

Michela Zavagnin, Francesco Riboldi

# Training di potenziamento della memoria di lavoro e delle funzioni esecutive nella popolazione anziana: una rassegna

(doi: 10.1421/73141)

Giornale italiano di psicologia (ISSN 0390-5349)

Fascicolo 4, dicembre 2012

**Ente di afferenza:**

*Università di Trieste (units)*

Copyright © by Società editrice il Mulino, Bologna. Tutti i diritti sono riservati.

Per altre informazioni si veda <https://www.rivisteweb.it>

**Licenza d'uso**

L'articolo è messo a disposizione dell'utente in licenza per uso esclusivamente privato e personale, senza scopo di lucro e senza fini direttamente o indirettamente commerciali. Salvo quanto espressamente previsto dalla licenza d'uso Rivisteweb, è fatto divieto di riprodurre, trasmettere, distribuire o altrimenti utilizzare l'articolo, per qualsiasi scopo o fine. Tutti i diritti sono riservati.

# TRAINING DI POTENZIAMENTO DELLA MEMORIA DI LAVORO E DELLE FUNZIONI ESECUITIVE NELLA POPOLAZIONE ANZIANA: UNA RASSEGNA

MICHELA ZAVAGNIN E FRANCESCO RIBOLDI

*Università di Padova*

*Riassunto.* Al fine di potenziare la memoria di lavoro e le funzioni esecutive che declinano nell'invecchiamento, è stato proposto l'uso di training adattivi o di pratica. Tuttavia le ricerche presenti in letteratura sono eterogenee e non stabiliscono chiaramente le procedure più idonee per ottenere tale risultato. La rassegna si propone di valutare quali caratteristiche rendano più efficaci questi tipi di training. È emersa, ad esempio, l'utilità dei training adattivi per esercitare direttamente la funzione target e l'importanza di fornire un *feedback* continuo al partecipante sulla sua prestazione. Vengono, infine, presentate le criticità riscontrate e possibili orientamenti futuri.

## 1. INTRODUZIONE

La memoria di lavoro può essere definita come un sistema dinamico, in grado di immagazzinare temporaneamente ed elaborare le informazioni necessarie per i processi di ordine superiore come la comprensione del linguaggio, la pianificazione o il *problem solving* (Miyake e Shah, 1999; Cowan, Elliott, Saultsa, Moreya, Mattox, Hismjatullinaa e Conway, 2005).

Secondo il modello di Baddeley (2000), la memoria di lavoro può essere descritta come un sistema a quattro componenti: *loop* fonologico, taccuino visuo-spaziale, *buffer* episodico ed esecutivo centrale. Quest'ultimo svolge funzioni di coordinamento e controllo degli altri magazzini e più in generale sembra essere responsabile della regolazione dei processi cognitivi. Nella formulazione iniziale del modello di Baddeley (1986), tale componente era modellato sulla base del Sistema Attentivo Supervisore proposto da Norman e Shallice (1986).

A questa prima, poco specifica, definizione sono seguite altre più articolate che evidenziano come l'esecutivo centrale sia frazionato in diversi processi parzialmente indipendenti (Lehto, 1996, negli adulti; Lowe e Rabbitt, 1997; Robbins, James, Owen, Sahakian, Lawrence,

*Desideriamo ringraziare Barbara Carretti ed Erika Borella per i preziosi consigli durante la stesura della rassegna. Ringraziamo inoltre i tre anonimi referee per i loro commenti accurati e costruttivi che ci hanno permesso di migliorare il nostro lavoro.*

McInnes e Rabbit, 1998, negli anziani). In particolare, Miyake, Friedman, Emerson, Witzki, Howerter e Wager (2000) hanno proposto uno studio che ha messo in luce la presenza di una variabile latente che accomuna diverse funzioni, correlate tra loro, ma chiaramente separabili (Miyake *et al.*, 2000). Queste funzioni, vengono appunto chiamate funzioni esecutive e sono definite come i processi responsabili del controllo e della regolazione del comportamento (Miller e Cohen, 2001) e, secondo gli autori (Miyake *et al.*, 2000), comprendono: a) l'aggiornamento ed il monitoraggio delle rappresentazioni in memoria di lavoro (*updating*); b) l'inibizione delle risposte dominanti e la soppressione di quelle che non sono più rilevanti per il compito; c) l'abilità di passare in modo flessibile tra compiti e set mentali diversi (*shifting*).

La validità di questo modello è stata verificata anche in un campione di anziani da Fisk e Sharp (2004) che hanno confermato la presenza delle componenti indicate da Miyake e collaboratori (2000) e ne hanno aggiunta una quarta, ovvero la velocità d'accesso alla memoria a lungo termine. Inoltre, anche questo studio, come il precedente, lascia aperta la possibilità che l'attenzione divisa (abilità di gestire due compiti contemporaneamente) possa costituire una componente separata nonostante le molte somiglianze con la memoria di lavoro (Verhaeghen, Kliegl e Mayr, 1997; Verhaeghen e Basak, 2005). Per questo motivo e data la diversità tra i paradigmi volti a potenziare l'attenzione divisa e i training di memoria di lavoro, in questa rassegna tali componenti saranno trattate separatamente.

## 2. MEMORIA DI LAVORO E FUNZIONI ESECUTIVE NELL'INVECCHIAMENTO

Un ampio numero di ricerche documenta differenze, legate all'età, nella prestazione in compiti che coinvolgono le funzioni esecutive (Craik e Bialystok, 2006). In generale, infatti, la prestazione tende ad aumentare dall'infanzia all'adolescenza (Zalazo e Muller, 2002) e a diminuire dopo i 60 anni, seguendo così un andamento ad U rovesciata (Salthouse e Babcock, 1991; Van der Linden, Bredart, e Beerten, 1994; Kray e Lindenberger, 2000).

Andando nello specifico delle singole funzioni, vari studi evidenziano come la memoria di lavoro subisca un declino lineare con l'avanzare dell'età (Salthouse, 1990; Daigneault e Braun, 1993; Borella, Carretti e De Beni, 2008). Tuttavia i diversi autori non sono ancora concordi circa le cause di tale decremento della prestazione ed hanno proposto varie ipotesi per cercare di spiegarlo come ad esempio: la diminuzione delle risorse mentali disponibili (Salthouse, 1991), la diminuzione della velocità di elaborazione delle informazioni (McCabe

e Hartman, 2003; Salthouse, 2007) che secondo Salthouse (1996) provocherebbe un'elaborazione accurata solo delle prime operazioni cognitive richieste dal compito. Queste, venendo eseguite troppo lentamente, non lascerebbero tempo sufficiente per eseguire le successive, rischiando di conseguenza, che vengano realizzate in modo impreciso (meccanismo del tempo limitato) e siano elaborate sempre più superficialmente mano a mano che il tempo passa (meccanismo della simultaneità). Secondo Hasher e Zacks (1988), invece, a causa della progressiva riduzione delle abilità inibitorie nell'invecchiamento (Hasher, Lustig e Zacks, 2007; Borella, Delaloye, Lercef, Renaud e De Ribaupierre, 2009), si assisterebbe ad una saturazione dello spazio disponibile in memoria di lavoro, a causa dell'entrata di una grande quantità di informazioni non rilevanti. Tuttavia alcuni autori (vedi metanalisi di Verhaghen e De Meersman, 1998) suggeriscono che queste differenze legate all'età nell'inibizione possano derivare da fattori di ordine più generale come ad esempio la velocità di elaborazione.

Per quanto riguarda il processo di aggiornamento (*updating*) delle informazioni in memoria di lavoro, invece, il discorso è più complesso dato che questa funzione è stata esaminata direttamente solo in pochi studi (Van der Linden *et al.*, 1994; De Beni e Palladino, 2004; Chen e Li, 2006) che, tuttavia, hanno dimostrato come sia presente un chiaro decremento nella prestazione degli anziani in prove di aggiornamento e come questo possa concorrere a spiegare il calo nella prestazione in prove di memoria di lavoro (Hartman, Dumas e Nielsen, 2001).

Per finire, all'aumentare dell'età emerge una marcata difficoltà (con un netto aumento nei tempi di reazione) nel mantenere attivi in memoria due compiti contemporaneamente, come richiesto nei paradigmi di *task switching* e di *dual task* (es. metanalisi di Verhaeghen, Steitz, Sliwinski e Cerella, 2003). Le ricerche presenti in letteratura evidenziano, infatti, come nel *task switching*, gli anziani abbiano difficoltà nel passare in modo flessibile da un compito all'altro, inibendo la risposta dominante e spostando il focus dell'attenzione al nuovo compito (Reimers e Mayor, 2005; Eppiger, Kray, Mecklinger e John, 2007). Questa difficoltà sembrerebbe ancora più marcata qualora gli stimoli utilizzati in entrambi i compiti siano identici, dato che, tale condizione, rende più difficile differenziare un compito dall'altro e quindi aggrava i deficit età-specifici nella riconfigurazione del set mentale adeguato all'obiettivo del compito stesso (Kray e Eppiger, 2006). Per quanto riguarda la condizione di doppio compito, gli anziani sembrano avere particolari difficoltà nel monitorare contemporaneamente e coordinare lo svolgimento di due compiti a causa di deficit specifici a carico dell'attenzione divisa (Kramer, Larish e Strayer, 1995). In questo caso il decremento della prestazione sembra essere ancora più evidente qualora venga richiesta una risposta motoria si-

mile, a causa di un maggior effetto di interferenza tra i due compiti concorrenti (Hartley e Little, 1999; Hartley, 2001).

### 3. TRAINING DI POTENZIAMENTO DELLA MEMORIA DI LAVORO E DELLE FUNZIONI ESECUTIVE

Dato questo marcato decremento delle abilità legate alle funzioni esecutive nella popolazione anziana e vista la loro centralità nello svolgimento delle attività della vita quotidiana (Dujardin, Blairy, Defebvre, Duhem, Noel, Hess e Destée, 2004), in questi ultimi anni si è manifestato un interesse sempre maggiore circa la possibilità di modificare questi aspetti attraverso interventi che vadano a sfruttare la plasticità cognitiva residua presente anche in età avanzata. Anche nella terza età, infatti, continua ad essere presente, seppur in misura minore rispetto ad altre fasi della vita (es. Baltes e Kliegl, 1992; Singer, Linderberger e Baltes, 2003; Brehmer, Li, Straube, Stoll, Von Oertzen e Lindenberger, 2008), una quantità di risorse che può essere attivata per migliorare la prestazione in differenti compiti cognitivi (Baltes e Willis, 1982) attraverso procedure specifiche, ossia i training. Più nello specifico, affianco a ricerche che continuano a proporre training strategici, nei quali viene insegnata una menemotecnica o una strategia di memoria, sembrano essere sempre più presenti studi che utilizzano training di pratica, nei quali non viene insegnata alcuna strategia al partecipante, in quanto si suppone che sia in grado di autogenerarle attraverso l'esercizio ripetitivo nei compiti proposti. Queste strategie, essendo prodotte dall'anziano stesso, sarebbero più idonee al suo repertorio cognitivo, più flessibili e facilmente utilizzabili; inoltre, sembrerebbero favorire la generalizzazione dell'uso alla vita quotidiana e quindi un più probabile mantenimento dei benefici ottenuti a seguito del training (Derwinger, Stigsdotter Neely e Backman, 2005). Un'altra procedura utilizzata, in alternativa ai training strategici e come variante dei training che si basano solo sulla pratica, è la procedura adattiva attraverso la quale il partecipante fa pratica in un compito *target*, la cui difficoltà varia in relazione alla prestazione (quando il partecipante riesce ad eseguire con successo un compito ad un dato livello di difficoltà, passa automaticamente al livello superiore, viceversa qualora il compito risulti troppo difficile). Di conseguenza il soggetto è portato a lavorare sempre al massimo delle sue possibilità e ciò sembra rendere più probabile un miglioramento della capacità d'elaborare le informazioni (Jaeggi, Buschkuhl, Jonides e Perrig, 2008).

Tuttavia, i vari autori sono ancora poco concordi sulle caratteristiche che dovrebbero avere questi tipi di training per raggiungere l'obiettivo di potenziare le funzioni esecutive nella popolazione anziana. Per tale motivo, in questa rassegna, verranno analizzati gli studi

presenti in letteratura per valutare le caratteristiche che rendono efficaci i training adattivi e di pratica in memoria di lavoro e più in generale nelle varie funzioni esecutive sopra citate.

#### 4. CRITERI UTILIZZATI NELLA SELEZIONE DEGLI ARTICOLI

L'analisi è stata quindi condotta sugli articoli in cui venivano proposti training adattivi o di pratica per migliorare la memoria di lavoro o le funzioni esecutive in anziani normali, reperiti utilizzando le seguenti banche dati: *Web of Science*, *PubMed*, *Social Abstracts*, *ERIC*, *Psychology and Behavioral Science*, *PsycINFO*, *Psychology E-Books*, *Catalogo OPAC*, *Ovid*, *APA PsycNET*, *Medline*; con combinazioni delle seguenti parole chiave: *executive functions*, *executive control*, *executive training*, *cognitive training*, *training*, *intervention programs*, *practice*, *transfer*, *long-term effects*, *maintenance effect*, *inhibition*, *dual-task*, *updating*, *stroop*, *stroop interference*, *working memory*, *shifting*, *task switch*, *switching*, *older*, *old adult*, *aged*, *aging*.

Gli studi presi in considerazione nella rassegna, sono riportati in tabella 1, suddivisi sulla base della funzione che si proponevano di potenziare (memoria di lavoro, aggiornamento, inibizione, *task switching* o *dual-task*). Per ciascuna ricerca sono stati riportati, oltre alle caratteristiche del campione, le prove utilizzate, una breve descrizione del training utilizzato, i principali risultati ottenuti, eventuali effetti di generalizzazione del beneficio ad aspetti non direttamente sottoposti alla pratica, ossia a compiti che utilizzassero stimoli di natura diversa da quelli utilizzati nel training (effetti di generalizzazione vicini o *near transfer effect*) o ad altre abilità che implicassero quella trattata (effetti di generalizzazione lontani o *far transfer effect*), ed infine il mantenimento del beneficio nel tempo.

Nei seguenti paragrafi verranno analizzati più nel dettaglio i risultati ottenuti attraverso i training, al fine d'averne una panoramica più ampia delle caratteristiche che li rendono efficaci, degli aspetti trattati e quelli che, invece, potranno essere maggiormente approfonditi in futuro.

#### 5. TRAINING DI MEMORIA DI LAVORO

Come abbiamo avuto modo di anticipare, il concetto di memoria di lavoro è multidimensionale e risente dei compiti che vengono impiegati per misurarla, chiamati compiti di *span* complesso: essi coinvolgono in particolare l'esecutivo centrale, in quanto viene richiesto, ai partecipanti, di mantenere ed elaborare contemporaneamente le informazioni in entrata.

Tab. 1. Descrizione delle principali ricerche sui training di pratica per il potenziamento delle funzioni esecutive negli anziani

TRAINING DI MEMORIA DI LAVORO		TRAINING DI AGGIORNAMENTO				
Fonte	Partecipanti	Prove usate al pre e al post-test	Training	Risultati	Transfer	Mantenimento
				Near transfer effect	Far transfer effect	
Buschkuhl, Jaeggi, Hutchiso, Perrig-Chiello, Dapp, Muller, Breil, Hoppeler e Perrig (2008)	39 anziani (M=80, DS=3.3) Gruppo di controllo: svolgeva training aerobico	<i>Digit-span</i> , <i>Block-span</i> , <i>Visual free recall</i> (verbale e visivo) e prove criterio	23 sessioni di pratica, svolte in gruppo, in 3 compiti di MdL (ricorrendo a una sequenza di colori o di immagini) e 2 compiti sui tempi di reazione. Procedura adattiva e <i>feedback</i> sulla prestazione	Miglioramento nelle prove di MdL e in una dei due compiti sui tempi di reazione	Modesti incrementi nelle prestazioni nel <i>block span test</i> e al <i>visual free recall</i>	Nessun mantenimento
Li, Hovhuld, Smith, Schmiedek, Roetz e Linderberger (2008)	36 giovani (20-30 anni) e 41 anziani (70-80 anni) passivo	<i>n-back</i> (2.3 back) spaziale e numerico, <i>Operation span</i> , <i>Kataton span</i> , <i>simple decision speed task</i> (spaziale e numerica) e prova criterio	45 sessioni di pratica in due compiti di MdL visuo-spaziale (ricordo di posizioni in una matrice in condizione normale e ruotata) <i>Feedback</i> su velocità e accuratezza	Miglioramento della prestazione nella prova di memoria visuo-spaziale	Si nella prova di <i>n-back</i> e di aggiornamento numerico per entrambi i gruppi	Si, a 3 mesi: miglioramento degli anziani rispetto al post-test. Mantenimento degli effetti di <i>transfer</i> in entrambi i gruppi
Borella, Carretti, Riboldi e De Beni (2010)	40 anziani (M=69.1, DS=3.1) Gruppo di controllo: compilava dei questionari	<i>Dot matrix</i> , <i>test di Cattell</i> , <i>Test di Stroop</i> , <i>Span avanti e indietro</i> , <i>Processing Speed</i> , e prova criterio	3 sessioni di pratica con forme modificate del <i>Categorization Working Memory Span Task</i> (CWMS). Procedura mista	Beneficio nella prova di memoria di lavoro per il gruppo sperimentale	Si nel <i>Dot matrix</i> e nello <i>Span avanti e indietro</i>	Si, a 8 mesi, nella prova <i>Processing speed</i> , <i>test di Stroop</i> e <i>Test di Cattell</i> e nel <i>Processing Speed</i>
Dahlin, Nyberg, Backman, StigDottter Nedy (2008a)	32 giovani (M=23.7, DS=2.9); 32 anziani (M=68.4, DS=1.7) Gruppo di controllo: passivo	<i>Digit symbol substitution</i> , <i>Computation span</i> , <i>Digit Span</i> (avanti e indietro), <i>n-back</i> , <i>Controlled Oral Word Association Test</i> , <i>Matrix Progressive di Raven</i> e prove criterio	15 sessioni di pratica, in piccoli gruppi, con prove di aggiornamento (di numeri, lettere, colori e posizioni). Il training era adattivo	Miglioramento della prestazione nella prova di aggiornamento di lettere	Prestazioni migliori nella prova <i>3-back</i> solo nei giovani	Si, a 18 mesi
Dahlin, StigDottter Nedy, Larsson, Backman e Nyberg (2008b)	24 giovani (M=23.7, DS=2.9); 22 anziani (M=68.3, DS=1.8) Gruppo di controllo: passivo	<i>n-back</i> , <i>Stroop test</i> e prove criterio	15 sessioni di pratica, in piccoli gruppi, con prove di aggiornamento (di numeri, lettere, colori e posizioni). Il training era adattivo	Miglioramento della prestazione nella di aggiornamento di lettere	Miglioramento della prestazione solo nella prova <i>3-back</i> , solo nei giovani	-

Fonte	Partecipanti	Prove usate al pre e al post-test	Training	Risultati	Transfer	
					Near transfer effect	Far transfer effect
TRAINING DI INIBIZIONE						
Rogers e Fisk (1991)	19 giovani (19-24, M=22) 19 anziani (70-89, M=75) Gruppo di controllo: no	Compito criterio	3 sessioni di pratica con il <i>test di Stroop</i> aritmetico in due giorni	Nessun beneficio	-	-
Dulaney e Rogers (1994) (Esp. 1)	20 giovani (M=19,3, DS=1); 20 anziani (M=71,3, DS=5,6) Gruppo di controllo: no	Compiti criterio	1 sessione di pratica con il test di Stroop (solo nella condizione incongruente)	Aumento della velocità al <i>test di Stroop</i> (maggiore per i giovani)	-	-
Dulaney e Rogers (1994) (Esp. 2)	14 giovani (M=22,9, DS=4,4); 14 anziani (M=66,1, DS=3,8) Gruppo di controllo: no	Compiti criterio	1 sessione di pratica con il <i>test di Stroop</i> (lettura delle parole)	Mancato sviluppo della risposta di soppressione della lettura negli anziani	-	-
Dulaney e Rogers (1994) (Esp. 3)	6 giovani (M=25,7, DS=6,3); 6 anziani (M=72,3, DS=5,0) Gruppo di controllo: no	Compiti criterio	1 sessione di pratica nel <i>test di Stroop</i> (denominazione colori e lettura delle parole)	Modesto aumento della velocità al <i>test di Stroop</i> in entrambi i gruppi	-	-
Davidson, Zacks e Williams (2003) (Esp. 1)	24 giovani (M=20,6, DS=3,5); 24 anziani (M=73,4, DS=5,0) Gruppo di controllo: no	Compiti criterio	1 sessione di pratica nel <i>test di Stroop</i> (denominazione colori e lettura delle parole)	Aumento della velocità al <i>test di Stroop</i> in entrambi i gruppi	-	-
Davidson, Zacks e Williams (2003) (Esp. 2)	24 giovani (M=20,3, DS=2,8); 24 anziani (M=74,9, DS=4,9) Gruppo di controllo: no	Compiti criterio	Stessa procedura dell'Esp. 1, nella condizione di denominazione dei colori, le parole spariscono dallo stesso colore da loro indicato	Aumento della velocità al <i>test di Stroop</i> in entrambi i gruppi (come Esp.1)	-	-

Tab. 1. (segue)

TRAINING DI MEMORIA DI LAVORO						
Fonte	Partecipanti	Prove usate al pre e al post-test	Training	Risultati	Transfer	Mantenimento
					<i>Near transfer effect</i>	<i>Far transfer effect</i>
TRAINING DI DUAL TASK						
Baron e Maitla (1989)	12 giovani (M=18.25) 12 anziani (M=65.76) Gruppo di controllo: no	Compiti criterio	44 sessioni di pratica, in compiti di <i>memory scanning</i> (compito singolo visivo, compito singolo uditivo, doppio compito visivo, doppio compito visivo-uditivo) + consegna esplicita di rispondere rapidamente	Limitata riduzione dei tempi di reazione	-	-
Kramer, Lattish e Strayer (1995)	30 anziani (M=67.8) 29 giovani (M=20.8) Gruppo di controllo: no	Compiti criterio	3 sessioni di pratica con difficoltà crescente. I partecipanti venivano assegnati a 2 condizioni: a) priorità fissa, b) priorità variabile + <i>feedback</i> sulla correttezza e la velocità	Diminuzione dei tempi di reazione (maggiore nella condizione a priorità variabile)	-	-
Bhemer, Kramer, Peterson, Colcombe, Erickson e Becic (2005)	24 giovani (M=20) 24 anziani (M=70) Gruppo di controllo: passivo	Compiti criterio	5 sessioni di pratica, in un doppio compito uditivo (discriminazione di toni) ed uno visivo (discriminazione di lettere) + <i>feedback</i> continuo e personalizzato sulla velocità. Partecipanti assegnati a 2 condizioni: a) priorità fissa, b) priorità variabile	Diminuzione dei tempi di reazione	-	-
Bhemer, Kramer, Peterson, Colcombe, Erickson e Becic (2008)	44 giovani (M=18) 54 anziani (M=71) Gruppo di controllo: passivo	Compiti criterio	5 sessioni di pratica in due compiti visivi (discriminazione di colore, discriminazione lettere) + <i>feedback</i> continuo e personalizzato sulla velocità. Partecipanti assegnati a 2 condizioni: a) priorità fissa dei due compiti, b) variabile	Diminuzione dei tempi di reazione	-	-

Fonte	Partecipanti	Prove usate al pre e al post-test	Training	Risultati	Transfer	Mantenimento
TRAINING DI TASK SWITCHING						
Kramer, Hahn e Gopher (1999) (Esp. 1)	20 giovani (18-25; M=20); 20 anziani (60-75; M=69) Gruppo di controllo: no	Compiti criterio	3 sessioni di pratica in due compiti di <i>switching</i> ( <i>Digit natus</i> , <i>Element number</i> )- <i>feedback</i> su velocità e accuratezza	Effetto sofferto	-	Si, a 2 mesi
Kramer, Hahn e Gopher (1999) (Esp. 2)	16 giovani (18-30; M=21); 16 anziani (60-75; M=67)	Compiti criterio	2 sessioni di pratica. Stessa procedura dell'Esp. 1 + <i>cue</i> di avvertimento del momento di <i>shifting</i>	Diminuzione dei costi di <i>switch</i> di entrambi i tipi. Effetto sofferto	-	-
Kramer, Hahn e Gopher (1999) (Esp. 3)	16 giovani (18-30; M=21); 16 anziani (60-75; M=65)	Compiti criterio	2 sessioni di pratica. Stessa procedura dell'Esp. 1 + sequenza fissa dei trial	Diminuzione dei costi di <i>switch</i> di entrambi i tipi. Effetto sofferto	-	-
Kray e Lindenberger (2000)	Gruppo di controllo: no 59 giovani (M=29;6; DS=5.8); 40 adulti (M=50.3, DS=6.2); 39 anziani (M=69.5, DS=5.4) Gruppo di controllo: no	Compiti di velocità psicomotoria, <i>tapping</i> , RT semplici e compiti criterio	6 sessioni di pratica, in piccoli gruppi, in 2 versioni di 2 compiti di <i>switching</i> visivi ( <i>Digit strings</i> , <i>Color-Red Figures</i> ) e 2 versioni di un compito di <i>switching</i> verbale ( <i>Words</i> )	Diminuzione del <i>mixed cost</i> . Mantenimento delle differenze tra giovani e anziani	-	-
Cepeda, Kramer e Gonzales de Sather (2001)	100 soggetti suddivisi in 9 fasce d'età: (7-9); (10-12); (13-20); (21-30); (31-40); (41-50); (51-60); (61-70); (71-82)	Compiti criterio	2 sessioni di pratica in due compiti di <i>switching</i> numerici ( <i>What number?</i> , <i>How many?</i> )+ <i>cue</i> di avvertimento del momento di <i>shifting</i>	Diminuzione dei costi di <i>switch</i> di entrambi i tipi (maggiore in presenza del <i>cue</i> )	-	-
Buchler, Hoyer e Cerella (2008)	Gruppo di controllo: no 15 giovani (M=18.7; DS=1.5) 16 anziani (M=68.9; DS=4.5) Gruppo di controllo: no	Compiti criterio	4-5 sessioni di pratica in 4 compiti aritmetici di <i>switching</i> (addizione, sottrazione, il più piccolo più uno, il più grande più uno), in blocchi che prevedevano lo svolgimento di più compiti (da 2 a 4) contemporaneamente	Diminuzione dello <i>switch cost</i> (inversamente proporzionale al numero di compiti concorrenti)	-	-
Karbach e Kray (2009)	56 bambini (M=9.2; DS=0.6) 56 adulti (M=22.4; DS=2.2) 56 anziani (M=68.7; DS=5.0) Gruppo di controllo: si esercitavano sui due compiti separatamente	<i>Stroop</i> (numerico e colore), <i>Reading-span</i> , <i>Countin- span</i> , <i>Symmetry-span</i> , <i>Navigation-span</i> , <i>Figural reasoning</i> , <i>Letter series</i> , <i>Raven's Standard Progressive Matrices</i> e compiti criterio	4 sessioni di pratica in compiti di <i>switching</i> visivi ( <i>Food task</i> , <i>Size task</i> ). 1 partecipanti venivano assegnati ad una delle 5 condizioni: a) <i>task switching training</i> , b) <i>task switching training</i> + autoistruzione verbale c) <i>task switching training</i> + autoistruzione verbale + variabilità degli stimoli	Riduzione del <i>mixing cost</i> (maggiore nella condizione di <i>task switching training</i> )	Si, ai costi di <i>switching</i>	Si nel <i>test di Stroop</i> , <i>Counting-span</i> , <i>Reading-span</i> , <i>Symmetry-span</i> , <i>Navigation-span</i> , <i>Figural reasoning</i> , <i>Letter series</i> , <i>Raven's Standard Progressive Matrices</i>
					Near transfer effect	Far transfer effect

Dato che la memoria di lavoro è alla base di numerosi processi cognitivi (Kane, Hambrick, Tuholski, Wilhelm, Payne e Engle, 2004) gli interventi che hanno l'obiettivo di potenziarla possono portare ad un beneficio che si estende a svariati compiti e funzioni che fanno affidamento sui processi da essa sostenuti (effetti di *transfer*). (Dahlin *et al.*, 2008a; Jaeggi *et al.*, 2008). Nonostante ciò, fino ad ora, questi interventi di potenziamento si sono concentrati soprattutto sui giovani adulti (es. Jaeggi *et al.*, 2008; Chein e Morrison, 2010) e sui bambini (Klingberg, Fossberg e Westerberg, 2002; Klingberg, Fernell, Olesen, Johnson, Gustafsson e Dahlstrom, 2005; Holmes, Gathercole e Dunning, 2009), con la sola eccezione dei tre lavori che seguono. Lo studio di Li *et al.* (2008) in cui un gruppo di giovani ed un gruppo di anziani hanno partecipato ad un training di memoria di lavoro di 45 sessioni nelle quali i soggetti si allenavano in un compito di memoria di lavoro visuo-spaziale in due condizioni, una definita «normale» (indicare se la posizione di un cerchio in una matrice corrispondeva a quella presentata due item prima) e una definita *shifting* (ricordo della posizione ruotata). Veniva fornito un *feedback* su velocità e accuratezza. Il training ha portato ad un beneficio nella prova di memoria di lavoro visuo-spaziale, maggiore negli anziani rispetto ai giovani. Sono stati trovati degli effetti di generalizzazione vicini, alla prova di aggiornamento, per entrambi i gruppi, mentre non sono stati trovati effetti di generalizzazione lontani. Per quanto riguarda la valutazione del mantenimento del beneficio a distanza di 3 mesi dalla fine del training, la prestazione del gruppo di anziani è migliorata ulteriormente rispetto al post-test e gli effetti di *transfer* si sono mantenuti in entrambi i gruppi d'età.

Buschkuehl *et al.* (Buschkuehl, Jaeggi, Hutchiso, Perrig-Chiello, Dapp, Muller, Breil, Hoppeler e Perrig, 2008), invece, hanno voluto valutare se fosse possibile potenziare la memoria di lavoro anche in un gruppo di anziani d'età più avanzata ( $M = 80$  anni). In questo training i partecipanti si sono allenati in tre compiti di memoria di lavoro che utilizzavano stimoli di natura visiva e due compiti di velocità di elaborazione, per un totale di 23 sessioni. Il training era adattivo e forniva un feedback sulla prestazione. Anche in questo caso è emerso un effetto specifico sulla memoria di lavoro, oltre ad effetti di generalizzazione vicini (limitati al *block span test* e al *visual free recall*). Tuttavia il beneficio non si è mantenuto a distanza di un anno.

Infine nel lavoro di Borella *et al.* (Borella, Carretti, Riboldi e De Beni, 2010) è stato proposto un training di memoria di lavoro verbale, di sole 3 sessioni, ad un gruppo di anziani, in cui è stata utilizzata una procedura mista (adattativa e di pratica), veniva combinata cioè la procedura adattiva con una variazione sistematica delle richieste di elaborazione e mantenimento del compito (versioni modificate del *Ca-*

*tegorization Working Memory Span Task*; De Beni, Palladino, Pazzaglia e Cornoldi, 1998). I risultati di questo lavoro hanno evidenziato un effetto specifico del training sulle prove relative alla memoria di lavoro verbale ed effetti di *transfer* sia vicini (memoria breve termine e memoria di lavoro visuo-spaziale) che lontani (velocità di elaborazione, inibizione e intelligenza fluida). I risultati si sono mantenuti a distanza di 8 mesi solo per quanto riguarda la prova di memoria di lavoro verbale, l'intelligenza fluida e la velocità di elaborazione.

Questi tre studi evidenziano come sia possibile potenziare la memoria di lavoro sia nei giovani che negli anziani e come si possa ottenere tale risultato anche attraverso un numero limitato di sessioni, utilizzando un training con procedura mista (Borella *et al.*, 2010). Inoltre, tutti gli studi evidenziano la presenza di effetti di *transfer* vicini, la generalizzazione del beneficio anche ad abilità lontane da quella esercitata, invece, è stata valutata solo nell'ultimo studio (Borella *et al.*, 2010). Resta controversa, la possibilità di mantenimento del beneficio nel tempo, gli effetti del training infatti sono stati trovati sia a 3 mesi che a 6 ed 8 mesi di distanza, nel primo e nel terzo studio, ma non a distanza di un anno (tuttavia ciò potrebbe essere dovuto, oltre che dall'età elevata dei partecipanti, all'alta mortalità del campione presente nello studio di Buschkuehl *et al.*, 2008). Va segnalato il fatto che tutti gli studi prevedevano un gruppo di controllo attivo, che ha svolto cioè dei compiti tra la sessione di pre- e post-test: questo rafforza l'idea che l'efficacia dei training di memoria di lavoro sia da imputarsi a fattori specifici. Per quanto concerne le procedure utilizzate, sembrano essere presenti vantaggi rilevanti qualora sia fornito un *feedback* ai partecipanti, in modo che possano avere un riscontro del miglioramento delle loro capacità, sembra inoltre utile l'uso della procedura adattiva, ovvero che si modifichi in relazione alle abilità di ogni singolo partecipante. Tuttavia, come si può vedere, i training di memoria di lavoro presenti in letteratura sono ancora pochi ed utilizzano prevalentemente stimoli visivi o visuo-spaziali, ad eccezione dell'ultimo lavoro (Borella *et al.*, 2010), che evidenzia come, potenziando la memoria di lavoro verbale, che fa riferimento ad una modalità di elaborazione meno vulnerabile all'età, sia possibile facilitare i processi di generalizzazione ad altri aspetti della cognizione (Borella *et al.*, 2010).

## 6. TRAINING DI AGGIORNAMENTO

L'aggiornamento (*updating*) è il processo attraverso il quale viene modificato il contenuto della memoria di lavoro di modo che siano disponibili le informazioni che divengono man mano rilevanti. Esso

implica l'integrazione delle nuove informazioni con quelle precedentemente immagazzinate, la revisione dei contenuti già presenti in memoria e la soppressione delle informazioni che non sono più rilevanti.

Gli unici studi che si sono occupati del potenziamento dell'*updating* in giovani ed anziani, sono quelli proposti da Dahlin e collaboratori (2008a; 2008b). Entrambi i training (Dahlin *et al.*, 2008a) erano di tipo adattivo e prevedevano 15 sessioni di pratica in cinque compiti di aggiornamento (con diversi tipi di item: numeri, lettere, colori, posizioni spaziali, categorie semantiche) con tre livelli di difficoltà. I risultati hanno evidenziato, nel primo esperimento, come il gruppo di anziani abbia ottenuto un beneficio, minore rispetto ai giovani, nella prova criterio (aggiornamento di lettere). Tale beneficio si è mantenuto a distanza di 18 mesi. Inoltre, erano presenti effetti di generalizzazione vicini, ad un'altra prova di *updating (n-back)*, limitatamente ai giovani. Non sono stati evidenziati, invece, effetti di generalizzazione lontani nelle prove oggetto di valutazione (velocità percettiva, memoria episodica, fluenza verbale e ragionamento). I risultati del secondo studio (Dahlin *et al.*, 2008b), che aveva anche lo scopo di monitorare attraverso l'fMRI eventuali modificazioni a livello cerebrale, sono sovrapponibili a quelli del primo, con un beneficio maggiore per i giovani ed effetti di *transfer* limitati alla prova di *n-back*. Quindi sembra che la procedura adottata da questi autori possa portare ad un beneficio specifico nell'aggiornamento che si mantiene nel tempo. Tuttavia è da notare come in entrambi gli studi manchi un gruppo di controllo attivo.

## 7. TRAINING DI INIBIZIONE

L'inibizione è la capacità di resistere all'interferenza provocata da distrattori endogeni o esogeni. Agisce prevenendo l'entrata di informazioni irrilevanti in memoria di lavoro (funzione di accesso), eliminando o diminuendo l'attivazione di una o più rappresentazioni mentali una volta che non ve ne sia più bisogno (funzione di soppressione) ed, infine, controllando le risposte dominanti ma che non sono appropriate al compito (funzione di restrizione) (Hasher e Zacks, 1988).

Gli studi presenti in letteratura si sono occupati del potenziamento dell'inibizione, limitatamente alla funzione di restrizione, attraverso la pratica nel test di *Stroop* dove gli anziani dimostrano un consistente incremento dei tempi di reazione, in particolare nella condizione incongruente (Li e Bosman, 1996).

Rogers e Fisk (1991) hanno svolto una prima ricerca utilizzando il *Test di Stroop* aritmetico, con lo scopo di verificare se l'effetto interferenza di *Stroop* (condizione incongruente) in un compito di valuta-

zione aritmetica fosse in funzione sia dell'età che della pratica. A tal fine un gruppo di giovani e uno di anziani hanno partecipato a 3 sessioni di pratica nello *Stroop* aritmetico. I risultati di questo studio tuttavia hanno evidenziato un miglioramento della prestazione, a seguito del training, solo nel gruppo dei giovani. Secondo gli autori (Rogers e Fisk, 1991), questo risultato potrebbe suggerire una minor abilità degli anziani nell'automatizzare nuovi processi, in particolare l'incapacità di sviluppare la «risposta di soppressione alla lettura» (capacità di inibire la lettura automatica della parola, con una conseguente denominazione più rapida del colore) che solitamente si può osservare nei giovani a seguito della pratica.

Al fine di verificare questa ipotesi Dulaney e Rogers (1994) hanno confrontato gli effetti di un training di pratica nel test di *Stroop*, in un gruppo di giovani ed uno di anziani, attraverso tre esperimenti distinti. Nel primo i soggetti partecipavano ad una singola sessione di pratica in una versione multi-item (28 parole contemporaneamente) del test di *Stroop* (condizione incongruente). Da questo primo esperimento è risultato che gli anziani miglioravano la loro prestazione, ottenendo tuttavia risultati inferiori rispetto ai giovani. Gli autori hanno quindi voluto verificare, in un secondo esperimento, se questo miglioramento fosse dovuto all'automatizzazione della risposta di soppressione della lettura anche negli anziani, oppure se la loro prestazione ritornasse al livello di quella del pre-test dopo una sola sessione di pratica con la lettura delle parole di *Stroop* nella condizione incongruente. I risultati di questo secondo esperimento hanno evidenziato come gli anziani ritornino, molto più velocemente dei giovani, ai livelli di partenza e ciò potrebbe indicare che il miglioramento riscontrato era dovuto più a fattori di ordine generale che all'automatizzazione della risposta di soppressione della lettura. Questa ipotesi sembra confermata dal terzo esperimento dove si è evidenziato un miglioramento della prestazione anche in seguito alla semplice esposizione alle due condizioni (congruente ed incongruente) alternate, di modo che non fosse possibile lo sviluppo della risposta di soppressione. Dulaney e Rogers (1994) concludono che gli anziani hanno maggiori difficoltà nell'automatizzare un nuovo processo e che l'eventuale miglioramento riscontrato a seguito del training non fosse attribuibile ad un miglioramento dell'abilità inibitoria.

Tuttavia Davidson, Zacks e Williams (2003) hanno criticato tale posizione sostenendo che questi risultati sono dovuti in parte alla procedura utilizzata da Dulaney e Rogers (1994): la presentazione di più item contemporaneamente potrebbe rendere questa procedura più impegnativa per gli anziani (dato che devono inibire anche gli stimoli vicini a quello target) rispetto alla procedura utilizzata nello *Stroop* classico. Di conseguenza Dulaney e Rogers (1994) hanno proposto

due esperimenti per verificare l'effetto di un training di pratica con il test di *Stroop* classico. Nel primo esperimento un gruppo di giovani ed uno di anziani hanno partecipato ad una singola sessione di pratica con il test di *Stroop* (condizione denominazione del colore vs. lettura delle parole). Il secondo esperimento era identico al primo con l'unica aggiunta di una facilitazione rappresentata dal fatto che la parola spariva dello stesso colore da essa indicato (es. la parola «blu» spariva in blu). In entrambi i casi i risultati hanno evidenziato un beneficio (diminuzione dei tempi di reazione) simile, in giovani e anziani, in entrambe le condizioni.

È evidente come i risultati ottenuti nei 6 studi analizzati siano discordanti, probabilmente anche a causa delle diverse procedure utilizzate. Inoltre, nonostante lascino supporre la presenza di un incremento delle prestazioni dagli anziani dopo il training, non è chiaro se questo sia dovuto ad un miglioramento specifico delle abilità inibitorie o a fattori di ordine più generale. Sarebbe importante, di conseguenza, valutare l'influenza di altri fattori (es. la velocità di elaborazione, come suggerito da Verhaghen e De Meersman, 1998), oltre a prevedere la presenza del gruppo di controllo (assente in tutti questi studi), al fine di poter interpretare correttamente i risultati. Infine, risulta difficile generalizzare i risultati ottenuti in queste ricerche all'intero processo di inibizione dato che gli esercizi proposti riguardavano esclusivamente lunghe sessioni di pratica con il *test di Stroop*, non prendendo in considerazione, quindi, le varie funzioni dell'inibizione.

#### 8. TRAINING DI DUAL TASK

In generale, per potenziare l'attenzione divisa, vengono utilizzate delle situazioni di doppio compito (*dual task*). In letteratura sono presenti tre tipi di training basati sulla pratica nel *dual-task* in giovani ed adulti:

a) *training part-task*: il training viene suddiviso in componenti (i compiti singoli) su cui i partecipanti si esercitano separatamente. Ciò permette di automatizzare i due compiti ma, dato che il doppio compito è molto più della somma dei due compiti che lo compongono, solitamente non si ottiene un beneficio (es. Damos e Wickens, 1980);

b) *training whole-task*: i partecipanti si esercitano su entrambi i compiti contemporaneamente. Ciò sembra favorire lo sviluppo di migliori strategie di controllo attentivo e di coordinazione dei due compiti (es. Kramer, Strayer e Buckley, 1990);

c) *training ibridi*: i partecipanti si esercitano prima su un solo compito alla volta e poi in entrambi contemporaneamente. Oppure viene

modificata la priorità da dare ai due compiti. In questo modo si vogliono unire i benefici ottenibili dai due training precedenti.

Nella popolazione anziana sono stati utilizzati solo training *whole-task* ed *ibridi*. In particolare, i primi ad implementare un training di *dual task* in una popolazione d'adulti e anziani sono stati Baron e Mattila (1989) che pur proponendo un numero molto elevato di sessioni (44 ore di pratica) e l'alternarsi di condizioni di compito singolo e doppio (sia con stimoli visivi che uditivi) hanno ottenuto solo una piccola riduzione dei tempi di reazione sia nei giovani che negli anziani. La velocità di risposta aumentava (a scapito dell'accuratezza) imponendo ai partecipanti dei limiti temporali e si manteneva anche quando tale condizione veniva rimossa. Tuttavia questo studio risulta poco informativo a causa della bassa numerosità campionaria.

Gli altri studi presenti in letteratura, invece, si sono focalizzati sulle differenze, in termini di beneficio e generalizzazione, tra training a priorità fissa (*whole-task*) e training a priorità variabile (*training ibrido*). A tal fine Kramer *et al.* (1995) hanno proposto un intervento di potenziamento, di sole tre sessioni, in cui i partecipanti si sono esercitati in un compito di monitoraggio ed uno di calcolo aritmetico in condizione di doppio compito a difficoltà crescente. I partecipanti sono stati assegnati ad una delle due condizioni di training (priorità fissa *vs.* variabile). In questo studio gli anziani hanno riportato un beneficio maggiore dei giovani, inoltre, tale beneficio è stato maggiore nella condizione a priorità variabile. L'effetto di generalizzazione a nuovi *dual task* è stato riscontrato in entrambe le condizioni.

Bherer collaboratori (Bherer, Kramer, Peterson, Colcombe, Erickson e Becic 2005, 2008) hanno replicato il medesimo disegno sperimentale per valutare il beneficio dei due tipi di training in compiti che richiedono una risposta motoria simile (Bherer *et al.*, 2005) e utilizzano stimoli appartenenti allo stesso dominio (Bherer *et al.*, 2008), dato che queste situazioni sperimentali sembrano essere particolarmente svantaggiose per gli anziani a causa di una loro maggior suscettibilità all'interferenza. I training prevedevano inoltre un *feedback* continuo e personalizzato su accuratezza e velocità d'esecuzione. In entrambi i casi è stato evidenziato un incremento della velocità di risposta sia nei giovani che negli anziani ed una sua generalizzazione a stimoli diversi e ad altre situazioni di doppio compito. Gli anziani, inoltre, hanno incrementato il loro livello di accuratezza nello svolgimento del compito. In questi studi tuttavia, a differenza di quello precedente, il beneficio è stato equivalente in entrambe le condizioni (priorità fissa *vs.* variabile).

Quindi questi studi dimostrano, in generale, come gli anziani possano trarre beneficio, in misura maggiore rispetto ai giovani, da brevi training basati sulla pratica nel *dual-task* e come siano presenti effetti

di generalizzazione vicina. Sarebbe tuttavia interessante valutare la presenza o meno di effetti di generalizzazione lontana, ad esempio a livello di compiti che misurino altre funzioni esecutive e la generalizzazione del beneficio percepito in contesto ecologico. Sarà, inoltre, essenziale valutare se il beneficio si mantiene o meno dopo la fine del training.

Per quanto riguarda il confronto tra vari tipi di training, non sembra chiaro se sia presente o meno un vantaggio dei training ibridi rispetto ai training *whole-task*, come documentato per giovani ed adulti. Ciò potrebbe essere dovuto alla diversa natura dei compiti utilizzati (es. in Kramer *et al.*, 1995, era richiesto un monitoraggio continuo, in Bherer *et al.*, 2005, 2008, era richiesto il confronto tra quantità discrete). Saranno, inoltre, necessari ulteriori studi per analizzare l'utilità dei training di *dual task* a priorità variabile che, se venisse dimostrata, suggerirebbe il ruolo cruciale dell'apprendimento di strategie di modulazione dell'attenzione, ai fini dello sviluppo dell'abilità di coordinare l'esecuzione di due compiti.

Sarà necessario inoltre valutare l'influenza del *feedback*, dato che le ricerche di Bherer *et al.* (2005, 2008) offrono solo un'analisi qualitativa di tale aspetto. Infine nelle medesime ricerche (Bherer *et al.*, 2005, 2008) si evidenziava la presenza di un incremento significativo della prestazione al post-test anche nel gruppo di controllo, ciò rende indispensabile la sua presenza per valutare l'effettiva efficacia del training.

## 9. TRAINING DI TASK SWITCHING

Lo *shifting* (o spostamento dell'attenzione) è la capacità di spostare rapidamente l'attenzione da un'attività, o informazione, ad un'altra. Solitamente per testare questa funzione si utilizza una procedura chiamata *task switching*, nella quale viene effettuato un confronto tra la prestazione nella condizione *task-homogeneous blocks*, in cui i partecipanti devono svolgere un solo compito, e la prestazione nei *task-heterogeneous blocks*, in cui vengono alternati *trial* nei quali il compito è uguale a quello del *trial* precedente (*non-switch trial*) e *trial* in cui il compito è diverso (*switch trial*). Attraverso questo paradigma è possibile calcolare due tipi di «costi di *switch*» (Kramer e Kray, 2006):

a) il *mixing-cost* (o costo generico di *switch*) che riflette l'abilità di mantenere e selezionare i due compiti target e rappresenta la differenza tra la prestazione media ai *task-heterogeneous blocks* e i *task-homogeneous blocks*;

b) lo *switching-cost* (o costo specifico di *switch*) che misura l'abilità di passare da un compito all'altro in modo flessibile ed è definito

come la differenza tra la prestazione media ai *trial switch* e *non-switch* all'interno dei *task-heterogeneous blocks*.

Le ricerche presenti in letteratura hanno dimostrato come, nell'arco di vita, solo il *mixing-cost* abbia un andamento ad U (Reimer e Mayor, 2005; Krey, Eber e Karbach, 2008), con un incremento dei costi in età avanzata; al contrario le differenze dipendenti dall'età nello *switching-cost* sembrano essere meno pronunciate (Kray e Lindenberger, 2000; Verhaeghen e Cerella, 2002).

Partendo da tali evidenze, i diversi autori hanno cercato di valutare se sia possibile potenziare l'abilità di *shifting* attraverso dei training di pratica che riducano le differenze dipendenti dall'età nei costi di *task switching* di entrambi i tipi. Kramer *et al.* (Kramer, Hahn e Gopher, 1999), in particolare, sono stati i primi a valutare il possibile beneficio di diversi tipi di training basati sull'effetto della pratica in giovani ed anziani. In un primo esperimento hanno proposto un intervento di 3 sessioni in cui i partecipanti erano invitati ad esercitarsi su un compito di *switching* numerico molto semplice in cui veniva fornito un *feedback* sulla velocità e l'accuratezza delle risposte. La medesima procedura è stata utilizzata in altri due training con cui gli autori hanno voluto verificare se giovani e anziani potessero trarre vantaggio dalla predicibilità del momento in cui era richiesto il passaggio da un compito all'altro. Per valutare tale aspetto è stato inserito in un caso un *cue* visivo di preavviso (a 200, 400, 800, 1600 ms dalla richiesta di *shifting*) (esp. 2) e nel secondo caso i blocchi sono stati presentati in una sequenza fissa, nota al partecipante (esp. 3). Dai tre esperimenti è emersa una netta diminuzione degli *switch cost*, più pronunciata negli anziani rispetto ai giovani (tuttavia tale dato è viziato dal raggiungimento dell'effetto sovrappiù, i tempi di reazione di entrambi i gruppi sono collasati infatti al livello del *digit value*), che si mantiene a distanza di due mesi. Sembra inoltre che gli anziani possano trarre un maggior vantaggio dalla presenza di un *cue* rispetto alla predicibilità della sequenza.

Lo stesso paradigma dell'esperimento 2 è stato adottato in una ricerca di Cepeda *et al.* (Cepeda, Kramer e Gonzales De Sather, 2001) che ha valutato il possibile beneficio di questo genere di training in 5 diverse fasce d'età (dai 7 ai 76 anni). In questo caso, probabilmente a causa della maggior difficoltà del compito, è stato possibile dimostrare come bambini e anziani traggano maggior beneficio dal training rispetto a giovani e adulti, soprattutto qualora sia presente il *cue*.

Tuttavia questi training hanno una limitazione data dall'uso del medesimo compito di *switch* in tutte le sessioni del training, così come al pre- e al post-test. Ciò non permette d'escludere completamente che il beneficio ottenuto sia dovuto alle caratteristiche del compito stesso e possa essere limitato al dominio specifico a cui appartengono gli stimoli utilizzati. Al fine di ridurre l'influenza di tali aspetti e miglio-

rare l'attendibilità e la validità della misurazione, Kray e Lindenberger (2000) hanno proposto un training di 6 sessioni durante le quali i partecipanti hanno fatto pratica con 3 versioni parallele di *task switching* (con stimoli appartenenti al dominio numerico, figurale e verbale) ciascuna proposta con un intervallo intrastimolo corto o lungo. Anche in questo caso è stata evidenziata una diminuzione del *mixed cost* dopo il training. Tuttavia, a differenza degli studi precedenti, le differenze tra le prestazioni di giovani e anziani si sono mantenute anche dopo il training.

Buchler *et al.* (Buchler, Hoyer e Cerella, 2008) hanno, invece, analizzato come si modifichi il beneficio ottenibile per effetto della pratica qualora sia richiesto lo *shifting* tra più di due compiti (da due a quattro a seconda della condizione). Anche in questo caso è emersa una diminuzione dello *switch cost*, tanto minore quanto maggiore era il numero di compiti. È stato evidenziato, inoltre, un beneficio maggiore negli anziani: l'effetto dell'età diminuiva fino a sparire per effetto della pratica.

Infine, Karbach e Kray (2009) hanno voluto valutare se fossero presenti effetti di generalizzazione vicini e lontani e se questi fossero modulati dal tipo di training utilizzato e dall'età dei partecipanti. A tal fine, prima e dopo il training, hanno valutato la prestazione dei partecipanti (bambini, giovani, anziani) attraverso una batteria cognitiva che includeva prove di *switching*, d'inibizione, di memoria di lavoro verbale e spaziale e d'intelligenza fluida. Il campione è stato assegnato ad una delle 4 condizioni sperimentali implementate: a) training di pratica nella condizione di compito singolo, b) training di *task-switching* (pratica limitata alla condizione di compito misto), c) training di *task-switching* con auto-istruzione verbale (verbalizzazione dell'obiettivo del compito), d) training di *task-switching* con auto-istruzione verbale e variabilità degli stimoli (stimoli diversi in tutte le sessioni). Da questo studio è emersa una riduzione del *mixing cost* più pronunciata nelle condizioni che prevedevano un training di *task-switch* con auto-istruzione. Solo la pratica nel compito misto sembra essere la variabile determinante per la promozione di effetti di generalizzazione a compiti strutturalmente simili. Per quanto riguarda gli effetti di generalizzazione lontana, lo studio ha evidenziato un incremento della prestazione in compiti d'inibizione, di memoria di lavoro spaziale, verbale e di intelligenza fluida.

Riassumendo, questi sette studi dimostrano come gli anziani possano trarre beneficio, in misura maggiore rispetto ai giovani, da brevi training basati sulla pratica nel *task-switch*. Evidenziano inoltre come il beneficio sia più marcato a livello di *mixing cost* e come possano essere presenti fenomeni di generalizzazione a breve termine sia vicini che lontani (Karbach e Kray, 2009). Purtroppo, il mantenimento

di tali risultati è stato valutato solo da Kramer *et al.* (1999) dopo un intervallo di tempo molto breve (2 mesi). Per quanto riguarda i tipi di training utilizzati, gli anziani sembrano trarre particolare beneficio dalla presenza di *cue* (Kramer *et al.*, 1999), o da intervalli di *switch* particolarmente lunghi (Kray e Lindenberger, 2000), che permettano di anticipare il compito successivo, questo avviene probabilmente perché rendono possibile una riconfigurazione degli obiettivi a livello cognitivo. Tale procedura, tuttavia, priva il compito di *switching* di una caratteristica che gli è peculiare: l'imprevedibilità del momento in cui sarà richiesto lo *shifting*. Sarebbe quindi interessante valutare se il beneficio si generalizzi anche a compiti di *switching* classici. Infine, il fatto che questo risultato non si ritrovi anche nella condizione a sequenza fissa (Kramer *et al.*, 1999), potrebbe essere imputato alla difficoltà di dover monitorare la sequenza dei compiti contemporaneamente al loro svolgimento, tale situazione potrebbe essere troppo onerosa, in termini di risorse, per gli anziani. Anche l'insegnamento di una strategia (verbalizzazione dell'obiettivo) sembra essere utile, anche se, nello studio di Karbach e Kray (2009), viene evidenziato come i soggetti abbiano difficoltà a generalizzare la strategia a compiti diversi da quello oggetto di pratica. Sarebbe interessante valutare se l'uso di più versioni di compiti di *switch* favorisca la generalizzazione ed il mantenimento del beneficio. Tuttavia una grossa limitazione, in questi studi, è rappresentata dalla mancanza del gruppo di controllo, dei sette studi considerati solo il più recente (Karbach e Jutta, 2009) prevedeva un gruppo di controllo attivo, ciò non permette di affermare con certezza che i risultati evidenziati siano da attribuire alla procedura specifica del training.

## 10. CONCLUSIONI

Dall'analisi degli studi presentati nella rassegna emerge come sia possibile potenziare la memoria di lavoro e le funzioni esecutive sia nei giovani che negli anziani attraverso brevi training adattivi o di pratica. L'ampiezza del beneficio è diversa sulla base dell'abilità considerata ma nel caso della memoria di lavoro, dello *switching* e dei doppi compiti, sembra avere un andamento opposto rispetto a quello evidenziato dagli studi sullo sviluppo delle funzioni esecutive: tanto maggiore è il decremento della prestazione imputabile all'età, tanto maggiore sembra essere la possibilità di miglioramento. In altri casi, tuttavia, tale vantaggio degli anziani rispetto ai giovani non viene riscontrato e ciò potrebbe dipendere, oltre che dall'abilità considerata, dalle caratteristiche specifiche delle diverse procedure sperimentali che potrebbero andare ad avvantaggiare l'una o l'altra classe d'età.

In ogni caso la presenza di beneficio in età avanzata suggerisce che la plasticità cognitiva caratterizza anche questa fase della vita e che i training possono essere un intervento efficace per realizzare questo potenziale. Evidenza, inoltre, come i training di pratica possano essere considerati una valida alternativa ai training strategici dati i loro benefici sulle funzioni esercitate, osservabili anche dopo un ridotto numero di sessioni. Gli anziani si dimostrano perciò in grado di autogenerare delle strategie anche se hanno una maggior difficoltà nella generalizzazione, probabilmente a causa della minor flessibilità a livello cognitivo.

Tuttavia a causa dell'elevata eterogeneità dei training proposti è difficile individuare delle caratteristiche comuni che ne promuovano l'efficacia, lo stesso tipo di training infatti può portare a risultati contrastanti qualora venga modificato, anche in misura limitata, il materiale utilizzato (es. Bherer *et al.* 2005, 2008). È possibile tuttavia affermare che un training sulle funzioni esecutive, per essere efficace, deve rivolgersi unicamente alla funzione che si intende migliorare, esercitandola in modo intensivo, minimizzando così la possibilità che si sviluppino strategie che non sono specifiche per il compito e, quindi, potenzialmente maladattive. Tale risultato può essere raggiunto, in misura maggiore, utilizzando una procedura adattiva che permetta di mantenere un livello costantemente elevato delle risorse cognitive richieste per l'esecuzione del compito, rendendo così più probabile un cambiamento profondo nella modalità di elaborare le informazioni (come suggerito per bambini ed adulti da Klingberg *et al.*, 2005; Jaeggi *et al.*, 2008; Holmes *et al.*, 2009). Oltretutto, dato che la difficoltà del compito è adeguata alle capacità del partecipante, questa procedura risulta meno frustrante di quella classica utilizzata nei training di pratica. La procedura adattiva, inoltre, così come le procedure che prevedono la presenza di un *feedback*, favorisce l'automonitoraggio e promuove l'uso delle strategie che si dimostrano di volta in volta più efficaci nell'esecuzione del compito, oltre a sostenere il partecipante a livello motivazionale.

La rassegna evidenzia, anche, alcuni punti critici che dovranno essere presi in considerazione in studi futuri. Innanzitutto le ricerche che si sono interessate del potenziamento dell'abilità d'aggiornamento e d'inibizione sono molto scarse, nonostante queste abilità siano centrali nella spiegazione del declino delle prestazioni cognitive osservato nell'invecchiamento. Sono presenti, inoltre, degli aspetti critici a livello metodologico: innanzi tutto solo tre (Buschkuhl *et al.*, 2008; Karbach e Jutta, 2009; Borella *et al.*, 2010) dei ventidue studi esaminati prevedevano un gruppo di controllo attivo (che svolga lo stesso numero di sedute del gruppo sperimentale senza esercitare le funzioni esecutive); la sua assenza nella maggior parte delle ricerche, non permette

di escludere che i risultati ottenuti siano dovuti ad effetti aspecifici del training (effetto placebo) o alla semplice familiarizzazione con i materiali e le procedure utilizzate. Inoltre solo gli studi sulla memoria di lavoro e l'aggiornamento prevedevano la valutazione del mantenimento a distanza di almeno 6 mesi, tale aspetto è essenziale per poter asserire che il training ha portato dei cambiamenti duraturi nell'abilità considerata ed ha quindi prodotto un beneficio per i partecipanti. Allo stesso modo, studi futuri, dovranno valutare in modo sistematico gli effetti di generalizzazione lontana (*far transfer effect*), dato che le poche ricerche analizzate che valutano questo aspetto (Dahlin *et al.*, 2008a; Karbach e Jutta, 2009; Borella *et al.*, 2010) forniscono risultati contrastanti, anche quando tale effetto è stato valutato utilizzando prove che misurano altre funzioni esecutive e che, quindi, dovrebbero essere maggiormente influenzabili in virtù della relazione reciproca.

A livello teorico, un aspetto critico è rappresentato dall'uso del medesimo compito all'interno delle varie sessioni di training, così come al pre- e post-test; infatti, dato che le funzioni esecutive sono maggiormente implicate in compiti nuovi, la ripetizione del compito ne può ridurre l'effettivo coinvolgimento nello svolgimento dello stesso, andando a minare la validità dell'intervento (Miyake *et al.*, 2000). Risulta significativa e rassicurante, in questo senso, la generalizzazione del beneficio in presenza di stimoli di natura diversa (*near transfer effect*).

Per finire, tutti i contributi considerati, ad esclusione di uno (Buschkuhl *et al.*, 2008) si sono rivolti ad un campione di giovani anziani (60-75 anni), sarebbe interessante verificare l'efficacia di questi tipi di training anche in fasce d'età più avanzate (es. 75-85) per valutare se la plasticità cognitiva sia presente, e in che misura, anche nella quarta età.

In futuro, visto l'incremento degli studi in questo ambito, sarebbe, inoltre, opportuno realizzare una ricerca sistematica che applichi un sistema formale di valutazione del beneficio ottenibile a seguito dei diversi tipi di training. Ciò non è stato fatto in questo lavoro dato che, trattandosi di una rassegna, l'obiettivo è stato solo quello di fornire una descrizione sistematica degli studi presenti in letteratura.

## BIBLIOGRAFIA

- BADDELEY A.D. (1986). *Working memory*. Oxford: Oxford University Press.
- BADDELEY A.D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 417-423.
- BALTES P.B., KLIEGL R. (1992). Further testing of limits of cognitive plasticity: Negative age differences in a mnemonic skill are robust. *Developmental Psychology*, 28, 121-125.

- BALTES P.B., WILLIS S.L. (1982). Plasticity and enhancement of intellectual functioning in old age: Penn State's Adult Development and Enrichment Project (ADEPT). In F.I.M. Craik, S.E. Trehub (eds.), *Aging and cognitive processes*. New York: Plenum Press, pp. 353-389.
- BARON A., MATTILA W.M. (1989). Response slowing of older adults: Effects of time-limit contingencies on single- and dual-task performances. *Psychology and Aging*, 4, 66-72.
- BHERER L., KRAMER A.F., PETERSON M.S., COLCOMBE S., ERICKSON K., BECIC E. (2005). Training effects on dual-task performance: Age-related differences in plasticity of attentional control? *Psychology and Aging*, 20, 695-709.
- BHERER L., KRAMER A.F., PETERSON M.S., COLCOMBE S., ERICKSON K., BECIC E. (2008). Transfer effect in task-set cost and dual-task cost after dual-task training in older and younger adults: Further evidence for cognitive plasticity in intentional control in late adulthood. *Experimental Aging Research*, 34, 188-299.
- BORELLA E., CARRETTI B., DE BENI R. (2008). Working memory, and inhibition across the adult life span. *Acta Psychologica*, 128, 33-44.
- BORELLA E., CARRETTI B., RIBOLDI F., DE BENI R. (2010). Working memory training in older adults: Evidences of transfer and maintenance effects. *Psychology and Aging*, 25, 767-778.
- BORELLA E., DELALOYE C., LERCEF T., RENAUD O., DE RIBAUPIERRE A. (2009). Do age differences between young and older adults in inhibitory tasks depend on the degree of activation of information? *European Journal of Cognitive Psychology*, 21, 445-472.
- BREHMER Y., LI S.C., STRAUBE B., STOLL G., VON OERTZEN T., LINDENBERGER U. (2008). Comparing memory skill maintenance across the life span: Preservation in adults, increase in children. *Psychology and Aging*, 23, 227-238.
- BUCHLER N.G., HOYER W.J., CERELLA J. (2008). Rules and more rules: The effects of multiple tasks, extensive training, and aging on task-switching performance. *Memory and Cognition*, 36, 735-748.
- BUSCHKUEHL M., JAEGGI, S.M., HUTCHISO N.S., PERRIG-CHIELLO P., DAPP C., MULLER M., BREIL F., HOPPELER H., PERRIG W.J. (2008). Impact of working memory training on memory performance in old-old adults. *Psychology and Aging*, 23, 743-753.
- CEPEDA N.J., KRAMER A.F., GONZALES DE SATHER J.C.M. (2001). Changes in executive control across the life span: Examination of task-switching performance. *Developmental Psychology*, 37, 715-730.
- CHEIN J.M., MORRISON A.B. (2010). Expanding the mind workspace: training and transfer effect with a complex working memory span task. *Psychonomic Bulletin & Review*, 17, 193-199.
- CHEN T., LI D. (2006). The roles of working memory updating and processing speed in mediating age-related differences in fluid intelligence. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 14, 631-646.
- COWAN N., ELLIOTT E., SAULTSA J.S., MOREYA C.C., MATTOX.S., HISMJATULLINAA A., CONWAY A.R.A. (2005). On the capacity of attention: Its estimation and its role in working memory and cognitive aptitudes. *Cognitive Psychology*, 51, 42-100.
- CRAIK F.I.M., BIALYSTOK E. (2006) Cognition through the lifespan: Mechanisms of change. *Trends in Cognitive Science*, 10, 131-138.
- DAHLIN E., NYBERG L., BACKMAN L., STIGSDOTTER NEELY A. (2008a). Plasticity of executive functioning in young and older adults: Immediate train-

- ing gains, transfer, and long-term maintenance. *Psychology and Aging*, 23, 720-730.
- DAHLIN E., STIGSDOTTER NEELY A., LARSSON A., BACKMAN L., NYBERG L. (2008b). Transfer of learning after updating training mediated by the striatum. *Science*, 320, 1510-1512.
- DAIGNEAULT S., BRAUN C.M. (1993). Working memory and self-ordered pointing task: Further evidence of early prefrontal decline in normal aging. *Journal of Clinical Experimental Neuropsychology*, 15, 881-895.
- DAMOS D., WICKENS C. (1980). The identification and transfer of timesharing skill. *Acta Psychologica*, 46, 15-39.
- DAVIDSON D.J., ZACKS R.T., WILLIAMS C.C. (2003). Stroop interference, practice, and aging. *Aging, Neuropsychology and Cognition*, 10, 85-98.
- DE BENI R., PALLADINO P. (2004). Decline in working memory updating through aging: Intrusion error analyses. *Memory*, 12, 75-89.
- DE BENI R., PALLADINO P., PAZZAGLIA F., CORNOLDI C. (1998). Increases in intrusion errors and working memory deficits of poor comprehenders. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 51, 305-320.
- DERWINGER A., SIGSDOTTER NEELY A., BACKMAN L. (2005). Design your own memory strategies! Self-generated strategy training versus mnemonic training in old age: An 8-month follow-up. *Neuropsychological Rehabilitation*, 15, 37-54.
- DUJARDIN K., BLAIRY S., DEFEVRE L., DUHEM S., NOEL, Y., HESS U., DESTÉE A. (2004). Deficits in decoding emotional facial expressions in Parkinson's disease. *Neuropsychologia*, 42, 239-250.
- DULANEY C.L., MARKS W. (2007). The effects of training and transfer on global/local processing. *Acta Psychologica*, 125, 203-220.
- DULANEY C.L., ROGERS W.A. (1994). Mechanism underlying reduction in stroop interferences with practice for young and old adults. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20, 470-484.
- EPPIGER B., KRAY J., MECKLINGER A., JOHN O. (2007). Age differences in task switching and response monitoring: Evidence from ERPs. *Biological Psychology*, 75, 52-67.
- FISK A.D., SHARP C.A. (2004). Age-related impairment in executive functioning: Updating, inhibition, shifting and access. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 26, 874-890.
- HARTLEY A.A. (2001). Age differences in dual-task interference are localized to response generation processes. *Psychology and Aging*, 16, 47-54.
- HARTLEY A.A., LITTLE D.M. (1999). Age-related differences and similarities in dual-task interference. *Journal of Experimental Psychology: General*, 128, 416-449.
- HARTMAN M., DUMAS J., NIELSEN C. (2001). Age differences in updating working memory: Evidence from the delayed matching to sample test. *Aging Neuropsychology and Cognition*, 8, 14-35.
- HASHER L., LUSTIG C., ZACKS R.T. (2007). Inhibitory mechanism and the control of attention. In A. A. Conway, C. Jarrold, M.J. Kane, A. Myake, J.N. Towse (eds.), *Variation in working memory*. Oxford: Oxford University Press, pp. 227-249.
- HASHER L., ZACKS R.T. (1988). Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view. In G.H. Bower (ed.), *The psychology of learning and motivation*. New York: Academic Press, pp. 193-225.
- HOLMES J., GATHERCOLE S.E., DUNNING D.L. (2009). Adaptive training leads sustained enhancement of poor working memory children. *Developmental Science*, 12, 9-15.

- JAEGGI S.M., BUSCHKUEHL M., JONIDES J., PERRIG W.J. (2008). Improving fluid intelligence with training on working memory. *Proceedings of the National Academy of Science*, 105, 6829-6833.
- KANE M.J., HAMBRICK D.Z., TUHOLSKI S.W., WILHELM O., PAYNE T.W., ENGLE R.W. (2004). The generality of working memory capacity: A latent-variable approach to verbal and visuospatial memory span and reasoning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133, 189-217.
- KARBACH J., KRAY J. (2009). How useful in executive control training? Age differences in near and far transfer of task-switching training. *Developmental Science*, 12, 978-990.
- KLINGBERG T., FERNELL E., OLESEN P.J., JOHNSON M., GUSTAFSSON P., DAHLSTROM K. (2005). Computerized training of working memory in children with ADHD: A randomized controlled trial. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 44, 177-186.
- KLINGBERG T., FORSSBERG H., WESTERBERG H. (2002). Training of working memory in children with ADHD. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 24, 781-791.
- KRAMER A.F., HAHN S., GOPHER D. (1999). Task coordination and aging: Explorations of executive control processes in task switching paradigm. *Acta Psychologica*, 101, 339-378.
- KRAMER A.F., KRAY J. (2006). Aging and attention. In E. Bialystok, F.I.M. Craik (eds.), *Lifespan cognition: mechanism of change*. Oxford: Oxford University Press, pp. 57-69.
- KRAMER A.F., LARISH J.F., STRAYER D.L. (1995). Training for attentional control in dual task settings: A comparison of young and old adults. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 1, 50-76.
- KRAMER A.F., STRAYER D.L., BUCKLEY J. (1990). Development and transfer of automatic processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16, 505-522.
- KRAY J., EBER J., KARBACH J. (2008). Verbal self-instructions in task switching: A compensatory tool for action-control deficits in childhood and old age? *Developmental Science*, 11, 223-236.
- KRAY J., EPPINGER B. (2006). Effects of associative learning on age differences in task-set switching. *Acta Psychologica*, 123, 187-203.
- KRAY J., LINDENBERGER U. (2000). Adult age differences in task switching. *Psychology and Aging*, 15, 126-147.
- LEHTO J. (1996). Are executive functions tests dependent on working memory capacity? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49, 29-50.
- LI K.Z., BOSMAN E.A. (1996). Age differences in Stroop-like interference as a function of semantic relatedness. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 3, 272-284.
- LI S.C., HUXHOLD O., SMITH J., SCHMIEDEK F., ROCKE C., LINDENBERGER U. (2008). Working memory plasticity in old age: Practice gain, transfer and maintenance. *Psychology and Aging*, 23, 731-742.
- LOWE C., RABBITT P. (1997). Cognitive models of aging and frontal lobe deficits. In P. Rabbit (ed.), *Methodology of frontal and executive functions*. Hove: Psychology Press, pp. 39-59.
- MCCABE J., HARTMAN M. (2003). Examining the focus of age effects on complex span task. *Psychology and Aging*, 18, 562-573.
- MILLER E.K., COHEN J.D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*, 24, 167-202.
- MIYAKE A., FRIEDMAN N.P., EMERSON M.J., WITZKI A.H., HOWERTER A., WAGER T.D. (2000). The unity and diversity of executive functions and

- their contributions to complex «frontal lobe» tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49-100.
- MIYAKE A., SHAH P. (1999). Toward unified theories of working memory: Emerging general consensus, unresolved theoretical issues, and future research directions. In A. Miyake, P. Shah (eds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 442-448.
- NORMAN D.A., SHALLICE T. (1986). Attention and action: Willed an automatic control of behavior. In R.J Davidson, G.E. Schwartz, D. Shapiro (eds.), *Consciousness and self-regulation: Advances in research and theory*. New York: Plenum, pp. 1-18.
- REIMERS S., MAYLOR E.A. (2005). Task switching across the lifespan: Effects of age on general and specific switch costs. *Developmental Psychology*, 52, 453-470.
- ROBBINS T.W., JAMES M., OWEN A.M., SAHAKIAN B.J., LAWRENCE A.D., MCINNES, L., RABBIT, P.M.A. (1998). A study of performance on tests from the CANTAB battery sensitive to frontal lobe dysfunction in a large sample of normal volunteers: Implications for theories of executive functioning and cognitive aging. *Journal of International Neuropsychological Society*, 4, 474-490.
- ROGERS W.A., FISK A.D. (1991). Age-related differences in the maintenance and modification of automatic processes: Arithmetic Stroop interference. *Human Factors*, 33, 45-56.
- SALTHOUSE T.A. (1990). Working memory as a processing resource in cognitive aging. *Developmental Review*, 10, 101-124.
- SALTHOUSE T.A. (1991). *Theoretical perspectives on cognitive aging*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- SALTHOUSE T.A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*, 103, 403-428.
- SALTHOUSE T.A. (2007). Implication of within-person variability in cognitive and neuropsychological functioning for the interpretation of change. *Neuropsychology*, 21, 401-411.
- SALTHOUSE T.A., BABCOCK R.L. (1991). Decomposing adult age differences in working memory. *Developmental Psychology*, 27, 763-776.
- SINGER T., LINDENBERGER U., BALTES P.B. (2003). Plasticity of memory for new learning in very old age: A story of major loss? *Psychology and Aging*, 18, 306-317.
- VAN DER LINDEN M., BRÉDART S., BEERTEN A. (1994). Age-related differences in updating working memory. *British Journal of Psychology*, 85, 145-152.
- VERHAEGHEN P., BASAK C. (2005). Aging and switching of the focus of attention in working memory: Results from a modified N-Back task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 58A, 134-154.
- VERHAEGHEN P., CERALLA J. (2002). Aging, executive control, and attention: A review of meta-analyses. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 26, 849-857.
- VERHAEGHEN P., DE MEERSMAN L. (1998). Aging and the Stroop effect: A meta-analysis. *Psychology and Aging*, 13, 120-126.
- VERHAEGHEN P., KLIÉGL R., MAYR U. (1997). Sequential and coordinative complexity in time-accuracy functions for mental arithmetic. *Psychology and Aging*, 12, 555-564.
- VERHAEGHEN P., STEITZ D.W., SLIWINSKI M.J., CERELLA J. (2003). Aging and dual-task performance: A meta-analysis. *Psychology and Aging*, 18, 443-460.

ZALAZO P.D., MULLER U. (2002). Executive function in typical and atypical developmental. In U. Goswami (ed.), *Handbook of childhood cognitive developmental*. Oxford: Blackwell.

[Ricevuto il 13 ottobre 2010]

[Accettato l'1 luglio 2011]

### **Training of working memory and executive functions in elderly people: a review**

*Summary.* In order to enhance working memory and executive functions that decline in aging, the use of practical training and adaptive training has been previously proposed. However, researches are very heterogeneous and do not clearly establish the most appropriate procedures for achieving this objective. The review investigates what makes this type of trainings more effective. For example, the utility of adaptive training to directly exercise the target function or the importance of giving a continuous feedback to participants, have emerged. Finally we present the critical points observed in studies and consider possible future directions.

*Keywords:* working memory, executive functions, training, aging.

*La corrispondenza va inviata a Michela Zavagnin, Dipartimento di Psicologia Generale, Università di Padova, Via Venezia 8, 35131 Padova. E-mail: michela.zavagnin@studenti.unipd.it, michela.zavagnin@email.it.*