloga pojedinih podsustava u jezičnom procesiranju, pri čemu se naglašava uloga fonološke petlje i središnjeg izvršitelja u čitanju. Razmatraju se konceptualni problemi, prije svega odnos kratkoročnoga i verbalnog radnoga pamćenja, te metodološki problemi pri mjerenju kapaciteta pojedinih podsustava. U posljednjem se dijelu rada obraća pozornost na implikacije koje dugoročno pamćenje, odnosno procesiranje značenja i upotreba strategija imaju na rezultate dobivene primjenom verbalnih zadataka radnog pamćenja.

Ključne riječi: radno pamćenje, kratkoročno pamćenje, jezično procesiranje, čitanje

Određenje pamćenja

Zanimanje za istraživanje pamćenja i određivanje njegova kapaciteta postoji još od kraja 19. stoljeća. William James je još 1890. godine počeo razlikovati sekundarno pamćenje (koje bi danas, u najvećoj mjeri, odgovaralo onome što smatramo dugoročnim pamćenjem) od primarnog pamćenja (koje se odnosilo na period u kojem je osoba u stanju držati informacije na razini svijesti). Prvu je mjeru raspona tog kapaciteta osmislio Jacobs (1887; prema Baddeley, 1990), kada je od sudionika tražio da se dosjete i unatrag navedu niz čestica, najčešće brojeva. Niz se postupno povećavao, a raspon je definiran kao broj čestica kojih se sudionik uspješno dosjetio u 50% slučajeva. Miller je 1956. godine u svojem utjecajnom

✉ Barbara Rončević Zubković, Odsjek za psihologiju, Filozofski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Omladinska 14, 51000 Rijeka. E-pošta: roncevic@ffri.hr

radu "The magic number seven: Plus or minus two" utvrdio da je kapacitet kratkoročnog pamćenja određen brojem tzv. "chunkova", odnosno kognitivnih cjelina koje se obrađuju kao jedna jedina čestica jer predstavljaju poznatu cjelinu. Prosječan broj "chunkova" koje osoba može zapamtiti iznosi oko sedam, a obično varira od pet do devet.

To je zanimanje za određivanjem kapaciteta kratkoročnog pamćenja potaknulo niz istraživanja, od kojih su najznačajnija ona Browna (1958) te Petersona i Petersona (1959) koja su se primarno bavila zaboravljanjem informacija koje nastupa veoma brzo nakon prezentacije podražaja, ako je uvježbavanje spriječeno. Kako bi se objasnio uzrok takvoga brzoga gubitka informacija, aktualizirana su dva dominantna objašnjenja, koje spominje još i Ebbinghaus (1885), a čije začetke nalazimo i mnogo ranije. Prema jednom do zaboravljanja dolazi zbog slabljenja memorijskog traga, dok je prema drugom zaboravljanje posljedica interferencije, odnosno uništavanja traga zbog prisutnosti kasnijih informacija, koje ometaju zadržavanje ciljnih informacija. S vremenom se ustanovilo da objašnjenje nije jednoznačno, već da do zaboravljanja dolazi zbog oba čimbenika, dakle zbog slabljenja traga, ali i zbog problema s razlikovanjem ciljnog od ostalih memorijskih zapisa (Baddeley, 1990).

Rani modeli pamćenja

U šezdesetim je godinama 20. stoljeća također postojalo neslaganje o tome je li sustav pamćenja jedinstven sustav ili se sastoji od odvojenih sustava, odgovornih za kratkoročno i dugoročno zadržavanje informacija. Autori, poput Meltona (1963), koji su zagovarali stajalište da se radi o jednom sustavu, primarno onom dugoročnog pamćenja u kojem je zaboravljanje posljedica interferencije, argumentirali su svoje gledište nalazima koji su upućivali na aktivaciju dugoročnog pamćenja pri zadacima koji bi trebali ispitivati kratkoročno pamćenje. Međutim, pri tome se javlja problem razlikovanja teoretskih sustava pamćenja s postignućem na određenim zadacima. Naime, moguće je da postignuće na jednom zadatku, kao što je npr. raspon pamćenja riječi ili brojeva, u ovom slučaju namijenjenom ispitivanju kratkoročnog pamćenja, odražava uspješnost različitih sustava pamćenja, u ovom slučaju i kratkoročnog i dugoročnog. Naime, pri ovom je zadatku rezultat pod utjecajem dugoročnog pamćenja, točnije znanja sudionika, koje omogućuje sudioniku da nepovezane brojke ili slova učini povezanima ili smislenima, što mu omogućava lakše upamćivanje. Tako se u većini sljedećih istraživanja razlikuju termini koji se odnose na teoretske sustave, kao što su primarno pamćenje ili kratkoročno skladište, za razliku od termina kratkoročno pamćenje, koji označava eksperimentalnu paradigmu, odnosno postignuće na određenom zadatku.

S godinama je istraživanja prikupljen velik broj dokaza koji pokazuju postojanje barem dvaju odvojenih sustava pamćenja. Baddeley (1990) navodi nekoliko dokaza. Prvo, postignuće na nekim zadacima, kao što su zadaci slobodnog

dosjećanja, upućuju na postojanje različitih komponenata dugoročnog i kratkoročnog pamćenja. Drugo, postoje razlike u kapacitetima: kratkoročno skladište ima vrlo ograničen kapacitet, ali ga obilježavaju brz ulaz i doziv informacija, dok dugoročno skladište ima ogroman kapacitet, ali velika ograničenja koja se tiču brzine unošenja informacija i njihova doziva. Nadalje, kratkoročno se skladište više oslanja na akustično i fonološko kodiranje, dok dugoročno više ovisi o semantičkom kodiranju. Na kraju, neuropsihološki dokazi također potvrđuju da bi dugoročno i kratkoročno skladište mogli biti odvojeni sustavi, koji su u različitoj mjeri oštećeni kod različitih tipova pacijenata.

Tako modeli nastali krajem šezdesetih godina prošlog stoljeća naglašavaju postojanje više različitih skladišta pamćenja. Jedan je od utjecajnijih modela onaj Atkinsona i Shiffrina (1968), koji pretpostavlja da se informacija obrađuje na način da najprije paralelno prolazi kroz niz senzornih registara (vizualni, auditorni, haptički), a onda prelazi u kratkoročno skladište, koje zapravo služi kao pretkomora za dugoročno. U njemu se informacije privremeno zadržavaju, a onda putem kontrolnih procesa, od kojih je najvažnije ponavljanje (uvježbavanje), prelaze u dugoročno skladište. Osim što ima funkciju privremenog skladišta, kratkoročno pamćenje zapravo funkcionira i kao radno pamćenje, u kojem se privremeno zadržavaju i manipuliraju informacije kako bi se mogli izvršiti kognitivni zadaci, kao što su učenje, razumijevanje i rasuđivanje.

Craik i Lockhart (1972) su smatrali da bi se buduća istraživanja trebala više usmjeriti na način procesiranja informacija, nego na hipotetske konstrukte poput kratkoročnog i dugoročnog skladišta. Oni su pretpostavili da je za uspješnost zapamćivanja informacija veoma važno na koji se način informacija obrađuje pri zapamćivanju; ako se obrađuje u terminima površnih senzornih obilježja, rezultat će kratkotrajnim tragovima pamćenja. Fonološko procesiranje, poput ponavljanja informacija, rezultat će nešto trajnijim tragom, dok će memorijski zapis biti najdugotrajniji ako se procesiraju semantička obilježja informacije, odnosno značenje. U tom se modelu i dalje pretpostavlja postojanje zasebnog sustava primarnog pamćenja, koje, prije svega, služi za obradu dolazećih informacija, dok dugoročnija pohrana ovisi o načinu kodiranja informacija u dugoročnom pamćenju.

Radno pamćenje

Model Baddeleya i Hitcha (1974)

Baddeley i Hitch (1974) su pokušali ustanoviti koje funkcije obavlja kratkoročno pamćenje, odnosno je li ono odgovorno samo za privremenu pohranu informacija ili i za kompleksnije zadatke, kao što je npr. razumijevanje. Sudionicima u istraživanju su zadali da pokušaju zapamtiti nizove brojeva, dok su istovremeno izvršavali zadatke za koje se pretpostavljalo da ovisi o radnom pamćenju, npr. zadatak razumijevanja teksta ili test rasuđivanja (u kojem se trebalo

procijeniti odgovara li tvrdnja koja opisuje odnos između dva slova redosljedu kojim su napisana ista slova). Uspješnost se dosjećanja brojeva smanjila, ali efekt nije bio tako dramatičan kako bi se moglo očekivati, s obzirom da je kapacitet kratkoročnog pamćenja bio opterećen. Zbog toga su autori pretpostavili da upamćivanje niza brojeva ne opterećuje isti sustav kao složeniji zadaci učenja i rasuđivanja, te da se pretpostavka o jedinstvenom sustavu kratkoročnog pamćenja treba napustiti. Kako bi objasnili rezultate, autori su predložili model kojim su jedinstveni sustav kratkoročnog pamćenja podijelili u trokomponentni sustav radnog pamćenja: najvažniji dio predstavlja središnji izvršitelj (centralni procesor), a podređena su mu dva pomoćna sustava: fonološka (artikulativna) petlja i vizuospacijalni ekran. Ti pomoćni sustavi zapravo odgovaraju onome što se do tada smatralo kratkoročnim pamćenjem, fonološka petlja verbalnom, a vizuospacijalni ekran vizualnom. Fonološka je petlja odgovorna za zadržavanje fonološkog traga, odnosno informacija koje primamo verbalnim putem, ali uključuje i kontrolne procese koji se baziraju na unutrašnjem govoru i koji omogućuju pretvaranje vizualnog materijala u fonološki kod. Također, kontrolni procesi omogućuju dulje zadržavanje fonološkog koda putem subvokalnog ponavljanja, s obzirom da je memorijski zapis bez ponavljanja podložan brzom propadanju u roku jedne do dvije sekunde (Baddeley, 1990). Drugi je pomoćni sustav, vizuospacijalni ekran, odgovoran za integraciju spacijalnih, vizualnih, a vjerojatno i kinestetičkih informacija u ujedinjenu reprezentaciju koja se kraće vrijeme može uskladištiti i manipulirati (Baddeley, 1990). Pretpostavlja se da on također nije jedinstven sustav, već da se može podijeliti na spacijalni i vizualni podsustav, od kojih svaki ima zasebne procese pohrane, održavanja i manipulacije. Dok je zadržavanje informacija neovisno o izvršnim procesima, manipulacija informacijama ovisi upravo o njima, odnosno o učinkovitosti središnjeg izvršitelja (Repovš i Baddeley, 2006).

Funkcije središnjeg izvršitelja

Funkcije su dvaju pomoćnih sustava radnog pamćenja, posebno fonološke petlje, proučavane u nizu istraživanja, dok se o središnjem izvršitelju najmanje zna, iako predstavlja najvažniju komponentu u terminima njegova utjecaja na kogniciju (Baddeley, 1996; Baddeley i Hitch, 1994). U prvobitnom je modelu (Baddeley i Hitch, 1974) središnji izvršitelj smatran sustavom s kapacitetom za opće procesiranje, koji je bio zadužen za sve kompleksne zadatke koji nisu bili izravno i specifično povezani s dva pomoćna sustava. Prvi je pokušaj da se funkcija središnjeg izvršitelja detaljnije odredi bilo prihvaćanje modela kontrole pažnje Normana i Shallicea (1986). Prema tom se modelu kontrola ponašanja odvija pomoću dviju skupina procesa. Prva se oslanja na kontrolu ponašanja pomoću shema, odnosno obrazaca navika i znanja, koje implicitno usmjeravaju znakovi u okolini, dok se procesi skupine odnose na ograničeni sustav pažnje, SAS (*supervisory activating system*, aktivirajući sustav nadzora), koji može intervenirati

kada je rutinska kontrola ponašanja nedostatna kako bi promijenio neučinkovite rutinske odgovore i započeo novo ponašanje. Dokazi za postojanje sustava kao što je SAS prvenstveno dolaze iz rezultata istraživanja pacijenata s oštećenjima frontalnog režnja. Pretpostavlja se da takva oštećenja narušavaju funkcije SAS koje se odnose na planiranje, vrednovanje i mijenjanje planova, te zamjećivanje i reagiranje na znakove koji upozoravaju da rutinsko reagiranje nije adekvatno (Shallice i Burgess, 1991).

Baddeley (1996) naglašava da bi sustav koji je zadužen za kontrolu pažnje, poput SAS, koji bi odgovarao središnjem izvršitelju u modelu radnog pamćenja, trebao obavljati niz funkcija. One se odnose na usmjeravanje, dijeljenje i prebacivanje pažnje, ali i povezivanje radnog s dugoročnim pamćenjem, što je do tada bilo gotovo u potpunosti zanemareno u Baddeleyevu modelu. Kasnija istraživanja koja su pokušala odrediti koji su procesi uključeni u funkcioniranje središnjeg izvršitelja također su potvrdila da se ne radi o jednom procesu, već o nekoliko izvršnih funkcija. Miyake i sur. (2000) tako razlikuju tri različite izvršne funkcije: prebacivanje pažnje, ažuriranje i nadgledanje informacija te inhibiciju odgovora. Zadaci prebacivanja pažnje zahtijevaju da se pažnja prebacuje između različitih zadataka, operacija ili mentalnih setova, kao što je npr. zadatak plus-minus (u kojem ispitanici moraju naizmjenično zbrajati i oduzimati) ili zadatak globalno-lokalno (u kojem ispitanici ovisno o boji podražaja moraju prepoznati globalni ili lokalni podražaj). Zadaci ažuriranja i nadgledanja zahtijevaju nadgledanje i kodiranje novih informacija s obzirom na važnost za zadatak te ažuriranje podataka u radnom pamćenju na način da se stare informacije koje više nisu važne zamjenjuju novim, važnim informacijama. Konačno, zadaci inhibicije zahtijevaju namjerno potiskivanje dominantnih ili automatskih odgovora (npr. Stroopov zadatak). Konfirmatornom su faktorskom analizom autori utvrdili da su tri funkcije jasno odvojene, ali u međusobno umjerenoj korelaciji, te da u različitoj mjeri pridonose izvođenju različitih kompleksnih zadataka. Whitney, Arnett i Driver (2001) smatraju da se u podlozi zadataka koji ispituju funkciju središnjeg izvršitelja nalaze barem dva faktora, a to su kapacitet za manipulaciju informacija, odnosno njihovu mentalnu usporedbu, te podložnost interferenciji.

Ulogu je interferencije, odnosno nemogućnosti inhibicije informacija, naglašavala i teorija Zacks i Hasher (1988), prema kojoj su deficiti u radnom pamćenju uzrokovani upravo slabim mehanizmima inhibicije nevažnih informacija. Palladino, Cornoldi, De Beni i Pazzaglia (2001) su u nizu eksperimenata testirali učinkovitost radnog pamćenja na način da su riječi prezentirali jednu za drugom, a sudionici su morali ponoviti određene riječi (posljednje ili one koje se odnose na najmanji objekt). Takvi zadaci zahtijevaju sposobnost ažuriranja ciljnih informacija u radnom pamćenju, odnosno stalno prilagođavanje fokusa radnog pamćenja, s obzirom da se ne zna koliko će riječi biti prezentirano. Rezultati koje su dobili pokazuju da uspjeh u zadacima razumijevanja i radnog pamćenja nije povezan samo sa sposobnošću sudionika da se dosjeti ciljnih informacija, već ovisi i o

sposobnosti potiskivanja drugih potencijalno važnih informacija. Moguće je da kod sudionika koji imaju problema s potiskivanjem nevažnih informacija za vrijeme čitanja ostaje aktiviran prevelik broj informacija čime se preopterećuje ograničeni kapacitet i onemogućuje učinkovita reprodukcija važnih informacija.

Slično objašnjenje ustrojstva radnog pamćenja nude i Engle, Kane i Tuholski (1999), koji smatraju da je radno pamćenje određeno kapacitetom kratkoročnog pamćenja i sposobnostima tzv. kontrolirane pažnje. Pojedinaac s boljom mogućnošću kontrole pažnje imat će veći raspon radnog pamćenja. Kontrolirana je pažnja zapravo ograničeni kapacitet pažnje potreban za izvođenje kontroliranog procesiranja ili zadržavanja fokusa na informacijama važnim za zadatak, što bi u zadatku radnog pamćenja bile riječi koje treba upamtiti. Naglašavanje uloge pažnje u radnom pamćenju toliko je dominantno da Neath (2000) smatra da bi ga trebalo zamijeniti jasnijim i točnijim terminom, poput radne pažnje.

Revizija Baddeleyeva modela (2000)

Sam je Baddeley 2000. godine revidirao svoj prvobitni model, te se u novom modelu središnji izvršitelj odnosi upravo na sustav pažnje, koji nema kapacitet za pohranu. Međutim, Baddeley je svom modelu dodao i četvrtu komponentu, tzv. epizodni ekran (*episodic buffer*), koji se odnosi na višemodalni sustav ograničenog kapaciteta, koji služi za integraciju i kratkotrajnu pohranu informacija iz pomoćnih sustava, ali i dugoročnog pamćenja. Naime, postojeći Baddeleyev trokomponentni model nije mogao odgovoriti na niz problema. Kao prvo, nije nudio adekvatno objašnjenje zbog čega je upamćivanje nepovezanih riječi mnogo lošije od upamćivanja riječi povezanih u rečenicu; nadalje, nije mogao objasniti gdje se ujedinijuju informacije iz dva pomoćna sustava, kao i u kakvom su odnosu podsustavi radnog pamćenja s dugoročnim pamćenjem. Dugoročno je pamćenje općenito bilo gotovo u potpunosti zanemareno u Baddeleyevom modelu, iako je uspješnost dosjećanja riječi nesumnjivo pod utjecajem varijabli koje vezujemo za dugoročno pamćenje, kao što su učestalost i poznavanje samih riječi (Hulme, Roodenrys, Brown i Mercer, 1995).

Veza radnog i dugoročnog pamćenja

Neki su drugi modeli radnog pamćenja, međutim, naglašavali vezu radnog i dugoročnog pamćenja i ulogu dugoročnog pamćenja u razumijevanju. Ericsson i Kintsch (1995) tako smatraju da treba razlikovati kratkoročno radno pamćenje od dugoročnoga radnog pamćenja. Za vrijeme fluentnog čitanja mentalne se reprezentacije sukcesivnih rečenica održavaju u kratkoročnom radnom pamćenju. Elementi se tih reprezentacija povezuju i s ranije konstruiranom reprezentacijom teksta, koja je već pohranjena u dugoročnom pamćenju, i s čitaočevim znanjem. Ta veza stvara tzv. dugoročno radno pamćenje, koje omogućava izravan pristup važnim dijelovima pohranjenog znanja uz pomoć znakova za doziv koji su

dostupni u kratkoročnom pamćenju. Oni pojedinci koji imaju više iskustva i znanja u određenom području, poput eksperata, imat će i učinkovitiji direktni doziv informacija i samim time učinkovitije procesiranje. Istraživanja samih autora (npr. Ericsson, Patel i Kintsch, 2000), kao i neka istraživanja koja su koristila praćenje pokreta očiju, govore u prilog ovoj teoriji (Kaakinen, Hyönä i Keenan, 2003).

Cowan (1999) također naglašava važnost dugoročnog pamćenja. On je predložio model radnog pamćenja prema kojem radno pamćenje predstavlja kompleksni konstrukt koji uključuje sve informacije dostupne za vrijeme izvođenja zadatka. One uključuju elemente pamćenja koji su u fokusu pažnje, elemente koji nisu u fokusu pažnje, ali su privremeno aktivirani te neaktivne elemente dugoročnog pamćenja. Sustav je hijerarhijski organiziran, tako da je aktivno pamćenje dio dugoročnog pamćenja, a fokus pažnje dio toga aktiviranoga dugoročnog pamćenja. Za vrijeme izvođenja kompleksnog zadatka ljudi prikupljaju informacije iz svih dostupnih izvora. Kada je moguće, informacije će se zadržati u fokusu pažnje, a kada količina informacija nadiđe kapacitet fokusa, dodatne će informacije i dalje biti aktivne, ali izvan fokusa. Neke strategije, kao što je ponavljanje, mogu koristiti da ponovo dovedu informacije u fokus. Također, ako se mogu dozvati relevantne informacije, može se koristiti i dugoročno pamćenje. Rezultati novijeg istraživanja (Was i Woltz, 2007) u kojem se koristilo strukturalno modeliranje upućuju da je visoka povezanost mjera radnog pamćenja s razumijevanjem dijelom posredovana povećanom dostupnosti informacija iz dugoročnog pamćenja. Raspon se radnog pamćenja mjerio zadacima koji su zahtijevali unatražno ponavljanje niza brojeva, pronalaženje odgovarajućeg para slova kada se od prezentiranog para slova pomakne za zadani niz mjesta u abecedi (do 3 unaprijed ili unatrag) te kombiniranje članova dvaju skupova koji se sastoje od dvaju elemenata (slova) prema određenim pravilima. Zadaci kojima se mjerilo dostupno dugoročno pamćenje su uključivali prezentiranje liste riječi među kojima su tri bile iz iste kategorije, a dvije iz druge (radilo se o pojmovima, sinonimima ili atributima), nakon čega su ispitanici morali procijeniti iz koje je kategorije bilo više riječi, te su u drugom dijelu zadatka morali donositi određene sudove o značenju riječi ili rečenica, koji su mogli, ali nisu morali, biti povezani s prezentiranim nizom riječi.

Funkcije epizodnog ekrana

U Baddeleyevu novom modelu novi sustav, epizodni ekran, ima zadatak komunikacije s dugoročnim pamćenjem, uz integraciju i kratkotrajnu pohranu informacija iz pomoćnih sustava. Integracija i održavanje informacija u epizodnom ekranu ovise o ograničenom kapacitetu središnjeg izvršitelja (Repovš i Baddeley, 2006). Istraživanja s amnestičnim pacijentima (Baddeley i Wilson, 2002) potkrepljuju pretpostavke o postojanju epizodnog ekrana. Sudionici su usprkos ozbiljnim oštećenjima dugoročnog pamćenja i gotovo nikakvom odgođenom dosjećanju imali izvrsno neposredno pamćenje proznog djela koje se sastojalo od

mного većeg broja jedinica značenja nego što je moguće zadržati u pomoćnim sustavima. Takvi rezultati upućuju na postojanje sustava koji je sposoban integrirati i privremeno zadržati informacije. Istraživanja su epizodnog ekrana tek u začetku (Alloway, Gathercole, Willis i Adams, 2004; Prabhakaran, Narayanan, Zhao i Gabrieli, 2000; Zimmer, Speiser i Seidler, 2003), ali rezultati potvrđuju postojanje zasebnog sustava koji je odgovoran za zadržavanje informacija u multidimenzionalnoj formi, a koji se oslanja na resurse središnjeg izvršitelja.

Uloga podsustava radnog pamćenja u jezičnom procesiranju

Vizuospacijalni ekran i jezično procesiranje

Pretpostavlja se da svaki od navedenih podsustava radnog pamćenja ima specifičnu funkciju u procesiranju jezika, (Baddeley, 2003), pri čemu se najčešće opisuje njihova uloga u procesu čitanja. Uloga je vizuospacijalnog ekrana u jezičnom procesiranju najmanje izražena. On je uključen u procesiranje svoga vizuospacijalnog materijala, pa tako i oblika slova i riječi (Logie, 1995). Vizualno je kodiranje također uključeno u dosjećanje vizualno prezentiranog verbalnog materijala, a istraživanja pokazuju da je vizuospacijalni ekran u mogućnosti zadržavati nizove čestica, kao što su riječi (Logie, Della Sala, Wynn i Baddeley, 2000). Pretpostavka je i da je uključen u svakodnevne zadatke čitanja na način da održava nepromijenjenu reprezentaciju stranice kako bi ona ostala stabilna i olakšala zadatke poput pomicanja očiju s jednog retka na drugi. Također, moguće je da sposobnost zadržavanja i manipuliranja vizuospacijalnim informacijama igra određenu ulogu u jezičnom razumijevanju barem određene vrste materijala, no takvih je nalaza malo i potrebna su daljnja istraživanja kako bi se mogli donijeti bilo kakvi konkretni zaključci (Baddeley, 2003). Neka novija istraživanja pokazuju da ni vizualna ni spacijalna komponenta nemaju važnu ulogu u čitanju kod normalnih čitalaca, ali da je spacijalno procesiranje važan prediktor fluentnosti kod osoba s disleksijom (Royan, 2007).

Fonološka petlja i jezično procesiranje

Za razliku od vizuospacijalnog ekrana uloga je fonološke petlje u jezičnom procesiranju mnogo više istraživana. Smatra se da je funkcija fonološke petlje olakšavanje usvajanja novih riječi te posebno privremena pohrana nepoznatih glasovnih sekvenci (Baddeley, Gathercole i Papagno, 1998). Važnost se verbalnoga kratkoročnog pamćenja za rani razvoj vještine čitanja čini očita kada se uzme u obzir priroda fonološkog kodiranja: slova se prevode u glasove, koji se moraju privremeno pohraniti dok se ne dekodira i zadnje slovo. Nakon toga se taj cijeli niz glasova spaja u riječi. Takva privremena pohrana glasova uključuje, gotovo po definiciji, verbalno kratkoročno pamćenje. Pregled istraživanja (de Jong, 2006) koja su ispitala ulogu verbalnog kratkoročnog pamćenja, odnosno fonološke

petlje, u učenju prepoznavanja slova pokazuje da je kratkoročno pamćenje uključeno u usvajanje znanja o slovima, no njegova uloga nije presudna. Istraživanja pokazuju da su individualne razlike u fonološkoj svjesnosti važnije za razvoj vještine čitanja nego razlike u verbalnom kratkoročnom pamćenju te da povezanost kratkoročnog pamćenja i vještine čitanja u većoj mjeri proizlazi iz njegove povezanosti s fonološkom svjesnošću (de Jong i van der Leij, 1999; Wagner i sur., 1997). Takvi su rezultati u skladu sa stajalištem nekih autora da problemi u kratkoročnom pamćenju zapravo odražavaju dublje probleme u fonološkom procesiranju (Snowling, Chiat i Hulme, 1991). Međutim, neka istraživanja pokazuju da bi ta tvrdnja mogla biti točna za djecu koja tek uče čitati i pisati, dok u kasnijoj dobi pamćenje i fonološka svjesnost postaju odvojeni, odnosno ne dijele više isti dio varijance (Alloway i sur., 2004; Rohl i Pratt, 1995). Tome u prilog idu i nalazi dobiveni na pacijentima s lezijama mozga, koji pokazuju da je moguće postojanje značajnijih deficita u kratkoročnom pamćenju, pri čemu mogu ostati očuvane neke fonološke vještine, poput fonološke diskriminacije (Vallar, Di Betta i Silveri, 1997). Slični su rezultati, koji potvrđuju da mjere fonološke svjesnosti i kratkoročnog pamćenja ne dijele isti dio varijance vještine čitanja, dobiveni i u drugim istraživanjima (Baddeley i sur., 1998).

Baddeley (2003) smatra da se uloga fonološke petlje očituje prvenstveno u učenju stranih jezika. Rezultati istraživanja s pacijentom koji je unatoč deficitima u kratkoročnom pamćenju lako učio parove riječi u materinjem jeziku, ali je imao problema s učenjem riječi stranog jezika (Baddeley, Gathercole i Papagano, 1998), idu u prilog toj tvrdnji. Tu pretpostavku potkrepljuju i rezultati drugih istraživanja, kako s djecom (Service, 1992), tako i s odraslima (Atkins i Baddeley, 1998). Međutim, manje je istraživanja koja su ispitivala ulogu fonološke petlje u usvajanju materinjeg jezika. Ipak, neka istraživanja pokazuju da mjere koje ispituju raspon kratkoročnog pamćenja kod četverogodišnjaka predviđaju bogatstvo rječnika materinjeg jezika godinu dana kasnije (Gathercole i Baddeley, 1989). Slični su rezultati dobiveni i na petogodišnjacima: mjere kratkoročnog pamćenja predviđale su uspješnost učenja novih riječi (Gathercole, Hitch, Service i Martin, 1997). Gathercole, Willis, Emslie i Baddeley (1992) ustanovili su da su mjere fonološkog pamćenja bile bolji prediktor kasnijeg razvoja rječnika, nego što je rječnik predviđao fonološko pamćenje u dobi od četiri do pet godina. U kasnijoj dobi odnos fonološkog pamćenja i rječnika postaje kompleksniji, a fonološko pamćenje više nije bilo značajan prediktor kasnijeg razvoja rječnika. Neki autori smatraju da se u kasnijim godinama vjerojatno radi o recipročnom odnosu: dobro fonološko pamćenje olakšava usvajanje rječnika, što olakšava ponavljanje ne-riječi (Adams, Bourke i Willis, 1999; Baddeley, 2003). Ideju da povećanje bogatstva rječnika može pridonijeti uspješnijem ponavljanju ne-riječi podržava i Metsala (1999), koji smatra da djeca kako uče nove riječi, postaju sve svjesnija da fonemi čine osnovne jedinice jezika. Mogućnost raščlanjivanja različitih leksičkih reprezentacija omogućuje tako veću fleksibilnost pri kombiniranju pojedinih fonema u nove

izgovorne uzorke, što olakšava ponavljanje ne-riječi, odnosno povećava raspon kratkoročnog pamćenja.

Neke teorije naglašavaju ulogu fonološkog procesiranja ne samo za razvoj rječnika, već i za cjelokupno razumijevanje pri čitanju, odnosno za stvaranje modela teksta. Prema hipotezi Shankweilera i Craina (1986), koju Cain (2006) naziva hipotezom ograničenja fonološkog procesiranja, loši su čitaoci u nemogućnosti stvoriti smislenu reprezentaciju teksta zbog fonoloških poteškoća. Poteškoće se mogu odražavati u problemima u razvoju fonološke svjesnosti ili u problemima s procesiranjem i zadržavanjem fonoloških informacija, odnosno fonološkim pamćenjem. Prema ovoj hipotezi problemi s pamćenjem kod loših čitalaca nisu povezani s kontrolnom komponentom radnog pamćenja, odnosno funkcijama središnjeg izvršitelja, već proizlaze iz ograničenoga neposrednog, odnosno kratkoročnog pamćenja i nepotpunog shvaćanja da riječi imaju fonološku strukturu koja je povezana s načinom na koji se riječ piše. Deficiti koji uključuju komponente niže razine (fonološke) imaju posljedice na više razine, te autori smatraju da većina jezičnih problema na različitim razinama proizlazi iz zajedničkog izvora, problema u fonološkom procesiranju. Iako smatraju da su poteškoće pri čitanju dijelom određene biološkim predispozicijama, Shankweiler i Fowler (2004) ističu da se obrazovnim intervencijama može postići napredak, te posebno naglašavaju važnost treninga fonološke svjesnosti i prepoznavanja riječi.

Središnji izvršitelj i jezično procesiranje

Drugi su autori, npr. Daneman i Carpenter (1980), smatrali da individualne razlike u kapacitetu pamćenja iz kojih proizlazi i interindividualni varijabilitet u razumijevanju pri čitanju nisu uzrokovane razlikama u kapacitetu takve pasivne pohrane, već razlikama u funkcionalnom kapacitetu pamćenja. Funkcionalni se kapacitet odnosi na ograničeni kapacitet koji pojedinac mora dijeliti između zahtjeva za istovremenim procesiranjem i uskladištavanjem informacija. Autorice su smatrale da dobri čitaoci imaju veći funkcionalni kapacitet zbog toga što imaju učinkovite vještine procesiranja, pa preostaje više resursa za pohranu informacija. Kako bi taj koncept razlikovale od konstrukta kratkoročnog pamćenja, autorice su preuzele termin "radno pamćenje", koji se, za razliku od kratkoročnog pamćenja odnosio na aktivniji dio ljudskog sustava obrade informacija, odnosno na funkcije koje u prvotnom Baddeleyevu modelu izvršava središnji izvršitelj. U svrhu su mjerenja tog funkcionalnog kapaciteta radnog pamćenja Daneman i Carpenter (1980) razvile prvu mjeru raspona verbalnog radnog pamćenja, tzv. zadatak raspona radnog pamćenja pri čitanju (*reading span task*). Za razliku od mjera verbalnoga kratkoročnog pamćenja, koje zahtijevaju samo pasivnu pohranu i doživ informacija te od sudionika traže da ponove zadani niz riječi (ili ne-riječi) ili brojeva, ovaj zadatak od sudionika traži aktivniju ulogu.

Naime, u zadatku raspona radnog pamćenja pri čitanju sudionik je naglas čitao jednu po jednu rečenicu koje su međusobno nepovezane i istovremeno pokušavao zapamtiti posljednju riječ u rečenici. Nakon svakoga pročitane niza rečenica, zadatak je sudionika bio da redom reproducira posljednje riječi u svim do tada pročitanim rečenicama. Rečenice su bile duge od 13 do 16 riječi, a prikazivale su se na karticama u nizovima od dvije do šest rečenica po kartici. U drugom je eksperimentu razvijena i verzija testa za mjerenje raspona radnog pamćenja pri slušanju (*listening span test*, Daneman i Carpenter, 1980), koja je bila analogna prvoj verziji, samo što su rečenice bile prezentirane auditivno. U tom je eksperimentu sudionik trebao nakon svake rečenice (bilo da je prezentirana u pisanoj ili auditivnoj formi) procijeniti je li rečenica točna ili ne, kako bi se provjerilo je li zaista procesirao rečenicu. Raspon je radnog pamćenja bio definiran kao broj riječi kojih su se sudionici točno dosjetili točnim redosljedom. Tako je mjeren kapacitet radnog pamćenja pokazao visoke korelacije s tri različita testa razumijevanja pri čitanju (standardizirani VSAT i dva testa koja su tražila dosjećanje činjenica i identificiranje subjekta na koji se odnosi zamjenica).

Model odnosa radnog pamćenja i razumijevanja pri čitanju koji predlažu Daneman i Carpenter (1980) poznat je kao model dijeljenja resursa (*resource-sharing account*, kako ga nazivaju Hitch, Towse i Hutton, 2001). Kao što je već rečeno, prema tom se shvaćanju središnji izvršitelj smatra fleksibilnim radnim prostorom ograničenog kapaciteta, koji se koristi za obradu dolazećih informacija i uskladištavanje produkata tog procesiranja. S obzirom da je njegov kapacitet ograničen, funkcije se procesiranja i uskladištavanja informacija međusobno nadmeću, pa u situacijama kada je potrebno više napora za procesiranje informacija, odnosno za čitanje rečenice, preostaje manje resursa za uskladištavanje produkata. Ponešto drugačije funkcioniranje radnog pamćenja pretpostavljaju Towse, Hitch i Hutton (2000). Oni prihvaćaju termin "radno pamćenje", no smatraju da kapacitet radnog pamćenja zapravo odražava količinu informacija koje se mogu zadržati u kratkoročnom pamćenju dok se u međuvremenu odvija određeno procesiranje. Prema njihovoj hipotezi (*task switching hypothesis*, Towse, Hitch i Hutton, 2000) zapravo ne postoji direktno natjecanje za ograničene resurse između procesiranja i uskladištavanja, jer se obrada vrši serijalno: najprije se vrši obrada, zatim se produkt tog procesiranja pohranjuje, onda se ponovo procesiraju nove informacije, pa se produkti pohranjuju itd. Što je procesiranje zahtjevnije, potrebno je više vremena da se ono izvrši, pa se produkti prethodne obrade trebaju duže zadržavati u kratkoročnom pamćenju, što povećava vjerojatnost da ćemo ih zaboraviti. Međutim, iako autori nalaze potvrdu za svoju hipotezu u brojnim istraživanjima (Cowan i sur., 2003; Duff i Logie, 2001; Hitch, Towse i Hutton, 2001; Towse, Hitch i Hutton, 2000), druga istraživanja koja su varirala dužinu, ali i semantičku zahtjevnost rečenica pokazuju da bi to objašnjenje ipak moglo biti previše pojednostavljeno (Barrouillet i Camos, 2001; Osaka, Nishizaki, Komori i Osaka, 2002).

Barrouillet i Camos (2001) smatraju da se funkcioniranje radnog pamćenja može objasniti sofisticiranijim modelom koji uzima u obzir dvije vrste ograničenja: ona koja se odnose na period za vrijeme kojeg čestice trebaju biti zadržane u pamćenju, i ona koja se odnose na kapacitet resursa (pri čemu se resursi odnose na količinu aktivacije ili ograničene pažnje). Njihova novija istraživanja (Gavens i Barrouillet, 2004) također pokazuju da i trajanje i težina zadatka utječu na uspješnost dosjećanja, s time da je kognitivno opterećenje važnije od ukupnog trajanja zadatka. Velike se dobne razlike u kapacitetu radnog pamćenja, čak i kod zadataka koji zahtijevaju vrlo dobro usvojeno znanje (zbrajanje i oduzimanje po 1), mogu objasniti učinkovitijim i bržim procesiranjem, ali i povećanjem kapaciteta pažnje koje je povezano s dobi.

Mjere verbalnog radnog pamćenja

Kako bi se ustanovilo koji procesi leže u podlozi rezultata na zadacima raspona verbalnog radnog pamćenja i o čemu zapravo ovisi sam raspon, u ovih su gotovo trideset godina od kako je konstruiran prvi zadatak raspona radnog pamćenja pri čitanju osmišljene brojne verzije te mjere. U tim zadacima raspona verbalnog radnog pamćenja, koji su prezentirani u pisanoj ili auditivnoj verziji, varirana je dužina i poznavanje riječi, težina i dužina zadatka ili način prezentacije zadatka. U nekima su od njih sudionici nakon pročitane rečenice trebali dati i procjenu o njezinoj točnosti te upamtiti posljednju riječ (npr. Tirre i Peña, 1992); u drugima se od sudionika tražilo da sami nadopunjavaju zadnje riječi u rečenicama te da zapamte iste (npr. Towse, Hitch i Hutton, 1998); u trećima se nakon rečenice koju je sudionik čitao s razumijevanjem prezentirala nepovezana riječ koju je trebao zapamtiti (npr. Engle, Cantor i Carullo, 1992). Ostale su verzije koje ispituju verbalno radno pamćenje ponešto drugačije, ali svima je zajedničko da zahtijevaju istovremeno procesiranje i uskladištavanje informacija. Tako su pojedini zadaci usmjereni na testiranje ažuriranja podataka u radnom pamćenju na način da se riječi prezentiraju jedna za drugom, a sudionik, koji ne zna koliko će riječi biti prezentirano, mora ponoviti određene riječi (npr. četiri zadnje ili četiri koje se odnose na najmanji objekt i sl.) (Palladino i sur., 2001). Drugi zadaci traže grupiranje prezentiranih riječi u kategorije (Swanson, 1994), treći zahtijevaju zapamćivanje riječi "uljeza" u nizovima rečenica (Seigneuric, Ehrlich, Oakhill i Yuill, 2000). Istraživanja koja su koristila te razne verzije zadataka verbalnog radnog pamćenja potvrdila su značajnu umjerenu pozitivnu povezanost raspona radnog pamćenja i razumijevanja pri čitanju.

Međutim, iako se pretpostavlja da mjere verbalnog radnog pamćenja ispituju učinkovitost središnjeg izvršitelja, a mjere poput raspona riječi, ne-riječi ili brojeva kratkoročnu pohranu informacija, odnosno učinkovitost fonološke petlje (Cain, 2006; Engle, Cantor i Carullo, 1992), pitanje koje se nametalo od samih početaka istraživanja bilo je u kojoj se mjeri rezultati dobiveni na takvim kompleksnim i jednostavnim zadacima zaista razlikuju, te mjere li iste ili različite kapacitete.

Jedno je od prvih istraživanja koje je provjeravalo je li jedinstveni doprinos radnog pamćenja predviđanju rezultata na testovima razumijevanja pri čitanju zaista značajan bilo istraživanje Dixona, LeFevre i Twilley (1988). Oni su proveli niz regresijskih analiza te su ustanovili da kada se iz povezanosti raspona radnog pamćenja pri čitanju i varijabli čitanja ekstrahira utjecaj rječnika, jedinstveni doprinos radnog pamćenja iznosi .20, što nije mnogo veće od veze kratkoročnog pamćenja i razumijevanja pri čitanju. Takvi su rezultati doveli u pitanje konstrukt radnog pamćenja kao relevantne i neovisne kognitivne strukture.

Odnos kratkoročnog i radnog pamćenja

Povezanost mjera verbalnoga kratkoročnog i radnog pamćenja s razumijevanjem

Kako bi ustanovili postoji li uopće potreba za distinkcijom između kratkoročnog i radnog pamćenja, odnosno kako bi ispitali mjere li zadaci kratkoročnog i radnog pamćenja različite kognitivne konstrukte, Cantor, Engle i Hamilton (1991) proveli su niz eksperimenata. U njima je uspoređivana prediktivna valjanost jednostavnih zadataka raspona riječi namijenjenih ispitivanju kratkoročnog pamćenja i kompleksnih zadataka raspona radnog pamćenja. Ustanovili su da su obje mjere imale značajan doprinos objašnjenju varijance u razumijevanju, no da su korelacije između jednostavnih zadataka raspona riječi i testova verbalnih sposobnosti (VSAT) bile nešto niže i varijabilnije od korelacija kompleksnih zadataka i VSAT, no gotovo uvijek značajne. Slične su rezultate dobili i La Pointe i Engle (1990) koji su ustanovili da su mjere radnog pamćenja u nešto višoj korelaciji s razumijevanjem od mjera kratkoročnog pamćenja, mada su obje korelacije značajne.

Daneman i Merikle (1996) su 15 godina nakon prve upotrebe zadatka raspona radnog pamćenja pri čitanju proveli metaanalizu koja je obuhvatila 77 istraživanja u kojima se ispitivao odnos radnog i/ili kratkoročnog pamćenja sa standardiziranim i nestandardiziranim testovima razumijevanja pri čitanju. Dok je prosječna povezanost zadataka kratkoročnog pamćenja s testovima razumijevanja iznosila .28 (sa standardiziranim) i .40 (sa specifičnim testovima razumijevanja), te su korelacije kod mjera raspona radnog pamćenja bile više: .41 (sa standardiziranim testovima razumijevanja) i .52 (sa specifičnim testovima razumijevanja). Također, faktorske su analize pokazale da jednostavni i kompleksni zadaci radnog pamćenja, odnosno zadaci kratkoročnog i radnog pamćenja imaju opterećenja na različitim faktorima (Alloway, Gathercole i Pickering, 2006; Alloway i sur., 2004; Cantor, Engle i Hamilton, 1991). Rezultati nekih istraživanja koja su se služila oslikavanjem mozga kako bi pokušala utvrditi postoje li osnove za razlikovanjem kratkoročnog i radnog pamćenja također potvrđuju anatomsku odvojenost tih procesa u mozgu (Smith i Jonides, 1997).

Svi ti rezultati upućuju na odvojenost dvaju sustava, odnosno sugeriraju da su kratkoročno pamćenje, tj. fonološka petlja i radno pamćenje, ili funkcionalni kapacitet središnjeg izvršitelja barem djelomično odvojeni sustavi, što je u skladu i s ostalim modelima koji razlikuju sustav kratkoročnog od radnog pamćenja (npr. Engle, Kane i Tuholski, 1999). Međutim, značajne korelacije mjera kratkoročnog i radnog pamćenja testovima koji ispituju vještinu čitanja pokazuju da su oba sustava važna za jezično razumijevanje. Čini se da je kratkoročno pamćenje bitno za razumijevanje jer ima ulogu u zadržavanju površinskih kodova, kao što su konkretne riječi i rečenice, dok je radno pamćenje važno za izgradnju mentalnog modela teksta (Engle, Canton i Carullo, 1992; Swanson i Howell, 2001).

Ipak, visoka bi povezanost rezultata na zadacima koji ispituju učinkovitost središnjeg izvršitelja i fonološke petlje koja je ustanovljena u nizu istraživanja (Alloway i sur., 2004; Engle, Tuholski, Laughlin i Conway, 1999; Gathercole i Pickering, 2000) mogla upućivati na ovisnost verbalnih zadataka radnog pamćenja o fonološkoj petlji (Baddeley i Logie, 1999; Duff i Logie, 2001). Nedavno provedena metaanaliza i reanaliza istraživanja koja su ispitivala efekte raspona kratkoročnog i radnog pamćenja na složenije kognitivne sposobnosti, uključujući uradak na testovima inteligencije i razumijevanja (Unsworth i Engle, 2007), također pokazuje da mjere kratkoročnog i radnog pamćenja u većoj mjeri ipak ispituju jednake subkomponentne procese, samo se razlikuju u stupnju u kojem ti procesi dolaze do izražaja u pojedinom zadatku. Prethodno su ustanovljene razlike većim dijelom posljedica metodoloških postupaka, prvenstveno načina bodovanja u zadatku raspona radnog pamćenja, nego stvarne razlike u procesima koji leže u podlozi dvaju zadataka.

Takvi rezultati, koji potvrđuju međusobnu povezanost verbalnih zadataka pamćenja različitog stupnja kompleksnosti i njihove visoke korelacije s razumijevanjem pri čitanju, potiču dvojbu mjere li zadaci radnog pamćenja opći kapacitet radnog pamćenja ili su samo mjera učinkovitosti jezičnog procesiranja. Naime, MacDonald i Christiansen (2002) smatraju da zadatak raspona radnog pamćenja pri čitanju ne mjeri niti jedan fiksni i nezavisni resurs radnog pamćenja, već da je jednostavno mjera učinkovitosti jezičnog procesiranja, kao što su to i npr. mjere latencije leksičke odluke ili mjere brzine čitanja. Korelacije između onog što zovemo "raspon radnog pamćenja pri čitanju" i onog što zovemo "zadaci razumijevanja pri čitanju" proizašle su iz toga što je uspješnost u izvođenju obaju zadataka pod utjecajem sličnih faktora, kao što je npr. iskustvo u jezičnom procesiranju.

Povezanost neverbalnih mjera radnog pamćenja s razumijevanjem

Kako bi se ustanovilo je li ta pretpostavka točna, osim zadataka koji ispituju raspon verbalnog radnog pamćenja osmišljene su i neverbalne mjere raspona radnog pamćenja. Cilj je bio provjeriti je li zadatak raspona radnog pamćenja zaista dobra mjera koja odražava kapacitet generalnoga radnog pamćenja ili pak zadatak koji mjeri samo specifičnu sposobnost procesiranja verbalnog materijala. Zajedničko je svim različitim zadacima raspona radnog pamćenja da zahtijevaju zadržavanje ciljnih elemenata (brojeva, riječi, prostorne orijentacije, slikovnih prikaza...) u pamćenju, dok se istovremeno vrši različita kognitivna obrada, kao što je rješavanje jednostavnih matematičkih zadataka (Engle, Cantor i Carullo, 1992; La Pointe i Engle, 1990), jednostavno čitanje brojeva (Seigneuric i sur., 2000), brojenje točaka (Barrouillet i Camos, 2001; Cowan i sur., 2003) ili izvođenje mentalnih rotacija, odnosno kombiniranje specijalnih orijentacija u mentalnom prostoru (Daneman i Tardiff, 1987; Shah i Miyake, 1996).

Pojedini su autori razvili čitave baterije mjera radnog pamćenja. Tako Swanson (1994) koristi 11 zadataka koji su različiti po sadržaju (verbalni ili specijalni), sustavu pamćenja koji ispituju (epizodičko ili proceduralno) i uvjetima dosjećanja (retrospektivno ili prospektivno), dok Oberauer, Süs, Schulze, Wilhelm i Wittmann (2000) koriste čak 25 zadataka koje razlikuju po sadržaju (verbalni, numerički i specijalni) i funkcionalnim kategorijama (ovisno ispituju li i u kojem stupnju uskladištavanje i transformaciju informacija, superviziju tj. izvršnu funkciju, ili koordinaciju elemenata u novu strukturu). Istraživanja s velikim brojem zadataka radnog pamćenja obično se koriste za provjeru strukture radnog pamćenja, neovisno o njegovoj vezi s razumijevanjem pri čitanju (Oberauer i sur., 2000; Oberauer, Süs, Wilhelm i Wittmann, 2003), mada Swanson svoju bateriju koristi i za ispitivanje povezanosti radnog pamćenja i problema pri čitanju i/ili učenju te konzistentno utvrđuje da djeca s problemima pri učenju imaju deficite radnog pamćenja (Swanson i Ashbaker, 2000; Swanson i Howell, 2001; Swanson i Sachse-Lee, 2001; Swanson i Siegel, 2001).

Metaanalizom su Daneman i Merikle (1996) obuhvatili samo verbalne i numeričke zadatke raspona radnog pamćenja te su ustanovili da su numerički zadaci u korelaciji od .30 sa standardiziranim testovima razumijevanja, odnosno .48 s nestandardiziranim testovima. Autori smatraju da su tim nalazom pobili najveću primjedbu na zadatak raspona radnog pamćenja koja je išla u smjeru njegove trivijalnosti, odnosno mogućnosti da se dođe do zaključka da je razumijevanje rečenice povezano s razumijevanjem ulomka. Rezultati koji upućuju na povezanost različitih zadataka radnog pamćenja s razumijevanjem pri čitanju sugeriraju da je učinkovitost izvođenja različitih simboličkih manipulacija, a ne samo onih jezičnih, povezana s razumijevanjem pri čitanju. Osim toga, treba imati na umu da zadaci numeričkog i verbalnog radnog pamćenja koreliraju jedni s drugima, što pokazuje da dijele dio zajedničke varijance u objašnjenju razumijevanja, odnosno da su

posljedica interindividualnih razlika u istoj sposobnosti – u ograničenom općem kapacitetu radnog pamćenja, što govori u prilog valjanosti tih mjera.

Međutim, specijalni zadaci kojima se ispituje radno pamćenje nisu pokazali isti obrazac rezultata. Naime, ustanovljeno je da takve mjere imaju vrlo niske korelacije s testovima razumijevanja (Daneman i Tardiff, 1987; Seigneuric i sur., 2000; Shah i Miyake, 1996; Swanson i Howell, 2001). Faktorske analize također potvrđuju da su rezultati na zadacima verbalnog i numeričkog radnog pamćenja zasićeni istim faktorom, dok su rezultati na specijalnim zadacima zasićeni drugim faktorom (Oberauer i sur., 2000; Shah i Miyake, 1996) što ipak upućuje da radno pamćenje nema zajednički kapacitet za sve domene, već da postoje različiti resursi radnog pamćenja specijalizirani za simboličko i specijalno procesiranje. Takvi rezultati idu u prilog teorijama koje postavljaju hipoteze o specifičnosti radnog pamćenja za pojedine domene (Daneman i Carpenter, 1980), mada ne odbacuju u potpunosti modele koji govore o općem kapacitetu radnog pamćenja (Engle, Cantor i Carullo, 1992).

Moguća objašnjenja i zaključci

Tehnike oslikavanja mozga također pokazuju da su za vrijeme rješavanja zadataka radnog pamćenja iz različitih domena aktivni različiti neuralni putevi. Dok je za vrijeme verbalnih zadataka aktivnija lijeva hemisfera, uključujući područja uključena u govor, poput Brocinog područja, za vrijeme rješavanja specijalnih zadataka pretežno se aktivira desna hemisfera i neki dijelovi koji nisu aktivni za vrijeme rješavanja verbalnih zadataka, poput okcipitalnog područja i inferiorne frontalne regije (Smith i Jonides, 1997). Novija istraživanja (npr. Postle i Pasternak, 2009) generalno potvrđuju te nalaze, mada ukazuju da je takvo mjerenje vrlo problematično jer postoje specifičnosti u aktivaciji neuralnih struktura ovisno o tome pamti li se položaj ili neka druga obilježja objekta, pamti li se intenzitet ili visina tona i sl. Također, velika je vjerojatnost da se prezentirane informacije kodiraju u više modaliteta (npr. moguće je da se vizualne informacije kodiraju i verbalno i vizualno), što dodatno otežava zaključivanje jer se istovremeno aktiviraju različiti neuralni putevi.

Teorija koja je u skladu sa svim do sada spomenutim nalazima o stupnju specifičnosti radnog pamćenja je model kontrolirane pažnje (Engle, Kane i Tuholski, 1999), koji pretpostavlja hijerarhijski pogled, a objedinjuje i opće i specifične aspekte radnog pamćenja. Prema njemu, kapacitet radnog pamćenja koji je neovisan o području objašnjava dio varijance individualnih razlika u kogniciji. No, postoji i dio varijance koji taj opći faktor ne objašnjava, a koji može biti objašnjen razlikama u učinkovitosti uskladištavanja i/ili obrade informacija specifičnih za područje. Raspon radnog pamćenja zbog toga se može smatrati mjerom kombinacije procesa koji su specifični za domenu i procesa koji su nespecifični za područje (Daneman i Hannon, 2001; Hitch, Towse i Hutton, 2001).

Zbog toga je upravo raspon radnog pamćenja pri čitanju mnogo bolji prediktor uspješnosti razumijevanja pri čitanju od numeričkih i posebno spacijalnih mjera radnog pamćenja.

Ono što je, međutim, vrlo vjerojatno, a može se zaključiti iz opisa različitih zadataka radnog pamćenja, je da procesiranje u takvim zadacima nadmašuje funkciju središnjeg izvršitelja čija se funkcija odnosi isključivo na kontrolu pažnje. Naime, raspon radnog pamćenja pri čitanju, a posebno ostali različiti zadaci radnog pamćenja, od sudionika zahtijevaju integraciju i pohranu informacija iz različitih izvora, kako iz pomoćnih sustava radnog pamćenja, tako i iz dugoročnog pamćenja, na način koji omogućuje daljnju manipulaciju i privremeno zadržavanje informacija. Repovš i Baddeley (2006) smatraju da dodavanje upravo četvrte komponente, epizodnog ekrana, modelu radnog pamćenja omogućuje objašnjenje rezultata na zadacima radnog pamćenja. Tako je prema novijem modelu središnji izvršitelj odgovoran za kontrolu pažnje i nema kapacitet za pohranu, dok se epizodni ekran može smatrati komponentom središnjeg izvršitelja koja je zadužena za kombiniranje informacija iz pomoćnih sustava i dugoročnog pamćenja, kao i za privremenu pohranu informacija. Rudner i Rönnerberg (2008) smatraju da je uloga epizodnog ekrana posebno izražena kada je jezično procesiranje zahtjevnije, npr. kada postoji nesklad između percipirane fonološke informacije i leksičke reprezentacije pohranjene u dugoročnom pamćenju. Iako se čini da funkcije epizodnog ekrana i središnjeg izvršitelja nisu nužno povezane, te da imaju različite neurološke osnove, autori smatraju da ta dva sustava, uz fonološku petlju, mogu zajednički djelovati kod zahtjevnoga jezičnog procesiranja.

Uloga semantičkog i strategijskog procesiranja u zadacima radnog pamćenja

Iako je velik broj istraživanja proveden kako bi se provjerile razne teorije koje objašnjavaju funkcionalno ustrojstvo radnog pamćenja, relativno je malo pažnje posvećeno ulozi dugoročnog pamćenja, odnosno procesiranju značenja i upotrebi strategija u samim zadacima radnog pamćenja. Waters i Caplan (1996) su kritizirali klasičan zadatak raspona radnog pamćenja pri čitanju jer se u njemu od sudionika tražilo da istovremeno obrađuju i uskladištavaju informacije, no konačan rezultat (raspon) daje podatak samo o uspješnosti pohranjivanja, ali ne i jezičnog procesiranja, koje može biti vrlo površno. Waters i Caplan (1996; Caplan i Waters, 1999) su predložili teoriju prema kojoj postoje dva odvojena kapaciteta radnog pamćenja. Jedan, psiholingvistički, je zadužen za operacije koje se vrše za vrijeme čitanja teksta (*online*-operacije), koje uključuju procese kao što su sintaktička analiza, leksički pristup, određivanje intonacije, te semantičkih vrijednosti kao što su fokus, kauzalnost, vremenski slijed, glavna tema... Ovi su procesi, koje MacDonald i Christiansen (2002) nazivaju interpretativnima, najvećim djelom nesvjesni, njihova integracija je brza i točna te rezultira procesima interpretacije. Drugi je resursni sustav odgovoran za svjesne, kontrolirane, verbalno posredovane procese, odnosno za procesiranje koje možemo smatrati postinterpretativnim, kao

što je eksplicitno rezoniranje. Prema njima, zadatak bi radnog pamćenja trebao mjeriti učinkovitost tih procesa.

S druge strane, Just i Carpenter (1992) su predložili teoriju kapaciteta pri razumijevanju (*capacity theory of comprehension*), koja također objašnjava na koji način radno pamćenje ograničava jezično razumijevanje. Teorija naglašava ulogu aktivacije koja se može shvatiti simbolički ili u terminima konekcionističkih modela. Pretpostavka je da su i procesiranje i uskladištavanje informacija određeni aktivacijom te da ukupna razina aktivacije varira od pojedinca do pojedinca. Za vrijeme procesa razumijevanja informacija postaje aktivna (bilo kodiranjem iz pisanog teksta, izvršavanjem matematičkih operacija ili dozivom iz dugoročnog pamćenja). Dok god je aktivacija informacije iznad neke minimalne razine, informacija se smatra dijelom radnog pamćenja i dostupna je za obradu. Međutim, ako je ukupna količina aktivacije koja je dostupna sustavu manja od količine aktivacije potrebne da se izvrši zadatak razumijevanja, dio će aktivacije koji je služio za održavanje starih informacija aktivnima biti premješten na nove informacije, što će dovesti do zaboravljanja. Just i Carpenter (1992) smatraju da su individualne razlike u količini kapaciteta dostupnog za raspodjelu i rezultirajuće razlike u načinu raspodjele kapaciteta odgovorne za razlike u razumijevanju te da postoji jedinstveni kapacitet koji obuhvaća različite facete jezičnog razumijevanja kao što su leksički pristup, sintaktička analiza i procesiranje odnosa.

Automatsko i strategijsko procesiranje teksta

Just, Carpenter i Keller (1997) kritiziraju teoriju Watersa i Caplana, kojoj prije svega zamjeraju unutrašnju nekonzistentnost, netočnu interpretaciju rezultata te nemogućnost definiranja razlike između svjesnih i nesvjesnih procesa. Tako se, na primjer, postavlja pitanje koji resursni sustav podržava neautomatski leksički pristup ili sporo sintaktičko procesiranje komplicirane zavisne rečenice. Isto tako, nameće se i pitanje u kojoj mjeri sudionici automatski procjenjuju važnost informacija za vrijeme čitanja, odnosno jesu li *online*-proces, za koje Waters i Caplan smatraju da su brzi i učinkoviti, zaista automatizirani. Odgovor na to pitanje vjerojatno ovisi i o dobi sudionika, ali i o tome što zadatak traži. Afflerbach, Pearson i Paris (2007) smatraju da težina zadatka čitanja, koja je pod utjecajem težine teksta, osobina čitaoca, načina ispitivanja i kontekstualnih varijabli određuje u kojoj će mjeri čitalac koristiti automatizirane ili strategijske procese pri čitanju. Ako čitalac posjeduje adekvatno znanje, ako je tekst lagan i ciljevi čitanja nisu zahtjevni, on može koristiti uobičajene vještine čitanja. Međutim, ako ne posjeduje dovoljno znanja o području, ako je tekst težak, te ako su zadaci kompleksni, potrebno je više strategijskog čitanja. U početnom čitanju i dekodiranje predstavlja namjeran i naporan proces, koji s vremenom postaje automatiziran. Slična se situacija događa i s ostalim procesima uključenim u čitanje, pa tako i određivanjem važnih dijelova teksta. U početku taj proces zahtijeva namjerno, strategijsko procesiranje, no s vremenom zahtijeva sve manje napora.

Ako vješti čitaoci automatski procesiraju važnost pojedinih dijelova rečenice i teksta, onda bi to moglo imati reperkusije i na same rezultate na zadacima raspona radnog pamćenja pri čitanju. Naime, ono što često nije kontrolirano u zadacima radnog pamćenja, je mogućnost da se od sudionika traži da pamti one informacije koje mogu, ali i ne moraju biti važne za procesiranje (zadnja riječ u rečenici) ili koje sasvim sigurno nisu relevantne za tekuće procesiranje (riječ nevezana za rečenicu). Istraživanja koja su pokušala provjeriti koliko upotreba strategijskog procesiranja u samim zadacima radnog pamćenja ima utjecaja na raspon radnog pamćenja pokazala su da dio zadatka koji zahtijeva procesiranje ne interferira nužno sa zadatkom upamćivanja kao što su prvobitno pretpostavljale Daneman i Carpenter (1980). Štoviše, oni sudionici koji su se koristili semantičkim procesiranjem kod zapamćivanja riječi, odnosno koji su koristili imaginaciju pri zapamćivanju riječi ili pamtili riječ u kontekstu rečenice imali su veći raspon radnog pamćenja od sudionika koji nisu koristili strategije ili su riječ pamtili subvokalnim uvježbavanjem (Carretti, Borella i De Beni, 2007; Harris i Qualls, 2000; McNamara i Scott, 2001).

Neka od istraživanja (npr. Cain, Oakhill i Bryant, 2004; De Beni, Palladino i Pazzaglia, 1995) koja su ispitivala odnos strategijskog procesiranja i radnog pamćenja ustanovila su pozitivnu povezanost tih dvaju konstrukata. Također je ustanovljeno da je povezanost između raspona radnog pamćenja i *online*-mjera koje uključuju strategijsko čitanje, odnosno određivanje važnih dijelova teksta i ispravljanje pogrešaka, viša nego povezanost raspona radnog pamćenja i metakognitivnog znanja o strategijama (Pazzaglia, De Beni i Cacciò, 1999; Swanson i Alexander, 1997). Moguće je da neki čitaoci, iako posjeduju znanje o strategijama čitanja, neće biti u stanju izvršiti zadatak koji zahtijeva strategijsko procesiranje zbog toga što posjeduju manji raspon radnog pamćenja. Naime, raspon je radnog pamćenja vjerojatno povezan sa stupnjem u kojem pojedinci uopće pokušavaju izvršiti kontrolirano procesiranje u situacijama koje zahtijevaju veliki kapacitet pažnje. Barrett, Tugade i Engle (2004) smatraju da za pojedince neuspjeh u strategijskom procesiranju, koji se često interpretira kao nedostatak volje i motivacije, ne proizlazi nužno iz smanjene motivacije ili neznanja. Osobe s malim rasponom radnog pamćenja jednostavno neće imati dovoljno kapaciteta da isprave ili kontroliraju svoje automatsko procesiranje, s obzirom da dodatna elaboracija zahtijeva dodatne resurse radnog pamćenja. Zbog toga se neće upuštati u daljnju elaboraciju i korištenje strategija jer će to zauzimati prevelik dio njihova ograničenog kapaciteta. U većini zadataka radnog pamćenja ipak iskustvo i znanje većem dijelu sudionika omogućuju da relativno automatizirano procesiraju rečenicu i upamte ciljnu riječ. Međutim, ako isti zadatak zahtijeva i aktivaciju i upamćivanje još neke druge riječi, ili postavlja dodatne zahtjeve, to im predstavlja problem jer moraju koristiti strategije, odnosno moraju svjesno i kontrolirano preusmjeravati fokus pažnje i inhibirati informacije koje nisu ciljne. Drugim riječima, upamćivanje riječi u zadatku radnog pamćenja ovisi o tome kakvo se procesiranje od sudionika traži.

Fokus rečenice i raspon radnog pamćenja

Osaka, Nishizaki, Komori i Osaka (2002) su pretpostavili da fokusna riječ u rečenici igra važnu ulogu u čitanju s razumijevanjem, ali da se isti proces odvija i za vrijeme izvršavanja zadatka kojim se ispituje raspon radnog pamćenja pri čitanju. Fokusom se rečenice obično smatra informacija koja je nova, odnosno koja se ne može predvidjeti iz prethodnog konteksta, a najčešće se identificira na način da se ta riječ naglasi u izgovoru, ili da se pažnja na tu riječ usmjeri putem pitanja koje prethodi rečenici (Cutler i Fodor, 1979). Također, fokusnu je riječ moguće odrediti i putem semantičke kontrole rečenice (Birch i Garnsey, 1995). S obzirom da je fokusiranje na određenu riječ ključno za učinkovitu integraciju i razumijevanje rečenice, fokusna se riječ u rečenici može definirati i kao riječ koja je najvažnija i ključna za integraciju i razumijevanje rečenice (Birch i Garnsey, 1995; Osaka i sur., 2002). Kada vješti čitalac čita rečenicu, on kodira značenje svake riječi u rečenici i gotovo automatski odlučuje koja je riječ važna za razumijevanje i integraciju rečenice te usmjerava pažnju na tu fokusnu, najvažniju riječ. Zbog toga će i u zadatku radnog pamćenja upamćivanje ciljne riječi biti lakše ako se ona poklapa s fokusnom riječi, s obzirom da je čitalac na nju već obratio pažnju. No, ako su te dvije riječi različite, doći će do konflikta među njima i sudionik će imati lošiji rezultat, odnosno manji raspon radnog pamćenja te veću tendenciju da griješi, odnosno da se dosjeća fokusne umjesto ciljne riječi.

Rezultati eksperimenata Osake i sur. (2002) su u skladu s tim pretpostavkama: sudionici su se dosjećali više riječi kada je ciljna riječ ujedno bila i fokusna. U situaciji kada ciljna riječ nije bila fokusna, sudionici su činili više pogrešaka pri dosjećanju, pri čemu je među pogrešno upamćenim riječima bio značajno veći broj riječi koje su fokusne. Autori ovakve rezultate objašnjavaju time što kod takvog tipa zadatka dosjećanje ciljne riječi nije bilo olakšano procesima razumijevanja. Umjesto toga, moguće je da je fokusna riječ interferirala sa zapamćivanjem ciljne, jer se već samim procesiranjem rečenice obratila pažnja na fokusnu riječ. Zanimljivo je da taj efekt fokusa jači kod sudionika s malim rasponom radnog pamćenja, što može upućivati da su razlike između sudionika s malim i većim rasponom radnog pamćenja pri čitanju povezane s učinkovitošću fokusiranja, ali i inhibicije ili mijenjanja tog fokusa u konfliktnim situacijama za vrijeme čitanja. Slične je rezultate dobila i grupa talijanskih autora (De Beni i Palladino, 2000; Palladino i sur., 2001). Ispitali su razlike među sudionicima koji su uspješni i koji su neuspješni na testovima razumijevanja pri čitanju te su ustanovili da sudionici koji imaju problema s razumijevanjem postižu i značajno slabije rezultate na zadacima radnog pamćenja koji su zahtijevali stalno ažuriranje informacija u radnom pamćenju. Takvi su sudionici imali i više pogrešaka u dosjećanju, koje su se primarno odnosile na dosjećanje riječi koje su jednom bile u fokusu pažnje, ali su naknadno trebale biti potisnute, što autori objašnjavaju problemima s inhibicijom nevažnih informacija za vrijeme čitanja.

Taj nalaz sugerira da bi se pri konstrukciji zadataka koji su namijenjeni mjerenju raspona verbalnoga radnog pamćenja trebala obratiti pažnja na semantičko i strategijsko procesiranje i na izbor riječi koje se koriste kao ciljne riječi koje sudionik treba upamtiti. Iz navedenog se pregleda literature može vidjeti da su to samo neki od čimbenika koje bi trebalo uzeti u obzir. Tako Friedman i Miyake (2005) i Conway i sur. (2005) navode nekoliko sugestija koje bi trebale poboljšati metrijske karakteristike zadataka i time pridonijeti razvoju teorijskih objašnjenja. Sugestije se odnose na individualnu primjenu zadatka, minimalno vrijeme prezentacije podražaja kako bi se smanjila vjerojatnost korištenja strategija, dovoljan broj podražaja, odnosno čestica koje treba upamtiti, korištenje neke kriterijske mjere, poput razumijevanja teksta te mjerenje vremena procesiranja. Također, javlja se potreba za daljnjom usporedbom rezultata na zadacima kratkoročnog i radnog pamćenja s obzirom da novije analize (Unsworth i Engle, 2007) pokazuju da ti zadaci u većoj mjeri ispituju iste procese, te da su ustanovljene razlike većim dijelom posljedica metodoloških postupaka.

ZAKLJUČAK I IMPLIKACIJE

Na temelju se ovog pregleda literature može zaključiti da je radno pamćenje kompleksan konstrukt koji se odnosi na mentalni sustav odgovoran za privremeno zadržavanje informacija dok se istovremeno odvija i obrada tih ili drugih informacija: njihovo integriranje, ažuriranje, nadgledanje i kombiniranje. Čitav je niz zadataka osmišljen kako bi se izmjerio kapacitet toga sustava i provjerilo je li on jedinstven ili se sastoji od više podsustava. Zadaci radnog pamćenja su se pokazali vrlo dobrim prediktorima niza složenih aktivnosti kao što su razumijevanje, rješavanje zadataka ili rasuđivanje. Ipak, varijacije u vrsti i sadržaju zadatka, načinu prezentacije i bodovanju učinka rezultiraju različitim, često kontradiktornim, zaključcima o tome što takvi zadaci mjere, i posljedično, koje teorijsko objašnjenje podupiru. Ukratko, iako je radno pamćenje jedan od najistraživanijih koncepata u kognitivnoj psihologiji, očito je da još uvijek postoje metodološki problemi koji utječu na valjanost i pouzdanost samih zadataka, ali i nesuglasice oko teorijskog određenja konstrukta radnog pamćenja. Uzimanje u obzir navedenih smjernica pri konstrukciji zadataka, uz integraciju spoznaja dobivenih upotrebom tehnika oslikavanja mozga i neuralnog modeliranja, trebalo bi pridonijeti shvaćanju funkcionalnog ustrojstva radnog pamćenja, a time i razjašnjavanju njegove uloge u kompleksnim kognitivnim procesima poput razumijevanja pri čitanju.

LITERATURA

- Adams, A.M., Bourke, L. i Willis, C. (1999). Working memory and spoken language comprehension in young children. *International Journal of Psychology*, 34, 364–373.
- Afflerbach, P., Pearson, P.D. i Paris, S. (2007). *The reading skill and reading strategy definition problem*. Rad prezentiran na dvanaestoj bienalnoj konferenciji za istraživanje učenja i poučavanja (12th Biennial conference for research on learning and instruction, EARLI), Budimpešta, Mađarska.
- Alloway, T.P., Gathercole, S.E. i Pickering, S.J. (2006). Verbal and visuospatial short-term and working memory in children: Are they separable? *Child Development*, 77, 1698–1716.
- Alloway, T.P., Gathercole, S.E., Willis, C. i Adams, A. (2004). A structural analysis of working memory and related cognitive skills in young children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 87, 85–106.
- Atkins, W.B. i Baddeley, A.D. (1998). Working memory and distributed vocabulary learning. *Applied Psycholinguistics*, 19, 537–552.
- Atkinson, R.C. i Shiffrin, R.M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. U: K.W. Spence i J.T. Spence (Ur.), *The psychology of learning and motivation* (Vol 2, str. 89–105). London: Academic Press.
- Baddeley, A.D. (1990). *Human memory: Theory and practice*. London: LEA.
- Baddeley, A.D. (1996). Exploring the central executive. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49, 5–28.
- Baddeley, A.D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 417–423.
- Baddeley, A.D. (2003). Working memory and language: An overview. *Journal of Communication Disorders*, 36, 189–208.
- Baddeley, A.D., Gathercole, S.E. i Papagano, C. (1998). The phonological loop as a language learning device. *Psychological Review*, 105, 158–173.
- Baddeley, A.D. i Hitch, G.J. (1974). Working memory. U: G. Bower (Ur.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 8, str. 47–89). Academic Press: New York.
- Baddeley, A.D. i Hitch, G.J. (1994). Developments in the concept of working memory. *Neuropsychology*, 8, 485–493.
- Baddeley, A.D. i Logie, R.H. (1999). Working memory: The multiple component model. U: A. Miyake i P. Shah (Ur.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control* (str. 28–61). London: Cambridge University Press.
- Baddeley, A.D. i Wilson, B. (2002). Prose recall and amnesia: Implications for the structure of working memory. *Neuropsychologia*, 40, 173–1743.

- Barrett, L.F., Tugade, M.M. i Engle, R.W. (2004). Individual differences in working memory capacity and dual-process theories of the mind. *Psychological Bulletin*, 130, 553–573.
- Barrouillet, P. i Camos, V. (2001). Developmental increase in working memory span: Resource sharing or temporal decay? *Journal of Memory and Language*, 45, 1–20.
- Birch, S.L. i Garnsey, S.M. (1995). The effect of focus on memory for words in sentences. *Journal of Memory and Language*, 34, 232–267.
- Brown, J. (1958). Some tests of the decay theory of immediate memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 10, 12–21.
- Cain, K. (2006). Children's reading comprehension: The role of working memory in normal and impaired development. U: S. Pickering (Ur.), *Working memory and education* (str. 61–91). New York: Academic Press.
- Cain, K., Oakill J. i Bryant P.E. (2004). Children's reading comprehension ability: Concurrent prediction by working memory, verbal ability, and component skills. *Journal of Educational Psychology*, 96, 31–42.
- Cantor, J., Engle, R.W. i Hamilton, G. (1991). Short-term memory, working memory, and verbal abilities: How do they relate? *Intelligence*, 15, 229–246.
- Caplan, D. i Waters, G.S. (1999). Verbal working memory and sentence comprehension, *Behavioral and Brain Sciences*, 22, 77–94.
- Carretti, B., Borella, E. i De Beni, R. (2007). Does strategic memory training improve the workingmemory performance of younger and older adults? *Experimental Psychology*, 54, 311–320.
- Conway, A.R.A., Kane, M.J., Bunting, M.F., Hambrick, D.Z., Wilhelm, O. i Engle, R.W. (2005). Working memory span tasks: A methodological review and user's guide. *Psychonomic Bulletin and Review*, 12, 769–786.
- Cowan, N. (1999). An embedded-processes model of working memory. U: A. Miyake i P. Shah (Ur.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control* (str. 62–101). London: Cambridge University Press.
- Cowan, N., Towse, J.N., Hamilton, Z., Saults, J.S., Elliott, E.M., Lacey, J.F. i sur. (2003). Children's working memory processes: A response-timing analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, 132, 113–132.
- Craik, F.I.M. i Lockhart, R.S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11, 671–684.
- Cutler, A. i Fodor, J.A. (1979). Semantic focus and sentence comprehension. *Cognition*, 7, 49–59.
- Daneman, M. i Carpenter P.A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19, 450–466.

- Daneman, M. i Hannon, B. (2001). Using working memory theory to investigate the construct validity of multiple-choice reading comprehension tests such as the SAT. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130, 208–223.
- Daneman, M. i Merikle, P.M. (1996). Working memory and language comprehension: A meta-analysis. *Psychonomic Bulletin and Review*, 3, 422–433.
- Daneman, M. i Tardiff, T. (1987). Working memory and reading skill reexamined. U: M. Coltheart (Ur.), *Attention and performance XII: The psychology of reading* (str. 491–508). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- De Beni, R. i Palladino, P. (2000). Intrusion errors in working memory tasks: Are they related to reading comprehension ability? *Learning and Individual Differences*, 12, 131–143.
- De Beni, R., Palladino, P. i Pazzaglia, F. (1995). Influenza della memoria di lavoro e delle abilità metacognitive e sintattiche nella difficoltà specifica di comprensione della lettura. *Giornale italiano di psicologia*, 22, 615–640.
- De Jong, P.F. (2006). Understanding normal and impaired reading development: A working memory perspective. U: S. Pickering (Ur.), *Working memory and education* (str. 33–60). New York: Academic Press.
- De Jong, P.F. i van der Leij, A. (1999). Specific contributions of phonological abilities to early reading acquisition: Results from a Dutch latent variable longitudinal study. *Journal of Educational Psychology*, 91, 450–476.
- Dixon, P., LeFevre, J. i Twilley, L.C. (1988). Word knowledge and working memory as predictors of reading skill. *Journal of Educational Psychology*, 80, 465–472.
- Duff, S.C. i Logie, R.H. (2001). Processing and storage in working memory span. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 54, 31–48.
- Ebbinghaus, H. (1885). *Memory: A contribution to experimental psychology*. Preuzeto 10. veljače 2010. s <http://psychclassics.yorku.ca/Ebbinghaus/memory7.htm#f1>.
- Engle, R.W., Cantor, J. i Carullo, J.J. (1992). Individual differences in working memory and comprehension: A test of four hypotheses. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18, 972–992.
- Engle, R.W., Kane, M.J. i 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. U: A. Miyake i P. Shah (Ur.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control* (str. 102–134). London: Cambridge University Press.
- Engle, R.W., Tuholski, S.W., Laughlin, J.E. i Conway, A.R.A. (1999). Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: A latent-variable approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 128, 309–331.
- Ericsson, K.A. i Kintsch, W. (1995). Long-term working memory. *Psychological Review*, 102, 211–245.

- Ericsson, K.A., Patel, V. i Kintsch, W. (2000). How experts' adaptations to representative task demands account for the expertise effect in memory recall: Comment on Vicente and Wang (1998). *Psychological Review*, 107, 578–592.
- Freidman, N.P. i Miyake, A. (2005). Comparison of four scoring methods for the reading span test. *Behavior Research Methods*, 37, 581–590.
- Gathercole, S.E. i Baddeley, A.D. (1989). Evaluation of the role of phonological STM in the development of vocabulary in children: A longitudinal study. *Journal of Memory and Language*, 28, 200–213.
- Gathercole, S.E., Hitch, G.J., Service, E. i Martin, A.J. (1997). Short-term memory and long-term learning in children. *Developmental Psychology*, 33, 966–979.
- Gathercole, S.E. i Pickering, S.J. (2000). Assessment of working memory in six- and seven-year-old children. *Journal of Educational Psychology*, 92, 377–390.
- Gathercole, S.E., Willis, C.W., Emslie, H. i Baddeley, A.D. (1992). Phonological memory and vocabulary development during the early school years: A longitudinal study. *Developmental Psychology*, 28, 887–898.
- Gavens, N. i Barrouillet, P. (2004). Delays of retention, processing efficiency, and attentional resources in working memory span development. *Journal of Memory and Language*, 51, 644–657.
- Harris, J.L. i Qualls, C.D. (2000). The association of elaborative or maintenance rehearsal with age, reading comprehension, and verbal working memory performance. *Aphasiology*, 14, 515–526.
- Hitch, G.J., Towse, J.N. i Hutton, U. (2001). What limits children's working memory span? Theoretical accounts and applications for scholastic development. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130, 184–198.
- Hulme, C., Roodenrys, S., Brown, G. i Mercer, R. (1995). The role of long-term memory mechanisms in memory span. *British Journal of Psychology*, 86, 527–536.
- James, W. (1890). The principles of psychology. Preuzeto 30. siječnja 2009. s <http://psychclassics.yorku.ca/James/Principles/index.htm>.
- Just, M.A. i Carpenter, P.A. (1992). A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. *Psychological Review*, 99, 122–149.
- Just, M.A., Carpenter, P.A. i Keller, T.A. (1997). A capacity theory of comprehension: New frontiers of evidence and arguments. *Psychological Review*, 103, 773–780.
- Kaakinen, J.K., Hyönä, J. i Keenan, J.M. (2003). How prior knowledge, working memory capacity, and relevance of information affect eye-fixations in expository text. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 29, 447–457.
- La Pointe, L.B. i Engle, R.W. (1990). Simple and complex spans as measures of working memory capacity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16, 1118–1133.
- Logie, R.H. (1995). *Visuo-spatial working memory*. Hillsdale, USA: LEA.

- Logie, R.H., Della Sala, S., Wynn, V. i Baddeley, A.D. (2000). Visual similarity effects in immediate verbal serial recall. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 53, 626–646.
- MacDonald, M.C. i Christiansen, M.H. (2002). Reassessing working memory: Comment on Just and Carpenter (1992) and Waters and Caplan (1996). *Psychological Review*, 109, 35–54.
- McNamara, D.S. i Scott, J.L. (2001). Working memory capacity and strategy use. *Memory and Cognition*, 29, 10–16.
- Melton, A.W. (1963). Implications of short-term memory for a general theory of memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 2, 1–21.
- Metsala, J.L. (1999). Young children's phonological awareness and nonword repetition as a function of vocabulary development. *Journal of Educational Psychology*, 91, 3–19.
- Miller, G.A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *The Psychological Review*, 63, 81–97.
- Miyake, A., Friedman, N.P., Emerson, M.J., Witzki, A.H., Howerter, A. i 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, 49–100.
- Neath, I. (2000). Is working memory a still useful concept? *Contemporary Psychology*, 45, 410–412.
- Norman, D.A. i Shallice, T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behaviour. U: R.J. Davidson, G.E. Schwartz i D. Shapiro (Ur.), *Consciousness and self-regulation: Advances in research and theory* (str. 515–549). New York: Plenum Press.
- Oberauer, K., Süß, H.M., Schulze, R., Wilhelm, O. i Wittmann, W.W. (2000). Working memory capacity – facets of a cognitive ability construct. *Personality and Individual Differences*, 29, 1017–1045.
- Oberauer, K., Süß, H.M., Wilhelm, O. i Wittmann, W.W. (2003). The multiple faces of working memory - storage, processing, supervision, and coordination. *Intelligence*, 31, 167–193.
- Osaka, M., Nishizaki, Y., Komori, M. i Osaka, N. (2002). Effect of focus on verbal working memory: Critical role of the focus word in reading. *Memory and Cognition*, 30, 562–571.
- Palladino, P., Cornoldi, C., De Beni, R. i Pazzaglia, F. (2001). Working memory and updating processes in reading comprehension. *Memory and Cognition*, 29, 344–354.
- Pazzaglia, F., De Beni, R. i Cacciò, L. (1999). The role of working memory and metacognition in reading comprehension difficulties. U: T.E. Scruggs i M.A. Mastropieri (Ur.), *Advances in learning and behavioral difficulties* (str. 115–134). Greenwich, CT: JAI Press.
- Peterson, L.R. i Peterson, M.J. (1959). Short-term retention of individual verbal items. *Journal of Experimental Psychology*, 58, 193–198.

- Postle, B.R. i Pasternak, T. (2009). Short term and working memory. U: L.R. Squire (Ur.), *Encyclopedia of neuroscience* (Vol. 8, str. 793–799). Oxford: Academic Press.
- Prabhakaran, V., Narayanan, K., Zhao, Z. i Gabrieli, J.D.E. (2000). Integration of diverse information in working memory within the frontal lobe. *Nature Neuroscience*, 3, 85–90.
- Repovš, G. i Baddeley, A.D. (2006). The multi-component model of working memory: Explorations in experimental cognitive psychology. *Neuroscience*, 139, 5–21.
- Rohl, M. i Pratt, C. (1995). Phonological awareness, verbal working memory and the acquisition of literacy. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 7, 327–360.
- Royan, J. (2007). *The visuospatial sketch pad (VSSP): Investigating the dissociation of visual and spatial imagery and storage and their roles in reading*. Doktorska disertacija. University of Victoria, British Columbia, Canada.
- Rudner, M. i Rönnerberg, J. (2008). The role of the episodic buffer in working memory for language processing. *Cognitive Processing*, 9, 19–28.
- Seigneuric, A., Ehrlich, M.F., Oakhill, J.V. i Yuill, N.M. (2000). Working memory resources and children reading comprehension. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 13, 81–103.
- Service, E. (1992). Phonology, working memory, and foreign-language learning. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 45, 21–50.
- Shah, P. i Miyake, A. (1996). The separability of working memory resources for spatial thinking and language processing: A an individual differences approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 125, 4–27.
- Shallice, T. i Burgess, P.W. (1991). Deficits in strategy application following frontal lobe damage in man. *Brain*, 114, 727–741.
- Shankweiler, D. i Crain, S. (1986). Language mechanisms and reading disorder: A modular approach. *Cognition*, 24, 139–168.
- Shankweiler, D. i Fowler, A. (2004). Questions people ask about the role of phonological processes in learning to read. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 17, 483–515.
- Smith, E.E. i Jonides, J. (1997). Working memory: A view from neuroimaging. *Cognitive Psychology*, 33, 5–42.
- Snowling, M.J., Chiat, S. i Hulme, C. (1991). Words, non-words, and phonological processes: Some comments on Gathercole, Willis, Emslie, & Baddeley. *Applied Psycholinguistics*, 12, 369–373.
- Swanson, H.L. (1994). Short-term memory and working memory: Do both contribute to our understanding of academic achievement in children and adults with learning disabilities? *Journal of Learning Disabilities*, 27, 34–50.

- Swanson, H.L. i Alexander, J. (1997). Cognitive processes as predictors of word recognition and reading comprehension in learning disabled and skilled readers: Revisiting the specificity hypothesis. *Journal of Educational Psychology*, 89, 128–158.
- Swanson, H.L. i Ashbaker, M.H. (2000). Working memory, short-term memory, speech rate, word recognition and reading comprehension in learning disabled readers: Does the executive system have a role? *Intelligence*, 28, 1–30.
- Swanson, H.L. i Howell, M. (2001). Working memory, short-term memory, and speech rate as predictors of children's reading performance at different ages. *Journal of Educational Psychology*, 93, 720–734.
- Swanson, H.L. i Sachse-Lee, C. (2001). A subgroup analysis of working memory in children with reading disabilities: Domain-general or domain-specific deficiency? *Journal of Learning Disabilities*, 34, 249–263.
- Swanson, H.L. i Siegel, L. (2001). Learning disabilities as a working memory deficit. *Issues in Education*, 7, 1–48.
- Tirre, W. i Peña, C. (1992). Investigation of functional working memory in the reading span Test. *Journal of Educational Psychology*, 84, 462–472.
- Towse, J.N., Hitch, G.J. i Hutton, U. (1998). A reevaluation of working memory capacity in children. *Journal of Memory and Language*, 39, 195–217.
- Towse, J.N., Hitch, G.J. i Hutton, U. (2000). On the interpretation of working memory span in adults. *Journal of Memory and Language*, 28, 341–348.
- Unsworth, N. i Engle, R.W. (2007). On the division of short-term and working memory: An examination of simple and complex span and their relation to higher order abilities. *Psychological Bulletin*, 133, 1038–1066.
- Vallar, G., Di Betta, A.M. i Silveri, M.C. (1997). The phonological short-term store-rehearsal system: Patterns of impairment and neural correlates. *Neuropsychologia*, 35, 795–812.
- Wagner, R.K., Torgesen, J.K., Rashotte, C.A., Hecht, S.A., Barker, T.A., Burgess, S.R. i et al. (1997). Changing relations between phonological processing abilities and word-level reading as children develop from beginning to skilled readers: A 5-year longitudinal study. *Developmental Psychology*, 33, 468–479.
- Was, C.A. i Woltz, D.J. (2007). Reexamining the relationship between working memory and comprehension: The role of available long-term memory. *Journal of Memory and Language*, 56, 86–102.
- Waters, G.S. i Caplan, D. (1996). The capacity theory of sentence comprehension: Critique of Just and Carpenter (1992). *Psychological Review*, 103, 761–772.
- Whitney, P., Arnett, P.A. i Driver, A. (2001). Measuring central executive functioning: What's in a reading span? *Brain and Cognition*, 45, 1–14.
- Zacks, R.T. i Hasher, L. (1988). Capacity theory and the processing of inferences. U: L. Light i D. Burke (Ur.), *Language, memory, and aging* (str. 154–170). New York: Cambridge University Press.

Zimmer, H.D., Speiser, H. i Seidler, B. (2003). Spatio-temporal working memory and short-term object-location memory use different memory mechanisms. *Acta Psychologica*, 114, 41–65.

The Structure of Working Memory and its Role in Language Processing

Abstract

The aim of this review article is to raise the awareness of theoretical and methodological issues in measuring and defining working memory, in order to contribute to understanding of its structure and its role in complex processes like reading. The paper commences with a brief historical overview of memory theories, with intention to illustrate growing interest for the short-term and working memory assessments. The Baddeley's model (Baddeley i Hitch, 1974; Baddeley, 2000) is described and further compared to the other working memory models. In doing that, functional organization of the working memory system and the role of its subsystems in language processing are described, while the special emphasis is given to the role of the phonological loop and the central executive in reading. Conceptual issues are discussed, especially concerning the relationship between verbal short-term and verbal working memory, as well as methodological problems in assessing these capacities. The paper ends with a discussion on the implications long-term memory factors (i.e. meaning processing and strategies employment) have on verbal working memory scores.

Keywords: working memory, short-term memory, language processing, reading

Primljeno: 11.05.2009.

UBACITI PRAZNU STRANICU !!