



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

Sede Amministrativa: Università degli Studi di Padova

Dipartimento di Psicologia Generale

SCUOLA DI DOTTORATO DI RICERCA IN: SCIENZE PSICOLOGICHE  
INDIRIZZO: PERCEZIONE E PSICOFISICA  
CICLO XXII

INVECCHIAMENTO COGNITIVO E MEMORIA DI LAVORO:  
*IL RUOLO DELL'EXECUTIVE CONTROL*

**Direttore della Scuola:** Ch.mo Prof.ssa Clara Casco

**Coordinatore d'indirizzo:** Ch.mo Prof. Umberto Castiello

**Supervisore:** Ch.mo Prof.ssa Rossana De Beni

**Dottoranda:** Felicia Fiore



# INDICE

INTRODUZIONE	7
<b>Capitolo I</b>	
LA MEMORIA DI LAVORO	11
I.1. Introduzione	11
I.2. I principali modelli della MdL	13
<i>I.2.1. Il modello multi-componenziale</i>	13
<i>I.2.2. Il modello dei continua</i>	17
<i>I.2.3. Modello di Engle</i>	19
I.3. Le caratteristiche della MLVS	21
<i>I.3.1. Elaborazione visiva e spaziale</i>	21
<i>I.3.2. Componenti passive ed elaborazione attiva</i>	24
<i>I.3.3. Le funzioni della MLVS</i>	25
I.4. Conclusioni	27
<b>Capitolo II</b>	
I PROCESSI DI CONTROLLO NELLA MEMORIA DI LAVORO	29
II.1. Introduzione	29
II.2. Controllo attentivo e differenze individuali	30
II.3. Le funzioni esecutive: natura unitaria o frazionaria	32
II.4. Una tassonomia delle funzioni esecutive	35
II.5. L'aggiornamento delle informazioni in MdL	38
<i>II.5.1. I principali compiti di aggiornamento</i>	41
II.6. Conclusioni	42
<b>Capitolo III</b>	
INVECCHIAMENTO E MEMORIA DI LAVORO	45
III.1. Introduzione	45
III.2. Meccanismi di base che spiegano l'invecchiamento cognitivo	47

<i>III.2.1. Funzionamento sensoriale</i>	48
<i>III.2.2. Velocità di elaborazione</i>	49
<i>III.2.3. Inibizione</i>	50
<i>III.2.4. La memoria di lavoro</i>	52
<i>III.2.4.1. Ricordo passivo ed elaborazione attiva</i>	53
<i>III.2.4.2. Declino differenziale in MdL</i>	55
III.3. Cambiamenti con l'età nelle funzioni esecutive	57
III.4. Gli effetti dell'età sull'aggiornamento di informazioni in MdL	58
III.5. Conclusioni	60

## ***Capitolo IV***

SINTESI E OBIETTIVI DELLA RICERCA	63
IV.1. Gli effetti dell'età in MdL	63
IV.2. Obiettivi della ricerca	67

## ***Capitolo V***

### ESPERIMENTO 1:

### L'EFFETTO DELL'ETÀ IN PROVE DI AGGIORNAMENTO:

IL <i>RUNNING MEMORY TASK</i>	69
V.1. Introduzione	69
V.2. Metodo	70
<i>V.2.1. Partecipanti</i>	70
<i>V.2.2. Materiali</i>	70
<i>V.2.3. Procedura</i>	74
<i>V.2.4. Ipotesi della Ricerca</i>	75
V.3. Risultati	76
<i>V.3.1. Risultati relativi alla prova di RMTv</i>	78
<i>V.3.2. Risultati relativi alla prova di RMTs</i>	81
<i>V.3.3. Confronto tra le prove di RMT verbale e spaziale</i>	84
<i>V.3.4. Risultati relativi alle prove di MBT e</i> <i>Correlazioni con le prove di aggiornamento</i>	90
V.4. Discussione	91

## **Capitolo VI**

### **ESPERIMENTO 2:**

#### **UNA DIFFERENTE PROVA PER STUDIARE GLI EFFETTI**

#### **DELL'ETÀ NELL'AGGIORNAMENTO: IL *KEEP TRACK TASK*** 95

##### **VI.1. Introduzione** 95

##### **VI.2. Metodo** 96

###### *VI.2.1. Partecipanti* 96

###### *VI.2.2. Materiali* 96

###### *VI.2.3. Procedura* 100

###### *VI.2.4. Ipotesi della Ricerca* 100

##### **VI.3. Risultati** 102

###### *VI.3.1. Risultati relativi alla prova di KTTv* 102

###### *VI.3.2. Risultati relativi alla prova di KTTs* 103

###### *VI.3.3. Confronto tra le prove di KTT verbale e spaziale* 104

##### **VI.4. Discussione** 106

## **Capitolo VII**

### **ESPERIMENTO 3:**

#### **INVECCHIAMENTO COGNITIVO E MEMORIA DI LAVORO**

#### **VISUO-SPAZIALE: IL RUOLO DEL CONTROLLO ESECUTIVO** 109

##### **VII.1. Introduzione** 109

##### **VII.2. Metodo** 110

###### *VII.2.1. Partecipanti* 110

###### *VII.2.2. Materiali e Procedura* 110

###### *VII.2.3. Ipotesi della Ricerca* 116

##### **VII.3. Risultati** 117

###### *VII.3.1. Ricordo delle posizioni degli stimoli Stroop* 117

###### *VII.3.2. Ricordo degli stimoli Stroop* 122

##### **VII.4. Discussione** 126

## ***Capitolo VIII***

<b>DISCUSSIONI GENERALI E CONCLUSIONI</b>	129
VIII.1. Sintesi e discussione dei risultati della ricerca	129
VIII.2. Conclusioni	132
<b>RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI</b>	135
<b>APPENDICE:</b>	
<b>MATERIALI UTILIZZATI NELLA RICERCA</b>	155

## INTRODUZIONE

La memoria di lavoro (MdL) può essere definita come un sistema temporaneo capace di mantenere per un periodo limitato di tempo le informazioni su cui operare delle manipolazioni o delle trasformazioni mentali; tale sistema di memoria sembra essere implicato in un'ampia varietà di compiti cognitivi complessi, quali ad esempio il ragionamento e la *reading comprehension* (Baddeley, 1986). Numerosi studiosi di invecchiamento cognitivo considerano la MdL un costrutto fondamentale per comprendere i cambiamenti a livello cognitivo che si verificano con l'avanzare dell'età (Borella, Cornoldi, & De Beni, 2009a; Park, 2000). È stato ampiamente dimostrato che gli anziani presentano prestazioni inferiori rispetto a quelle degli adulti più giovani in prove di MdL (per una meta-analisi, Bopp & Verhaeghen, 2005); tale declino dipendente dall'età in MdL spiegherebbe le difficoltà incontrate dagli anziani in un'ampia varietà di prove di cognizione fluida (Baddeley, 1989).

Finora pochi studi hanno indagato le difficoltà che gli anziani incontrano in prove di memoria di lavoro visuo-spaziale (MLVS), nonostante l'elaborazione di materiale visuo-spaziale rappresenti un'esperienza estremamente frequente nella vita quotidiana (es.: guidare, trovare la strada più breve...). La maggior parte di questi studi si sono concentrati sul confronto tra MdL verbale e visuo-spaziale, nel tentativo di stabilire se vi sia un effetto modalità-specifico dipendente dall'età; dalla letteratura emergono dati contrastanti a riguardo. Secondo alcuni studi, la MLVS sarebbe più sensibile agli effetti dell'età rispetto alla componente verbale della MdL (Bopp & Verhaeghen, 2007; Jenkins, Myerson, Joerding, & Hale, 2000; Myerson, Hale, Rhee, & Jenkins, 1999; Verhaeghen, Cerella, Semenc, Leo, Bopp, & Steitz, 2002); altre ricerche hanno trovato che gli anziani hanno prestazioni migliori nel dominio visuo-spaziale rispetto al verbale (Fastenau, Denburg & Abeles, 1996; Vecchi, Richardson & Cavallini, 2005). Tuttavia, Kemps e Newson (2006) hanno dimostrato che, se si usano prove simili in tutto tranne che per il materiale utilizzato, non si evidenzia alcun declino differenziale in MdL verbale e visuo-spaziale: gli anziani hanno peggiori prestazioni rispetto ai giovani in tutte le prove di span complesso che richiedono un elevato controllo esecutivo (*executive control*), indipendentemente dal tipo di materiale utilizzato nelle prove (vedi anche, de Ribaupierre & Lecerf, 2006; de Ribaupierre & Ludwig, 2003).

Nella letteratura sull'invecchiamento cognitivo, desta infatti un sempre crescente interesse lo studio dei processi di controllo esecutivo in MdL, che può essere definito come l'insieme delle funzioni che modulano e regolano le operazioni eseguite dai vari processi cognitivi. Uno dei

processi altamente controllati della MdL (associati alle funzioni esecutive) è la funzione di *updating* (aggiornamento), che permette di rendere disponibili in qualsiasi momento le informazioni più rilevanti per una determinata operazione mentale (Morris & Jones, 1990). L'aggiornamento, sebbene specifico all'apparenza, sembra rivestire in realtà una notevole importanza per la comprensione dei meccanismi cognitivi implicati nella vita di tutti i giorni. Quotidianamente, infatti, ci si ritrova ad aggiornare le informazioni in MdL, in particolare, quando le vecchie entrano in conflitto con le nuove con cui devono essere sostituite, come ad esempio quando dobbiamo scegliere il prodotto meno caro tra una varietà di merci esposte o ricordare il luogo esatto in cui abbiamo parcheggiato la macchina. Il processo di aggiornamento non fa, pertanto, riferimento ad un semplice mantenimento di informazioni rilevanti, quanto piuttosto ad un'elaborazione dinamica dei contenuti in MdL, in modo da permetterne un suo efficiente funzionamento (Palladino, Cornoldi, De Beni & Pazzaglia, 2001). Hartman, Dumas e Nielsen (2001) hanno suggerito che il declino dipendente dall'età in MdL potrebbe essere correlato a cambiamenti nell'abilità di aggiornare la MdL con informazioni rilevanti per il compito che si sta svolgendo. Tuttavia, nella letteratura sull'invecchiamento il declino relato all'età nell'abilità di aggiornamento in MdL è stato esaminato da pochi studi, che hanno utilizzato prevalentemente materiale verbale (Chen & Li, 2007; De Beni & Palladino, 2004; Hartman et al., 2001; Van der Linden, Bredart, & Beerten, 1994). Da questi studi emerge che con l'aumentare dell'età si riduce l'efficienza dei processi di aggiornamento e che tale riduzione è associata ad una minor prestazione nei test di intelligenza fluida; questo pattern di risultati suggerisce che l'aggiornamento gioca un ruolo rilevante nella mediazione delle differenze legate all'età nell'intelligenza fluida (Chen & Li, 2007).

Lo scopo di questo lavoro è stato quello di esaminare direttamente gli effetti dell'età sulle prestazioni in prove di MdL che richiedono un elevato controllo esecutivo; dato che le ricerche svolte finora riguardo agli effetti dell'età in MdL si sono focalizzate principalmente sulla sua componente verbale, si è cercato di prestare particolare attenzione alla MLVS. Il primo capitolo fornirà un quadro generale dei principali modelli di MdL. Ci si soffermerà, in particolare, sulla componente visuo-spaziale della MdL e sulla sua architettura; particolare interesse sarà rivolto alle principali funzioni attribuite alla MLVS, quali ad esempio, il ragionamento, l'apprendimento di procedure complesse, il ricordo della posizione di oggetti e così via. Nel secondo capitolo verranno illustrate le funzioni esecutive – processi in grado di assicurare la massima flessibilità al comportamento umano – tra cui troviamo i processi di aggiornamento delle informazioni presenti all'interno della MdL. Nel terzo capitolo ci si focalizzerà sui cambiamenti correlati all'età nella capacità di eseguire numerosi compiti cognitivi complessi e sui meccanismi cognitivi di base, quali

la velocità di elaborazione delle informazioni, la capacità della MdL, la funzione di inibizione e il funzionamento sensoriale, in grado di spiegare tale declino cognitivo dipendente dall'età.

Dal quarto capitolo in poi, verrà presentata una ricerca volta a chiarire il ruolo dell'*executive control* nel declino cognitivo correlato all'età in MdL. In particolare, nei primi due esperimenti (Capitoli V e VI) ci si è focalizzati su una specifica funzione della MdL, ovvero l'aggiornamento che permette non solo di mantenere le informazioni rilevanti per il compito che si sta eseguendo, ma anche di eliminare quelle irrilevanti sostituendole con nuovi e più pertinenti input (Miyake, Friedman, Emerson, Witzki, Howerter & Wager, 2000). L'obiettivo era quello di approfondire lo studio degli effetti dell'età nell'abilità di aggiornare materiale visuo-spaziale e di esaminare se vi sia un declino differenziale tra dominio verbale e visuo-spaziale. Nel terzo ed ultimo esperimento ci si è infine focalizzati sulla MLVS; l'obiettivo generale era quello di analizzare in che misura le differenze d'età nel mantenimento di materiale visuo-spaziale sono in relazione con la concomitante richiesta di controllo esecutivo, riadattando un paradigma originariamente proposto da McCabe, Robertson e Smith (2005), in cui è stata combinata una prova visuo-spaziale con un classico compito di inibizione, ovvero il compito di Stroop.



# CAPITOLO I

## LA MEMORIA DI LAVORO

### I.1. Introduzione

La memoria di lavoro (MdL) si riferisce al sistema o meccanismo deputato al mantenimento ed all'elaborazione di informazioni utili per l'esecuzione di molteplici attività complesse, come la comprensione, l'apprendimento ed il ragionamento; permette, inoltre, l'integrazione di informazioni provenienti sia dai sistemi sensoriali che dai sistemi di memoria a lungo termine (memoria semantica, episodica, autobiografica) (Baddeley, 1986). Infatti, la MdL gioca un ruolo fondamentale nella cognizione complessa; i compiti cognitivi, che svolgiamo quotidianamente (es.: leggere un articolo di giornale, confrontare i vari prezzi di un determinato prodotto per stabilire quale sia il più conveniente), solitamente richiedono molteplici passaggi con risultati intermedi che devono essere tenuti temporaneamente in mente per eseguire con successo il compito che si sta portando avanti (Miyake & Shah, 1999).

Il costrutto di MdL fu inizialmente proposto da Baddeley (1986; Baddeley & Hitch, 1974; Baddeley & Logie, 1999) e andava in parte a sostituire quello di memoria a breve termine (MBT); veniva posta maggiore enfasi sulla manipolazione attiva delle informazioni piuttosto che sul mantenimento passivo. La MdL, infatti, pur conservando le caratteristiche di quella a breve termine (capacità limitata e mantenimento temporaneo delle informazioni), rappresentava un sistema più complesso, in quanto non funziona semplicemente come magazzino temporaneo, ma permette di elaborare informazioni durante l'esecuzione di diversi compiti cognitivi. Gli autori, infatti, definiscono la MdL come l'insieme di componenti cognitive che consentono agli individui di comprendere e rappresentarsi mentalmente il loro ambiente circostante, di mantenere le informazioni sulle loro esperienze recenti, di sostenere l'acquisizione di nuove conoscenze, di risolvere problemi e di formulare, collegare e raggiungere obiettivi specifici e attuali (Baddeley & Logie, 1999, pp.28-29).

Nel corso degli anni, tuttavia, il concetto di MdL ha subito una costante evoluzione, dovuta alle numerose formulazioni e riformulazioni di modelli proposti dai vari autori al fine di descriverlo; dall'anno in cui Baddeley e Hitch hanno introdotto il loro modello multicomponenziale di MdL (1974), sono stati pubblicati numerosi studi che hanno esplorato vari aspetti della MdL (Baddeley, 1986; 2000; Cornoldi & Vecchi, 2000; 2003; Engle, Tuholski, Laughlin, & Conway, 1999b; Miyake & Shah, 1999).

La MdL è senza dubbio uno degli argomenti più 'hot' della psicologia cognitiva; ci sono così tanti modelli di MdL, abbastanza differenti nella loro enfasi e portata teorica, che sembra così difficile trovare dei punti in comune tra loro. Come sottolineano Miyake e Shah (1999), rimane ancora molta confusione su cosa sia realmente la MdL, nonostante sia un costrutto centrale ed estremamente familiare nella psicologia cognitiva e non solo. Tuttavia, Miyake e Shah (1999), prendendo in considerazione alcuni tra i più accreditati modelli di MdL proposti nell'ambito della psicologia cognitiva, hanno riscontrato che, almeno ad un macrolivello di analisi, tutti i modelli di MdL da loro presi in considerazione, all'apparenza così eterogenei, hanno in comune molto più di quanto si potesse immaginare. Gli autori hanno individuato una serie di punti di consenso che sembrano emergere tra i modelli di MdL presi in considerazione, che verranno di seguito brevemente elencati:

1. La MdL non è concepita come una 'box' per il mantenimento di informazioni a breve termine strutturalmente separata dagli altri sistemi di memoria o cognitivi;
2. La MdL è al servizio di attività cognitive complesse, quali il *making decision*, il *problem solving* e così via;
3. Il 'controllo' e la 'regolazione' della MdL dipendono dal monitoraggio e dall'aggiornamento, ma anche dall'inibizione attiva delle informazioni presenti in MdL;
4. La MdL è a capacità limitata; tali limiti possono riflettere molteplici fattori;
5. La MdL non è completamente unitaria e dominio-generale;
6. Le conoscenze in memoria a lungo termine (MLT) giocano un ruolo determinante nelle prove di MdL.

Miyake e Shah (1999) hanno proposto una definizione di MdL onnicomprensiva, che cattura tutti i sei punti sopra riportati di consenso generale che unificano i modelli di MdL presi in considerazione e fornisce un'apprezzabile risposta alla questione di cosa in realtà sia la MdL:

*'La memoria di lavoro comprende i meccanismi o processi che sono coinvolti nel controllo, nella regolazione e nel mantenimento attivo di informazioni rilevanti per l'esecuzione di compiti cognitivi complessi, siano essi nuovi o familiari e ben appresi. Essa non è una 'scatola' e nemmeno*

ha una 'sede' fissa all'interno dell'architettura cognitiva. Non è un sistema completamente unitario, in quanto comprende molteplici codici di rappresentazione e/o differenti sottosistemi. I limiti di capacità della MdL sono legati a vari fattori e devono essere visti come una proprietà emergente dei diversi processi e meccanismi coinvolti. La MdL è strettamente legata alla MLT, e i suoi contenuti consistono essenzialmente in rappresentazioni attivate dalla MLT, ma possono anche estendersi a rappresentazioni che possono essere rapidamente riattivate dalla MLT mediante cue di recupero' (Miyake & Shah, 1999, p.450).

## I.2. I principali modelli della MdL

Come precedentemente sottolineato, numerosi sono stati i tentativi che hanno cercato di spiegare cosa sia e come funzioni la MdL; tuttavia, in questo paragrafo, verranno descritti tre dei principali modelli proposti sinora. Il primo modello che verrà descritto è il classico modello di MdL, originariamente proposto da Baddeley e Hitch (1974); il secondo (Cornoldi & Vecchi, 2000; 2003) si differenzia dal primo in quanto propone un modello più elastico di MdL, basandosi sull'evidenza che esistono processi di MdL non riconducibili chiaramente ad una determinata componente della MdL proposta da Baddeley; infine, l'ultimo modello (Engle, Kane, & Tuholski, 1999a) pone maggiore enfasi sulla componente esecutiva della MdL, ovvero il controllo attentivo, che si caratterizza per essere dominio-indipendente e a capacità limitata.

### I.2.1. Il modello multi-componenziale

Secondo il modello proposto da Baddeley e Hitch (1974), la MdL è composta da un sistema attentivo di controllo, il sistema Esecutivo Centrale (*Central Executive*), che supervisiona e coordina un insieme di sistemi sussidiari o periferici, tra cui i più studiati sono il Loop Articolatorio (*Articulatory Loop*) e il Taccuino Visuo-spaziale (*Visual-spatial Sketch Pad*). Il primo è deputato al mantenimento e all'elaborazione di informazioni verbali e acustiche, mentre il secondo è responsabile del mantenimento e della manipolazione di materiale visuo-spaziale (Figura I.1a). Baddeley (2000) ha successivamente ampliato il modello, con l'aggiunta dell'*Episodic Buffer*, un'ulteriore componente capace di integrare le informazioni che provengono dai due sotto-sistemi con quelle della MLT, sotto il controllo dell'Esecutivo Centrale.

L'Esecutivo Centrale è volto alla selezione di strategie, alla presa di decisioni, all'integrazione di informazioni provenienti da diverse fonti, ecc. Secondo Baddeley (1990; 1996), l'Esecutivo Centrale deve essere considerato più come un sistema attentivo che come un magazzino

di memoria; un utile base per concettualizzare la componente esecutiva della MdL è il modello di controllo attentivo del comportamento, proposto da Norman e Shallice (1986), che comprende due sistemi di controllo: uno in grado di dirigere i comportamenti in base a schemi attivati da informazioni contestuali provenienti dall'ambiente; mentre il secondo, denominato Sistema Attentivo Supervisore (SAS) e associabile all'Esecutivo Centrale, capace di intervenire nel momento in cui il controllo di comportamenti routinari risultasse insufficiente. Essendo una componente della MBT, anche l'Esecutivo Centrale è un sistema a capacità limitata che, quindi, può essere sovraccaricato da compiti che richiedono un carico attentivo oneroso.

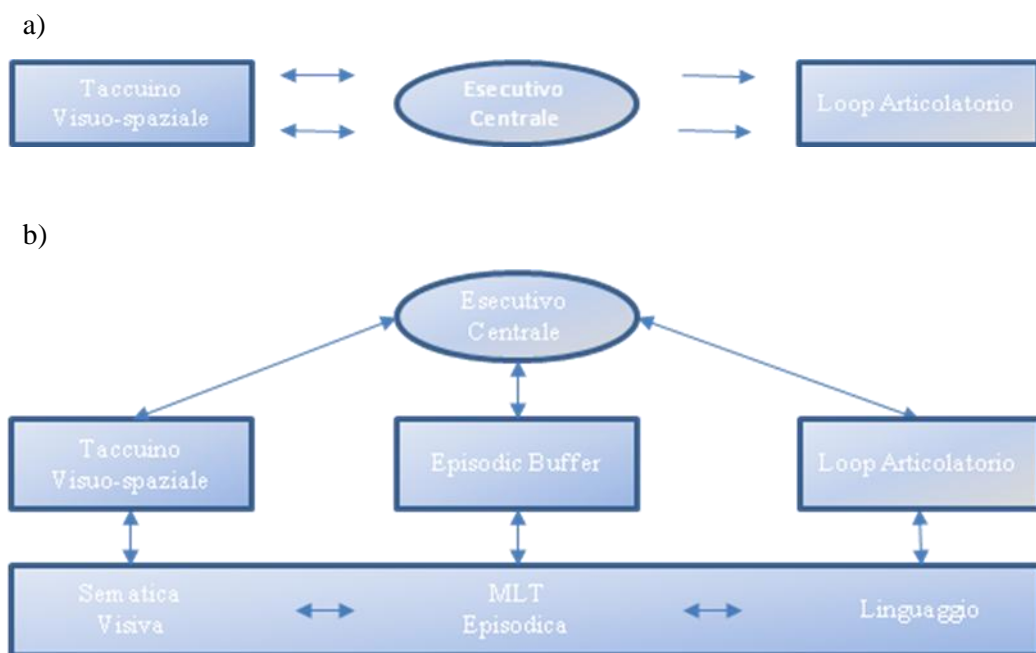


Figura I.1. a) L'originario modello multi-componenziale di MdL proposto da Baddeley e Hitch (1974);  
 b) l'attuale versione del modello multi-componenziale di MdL proposta da Baddeley (2000).

Il Loop Articolatorio è formato da due componenti: una parte “passiva”, il magazzino fonologico in grado di mantenere l'informazione basata sul linguaggio parlato; e una componente attiva, il processo di controllo di natura articolatoria. Le tracce mnestiche permangono nel magazzino fonologico per circa un secondo e mezzo o due; oltre questo limite non possono essere più recuperate. Le informazioni verbali possono però essere mantenute più a lungo all'interno del magazzino grazie al processo di *rehearsal* di tipo articolatorio. Il Loop Articolatorio è responsabile, inoltre, della conversione del materiale scritto in forma verbale in modo da poter essere registrato nel magazzino fonologico, dato che questo tipo di informazione non ha accesso diretto a tale struttura. Grazie ad una serie di studi condotti da Baddeley e i suoi collaboratori (Baddeley, 1996;

Baddeley, Thompson & Buchanan, 1975; Salame & Baddeley, 1982), sono stati individuati una serie di effetti caratteristici del Loop Articolatorio:

- *Effetto di similarità fonologica*: quando gli item da ricordare sono simili fonologicamente – per suono o per caratteristiche di articolazione – il richiamo seriale immediato risulta compromesso; tale effetto si verifica perché il magazzino è basato su un codice fonologico e quindi tracce simili sono più difficili da discriminare, comportando un più basso livello di rievocazione;
- *Effetto dell'informazione a cui non si presta attenzione*: se viene presentato materiale di sottofondo in concomitanza ad un compito di memoria, la prestazione viene compromessa, in quanto anche il materiale ignorato ha accesso obbligato al magazzino fonologico;
- *Effetto della lunghezza della parola*: la capacità del magazzino varia a seconda della lunghezza degli elementi; ad esempio, si ricordano più facilmente sequenze di cinque parole monosillabiche rispetto a sequenze di cinque parole polisillabiche. Esiste, quindi, una relazione tra la lunghezza delle parole, la velocità di lettura e lo span di memoria;
- *Effetto della soppressione articolatoria*: l'attività del Loop Articolatorio viene disturbata se l'articolazione viene impegnata in un altro modo, come ripetere continuamente uno stimolo irrilevante; questa richiesta impedisce che il processo di controllo articolatorio venga usato per mantenere e rinfrescare le tracce mnestiche o per convertire materiale visivo in codice fonologico. La soppressione articolatoria rimuove l'effetto di similarità fonologica e l'effetto dell'informazione a cui non si presta attenzione, qualora il materiale sia presentato visivamente. L'effetto della lunghezza delle parole viene annullato sia quando il materiale è presentato visivamente che uditivamente.

A sua volta, il Taccuino Visuo-spaziale, o memoria di lavoro visuo-spaziale (MLVS), è deputato al mantenimento e all'elaborazione di materiale visivo e spaziale. Tale componente ha ricevuto minore attenzione rispetto al Loop Articolatorio. Logie (1995) ha studiato più approfonditamente la componente visuo-spaziale della MdL, che l'autore considera composta da due magazzini a breve termine, uno visivo e l'altro spaziale. Il primo (*Visual Cache*) è soggetto al decadimento e all'interferenza da parte di nuove informazioni; il secondo (*Inner Scribe*) è un sistema deputato al *rehearsal* dei contenuti del magazzino visivo e alla pianificazione del movimento avvalendosi delle informazioni presenti nell'altro magazzino; similmente al ciclo

fonologico, anche il sistema visuo-spaziale può essere alimentato direttamente tramite la percezione visiva, o indirettamente attraverso la generazione di un'immagine.

La MLVS è stata considerata come complementare al Loop Articolatorio (Baddeley, 1986; 1990; Logie, 1991; 1995). Nonostante le ricerche non dimostrino una completa analogia tra MdL verbale e visuo-spaziale, una serie di studi hanno riscontrato nella MLVS degli effetti simili a quelli presenti nel Loop Articolatorio (Cornoldi, 1995; Logie, 1986; Logie, Della Sala, Wynn & Baddeley, 2000; Salway & Logie, 1995):

- *Effetto di somiglianza visiva*: stimoli simili visivamente peggiorano il ricordo; questo effetto confermerebbe l'esistenza di un sistema temporaneo di memoria che si basa su un codice visivo. Tuttavia, questo effetto sembra essere molto più debole rispetto all'effetto di similarità fonologica, in quanto viene spesso minato dalla forte tendenza negli adulti a ricorrere ad una codifica verbale, che tende a prevenirne l'insorgenza;
- *Effetto dell'informazione inattesa*: stimoli visivi a cui non si presta attenzione producono interferenza, compromettendo il ricordo visivo;
- *Effetto della lunghezza del percorso*: si riferisce alla complessità visiva; questo effetto non è stato studiato come gli altri effetti; probabilmente perché appare più difficile definire i limiti della MLVS, limiti su cui si andrebbe ad incidere con la manipolazione della quantità (lunghezza o altro) del materiale da memorizzare;
- *Effetto dovuto all'attività distruttiva concorrente*: se un compito di natura spaziale viene eseguito in concomitanza con un compito secondario interferente, la prestazione al compito principale viene disturbata; uno dei compiti secondari che interferirebbero con la MLVS maggiormente utilizzati è il *spatial tapping* (in cui si chiede al soggetto di spostarsi con la mano su una tavoletta seguendo un semplice percorso – ad esempio un quadrilatero – senza guardare).

Sebbene il modello multicomponenziale di MdL sembrasse offrire spiegazioni plausibili ad un'ampia serie di dati provenienti sia da adulti sani che da pazienti neurologici, esso presentava una serie di problemi legati all'interazione tra MdL e MLT, dovuti all'assunzione che l'Esecutivo Centrale fosse esclusivamente un sistema attentivo, o alla mancanza di una componente in grado di far interagire il Loop Fonologico ed il Taccuino Visuo-spaziale. Questi ed altri problemi, legati ad esempio al ruolo della consapevolezza, spinsero Baddeley (2000) ad introdurre nel modello un ulteriore processo o meccanismo in grado di combinare sinergicamente informazioni provenienti dai vari sottosistemi sotto forma di rappresentazione temporanea.

Nel 2000, Baddeley introdusse quindi un ulteriore componente nel suo modello di MdL: l'*Episodic Buffer* (Figura I.1b). Tale componente viene denominata *buffer* in quanto viene utilizzata come interfaccia tra vari sistemi, che utilizzano codici differenti; viene definita *episodica* perché permette di integrare informazioni episodiche nello spazio e potenzialmente estenderle nel tempo. Baddeley (2000) ritiene che l'*Episodic Buffer* sia in grado di immagazzinare informazioni in un codice multidimensionale, fornendo così un'interfaccia temporanea tra i servo-sistemi (il Loop Articolatorio e il Taccuino Visuo-spaziale) e la MLT. Si presume che sia controllato dall'Esecutivo Centrale, che è responsabile del *binding* di informazioni da differenti fonti in rappresentazioni consapevoli. L'*Episodic Buffer* permette, quindi, non solo di modellare l'ambiente circostante, ma anche di creare nuove rappresentazioni cognitive in grado di facilitare la risoluzione di problemi. Baddeley (2000) distingue inoltre tra sistemi cognitivi 'cristallizzati', capaci di mantenere conoscenze a lungo termine, e capacità 'fluide' (attenzione e mantenimento temporaneo) non modificabili dall'apprendimento di nuove conoscenze.

### I.2.2. Il modello dei continua

Cornoldi e Vecchi (2000; 2003), basandosi sull'evidenza che esistono processi di MdL non chiaramente riconducibili ad un determinato sistema, hanno suggerito un modello più elastico basato su due dimensioni continue, una verticale e l'altra orizzontale, che possono essere rappresentate attraverso uno schema a tronco di cono. I processi di MdL, infatti, variano in base alla: 1) quantità di elaborazione attiva di informazioni richiesta in un compito; 2) natura delle informazioni che devono essere elaborate. Come mostra la Figura I.2, la dimensione verticale costituisce il continuum del controllo attivo associato ad un particolare compito cognitivo. Tale continuum va da processi totalmente passivi, che richiedono un controllo attentivo scarso o quasi nullo (che si possono paragonare ai sottosistemi del modello multi-componenziale), fino a processi sempre più attivi richiesti in compiti estremamente impegnativi e prioritari (che si possono equiparare al sistema Esecutivo Centrale). È bene sottolineare che un dato compito non può essere definito come esclusivamente attivo o passivo, in quanto ad ogni processo si può attribuire un diverso livello di controllo.

Il continuum orizzontale è, invece, legato alla specifica natura percettiva dell'input: ad una estremità si colloca il materiale spaziale, all'altra quello verbale, passando attraverso sistemi periferici connessi a materiale visivo e tattile. È necessario sottolineare che non esistono sottosistemi discreti e specifici per ogni tipo di materiale, piuttosto il modello suggerisce una dimensione continua in cui si possono identificare sistemi più o meno distanti tra loro. Questo significa che l'aspetto visivo e quello spaziale sono abbastanza vicini lungo il continuum, tanto da

sfumare l'uno nell'altro; al contrario, gli aspetti visuo-spaziali e quelli verbali non sono direttamente a contatto lungo il continuum. Sarebbe questo il motivo per cui la distinzione tra sottosistema verbale e visuo-spaziale risulta abbastanza evidente, mentre permane il dibattito sulla suddivisione di quest'ultimo sottosistema nelle due componenti, visiva e spaziale. Il continuum orizzontale riceve direttamente informazioni sensoriali, ma è connesso anche con rappresentazioni immagazzinate nella MLT che possono essere impiegate nell'esecuzione di compiti automatizzati. Infine, la dimensione orizzontale interagisce con quella verticale; nel senso che le differenze tra processi specifici per modalità non sono presenti solo a livelli periferici, ma possono ritrovarsi ad ogni livello del continuum verticale. Tuttavia, quanto più l'informazione ha maggiore probabilità di mantenere la propria specificità e di non interferire o sovrapporsi ad un altro tipo di informazione, tanto più si trova nel polo estremo del sottosistema.

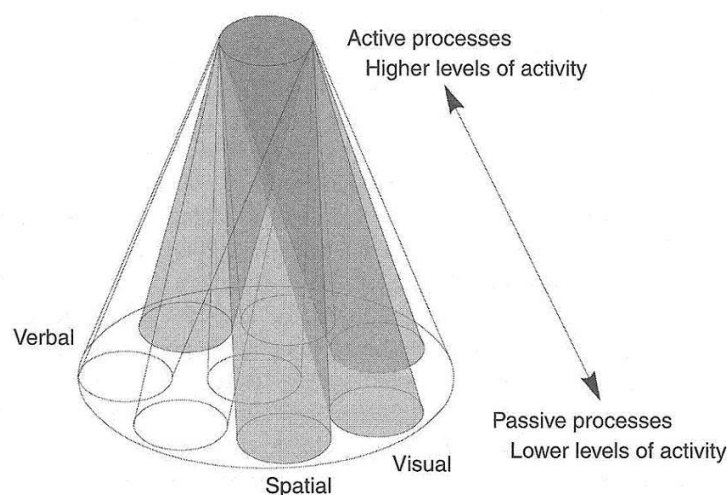


Figura 1.2. Modello dei continui proposto da Cornoldi e Vecchi (2000; 2003).

Evidenze sperimentali a favore di un modello di MdL che postula l'esistenza di due separati continui di elaborazione provengono da una serie di studi sulle differenze individuali (Vecchi, 1998; Vecchi & Cornoldi, 1999; Vecchi & Girelli, 1998). Ad esempio, Vecchi e Cornoldi (1999) hanno somministrato una serie di compiti di MdL verbale e visuo-spaziale, sia attivi che passivi, a tre diversi gruppi d'età (giovani, giovani anziani e grandi vecchi). Secondo gli autori, la differenza tra giovani ed anziani sembra poter essere imputata ad una ridotta capacità di far fronte a compiti attivi da parte dei meno giovani. Inoltre, il pattern di risultati ottenuto tramite analisi fattoriali è

consistente con il modello di MdL che prevede due continua: uno relativo alla natura del materiale (verbale vs visuo-spaziale) ed un altro relativo alle specifiche caratteristiche del compito (passivo vs attivo) (Cornoldi & Vecchi, 2000; 2003). In aggiunta, Vecchi (1998) sostiene che la distinzione tra prove di MLVS attive e passive sia rilevante per spiegare le limitate prestazione delle persone cieche congenite; infine, studi sulle differenze di genere hanno riscontrato che i maschi tendono ad ottenere prestazioni superiori delle femmine in compiti visuo-spaziali attivi, mentre i due sessi non si differenziano nei compiti passivi (Vecchi & Girelli, 1998).

Rispetto al modello multi-componenziale (Baddeley, 1986) il modello di MdL proposto da Cornoldi e Vecchi (2000; 2003) permette sia di attribuire differenti gradi di controllo ai diversi compiti sia di assegnare anche a processi centrali un certo grado di specificità materiale-dipendente.

### 1.2.3. Il modello di Engle

Engle e collaboratori (Engle et al., 1999b; Kane & Engle, 2003) definiscono la MdL con la seguente equazione:  $MdL = MBT + controllo\ attentivo$  (Figura 1.3). Il *controllo attentivo* può essere utilizzato per attivare tracce dalla MLT tramite recupero controllato, per mantenere tale attivazione tramite vari mezzi, o per ridurre l'attivazione tramite l'inibizione. L'uso del termine *controllo attentivo* deriva dal costrutto di Sistema Attentivo Supervisore di Shallice (1988; Norman & Shallice, 1986), che interviene in caso di conflitti tra diversi obiettivi del compito, stimoli esterni e schemi di risposte ben appresi (Kane & Engle, 2003). La MBT è costituita dalle tracce attivate sopra la soglia in MLT; tale attivazione viene ridotta in seguito a decadimento e/o inibizione. Le tracce della MBT sono principalmente di tipo fonologico o visivo, ma difatti potrebbero avere altri formati; ad ogni modo, tutti i tipi di tracce obbediscono agli stessi principi di oblio ed interferenza, indipendentemente dal loro formato. Solo un ridotto numero di queste tracce viene attivato sopra la soglia sulla base della rilevanza per gli obiettivi del compito che si sta svolgendo. È interessante far notare che, come per il modello di Baddeley e Hitch (1974), la MdL può essere definita come un sistema composto da una componente di semplice mantenimento delle informazioni e da una componente attentiva; l'unica eccezione è che nel modello di Engle e collaboratori (Engle et al., 1999a; Engle et al., 1999b) è incluso il concetto di MBT considerata alla stregua di servo-sistemi (Loop Articolatorio e Taccuino Visuo-spaziale).

### Relazione tra le componenti della MdL

N.B.: ogni dato compito di MdL o di MBT riflette in diversa misura tutte le componenti

L'ampiezza di questo legame dipende da quanto le procedure per il raggiungimento e il mantenimento dell'attivazione sono routinarie o richiedono attenzione.

Ad esempio, la codifica e il *rehearsal* richiesti nella prova di digit span richiedono minor controllo attentivo in adulti normali rispetto a bambini di quattro anni.

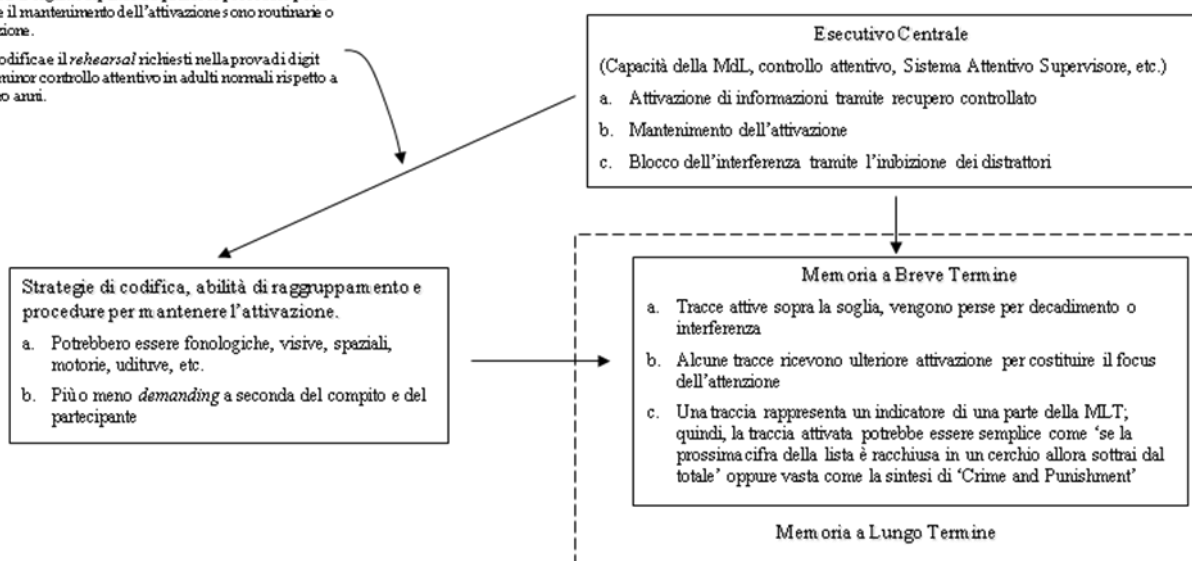


Figura 1.3: Modello proposto da Engle, Tuholski, Laughlin e Conway (1999b).

Engle et al. (1999a) specificano che quando si parla di capacità della MdL si fa riferimento ad un unico elemento della MdL, ovvero il *controllo attentivo*. Gli autori paragonano tale meccanismo attentivo a capacità limitata all'Esecutivo Centrale di Baddeley e Hitch (1974). La capacità della MdL non fa riferimento alla memoria in sé (o per lo meno, non direttamente) ma all'abilità di utilizzare il controllo attentivo per mantenere attive le informazioni rilevanti per il compito in esecuzione a fronte di distrazione o interferenza. In altre parole, una maggiore capacità della MdL è il risultato di una maggiore abilità di controllo attentivo, e non di un sistema di memoria più ampio. Le misure di capacità della MdL si basano su prove in cui viene chiesto ai partecipanti di fare qualcosa (ad esempio, leggere delle frasi o fare delle operazioni matematiche), e contemporaneamente tenere a mente una lista crescente di parole. Tali misure risultano essere predittive della prestazione in un'ampia varietà di compiti cognitivi quotidiani, tra cui la comprensione del testo (Daneman & Carpenter, 1980), il ragionamento (Kyllonen & Christal, 1990); l'abilità di seguire *direzioni* (Engle, Carullo & Collins, 1991), e più in generale, a prove di intelligenza fluida (Engle et al., 1999b). Engle (2002) sostiene che le differenze individuali nelle misure di capacità della MdL riflettano delle differenze nell'abilità di controllare l'attenzione al fine di mantenere le informazioni attive e facilmente recuperabili, particolarmente in situazioni di distrazione o interferenza. Queste differenze, quindi, saranno evidenti nelle situazioni in cui il controllo attentivo è necessario, ovvero a) quando gli obiettivi del compito potrebbero andare perduti se non vengono mantenuti attivi in MdL; b) quando più azioni competono per una specifica

risposta o quando la preparazione di una risposta deve essere programmata; c) quando devono essere risolti conflitti tra azioni al fine di evitare errori; d) quando è importante mantenere attive alcune informazioni sul compito in caso di interferenze o distrazioni; e) quando è importante sopprimere informazioni irrilevanti per il compito; f) quando il monitoraggio e la correzione degli errori richiedono controllo e sforzo; g) quando è utile e necessaria una ricerca controllata e pianificata tra i contenuti della memoria (Engle et al., 1999b).

### I.3. Le caratteristiche della MLVS

Nel corso degli anni si sono accumulate numerose ricerche volte allo studio dell'architettura della MLVS, che hanno dimostrato l'esistenza di alcune sottocomponenti distinte all'interno del sistema. Nonostante non sia stato attualmente raggiunto un accordo su quali componenti descrivano meglio l'architettura della MLVS, le dicotomie maggiormente indagate sono state quelle tra le sottocomponenti visiva e spaziale, e all'interno di quest'ultima la distinzione tra informazioni spaziali categoriali e coordinate e tra processi sequenziali e simultanei, e quelle tra ricordo passivo ed elaborazione attiva delle informazioni visuo-spaziali.

#### I.3.1. Elaborazione visiva e spaziale

Ungerleider e Mishkin (1982) hanno dimostrato che l'elaborazione delle caratteristiche visive o “*what*” (ovvero l'elaborazione delle caratteristiche di come è l'oggetto), e spaziali o “*where*” (ovvero l'elaborazione delle relazioni spaziali inerenti l'oggetto) utilizzano due percorsi neurali differenti, rispettivamente la via ventrale e la via dorsale. Lo studio, effettuato sui primati, ha confermato che le caratteristiche di un oggetto vengono elaborate separatamente dalle relazioni spaziali relative all'oggetto. I due autori hanno, inoltre, affermato che la separazione dei processi di elaborazione avviene ad un livello periferico: le due vie partono indipendentemente dalla retina, attraversano i nuclei genicolati fino ad arrivare alle aree associative della corteccia.

Si è, quindi, ipotizzato che la distinzione tra “*what*” e “*where*” si mantenga anche ad un livello più elevato di elaborazione, in termini di operazioni cognitive della MLVS. Pochi studi, sia con soggetti normali che con pazienti con danno cerebrale, hanno confermato tale ipotesi, in quanto nella maggior parte dei casi è estremamente difficile isolare i due processi. Intuitivamente la differenza appare chiara: se ricordo l'oggetto prevale l'aspetto visivo, se ricordo la posizione, l'aspetto spaziale, se ricordo entrambi si parla di *binding*. In realtà, non è così semplice distinguere tra i due aspetti; ad esempio, uno stesso stimolo, come una matrice con una serie di quadrati

anneriti, può essere interpretato sia come una configurazione in cui prevalgono gli aspetti visivi sia come un pattern che descrive rapporti spaziali.

Logie e collaboratori (Logie, 1986; Logie & Marchetti, 1991), utilizzando il paradigma dell'interferenza selettiva, hanno tentato di dimostrare l'esistenza di componenti visiva e spaziale distinte nella MLVS. Logie e Marchetti (1991) hanno somministrato ai loro soggetti compiti principali visivi (es.: ricordo di forme colorate) e spaziali (es.: ricordo di sequenze di movimento) associati a compiti secondari interferenti visivi (es.: presentazione visiva di stimoli irrilevanti) e spaziali (es.: movimento del braccio del soggetto in una scatola). I risultati hanno evidenziato che le prestazioni dei soggetti nei compiti visivi e spaziali erano selettivamente danneggiate da compiti interferenti che impiegavano la stessa modalità, sostenendo l'ipotesi che tali compiti principali siano svolti da sistemi almeno in parte indipendenti. I risultati di questi e di altri studi consentirono a Logie (1995; Baddeley & Logie, 1999) di creare un modello di MLVS all'interno dell'originale architettura del modello multicomponentiale. Vengono, infatti, mantenute le tre componenti: l'Esecutivo Centrale, il sottosistema verbale e quello visuo-spaziale; tuttavia, contrariamente al modello di Baddeley e Hitch (1974), i due sottosistemi sono in contatto diretto con la MLT, come mostra la Figura I.4.

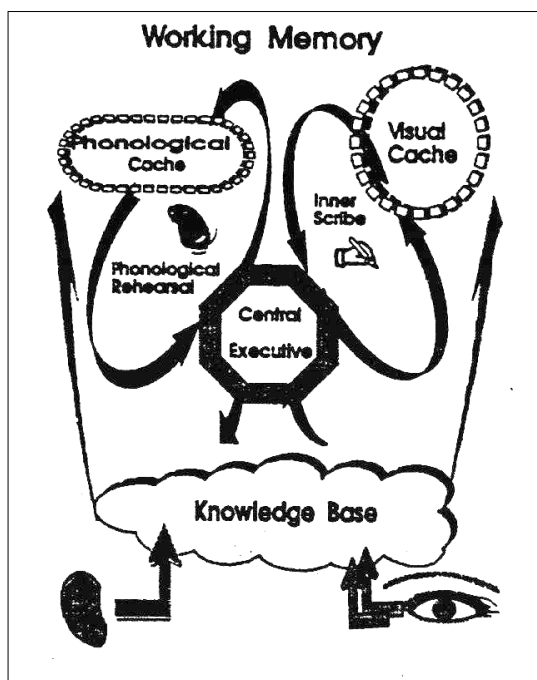


Figura I.4. Modello proposto da Logie (1995).

In questo modello, le informazioni sensoriali possono accedere ad entrambi i magazzini solo tramite l'attivazione delle rappresentazioni della MdL. Per quanto riguarda la MLVS, Logie (1995)

ipotizza, in analogia con il Loop Articolatorio, l'esistenza di un magazzino temporaneo (*Visual Cache*) per le informazioni visive – forme, colori, orientamento, ecc. – di oggetti e un sistema spaziale (*Inner Scribe*) deputato al *rehearsal* dei contenuti del magazzino visivo e alla pianificazione del movimento avvalendosi delle informazioni presenti nell'altro magazzino.

In ambito neuropsicologico, è stata riportata una doppia dissociazione tra deficit visivo e spaziale in MLVS. Farah, Hammond, Levine e Calvanio (1988) hanno riferito il caso di un paziente, LH, che mostrava un deficit in compiti visivi che richiedevano la formulazione di giudizi su grandezza, forma o colore, ma presentava prestazioni nella norma in compiti spaziali, quali la rotazione mentale e il compito di Brooks (1968). All'opposto, Luzzati, Vecchi, Agazzi, Cesa-Bianchi e Vergani (1998) hanno descritto la paziente EP, che evidenziava un mantenimento sostanziale delle abilità visive a fronte di un deficit in compiti spaziali associato ad una diagnosi di amnesia topografica.

Nel complesso, questi risultati sembrano convalidare l'ipotesi che la distinzione a livello periferico tra “*what*” e “*where*”, riportata da Ungerleider e Mishkin (1982), sia presente anche a livelli superiori di elaborazione; si può affermare, quindi, che nella MLVS esistono due sottocomponenti almeno parzialmente indipendenti deputate all'elaborazione di informazioni visive e spaziali.

Altri studi hanno evidenziato, inoltre, la possibilità di frammentare ulteriormente la MLVS, in particolare distinguendo tra elaborazione di informazioni spaziali coordinate e categoriali (Kosslyn, 1994) e tra processi di memoria di tipo sequenziale e simultaneo (Pazzaglia & Cornoldi, 1999). Kosslyn (1994) sostiene che l'elaborazione delle informazioni spaziali categoriali, che riguardano le relazioni spaziali quali, ad esempio, a destra di/sopra di, siano indipendenti dall'elaborazione di relazioni spaziali coordinate/metriche, che si riferiscono a informazioni spaziali legate ad un sistema numerico di misurazione, sia a livello di processi cognitivi sia a livello di localizzazione cerebrale. La distinzione tra spazialità sequenziale (implicata ad esempio nel test di Corsi) e spazialità simultanea (implicata ad esempio nel ricordo della posizione degli oggetti presentati simultaneamente su una matrice) è stata ipotizzata da Pazzaglia e Cornoldi (1999), che hanno anche proposto una serie di specificazioni sulla distinzione tra aspetti visivi e spaziali e tra spazialità sequenziale e simultanea, come mostra la Tabella I.1, che riporta anche delle specificazioni sulla distinzione tra spazialità coordinata e categoriale proposta da Kosslyn (1994).

Tabella I.1. Le principali distinzioni all'interno della MLVS.

<b><i>Spaziale</i></b>	<b><i>Visivo</i></b>
Più legato al movimento	Più statico
Più attivo	Più passivo
Localizzazione di un oggetto	Forma
Relazione tra oggetti	Colore
Localizzazione rispetto alla posizione dell'osservatore	Tessitura
È critica la sequenzialità dell'esplorazione	È critica la percezione unitaria della forma
<b><i>Spaziale coordinato</i></b>	<b><i>Spaziale categoriale</i></b>
Relazioni metriche	Relazioni categoriali (es.: destra/sinistra; dentro/fuori)
Taglia	
Orientamento	
Distribuzione di valori continua	Distribuzione di valori discreta
Molto dettagliato	Pochi dettagli, rappresentazione di aspetti generali
<b><i>Spaziale sequenziale</i></b>	<b><i>Spaziale simultaneo</i></b>
Posizioni spaziali presentate sequenzialmente	Posizioni spaziali percepite simultaneamente
Memoria di posizioni precedenti	Coinvolge la percezione di pattern visivi
Richiesto un modesto grado di attivazione	Processato a livelli molto bassi di attivazione

### I.3.2. Componenti passive ed elaborazione attiva

Un'ulteriore differenziazione all'interno della MLVS riguarda il grado di attività associato ai processi visuo-spaziali; infatti, possiamo distinguere tra il semplice ricordo di informazioni visuo-spaziali acquisite in precedenza che non necessitano di essere modificate e i processi attivi di integrazione, manipolazione e trasformazione di materiale precedentemente appreso o recuperato dalla MLT, per produrre un output che potrà essere mantenuto nel magazzino passivo o generare un output esterno. Il ricordo passivo di informazioni è generalmente meno compromesso in persone la cui prestazione in prove di MLVS attiva risulta inferiore alla media. Si può ipotizzare che i processi attivi e passivi siano dislocati lungo un continuum di elaborazione, in cui l'immagazzinamento passivo modalità-specifico è relativamente indipendente dai processi centrali; tuttavia, man mano che si sale lungo il continuum e le richieste da parte del compito di integrazione e manipolazione del materiale aumentano, cresce anche la domanda di processi centrali (Vecchi & Cornoldi, 1998; Vecchi, Phillips, & Cornoldi, 2001). È probabilmente a causa di questa loro particolare natura che non è stato ancora riportato in letteratura un chiaro esempio di doppia dissociazione tra processi attivi e passivi. Questa difficoltà può essere ricondotta anche alla mancanza di procedure sperimentali adeguate nello studio dei processi attivi visuo-spaziali; i compiti visuo-spaziali

potrebbero richiedere sia funzioni di semplice immagazzinamento che di elaborazione attiva. Inoltre, molte prove di MLVS attiva potrebbero dipendere almeno in parte dai processi passivi; questo spiegherebbe perché sono stati riportati pochi casi di danno selettivo alle componenti passive della memoria visuo-spaziale. Morton e Morris (1995) hanno descritto una paziente con lesione parieto-occipitale sinistra che mostrava un sostanziale mantenimento delle funzioni più periferiche a scapito di un deficit di elaborazione visuo-spaziale in compiti di rotazione e di scanning di figure.

La distinzione tra componenti passive e attive all'interno della MLVS ha trovato conferme soprattutto grazie a studi sulle differenze individuali rivolti a diverse categorie di persone. Diversi studi hanno dimostrato che le persone non vedenti hanno prestazioni simili ai controlli in prove di ricordo di posizioni, mentre cadono drasticamente in compiti che richiedono di modificare o integrare degli stimoli visuo-spaziali (Vecchi, 1998; Vecchi, Monticelli & Cornoldi, 1995). Altri studi hanno individuato una superiorità degli uomini in compiti di rotazione mentale o trasformazione, al contrario le donne mostrano un vantaggio in compiti quali il riconoscimento di figure o di giudizio di vividezza delle immagini (Harshman & Paivio, 1987). Infine, studi sullo sviluppo della MLVS lungo l'intero arco di vita hanno sostenuto che la quantità di elaborazione visuo-spaziale sia una variabile determinante per spiegare il miglioramento delle prestazioni da parte dei bambini durante la fase di sviluppo e del declino di performance negli anziani (Salthouse & Mitchell, 1989; Swanson, 1996).

### I.3.3. Le funzioni della MLVS

La MLVS gioca un ruolo fondamentale in un'ampia varietà di compiti cognitivi complessi, quali, ad esempio, il ragionamento (Engle et al., 1999b; Kane, Hambrick, Tuholski, Wilhelm, Payne & Engle, 2004; Tillman, Nyberg & Bohlin, 2008); l'apprendimento di procedure complesse (Logie, Baddeley, Mane, Donchin & Sheptak, 1988); il ricordo della posizione di oggetti (Zimmer, Speiser, & Seidler, 2003). In particolare, le abilità visuo-spaziali sono coinvolte in compiti di orientamento e navigazione nell'ambiente (Baddeley, 1990; Kirasic, 1991; Pazzaglia & Cornoldi, 1999). Pazzaglia e Cornoldi (1999) hanno trovato che il ricordo di descrizioni spaziali era correlato alla MLVS. Infatti, i partecipanti con un alto punteggio nel test di Corsi mostravano un miglior ricordo della descrizione di un percorso (Esperimento 1); inoltre, è emerso che il ricordo di percorsi veniva distrutto da un compito concomitante di ricordo di posizioni di oggetti più che da un compito verbale concorrente (Esperimento 2). Recenti evidenze hanno supportato l'ipotesi di un selettivo coinvolgimento della MLVS anche nel processo di apprendimento di percorsi in ambienti reali (Garden, Cornoldi, & Logie, 2002); in particolare, Coluccia, Bosco e Brandimonte (2007) hanno specificato che è essenzialmente la componente simultanea della MLVS ad essere coinvolta in

questo tipo di compiti. Coluccia (2008) ha, inoltre, specificato che la MLVS gioca un ruolo fondamentale solo nell'apprendimento di 'posizioni assolute', ovvero la posizione di *landmark* in riferimento ad un sistema strutturato di coordinate; al contrario, la MLVS non sembra essere coinvolta nell'apprendimento di 'posizioni relative' di *landmark*. Similmente, la MLVS sembra coinvolta nella comprensione e nel ricordo di testi spaziali. In una serie di esperimenti, De Beni, Pazzaglia, Gyselick e Meneghetti (2005) hanno verificato l'ipotesi che le componenti verbali e spaziali della MdL siano differentemente coinvolte nella comprensione e nel ricordo di testi spaziali e non-spaziali; infatti, i risultati hanno evidenziato una interferenza selettiva del compito concorrente spaziale sul testo spaziale; al contrario, il compito secondario verbale interferiva con entrambi i tipi di testo. Gli autori concludono che la componente verbale della MdL è coinvolta nella comprensione e nel ricordo di testi; inoltre, il coinvolgimento della MLVS emerge qualora il testo includa informazioni visuo-spaziali. La MLVS interviene nella comprensione dei testi illustrati; in una serie di studi volti ad analizzare l'effetto facilitatorio delle figure illustrative, hanno evidenziato il ruolo della MLVS nell'integrare il testo con le figure in esso presenti (Gyselinck, Cornoldi, Dubois, De Beni & Ehrlich, 2002; Gyselinck, Jamet, & Dubois, 2008; Gyselinck & Tardieu, 1999). Ad esempio, Gyselinck et al. (2002) dimostrano l'importanza della MLVS nell'integrare testi e illustrazioni utilizzando il paradigma dell'interferenza selettiva. Ai partecipanti venivano presentati testi con illustrazioni con e senza interferenza spaziale e verbale; è emerso, infatti, che solo il compito interferente spaziale, e non la soppressione articolatoria, era in grado di cancellare l'effetto facilitatorio delle figure.

Un'altra delle funzioni della MLVS è quella di manipolare spontaneamente immagini sia ricevute direttamente dall'esperienza percettiva sia generate a partire da informazioni provenienti dalla MLT senza alcun supporto visivo esterno (Cornoldi, De Beni, Giusberti & Massironi, 1998): si parla rispettivamente di traccia visiva e di immagine generata. La prima richiede un livello attentivo minimo, spesso preattentivo; l'oggetto rappresentato è un oggetto fenomenico, per cui viene mantenuta un'analogia quasi completa con la percezione rispettando molte delle proprietà sensoriali. Le immagini generate, invece, richiedono un controllo attentivo elevato; inoltre, l'analogia con la percezione è minima dato che l'oggetto della rappresentazione è immaginato e caratterizzato da proprietà concettuali. Il ruolo della MLT è fondamentale non solo nella predisposizione ed identificazione degli stimoli, come per le tracce visive, ma anche per la costruzione delle immagini. Nel corso degli anni sono stati proposti diversi modelli che tentano di descrivere come e dove le immagini vengono formate e mantenute. Oltre ai modelli descritti in precedenza (Baddeley & Hitch, 1974; Cornoldi & Vecchi, 2000; 2003; Logie, 1995), che prevedono una struttura di MdL che serve anche da buffer temporaneo per l'elaborazione di immagini mentali,

interessante è il contributo fornito da Kosslyn (1980), uno dei maggiori studiosi nell'ambito delle immagini mentali. Secondo il suo modello, le immagini mentali vengono formate sul buffer visivo, che ha proprietà analogiche, direttamente in seguito all'osservazione di uno stimolo (*loading*) oppure in maniera indiretta grazie al contributo della MLT (*generation*). Nella MLT esistono rappresentazioni "letterali", che conservano l'informazione sull'aspetto esterno dell'oggetto, e rappresentazioni "proposizionali", che descrivono l'oggetto sotto forma di una lista di proposizioni, a cui si accede tramite nomi che indicano il contenuto dell'immagine. Kosslyn (1980) ipotizza, inoltre, l'esistenza di tre processi, ovvero di generazione, di ispezione e di trasformazione. Il primo processo ha la funzione di creare l'immagine nel buffer agendo sull'apparenza degli oggetti e sulla loro struttura spaziale. Il processo di ispezione permette di esaminare le aree attivate nel buffer al fine di riconoscere forme e configurazioni spaziali degli oggetti immaginati. L'ultimo processo serve a modificare le immagini. Le immagini all'interno del buffer sono soggette a decadimento ed è quindi necessario rinfrescarle tramite processi di "ripetizione mentale visiva" (*visual rehearsal*).

Una serie di ricerche ha studiato il ruolo della MLVS nella matematica; Kyttälä, Aunio, Lehto, Van Luit e Hautamäki (2003) hanno trovato che la componente simultanea della MLVS è correlata alla pre-abilità matematiche in bambini prescolari; McLean e Hitch (1999) hanno osservato che bambini con difficoltà aritmetiche mostrano prestazioni basse in prove di MLVS sequenziale; bambini con difficoltà di apprendimento non verbale mostrano deficit in MLVS (Cornoldi, Rigoni, Tressoldi & Vio, 1999). Un recente studio di Kyttälä e Lehto (2008) ha chiarito che differenti componenti della MLVS sono coinvolte in differenti compiti matematici: la MLVS simultanea, assieme all'intelligenza fluida, predice le prestazioni generali in matematica e il successo in prove di calcolo a mente. La componente sequenziale della MLVS, oltre all'intelligenza fluida, sembra coinvolta nella soluzione di problemi; infine, la geometria sembra invece collegata sia a prove di intelligenza fluida che a prove attive di MLVS. Tutti questi risultati supportano l'ipotesi avanzata da Heathcote (1994) secondo cui la MLVS funzionerebbe come una lavagna mentale per le operazioni matematiche.

#### I.4. Conclusioni

Negli ultimi decenni l'interesse per la MdL è cresciuto notevolmente in ragione del fatto che essa rappresenta il sistema deputato al mantenimento ed all'elaborazione di informazioni utili per l'esecuzione di numerose attività complesse, come la comprensione, l'apprendimento ed il ragionamento. Nel corso degli anni il concetto di MdL ha subito una costante evoluzione, in seguito

alle numerose formulazioni e riformulazioni di modelli proposti dai vari autori al fine di descriverlo. Nel presente capitolo abbiamo presentato tre dei tanti modelli di MdL presenti in letteratura (Baddeley, 1986; Cornoldi & Vecchi, 2003; Engle et al., 1999b) ed il modello di Logie (1995), che ha approfondito principalmente lo studio della MLVS.

Nel resto del capitolo ci si è focalizzati sulla MLVS e sulla sua architettura. Numerose ricerche in tale ambito hanno prospettato la possibilità di distinguere all'interno del sistema alcune sottocomponenti distinte; le dicotomie maggiormente indagate sono state quelle tra ricordo passivo ed elaborazione attiva delle informazioni visuo-spaziali, e quelle tra le sottocomponenti visiva e spaziale, e all'interno di quest'ultima la distinzione tra informazioni spaziali categoriali e coordinate e tra processi sequenziali e simultanei. Particolare attenzione è stata rivolta alle principali funzioni attribuite alla MLVS; essa, infatti, gioca un ruolo fondamentale in un'ampia varietà di compiti cognitivi complessi, quali ad esempio, il ragionamento, l'apprendimento di procedure complesse, il ricordo della posizione di oggetti e così via (Kane et al., 2004; Logie et al., 1988; Zimmer et al., 2003).

Nel prossimo capitolo, verranno trattati i processi di controlli in MdL; in particolare, ci si soffermerà sulle funzioni esecutive, in grado di coordinare i diversi processi cognitivi e, quindi, di assicurare la massima flessibilità al comportamento umano. Verrà successivamente affrontato il dibattito circa la natura frazionaria delle funzioni esecutive e verrà presentata una tassonomia di tali processi, prestando particolare attenzione ai processi di aggiornamento delle informazioni presenti in memoria.

## CAPITOLO II

# I PROCESSI DI CONTROLLO NELLA MEMORIA DI LAVORO

### II.1. Introduzione

Come si è visto nel capitolo precedente, la MdL non riguarda direttamente la memoria, quanto piuttosto l'abilità di utilizzare una componente attentiva/esecutiva in grado di mantenere attive in memoria solo le informazioni rilevanti per il compito che si sta svolgendo, e di sopprimere al tempo stesso le informazioni irrilevanti o interferenti (Engle et al., 1999a). Lo stesso Baddeley (1990; 1996) sostiene che l'Esecutivo Centrale funzioni più come un sistema attentivo che come un magazzino di memoria e, per questo, adotta il modello di controllo attentivo del comportamento, proposto da Norman e Shallice (1986), come utile base per concettualizzare la componente esecutiva della MdL. Norman e Shallice (1986) propongono una distinzione tra due modi di controllo dell'azione: un controllo automatico basato sul Sistema di Selezione Competitiva (*Contention Scheduling*), che ha lo scopo di attivare e inibire particolari schemi d'azione, e un controllo attentivo deliberato attraverso il Sistema Attentivo Supervisore (*Supervisor Attentional System*), che opera influenzando il processo di selezione del Sistema di Selezione Competitiva. Questo modello si basa, infatti, sul principio di organizzazione gerarchica dei processi cognitivi, in quanto il Sistema Attentivo Supervisore non interviene nell'acquisizione e nel consolidamento degli schemi d'azione, ma solo nel loro assemblaggio, che può essere diverso da momento a momento, secondo le necessità del comportamento da mettere in atto. In altre parole, il Sistema Attentivo Supervisore non controlla direttamente il comportamento, piuttosto modula i livelli più bassi del Sistema di Selezione Competitiva; in effetti, il Sistema Attentivo Supervisore, coinvolto nella genesi delle azioni volontarie, interviene solo quando la selezione delle routine di base da parte del Sistema di Selezione Competitiva è insufficiente, come nel caso in cui il soggetto deve prendere delle decisioni o si trova in situazioni nuove o di pericolo. Shallice (1988) aggiunge che la corteccia prefrontale opera come Sistema Attentivo Supervisore, in grado di esercitare un controllo strategico

sui diversi processi cognitivi, dislocando selettivamente l'attenzione su di un processo al posto di un altro; inoltre, l'autore sostiene che la maggior parte dei deficit conseguenti a danno frontale possono essere ricondotti ad un deficit del Sistema Attentivo Supervisore che, una volta lesionato, non sarebbe più in grado di programmare e pianificare il comportamento dei pazienti, lasciando questi ultimi esclusivamente sotto il controllo del Sistema di Selezione Competitiva.

## II.2. Controllo attentivo e differenze individuali

Uno dei primi compiti proposti per misurare la capacità della MdL è il *Reading Span Task* (Daneman & Carpenter, 1980). In questa prova, ai partecipanti viene chiesto di leggere liste di frasi e di giudicare la veridicità di ogni frase (il numero di frasi all'interno delle liste va da 2 a 6) e successivamente, alla fine della presentazione di ogni lista, di ricordare l'ultima parola di ogni frase nell'ordine in cui sono state presentate. Un'altra classica prova per misurare la capacità di MdL è l'*Operation Span Task*, proposta da Turner e Engle (1989), in questa prova i partecipanti devono risolvere semplici operazioni aritmetiche e leggere ad alta voce e successivamente ricordare le parole che seguivano ogni operazione. Queste prove vanno distinte dai compiti di span di MBT (che richiedono un basso controllo attentivo, in quanto prevedono il mantenimento passivo delle informazioni). La richiesta extra di elaborazione nelle prove di MdL occupa l'Esecutivo Centrale, impedendogli un adeguato *refresh* delle tracce presenti in MdL (Heitz, Unsworth & Engle, 2005). Le prestazioni in prove che misurano la MdL sono predittive della prestazione in una varietà di compiti cognitivi complessi (Daneman & Carpenter, 1980; Engle et al., 1991; Kyllonen & Christal, 1990); in particolare, numerose ricerche riportano che la componente 'esecutiva', attentiva della MdL sia responsabile della covariazione tra le misure di MdL e la cognizione complessa (Conway & Kane, 2001; Engle, 2001; 2002; Engle et al., 1999a). In altre parole, come sostengono Kane e Engle (2003), l'utilità predittiva delle prove di MdL risiede proprio nella componente attentiva della MdL, che regola l'attivazione delle rappresentazioni presenti in memoria, in modo da mantenerle nel focus attentivo facendo fronte a distrazioni e interferenza (Engle, 2002).

Engle et al. (1999a) affermano che il controllo attentivo è alla base delle differenze individuali e di gruppo. Tali differenze nella capacità della MdL riflettono differenze nel controllo attentivo, che permette il mantenimento attivo di rappresentazioni, piani d'azione e obiettivi, soprattutto nelle situazioni che implicano interferenza da parte di rappresentazioni attivate automaticamente o distrazioni che potrebbero in qualche modo distogliere l'attenzione dalle rappresentazioni attualmente necessarie (Engle, 2001, 2002; Engle et al., 1999a; Engle et al.,

1999b). Ad esempio, in presenza di interferenza, è molto probabile che vengano recuperate informazioni e schemi d'azione irrilevanti per il compito che si sta svolgendo, con conseguente produzione di errori o rallentamento della prestazione (es.: Norman, 1981; Reason, 1990).

Numerose evidenze sperimentali hanno confermato che le differenze individuali in compiti di capacità di MdL riflettono effettivamente l'abilità nell'utilizzo dell'attenzione controllata per prevenire distrazioni che provengono dall'ambiente circostante o l'interferenza di informazioni immagazzinate in MLT. Ad esempio, Kane e Engle (2000) hanno analizzato la relazione tra la capacità della MdL e la suscettibilità all'interferenza, ipotizzando che, se il controllo attentivo è indispensabile in situazioni di interferenza, allora la capacità di combattere l'interferenza in condizioni di attenzione divisa dovrebbe risultarne danneggiata. Dai risultati emerge chiaramente che le prestazioni dei partecipanti con ridotta capacità di MdL diminuivano man mano che si procedeva con le prove, in altre parole erano più sensibili all'interferenza proattiva rispetto ai partecipanti con alta capacità di MdL. Tuttavia, i due gruppi non differivano in condizioni di doppio compito, in quanto le prestazioni dei partecipanti con alta capacità di MdL diminuivano a causa del maggior carico cognitivo; al contrario, le prestazioni dei partecipanti con bassa capacità di MdL non venivano intaccate dal doppio compito. Il fatto che l'attenzione divisa aumenti l'interferenza proattiva nei partecipanti con alta capacità di MdL ma non intacchi la prestazione dei partecipanti con bassa capacità di MdL evidenzia come questi ultimi, a differenza dei primi, non utilizzino il controllo attentivo per prevenire l'interferenza proattiva in condizioni normali. Anche altre ricerche hanno confermato che i soggetti con alta capacità di MdL sono coloro che possiedono buone possibilità di far fronte all'interferenza proattiva derivante da informazioni precedenti (Lustig, May & Hasher, 2001; May, Hasher & Kane, 1999).

Differenze tra persone con alta e bassa capacità di MdL sono emerse anche nel compito di Stroop (Kane & Engle, 2003). Nel compito di Stroop i partecipanti devono denominare il più velocemente possibile il colore con cui sono scritte le parole, senza badare al loro significato. Alcuni stimoli sono congruenti (es.: ROSSO scritto in rosso) e altri incongruenti (es.: ROSSO scritto in verde). Nel caso di stimoli Stroop incongruenti vi è una forte tendenza a fornire una risposta sbagliata, in quanto si tende a leggere la parola, invece di denominare il suo colore. Una corretta esecuzione di questo compito richiede un elevato controllo attentivo al fine di mantenere l'obiettivo di denominare il colore anche quando lo stimolo Stroop elicitava la risposta preponderante di leggere la parola. Kane e Engle (2003) hanno variato la percentuale di stimoli Stroop congruenti al fine di manipolare la facilità con cui si riesce a mantenere l'obiettivo del compito (maggiore è la percentuale di stimoli Stroop congruenti, più difficile sarà mantenere l'obiettivo). Dai risultati emerge che i partecipanti con bassa capacità di MdL riportavano un numero di errori maggiore di

quello delle persone con alta capacità di MdL, solo quando la percentuale di stimoli Stroop congruenti era molto alta, ovvero quando il contesto rende difficile il mantenimento dell'obiettivo appropriato al compito. Questi risultati evidenziano due importanti funzioni della MdL: 1) il mantenimento degli obiettivi (es.: denominare il colore e non leggere la parola) e 2) la gestione dell'interferenza inibendo le risposte preponderanti (nelle prove con stimoli Stroop incongruenti) (Heitz et al, 2005). Anche utilizzando altri paradigmi, quali l'ascolto dicotico (Conway, Cowan, & Bunting, 2001) e l'*antisaccade test* (Kane, Bleckley, Conway, & Engle, 2001), emerge chiaramente che i compiti che richiedono un alto controllo attentivo per mantenere attivamente le informazioni, inibire informazioni interferenti o distraenti, o bloccare risposte preponderanti, sono in grado di distinguere tra soggetti con alta e bassa capacità di MdL.

### II.3. Le funzioni esecutive: natura unitaria o frazionaria

Generalmente, ci si riferisce ai processi che controllano e regolano i nostri pensieri e le nostre azioni con il termine di funzioni esecutive. Hedden e Gabrieli (2004) definiscono i processi esecutivi come quei meccanismi cognitivi scopo-generalmente deputati all'organizzazione e alla manipolazione delle informazioni presenti in MdL e allo *switching* tra più compiti o fonti di informazioni. Nonostante negli ultimi anni la psicologia cognitiva abbia compiuto notevoli progressi nei vari domini cognitivi, che hanno portato alla formulazione di un considerevole numero di teorie e modelli, permane tuttora "un'area imbarazzante di quasi totale ignoranza" (Monsell, 1996, p.93), che riguarda appunto le funzioni esecutive. Manca, infatti, una teoria adeguata circa questi meccanismi di controllo in grado di coordinare i diversi processi cognitivi e, quindi, di assicurare la massima flessibilità al comportamento umano, che altrimenti sarebbe limitato ad attività stereotipate.

La ricerca sulle funzioni esecutive affonda le sue radici negli studi neuropsicologici su pazienti con lesioni ai lobi frontali, che presentano una specifica difficoltà nel controllo volontario del comportamento senza manifestare alcun problema nell'esecuzione di sequenze d'azione abituali. Questi pazienti, tipicamente, vanno bene in specifici compiti cognitivi e in test di intelligenza, ma le loro prestazioni in una serie di compiti esecutivi risultano estremamente danneggiate (Damasio, 1994). Un'ipotesi molto accreditata, infatti, associa le funzioni esecutive, considerate tipicamente "umane", ai lobi frontali, ed in particolar modo alle aree prefrontali (Smith & Jonides, 1999). Làdavas e Berti (1999) elencano una serie di ragioni a sostegno di tale ipotesi; in primo luogo, nell'uomo questa area corticale è molto più sviluppata rispetto alle altre regioni:

occupa circa un terzo dell'intero cervello. In aggiunta, essa è collegata a tutti i sistemi funzionali del cervello, in quanto è molto ricca di connessioni sia afferenti che efferenti; infine, è una delle strutture cerebrali più recenti filogeneticamente e tra quelle che maturano più lentamente dal punto di vista ontogenetico.

Duncan, Johnson, Swales e Freer (1997), riprendendo un lavoro di Teuber (1972) intitolato "Unità e diversità del lobo frontale", hanno avanzato una questione piuttosto controversa che ha caratterizzato lo studio delle funzioni esecutive negli ultimi anni: le differenti funzioni che generalmente vengono attribuite all'Esecutivo Centrale (o Sistema Attentivo Supervisore) oppure ai lobi frontali riflettono l'attività di un medesimo meccanismo o abilità sottostante?

Le funzioni esecutive sono state a lungo considerate come una abilità unitaria; ad esempio, nelle iniziali formulazioni del suo modello di MdL, Baddeley (Baddeley & Hitch, 1974) aveva descritto l'Esecutivo Centrale come un sistema centrale ed unitario, non ipotizzando alcuna sottocomponente al suo interno. Anche recenti teorizzazioni hanno suggerito l'esistenza di una base comune o, comunque, di un meccanismo unificante che caratterizza la natura dei deficit nei pazienti con lesioni al lobo frontale (Duncan et al., 1997; Engle et al., 1999a).

Tuttavia, attualmente, sta acquistando sempre maggior consenso l'ipotesi di una natura non unitaria delle funzioni esecutive, viste come un insieme di processi di controllo volontario indipendenti e al tempo stesso interattivi tra loro. Lo stesso Baddeley (1996), in una successiva riformulazione del suo modello, ha suggerito che la componente esecutiva della MdL possa essere frazionabile in più sottocomponenti; l'idea, quindi, di un sistema centrale ed unitario viene soppiantata da quella di un sistema quasi-modulare e distribuito.

Alcune evidenze in tale direzione provengono da studi neuropsicologici che evidenziano la presenza di dissociazioni nelle prestazioni ai diversi compiti esecutivi. Ad esempio, alcuni pazienti con lesioni frontali mostrano difficoltà nel Wisconsin Card Sorting Test (WSCT), ma non nel test della Torre di Hanoi (TOH); al contrario, altri manifestano il pattern opposto (Godefroy, Cabaret, Petit-Chenal, Pruvo & Rousseaux, 1999; Shallice, 1988). Inoltre, studi di neuroimmagine hanno riportato una chiara dissociazione tra i vari processi; a tal proposito, Smith e Jonides (1999) hanno preso in considerazione studi che utilizzavano tecniche quali la tomografia ad emissione di positroni (PET) e la risonanza magnetica funzionale (fMRI), sottolineando come i vari compiti esecutivi attivino differenti aree della corteccia frontale. Anche studi sulle differenze individuali hanno portato prove a sostegno della natura frazionaria delle funzioni esecutive; in questi studi, rivolti a differenti popolazioni, è stata somministrata ai partecipanti una batteria di test ampiamente utilizzati per indagare i processi esecutivi. Sorvolando sui dettagli dei risultati, che ovviamente variano tra i diversi studi, dalle analisi correlazionali è risultato che le intercorrelazioni tra i vari compiti sono

estremamente basse (solitamente  $r = .40$  o meno) o addirittura non significative (Duncan et al., 1997; Lehto, 1996; Levin, Fletcher, Kufera, Harward, Lilly, Mendelsohn, Bruce, & Eisenberg, 1996; Lowe & Rabbitt, 1997). Tuttavia, Baddeley, Della Sala, Gray, Papagno, e Spinnler (1997) segnalano le rilevanti limitazioni a cui vanno incontro approcci d'analisi, quali quello fattoriale o correlazionale, quando tentano di portare prove a sostegno della natura non unitaria delle funzioni esecutive. In primo luogo, non è chiaro se la mancanza di correlazioni tra i compiti esecutivi (risultato comune ai vari studi sopra indicati) rifletta effettivamente la natura frazionaria delle funzioni esecutive (Miyake & Shah, 1999). Probabilmente, questo risultato è attribuibile alle richieste non esecutive di elaborazione (es.: elaborazione linguistica vs. elaborazione visuo-spaziale), differenti da compito a compito, che potrebbero aver mascherato la presenza di un comune fattore sottostante i compiti in questione. Quanto appena detto si collega al problema della cosiddetta "impurità del compito"; il ruolo delle funzioni esecutive è, infatti, quello di operare sugli altri processi cognitivi, i quali sono, quindi, intrinsecamente mescolati ad esse in un qualsiasi compito esecutivo. Di conseguenza, si deve essere estremamente cauti nell'interpretare come evidenze in favore della natura non unitaria delle funzioni esecutive le basse correlazioni tra i test esecutivi o le prestazioni deficitarie dei pazienti neuropsicologici a tali prove. A complicare ulteriormente la situazione si aggiunge anche la bassa affidabilità interna e test-retest di cui soffrono le prove in questione (Denckla, 1996). Non è ancora chiaro perché questo accada; probabilmente, quando le persone svolgono questi compiti, adottano strategie diverse in occasioni diverse. Inoltre, dato che il coinvolgimento dei processi di controllo è più massiccio quando il compito è nuovo, l'efficacia delle misure che indagano su tali processi si riduce in seguito a ripetute somministrazioni. Infine, è noto che misure con bassa affidabilità spesso mostrano scarse correlazioni con altre misure. Per concludere, le basse correlazioni tra i test esecutivi riscontrate nei vari studi sarebbero attribuibili più alla loro scarsa affidabilità che ad una reale indipendenza delle funzioni esecutive.

Un ulteriore problema riguarda la validità di costrutto di compiti esecutivi complessi, quali il WSCT e la TOH. Nonostante queste prove siano unanimemente considerate misure atte ad indagare i processi di controllo, la loro validità di costrutto non è stata ancora stabilita (Phillips, 1997); mancano, infatti, rigorose analisi teoriche ed evidenze empiriche in grado di stabilire cosa realmente queste prove vanno a misurare. Accade frequentemente che molti dei più noti compiti esecutivi siano validati per il semplice motivo di essere sensibili al danno frontale. La scarsa chiarezza attorno a questi compiti esecutivi si riflette nella proliferazione di termini e concetti usati per indicare le richieste di elaborazione dei diversi compiti (Miyake et al., 2000); ad esempio, differenti ricercatori hanno considerato il WSCT una misura dei processi di "inibizione", della "flessibilità

mentale”, del “*problem solving*”, dei processi di “categorizzazione”, e così via. Questo comporta anche delle serie difficoltà nell’interpretare quale costrutto relativo alle funzioni esecutive sia realmente rappresentato dai diversi fattori ottenuti tramite gli studi di analisi fattoriale. Come hanno notato Miyake et al. (2000), spesso le interpretazioni attribuite a tali fattori sono piuttosto arbitrarie e post-hoc.

Per riassumere, tutti i dati qui riportati evidenziano la scarsa efficacia degli studi di analisi fattoriale o correlazionale nel fornire dati utili alla formulazione di teorie e modelli sull’organizzazione delle funzioni esecutive e sul loro ruolo nella cognizione. Malgrado ciò, tutti i risultati riportati nei diversi ambiti di ricerca confermerebbero l’ipotesi secondo cui le funzioni esecutive possano essere scomposte in distinte caratteristiche funzionali e anatomiche (Baddeley, 1996; Shallice & Burgess, 1993), anche se non siamo ancora in grado di individuare un modello cognitivo e le componenti neurali relative ai diversi fenomeni implicati nelle funzioni esecutive.

#### II.4. Una tassonomia delle funzioni esecutive

In conseguenza dell’inefficacia degli studi di analisi correlazionale e fattoriale nella ricerca sulle funzioni esecutive, Miyake et al. (2000) hanno sottolineato la necessità di un nuovo approccio allo studio di questi importanti processi cognitivi, proponendosi di esaminare l’unità o la diversità di tre funzioni esecutive mediante dei metodi di analisi dei dati che estraggono le *variabili latenti* sottostanti alle misure cognitive. Nonostante manchi il consenso su una tassonomia definitiva relativa alle funzioni esecutive, lo studio di Miyake et al. (2000) si è focalizzato sulle tre funzioni esecutive più frequentemente postulate e studiate in letteratura: 1) lo *shifting* tra compiti o set mentali; 2) l’aggiornamento e il monitoraggio delle rappresentazioni presenti in MdL; e 3) l’inibizione di risposte predominanti o inappropriate (Baddeley, 1996; Smith & Jonides, 1999).

Le ragioni per cui Miyake et al. (2000) si sono focalizzati su queste tre funzioni esecutive sono molteplici: a) esse sono relativamente circoscritte e quindi più precisamente definibili dal punto di vista operativo; inoltre, sono funzioni ad un livello gerarchico più basso rispetto ad altre funzioni esecutive come la pianificazione; b) sono disponibili numerosi test relativamente semplici, molto noti e studiati, ritenuti misure abbastanza affidabili di queste funzioni; c) molto probabilmente le tre funzioni target sono richieste nella performance di compiti esecutivi più complessi (es.: il WCST sarebbe una misura sia di *shifting* che di inibizione). È intuibile come la comprensione di queste tre funzioni di base sia indispensabile ai fini di una corretta specificazione di cosa realmente i tradizionali test esecutivi misurino.

È utile a questo punto fermarsi a descrivere brevemente le tre funzioni in questione prima di passare ad analizzare i risultati dello studio di Miyake et al. (2000).

*Shifting tra compiti o set mentali (“Shifting”)*. Questa funzione riguarda l’abilità di spostare l’attenzione da un particolare compito o set mentale ad un altro; tale abilità, secondo i modelli di controllo attentivo, rappresenta un importante aspetto del controllo esecutivo (Norman & Shallice, 1986). È fondamentale per poter spiegare le difficoltà che incontrano sia i pazienti con danno frontale che i partecipanti ai test in laboratorio nei compiti che richiedono di passare da un compito ad un altro (Monsell, 1996). Si potrebbe interpretare il processo di *shifting* semplicemente come il disancoraggio da un compito o set ormai irrilevante e il successivo ancoraggio attivo ad uno più rilevante. Un crescente numero di evidenze neuropsicologiche e neurofisiologiche suggeriscono che i lobi frontali, in particolare il cingolo anteriore, sono coinvolti, assieme ad altre regioni cerebrali (aree occipitali e parietali) nello *shifting* tra compiti o set mentali; inoltre, le perseverazioni e le numerose ripetizioni della stessa risposta anche quando chiaramente questa non è più appropriata, che caratterizzano le prestazioni dei pazienti con danno frontale, potrebbero dipendere dalla difficoltà nel cambiare set mentale (Stuss & Benson, 1986).

*Aggiornamento e monitoraggio delle rappresentazioni presenti in MdL (“Updating”)*. La seconda funzione target è strettamente collegata alla nozione di MdL. La funzione di *updating* richiede sia il monitoraggio e la codifica delle informazioni in entrate, per poterne stabilire la rilevanza per il compito in svolgimento, sia la sostituzione di informazioni presenti nella MdL non più rilevanti con altre più nuove e rilevanti (Morris & Jones, 1990). È necessario sottolineare che il processo di aggiornamento permette non solo di mantenere le informazioni rilevanti per un dato compito all’interno della MdL, ma anche di manipolarle dinamicamente.

*Inibizione di risposte dominanti (“Inhibition”)*. L’ultima funzione esecutiva presa in considerazione riguarda l’abilità di inibire, o meglio, sopprimere deliberatamente risposte predominanti, automatiche, quando queste sono oramai inappropriate. Questa funzione è collegata ai lobi frontali ed è coinvolta nel prototipico compito di Stroop, in cui è necessario inibire la tendenza a produrre una risposta automatica, come quella di leggere la parola che indica un colore.

I risultati di questo studio (Miyake et al., 2000) si sono dimostrati estremamente interessanti, in quanto suggeriscono che le tre funzioni esecutive target sono chiaramente distinguibili, anche se non completamente indipendenti tra loro, in quanto sembrano condividere un qualche fattore comune sottostante. In altre parole, le funzioni esecutive di *shifting*, *updating* e *inhibition* sono costrutti separabili, ma allo stesso tempo, moderatamente correlati, evidenziando la natura sia unitaria che frazionaria delle funzioni esecutive (Figura II.1). Questi risultati aiutano a dipanare la controversia “unitarietà vs diversità”, che negli ultimi anni ha animato il dibattito relativo alle

funzioni esecutive, osservando che una semplice dicotomia non basta per spiegare tale fenomeno, ma è necessario prendere in considerazione entrambi gli aspetti per avere una visione più particolareggiata delle funzioni esecutive.

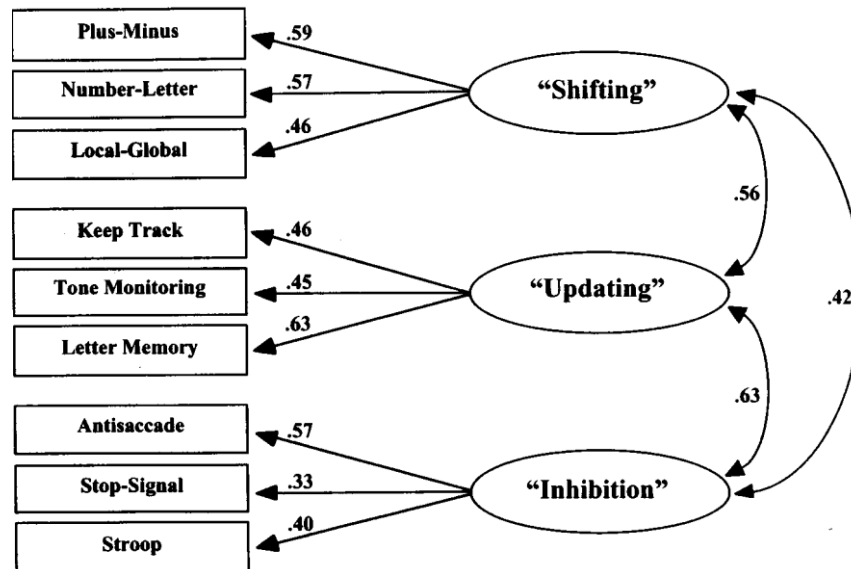


Figura II.1. Il modello di equazioni strutturali a 3 fattori individuato da Miyake et al. (2000).

Gli autori hanno tentato di interpretare quale sia la natura dell'unitarietà sottostante le funzioni esecutive proponendo due spiegazioni possibili. Nella prima si ipotizza che i compiti impiegati nello studio, nonostante indagano specifiche funzioni, potrebbero condividere alcune comuni richieste del compito, quali il mantenimento degli obiettivi e delle informazioni sul contesto all'interno della MdL. Di conseguenza, l'abilità di mantenere attivamente nella MdL le informazioni riguardanti gli obiettivi assieme ad altre informazioni rilevanti per il compito, durante i processi di elaborazione attiva, sarebbe alla base dell'unitarietà osservata tra le tre funzioni esecutive. Un'altra possibile spiegazione suppone che tutte e tre le funzioni esecutive, per poter operare in modo adeguato, coinvolgano una qualche forma di processo inibitorio. Facciamo un esempio, la funzione di *updating* richiederebbe di ignorare le informazioni irrilevanti in entrata oltre che di sopprimere quelle non più rilevanti; allo stesso modo, la funzione di *shifting*, per poter passare ad un nuovo set mentale, necessiterebbe di sopprimere o disattivare il set mentale precedente. In aggiunta, questo tipo di inibizione, che consisterebbe nella soppressione di informazioni o set mentali irrilevanti o non più necessari, potrebbe essere correlato con il processo deliberato e controllato di inibizione di risposte predominanti, ovvero la funzione di *inhibition*.

Un altro importante risultato che emerge dallo studio di Miyake et al. (2000) dimostra che i test esecutivi complessi, frequentemente utilizzati in studi cognitivi e neuropsicologici, non sono completamente omogenei, in quanto le diverse funzioni esecutive operano diversamente durante

l'esecuzione di tali compiti. Ad esempio, gli autori hanno riscontrato che lo *shifting* gioca un ruolo importante nel *Wisconsin Card Sorting Test*, e l'*inhibition* nella prova della *Tower of Hanoi*; invece, le prestazioni nel *Tower of Hanoi Task* dipendono sia dall'*inhibition* che dall'*updating*.

Infine, Miyake et al. (2000) fanno alcune precisazioni; in primo luogo, affermano che le tre funzioni esecutive analizzate nella loro ricerca non sono assolutamente le uniche funzioni esecutive di base. La loro è stata, infatti, una selezione pragmatica, che effettivamente ha permesso di fare un primo passo verso la comprensione della natura delle funzioni esecutive; permangono, tuttavia, ancora numerosi interrogativi riguardo alle altre importanti funzioni di base e la relazione esistente tra queste funzioni di base e le funzioni esecutive più complesse, come ad esempio la pianificazione. A tal proposito è interessante riportare lo studio di Fisk e Sharp (2004), che, nel tentativo di confermare i risultati di Miyake et al. (2000), hanno esteso il loro campione, somministrando a soggetti dai 20 agli 81 anni una serie di test esecutivi. Alcuni di questi test sono gli stessi utilizzati da Miyake et al. (2000); in aggiunta, Fisk e Sharp (2004) hanno somministrato anche una prova di fluente verbale, di generazione casuale di lettere e il compito delle sequenze spaziali di Brooks. In generale, i risultati ottenuti in questo studio sono consistenti con quelli di Miyake et al. (2000) e dimostrano che le differenze tra le funzioni di *shifting*, *updating* e *inhibition* si possono generalizzare anche ad un campione più ampio ed eterogeneo di soggetti. Un risultato interessante ed in parte inaspettato riguarda le misure ai compiti di fluente verbale e di generazione casuale di lettere; infatti, come avevano ipotizzato i due ricercatori, il presente studio dimostra che la fluente verbale sembra poggiare su di un quarto processo esecutivo, collegato all'efficienza con cui si ha accesso agli item provenienti dalla MLT. In aggiunta, anche le misure di generazione casuale di lettere sembrano associate a tale componente piuttosto che alla funzione di *updating*, come invece riscontrato in Miyake et al. (2000). Probabilmente, il compito di generazione casuale di lettere, a differenza del compito di generazione casuale di numeri (usato da Miyake et al., 2000), oltre ad utilizzare la componente di *inhibition*, coinvolgerebbe anche ad un ulteriore processo esecutivo legato all'efficienza nell'accedere alle informazioni in MLT.

## II.5. L'aggiornamento delle informazioni in MdL

In questo paragrafo ci si focalizzerà sulla funzione di aggiornamento, che permette, come anticipato in precedenza, di modificare i contenuti della MdL per fare spazio a nuovi input (Morris & Jones, 1990). L'aggiornamento, inoltre, costituisce il modo più tipico con cui la MdL è coinvolta nel funzionamento psicologico (Carretti, Cornoldi, De Beni & Romanò, 2005); l'obiettivo

fondamentale della MdL è, infatti, quello di mantenere temporaneamente e di elaborare informazioni che variano continuamente per poter venire incontro alle richieste attuali del compito. È poco plausibile che tali cambiamenti nei contenuti in MdL consistano semplicemente nella sostituzione di vecchie informazioni con altre più recenti; sembra più probabile che abbia luogo un *updating* delle vecchie informazioni in base alla comparazione di queste con il nuovo materiale in ingresso. Palladino et al. (2001) spiegano che l'*updating* non è semplicemente un processo di mantenimento-sostituzione del tipo “tutto o niente”, ovvero il soggetto non elimina gli item non più rilevanti all'arrivo di nuove informazioni (Morris & Jones, 1990); l'aggiornamento è qualcosa di più complicato, in quanto è plausibile ipotizzare che tale processo attribuisca differenti livelli di attivazione agli item presentati e aggiorni continuamente tale livello mentre mantiene un più ampio insieme di elementi attivati. Gli errori di intrusione sarebbero dovuti ad un elevato livello di attivazione di item non target (Palladino et al., 2001). Inoltre, l'aggiornamento delle informazioni presenti in MdL è solitamente particolarmente *demanding* dal punto di vista delle risorse attentive, dato che implica la sostituzione di vecchi item con nuove e più rilevanti informazioni (Carretti, Cornoldi & Pelegrina, 2007). Sono stati descritti due meccanismi coinvolti nei processi di *updating* numerico: 1) il meccanismo di comparazione, che permette di selezionare gli item presenti in memoria attraverso la comparazione tra vecchi e nuovi item e 2) il meccanismo di sostituzione, che necessariamente segue la comparazione e permette l'aggiornamento dei contenuti presenti in memoria. Carretti et al. (2007) affermano che il meccanismo della sostituzione viene influenzato dalla richiesta di soppressione, legata al livello di attivazione degli item e al numero di aggiornamenti richiesti; in altre parole, è richiesto uno sforzo maggiore per ridurre l'attivazione di item non più rilevanti rispetto ad item immediatamente esclusi in quanto non compatibili con il criterio di selezione previsto del compito. Emerge chiaramente il ruolo che i meccanismi inibitori, intesi come l'abilità di resistere all'intrusione di informazioni non più rilevanti per il compito, giocano nelle prestazioni in compiti in MdL (Friedman & Miyake, 2004); le funzioni di *updating* e di inibizione sarebbero, quindi, due facce della stessa medaglia (Bunting & Conway, 2002). A questo punto, è necessario precisare che i meccanismi coinvolti dipendono del tipo di compito di *updating* utilizzato (Carretti et al., 2007). Infatti, nei compiti di aggiornamento basati sul criterio di recenza, è richiesto il solo meccanismo di sostituzione, mentre il meccanismo di comparazione non è coinvolto; al contrario, in compiti in cui le informazioni in ingresso vengono comparate secondo un criterio di rilevanza con quelle mantenute temporaneamente in memoria, anche il meccanismo di comparazione viene coinvolto al fine di escludere dinamicamente gli item non più rilevanti per far spazio a quelli rilevanti (per una descrizione più dettagliata dei compiti di aggiornamento, vedi paragrafo II.5.1).

Il processo di aggiornamento sembra giocare un ruolo critico in varie attività quotidiane, come l'abilità di comprendere testi scritti (Carretti et al., 2005; Palladino et al., 2001). In effetti, sembra che la MdL svolga un ruolo critico nella comprensione dei testi, probabilmente mediante il processo di *updating*. È un'esperienza comune a tutti durante la lettura di un testo la necessità di dover continuamente cambiare i contenuti presenti in memoria, nello specifico, di mantenere le informazioni attualmente importanti ed eliminare le informazioni non più rilevanti. Per poter comprendere un testo, le informazioni devono essere necessariamente mantenute nel sistema di memoria temporaneo; essendo noti i limiti di capacità della MdL, un suo buon uso non consiste semplicemente nel mantenere quante più informazioni possibili, ma nel selezionare e aggiornare continuamente queste informazioni; di conseguenza, la quantità di informazioni resa disponibile in MdL può essere perfino irrilevante (Palladino et al., 2001). Un bravo lettore è, infatti, in grado di scegliere le informazioni più interessanti presenti nel testo che sta analizzando e di utilizzarle al momento giusto, in modo da disambiguare quella parte di testo. In una serie di esperimenti, Palladino et al. (2001) hanno somministrato diversi compiti di *updating* ad adolescenti e giovani adulti raggruppati in bravi e cattivi lettori sulla base della loro abilità di comprendere testi. Dai risultati è emerso che i cattivi lettori ricordano meno item rispetto ai bravi lettori e inoltre fanno più errori di intrusione (ricordo di item rilevanti, ma non target). I risultati dello studio di Carretti et al. (2005) con bambini di età compresa tra gli otto e gli undici anni hanno confermato quanto riscontrato da Palladino et al. (2001). I risultati di entrambi gli esperimenti dimostrano che i cattivi lettori incontrano maggiori difficoltà nei compiti in cui è richiesto di selezionare le informazioni rilevanti e di sopprimere quelle irrilevanti. La loro prestazione è deficitaria soprattutto quando informazioni inizialmente rilevanti diventano irrilevanti. Di conseguenza, il problema principale dei cattivi lettori risiederebbe nell'abilità di controllare le informazioni attivate (Carretti, Cornoldi, De Beni, & Palladino, 2004; De Beni, Palladino, Pazzaglia, & Cornoldi, 1998). Concludendo, questi risultati sottolineano l'importanza dei processi di aggiornamento e di inibizione nella relazione tra MdL e comprensione di testi.

L'abilità di selezionare e aggiornare informazioni rilevanti sopprimendo quelle non più rilevanti sembra esser legata anche all'abilità di risolvere problemi aritmetici (Passolunghi & Pazzaglia, 2005). Già nel 1995 Lehto aveva dimostrato l'importanza dei processi di *updating* nelle prestazioni in compiti di matematica; successivamente, Passolunghi e Pazzaglia (2005) hanno trovato che i soggetti con basse capacità di *problem-solving* mostravano scarse prestazioni in prove di *updating*, in quanto ricordavano un minor numero di item target e facevano un maggior numero di errori di intrusione. I risultati di questo studio supportano l'ipotesi che il successo in prove di *problem-solving*, e più in generale in prove di MdL, sia legata all'abilità di ricordare informazioni

target e allo stesso tempo di controllare e sopprimere altre informazioni potenzialmente rilevanti, ma non target.

### II.5.1. I principali compiti di aggiornamento

Il *Running Memory Task*, un paradigma inizialmente introdotto da Pollack, Johnson e Knaff (1959) e successivamente riadattato da Morris e Jones (1990), è il compito classico più ampiamente utilizzato per misurare i processi di aggiornamento in MdL. Questo compito richiede ai partecipanti di aggiornare i contenuti presenti all'interno della MdL, in quanto viene chiesto loro di guardare, o ascoltare, delle liste di lettere, la cui lunghezza è sconosciuta, e successivamente di ricordare serialmente un determinato numero di item finali, solitamente gli ultimi quattro. Dato che i partecipanti non conoscono la lunghezza della lista, sono costretti ad aggiornare gli ultimi item. Sulla base dei risultati del loro studio, Morris e Jones (1990) concludono che l'Esecutivo Centrale sarebbe in grado di effettuare numerosi *updating* in rapida successione senza necessariamente sovraccaricarsi oppure avrebbe un tasso di "recupero" estremamente rapido nel performare tali operazioni. Tuttavia, alcuni autori hanno fatto notare che questa classica prova di aggiornamento, seppur ampiamente utilizzata per misurare i processi di aggiornamento (Palladino et al., 2001; Palladino & Jarrold, 2008), non necessariamente implica l'utilizzo di tali processi. I partecipanti potrebbero adottare una strategia più passiva; potrebbero, infatti, aspettare la fine della lista e successivamente ricordare gli item target semplicemente basandosi su un criterio di recenza (Carretti et al., 2005; Palladino et al., 2001; Palladino & Jarrold, 2008; Ruiz, Elousa, & Lechuga, 2005). Palladino et al. (2001) hanno proposto un nuovo compito di *updating*, che sebbene basato sull'originale compito di Morris e Jones (1990), utilizza un criterio semantico delle parole presentate nelle liste: i partecipanti dovevano ricordare non gli ultimi item della lista, ma le parole che rappresentavano gli animali o oggetti più piccoli di ogni lista.

Un altro compito solitamente utilizzato per misurare i processi di *updating* è il *Keep Track Task* (adattato da Yntema, 1963). In questo compito, ai partecipanti vengono inizialmente mostrate una serie di categorie target sul fondo dello schermo di un computer; successivamente viene presentata una lista di quindici parole, che contiene due o tre esemplari di ognuna delle categorie target (generalmente, animali, colori, nazioni, distanze, metalli e parentele); le categorie target rimangono visibili sul fondo dello schermo per tutta la durata della presentazione della lista. Il compito del partecipante è quello di ricordare l'ultima parola presentata per ognuna delle categorie target. Questo compito richiede quindi ai partecipanti di monitorare attentamente le parole che vengono presentate e di aggiornare le loro rappresentazioni in MdL relative alle categorie target ogni volta che un elemento di una delle categorie target viene presentato. Questa prova assieme al

*Running Memory Task* sono state le prove di aggiornamento più ampiamente utilizzate da Miyake e collaboratori (Friedman, Miyake, Corley, Young, DeFries, & Hewitt, 2006; Miyake et al., 2000) nei loro studi sulle caratteristiche delle funzioni esecutive e sulle loro relazioni con compiti cognitivi complessi (quali ad esempio il compito di *Random Number Generation*) e, più in generale, con l'intelligenza. Sembrerebbe, infatti, che tra le tre funzioni esecutive l'*updating* sia quella più strettamente correlata all'intelligenza (Friedman et al., 2006).

Altre prove solitamente utilizzate per misurare i processi di aggiornamento sono il *Tone Monitoring Task* e il compito di *n-back*. Il primo è un compito spesso utilizzato da Miyake e collaboratori nei loro studi sulle funzioni esecutive. In questo compito, adattato dal *Mental Counters task*, sviluppato da Larson, Merritt e Williams (1988), vengono presentati ai partecipanti delle serie in ordine casuale di otto toni alti, otto toni medi, otto bassi e uno selezionato a caso da uno dei tre gruppi, per un totale di venticinque toni. Il compito dei partecipanti è quello di indicare quando il quarto stimolo di ogni tono viene presentato. Questo compito prevede quindi che i partecipanti monitorino e tengano conto del numero di volte che ogni singolo tono è stata presentato. Nel compito di *n-back*, ai partecipanti vengono presentate delle sequenze di stimoli e viene chiesto loro di indicare se lo stimolo attuale uguaglia (in identità o posizione) quello presentato *n* prove prima; anche in questa prova ai partecipanti viene chiesto di aggiornare continuamente gli item presentati. Per concludere questa parte sui compiti di *updating*, è interessante far notare che questa categoria di prove misura egualmente bene la capacità di MdL dei compiti di span complesso, in quanto entrambi i tipi di compiti condividono meccanismi di elaborazioni comuni (Schmiedek, Hildebrandt, Lövdén, Wilhelm & Lindenberger, 2009).

## II.6. Conclusioni

Le funzioni esecutive sono essenziali in quanto ci consentono di mettere in atto un comportamento flessibile ed adeguato alle circostanze. La ricerca sulle funzioni esecutive affonda le sue radici negli studi neuropsicologici su pazienti con danno frontale, nei quali è stata riscontrata una specifica difficoltà nel controllo volontario del comportamento, senza manifestare alcun problema nell'esecuzione di sequenze d'azione abituali (Damasio, 1994). Infatti, un'ipotesi molto accreditata associa le funzioni esecutive, considerate tipicamente "umane", ai lobi frontali, ed in particolar modo alle aree prefrontali (Smith & Jonides, 1999).

Una delle più importanti strutture cognitive frequentemente associata alle funzioni esecutive è l'Esecutivo Centrale, struttura in grado di controllare e coordinare i processi cognitivi (Baddeley,

1986). Baddeley (1990), considerando l'Esecutivo Centrale più come un sistema di controllo del comportamento che come un magazzino di memoria, paragona tale componente della MdL al Sistema Attentivo Supervisore proposto da Norman e Shallice (1986).

Il lungo dibattito circa la natura unitaria vs frazionaria delle funzioni esecutive sembra essersi placato in seguito alle evidenze riportate da Miyake et al. (2000). Le funzioni esecutive di *shifting*, *updating* e *inhibition*, prese in considerazione in tale studio, sono chiaramente distinguibili, anche se non completamente indipendenti tra loro, in quanto sembrano condividere un qualche fattore comune sottostante. Miyake et al. (2000) concludono che una semplice dicotomia non basta per spiegare tale fenomeno, ma è necessario prendere in considerazione entrambi gli aspetti di unitarietà e diversità per avere una visione più particolareggiata delle funzioni esecutive.

Nel presente capitolo un'attenzione particolare è stata rivolta ai processi di *updating* delle informazioni presenti nella MdL, la cui importanza è stata messa in relazione all'abilità di comprensione di testi scritti (Carretti et al., 2005; Palladino et al., 2001). Nel prossimo capitolo, verrà introdotto il tema dell'invecchiamento cognitivo e le sue conseguenze, soprattutto in riferimento alla MdL, prestando particolare interesse ai processi di aggiornamento di informazioni all'interno della MdL.



## CAPITOLO III

### INVECCHIAMENTO E MEMORIA DI LAVORO

#### III.1. Introduzione

L' invecchiamento cognitivo deve essere considerato come un fenomeno multidimensionale e multidirezionale, in quanto un' ampia serie di ricerche sugli effetti dell' età sulla cognizione ha evidenziato almeno tre differenti pattern di cambiamenti dipendenti dall' età delle diverse funzioni cognitive (Hedden & Gabrieli, 2004). Infatti, alcune funzioni – quali, ad esempio, la MdL e la velocità di elaborazione – tendono a mostrare un declino durante l' arco di vita, al contrario altre funzioni tendono a mostrare un lieve declino solo in tarda età ed altre ancora tendono a mantenersi piuttosto stabili con l' avanzare dell' età. Già negli anni '60, Horn e Cattell (1966; 1967) avevano ipotizzato una distinzione tra *intelligenza cristallizzata* e *intelligenza fluida*. La prima, fortemente legata alla cultura, si basa su informazioni ben apprese, su conoscenze acquisite con l' esperienza (quali, ad esempio, il vocabolario); essa rimane pressoché invariata con l' avanzare dell' età, anzi spesso tende addirittura a migliorare. Al contrario, le abilità fluide fanno riferimento a capacità che utilizzano in modo adattivo le informazioni disponibili per la concettualizzazione e la soluzione di problemi (misurate, ad esempio, con prove di ragionamento, quali le matrici progressive di Raven); a differenza delle abilità cristallizzate, questo tipo di intelligenza, maggiormente dipendente da fattori biologici e fisiologici, tende a deteriorarsi con l' avanzare dell' età. Anche secondo la prospettiva dell' arco di vita proposta da Baltes (1987), si può distinguere tra *mechanics of cognition*, operazioni mentali di base più strettamente legate alla biologia, e *pragmatics of cognition*, relate alla cultura. Il ragionamento, la memoria e tutte le altre abilità che si basano sulla componente meccanica vanno incontro ad un rapido declino, al contrario delle abilità basate sulla componente pragmatica (quali le abilità verbali) che rimangono stabili fino a tarda età. Il declino associato alla componente meccanica della cognizione sembra legato a cambiamenti di natura neurofisiologica; mentre i cambiamenti nella componente pragmatica rifletterebbero l' effetto dell' accumularsi dell' esperienza. Si deve comunque far notare che in tarda età si assiste al declino

di tutte le componenti dell'intelligenza, dovuta al fatto che i fattori biologici diventano sempre più influenti e le risorse culturali meno efficaci nel compensare la perdita delle abilità fluide.

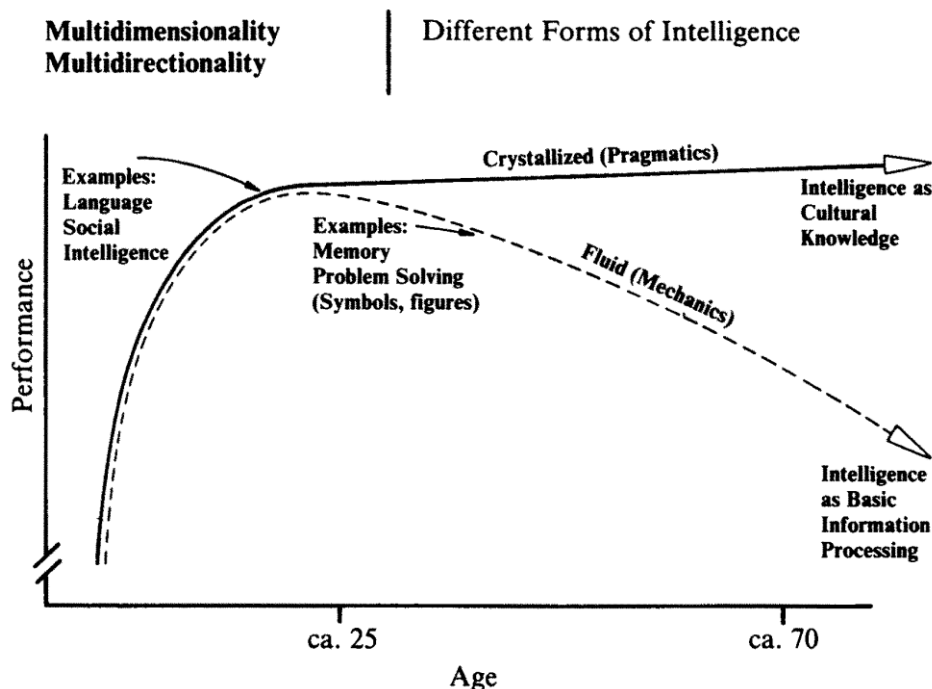


Figura III.1. Differenti pattern di evoluzione delle componenti meccaniche e pragmatiche dell'intelligenza (adattato da Baltes, 1987).

Alcuni autori fanno notare che anche il tipo di metodologia utilizzato può portare a descrivere differenti traiettorie di declino. Per studiare l'invecchiamento cognitivo si ricorre solitamente a studi longitudinali e a studi trasversali. Gli studi longitudinali permettono di analizzare i cambiamenti osservati nel tempo sugli stessi soggetti, in quanto le misurazioni avvengono ad intervalli di tempo prefissati nello stesso gruppo di partecipanti; gli studi trasversali permettono di analizzare le differenze legate all'età, confrontando la prestazione di gruppi di partecipanti di differenti età. I primi mostrano una discreta stabilità delle abilità considerate durante l'arco di vita, un moderato declino emerge solo in tarda età (Figura III.2a); al contrario, gli studi trasversali evidenziano un declino molto più accentuato (Figura III.2b) (Ghisletta & Borella, 2009).

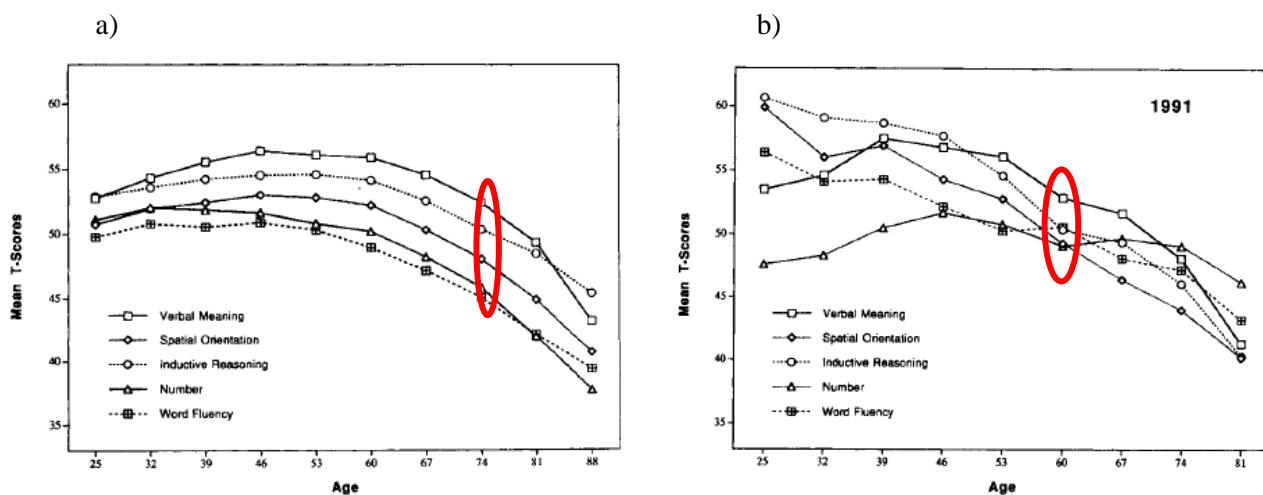


Figura III.2. Confronto tra uno studio longitudinale (a) ed uno studio trasversale (b):

in a) si evidenzia un moderato declino che compare solo in tarda età;

in b) si evidenzia un declino molto più accentuato (adattato da Schaie, 1994).

### III.2. Meccanismi di base che spiegano l'invecchiamento cognitivo

È stato ampiamente dimostrato in letteratura che, con l'avanzare dell'età, decresce la velocità con cui le operazioni mentali vengono eseguite (Salthouse, 1996); diminuisce la capacità della MdL (Craik, Morris & Gick, 1990; Park Lautenschlager, Smith, Earles, Frieske, Zwahr, 1996); risulta più difficile ignorare informazioni o pensieri irrilevanti o inibire risposte preponderanti (Hasher & Zacks, 1988); si fa più fatica a ricordare il contesto in cui le informazioni sono state presentate (Frieske & Park, 1999). Come si è accennato in precedente, questo declino non è generalizzato: alcune funzioni, quali la memoria implicita o la conoscenza semantica sono poco sensibili agli effetti dell'età (Park et al., 1996; Park & Shaw, 1992).

Nel corso degli ultimi decenni, sono stati proposti dagli psicologi che si occupano di invecchiamento cognitivo alcuni meccanismi cognitivi di base ritenuti in grado di spiegare il declino del funzionamento cognitivo. Ciò che accomuna i diversi meccanismi proposti è il fatto di essere considerati degli indici di risorse cognitive, ovvero rappresentano la quantità di energia mentale a disposizione per eseguire un compito cognitivo (Park, 2000). Sebbene vi sia un generale consenso nel ritenere che, con l'avanzare dell'età, tali risorse tenderebbero a diminuire limitando la capacità dell'individuo di eseguire operazioni mentali (Borella et al., 2009a; Park, 2000), non vi è ancora accordo sulla natura di questi meccanismi. I principali meccanismi proposti per spiegare le differenze d'età nel funzionamento cognitivo sono i seguenti: il funzionamento sensoriale, la

velocità di elaborazione delle informazioni, la funzione di inibizione e la capacità della MdL (Park, 2000). Prima di descriverli in dettaglio, è utile precisare che, data la complessità del sistema cognitivo umano, la diminuzione delle risorse cognitive può essere meglio spiegata da una combinazione di questi meccanismi piuttosto che da un singolo fattore (Salthouse, 1991). Non di meno, un singolo meccanismo potrebbe avere un peso maggiore rispetto agli altri nel determinare il declino cognitivo; tuttavia, evidenze in tale direzione non necessariamente rappresenterebbero evidenze contrarie ad un altro meccanismo che pure potrebbe giocare un ruolo rilevante.

### III.2.1. Funzionamento sensoriale

Dal *Berlin Aging Study* sono emersi dati molto interessanti sui meccanismi sottostanti il funzionamento cognitivo negli anziani; Lindenberger e Baltes (1994) e Baltes e Lindenberger (1997) hanno somministrato ad un ampio campione di partecipanti di differenti età semplici test di acuità visiva e uditiva. Gli autori hanno riportato che quasi tutta la varianza età-relata in quattordici prove – che comprendevano prove di velocità di elaborazione, ragionamento, memoria, fluency verbale – era mediata dal funzionamento sensoriale. In altre parole, il funzionamento sensoriale è fondamentale nel mediare il declino cognitivo dipendente dall'età e sembra essere un costrutto di base molto più importante della velocità di elaborazione. Gli autori hanno suggerito che non è la riduzione del funzionamento sensoriale, di per sé, che causa il declino delle prestazioni cognitive, piuttosto il funzionamento sensoriale è un indicatore dell'integrità cerebrale. Sulla base di questi dati, Lindenberger e Baltes (1994) hanno, quindi, formulato la teoria della causa comune, secondo cui la stretta relazione tra misure sensoriali e cognitive è dovuta alla dipendenza di tali funzioni da una comune architettura fisiologica del sistema nervoso centrale. Inoltre, Baltes e Lindenberger (1997) hanno dimostrato che il declino non varia in funzione del livello di scolarità o del livello socio-economico, a conferma del peso che i fattori biologici e genetici hanno nel determinare il funzionamento cognitivo con l'avanzare dell'età. Il risultato che le variabili socio-biografiche, quali la classe sociale e il livello di scolarità, non attenuano gli effetti dell'età suggerisce che gli individui invecchiano con lo stesso ritmo e mostrano lo stesso declino età-relato indipendentemente dal livello iniziale di abilità; tuttavia, è importante sottolineare che individui con differenti livelli iniziali di abilità non mostreranno gli stessi effetti di invecchiamento cognitivo. Infatti, nonostante il declino nelle diverse abilità cognitive sia uniforme a tutti i livelli socio-economici, anche le variabili socio-biografiche giocano un ruolo importante nel determinare il funzionamento cognitivo: persone con un più alto livello di istruzione avranno a disposizione una maggiore quantità di risorse cognitive (Baltes & Lindenberger, 1997; Cherry & Park, 1993); in caso di significativo declino dipendente dall'età, queste persone continueranno ad avere a disposizione una adeguata quantità di

risorse cognitive da impiegare nello svolgimento delle attività quotidiane, come gestire le proprie finanze o seguire adeguatamente le prescrizioni mediche (Park, 1997).

### III.2.2. Velocità di elaborazione

Salthouse (1996) ritiene che la velocità con cui si elaborano le informazioni svolga un ruolo critico nei cambiamenti cognitivi correlati all'età; ovvero più si invecchia, più la velocità con cui si elaborano le informazioni diminuisce. Salthouse (1996; Salthouse & Meinz, 1995) riporta numerose evidenze che dimostrano come quasi tutta la varianza età-relata in un'ampia serie di compiti cognitivi – da prove di memoria a prove di ragionamento – viene spiegata dalla velocità con cui gli individui eseguono prove di velocità percettiva, in cui viene chiesto al partecipante di confrontare il più velocemente possibile delle coppie di stringhe di lettere o di sequenze di simboli.

Salthouse (1996) postula due meccanismi responsabili primariamente della relazione tra la velocità di elaborazione e le misure relative al funzionamento cognitivo. Il principio sottostante il meccanismo di “*tempo limitato*” è semplice: il tempo per mettere in atto le ultime operazioni è ridotto quando buona parte del tempo disponibile viene occupata dall'esecuzione delle operazioni precedenti; di conseguenza, alcune operazioni necessarie potrebbero non essere completate se l'elaborazione risultasse troppo lenta. Il meccanismo di “*simultaneità*” si basa sull'idea che i prodotti di precedenti processi di elaborazione potrebbero andare perduti prima che si sia conclusa l'elaborazione delle informazioni successive; in altre parole, se l'elaborazione è troppo lenta, allora non tutte le informazioni rilevanti saranno disponibili simultaneamente.

Si ipotizza, inoltre, che gli effetti della ridotta velocità di elaborazione siano globali e abbiamo un impatto su tutti gli aspetti della cognizione, anche in compiti che non implicano direttamente la velocità di elaborazione; infatti, quando eseguono un compito cognitivo complesso, gli anziani potrebbero non avere a disposizione a causa del rallentamento cognitivo i prodotti delle operazioni precedenti, necessari per eseguire le ultime operazioni del compito. Più le operazioni mentali richieste dal compito sono complesse, più è probabile che gli anziani mettano in atto processi per eseguire il compito abbastanza diversi da quelli eseguiti dai giovani, a causa della loro minore velocità di elaborazione. Le differenze d'età saranno, quindi, maggiori più i compiti sono difficili.

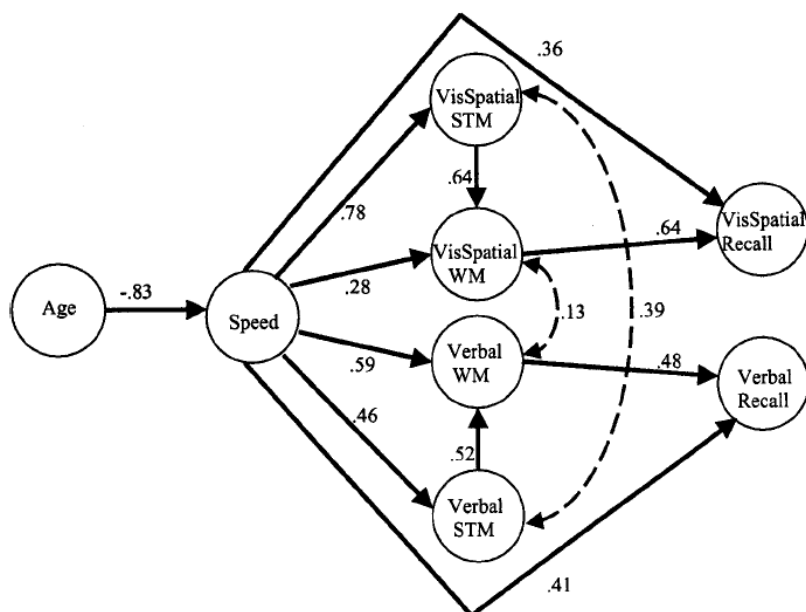


Figura III.3. Il modello di equazioni strutturali individuato da Park et al. (2002).

Nel tentativo di comprendere le interrelazioni tra funzionamento sensoriale, velocità di elaborazione e MdL nel spiegare il declino correlato all'età in compiti cognitivi complessi, Park, Lautenschlager, Hedden, Davidson, Smith, & Smith (2002) hanno somministrato un'ampia serie di compiti cognitivi (prove di velocità di elaborazione, funzionamento sensoriale, prove di MBT, di MdL e MLT) ad un totale di 345 adulti di differente età. Gli autori hanno trovato che la velocità di elaborazione ha relazioni significative con ogni altro costrutto inserito nel modello (Figura III.3), confermando l'importanza di questo costrutto per comprendere l'invecchiamento cognitivo, come sostenuto da Salthouse (1996); la velocità di elaborazione è il costrutto di base fondamentale e media la varianza legata all'età nella MdL. Sia la velocità di elaborazione che la MdL predicono la prestazione in prove di MLT. A differenza di Baltes e Lindenberger (1997), Park et al. (2002) non hanno trovato alcuna evidenza che il funzionamento sensoriale sia un costrutto più importante della velocità di elaborazione nello spiegare le differenze d'età. È importante far notare che il campione di partecipanti che hanno preso parte allo studio di Lindenberger e Baltes (1994) era composto da persone molto anziane (dai 70 ai 105 anni) e che nello studio di Baltes e Lindenberger (1997), il cui campione era molto più simile a quello utilizzato nel lavoro di Park et al. (2002), non si fa ricorso ai modelli di equazione strutturali.

### III.2.3. Inibizione

Hasher e Zacks (1988) hanno ipotizzato una ridotta capacità di inibire le informazioni irrilevanti per spiegare i cambiamenti cognitivi correlati all'età. Diversi sono i dati a sostegno di tale ipotesi; già nel 1959, Birren aveva dimostrato che gli anziani sono più distraibili in compiti di

fluenza verbale. Inoltre, le persone più anziane ricordano inopportunamente molte informazioni irrilevanti (Hartman & Hasher, 1991); nel ricordo di testi, fanno più fatica a sopprimere le inferenze precedentemente generate, ma non più rilevanti (Hamm & Hasher, 1992); infine, sono meno abili nel dimenticare deliberatamente degli item su richiesta (Zacks, Radvansky & Hasher, 1996). Hasher e Zacks (1988) hanno individuato tre funzioni del controllo inibitorio: a) la **funzione di accesso**, in grado di impedire che informazioni non pertinenti, attivate solitamente in modo automatico dal contesto interno o esterno della prova, entrino in MdL; b) la **funzione di soppressione**, che permette di disattivare informazioni attive in memoria che non sono più rilevanti per il compito o non lo sono mai state; c) la **funzione di restrizione**, consiste nell'inibire risposte dominanti ma non appropriate per il compito che si sta svolgendo. La funzione di accesso viene solitamente valutata tramite prove di *priming* negativo. Sono emersi risultati contrastanti circa gli effetti dell'età in prove di questo tipo; a supporto di una riduzione dipendente dall'età nella funzione di accesso, una serie di ricerche ha evidenziato un minor effetto del *priming* negativo nella prestazione degli anziani rispetto a quella dei giovani (es.: Connelly & Hasher, 1993; Kane, May, Hasher, Rahhal & Stoltzfus, 1997). Altri studi hanno invece riportato un equivalente effetto del *priming* negativo tra giovani ed anziani (es.: Gamboz, Russo & Fox, 2002; Van der Linden, Huppel, Feyereisen, Schelstraete, Bestgen, Bruyer, Lories, El Ahmadi & Seron, 1999). Per quanto riguarda la funzione di soppressione, vengono solitamente impiegate prove di oblio diretto e di interferenza proattiva, prove in cui gli anziani si dimostrano molto vulnerabili (es.: Hasher, Lustig, & Zacks, 2007; Zacks et al., 1996). Infine, una classica prova per misurare la funzione di restrizione è il compito di Stroop, in cui gli anziani evidenziano un maggior effetto di interferenza, risultando più lenti dei giovani nel denominare gli stimoli Stroop incongruenti rispetto agli item neutri (es.: Davidson, Zacks & Williams, 2003; Salthouse & Meinz, 1995).

Efficienti meccanismi inibitori sembrano giocare un ruolo fondamentale nel controllo dei contenuti presenti in MdL, sopprimendo informazioni precedentemente attivate ma divenute ormai irrilevanti e resistendo all'interferenza causata da processi che potrebbero catturare l'attenzione (Bjorklund & Harnishfeger, 1995). Sembrerebbe, quindi, che le basse prestazioni degli anziani in prove di MdL siano dovute ad una maggiore difficoltà nel selezionare le informazioni rilevanti e nell'inibire quelle irrilevanti per il compito che si sta svolgendo. Se i meccanismi inibitori non sono efficienti, una gran quantità di informazioni potrebbe entrare in MdL saturando la sua limitata capacità. Numerosi studi hanno mostrato che gli anziani commettono un maggior numero di errori di intrusione in prove di MdL verbale, ovvero ricordano, con maggior frequenza rispetto ai giovani, parole appartenenti alla lista di stimoli loro presentata ma non target (Borella, Carretti & De Beni, 2008; De Beni & Palladino, 2004); questi risultati sono stati confermati anche in prove di MLVS

(Cornoldi, Bassani, Berto & Mammarella, 2007), a supporto dell'ipotesi di ridotta efficienza dipendente dall'età dei meccanismi inibitori, che comporta una maggior difficoltà nel sopprimere dalla MdL informazioni precedentemente attivate ma non più rilevanti per l'esecuzione della prova.

Sebbene i risultati degli studi finora descritti portino sostanzialmente a confermare il declino nell'efficienza dell'inibizione con l'avanzare dell'età, il suo ruolo nel declino correlato all'età nei compiti cognitivi sembra essere piuttosto controverso. Infatti, alcuni studi mettono in dubbio la centralità di questo costrutto nel spiegare il declino con l'età, suggerendo di considerare anche altri fattori, quali la velocità di elaborazione. Ad esempio, Salthouse e Meinz (1995) hanno dimostrato che la difficoltà di inibire o sopprimere materiale irrilevante rappresenti solo una componente marginale di elaborazione; mentre più dell'80% della varianza viene spiegata dalla velocità con cui si elabora l'informazione. Inoltre, Borella et al. (2008) hanno esaminato il ruolo dell'inibizione come mediatore degli effetti dell'età in MdL. Dalle analisi di regressione è emerso che la parte di varianza spiegata dall'inibizione nella MdL è relativamente bassa. Una possibile spiegazione di tali risultati discordanti potrebbe essere legata al fatto che l'inibizione non sia un costrutto unitario; infatti, diversi studi hanno evidenziato come le correlazioni tra le diverse misure di inibizione siano molto basse o addirittura nulle (es.: Borella et al., 2008; Friedman & Miyake, 2004; Rabbitt, Lowe & Shilling, 2001). Inoltre, in una recente serie di esperimenti, Robert, Borella, Fagot, Lecerf e de Ribaupierre (2009) hanno esaminato gli errori di intrusione commessi da partecipanti di diversa età (bambini, giovani, giovani anziani e grandi vecchi) in prove di *Reading Span Task*. I dati di questo esperimento evidenziano i cambiamenti dipendenti dall'età nell'efficienza dei meccanismi inibitori in prove di MdL, valutati in termini di errori di intrusione. Tuttavia, gli autori affermano che un'interpretazione delle differenze d'età in prove di MdL in termini di deficit inibitorio è estremamente insufficiente; i dati del loro lavoro supportano l'ipotesi secondo cui le differenze d'età sono dovute a differenze nelle risorse attentive necessarie sia ad attivare le informazioni rilevanti che a sopprimere quelle irrilevanti; in altre parole, l'efficienza dei processi inibitori è influenzata dalla disponibilità di risorse attentive, disponibilità che tende a variare con l'avanzare dell'età. Come ipotizzato da Conway e Engle (1994), le difficoltà incontrate dagli anziani nell'inibire sarebbero il risultato di una riduzione di risorse attentive.

#### III.2.4. La memoria di lavoro

La MdL può essere pensata come la quantità di energia mentale disponibile ad un individuo al fine di mantenere, elaborare e manipolare informazioni. Alcuni studi hanno suggerito che la MdL possa essere un costrutto fondamentale per poter comprendere l'invecchiamento cognitivo; il declino dipendente dall'età in un'ampia varietà di prove di cognizione fluida sembra, infatti, possa

essere spiegato dal declino correlato all'età in MdL, ed in particolare nella componente attentiva/esecutiva della MdL (Baddeley, 1989; Engle et al., 1999a), intesa o come meccanismo diretto (es.: Mayr & Kliegl, 1993) oppure come mediatore tra un decremento più generale nelle risorse di elaborazione e la cognizione complessa (Salthouse, 1996). Numerose evidenze dimostrano come gli anziani ottengano minori prestazioni in prove di MdL rispetto ai giovani (es.: De Beni, Borella, & Carretti, 2007; De Beni & Palladino, 2004; Gick, Craik & Morris, 1988; Robert et al., 2009; Vecchi et al., 2005; per una meta-analisi, si veda Bopp & Verhaeghen, 2005). Il declino nelle prestazioni in prove di MdL con l'avanzare dell'età è stato confermato, non solo in studi trasversali che confrontano gruppi d'età estremi, ma anche da studi *lifespan* che ne hanno mostrato un declino lineare legato all'età (Borella et al., 2008; Jenkins, Myerson, Hale, & Fry, 1999; Park et al., 1996; 2002).

Negli ultimi anni, il dibattito in letteratura sui cambiamenti dipendenti dall'età in MdL si è focalizzato sui due aspetti principali: in primo luogo, ci si è chiesti se le prove di MdL siano più sensibile agli effetti dell'età rispetto alle prove di span semplice; grande dibattito ha caratterizzato anche il tema relativo ad un eventuale declino differenziale tra dominio verbale e visuo-spaziale.

#### III.2.4.1. Ricordo passivo ed elaborazione attiva

La MdL potrebbe essere intesa come la dinamica relazione tra mantenimento passivo e manipolazione o trasformazione attiva delle informazioni in memoria. Un'importante caratteristica è la sua capacità limitata; questo comporta che le risorse debbano essere condivise tra mantenimento e elaborazione (Bopp & Verhaeghen, 2005). Come riportato nel capitolo I, si distingue tra prove di MBT (o passive) e prove di MdL (o attive). Le prime richiedono di tenere a mente una sequenza di lettere o cifre per pochi secondi prima di ripeterle nell'ordine con cui tali item sono stati presentati; le richieste del compito sono, quindi, relative al mantenimento piuttosto che all'elaborazione. I compiti attivi prevedono, invece, processi di elaborazione più complessi, in quanto ai partecipanti viene richiesto di manipolare o trasformare il materiale. Questa distinzione non è da ritenersi assoluta: il materiale in prove passive potrebbe essere mantenuto tramite un processo attivo di *rehearsal*; allo stesso modo, rappresentazioni intermedie in compiti attivi potrebbero essere immagazzinate per operazioni successive (Vecchi et al., 2005).

Numerose evidenze indicano che vi sia un maggior declino dipendente dall'età in MdL rispetto al mantenimento passivo di informazioni (es.: Borella et al., 2009a; Craik & Jennings, 1992; Dobbs & Rule, 1989; Vecchi & Cornoldi, 1999; Vecchi et al., 2005). Una recente meta-analisi condotta da Bopp e Verhaeghen (2005) ha concluso che, sebbene le differenze d'età siano evidenti sia in prove attive che in prove più passive, queste ultime sono meno sensibili agli effetti

dell'età rispetto a prove che richiedono un maggior controllo attentivo. Risultati contrastanti emergono invece per quanto riguarda prove di span di cifre all'indietro, che non richiedono solo un mero mantenimento delle informazioni (come nelle prove di MBT) ma anche un loro riordinamento. Alcune ricerche hanno riportato un declino dipendente dall'età in prove di questo tipo, senza evidenziare un effetto dell'età in prove più passive (es.: Babcock & Salthouse, 1990); al contrario, altri studi non hanno evidenziato alcun declino per entrambi i tipi di prove (Myerson, Emery, White & Hale, 2003; Park et al., 2002). Nella loro meta-analisi, Bopp & Verhaeghen (2005) hanno riscontrato che le prestazioni in prove di span di cifre all'indietro sembrano trovarsi nel mezzo tra le prove passive e quelle più attive. Il modello di MdL proposto da Cornoldi e Vecchi (2000; 2003) potrebbe agevolmente spiegare questo pattern di risultati; i due autori considerano la MdL composta da un continuum relativo al grado di elaborazione attiva di informazioni richiesta in un compito e un altro dipendente dalla natura delle informazioni che devono essere elaborate (vedi paragrafo I.2.2). Vecchi e Cornoldi (1999) sottolineano l'importanza di distinguere tra mantenimento passivo e elaborazione attiva nell'interpretare il declino dipendente dall'età in prove di MdL; infatti, il grado di elaborazione attiva richiesta da uno specifico compito è una variabile che potrebbe adeguatamente predire il livello di prestazione delle persone anziane.

L'idea di un selettivo deterioramento della componente esecutiva della MdL è stata indagata in riferimento a diverse prospettive teoriche. Ad esempio, Salthouse e Mitchell (1989) distinguono tra *capacità strutturale* (quantità di informazione che può essere mantenuta) e *capacità operativa* (quantità di elaborazione necessaria per lo svolgimento del compito). Una serie di esperimenti ha confermato l'ipotesi di un deficit selettivo correlato all'età della capacità operativa, senza alcuna compromissione della capacità strutturale (Salthouse, 1987; Salthouse & Mitchell, 1989). Anche Mayr e Kliegl (1993; Mayr, Kliegl & Krampe, 1996) hanno evidenziato le difficoltà delle persone più anziane nelle prove in cui è necessario una maggiore integrazione e coordinazione di differenti informazioni rispetto alle prove in cui si elabora sequenzialmente una sola informazione per volta. Secondo i due autori, infatti, ci sarebbero due fattori in grado di spiegare le differenze correlate all'età in MdL: la *complessità sequenziale*, determinata dal numero di componenti di elaborazione indipendenti coinvolte in un compito, e la *complessità coordinativa*, definita come la coordinazione di diverse componenti nella MdL.

Si potrebbe, tuttavia, obiettare che le differenze tra compiti attivi e passivi siano dovute alla maggiore difficoltà dei compiti attivi; Vecchi et al. (2005) hanno dimostrato che le prestazioni in prove attive declinano continuamente durante tutto l'arco di vita, mentre il declino in prove passive è evidente solo in tarda età, quando aumenta il peso dei fattori biologici. Questo pattern di risultati

emerge sia quando le prove passive sono più facili di quelle attive che quando le prove attive risultano più facile di quelle passive, quindi sono indipendentemente dalla difficoltà del compito.

È interessante far notare che sebbene tutte le evidenze sinora riportate sono concordi nel ritenere che le operazioni cognitive passive siano pressoché risparmiate dal declino cognitivo, studi di neuroimmagine hanno dimostrato che sia la componente esecutiva che quella di mantenimento delle informazioni declinano con l'avanzare dell'età (Reuter-Lorenz, 2002; Reuter-Lorenz, Marshuetz, Jonides, Hartley & Smith, 2001; Reuter-Lorenz & Sylvester, 2005). Reuter-Lorenz (2002; Reuter-Lorenz et al., 2001) ha formulato l'ipotesi di compensazione selettiva, secondo cui, la componente esecutiva può compensare il declino nelle operazioni di mantenimento riducendone il declino. La compensazione è selettiva proprio perché il contrario non avviene e quindi il declino nelle componenti esecutiva è più evidente. In altre parole, gli anziani recluterebbe aree cerebrali addizionali, incluse quelle deputate al controllo esecutivo, per eseguire prove passive. In conseguenza di questo sovra reclutamento a livelli di controllo relativamente bassi, gli anziani hanno minori risorse disponibili per eseguire compiti che richiedono un maggior controllo attentivo, che quindi risultano maggiormente sensibili agli effetti dell'età. Gli autori concludono che le misure di MdL dovrebbero essere considerate lungo un continuum in cui il grado di controllo attentivo dipende non solo dalle richieste del compito ma anche dall'età dei partecipanti: gli anziani, ad esempio, compensano al declino in prove di mantenimento reclutando anche aree deputate all'elaborazione più attiva, aree che vengono attivate nei giovani solo in prove che richiedono maggiori risorse attentive.

#### III.2.4.2. Declino differenziale in MdL

Solo pochi studi hanno comparato direttamente gli effetti dell'età in prove di MdL verbale e visuo-spaziale, riportando risultati contrastanti. Una serie di evidenze ha, infatti, suggerito che le persone anziane siano più carenti nell'elaborazione di informazioni visuo-spaziali rispetto all'elaborazione di materiale verbale (Bopp & Verhaeghen, 2007; Jenkins et al., 2000; Myerson et al., 1999; 2003; Tubi & Calev, 1989; Verhaeghen et al., 2002). Ad esempio, Myerson et al. (1999) hanno mostrato che gli anziani mostrano una prestazione più bassa in prove di span spaziale rispetto ai giovani, nonostante entrambi i gruppi d'età abbiano prestazioni simili in prove di span verbale. Inoltre, Jenkins et al. (2000) hanno riportato maggiori differenze d'età in prove con stimoli visuo-spaziali (es.: posizioni e gesti) rispetto a prove con stimoli verbali (quali, cifre e parole). Bopp e Verhaeghen (2007) hanno confermato che gli effetti dell'età sono più ampi in prove visuo-spaziali rispetto a prove verbali, considerando sia l'accuratezza che i tempi di reazione. Nel tentativo di spiegare perché gli anziani incontrino maggiori difficoltà nell'elaborazione di materiale visuo-

spaziale rispetto a quello verbale, Jenkins et al. (2000) hanno preso in considerazione una serie di meccanismi sia psicologici che neurobiologici. Per quanto riguarda i mediatori psicologici, gli autori ipotizzano un differenziale rallentamento cognitivo; sembrerebbe, infatti, che il rallentamento dipendente dell'età sia particolarmente pronunciato nel dominio visuo-spaziale (Hale & Myerson, 1996). Gli autori chiamano in causa anche la distinzione tra intelligenza fluida e cristallizzata; in altre parole, l'abilità visuo-spaziale potrebbe essere molto più fluida rispetto alle abilità più cristallizzate legate alla memoria verbale (vedi anche Baddeley, 1996; Busch, Booth, McBride, Vanderploeg, Curtiss & Duchnick, 2005). Un'altra possibile spiegazione del declino differenziale dipendente dall'età potrebbe essere legata alle differenze nelle precedenti esperienze avute nell'elaborazione di materiale verbale e visuo-spaziale; in altre parole, durante il corso della vita le persone acquisiscono un maggior *expertise* nell'elaborazione di materiale verbale rispetto a quello visuo-spaziale; inoltre, queste differenze nell'*expertise* potrebbero essere esacerbate dal tipo di compiti che solitamente vengono utilizzati nelle ricerche sull'invecchiamento cognitivo. Gli autori considerano anche la possibilità che differenze nei cambiamenti correlati all'età nei substrati neurali verbale e visuo-spaziale possano spiegare il declino differenziale che emerge nelle prestazioni cognitive dei partecipanti anziani; ad esempio, il maggior declino che si evidenzia in MLVS potrebbe essere legato ad un deterioramento differenziale dipendente dall'età nei sistemi neurali coinvolti nell'elaborazione di informazioni verbale e visuo-spaziali, oppure potrebbe riflettere differenze nel grado di connessione nei sottostanti network neurali verbale e visuo-spaziale. Tuttavia, gli autori riportano che nessuno dei meccanismi proposti sembra spiegare adeguatamente il pattern di risultati ottenuti dalla loro ricerca.

In contrasto con i risultati a favore di un effetto dell'età modalità-specifico in MdL precedentemente riportati, altri studi hanno riportato il pattern opposto di risultati (Fastenau et al., 1996; Vecchi et al., 2005) o addirittura non hanno evidenziato alcuna differenza tra prove verbali e visuo-spaziali (Borella et al., 2008; Park et al., 2002; Salthouse, 1995; Shelton, Parson & Leber, 1982). Ad esempio, Park et al. (2002) hanno somministrato ad un ampio campione di adulti dai 20 ai 92 anni una serie di prove, che misurano la velocità di elaborazione, la MBT, la MdL e la MTL, nel tentativo di studiare l'architettura dei diversi sistemi di memoria e di analizzarne le interconnessioni attraverso l'arco di vita. In generale, è emerso che c'è poca differenza tra declino in MdL verbale e visuo-spaziale attraverso il *lifespan*; inoltre, c'è poca evidenza di una de-differenziazione della funzione a livello comportamentale negli anziani comparati ai giovani. Infatti, dalle analisi di equazioni strutturali emerge che sia nei giovani che negli anziani all'interno della MdL si può distinguere tra MdL verbale e visuo-spaziale, entrambe associate ad un magazzino

a breve termine dominio-specifico. A differenza della MBT, la MdL ha relazioni dirette dominio-specifiche con la MLT verbale e visuo-spaziale (Figura III.3).

Kemps e Newson (2006) hanno ipotizzato che questi risultati contrastanti potrebbero essere, almeno in parte, attribuibili a discrepanze metodologiche tra gli studi in questione, quali ad esempio, il range d'età dei partecipanti anziani oppure i compiti utilizzati per misurare i processi verbali e visuo-spaziali. Infatti, in molti studi sugli effetti dell'età modalità-specifici, sono stati impiegati compiti che variavano anche in più di una dimensione oltre al materiale utilizzato; le autrici hanno evidenziato come le prove verbali e spaziali utilizzate in questo tipo di ricerche spesso differiscono in termini di paradigma utilizzato (Fastenau et al., 1996; Myerson et al., 1999; Park et al., 1996), per il grado di familiarità degli stimoli (Tubi & Calev, 1989) e per le richieste di elaborazione (Salthouse, 1995). Kemps e Newson (2006) hanno sottolineato l'importanza di utilizzare prove verbali e visuo-spaziali parallele ed equivalenti nelle ricerche sull'invecchiamento; nel loro studio hanno, infatti, adottato delle prove 'pure', parallele e validate di memoria sia verbale che visuo-spaziale presenti in una batteria standardizzata. I loro risultati hanno dimostrato che, usando prove equivalenti tranne che per il materiale utilizzato, non si evidenzia alcun declino differenziale in MdL verbale e visuo-spaziale; le autrici concludono che gli anziani hanno peggiori prestazioni rispetto ai giovani in tutte le prove di span complesso che richiedono un controllo attentivo, indipendentemente dal tipo di materiale impiegato (vedi anche, de Ribaupierre & Lecerf, 2006; de Ribaupierre & Ludwig, 2003).

### III.3. Cambiamenti con l'età nelle funzioni esecutive

Le funzioni esecutive, intese come l'insieme dei meccanismi di controllo scopo-generalizzati che modulano e regolano i diversi processi cognitivi (Miyake et al., 2000), tendono a decadere precocemente, già attorno ai 50 anni (Charlton, Barrick, Markus & Morris, 2009). Negli ultimi anni è cresciuto enormemente l'interesse riguardo agli effetti dell'età sulle funzioni esecutive, dato che una minor efficienza dei processi esecutivi comporta un impatto notevole sulla vita quotidiana degli anziani. A livello cerebrale, le funzioni esecutive sono supportate dai lobi frontali, più precisamente dalla corteccia prefrontale; i cambiamenti legati all'età nelle funzioni esecutive potrebbero, quindi, essere spiegati facendo riferimento alla *'frontal lobe hypothesis of aging'* (Dempster, 1992), secondo cui questa regione cerebrale sarebbe la prima ad andare incontro ad un'inesorabile e precoce involuzione con l'avanzare dell'età.

Dopo un lungo dibattito circa l'unitarietà o la diversità delle funzioni esecutive, si è arrivati ad una classificazione abbastanza condivisa in letteratura, che prevede almeno tre processi esecutivi: l'inibizione, l'*updating* e lo *shifting* (Miyake et al., 2000; vedi paragrafo II.4). Tuttavia, rimane ancora aperta la questione relativa a come le funzioni esecutive cambino con l'avanzare dell'età. Secondo l'ipotesi della de-differenziazione (Balinsky, 1941; Antsey, Hofer & Luszcz, 2003), con l'avanzare dell'età si assisterebbe ad un processo di unificazione delle funzioni esecutive. Nel tentativo di verificare questa ipotesi, Hull, Martin, Beier, Lane e Hamilton (2008) hanno somministrato ad un campione di 100 partecipanti dai 51 ai 74 anni una serie di prove che andavano a misurare l'inibizione, l'*updating* e lo *shifting*. Tramite un'analisi fattoriale confermatrice, è emerso che le prove esecutive utilizzate saturavano due fattori (*updating* e *shifting*) nel campione anziano, evidenziando l'assenza del terzo fattore rilevato nei giovani adulti (inibizione). Gli autori hanno affermato, tuttavia, che i loro risultati non sono consistenti con l'ipotesi della de-differenziazione; infatti, tale ipotesi predirebbe la comparsa di un unico fattore in grado di descrivere la maggior parte della variabilità delle prove utilizzate. Concludendo, i risultati di questo studio evidenziano come nell'invecchiamento normale si assista, non ad una completa de-differenziazione delle funzioni esecutive, ma ad una loro riduzione. Sulla stessa linea appaiono i risultati dello studio di de Frias, Dixon e Strauss (2009), in cui viene esaminata la struttura delle funzioni esecutive in tre gruppi di anziani cognitivamente differenti, ovvero gli autori hanno distinto tra un gruppo di anziani cognitivamente forti, un gruppo di anziani normali e un gruppo di anziani cognitivamente deteriorati. Dai risultati emerge che il primo gruppo di anziani mostra una struttura delle funzioni esecutive simile a quella dei giovani adulti; gli anziani normali tenderebbero a situarsi in una posizione intermedia tra il gruppo d'*elite* e il gruppo di anziani cognitivamente deteriorati, i quali mostrano una dissoluzione dell'integrità strutturale delle funzioni esecutive.

### III.4. Gli effetti dell'età sull'aggiornamento di informazioni in MdL

L'aggiornamento delle informazioni è una delle operazioni di MdL che quotidianamente mettiamo in atto allo scopo di rinfrescare e modificare i contenuti presenti in memoria in base alla loro rilevanza e significatività per il compito che stiamo svolgendo; esso consente, infatti, un funzionamento efficiente della MdL che, come abbiamo più volte affermato, è a capacità limitata. Hartman et al. (2001) hanno suggerito che il declino dipendente dall'età in MdL possa essere correlato a cambiamenti nell'abilità di aggiornare la MdL con informazioni rilevanti per il compito che si sta svolgendo. Tuttavia, nella letteratura sull'invecchiamento il declino dipendente dall'età

nell'abilità di aggiornamento in MdL è stato esaminato da pochi studi, che hanno utilizzato prevalentemente materiale verbale (De Beni & Palladino, 2004; Hartman et al., 2001; Van der Linden et al., 1994). Adottando il classico compito di *Running Memory Task*, Van der Linden et al. (1994) hanno riscontrato un declino dipendente dall'età nell'eseguire tale prova: più erano numerose le operazioni di updating richieste, più le performance dei soggetti più anziani si abbassavano. De Beni e Palladino (2004) hanno tentato di verificare se il declino dipendente dall'età nelle prove di *updating* potesse essere dovuto a meccanismi di inibizione e soppressione inefficienti (Hasher & Zacks, 1988). Infatti, sembra che gli anziani incontrino maggiori difficoltà rispetto alle persone più giovani nel sopprimere informazioni attivate che diventano successivamente irrilevanti – i cosiddetti ‘errori di intrusione’ – (Borella et al., 2008), specialmente se l'informazione irrilevante era stata altamente attivata (Cornoldi et al., 2007). De Beni e Palladino (2004) hanno quindi dimostrato che gli anziani riportano un maggior numero di errori di intrusioni in prove di aggiornamento, soprattutto quando è necessario evitare le intrusioni di item altamente attivati, ovvero item inizialmente rilevanti che successivamente diventano irrilevanti. Al contrario, i giovani e gli anziani non differiscono nel numero di intrusioni di item da escludere immediatamente dalla MdL (vedi anche Robert et al., 2009). Le due autrici concludono che l'aggiornamento implica un'efficiente soppressione delle informazioni non più rilevanti in modo da orientare le risorse di memoria verso nuove e più rilevanti informazioni. Se i meccanismi di soppressione sono scarsi, allora le informazioni irrilevanti non vengono eliminate, andando a sovraccaricare la MdL e ad interferire con le informazioni rilevanti. Il declino correlato all'età nell'abilità di aggiornare i contenuti della MdL dipenderebbe, quindi, da un generale deficit nei meccanismi di soppressione, che permettono di escludere le informazioni irrilevanti.

L'interesse per l'*updating* in MdL deriva dal fatto che varie ricerche hanno suggerito che la MdL, in particolare la sua componente esecutiva, abbia una forte relazione con l'intelligenza fluida (Conway, Cowan, Bunting, Theriault, & Minkoff, 2002; Engle et al., 1999b; Kane, Hambrick, & Conway, 2005); recentemente, inoltre, Friedman et al. (2006) hanno riscontrato che tra le diverse funzioni esecutive, solo l'aggiornamento è strettamente correlato alle misure di intelligenza. Come visto in precedenza, il legame tra MdL (o aggiornamento) e intelligenza fluida è proprio la richiesta di controllo attentivo al fine di mantenere attive informazioni rilevanti a fronte di interferenza o distrazione (Engle et al., 1999a; Friedman et al., 2006). Dato che è stato trovato che l'abilità di aggiornare le informazioni è sensibile agli effetti dell'età (De Beni & Palladino, 2004; Van der Linden et al., 1994), è quindi plausibile ipotizzare che il declino correlato all'età in prove di intelligenza fluida possa essere dovuto primariamente ad un declino nell'abilità di *updating*. In questa direzione, Chen e Li (2007) hanno esaminato il ruolo dell'aggiornamento in MdL e della

velocità di elaborazione nel mediare le differenze legate all'età nell'intelligenza fluida. Ad un campione di 142 adulti dai 18 agli 85 anni sono state somministrate una serie di prove di aggiornamento, di velocità di elaborazione e di intelligenza fluida. Dai loro risultati emerge che con l'aumentare dell'età diminuisce la percentuale di risposte corrette nelle prove di aggiornamento, suggerendo un declino nell'abilità di aggiornare costantemente i contenuti presenti in memoria. La riduzione nell'efficienza dei processi di aggiornamento è associata ad una peggior prestazione nei test di intelligenza fluida; la relazione tra aggiornamento e intelligenza fluida è, infatti, risultata forte e significativa (il *path coefficient* è maggiore di .75). Questo pattern di risultati suggerisce che l'aggiornamento gioca un ruolo rilevante nella mediazione delle differenze legate all'età nell'intelligenza fluida. Gli autori fanno inoltre notare che, sebbene l'avanzare dell'età sia associato sia ad una minor velocità di elaborazione che ad una ridotta efficienza dei processi di aggiornamento, la velocità di elaborazione, al contrario della funzione di *updating*, non predice significativamente la prestazione nei test di intelligenza dopo aver considerato l'influenza dell'aggiornamento.

### III.5. Conclusioni

Esiste ormai un ampio consenso tra gli studiosi dell'invecchiamento circa i cambiamenti correlati all'età nella capacità di svolgere numerosi compiti cognitivi (Craik & Salthouse, 2000). Negli ultimi anni è fortemente cresciuto il numero di ricerche e teorie che hanno cercato di spiegare il decadimento di alcuni aspetti della cognizione nell'anziano sano e di individuarne le cause principali. Il declino cognitivo dipendente dall'età potrebbe essere spiegato facendo riferimento ad alcuni meccanismi cognitivi di base, quali la velocità di elaborazione delle informazioni, la capacità della MdL, la funzione di inibizione e il funzionamento sensoriale (Park, 2000). Data la complessità del sistema cognitivo umano, una sua ridotta efficienza può essere spiegata meglio da una combinazione di questi meccanismi piuttosto che da un singolo fattore (Salthouse, 1991).

In particolare, alcuni studi hanno suggerito che la MdL possa essere un costrutto fondamentale per poter comprendere l'invecchiamento cognitivo; numerose evidenze, infatti, hanno dimostrato come gli anziani ottengano minori prestazioni in prove di MdL rispetto ai giovani (es.: De Beni et al., 2007; Robert et al., 2009; Vecchi et al., 2005). Inoltre, è stato confermato un maggior declino dipendente dall'età in prove di MdL che richiedono un elevato controllo esecutivo rispetto al mantenimento passivo di informazioni (Bopp & Verhaeghen, 2005; Craik & Jennings, 1992; Vecchi & Cornoldi, 1999; Vecchi et al., 2005). Vecchi e Cornoldi (1999) sottolineano

l'importanza di distinguere tra mantenimento passivo e elaborazione attiva nell'interpretare il declino dipendente dall'età in prove di MdL; infatti, il grado di elaborazione attiva richiesta da uno specifico compito è una variabile che potrebbe adeguatamente predire il livello di prestazione delle persone anziane. Per quanto riguarda i diversi sottosistemi della MdL, solo pochi studi hanno comparato gli effetti dell'età in prove di MdL verbale e visuo-spaziale, riportando risultati contrastanti. Ad esempio, Jenkins et al. (2000) hanno trovato un maggior declino nei processi visuo-spaziali rispetto ai processi verbali; questo pattern di risultati è stato confermato da numerosi altri studi (es.: Bopp & Verhaeghen, 2007; Myerson et al., 1999; 2003; Verhaeghen et al., 2002). Al contrario, Vecchi et al. (2005) hanno trovato che gli anziani hanno prestazioni migliori nel dominio visuo-spaziale rispetto al verbale (vedi anche Fastenau et al., 1996). Secondo altri studi, tuttavia, vi sarebbe un equivalente declino in MdL, indipendentemente dal tipo di materiale utilizzato nelle prove (Borella et al., 2008; Park et al., 2002). Kemps e Newson (2006) hanno dimostrato che se si usano prove di simile difficoltà, ovvero equivalenti, ma con materiale di natura diversa, non si evidenzia alcun declino differenziale in MdL verbale e visuo-spaziale.

Tra i processi altamente controllati della MdL (associati alle funzioni esecutive) troviamo la funzione di aggiornamento, che permette di rendere disponibili in qualsiasi momento le informazioni più rilevanti per una determinata operazione mentale (Morris & Jones, 1990). Tuttavia, nella letteratura sull'invecchiamento il declino relato all'età nell'abilità di aggiornamento in MdL è stato esaminato da pochi studi, che hanno utilizzato prevalentemente materiale verbale (Chen & Li, 2007; De Beni & Palladino, 2004; Hartman et al., 2001; Van der Linden et al., 1994). Da questi studi emerge che con l'aumentare dell'età si riduce l'efficienza nell'abilità di aggiornamento e che tale riduzione è associata ad una peggior prestazione nei test di intelligenza fluida; questo pattern di risultati suggerisce che l'aggiornamento gioca un ruolo rilevante nella mediazione delle differenze legate all'età nell'intelligenza fluida (Chen & Li, 2007).



## CAPITOLO IV

### SINTESI E OBIETTIVI DELLA RICERCA

#### IV.1. Gli effetti dell'età in MdL

Nel secolo scorso si è assistito ad una vera e propria rivoluzione demografica, che ha portato ad un aumento consistente delle aspettative di vita. Infatti, se all'inizio del XX secolo la vita media era di circa 47 anni, attualmente è salita fino a sfiorare gli 80 anni. Di conseguenza, diventa sempre più pressante l'esigenza di approfondire le tematiche relative all'invecchiamento, anche in riferimento ai cambiamenti cognitivi correlati all'età. La comprensione dei cambiamenti associati all'invecchiamento non è solo un enigma teorico, ma costituisce anche un'urgenza sociale, legata al crescente problema demografico dell'invecchiamento della popolazione (Cornoldi & Vecchi, 2003).

Come abbiamo visto nel capitolo precedente, la MdL, intesa come un sistema temporaneo capace di mantenere per un periodo limitato di tempo le informazioni su cui operare delle manipolazioni o delle trasformazioni mentali, viene considerata un costrutto fondamentale per poter comprendere l'invecchiamento cognitivo (Borella et al., 2009a; Park, 2000). Tramite una meta-analisi, Bopp e Verhaeghen (2005) hanno mostrato che le prestazioni degli anziani in prove di MdL sono peggiori rispetto a quelle degli adulti più giovani. Tuttavia, pochi studi si sono occupati di approfondire gli effetti dell'età in MLVS, ovvero il sistema responsabile del mantenimento e dell'elaborazione delle informazioni visive e spaziali. L'elaborazione di materiale visuo-spaziale rappresenta un'esperienza estremamente frequente nella vita quotidiana; ad esempio, è implicata nella capacità di orientarsi nello spazio. Gli anziani, infatti, fanno più fatica dei giovani nell'orientarsi in ambienti non familiari (Ohta & Kirasic, 1983). Mentre per quanto riguarda gli ambienti familiari, assume un valore determinante la complessità dell'ambiente; in quanto gli anziani sono in difficoltà nel caso di ambienti piuttosto grandi, come una città di medie dimensioni, mentre non differiscono dai giovani quando devono muoversi in ambienti più limitati, come il supermercato frequentato abitualmente (Kirasic, 1991). Anche dati recenti sulle abilità di navigazione in ambiente virtuale mettono in evidenza differenze correlate all'età; ad esempio, gli

anziani commettono più errori e impiegano più tempo per completare compiti che richiedono l'apprendimento e il ricordo di percorsi rispetto ai più giovani (Moffat, Zonderman & Resnick, 2001). Le ricerche sul ricordo di posizioni nello spazio hanno evidenziato le difficoltà degli anziani nel ricordare posizioni su una scacchiera (Charness, 1981) o su mappe (Light & Zelinski, 1983); tali difficoltà possono essere alleviate quando viene data loro la possibilità di organizzare le informazioni in modo familiare e coerente (Sharps & Gollin, 1987). Inoltre, Chen, Myerson e Hale (2002) hanno evidenziato che non ci sono deficit correlati ad età nella memoria di caratteristiche visive (forma e colore), ma i più anziani risultano danneggiati nei processi di codifica delle posizioni spaziali. Anche l'abilità di generare e manipolare immagini mentali tende a declinare con l'età, anche se è necessario distinguere tra diversi processi, quali generazione, mantenimento, scanning e rotazione di immagini mentali. Gli anziani risultano meno efficienti nell'attivazione di immagini, ma la loro abilità di aggiungere successivi segmenti all'immagine è comparabile a quelle dei giovani; inoltre, non emergono differenze tra gruppi per quanto riguarda i compiti di mantenimento e scanning; infine, nei compiti di *mental rotation* gli anziani sono risultati più lenti dei giovani all'aumentare della quantità di gradi di rotazione richiesta (Dror & Kosslyn, 1994; De Beni, Pazzaglia & Gardini, 2006). È necessario sottolineare che tali risultati non sono stati sempre confermati dagli studi successivi (Briggs, Raz & Marks, 1999; Brown, Kosslyn, & Dror, 1998).

Una delle questioni ancora irrisolte relative agli effetti dell'età sulla MLVS riguarda il fatto che essa sia più sensibile agli effetti dell'età rispetto alla MdL verbale. Dalla letteratura emergono dati contrastanti a riguardo; sinora pochi studi hanno esaminato direttamente l'elaborazione di informazioni verbali e visuo-spaziali in anziani normali. Jenkins et al. (2000) hanno trovato un maggior declino nei processi visuo-spaziali rispetto ai processi verbali; questo pattern di risultati sono stati confermati da numerosi altri studi (es.: Bopp & Verhaeghen, 2007; Myerson et al., 1999; 2003; Verhaeghen et al., 2002). Si potrebbe quindi ipotizzare che le maggiori difficoltà degli anziani nell'elaborare informazioni visuo-spaziali siano dovute alla maggiore richiesta di controllo esecutivo posta dai compiti di MLVS. Come si è visto nel capitolo precedente, le prestazioni degli anziani peggiorano all'aumentare del grado di controllo richiesto per eseguire il compito. Baddeley (1996) ha ipotizzato che il Taccuino Visuo-Spaziale abbia un legame più forte con l'Esecutivo Centrale rispetto al Loop Fonologico. Infatti, è stato dimostrato che tenere a mente, anche per pochi secondi, una rappresentazione mentale di uno stimolo visivo, anche molto semplice, richiede il coinvolgimento dell'Esecutivo Centrale; mentre il ricordo di brevi sequenze di cifre fa un minimo uso di risorse dell'Esecutivo Centrale (Baddeley & Hitch, 1974). Miyake, Friedman, Rettinger, Shah e Hegarty (2001) confermano che, nel dominio spaziale, le prove di MBT e di MdL sono

fortemente correlate al funzionamento esecutivo in egual misura, a differenza del dominio verbale (vedi Engle et al., 1999b).

Una mole consistente di altri studi ha, tuttavia, riportato risultati differenti da quelli precedentemente esposti. Ad esempio, Vecchi et al. (2005) hanno trovato che gli anziani hanno prestazioni migliori nel dominio visuo-spaziale rispetto al verbale (vedi anche Fastenau et al., 1996). Secondo altri studi, invece, vi sarebbe un equivalente declino in MdL indipendentemente dal tipo di materiale utilizzato nelle prove (Borella et al., 2008; Park et al., 2002). Si deve sottolineare che è difficile interpretare le differenze tra i deficit correlati all'età nei differenti compiti (verbale e visuo-spaziale), a meno che non si sia certi che questi siano equivalenti in difficoltà (Chapman & Chapman, 1973); di conseguenza, è necessario avere a disposizione compiti equivalenti per il dominio verbale e per quello visuo-spaziale (Kemps & Newson, 2006). In altre parole, è probabile che le incongruenze emerse tra i risultati dei diversi studi siano legate al tipo di compiti utilizzati in tali ricerche; ovvero, le differenze tra giovani ed anziani nei due domini potrebbero essere attribuibili al grado di familiarità del materiale utilizzato nei compiti verbale e visuo-spaziale; spesso, infatti, i compiti visuo-spaziali, solitamente utilizzati in questo tipo di studi, impiegano materiale piuttosto astratto, conseguentemente meno familiare e significativo rispetto al materiale verbale. Questo aspetto potrebbe inficiare maggiormente la prestazione dei più anziani, maggiormente sensibili a tali caratteristiche del compito rispetto ai più giovani (Vecchi et al., 2001). A tal proposito, Kemps e Newson (2006) hanno dimostrato che se si usano prove di simile difficoltà, ovvero equivalenti, ma con materiale di natura diversa, non si evidenzia alcun declino differenziale in memoria verbale e visuo-spaziale. Le autrici concludono che, indipendentemente dalla natura del materiale impiegato, gli anziani hanno peggiori prestazioni rispetto ai giovani in tutte le prove di span complesso che richiedono un elevato controllo esecutivo (*executive control*), (vedi anche, de Ribaupierre & Lecerf, 2006; de Ribaupierre & Ludwig, 2003). Con il termine *executive control* si intende l'insieme dei meccanismi di controllo in grado di coordinare i diversi processi cognitivi.

Tra i processi altamente controllati della MdL (associati alle funzioni esecutive) troviamo la funzione di *updating*, che permette di rendere disponibili in qualsiasi momento le informazioni più rilevanti per una determinata operazione mentale (Morris & Jones, 1990). Negli ultimi anni è cresciuto l'interesse verso tale processo, che sembra rappresentare una delle componenti più significative, se paragonato ai processi di *shifting* o inibizione (vedi Miyake et al., 2000). Infatti, l'aggiornamento, sebbene specifico all'apparenza, sembra rivestire in realtà una notevole importanza per la comprensione dei meccanismi cognitivi implicati nella vita di tutti i giorni. Quotidianamente, infatti, ci si ritrova ad aggiornare le informazioni in memoria, in particolare,

quando le vecchie entrano in conflitto con le nuove con cui devono essere sostituite. È necessario aggiornare, ad esempio, quando dobbiamo scegliere il prodotto meno caro tra una varietà di merci esposte, quando dobbiamo aggiornare la stima di quanti soldi sono rimasti nel nostro portafoglio dopo una serie di spese oppure quando dobbiamo ricordare il luogo esatto in cui abbiamo parcheggiato la macchina. Il processo di aggiornamento non fa, pertanto, riferimento ad un semplice mantenimento di informazioni rilevanti, quanto piuttosto ad un'elaborazione dinamica dei contenuti in MdL (Morris & Jones, 1990; Palladino et al., 2001). Risulta evidente che il processo di aggiornamento permette un efficiente funzionamento della MdL, che, a sua volta, è un sistema cognitivo che sorregge gran parte dell'attività psichica, come dimostrano gli studi che hanno evidenziato la sua relazione, ad esempio, con la comprensione del testo (Palladino et al., 2001) e con il calcolo (Passolunghi & Pazzaglia, 2005). Inoltre, sembra che l'*updating* sia tra le principali funzioni esecutive quella più fortemente correlata all'intelligenza fluida (Friedman et al., 2006). La forte relazione tra *updating* e intelligenza è consistente con numerosi dati che riportano un'associazione tra intelligenza e capacità di MdL (Carpenter, Just & Shell, 1990; Engle et al., 1999b). Questi risultati sottolineano l'importanza dei processi di aggiornamento nella concezione di intelligenza (Friedman et al., 2006): l'aggiornamento e la capacità di MdL sono abilità che richiedono controllo esecutivo al fine di mantenere le informazioni rilevanti, ad esempio gli obiettivi del compito, in caso di interferenza, di eliminare queste informazioni una volta divenute irrilevanti sostituendole con nuove informazioni (Engle et al., 1999b; Miyake et al., 2000). Recentemente, Schmiedek et al. (2009) hanno dimostrato che prove di aggiornamento misurano egualmente bene la capacità di MdL dei compiti di span complesso, in quanto entrambi i tipi di compiti condividono meccanismi di elaborazione comuni.

Hartman et al. (2001) hanno suggerito che il declino dipendente dall'età in MdL possa essere correlato a cambiamenti nell'abilità di aggiornare la MdL con informazioni rilevanti per il compito che si sta svolgendo. Tuttavia, nella letteratura sull'invecchiamento il declino relativo all'età nell'abilità di aggiornamento in MdL è stato esaminato da pochi studi, che hanno utilizzato prevalentemente materiale verbale (Chen & Li, 2007; De Beni & Palladino, 2004; Hartman et al., 2001; Van der Linden et al., 1994). Da questi studi emerge che con l'aumentare dell'età si riduce l'efficienza nell'abilità di aggiornamento e che tale riduzione è associata ad una peggior prestazione nei test di intelligenza fluida; questo pattern di risultati suggerisce che l'aggiornamento gioca un ruolo rilevante nella mediazione delle differenze legate all'età nell'intelligenza fluida (Chen & Li, 2007).

## IV.2. Obiettivi della ricerca

Da quanto riportato finora emerge che le prestazioni degli anziani in MdL sono deficitarie in quelle prove che richiedono un elevato grado di controllo esecutivo (de Ribaupierre & Lecerf, 2006; Kemps & Newson, 2006; Park et al., 2002). Si deve, tuttavia, sottolineare che le ricerche svolte finora riguardo agli effetti dell'età in MdL si sono focalizzate principalmente sulla sua componente verbale; pochi studi si sono occupati di indagare la componente della MdL deputata al mantenimento e all'elaborazione di materiale visuo-spaziale. In particolare, per quanto riguarda la funzione di aggiornamento delle informazioni in MdL, si conosce poco sugli effetti dell'età nell'abilità di aggiornare le informazioni visuo-spaziali.

L'obiettivo generale della presente ricerca è stato, quindi, quello di approfondire gli effetti dell'età in prove che richiedono un elevato controllo esecutivo; in particolare, ci si è focalizzati su una specifica funzione della MdL, ovvero quella che permette non solo di mantenere le informazioni rilevanti per il compito che si sta eseguendo, ma anche di eliminare queste informazioni una volta divenute irrilevanti sostituendole con nuove e più pertinenti informazioni (Miyake et al., 2000). Come visto in precedenza, questo processo di aggiornamento delle informazioni in MdL è estremamente *demanding* dal punto di vista delle risorse attentive (Carretti et al., 2007). Nei primi due esperimenti ci si è quindi concentrati sul processo di aggiornamento di informazioni sia verbali che visuo-spaziali. Come abbiamo visto più volte, il processo di *updating* risulta così importante nella vita quotidiana, ma allo stesso tempo così trascurato. L'interesse per questa funzione esecutiva deriva dall'assunzione che il successo in compiti di MdL è collegato al ricordo di informazioni pertinenti (De Beni & Palladino, 2004); infatti, in questi compiti, la MdL è efficiente se l'informazione è continuamente aggiornata in base alla rilevanza dell'informazione stessa ai fini del compito in esecuzione. In particolare, nel primo esperimento della presente ricerca, nel tentativo di approfondire lo studio degli effetti dell'età nell'abilità di aggiornare materiale visuo-spaziale e di esaminare se vi sia un declino differenziale tra dominio verbale e visuo-spaziale sono state confrontate le prestazioni di un gruppo di partecipanti giovani e di un gruppo di anziani in prove di aggiornamento sia verbali che visuo-spaziali. Data l'importanza di utilizzare versioni parallele di prove di memoria nelle ricerche sull'invecchiamento (vedi Kemps & Newson, 2006), è stata messa a punto una versione parallela con materiale visuo-spaziale della classica prova di *updating* più frequentemente utilizzata, ovvero il *Running Memory Task* (Morris & Jones, 1990). Infatti, in entrambe le prove viene utilizzato lo stesso paradigma e vengono poste le stesse richieste di elaborazione (Kemps & Newson, 2006). I risultati di questo esperimento, in linea con altri dati presenti in letteratura – secondo cui non sempre i partecipanti adottano strategie di tipo *updating*

quando eseguono il *Running Memory Task*, preferendo strategie più *low-effort* basate sull'effetto della recenza (Palladino et al., 2001; Carretti et al., 2005; Ruiz et al., 2005; Palladino & Jarrold, 2008) – ci hanno portato a sviluppare due versioni parallele del *Keep Tracking Task* (adattato da Yntema, 1963), un'altra prova solitamente utilizzata per misurare i processi di aggiornamento. L'utilizzo di questa prova ci ha permesso di avere informazioni più chiare circa l'eventuale declino differenziale dipendente dall'età nell'abilità di aggiornare informazioni verbali e spaziali. Nell'ultimo esperimento ci si è infine focalizzati sulla MLVS; l'obiettivo generale era quello di analizzare in che misura le differenze d'età nel mantenimento di materiale visuo-spaziale sono in relazione con la concomitante richiesta di controllo esecutivo, riadattando un paradigma originariamente proposto da McCabe, Robertson e Smith (2005), in cui è stata combinata una prova visuo-spaziale con un classico compito di inibizione, ovvero il compito di Stroop.

# CAPITOLO V

## ESPERIMENTO 1

### L'EFFETTO DELL'ETÀ IN PROVE DI AGGIORNAMENTO: *IL RUNNING MEMORY TASK*

#### V.1. Introduzione

Nel primo esperimento ci siamo proposti di esaminare gli effetti dell'età nell'abilità di aggiornare le informazioni presenti in MdL; in particolare, l'obiettivo era quello di indagare se nelle prove di *updating* verbale vi fosse un declino dipendente dall'età differente da quello presente in quelle di *updating* visuo-spaziale. Come descritto ampiamente nei precedenti capitoli, il processo di aggiornamento riveste un ruolo di notevole importanza per un efficiente funzionamento della MdL, in quanto permette di avere disponibili in qualsiasi momento le informazioni più rilevanti per una determinata operazione mentale (Morris & Jones, 1990; Palladino et al., 2001). Nonostante negli ultimi anni sia cresciuto l'interesse attorno a questo processo, poco si conosce circa gli effetti dell'età nell'abilità di aggiornare informazioni, soprattutto di tipo visuo-spaziali. A tal scopo, nel presente esperimento abbiamo deciso di utilizzare il *Running Memory Task*, la classica prova di *updating* che utilizza materiale verbale; data l'importanza di utilizzare versioni equivalenti di prove di memoria verbali e visuo-spaziali nelle ricerche sull'invecchiamento (vedi Kemps & Newson, 2006), è stata, quindi, creata una versione parallela con materiale spaziale. Infatti, in entrambe le prove viene utilizzato lo stesso paradigma e vengono poste le stesse richieste di elaborazione (Kemps & Newson, 2006).

## V.2. Metodo

### V.2.1. Partecipanti

Hanno preso parte all'esperimento un totale di cinquantadue partecipanti, 26 giovani adulti (13 maschi e 13 femmine) dai 22 ai 42 anni (età media = 27.81, DS = 6.80) e 26 adulti più anziani (11 maschi e 15 femmine) dai 58 ai 75 anni (età media = 68.77, DS = 5.76).

Ai partecipanti è stata somministrata una breve intervista allo scopo di escludere coloro che presentavano seri problemi di salute o facevano uso di medicinali in grado di indurre sonnolenza o influenzare il funzionamento cognitivo (Crook, Bartus, Ferris, Whitehouse, Cohen, & Gershon, 1986). La maggior parte degli anziani reclutati frequentava l'Università della Terza Età e centri ricreativi per anziani nel Trentino – Alto Adige.

Tabella V.1. Caratteristiche del campione e variabili demografiche.

	Giovani		Anziani	
	<i>M</i>	<i>DS</i>	<i>M</i>	<i>DS</i>
<b>Età</b>	27.81	6.80	68.77	5.76
<b>Vocabolario</b>	63.88	3.24	63.77	4.36
<b>Scolarità</b>	16.38	2.53	12.92	2.81

Come mostra la Tabella V.1, il livello di scolarità dei due gruppi di età è abbastanza alto, sebbene il gruppo degli anziani mostri un livello significativamente inferiore rispetto a quello dei giovani,  $F(1,50) = 21.76$ ,  $MSE = 7.16$ ,  $p > .001$ ,  $\eta^2 = .30$ . Al contrario, non si è evidenziata alcuna differenza significativa tra i due gruppi nella prova di vocabolario,  $F < 1$ .

Tutti i partecipanti avevano vista normale o corretta da lenti ed erano tutti di lingua italiana; inoltre, hanno partecipato volontariamente alla ricerca ed erano inconsapevoli delle ipotesi della ricerca.

### V.2.2. Materiali

#### *Running Memory Task verbale (RMTv)*

Il compito di aggiornamento utilizzato nel presente esperimento è la classica prova di *updating* proposta da Morris e Jones (1990). Ai partecipanti sono state presentate delle liste di consonanti dell'alfabeto italiano, che comparivano uno per volta su uno schermo bianco, con una velocità di un item per secondo. Compito dei partecipanti era quello di ricordare serialmente uno

specifico numero di item finali. Nella prova di *updating* con basso carico di memoria (RMTv4), ai partecipanti veniva chiesto di ricordare le ultime 4 lettere della lista nell'ordine in cui erano state presentate (Tabella V.2); nella prova di *updating* con alto carico di memoria (RMTv6), i partecipanti dovevano ricordare serialmente le ultime 6 lettere presentate loro (Tabella V.3).

Sono state costruite 16 liste di consonanti per la prova di RMTv4 e altre 16 liste per la prova di RMTv6. Entrambe le serie di liste variavano in lunghezza; per la prova di RMTv4, venivano utilizzate 4 liste da 4 item (che quindi non richiedevano alcun processo di aggiornamento), 4 liste da 6 item (che prevedevano 2 *updating*), 4 liste da 8 item (che richiedevano 4 *updating*) e 4 liste da 10 item (che prevedevano 6 *updating*). Similmente, per la prova di RMTv6 sono state preparate liste da 6, 8, 10 e 12 item, che richiedevano rispettivamente 0, 2, 4 e 6 *updating*.

Tabella V.2. Esempio di prova con carico di memoria da 4 item.

Lunghezza della lista	Lista di item	Numero di <i>Updating</i>	Risposta corretta
4	<u>RGNH</u>	0	RGNH
6	<u>GDSLQ</u>	2	SLCQ
8	<u>VZHBQCRF</u>	4	QCRF
10	<u>MVZHG<del>P</del>SCFR</u>	6	SCFR

Tabella V.3. Esempio di prova con carico di memoria da 6 item.

Lunghezza della lista	Lista di item	Numero di <i>Updating</i>	Risposta corretta
6	<u>GDCLSQ</u>	0	GDCLSQ
8	<u>VZHBQ<del>N</del>R<del>C</del></u>	2	HBQ <del>N</del> R <del>C</del>
10	<u>QLTZFCMRDH</u>	4	FCMRDH
12	<u>FQBVCRTMGZHD</u>	6	TMGZHD

All'interno di ogni singola lista, le consonanti non venivano ripetute per più di una volta, e venivano evitate le sequenze di lettere che potevano suonare come acronimi o sigle. Le 16 liste erano presentate in un ordine *random* standardizzato, con la sola restrizione che non potevano essere presentate successivamente non più di due liste della stessa lunghezza. Prima di ognuna delle prove di *updating*, lo sperimentatore avvisava i partecipanti che sarebbero state loro presentate casualmente liste di lunghezza diversa; tuttavia, non venivano informati della lunghezza di ogni lista prima della presentazione. Prima di iniziare l'esperimento venivano presentati due trial di pratica; se durante tali prove erano commessi degli errori, questi erano segnalati al partecipante.

Per valutare la prestazione alla prova di RMTv è stata calcolata la proporzione di item correttamente ricordati nella posizione seriale loro appropriata per ogni livello di aggiornamento richiesto. Nello specifico, è stata considerata corretta una risposta non solo se l'item è stato ricordato ma anche se esso è stato collocato nella posizione seriale appropriata; ad esempio, se la 'R' è stata presentata come ultimo item, il partecipante ha risposto correttamente se riporta la 'R' in quarta posizione seriale.

#### *Running Memory Task spaziale (RMTs)*

A differenza della prova verbale precedentemente descritta, nel *Running Memory Task* spaziale, creato ad hoc per il presente esperimento, ai partecipanti venivano presentate delle sequenze di pallini all'interno di una matrice 5x5, con una velocità di un item per secondo. Il compito dei partecipanti era quello di ricordare, cliccando con il tasto sinistro del mouse su una matrice bianca, la posizione di uno specifico numero di item finali nel corretto ordine di presentazione. Nella prova di *updating* con basso carico di memoria (RMTs4), i partecipanti dovevano ricordare serialmente le ultime 4 posizioni dei pallini presentati loro (Figura V.1); nella prova di *updating* con alto carico di memoria (RMTs6), ai partecipanti veniva chiesto di ricordare le ultime 6 posizioni della sequenza nell'ordine in cui erano state presentate.

Sono state utilizzate 16 sequenze di pallini, di lunghezza diversa, per il compito di RMTs4 e 16 sequenze per il compito di RMTs6. All'interno di ogni compito vi era un eguale numero di prove per ogni lunghezza delle sequenze. Per il RMTs4, le sequenze erano formate da 4, 6, 8 e 10 item (in modo da richiedere rispettivamente 0, 2, 4, 6 *updating*); similmente, nel RMTs6 venivano presentate sequenze composte da 6, 8, 10 e 12 item.

All'interno di ogni singola matrice, le posizioni all'interno di una stessa cella non venivano ripetute per più di una volta. Le 16 sequenze erano presentate in un ordine *random* standardizzato, con la sola restrizione che non potevano essere presentate successivamente non più di due liste della stessa lunghezza. Prima di ognuna delle prove di *updating*, lo sperimentatore forniva ai partecipanti l'indicazione che sarebbero state loro presentate casualmente sequenze di lunghezza diversa; tuttavia, non venivano informati della lunghezza di ogni sequenza prima della presentazione. Prima di iniziare l'esperimento venivano presentati ai partecipanti due trial di pratica; se durante tali prove erano commessi degli errori, questi erano segnalati al partecipante.

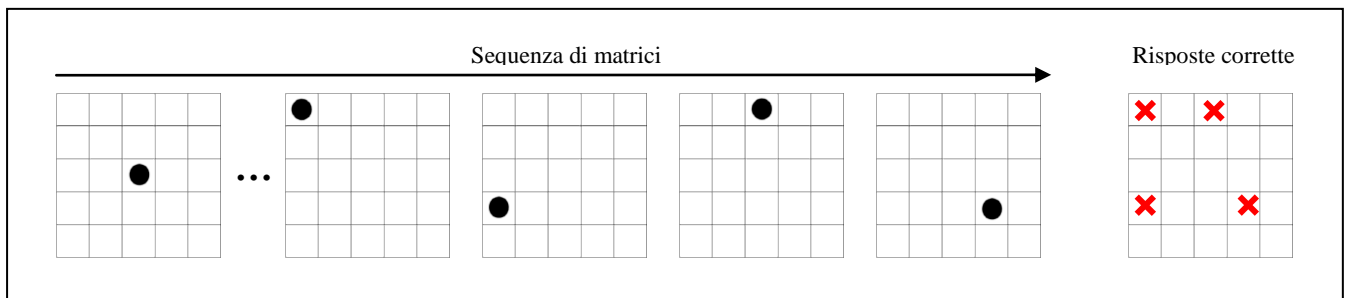


Figura V.1. Esempio di prova con carico di memoria composto da 4 item.

Per valutare la prestazione alla prova di RMTs è stata calcolata la proporzione di item correttamente ricordati nella posizione seriale loro appropriata per ogni livello di aggiornamento richiesto. Nello specifico, è stata considerata corretta una risposta se la posizione all'interno della matrice è stata ricordata nel corretto ordine seriale di presentazione; ad esempio, se l'ultimo pallino è stato presentato nell'angolo in alto a sinistra della matrice, il partecipante ha risposto correttamente se clicca quella cella della matrice in quarta posizione seriale.

A tutti i partecipanti sono state somministrate anche prove di span in avanti ed indietro, sia verbale che visuo-spaziale, in modo da ottenere una misura della capacità della MBT passiva (span in avanti) e più attiva (span indietro). Queste prove, infatti, prevedono la memorizzazione di sequenze di item (cifre o posizioni) di diversa lunghezza da ripetere nell'ordine in cui sono state presentate (span in avanti) o nell'ordine inverso, ossia dall'ultima alla prima (span indietro).

#### *Span di cifre in avanti*

Ai partecipanti viene chiesto di ascoltare alcune serie di numeri letti dallo sperimentatore, al ritmo di una cifra al secondo, e successivamente di ripeterle nello stesso ordine in cui le cifre sono state presentate. Le sequenze di cifre sono composte da un minimo di 3 ad un massimo di 9 item e vengono presentate in ordine crescente. Ogni sequenza è caratterizzata da due set di cifre. A differenza dalla classica prova di span, in cui il compito viene interrotto qualora il partecipante sbaglia entrambe le prove della stessa sequenza, nel presente esperimento la prova veniva completata con la somministrazione di tutte le sequenze. Per l'attribuzione del punteggio, è stata calcolata la percentuale di item correttamente ricordati nella loro appropriata posizione seriale.

### *Span di cifre indietro*

La procedura dello span indietro è simile a quella dello span in avanti. Ai partecipanti viene chiesto di ascoltare alcune serie di numeri letti dallo sperimentatore, al ritmo di una cifra al secondo; in questo caso, tuttavia, il partecipante deve ripetere le cifre nell'ordine inverso in cui sono state presentate, quindi dall'ultima alla prima. Nello span di cifre indietro, le sequenze sono composte da un minimo di 2 fino ad un massimo di 8 di cifre. Ogni sequenza è caratterizzata da due set di cifre. Come per la prova di span in avanti, il partecipante deve completare tutte le sequenze di cifre. Per l'attribuzione del punteggio, è stata calcolata la percentuale di item correttamente ricordati nella loro appropriata posizione seriale.

### *Test di Corsi in avanti*

In questo test viene utilizzata una tavoletta sulla quale sono posizionati in modo irregolare nove cubetti numerati solo nel lato rivolto verso l'esaminatore per facilitarne la somministrazione della prova. Il compito del partecipante è quello di indicare la sequenza di cubi nello stesso ordine con cui lo sperimentatore li ha toccati, partendo dal primo fino all'ultimo. Il test prevede sequenze da 3 a 9 item e ogni sequenza è caratterizzata da due set di item. Come per le prove di span verbali, il partecipante deve completare tutte le sequenze di cubi. Per l'attribuzione del punteggio, è stata calcolata la percentuale di item correttamente ricordati nella loro appropriata posizione seriale.

### *Test di Corsi indietro*

La procedura di somministrazione della prova è simile a quella del Test di Corsi in avanti. Tuttavia, in questa prova, il partecipante deve riprodurre nell'ordine inverso la sequenza di item, quindi partendo dall'ultimo fino al primo cubo indicato dallo sperimentatore. Le sequenze vanno da 2 a 8 item e ogni sequenza è caratterizzata da due set di item, che il partecipante deve completare tutte. Per l'attribuzione del punteggio, è stata calcolata la percentuale di item correttamente ricordati nella loro appropriata posizione seriale.

### V.2.3. Procedura

Ogni partecipante è stato testato individualmente, in una stanza silenziosa e ben illuminata così da limitare possibili distrazioni. La prova aveva una durata complessiva di circa 70 minuti; ai partecipanti veniva data la possibilità di chiedere di fare una pausa nel caso in cui fossero stanchi.

In un primo momento, sono state raccolte brevemente le informazioni relative ai dati personali e allo stato di salute dei partecipanti al fine di escludere coloro che presentavano particolari patologie in grado di alterare le prestazioni cognitive.

Successivamente, ai partecipanti venivano presentate le prove di aggiornamento e le prove di MBT precedentemente descritte. L'ordine delle diverse prove sperimentali era controbilanciato all'interno dei partecipanti. Dopo la presentazione delle prove sperimentali si è proceduto con la somministrazione della Prova di Vocabolario, tratta dalla WAIS (Weschler, 1981).

#### V.2.4. Ipotesi della Ricerca

Con il presente esperimento ci si è proposti innanzitutto di analizzare le differenze legate all'età nell'abilità di aggiornare le informazioni sia verbali che spaziali presenti in MdL; a tale scopo è stato ripreso il classico compito di *updating* originariamente proposto da Morris e Jones (1990), che utilizza materiale verbale; è stata inoltre messa a punto una versione spaziale del suddetto compito. Ci si attendeva che le prestazioni dei partecipanti più anziani fossero inferiori rispetto a quelle dei più giovani, come già riportato da Van der Linder et al. (1994). Interessante era anche analizzare il tipo di strategia adottata dai due gruppi di età al fine di eseguire l'aggiornamento delle informazioni. Da recenti studi emerge che non sempre i partecipanti, a cui viene somministrato il *Running Memory Task*, adottano la strategia di eliminare attivamente dalla memoria gli item non più rilevanti, preferendo una strategia *low-effort* basata sull'effetto recenza; in altre parole, i partecipanti spesso preferirebbero aspettare passivamente la fine della lista prima provare a ricordare gli item più recenti (Carretti et al., 2005; Palladino et al., 2001; Palladino & Jarrold, 2008; Ruiz et al., 2005). Si potrebbe ipotizzare che gli anziani, a causa delle loro limitate risorse attentive, ricorrano più frequentemente a quest'ultimo tipo di strategia, che di fatto non è aggiornamento.

Un ulteriore obiettivo del presente esperimento era volto a valutare eventuali differenze nei processi di aggiornamento verbale e spaziale. Sinora poche ricerche hanno cercato di esaminare l'effetto del tipo di materiale da aggiornare utilizzando prove parallele di *updating* verbale e spaziale (es.: Palladino & Jarrold, 2008). Palladino e Jarrold (2008) hanno trovato una migliore prestazione alle prove di aggiornamento verbale rispetto alle prove spaziali, in un campione di soli partecipanti giovani. Ci aspettavamo anche noi un simile risultato, ipotizzando maggiori difficoltà nell'aggiornamento di item spaziali rispetto a quelli verbali. Risultano più complicate le ipotesi relative ad un eventuale declino differenziale legato all'età in base al tipo di materiale da aggiornare. Seppure al momento non esistano studi che abbiano analizzato direttamente l'ipotesi di un declino differenziale in prove di aggiornamento, esiste in letteratura enorme dibattito riguardo ad

una maggiore sensibilità agli effetti dell'età della MLVS; come visto nel Capitolo III, i dati presenti in letteratura sono piuttosto contrastanti, tuttavia emerge che qualora si utilizzino prove equivalenti, le prestazioni degli anziani non differiscono nelle prove verbali e in quelle spaziali (Kemps & Newson, 2006).

Infine, in linea con l'ipotesi secondo cui le difficoltà degli anziani emergono in prove che richiedono un elevato controllo esecutivo (de Ribaupierre & Lecerf, 2006; Vecchi & Cornoldi, 1999; Verhaeghen & Cerella, 2002), si prevede che le differenze tra i due gruppi d'età dovrebbero essere minime nelle prove che misurano la MBT, sia relativamente a materiale verbale che visuo-spaziale; maggiori differenze potrebbero essere presenti nelle prove di span indietro, in quanto queste richiedono un grado di controllo che si pone tra le prove di MBT e le prove di aggiornamento in MdL (Bopp & Verhaeghen, 2005); queste differenze dovrebbero essere maggiormente evidenti nel dominio spaziale, in quanto la MBT e la MdL sono fortemente correlate al funzionamento esecutivo in egual misura (Miyake et al., 2001).

### V.3. Risultati

Le statistiche descrittive delle prove di aggiornamento verbale sono riportate nella Tabella V.4; la Tabella V.5 riporta media e deviazione standard delle prove di aggiornamento spaziale.

Emerge chiaramente dalle tabelle che le prestazioni dei partecipanti alle prove di aggiornamento con alto carico di memoria sono estremamente basse. Infatti, ad alcuni livelli di aggiornamento della prova verbale entrambi i gruppi d'età ricordano meno della metà degli ultimi 6 item. Nella prova spaziale la loro prestazione è ancora più deficitaria; difatti, sia i giovani che gli anziani ricordano meno del 40 % degli item nei trial che richiedono di effettuare delle operazioni di *updating*. La scelta di manipolare il carico di memoria nelle prove di aggiornamento proposte nel presente esperimento deriva dai risultati riportati da Van der Linden et al. (1994), in cui le differenze d'età nella prova di aggiornamento verbale emergono solo con un alto carico di memoria, in quanto entrambi i gruppi d'età hanno prestazioni molto elevate nella prova con un carico da 4 item. Tuttavia, il campione del presente esperimento mostra un effetto pavimento nell'eseguire le prove con un carico da 6 item; per questo motivo di seguito verranno riportate e discusse solo le analisi relative alle prove con carico di memoria da 4 item. La descrizione dei risultati sarà suddivisa in tre paragrafi: il primo riporterà in dettaglio le analisi relative alla prova di RMT verbale, verranno poi trattate le analisi relative alla equivalente prova di aggiornamento spaziale; e

si concluderà con le analisi che confrontano direttamente le prestazioni dei due gruppi d'età nelle due prove loro proposte.

*Tabella V.4.* Medie e deviazioni standard (DS) ottenute dai due gruppi d'età (giovani, anziani) nei diversi livelli di *updating* (0, 2, 4, 6) del *Running Memory Task* verbale con carico di memoria da 4 (*RMTv4*) e 6 item (*RMTv6*).

	<b>Giovani</b>				<b>Anziani</b>			
	<i>RMTv4</i>		<i>RMTv6</i>		<i>RMTv4</i>		<i>RMTv6</i>	
	<i>M</i>	<i>DS</i>	<i>M</i>	<i>DS</i>	<i>M</i>	<i>DS</i>	<i>M</i>	<i>DS</i>
0 <i>Updating</i>	.95	.08	.65	.23	.78	.20	.66	.18
2 <i>Updating</i>	.82	.14	.47	.20	.82	.15	.54	.18
4 <i>Updating</i>	.74	.21	.63	.16	.69	.18	.60	.17
6 <i>Updating</i>	.67	.22	.47	.20	.53	.20	.50	.16

*Tabella V.5.* Medie e deviazioni standard (DS) ottenute dai due gruppi d'età (giovani, anziani) nei diversi livelli di *updating* (0, 2, 4, 6) del *Running Memory Task* spaziale con carico di memoria da 4 (*RMTs4*) e 6 item (*RMTs6*).

	<b>Giovani</b>				<b>Anziani</b>			
	<i>RMTs4</i>		<i>RMTs6</i>		<i>RMTs4</i>		<i>RMTs6</i>	
	<i>M</i>	<i>DS</i>	<i>M</i>	<i>DS</i>	<i>M</i>	<i>DS</i>	<i>M</i>	<i>DS</i>
0 <i>Updating</i>	.85	.13	.52	.17	.72	.14	.45	.09
2 <i>Updating</i>	.64	.18	.37	.19	.56	.17	.34	.11
4 <i>Updating</i>	.58	.23	.35	.15	.48	.14	.37	.10
6 <i>Updating</i>	.67	.17	.34	.18	.47	.17	.28	.11

### V.3.1. Risultati relativi alla prova di RMTv

Nella Tabella V.6 sono riassunte le statistiche descrittive della proporzione di item finali correttamente ricordati, da entrambi i gruppi d'età, nella loro posizione seriale in base al numero di *updating* richiesti.

Tabella V.6. Medie e deviazioni standard (DS) ottenute dai due gruppi d'età (giovani, anziani) nei diversi livelli di *updating* (0, 2, 4, 6) del RMTv4 e nelle diverse posizioni seriali.

	Giovani				Anziani			
	0 Updating	2 Updating	4 Updating	6 Updating	0 Updating	2 Updating	4 Updating	6 Updating
	M (SD)	M (SD)	M (SD)	M (SD)	M (SD)	M (SD)	M (SD)	M (SD)
Posizione seriale 1	.94 (.11)	.72 (.23)	.60 (.27)	.55 (.26)	.67 (.37)	.74 (.28)	.58 (.22)	.40 (.31)
Posizione seriale 2	.93 (.13)	.82 (.21)	.71 (.23)	.59 (.29)	.69 (.33)	.83 (.22)	.63 (.25)	.45 (.29)
Posizione seriale 3	.93 (.13)	.86 (.16)	.82 (.22)	.75 (.32)	.80 (.21)	.82 (.27)	.74 (.19)	.61 (.28)
Posizione seriale 4	.98 (.07)	.90 (.14)	.81 (.23)	.81 (.25)	.91 (.16)	.89 (.16)	.74 (.28)	.63 (.22)

È stata eseguita una ANOVA con disegno misto 2 (Gruppo d'Età: giovani, anziani) x 4 (Numero di *Updating* : 0, 2, 4, 6) x 4 (Posizione Seriale: 1, 2, 3, 4); la scolarità è stata messa a covariata. Tuttavia, le differenze nel livello di istruzione non sono risultate rilevanti per le misure considerate; di conseguenza, tale variabile non è stata presa in considerazione nelle analisi di seguito riportate. È emerso un effetto principale del Gruppo d'Età,  $F(1,50) = 8.59$ ,  $MSE = .24$ ,  $p = .005$ ,  $\eta^2 = .15$ ; i confronti ottenuti con la correzione di Bonferroni evidenziano come le prestazioni del gruppo dei giovani ( $M = .79$ ;  $ES = .02$ ) sono significativamente superiori a quelle dei più anziani ( $M = .70$ ;  $ES = .02$ ). Anche l'effetto principale del Numero di *Updating* è risultato significativo,  $F(3,150) = 27.72$ ,  $MSE = .10$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .36$ ; sebbene non vi siano differenze tra le prove con 0 e 2 *updating* (rispettivamente,  $M = .86$ ;  $ES = .02$  e  $M = .82$ ;  $ES = .02$ ) ( $p = 1$ ), le prestazioni diminuiscono significativamente all'aumentare del numero di *updating* richiesti (4 *updating*,  $M = .70$ ;  $ES = .03$ ; e 6 *updating*,  $M = .60$ ;  $ES = .03$ ) (in tutti i casi,  $p < .002$ ).

Anche l'effetto principale della Posizione Seriale è risultato significativo,  $F(3,150) = 53.81$ ,  $MSE = .03$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .52$ ; i confronti ottenuti con la correzione di Bonferroni mettono in evidenza come le ultime posizioni all'interno delle liste vengano maggiormente ricordate rispetto alle prime. Infatti, la proporzione di item in prima posizione ( $M = .65$ ,  $ES = .02$ ) è

significativamente inferiore rispetto a quella dell'item in seconda posizione ( $M = .71$ ,  $ES = .02$ ) ( $p = .003$ ), che a sua volta è inferiore a quella dell'item in terza posizione ( $M = .79$ ,  $ES = .02$ ) ( $p < .001$ ), che è infine più bassa della proporzione dell'item in quarta ed ultima posizione ( $M = .83$ ,  $ES = .02$ ) ( $p = .007$ ).

Questi effetti principali sono qualificati dalle seguenti interazioni: l'interazione Gruppo d'Età x Numero di *Updating*,  $F(3,150) = 3.10$ ,  $MSE = .10$ ,  $p = .03$ ,  $\eta_p^2 = .06$  e l'interazione Numero di *Updating* x Posizione Seriale,  $F(9,450) = 2.40$ ,  $MSE = .03$ ,  $p = .01$ ,  $\eta_p^2 = .05$ .

Per quanto riguarda l'interazione Gruppo d'Età x Numero di *Updating*, come emerge anche dalla Figura V.2, gli anziani presentano un andamento di prestazione nettamente differente da quello dei giovani; in primis, seppure le prestazioni di entrambi i gruppi tendano a declinare all'aumentare del numero di *updating* richiesti, l'ampiezza di questo effetto è maggiore per il gruppo degli anziani,  $F(3,48) = 14.91$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .48$  rispetto ai più giovani,  $F(3,48) = 8.04$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .33$ . I giovani, infatti, mostrano una prestazione pressoché perfetta nelle prove in cui non è richiesto alcun *updating*; la loro prestazione si abbassa significativamente, passando dai trial con 0 *updating* ai trial che richiedono 2, 4 e 6 operazioni di *updating* (rispettivamente,  $p = .03$ ;  $p = .001$ ;  $p < .001$ ), pur mantenendosi abbastanza stabile (si noti che solo le prestazioni con 2 e 6 *updating* differiscono significativamente tra loro,  $p = .006$ ). Al contrario, gli anziani mostrano una prestazione relativamente bassa nei trial con 0 *updating*, che dovrebbero portare a prestazioni quasi perfette (in quanto, non richiedendo alcun processo di aggiornamento, sono simili ad una prova di span con un basso carico di memoria); infatti, il punteggio in questi trial non differisce da quello in trial con 2 e 4 *updating* (in entrambi i casi,  $p > .39$ ), mentre risulta comunque superiore al punteggio ottenuto ai trial con 6 *updating* ( $p < .001$ ). Il dato che gli anziani mostrino delle prestazioni piuttosto basse nei trial con 0 *updating* potrebbe essere spiegato facendo riferimento all'*uncertainty effect*. Come suggeriscono Fisk e Sharp (2003), la presenza di incertezza riguardo alla lunghezza delle liste sembra danneggiare la prestazione soprattutto nelle liste brevi, in cui addirittura non è richiesta alcuna operazione di *updating*. L'*uncertainty effect* fornisce una prima indicazione che i partecipanti anziani non hanno cercato attivamente di utilizzare una procedura di tipo *updating*; in caso contrario, non si spiegherebbe perché le prestazioni in trial con 0 *updating* sono inferiori a delle semplici prove di span con lo stesso numero di item da ricordare. Nei trial in cui è richiesto il processo di aggiornamento, la prestazione degli anziani decresce progressivamente all'aumentare del numero di *updating*. Infatti, la prestazione ai trial con 2 *updating* è superiore ai trial con 4 ( $p = .001$ ) e 6 *updating* ( $p < .001$ ); a sua volta, il punteggio ai trial che richiedono 4 operazioni di *updating* è superiore a quello con 6 *updating* ( $p = .002$ ).

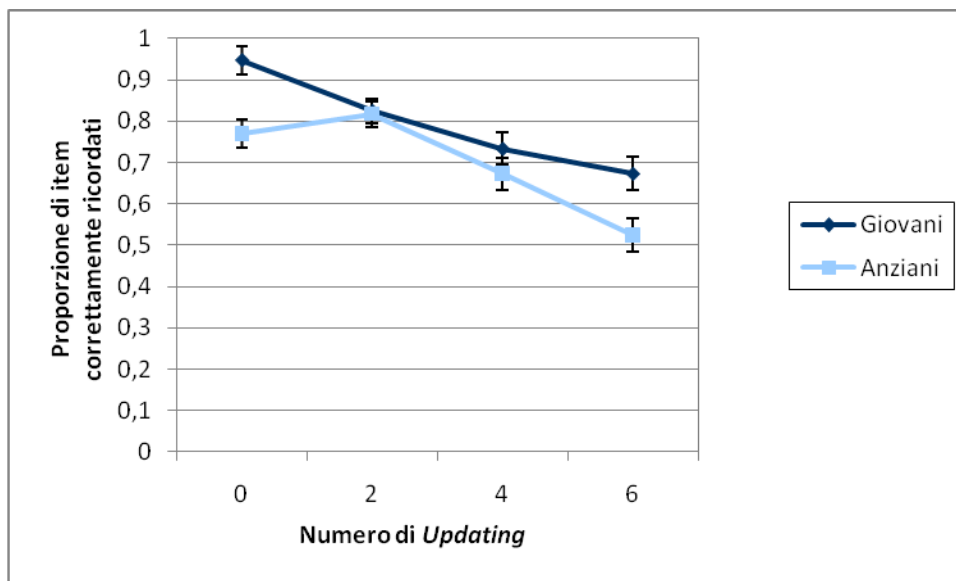


Figura V.2. Nel grafico è rappresentata l'interazione Gruppo d'Età x Numero di *Updating* .

Le barre d'errore rappresentano gli errori standard.

Dai confronti post hoc ottenuti con la correzione di Bonferroni relativi all'interazione Numero di *Updating* x Posizione Seriale risulta che le prime posizioni nella lista vengono ricordate peggio delle ultime posizioni; tuttavia, l'effetto di Posizione Seriale è più ampio per i trial che richiedono un maggior numero di *updating* rispetto ai trial che prevedono nessuno o 2 operazioni di *updating*: 0 *updating*,  $F(3,48) = 8.59$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .35$ , 2 *updating*,  $F(3,48) = 7.00$ ,  $p = .001$ ,  $\eta^2 = .30$ , 4 *updating*,  $F(3,48) = 14.29$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .47$ , 6 *updating*,  $F(3,48) = 13.17$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .45$  (Figura V.3). Infatti, le curve di posizioni seriali tendono ad essere pressoché lineari nei trial con 0 o 2 *updating*, mentre emerge un maggiore effetto di posizione seriale nei trial con un maggior numero di *updating*; nello specifico, nei trial con 0 *updating*, non emergono significative differenze nel ricordo degli item nelle prime tre posizioni seriali (in tutti i casi,  $p > .24$ ); tuttavia il ricordo di queste posizioni seriali è significativamente inferiore al ricordo degli item in quarta posizione seriale (rispettivamente,  $p = .002$ ,  $p < .001$ ,  $p = .001$ ). Nei trial con 2 *updating*, gli item in prima posizione seriale vengono ricordati meno degli item in seconda e quarta posizione seriale (rispettivamente,  $p = .04$ ,  $p < .001$ ); non emergono altre differenze significative (in tutti i casi,  $p > .08$ ). Nei trial con 4 *updating*, gli item in prima posizione seriale vengono ricordati meno di quelli in seconda posizione ( $p = .03$ ), che a loro volta sono ricordati peggio di quelli in terza posizione ( $p = .004$ ); tuttavia, non emergono differenze significative nel ricordo degli item in terza e quarta posizione seriale ( $p = 1$ ). Infine, nei trial con 6 *updating*, il ricordo degli item in prima posizione seriale non si differenzia da quello in seconda posizione ( $p = 1$ ); entrambi sono inferiori al ricordo degli item in terza posizione (rispettivamente,  $p < .001$  e  $p = .001$ ); tuttavia, non emergono differenze significative nel ricordo degli item in terza e quarta posizione seriale ( $p = 1$ ).

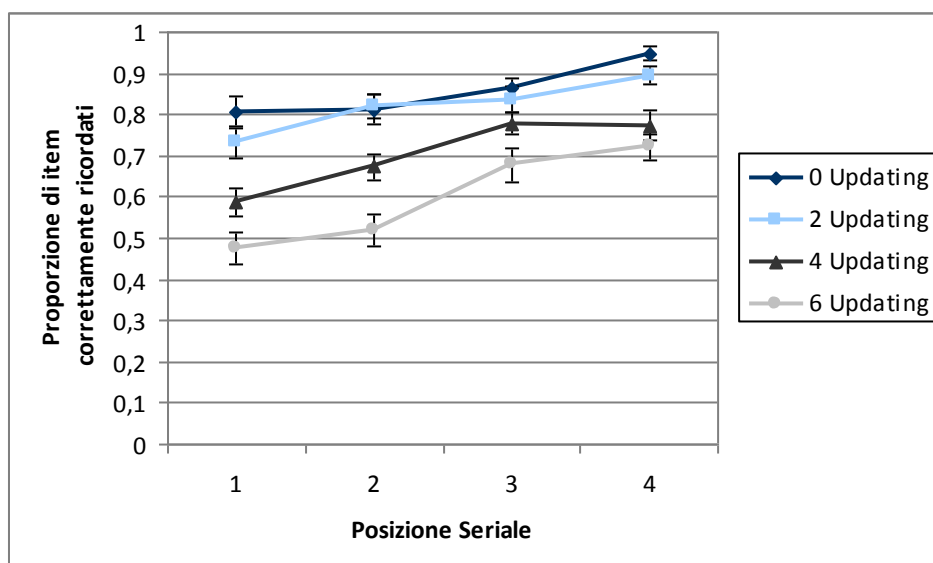


Figura V.3. Nel grafico è rappresentata l'interazione Numero di *Updating* x Posizione Seriale.

Le barre d'errore rappresentano gli errori standard.

### V.3.2. Risultati relativi alla prova di RMTs

La Tabella V.7 riassume le statistiche descrittive delle prestazioni riportate dai due gruppi d'età nella prova di aggiornamento spaziale.

Tabella V.7. Medie e deviazioni standard (DS) ottenute dai due gruppi d'età (giovani, anziani) nei diversi livelli di *updating* (0, 2, 4, 6) della RMTs4 e nelle diverse posizioni seriali.

	Giovani				Anziani			
	<i>0 Updating</i>	<i>2 Updating</i>	<i>4 Updating</i>	<i>6 Updating</i>	<i>0 Updating</i>	<i>2 Updating</i>	<i>4 Updating</i>	<i>6 Updating</i>
	<i>M (SD)</i>	<i>M (SD)</i>	<i>M (SD)</i>	<i>M (SD)</i>	<i>M (SD)</i>	<i>M (SD)</i>	<i>M (SD)</i>	<i>M (SD)</i>
Posizione seriale 1	.89 (.23)	.56 (.26)	.48 (.32)	.51 (.23)	.67 (.23)	.43 (.35)	.31 (.25)	.33 (.24)
Posizione seriale 2	.82 (.21)	.67 (.28)	.63 (.28)	.64 (.25)	.63 (.19)	.44 (.30)	.40 (.21)	.41 (.25)
Posizione seriale 3	.85 (.21)	.56 (.19)	.55 (.29)	.75 (.21)	.71 (.24)	.50 (.21)	.57 (.24)	.52 (.23)
Posizione seriale 4	.89 (.14)	.74 (.25)	.57 (.27)	.75 (.23)	.80 (.26)	.78 (.27)	.68 (.22)	.61 (.28)

È stata eseguita una ANOVA con disegno misto 2 (Gruppo d'Età: giovani, anziani) x 4 (Numero di *updating* : 0, 2, 4, 6) x 4 (Posizione Seriale: 1, 2, 3, 4). Le differenze nel livello di istruzione non sono risultate rilevanti per le misure considerate, tale variabile non è stata presa in

considerazione nelle seguenti analisi. È emerso un effetto significativo del Gruppo d'Età,  $F(1,50) = 15.70$ ,  $MSE = .22$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .24$ ; come nel caso del RMTv4, le prestazioni del gruppo degli anziani ( $M = .55$ ,  $ES = .02$ ) è inferiore a quello dei giovani ( $M = .68$ ,  $ES = .02$ ). L'effetto principale del Numero di *Updating*,  $F(3,150) = 32.04$ ,  $MSE = .09$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .39$ , evidenzia come le prestazioni migliori si ottengano nei trial in cui non è richiesto alcun *updating* ( $M = .78$ ,  $ES = .02$ ) rispetto ai trial con 2, 4 e 6 *updating* (in tutti i casi,  $p < .001$ ), mentre non sembrano esserci differenze nei trial in cui devono essere eseguiti 2 ( $M = .59$ ,  $ES = .03$ ), 4 ( $M = .52$ ,  $ES = .03$ ) e 6 *updating* ( $M = .57$ ,  $ES = .02$ ) (in tutti i casi,  $p > .27$ ). Anche l'effetto principale della Posizione Seriale è risultato significativo,  $F(3,150) = 31.15$ ,  $MSE = .05$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .38$ . Similmente alla prova di RMTv, il ricordo dell'item in prima posizione ( $M = .52$ ,  $ES = .02$ ) è inferiore a quello degli item nella posizione 2 ( $M = .58$ ,  $ES = .02$ ), nella posizione 3 ( $M = .63$ ,  $ES = .02$ ) e nella posizione 4 ( $M = .73$ ,  $ES = .02$ ), rispettivamente,  $p = .05$ ,  $p < .001$  e  $p < .001$ . A loro volta, il ricordo della seconda posizione seriale non differisce da quello della terza posizione ( $p = .17$ ), ma in entrambi i casi il ricordo è inferiore a quello della quarta posizione seriale (in entrambi i casi,  $p < .001$ ).

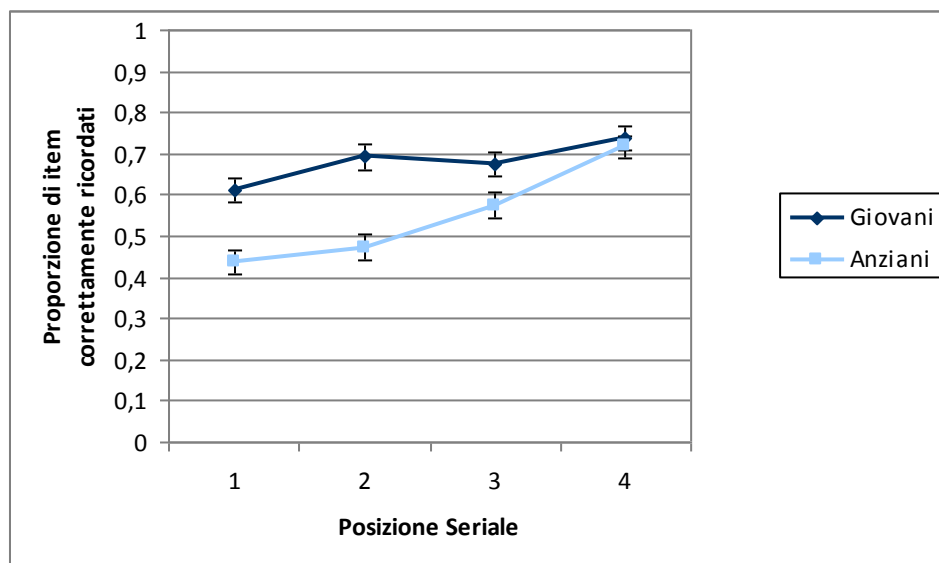


Figura V.4. Nel grafico è rappresentata l'interazione Gruppo d'Età x Posizione Seriale.

Le barre d'errore rappresentano gli errori standard.

L'interazione Gruppo d'Età x Posizione Seriale è risultata significativa,  $F(3,150) = 8.03$ ,  $MSE = .05$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .14$  (Figura V.4). Dalle analisi post-hoc è emerso che l'effetto di posizione seriale è molto più ampio negli anziani,  $F(3,48) = 25.09$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .61$ , rispetto ai giovani,  $F(3,48) = 5.57$ ,  $p = .002$ ,  $\eta^2 = .26$ . Infatti, se nei giovani l'unica differenza significativa è tra il ricordo degli item in prima e quelli in ultima posizione seriale ( $p = .002$ ), negli anziani il ricordo

degli item in seconda posizione seriale – che non si differenzia da quello degli item in prima posizione ( $p = 1$ ) – è inferiore a quello degli item in terza posizione seriale ( $p = .002$ ), che è a sua volta minore del ricordo degli item in ultima posizione seriale ( $p < .001$ ).

Anche l'interazione Numero di *Updating* x Posizione Seriale è risultata significativa,  $F(9,450) = 4.32$ ,  $MSE = .04$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .08$ .

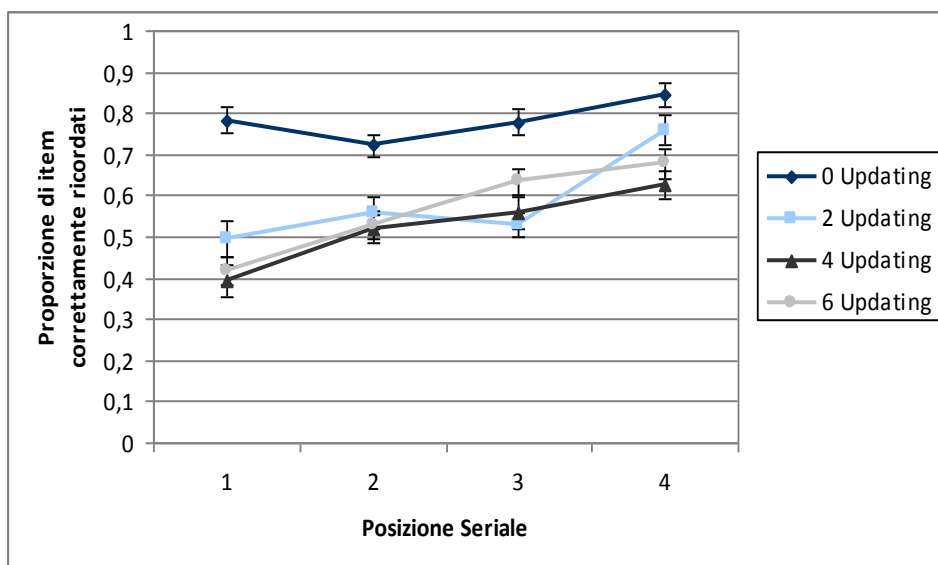


Figura V.5. Nel grafico è rappresentata l'interazione Numero di *Updating* x Posizione Seriale.

Le barre d'errore rappresentano gli errori standard.

Come si può notare dalla Figura V.5, le prime posizioni nella lista vengono ricordate peggio delle ultime posizioni; tuttavia, l'effetto di Posizione Seriale è più ampio per i trial che richiedono processi di aggiornamento rispetto ai trial che non prevedono alcuna operazione di *updating*: 0 *updating*,  $F(3,48) = 4.42$ ,  $p = .008$ ,  $\eta^2 = .22$ , 2 *updating*,  $F(3,48) = 14.51$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .48$ , 4 *updating*,  $F(3,48) = 6.78$ ,  $p = .001$ ,  $\eta^2 = .30$ , 6 *updating*,  $F(3,48) = 14.69$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .48$ . Infatti, le curve di posizioni seriali tendono ad essere pressoché lineari nei trial con 0 *updating*, al contrario dei trial in cui sono richieste operazioni di *updating*, dove emergono maggiori effetti di posizione seriale; nello specifico, nei trial con 0 *updating*, l'unica differenza significativa è tra il ricordo degli item in seconda posizione e quelli in quarta posizione seriale ( $p = .006$ ); non emergono altre differenze significative (in tutti i casi,  $p > .27$ ). Nei trial con 2 *updating*, gli item in prima, seconda e terza posizione seriale non differiscono tra loro (in tutti i casi,  $p = 1$ ), ma essi vengono ricordati meno degli item in quarta posizione seriale (in tutti i casi,  $p < .001$ ). Nei trial con 4 *updating*, gli item in prima posizione seriale vengono ricordati meno di quelli in seconda, terza e quarta posizione seriale (rispettivamente,  $p = .02$ ,  $p = .003$ ,  $p < .001$ ), che non differiscono tra loro (in tutti i casi,  $p > .18$ ). Infine, nei trial con 6 *updating*, il ricordo degli item in prima posizione seriale si differenzia

da quello in seconda posizione ( $p = .02$ ); entrambi sono inferiori al ricordo degli item in terza posizione (rispettivamente,  $p < .001$  e  $p = .02$ ); tuttavia, non emergono differenze significative nel ricordo degli item in terza e quarta posizione seriale ( $p = 1$ ).

### V.3.3. Confronto tra le prove di RMT verbale e spaziale

Dato che uno degli obiettivi del presente esperimento era quello di investigare su un eventuale declino differenziale tra il processo di aggiornamento di informazioni verbali e spaziali, sono state confrontate direttamente le prestazioni di entrambi i gruppi d'età nelle due prove.

Una ANOVA a disegno misto 2 (Gruppo d'Età: giovani, anziani) x 2 (Tipo di Materiale: verbale, spaziale) x 4 (Numero di *Updating* : 0, 2, 4, 6) x 4 (Posizione Seriale: 1, 2, 3, 4) ha evidenziato, oltre all'effetto principale del Gruppo d'Età,  $F(1,50) = 17.35$ ,  $MSE = .31$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .26$ , del Numero di *Updating* ,  $F(3,150) = 42.17$ ,  $MSE = .11$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .46$  e della Posizione Seriale,  $F(3,150) = 72.78$ ,  $MSE = .04$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .59$ , come già emerso dalle precedenti analisi, un effetto principale del Tipo di Materiale,  $F(1,50) = 49.00$ ,  $MSE = .15$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .50$ . I confronti mediante la correzione di Bonferroni dimostrano che le prestazioni migliori si ottengono nella prova di aggiornamento verbale ( $M = .75$ ,  $ES = .02$ ) rispetto alla prova spaziale ( $M = .61$ ,  $ES = .02$ ).

È risultata, inoltre, significativa l'interazione Gruppo d'Età x Numero di *Updating* ,  $F(3,150) = 4.04$ ,  $MSE = .11$ ,  $p = .009$ ,  $\eta_p^2 = .08$  (Figura V.6). Dalle analisi post-hoc eseguite con la correzione di Bonferroni, risulta che la prestazione dei giovani nei trial in cui non è richiesto alcun *updating* è pressoché ottimale e differisce significativamente dalla prestazione ai trial con 2, 4 e 6 *updating* (in tutti e tre i casi,  $p < .001$ ). A loro volta le prestazioni ai trial con 2 e 4 *updating* differiscono tra loro ( $p = .03$ ).

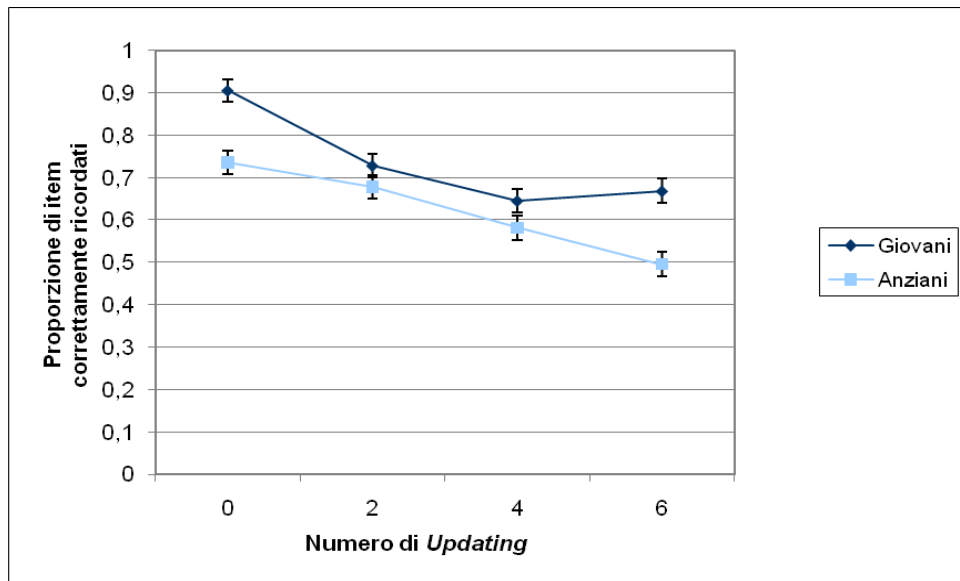


Figura V.6. Nel grafico è rappresentata l'interazione Gruppo d'Età x Numero di *Updating* . Le barre d'errore rappresentano gli errori standard.

Gli anziani mostrano una prestazione piuttosto bassa già nei trial con 0 *updating*, prestazione che non differisce significativamente da quella ai trial che richiedono 2 *updating* ( $p = .57$ ); tuttavia, la prestazione nelle prove con 4 *updating* decresce significativamente rispetto ai trial con 0 e 2 *updating* (rispettivamente,  $p = .001$  e  $p = .009$ ); infine, il ricordo nei trial con 6 *updating* è significativamente inferiore ai tre precedenti (rispettivamente,  $p < .001$ ,  $p < .001$  e  $p = .02$ ). Questi risultati confermano ancora una volta le difficoltà degli anziani nel gestire l'*uncertainty effect* in prove di aggiornamento.

L'interazione Gruppo d'Età x Posizione Seriale è risultata significativa,  $F(3,150) = 6.46$ ,  $MSE = .04$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .11$  (Figura V.7). Dalle analisi post-hoc è emerso che l'effetto di posizione seriale è molto più ampio negli anziani,  $F(3,48) = 38.69$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .71$ , rispetto ai giovani,  $F(3,48) = 15.06$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .49$ . Infatti, nei giovani il ricordo degli item in prima posizione seriale è inferiore a quello degli item in seconda posizione seriale ( $p = .005$ ), che non differenzia dal ricordo degli item in terza posizione ( $p = .45$ ); infine, il ricordo degli item in terza posizione è inferiore a quello degli item in quarta posizione ( $p = .008$ ); negli anziani il ricordo degli item in seconda posizione seriale – che non si differenzia da quello degli item in prima posizione ( $p = .17$ ) – è inferiore a quello degli item in terza posizione seriale ( $p < .001$ ), che è a sua volta minore del ricordo degli item in quarta posizione seriale ( $p < .001$ ).

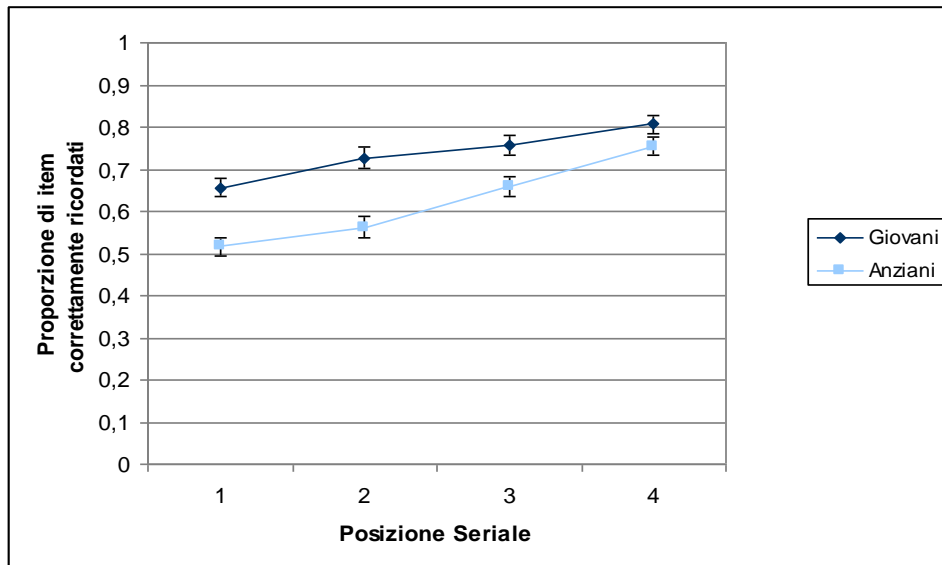


Figura V.7. Nel grafico è rappresentata l'interazione Gruppo d'Età x Posizione Seriale.

Le barre d'errore rappresentano gli errori standard.

L'interazione Numero di *Updating* x Tipo di Materiale,  $F(3,150) = 11.51$ ,  $MSE = .08$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .19$ , mostra il differente pattern di prestazione tra la prova verbale e quella spaziale all'aumentare del numero di *updating* richiesti; infatti, l'ampiezza dell'effetto del Numero di Aggiornamenti è maggiore nella prova spaziale,  $F(3,48) = 36.09$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .69$ , rispetto a quella verbale,  $F(3,48) = 18.82$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .54$ . Come si evince anche dalla Figura V.8, nella prova verbale, la prestazione ai trial con 0 *updating* non differisce da quella ai trial con 2 *updating* ( $p = 1$ ); entrambe sono significativamente superiori alla prestazione ai trial con 4 *updating* (in entrambi i casi,  $p < .001$ ), che è a sua volta superiore alla prestazione ai trial con 6 *updating* ( $p = .002$ ). Al contrario, nella prova spaziale si evidenzia un calo di prestazione dai trial con 0 *updating* a quelli in cui sono richiesti processi di aggiornamento, indipendentemente dal numero di *updating* richiesti (in tutti i casi,  $p < .001$ ); infatti, le prestazioni nei trial in cui viene richiesto di aggiornare gli item non differiscono significativamente tra loro (in tutti i casi,  $p > .27$ ).

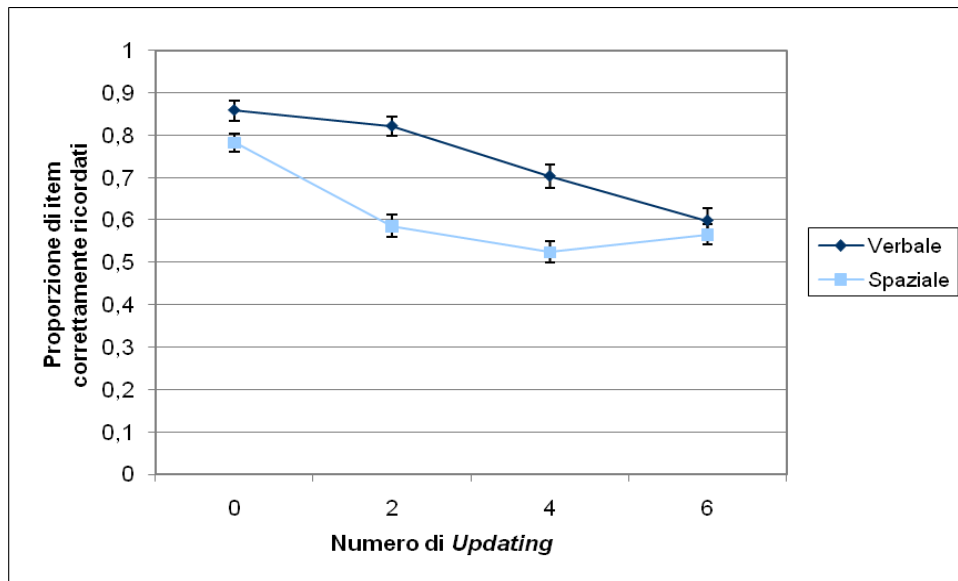


Figura V.8. Nel grafico è rappresentata l'interazione Numero di *Updating* x Tipo di Materiale.

Le barre d'errore rappresentano gli errori standard.

L'interazione Numero di *Updating* x Posizione Seriale,  $F(9,450) = 5.66$ ,  $MSE = .03$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .10$ , evidenzia come le prime posizioni nella lista vengono ricordate peggio delle ultime posizioni; tuttavia, l'effetto di posizione seriale è più ampio per i trial che richiedono processi di aggiornamento rispetto ai trial che non prevedono alcuna operazione di *updating*: 0 *updating*,  $F(3,48) = 11.07$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .41$ , 2 *updating*,  $F(3,48) = 19.10$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .54$ , 4 *updating*,  $F(3,48) = 22.35$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .58$ , 6 *updating*,  $F(3,48) = 25.41$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .61$  (Figura V.9). Infatti, le curve di posizioni seriali tendono ad essere pressoché lineari nei trial con 0 *updating*, al contrario dei trial in cui sono richieste operazioni di *updating*, dove emergono effetti di posizione seriale; nello specifico, nei trial con 0 *updating*, il ricordo della prima, seconda e terza posizione seriale non differiscono tra loro (in tutti i casi,  $p = 1$ ), ma è significativamente inferiore a quello della quarta posizione (rispettivamente,  $p = .005$ ,  $p < .001$  e  $p = .009$ ); inoltre, il ricordo della seconda posizione è inferiore a quello della terza posizione ( $p = .02$ ); non emergono altre differenze significative (in tutti i casi,  $p = 1$ ). Nei trial con 2 *updating*, il ricordo degli item in prima posizione seriale si differenzia da quello in seconda posizione ( $p = .04$ ); ma entrambi non si differenziano dal ricordo degli item in terza posizione (rispettivamente,  $p = .18$  e  $p = 1$ ); tuttavia, tutti e tre sono inferiori al ricordo degli item in quarta posizione seriale (in tutti i casi,  $p < .001$ ). Infine, sia nei trial con 4 che in quelli con 6 *updating*, il ricordo degli item in prima posizione seriale si differenzia da quello in seconda posizione (rispettivamente,  $p < .001$  e  $p = .05$ ); entrambi sono inferiori al ricordo degli item in terza posizione (in tutti i casi,  $p < .001$ ); tuttavia, non emergono differenze significative nel ricordo degli item in terza e quarta posizione seriale (in entrambi i casi,  $p > .42$ ).

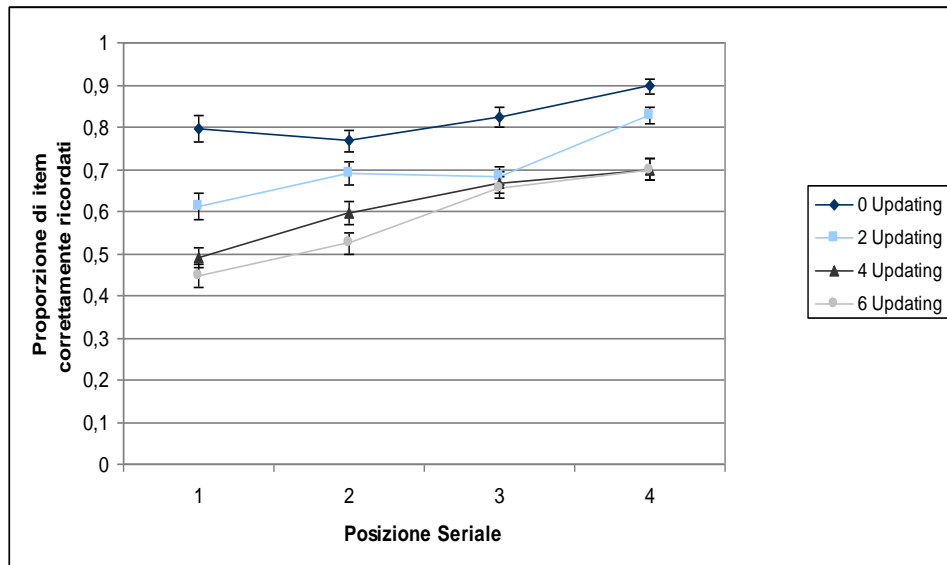
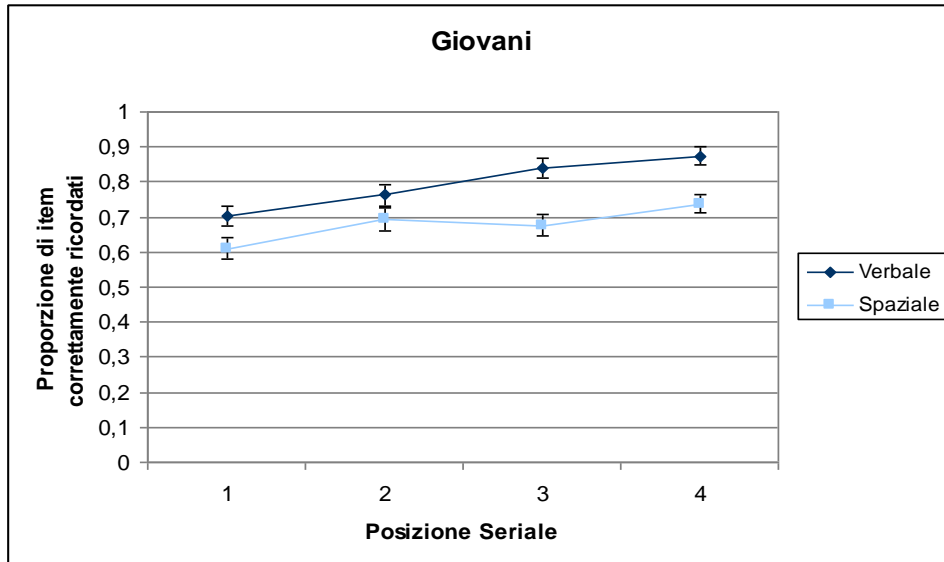


Figura V.9. Nel grafico è rappresentata l'interazione Numero di *Updating* x Posizione Seriale. Le barre d'errore rappresentano gli errori standard.

Infine, è risultata significativa anche l'interazione a tre vie Gruppo d'Età x Posizione Seriale x Tipo di Materiale,  $F(3,150) = 4.12$ ,  $MSE = .04$ ,  $p = .008$ ,  $\eta_p^2 = .08$  (Figura V.10). I confronti post hoc, ottenuti con la correzione Bonferroni, evidenziano come l'ampiezza dell'effetto della Posizione Seriale risulti pressoché equivalente nella prestazione degli anziani sia nella prova verbale,  $F(3,48) = 21.45$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .57$ , che in quella spaziale, spaziale,  $F(3,48) = 25.09$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .61$ . Si presenta, infatti, un pattern di risultati simili sia per la prova verbale che per quella spaziale; in quanto, sia per la prova verbale che per quella spaziale, il ricordo degli item in prima posizione seriale non differisce da quello in seconda posizione (verbale,  $p = .11$ ; spaziale,  $p = 1$ ), il ricordo degli item in prima e seconda posizione sono inferiori al ricordo degli item in terza posizione seriale (rispettivamente, verbale,  $p < .001$ ,  $p < .001$ ; spaziale,  $p < .001$ ,  $p = .002$ ); infine, il ricordo degli item in terza posizione seriale è inferiore a quello degli item in quarta posizione seriale (rispettivamente, verbale  $p = .03$ ; spaziale,  $p < .001$ ). Al contrario, nei giovani, l'effetto di Posizione Seriale è risultato molto più ampio nella prova verbale  $F(3,48) = 16.80$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .51$  rispetto a quella spaziale  $F(3,48) = 5.57$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .26$ ; infatti, nella prova verbale, i giovani ricordano meno gli item in prima posizione rispetto agli item in seconda posizione ( $p = .05$ ), che è a sua volta inferiore al ricordo degli item in terza posizione ( $p = .003$ ), che tuttavia non si differenzia dal ricordo degli item in quarta posizione ( $p = .32$ ); nella prova spaziale, invece, l'unica differenza significativa è tra il ricordo della prima posizione seriale e l'ultima ( $p = .002$ ). Sembrerebbe che i giovani nella prova spaziale, a differenza di quanto hanno fatto nella prova verbale, tendano comunque a non utilizzare una strategia *low-effort* basata sulla recenza – probabilmente cercando

attivamente di aggiornare le posizioni spaziali presentate loro – o comunque ad utilizzare una strategia diversa.

a)



b)

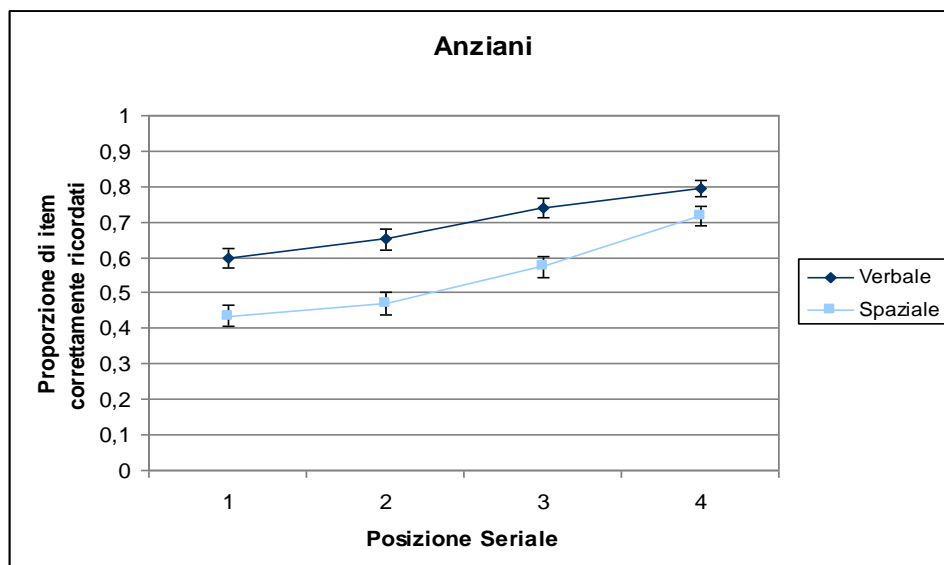


Figura V.10. Nel grafico a) è rappresentato l'effetto della Posizione Seriale sulla prestazione dei giovani nella prova verbale e spaziale; nel grafico b) è rappresentato l'effetto della Posizione Seriale sulla prestazione degli anziani nella prova verbale e spaziale. Le barre d'errore rappresentano gli errori standard.

### V.3.4. Risultati relativi alle prove di MBT e Correlazioni con le prove di aggiornamento

Nella Tabella V.8 sono riassunte le statistiche descrittive dei punteggi ottenuti dai due gruppi d'età nelle prove di span di cifre in avanti e indietro e nel test di Corsi in avanti e indietro.

Tabella V.8. Medie e deviazioni standard (DS) dei punteggi ottenuti dai due gruppi d'età (giovani, anziani) nelle diverse prove di MBT.

	Giovani		Anziani	
	<i>M</i>	<i>DS</i>	<i>M</i>	<i>DS</i>
<b>Span di cifre in avanti</b>	.82	.08	.84	.09
<b>Span di cifre indietro</b>	.79	.08	.79	.10
<b>Corsi in avanti</b>	.72	.13	.72	.09
<b>Corsi indietro</b>	.80	.09	.79	.07

Sono state eseguite delle ANOVA univariate sui punteggi ottenuti dai due gruppi di partecipanti nelle prove di span di cifre in avanti, span di cifre indietro, test di Corsi in avanti e test di Corsi indietro. Il livello di istruzione è stato messo a covariata; ma le differenze nel livello di scolarità non sono risultate rilevanti per le misure considerate. Tuttavia, i due gruppi d'età non differiscono significativamente tra loro in nessuna delle quattro prove,  $F < 1$ , evidenziando come i due gruppi d'età presi in considerazione presentino equivalenti capacità di MBT. Questi risultati confermano quanto ampiamente dimostrato in letteratura che le differenze d'età emergono solo in prove in cui è richiesto un elevato controllo esecutivo, mentre si annullano in compiti relativamente passivi.

Tabella V.9. Nella parte inferiore della Tabella sono riportate le correlazioni di Pearson tra le prove di MBT (Span di Cifre, SC, in avanti ed indietro e Test di Corsi in avanti ed indietro) e le prove di aggiornamento (*Running Memory Task* verbale e spaziale) relative al gruppo dei giovani; nella parte superiore sono riportate le correlazioni relative al gruppo degli anziani.

	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
<b>1. SC avanti</b>	/	.78**	.44*	.53**	.39	.32
<b>2. SC indietro</b>	.42*	/	.50**	.58**	.49*	.40*
<b>3. Corsi avanti</b>	.33	.34	/	.70**	.67**	.59**
<b>4. Corsi indietro</b>	.11	.16	.71**	/	.58**	.54**
<b>5. RMTv</b>	.02	.01	.28	-.04	/	.47*
<b>6. RMTs</b>	-.06	.30	.68**	.64**	.25	/

Nota: \* La correlazione è significativa al livello .05

\*\* La correlazione è significativa al livello .01

Nel tentativo di esaminare eventuali relazioni tra le prove di aggiornamento e prove di memoria più passive, sono state eseguite delle correlazioni tra i punteggi ottenuti dai due gruppi nelle prove di MBT e la prestazione globale alle prove di aggiornamento (è stato calcolato il punteggio medio della prestazione ai diversi livelli di aggiornamento nelle diverse posizioni seriale).

Come si può vedere dai risultati riportati nella Tabella V.9, nei giovani le prestazioni alle prove di MBT verbale (in avanti ed indietro) correlano significativamente tra loro ( $r = .42$ ), così come i punteggi al test di Corsi in avanti ed indietro ( $r = .71$ ). Per quanto riguarda le correlazioni tra le prove di MBT e le prove di aggiornamento, emergono solo correlazioni significative tra le prove con materiale spaziale, ovvero il *Running Memory Task* spaziale e il Test di Corsi in avanti ed indietro (rispettivamente,  $r = .68$  e  $r = .64$ ). Il gruppo degli anziani mostra molte più correlazioni significative. Le prove di MBT correlano tutte significativamente tra loro; lo span di cifre in avanti correla con lo span di cifre indietro e le due prove del test di Corsi (rispettivamente,  $r = .78$ ,  $r = .44$  e  $r = .53$ ); lo span di cifre indietro correla con il test di Corsi in avanti e indietro (rispettivamente,  $r = .50$ , e  $r = .58$ ); e infine le due prove del test di Corsi correlano tra loro ( $r = .70$ ). Per quanto riguarda le correlazioni tra le prove di aggiornamento e le prove di MBT, sia il *Running Memory Task* verbale che quello spaziale correlano con lo span di cifre indietro, il test di Corsi in avanti ed indietro (verbale: rispettivamente,  $r = .49$ ,  $r = .67$  e  $r = .58$ ; spaziale: rispettivamente,  $r = .40$ ,  $r = .59$  e  $r = .54$ ). Infine, le due prove di aggiornamento correlano tra di loro ( $r = .47$ ).

#### V.4. Discussione

Con il presente esperimento ci si è proposti, principalmente, di indagare eventuali differenze dipendenti dall'età nell'abilità di aggiornare le informazioni presenti in memoria. Come si è più volte sottolineato, i processi di aggiornamento consentono di rinfrescare i contenuti all'interno della MdL, riducendo in quantità ed attivazione le informazioni non più rilevanti e, allo stesso tempo, permettendo ad informazioni nuove e più rilevanti ai fini del compito che si sta svolgendo di entrare in memoria. Dai dati presenti in letteratura, sembrerebbe tuttavia che gli anziani incontrino maggiori difficoltà rispetto ai più giovani in prove di aggiornamento di materiale verbale (De Beni & Palladino, 2004; Van der Linden et al., 1004). Queste differenze età-relate potrebbero dipendere dal tipo di strategia adottata dai due gruppi d'età durante l'esecuzione di tali prove. Ad esempio, a causa delle loro limitate risorse attentive, gli anziani potrebbero ricorrere più frequentemente a una

strategia *low-effort* basata sull'effetto recenza. Un ulteriore obiettivo era quello di esaminare eventuali differenze tra i processi di aggiornamento di informazioni verbali e spaziali. Un terzo obiettivo era quello di verificare se ci fosse un declino differenziale legato all'età tra le due prove in base al tipo di materiale da aggiornare. Infine, si è voluto investigare se fossero presenti correlazioni tra le prove di aggiornamento e le prove di MBT. Nello sviluppare la discussione si seguiranno questi obiettivi come traccia.

Dai risultati emerge chiaramente che gli anziani incontrano maggiori difficoltà rispetto ai giovani nell'eseguire le prove di aggiornamento loro proposte; queste differenze d'età sono evidenti sia nella prova che utilizza materiale verbale che nella prova spaziale. Questo dato conferma quanto già presente in letteratura relativamente alla prova di *Running Memory Task* verbale (De Beni & Palladino, 2004; Van der Linder et al., 1994) e lo amplia anche al materiale di natura spaziale. Tuttavia, i dati presenti suggeriscono che i partecipanti non sempre hanno cercato di mantenere attivamente gli item in memoria basandosi su una strategia di tipo *updating*, preferendo in alcuni casi di adottare una strategia *low-effort* basata sulla recenza: i partecipanti avrebbero aspettato passivamente la fine della lista per poi tentare di ricordare gli item più recenti (vedi ad esempio, Bunting, Cowan, & Sauls, 2006; Palladino & Jarrold, 2008). Infatti, analizzando gli effetti di posizione seriale si nota come le prime posizioni delle sequenze di item vengono ricordate meno rispetto alle ultime. Questo effetto di posizione seriale diventa sempre più ampio all'aumentare della complessità del compito, ovvero all'aumentare del numero di *updating* richiesti. In altre parole, maggiore è il numero di *updating* richiesti, maggiore è la probabilità che i partecipanti ricorrano ad una strategia *low-effort* durante l'esecuzione della prova. Nella prova spaziale, prova risultata più difficile di quella verbale, il ricorso a questo tipo di strategia si evidenzia già in trial che richiedono un ridotto numero di *updating*. Il ricorso a questo tipo di strategia sembra essere più evidente negli anziani, sia nella prova verbale che in quella spaziale; una prima indicazione che i partecipanti anziani non abbiano cercato di adottare una procedura di tipo *updating* viene dal fatto che gli anziani, più dei giovani, incontrino notevoli difficoltà nel gestire l'*uncertainty effect*. Come evidenziato da Fisk e Sharp (2003), il ricordo nei trial con 4 item è peggiore quando non si conosce la lunghezza della lista rispetto a quanto questa è nota; questa differenza sarebbe più evidente nelle prime posizioni seriali. Fisk e Sharp (2003) sottolineano il ruolo del controllo esecutivo nel gestire l'incertezza riguardo alla lunghezza delle liste; come più volte riportato, è noto che le difficoltà degli anziani siano maggiormente evidenti in prove che richiedono un elevato controllo. Una seconda linea di evidenze che mostra come gli anziani possano aver fatto ricorso ad una strategia *low-effort* deriva dall'analisi dell'effetto di posizione seriale, che risulta essere più ampio negli anziani rispetto ai giovani. In altre parole, le curve di ricordo degli anziani sono risultate essere

molto meno lineari rispetto a quelle dei giovani. Il maggiore ricorso ad una strategia basata sull'effetto recenza da parte degli anziani sarebbe causata dalle loro limitate risorse attentive (vedi, Borella, Delaloye, Lecerf, Renaud, & de Ribaupierre, 2009b; Craik & Byrd, 1982); in altre parole, gli anziani scelgono adattivamente di utilizzare strategie *low-effort* che garantirebbero loro di ottenere prestazioni relativamente adeguate che difficilmente raggiungerebbero se seguissero le richieste del compito, ovvero quelle di mantenere attivamente le informazioni secondo una procedura di tipo *updating*.

Per quanto riguarda il secondo obiettivo, i risultati suggeriscono una maggiore difficoltà nell'esecuzione della prova spaziale rispetto a quella verbale, come anticipato in parte nel precedente paragrafo. Infatti, se nella prova verbale, vi è un lento ma graduale abbassamento della prestazione che inizia solo a partire dai trial che richiedono un sostanziale numero di *updating* (4); nella prova spaziale, la prestazione crolla immediatamente passando dalle prove che non richiedono alcun *updating* ai trial che prevedono 2 operazioni di *updating*, senza un ulteriore declino nei trial con 4 o 6 *updating*. L'assenza di un effetto cumulativo suggerisce che nel caso di materiale spaziale, il processo di aggiornamento sia di tipo 'tutto o niente', per cui una volta attivato pone un carico costante sulle risorse di elaborazione. Questo risultato è in linea con quanto emerso dallo studio di Fisk e Sharp (2003), in cui è stata utilizzata una prova spaziale simile a quella utilizzata nel presente esperimento.

Per quanto riguarda l'eventuale effetto modalità-specifico dipendente dall'età, i dati suggerirebbero che l'effetto dell'età è molto più ampio per la prova spaziale rispetto a quella verbale. Tuttavia, dall'interazione a tre vie emerge che, sebbene le differenze d'età siano maggiormente evidenti nella prova spaziale, questo è dovuto al fatto che i giovani nella prova spaziale, a differenza di quella verbale, tendono a non utilizzare una strategia basata sulla recenza; al contrario, gli anziani mostrano lo stesso pattern di risultati sia nella prova verbale che in quella spaziale, ovvero tendono a preferire una strategia passiva per entrambe le prove. Sebbene questi risultati evidenzino delle differenze tra giovani ed anziani in prove con materiale spaziale, non è possibile trarre conclusioni definitive sugli effetti dell'età nel processo di aggiornamento delle informazioni in MdL.

Le analisi relative alle prove di span di memoria e alle loro correlazioni con il *Running Memory Task* ci consentono di avere ulteriori indicazioni sugli effetti dell'età in prove che richiedono un differente grado di controllo in MdL. In primo luogo, i presenti risultati dimostrano che il campione di partecipanti che ha preso parte all'esperimento non differiva per quanto riguarda la prestazione in prove di MBT, rafforzando l'ipotesi secondo cui le differenze d'età emergono solo in prove che richiedono un elevato controllo esecutivo. Inoltre, le alte correlazioni tra prove di MBT

visuo-spaziale e il *Running Memory Task*, emerse nel presente esperimento, tendono a supportare l'ipotesi avanzata da Miyake et al. (2001), secondo cui nel dominio visuo-spaziale sia le prove di MBT che quelle di MdL sono fortemente correlate al funzionamento esecutivo in egual misura e non possono essere chiaramente differenziate. Infine, una spiegazione delle numerose correlazioni significative tra i punteggi ottenuti dai partecipanti anziani nelle diverse prove potrebbe derivare dall'ipotesi della de-differenziazione (Antsey et al., 2003), che prevede un aumento delle correlazioni tra le prestazioni in differenti abilità cognitive in età adulta avanzata.

In conclusione, il risultato complessivo del primo esperimento è quello che gli anziani incontrano maggiori difficoltà rispetto ai giovani nel *Running Memory Task* sia verbale che spaziale. Tuttavia, i risultati del presente esperimento suggeriscono che i partecipanti non abbiano tentato di mantenere attivamente gli item secondo una procedura di tipo *updating* (Palladino & Jarrold, 2008). Evidenze che inducono a pensare che i partecipanti non abbiano adottato una strategia di aggiornamento attivo delle informazioni in ingresso deriva dall'analisi della posizione seriale: c'è una relativa mancanza dell'effetto *primacy* sia nella curva verbale che in quella spaziale, a supporto dell'ipotesi che i partecipanti abbiano adottato una strategia *low-effort* basata sulla recenza, che prevede di aspettare passivamente la fine della lista per poi tentare di ricordare gli item presentati più di recente (Bunting et al., 2006). Più numerose sono le operazioni di *updating* richieste, più è probabile che i partecipanti aspettino passivamente la fine della lista prima di provare a ricordare gli item più recenti. Il ricorso a questo tipo di strategia risulta più evidente nei partecipanti anziani, a causa delle loro limitate risorse attentive (vedi, Borella et al., 2009b; Craik & Byrd, 1982). La prova utilizzata in questo esperimento non assicura, quindi, che i processi misurati siano proprio quelli di aggiornamento, in quanto predispone facilmente i partecipanti ad adottare strategie alternative e più 'economiche' invece di seguire le consegne date. Nel successivo esperimento ci si è riproposti di approfondire gli effetti dell'età nell'abilità di aggiornare le informazioni in MdL ed indagare su un eventuale effetto modalità-specifico dipendente dall'età; tuttavia, è stato adottato un altro compito che sembra misurare il processo di aggiornamento in maniera più adeguata.

# CAPITOLO VI

## ESPERIMENTO 2

### UNA DIFFERENTE PROVA PER STUDIARE GLI EFFETTI DELL'ETÀ NELL'AGGIORNAMENTO: *IL KEEP TRACK TASK*

#### VI.1. Introduzione

Nel secondo esperimento ci siamo proposti di approfondire lo studio delle differenze d'età nei processi di aggiornamento, utilizzando un compito che possa maggiormente garantire che i partecipanti stiano davvero adottando una strategia di dinamica modificazione delle vecchie informazioni in accordo con nuovi input (Palladino et al., 2001; Palladino & Jarrold, 2008). Come nel primo esperimento, l'obiettivo era quello di indagare se con l'avanzare dell'età si va incontro ad un declino differenziale nell'abilità di aggiornare le informazioni in MdL verbale e visuo-spaziale. Tuttavia, nel presente esperimento abbiamo utilizzato il *Keep Track Task* (introdotto da Yntema, 1963; ripreso da Miyake et al., 2000); questa prova richiede ai partecipanti di 'tenere la traccia', di monitorare costantemente gli item di alcune categorie target. Questa prova sembra garantire maggiormente che i partecipanti stiano davvero adottando una strategia attiva di tipo *updating*. Dato che anche questa prova esisteva solo in versione verbale, è stata messa a punto la versione parallela con materiale visuo-spaziale.

## VI.2. Metodo

### VI.2.1. Partecipanti

Venticinque giovani adulti (12 maschi e 13 femmine) dai 20 ai 30 anni (età media = 25.04, DS = 2.88) e 25 adulti più anziani (17 maschi e 8 femmine) dai 65 ai 75 anni (età media = 68.80, DS = 3.33) hanno preso parte al presente esperimento.

Come nel precedente esperimento, ai partecipanti è stata somministrata una breve intervista allo scopo di escludere coloro che presentavano seri problemi di salute o facevano uso di medicinali in grado di indurre sonnolenza o influenzare il funzionamento cognitivo (Crook et al., 1986). Al gruppo degli anziani è stata somministrata anche la scheda relativa alla situazione cognitiva della cartella S.V.A.M.A., ovvero Scheda per la Valutazione Multidimensionale dell'Anziano, che consente di analizzare i diversi aspetti della vita dell'anziano (salute, autosufficienza, rapporti sociali, situazione economica) (Regione Veneto, 1999). Come criterio di inclusione nella ricerca, il soggetto doveva rispondere esattamente ad almeno 7 delle 10 domande presenti nella scheda. Nel caso in cui il soggetto avesse commesso 3 o più errori non si proseguiva con la somministrazione delle prove successive.

Tabella VI.1. Caratteristiche del campione e variabili demografiche.

	Giovani		Anziani	
	<i>M</i>	<i>DS</i>	<i>M</i>	<i>DS</i>
<b>Età</b>	25.04	2.88	68.80	3.33
<b>Vocabolario</b>	40.64	10.74	42.40	13.62
<b>Scolarità</b>	14.36	1.96	13.24	3.91

Non è emersa alcuna differenza significativa tra i due gruppi per quanto riguarda il livello di scolarità,  $F = 1.64$ , n.s., e per quanto riguarda il punteggio alla prova di vocabolario,  $F < 1$ .

Tutti i partecipanti avevano vista normale o corretta da lenti ed erano tutti di lingua italiana; inoltre, hanno partecipato volontariamente alla ricerca ed erano inconsapevoli delle ipotesi della ricerca.

### VI.2.2. Materiali

#### *Keep Track Task verbale (KTTv)*

Questa prova, originariamente sviluppata da Yntema (1963), è stata successivamente adatta da Miyake et al. (2000). In ogni trial, ai partecipanti venivano inizialmente mostrate una serie di

categorie target in basso sullo schermo del computer. In seguito, 15 parole, che comprendevano due o tre esemplari di ognuna delle sei possibili categorie (animali, frutti, metalli, nazioni, parenti e colori) venivano presentate serialmente e casualmente al ritmo di un item per secondo. Si deve precisare che le categorie target rimanevano visibili sul fondo dello schermo per tutta la durata della presentazione della lista, in modo che il partecipante avesse sempre ben presenti le categorie da tenere in considerazione e quelle da escludere. Alla fine della presentazione di ciascuna lista, compariva una schermata che riportava le categorie target; compito del partecipante era quello di ricordare le ultime parole presentate nella lista per ognuna delle categorie target. Un esempio della prova è riportato in Figura VI.1.

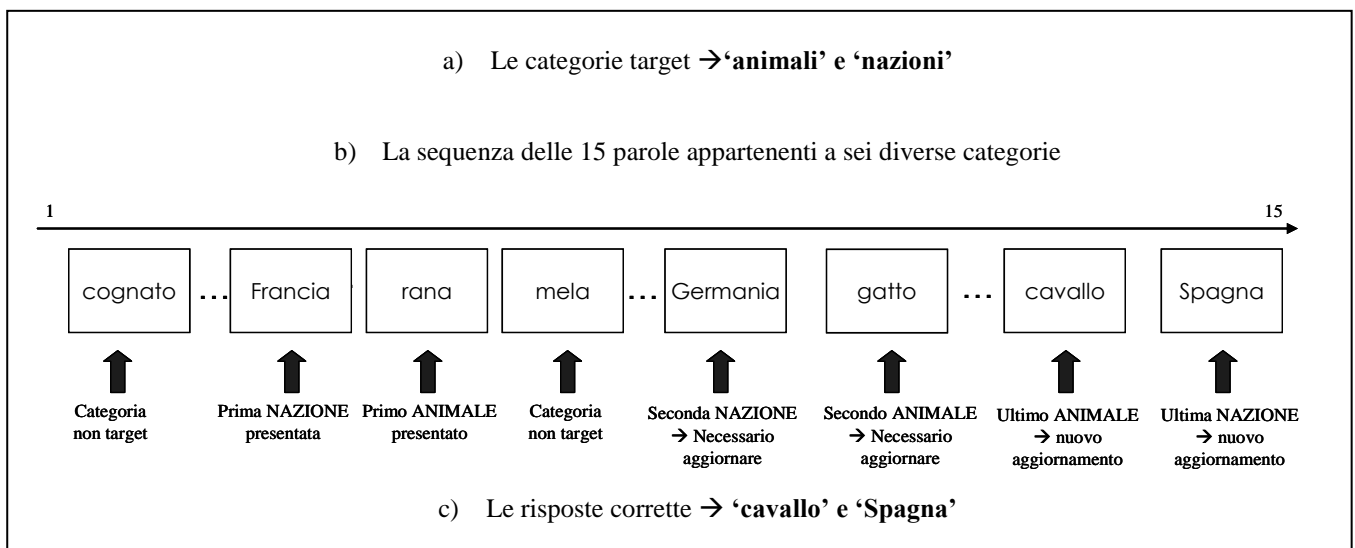


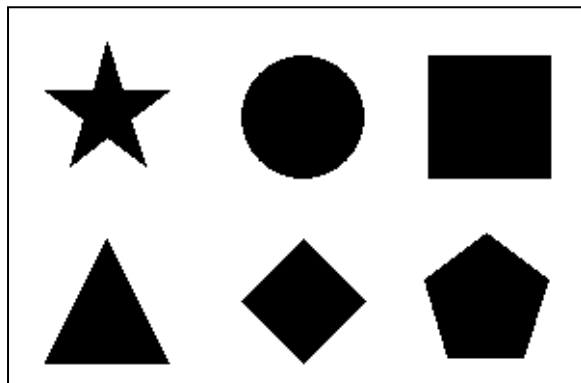
Figura VI.1 Esempio di prova con 2 categorie target.

In questo modo i partecipanti dovevano monitorare attentamente le parole presentate loro e aggiornare continuamente le loro rappresentazioni in memoria, ogni volta che la parola presentata apparteneva alla categoria target. Si deve far notare che prima di iniziare la prova, ai partecipanti venivano presentate tutte e sei le categorie con i rispettivi esemplari, in modo da assicurarsi che sapessero a quale categoria appartenevano le diverse parole che successivamente sarebbero state presentate loro. Dopo questa fase di familiarizzazione con gli item della prova, ai partecipanti venivano concessi due trial di pratica, uno con 2 e l'altra con 3 categorie target; se durante tali prove erano commessi degli errori, questi erano segnalati al partecipante. Il numero di categorie target variava da 2 a 5, andando così a manipolare il grado di complessità della prova; infatti, il compito prevedeva 3 trial con 2 categorie target, 3 con 3 categorie target, 3 con 4 categorie target e 3 con 5 categorie target. Sono stati calcolati due punteggi:

- Numero totale di parole correttamente ricordate, che rappresenta il punteggio complessivo della prestazione dal partecipante nel KTTv;
- Proporzione di parole correttamente ricordate in base al livello di difficoltà della prova; è un punteggio più specifico, che permette di ottenere informazioni più dettagliate sulla prestazione del partecipante al crescere della difficoltà della prova stessa.

*Keep Track Task spaziale (KTTs)*

Nella versione spaziale, creata ad hoc per il presente esperimento, la procedura era molto simile alla prova verbale; tranne che, in questo caso, gli item da ricordare non erano parole ma posizioni di figure geometriche (Figura VI.2) che comparivano all'interno di una matrice 5x5.



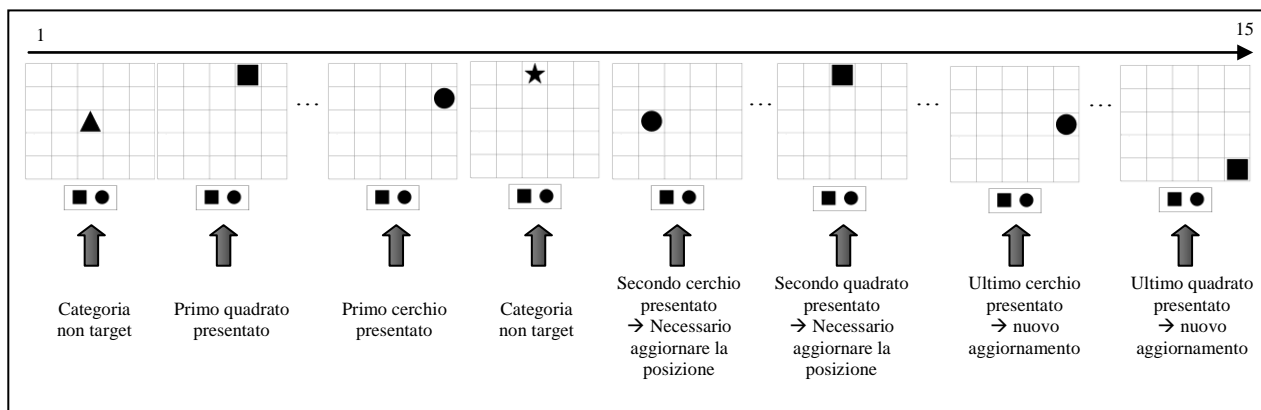
*Figura VI.2.* Le sei figure geometriche target utilizzate nella prova KTTs.

Prima dell'inizio di ciascun trial, compariva sullo schermo un riquadro che conteneva le categorie target (Figura VI.3.a), riquadro che rimaneva visibile sul fondo dello schermo per tutta la durata del trial. Successivamente, al partecipante veniva mostrata una sequenza di 15 figure geometriche, che comparivano nelle diverse celle della matrice al ritmo di un item per secondo (Figura VI.3.b). Alla fine della presentazione di ciascuna sequenza di figure, compariva una matrice bianca, e il partecipante doveva indicare, cliccando con il tasto sinistro del mouse, l'ultima posizione di ciascuna delle figure target (Figura VI.3.c).

a) Le categorie target



b) La sequenza delle 15 figure geometriche presentate nelle diverse celle di una matrice 5x5



c) La matrice bianca su cui indicare l'ultima posizione del quadrato e del cerchio

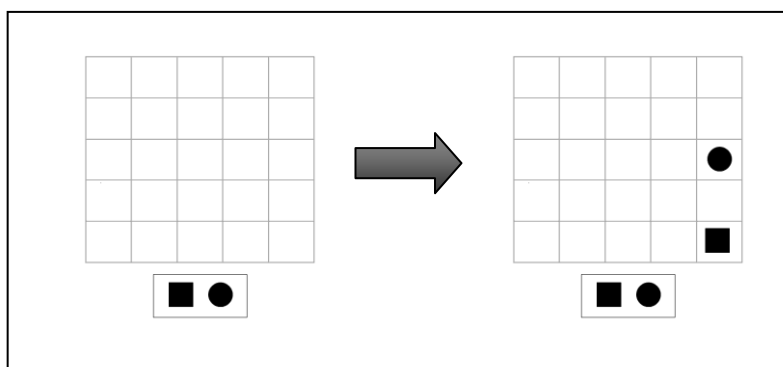


Figura VI.3. Esempio di prova con 2 categorie target.

Prima di iniziare la prova, ai partecipanti venivano presentati un trial di pratica con 2 categorie target e uno con 3 categorie target; se durante tali prove erano commessi degli errori, questi erano segnalati al partecipante.

Sono state utilizzate 12 sequenze composte da 15 figure geometriche posizionate nelle diverse celle della matrice. Il livello di difficoltà della prova veniva gradualmente aumentato, in quando si passava da trial con 2 figure target a trial con 5 figure target. Vi era un eguale numero di trial per ogni livello di difficoltà della prova. All'interno di ogni singola matrice, le posizioni non venivano ripetute per più di una volta.

Come per la prova di KTTv, anche nella versione spaziale sono stati calcolati due punteggi:

- Il punteggio totale delle posizioni abbinata alle figure geometriche correttamente ricordate dal partecipante nel KTTv;
- La proporzione di posizioni abbinata alle figure geometriche correttamente ricordate in base al livello di difficoltà della prova; è un punteggio più specifico, che permette di ottenere informazioni più dettagliate sulla prestazione del partecipante al crescere della difficoltà della prova stessa.

### VI.2.3. Procedura

La sessione sperimentale aveva una durata complessiva di circa 60 minuti. Ogni partecipante è stato testato individualmente, in una stanza silenziosa e ben illuminata così da limitare possibili distrazioni; ai partecipanti veniva data la possibilità di chiedere di fare una pausa nel caso in cui fossero stanchi.

In un primo momento, sono state raccolte brevemente le informazioni relative ai dati personali e allo stato di salute dei partecipanti al fine di escludere coloro che presentavano particolari patologie in grado di alterare le prestazioni cognitive. Ai partecipanti anziani, è stata somministrata anche la scheda S.V.A.M.A., al fine di escludere partecipanti con un marcato declino cognitivo.

Successivamente, ai partecipanti venivano presentate le prove di *Keep Track Task* verbale e spaziale precedentemente descritte. L'ordine delle diverse prove sperimentali era controbilanciato all'interno dei partecipanti. Dopo la presentazione delle prove sperimentali si è proceduto con la somministrazione della Prova di Vocabolario, tratta dalla WAIS (Wechsler, 1981).

### VI.2.4. Ipotesi della Ricerca

Nel primo esperimento (vedi Capitolo V), si è cercato di indagare le differenze dipendenti dall'età nell'abilità di aggiornare le informazioni presenti in memoria utilizzando la classica prova originariamente sviluppata da Morris e Jones (1990) e poi ampiamente adottata in numerosi studi (Friedman et al., 2006; Miyake et al., 2000; Van der Linder et al., 1994) come misura dei processi di aggiornamento. Tuttavia, dai risultati del primo esperimento non si possono trarre conclusioni certe circa un eventuale declino differenziale tra i processi di aggiornamento di informazioni verbali e spaziali. Infatti, l'analisi dell'effetto di posizione seriale, porta evidenze a favore del fatto che i partecipanti, nell'esecuzione del *Running Memory Task*, non sempre tentino di mantenere attivamente gli item in memoria tramite una strategia di tipo *updating*. Al contrario, come hanno dimostrato chiaramente Palladino e Jarrold (2008), spesso i partecipanti utilizzano una strategia

*low-effort* che si basa sull'effetto recenza. Dai dati del primo esperimento, sembrerebbe che i partecipanti anziani ricorrano più frequentemente della loro controparte giovane a questo tipo di strategia, consapevoli del fatto che una strategia più attiva costerebbe loro molte più risorse attentive. La conclusione che si può trarre dal primo esperimento è che la prova utilizzata predispone facilmente i partecipanti ad adottare strategie alternative e più 'economiche' invece di seguire le consegne date; non assicura, quindi, che i processi misurati siano proprio quelli di aggiornamento. Qualora si vogliano studiare i potenziali costi esecutivi dell'*updating* in MdL, è necessario utilizzare compiti che richiedano ai partecipanti di cambiare i contenuti presenti in memoria con l'arrivo di nuovi input in base alla rilevanza per il compito.

Al fine di rispondere ai quesiti posti già nel precedente esperimento, ma parzialmente rimasti senza conclusioni chiare e definitive, abbiamo utilizzato in questo secondo esperimento una prova di aggiornamento, che richiede un accurato monitoraggio dello status delle informazioni in continuo cambiamento (Salthouse, Atkinson & Berish, 2003). Generalmente, nel *Keep Track Task* ai partecipanti vengono presentati una serie di esemplari appartenenti a diverse categorie; il loro compito è quello di ricordare gli ultimi item di ogni categoria target. Per ottenere una adeguata prestazione in questo compito, è necessario aggiornare continuamente le associazioni elemento-categoria target, scartando al contempo gli item appartenenti a categorie non target e sostituendo all'arrivo di un ulteriore elemento della categoria target l'elemento precedente. Questa prova prevede quindi un continuo monitoraggio delle informazioni in entrata sulla base della rilevanza per il trial in esecuzione.

Ci si aspettava che gli anziani incontrassero maggiori difficoltà rispetto ai giovani nell'eseguire la prova di aggiornamento, e che queste differenze legate all'età fossero maggiormente evidenti al crescere del livello di difficoltà proposto dal compito; quando appunto le richieste del compito eccedono le limitate risorse attentive degli anziani. Come nel precedente esperimento, si è cercato di rispondere al quesito relativo ad un eventuale effetto modalità-specifico dipendente dall'età nei processi di aggiornamento di informazioni verbali rispetto a quelle spaziali. Ci si aspettava comunque una maggiore difficoltà nell'esecuzione della prova spaziale rispetto a quella verbale, come spesso succede quanto si confrontano direttamente prove verbali e spaziali (es.: Kemps & Newson, 2006; Palladino & Jarrold, 2008). Resta sempre complicato fare ipotesi relative ad una maggiore difficoltà degli anziani nell'aggiornamento di materiale spaziale rispetto al materiale verbale, visto il grande dibattito circa il declino differenziale in MdL. Tuttavia, potremmo ipotizzare che non vi sia un effetto dell'età modalità-specifico, dato l'utilizzo in questo esperimento di prove verbali e spaziali che utilizzano lo stesso paradigma e pongono le stesse richieste di elaborazione (Kemps & Newson, 2006).

## VI.3. Risultati

Come per il precedente esperimento, il paragrafo dei risultati sarà suddiviso in tre parti: la prima parte riporterà in dettaglio le analisi relative al *Keep Track Task* verbale, verranno poi trattate le analisi relative alla prova di aggiornamento spaziale; e si concluderà con le analisi che confrontano direttamente le prestazioni dei due gruppi d'età nelle due prove loro proposte.

### VI.3.1. Risultati relativi alla prova di *KTTv*

La Tabella VI.2 riassume le statistiche descrittive delle prestazioni riportate al *KTTv* nel gruppo di partecipanti giovani e in quello di partecipanti anziani.

*Tabella VI.2.* Medie e deviazioni standard (DS) relative al numero totale di ultime parole presentate, correttamente ricordate, delle categorie target (punteggio totale) e relative alla proporzione di parole correttamente ricordate in base al livello di difficoltà (2, 3, 4, 5 categorie target) del *KTTv*, suddivisi per i due gruppi d'età (giovani, anziani).

	Giovani		Anziani	
	<i>M</i>	<i>DS</i>	<i>M</i>	<i>DS</i>
<b>Punteggio totale</b>	34.16	2.84	23.64	7.45
<b>Livello 2</b>	0.95	0.08	0.77	0.26
<b>Livello 3</b>	0.90	0.14	0.62	0.23
<b>Livello 4</b>	0.73	0.16	0.48	0.19
<b>Livello 5</b>	0.77	0.07	0.51	0.18

In primo luogo è stata eseguita una ANOVA univariata sul punteggio totale, che ha messo in evidenza un effetto significativo del Gruppo d'Età,  $F(1,48) = 43.54$ ,  $MSE = 31.77$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .48$ . Gli anziani ricordano un numero significativamente inferiore di ultime parole appartenenti alle categorie target rispetto alla controparte giovane, evidenziando come gli anziani incontrino maggiori difficoltà nell'aggiornare le informazioni verbali presenti in memoria.

Una ANOVA a disegno misto 2 (Gruppo d'Età: giovani, anziani) x 4 (Livello di Difficoltà: 2, 3, 4, 5 categorie target) ha evidenziato un effetto significativo del Gruppo d'Età,  $F(1,48) = 39.18$ ,  $MSE = .08$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .45$ , gli anziani ( $M = .60$ ,  $ES = .03$ ) mostrano prestazioni significativamente più basse rispetto ai giovani ( $M = .84$ ,  $ES = .03$ ). È emerso anche un effetto principale significativo del Livello di Difficoltà,  $F(3,144) = 43.48$ ,  $MSE = .02$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .48$ . Dai confronti ottenuti tramite la correzione di Bonferroni, risulta che all'aumentare del livello di difficoltà della prova, decresce la prestazione; infatti, la prestazione nei trial con 2 categorie target

( $M = .86$ ,  $ES = .03$ ) è significativamente superiore alla prestazione nei trial con 3 ( $M = .76$ ,  $ES = .03$ ), 4 ( $M = .60$ ,  $ES = .03$ ) e 5 ( $M = .64$ ,  $ES = .02$ ) categorie target (rispettivamente,  $p = .003$ ,  $p < .001$ ,  $p < .001$ ). Allo stesso modo, nei trial con 3 categorie target si ottengono prestazioni migliori rispetto ai trial con 4 e 5 categorie target (in entrambi i casi,  $p < .001$ ). Invece, la prestazione ai trial con 4 categorie target non differisce da quella con il maggior livello di difficoltà ( $p = .41$ ). Contrariamente a quanto ci si aspettava non è risultata significativa l'interazione Gruppo d'età x Livello di Difficoltà,  $F = 1.38$ , n.s.

### VI.3.2. Risultati relativi alla prova di *KTTs*

La Tabella VI.3 riassume le statistiche descrittive delle prestazioni sia dei partecipanti giovani che di quelli anziani nel *Keep Track Task* spaziale.

*Tabella VI.3.* Medie e deviazioni standard (DS) relative al numero totale di ultime posizioni associate alle figure target correttamente ricordate (punteggio totale) e medie e deviazioni standard (DS) relative alla proporzione di ultime posizioni correttamente ricordate in base al livello di difficoltà (2, 3, 4, 5 categorie target) del *KTTs*, suddivisi per giovani ed anziani.

	Giovani		Anziani	
	<i>M</i>	<i>DS</i>	<i>M</i>	<i>DS</i>
<b>Punteggio totale</b>	27.56	5.55	14.72	7.20
<b>Livello 2</b>	.87	.17	.65	.26
<b>Livello 3</b>	.80	.18	.48	.33
<b>Livello 4</b>	.60	.19	.23	.16
<b>Livello 5</b>	.53	.17	.26	.17

Come per le analisi relative alla prova verbale, è stata prima eseguita una ANOVA univariata sul punteggio totale, che ha evidenziato un effetto significativo del Gruppo d'età,  $F(1,48) = 49.83$ ,  $MSE = 41.36$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .51$ . Anche nella prova spaziale, gli anziani incontrano maggiori difficoltà rispetto ai giovani nell'eseguire le operazioni di *updating* delle informazioni presenti in memoria.

È stata condotta anche una ANOVA a disegno misto 2 (Gruppo d'Età: giovani, anziani) x 4 (Livello di Difficoltà: 2, 3, 4, 5 categorie target). È emerso un effetto principale significativo del Gruppo d'Età,  $F(1,48) = 44.18$ ,  $MSE = .10$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .48$ ; anche nella prova spaziale, gli anziani ( $M = .40$ ;  $ES = .03$ ) mostrano prestazioni peggiori rispetto a quelle dei giovani ( $M = .70$ ;  $ES = .03$ ). L'effetto principale del Livello di Difficoltà è risultato significativo,  $F(3,144) = 61.95$ ,  $MSE = .03$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .56$ . I confronti post hoc ottenuti tramite la correzione di Bonferroni, mettono

in evidenza un pattern di risultati simile alla prova verbale: al crescere della difficoltà della prova, le prestazioni si abbassano; tuttavia, negli ultimi livelli di difficoltà le differenze si azzerano. Infatti, nei trial con 2 categorie target ( $M = .76$ ;  $ES = .03$ ) si ottiene una prestazione significativamente superiore rispetto a quella nei trial con 3 ( $M = .64$ ;  $ES = .04$ ), 4 ( $M = .41$ ;  $ES = .03$ ) e 5 ( $M = .39$ ;  $ES = .03$ ) categorie target (rispettivamente,  $p = .005$ ,  $p < .001$ ,  $p < .001$ ). La prestazione nei trial con 3 categorie target sono risultate migliori rispetto ai trial con 4 e 5 categorie target (in entrambi i casi,  $p < .001$ ). Non sono, invece, emerse differenze significative tra la prestazione ai trial con 4 categorie target e quella con 5 categorie target ( $p = 1$ ). Non è, infine, risultata significativa l'interazione Gruppo d'età x Livello di Difficoltà,  $F = 1.93$ , n.s.

### VI.3.3. Confronto tra le prove di *KTT* verbale e spaziale

Dato che uno degli obiettivi del presente esperimento era quello di verificare se vi fosse un declino differenziale tra il processo di aggiornamento di informazioni verbali e spaziali, sono state confrontate direttamente le prestazioni dei due gruppi d'età nelle prove di *Keep Track Task* verbale e spaziale.

È stata condotta una ANOVA 2 (Gruppo d'Età: giovani, anziani) x 2 (Tipo di Materiale: verbale, spaziale) x 4 (Livello di Difficoltà: 2, 3, 4, 5 categorie target). È emerso un effetto principale significativo del Gruppo d'Età,  $F(1,48) = 49.47$ ,  $MSE = .15$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .51$ , a conferma del fatto che gli anziani ( $M = .50$ ;  $ES = .03$ ) incontrano maggiori difficoltà rispetto ai giovani ( $M = .77$ ;  $ES = .03$ ) nell'esecuzione di prove che richiedono operazioni di *updating*, indipendentemente dal tipo di materiale utilizzato nella prova. Anche l'effetto principale del Tipo di Materiale è risultato significativo,  $F(1,48) = 98.37$ ,  $MSE = .03$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .67$ . Come per le prove di *Running Memory Task*, la prova di *KTTs* ( $M = .55$ ;  $ES = .02$ ) risulta significativamente più difficile da eseguire rispetto alla prova di *KTTv* ( $M = .72$ ;  $ES = .02$ ). È risultato significativo l'effetto principale del Livello di Difficoltà,  $F(3,144) = 110.01$ ,  $MSE = .02$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .70$ ; le prestazioni nei trial con 2 categorie target ( $M = .81$   $ES = .02$ ) sono risultate significativamente superiore a quelle con 3 categorie target ( $M = .70$ ;  $ES = .03$ ), a loro volta superiori delle prestazioni ai trial con 4 categorie target ( $M = .51$ ;  $ES = .02$ ), in tutti i casi,  $p < .001$ ; inoltre, le prestazioni ai trial con 4 categorie target non mostrano differenze significative con quelle nei trial con 5 categorie target ( $M = .52$ ;  $ES = .02$ ) ( $p = 1$ ).

Questi effetti principali sono qualificati dalle seguenti interazioni: l'interazione Gruppo d'Età x Livello di Difficoltà,  $F(3,144) = 2.85$ ,  $MSE = .02$ ,  $p = .04$ ,  $\eta^2 = .06$  e l'interazione Tipo di Materiale x Livello di Difficoltà,  $F(3,144) = 5.34$ ,  $MSE = .02$ ,  $p = .002$ ,  $\eta^2 = .10$ . Al contrario, l'interazione Gruppo d'Età x Tipo di Materiale,  $F = 2.65$ , n.s.

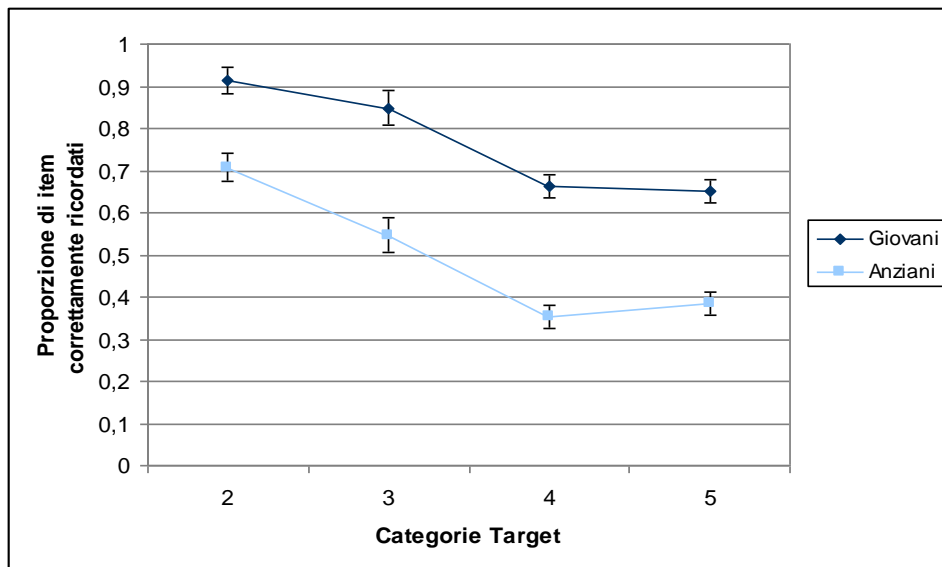


Figura VI.4. Nel grafico è rappresentata l'interazione Gruppo d'età x Livello di Difficoltà. Le barre d'errore rappresentano gli errori standard.

Per quanto riguarda la prima interazione, i confronti ottenuti con la correzione di Bonferroni mettono in evidenza come la prestazione di entrambi i gruppi d'età decresce all'aumentare del numero di categorie target che devono essere considerate; tuttavia, l'effetto del Livello di Difficoltà è più ampio per i partecipanti anziani,  $F(3,46) = 57.90$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .79$  rispetto ai giovani,  $F(3,46) = 35.74$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .70$ ; infatti, nei giovani, la prestazione ai trial con 2 categorie target non differisce significativamente da quella ai trial con 3 categorie target ( $p = .15$ ), entrambe sono inferiori alla prestazione ai trial con 4 e 5 categorie target (in tutti i casi,  $p < .001$ ); tuttavia, le prestazioni ai trial con 4 e 5 categorie non differiscono tra loro ( $p = .1$ ). Al contrario, le prestazioni degli anziani peggiorano progressivamente all'aumentare del numero di categorie target; infatti, la loro prestazione ai trial con 2 categorie è inferiore a quella con 3 categorie target ( $p < .001$ ), che è a sua volta inferiore a quella con 4 categorie target ( $p < .001$ ); tuttavia, le prestazioni ai trial con 4 e 5 categorie non differiscono tra loro ( $p = .1$ ) (Figura VI.4).

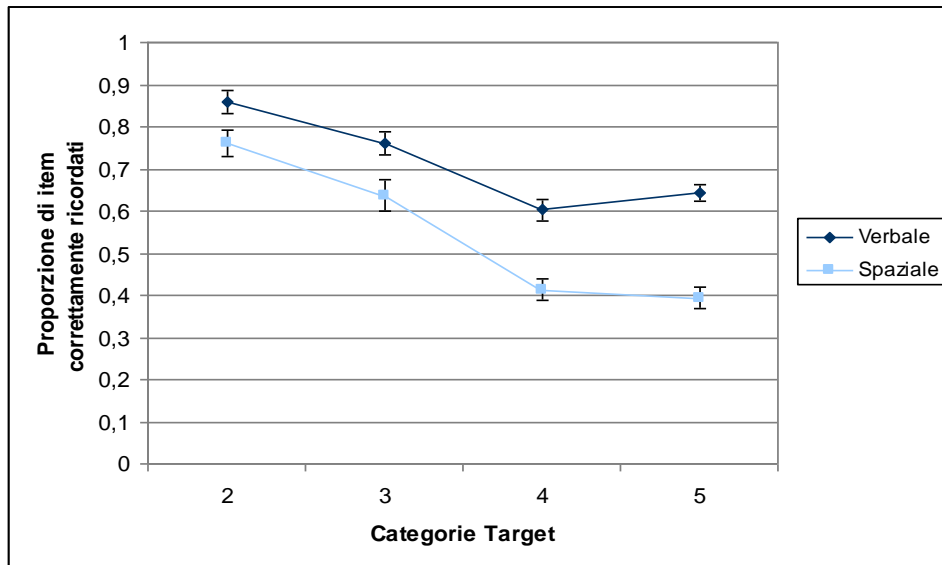


Figura VI.5. Nel grafico è rappresentata l'interazione Tipo di Materiale x Livello di Difficoltà.

Le barre d'errore rappresentano gli errori standard.

I confronti post hoc relativi all'interazione Tipo di Materiale x Livello di Difficoltà evidenziano come, nonostante i partecipanti incontrino maggiori difficoltà nell'eseguire la prova spaziale rispetto a quella verbale, l'ampiezza dell'effetto del Tipo di Materiale aumenta al crescere del Livello di Difficoltà: 2 categorie target,  $F(1,48) = 8.21$ ,  $p = .006$ ,  $\eta^2 = .17$ , 3 categorie target,  $F(1,48) = 14.61$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .23$ , 4 categorie target,  $F(1,48) = 40.09$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .46$ , 5 categorie target,  $F(1,48) = 177.65$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .71$  (Figura VI.5).

#### VI.4. Discussione

Con il presente esperimento ci si è proposti di approfondire lo studio degli effetti dell'età nell'abilità di aggiornare informazioni in MdL, ed in particolar modo di verificare se ci sia un effetto dell'età modalità-specifico. Dai risultati del primo esperimento non si possono trarre conclusioni certe a riguardo, dato che l'analisi dell'effetto di posizione seriale supporta l'ipotesi che i partecipanti, nell'esecuzione del *Running Memory Task*, non sempre tentino di mantenere attivamente gli item in memoria tramite una strategia di tipo *updating*, ma al contrario, ricorrano frequentemente ad una strategia *low-effort* basata sull'effetto recenza, come hanno dimostrato chiaramente Palladino e Jarrold (2008). La prova utilizzata nel presente esperimento, al contrario, richiede ai partecipanti di effettuare un accurato e costante monitoraggio dello status delle informazioni in continuo cambiamento, dato che è necessario aggiornare continuamente le

associazioni elemento-categoria target. Dai risultati di questo secondo esperimento emergono chiaramente le difficoltà degli anziani nell'aggiornare informazioni presenti in MdL; gli anziani mostrano delle prestazioni peggiori rispetto ai giovani quando viene chiesto loro di monitorare costantemente le informazioni in entrata sulla base della rilevanza per il trial in esecuzione (Salthouse et al., 2003); in altre parole, quando è necessario sia sostituire l'elemento precedente con l'arrivo di un ulteriore elemento della categoria target sia scartare gli item appartenenti a categorie non target. Inoltre, queste differenze legate all'età sembrano essere maggiormente evidenti al crescere del livello di difficoltà proposto dal compito; infatti, all'aumentare delle richieste esecutive del compito, contrariamente ai giovani, gli anziani mostrano un rapido declino della prestazione che inizia già in trial con poche categorie target.

Per quanto riguarda il confronto tra prove di aggiornamento verbale e spaziale, anche per quanto riguarda il *Keep Track Task*, la prova verbale è risultata più facile da eseguire rispetto a quelle spaziale, confermando i risultati di numerosi studi presenti in letteratura (Kemps & Newson, 2006; Palladino & Jarrold, 2008). È emerso inoltre che la maggiore difficoltà nell'aggiornare materiale spaziale rispetto a quella verbale aumenta al crescere del numero di categorie target da aggiornare, ovvero all'aumentare del livello di difficoltà. Quello che è interessante sottolineare è che, in riferimento alle differenze dipendenti dall'età nel processo di aggiornamento, non è stato riscontrato alcun effetto dell'età modalità-specifico, come evidenziato sia dal fatto che l'ampiezza dell'effetto del Gruppo d'Età sia pressoché equivalente in entrambe le prove sia dalla mancanza di interazione significativa tra Gruppo d'età per Tipo di Materiale. Questo risultato è in contrasto con studi che hanno trovato un maggior declino dipendente dall'età in prove di MdL spaziale rispetto a quelle verbali (es.: Bopp & Verhaeghen, 2007; Myerson et al., 1999; Myerson et al., 2003; Verhaeghen et al., 2002) o vice-versa (Fastenau et al., 1996; Vecchi et al., 2005), ma è consistente con numerosi altri studi che hanno trovato un declino equivalente tra MdL verbale e spaziale (Borella et al., 2008; Kemps & Newson, 2006; Park et al., 2002). La conferma di un equivalente effetto dell'età viene quindi ampliata anche ad un processo altamente controllato della MdL, ovvero il processo di aggiornamento, che ha suscitato notevole interesse negli ultimi anni dato il suo coinvolgimento ai fini di un efficiente funzionamento della MdL. Anche per quanto riguarda il processo di aggiornamento, il ricorso a prove parallele sia verbali che spaziali, che pongono le stesse richieste di elaborazione, permette di stabilire che non vi è un declino differenziale dipendente dall'età nell'abilità di aggiornare informazioni verbali e spaziali (Kemps & Newson, 2006). Questo suggerisce che il processo di aggiornamento di informazioni verbali e spaziali declina con lo stesso andamento con l'avanzare dell'età; in altre parole, viene confermata

l'esistenza di effetti dell'età comuni, piuttosto che differenziali, per quanto riguarda il processo di aggiornamento verbale e spaziale.

In conclusione, dai risultati riportati fino ad ora, sembrerebbe che i deficit correlati all'età appaiano imputabili a cambiamenti nel controllo esecutivo in MdL, indipendentemente dalla natura del compito –verbale o visuo-spaziale – (Vecchi & Cornoldi, 1999; Verhaeghen & Cerella, 2002). Nell'ultimo esperimento ci si è quindi proposti di esaminare più approfonditamente la MLVS, nel tentativo di esaminare in che misura emergano le differenze d'età con il variare del grado di controllo richiesto.

# CAPITOLO VII

## ESPERIMENTO 3

### INVECCHIAMENTO COGNITIVO E MEMORIA DI LAVORO VISUO-SPAZIALE: IL RUOLO DEL CONTROLLO ESECUTIVO

#### VII.1. Introduzione

L'obiettivo dell'ultimo esperimento consisteva nell'approfondire il ruolo del controllo esecutivo nelle differenze dipendenti dall'età nelle prove di MdL, in particolare nelle prove di MLVS. Come riportato in precedenza, l'elaborazione di materiale visuo-spaziale rappresenta un'esperienza estremamente frequente nella vita quotidiana (es.: guidare, trovare la strada più breve, ricordarsi dove si è messo qualcosa e così via).

Come discusso alla fine del capitolo precedente, i deficit correlati all'età sembrano imputabili a cambiamenti nel controllo esecutivo in MdL, sia nei compiti verbali che visuo-spaziali (Engle, 2002; Verhaeghen & Cerella, 2002). Nel presente esperimento, si è cercato, quindi, di analizzare in che misura le differenze d'età nel mantenimento di materiale visuo-spaziale siano in relazione con la concomitante richiesta di controllo esecutivo. A tal fine è stato proposto ai partecipanti lo *Stroop Matrix Task*, una prova, costruita ad hoc, che combina il classico compito di Stroop con un compito di ricordo di posizioni. Nel tentativo di capire cosa succede in prove di MLVS al variare del grado di controllo richiesto, abbiamo, infatti, preso spunto da un paradigma proposto da McCabe et al. (2005), che utilizzava materiale verbale. Ad un gruppo di giovani ed ad uno di anziani veniva chiesto di denominare il colore di una serie di stimoli Stroop, sia congruenti che incongruenti; alla fine di ogni serie, i partecipanti dovevano cercare di ricordare i colori denominati. Gli anziani sono risultati più suscettibili all'interferenza, in quanto hanno commesso un

maggior numero di errori nella condizione incongruente; gli autori hanno concluso che il declino della MdL correlato all'età dipende anche dall'abilità di mantenere il focus attentivo sugli obiettivi del compito (vedi anche Engle, 2002).

## VII.2. Metodo

### VII.2.1. Partecipanti

Venticinque giovani adulti (12 maschi e 13 femmine) dai 18 ai 23 anni (età media = 19.32, DS = 1.03) e 25 adulti più anziani (13 maschi e 12 femmine) dai 60 ai 76 anni (età media = 67.88, DS = 5.75) hanno preso parte al presente esperimento.

Similmente ai precedenti esperimenti, ai partecipanti è stata somministrata una breve intervista al fine di escludere coloro che presentavano seri problemi di salute o facevano uso di medicinali in grado di indurre sonnolenza o influenzare il funzionamento cognitivo (Crook et al., 1986).

Tabella VII.1. Caratteristiche del campione e variabili demografiche.

	<b>Giovani</b>		<b>Anziani</b>	
	<i>M</i>	<i>DS</i>	<i>M</i>	<i>DS</i>
<b>Età</b>	19.32	1.03	67.88	5.75
<b>Vocabolario</b>	46.92	5.94	49.40	11.59
<b>Scolarità</b>	13.00	.00	11.68	4.70

Come emerge dalla Tabella VII.1, non vi è alcuna differenza significativa tra i due gruppi né nel livello di scolarità,  $F = 1.98$ , n.s., né nel punteggio alla prova di vocabolario,  $F < 1$ .

Tutti i partecipanti erano tutti di lingua italiana ed avevano vista normale o corretta da lenti; inoltre, hanno partecipato volontariamente alla ricerca ed erano inconsapevoli delle ipotesi della ricerca.

### VII.2.2. Materiali e Procedura

La sessione sperimentale aveva una durata complessiva di circa 60 minuti. Ogni partecipante è stato testato individualmente, in una stanza silenziosa e ben illuminata così da limitare possibili distrazioni; ai partecipanti veniva data la possibilità di chiedere di fare una breve pausa nel caso in cui fossero stanchi.

In un primo momento, sono state raccolte brevemente le informazioni relative ai dati personali e allo stato di salute dei partecipanti al fine di escludere coloro che presentavano particolari patologie in grado di alterare le prestazioni cognitive.

Successivamente, ai partecipanti è stato somministrato lo *Stroop Matrix Task*, una prova che combina il classico compito di Stroop con un compito di ricordo di posizioni; in altre parole, i partecipanti sono invitati a eseguire il compito Stroop e contemporaneamente a cercare di mantenere in memoria gli stimoli Stroop, per una successiva rievocazione. Sono state messe a punto tre condizioni sperimentali, di seguito descritte; una condizione che potremmo definire di *baseline*, in quanto richiede il solo ricordo della posizione all'interno della matrice degli stimoli Stroop, e due condizioni di ricordo combinato, in quando viene richiesto al partecipante di ricordare non solo la posizione, ma anche un'altra caratteristica dello stimolo Stroop, che può essere, a seconda della condizione, la parola stessa o il suo colore.

*a) Condizione Posizione*

Al partecipante vengono presentate, con l'ausilio di un computer, una serie di stimoli Stroop in una delle celle di una matrice 4x4. Come nel classico compito di Stroop, gli stimoli utilizzati in questa prova sono costituiti da parole indicanti diversi colori, scritte con un inchiostro che può essere congruente a quello indicato dalla parola stessa (es.: VERDE scritto in verde) o incongruente (es.: GIALLO scritto in rosso).

Al partecipante viene chiesto di:

1) nominare ad alta voce il colore con cui sono scritti gli stimoli che gli vengono presentati all'interno di ogni serie, cercando quindi di inibire i processi automatici di lettura; in altre parole, il partecipante deve effettuare il classico compito di Stroop;

2) alla fine della serie, indicare, cliccando con il tasto sinistro del mouse su una griglia bianca, la posizione occupata da tutti gli stimoli presentati all'interno della serie (Figura VII.1).

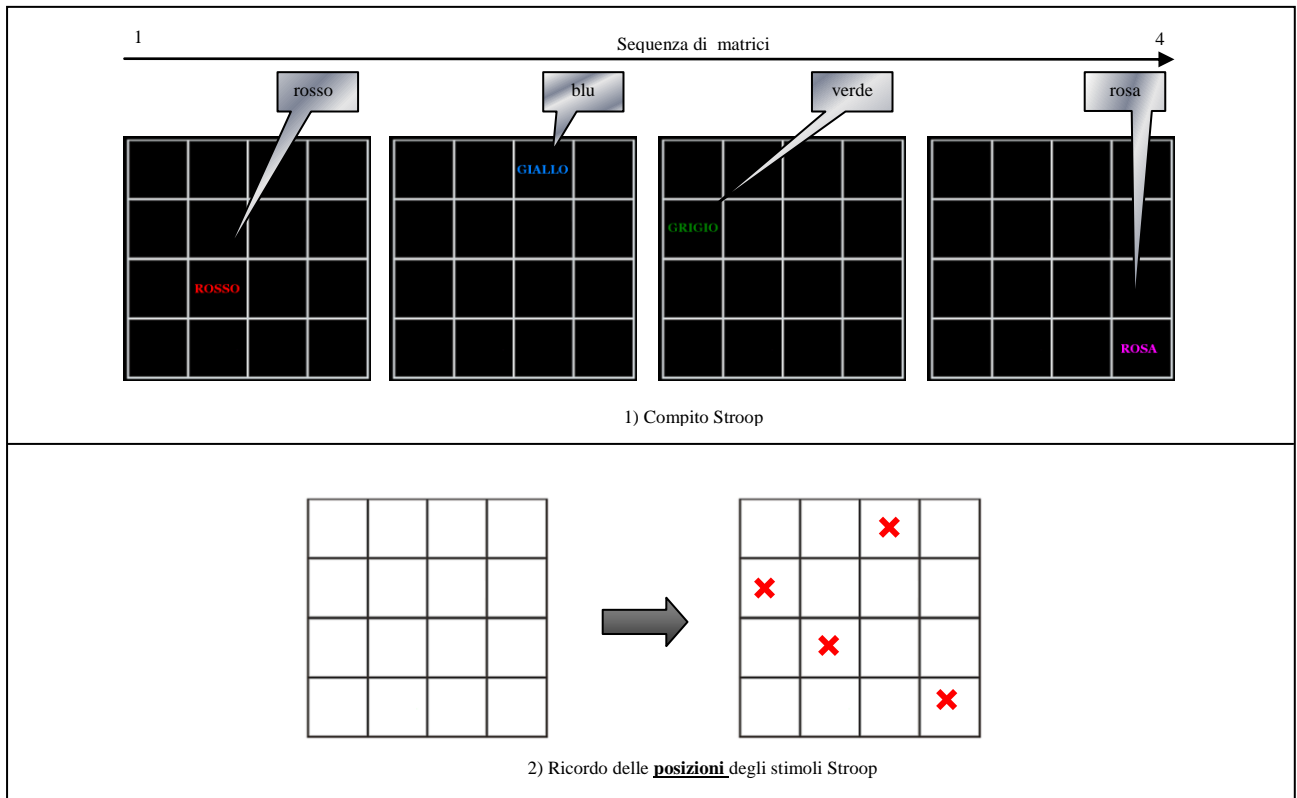


Figura VII.1. Esempio di prova con 4 stimoli Stroop nella condizione *Posizione*.

*b) Condizione Posizione + Colore*

In questa condizione, ai partecipanti vengono sempre presentate delle serie di stimoli Stroop all'interno di una matrice; ma a differenza della condizione precedente, i partecipanti devono cercare di ricordare non solo la posizione degli stimoli Stroop, ma anche il colore con cui sono stati presentati. In sintesi, le richieste del compito sono le seguenti:

- 1) effettuare il compito Stroop, denominando il colore con cui sono scritti gli stimoli che gli vengono presentati all'interno di ogni serie;
- 2) alla fine della serie, riportare le posizioni e il colore con cui sono scritti gli stimoli Stroop (Figura VII.2).

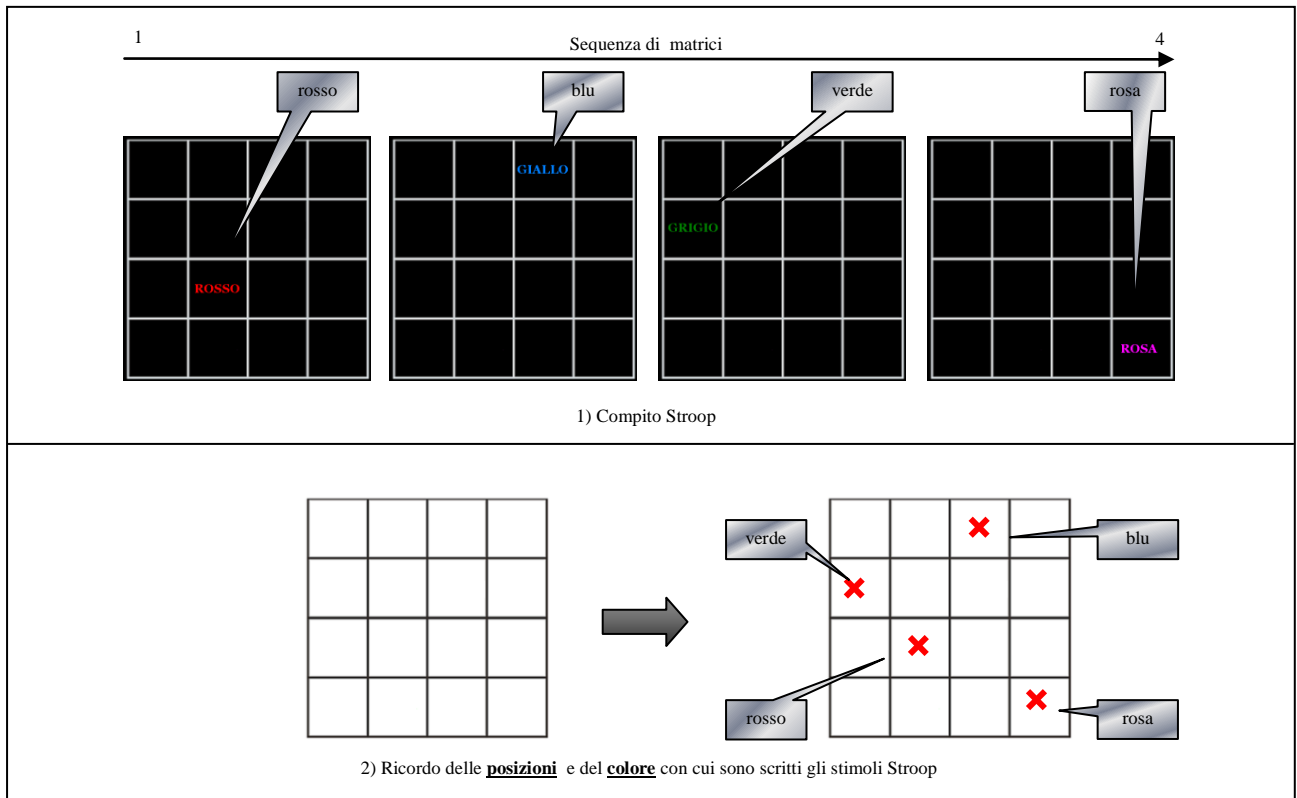


Figura VII.2. Esempio di prova con 4 stimoli Stroop nella condizione *Posizione + Colore*.

c) *Condizione Posizione + Parola:*

In questa ultima condizione, ai partecipanti viene richiesto di ricordare alla fine della serie sia la parola Stroop sia la sua posizione (Figura VII.3). In altre parole, è stato chiesto loro di tenere in mente delle informazioni, appunto le parole, che dapprima dovevano essere inibire per eseguire correttamente il compito Stroop. Schematicamente, i partecipanti devono:

- 1) effettuare il compito Stroop;
- 2) riportare le parole presentate e le loro posizioni, alla fine di ogni serie.

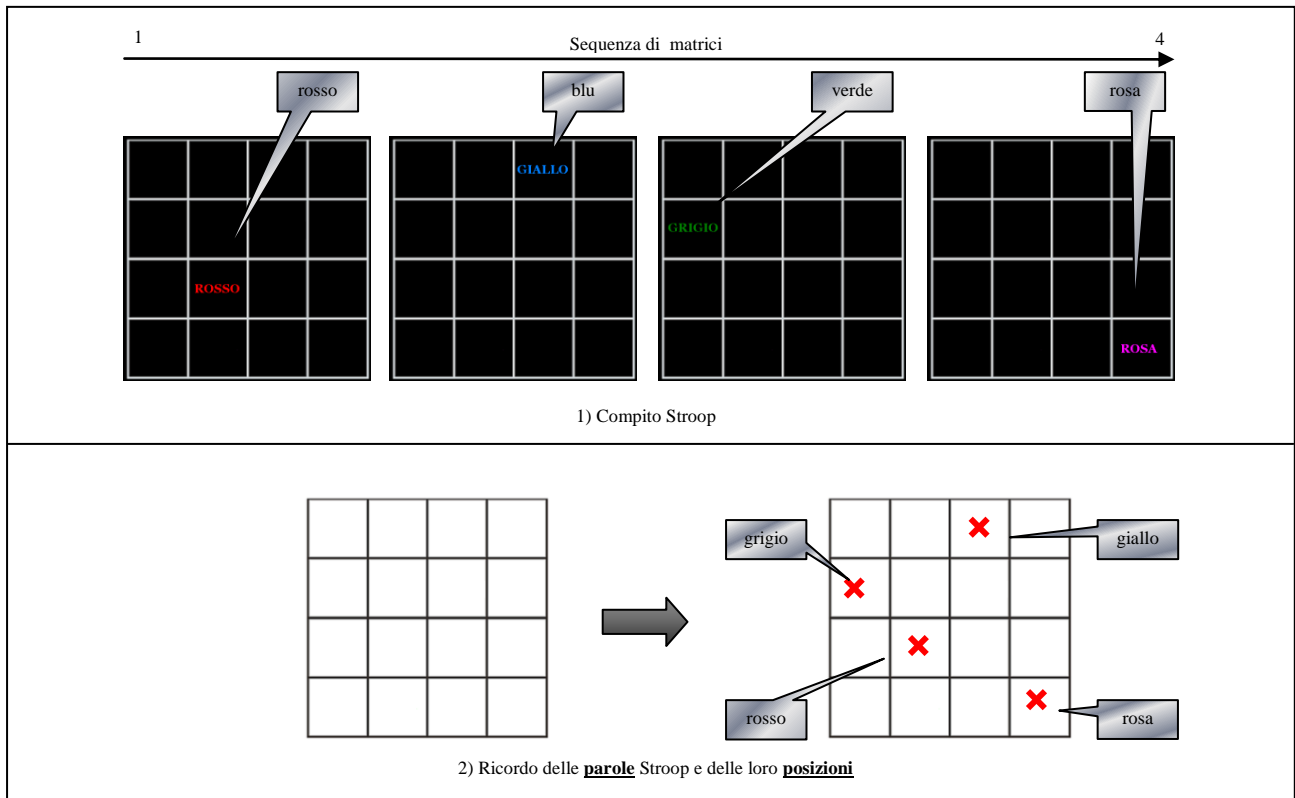


Figura VII.3. Esempio di prova con 4 stimoli Stroop nella condizione *Posizione + Parola*.

Tutti i partecipanti eseguivano la prova nella condizione *baseline*; metà di loro era assegnato alla condizione *Posizione + Colore* e l'altra metà alla condizione *Posizione + Parola*. Le due condizioni assegnate ad ogni partecipante venivano somministrate in ordine bilanciato. Inoltre, la somministrazione delle due condizioni assegnate ad ogni partecipante avveniva per blocchi, ovvero, prima tutte le prove relative ad una condizione, e di seguito le altre. La Tabella VII.2 mostra un esempio del bilanciamento impiegato per le tre diverse condizioni dello *Stroop Matrix Task*.

Tabella VII.2. Esempio di bilanciamento impiegato nell'Esperimento 3.

Partecipante	Ordine Condizioni	
	Posizione	Posizione + Colore
1	Posizione	Posizione + Colore
2	Posizione	Posizione + Parola
3	Posizione + Colore	Posizione
4	Posizione + Parola	Posizione

Ogni condizione è composta da un totale di 16 serie di stimoli Stroop; di cui 8 serie erano formate da 4 item e nelle altre 8 venivano presentati 6 item; all'interno di ogni condizione, l'ordine di presentazione delle serie di item era casuale; tuttavia, vi era un unico ordine di presentazione delle condizioni per tutti i partecipanti.

All'interno di ogni serie, metà degli item erano stimoli Stroop congruenti e l'altra metà erano stimoli Stroop incongruenti. Gli stimoli Stroop all'interno di ogni serie venivano presentati

con la sola limitazione che non venissero ripetuti per più di due volte consecutive item dello stesso tipo (ovvero, non potevano essere presentati di seguito più di due stimoli Stroop congruenti o incongruenti). All'interno di ogni serie, le parole Stroop non venivano mai ripetute per più di una volta; allo stesso modo, anche il colore con cui veniva scritta la parola veniva utilizzato una sola volta.

La Tabella VII.3 sintetizza il disegno sperimentale, riportando tutte le variabili che vengono manipolate nel presente esperimento.

*Tabella VII.3. Elenco delle variabili manipolate dell'esperimento 3.*

<b>Variabili manipolate</b>		
<i>Gruppo d'età</i>	Giovani	
	Anziani	
<i>Carico di memoria</i>	8 serie da 4 item	
	8 serie da 6 item	
<i>Congruenza</i>	50% congruente	
	50% incongruente	
<i>Condizione</i>	1) Base:	Ricordo della posizione
	2) Sperimentale:	a) <i>Posizione + Colore</i>
		b) <i>Posizione + Parola</i>

Prima di iniziare la prova, ai partecipanti venivano presentati un trial di pratica con 4 stimoli Stroop e uno con 6 stimoli Stroop; se durante tali prove erano commessi degli errori, questi erano segnalati al partecipante.

Sono state considerate le seguenti variabili dipendenti:

- La proporzione di posizioni degli stimoli Stroop, sia congruenti che incongruenti, correttamente ricordati dal partecipante, nelle serie sia da 4 che da 6 item;
- La proporzione di stimoli Stroop, sia congruenti che incongruenti, correttamente ricordati dai partecipanti, nelle serie sia da 4 che da 6 item. Si deve far notare che, per metà dei partecipanti, questo punteggio era costituito dalla proporzione di colori Stroop correttamente ricordati, e per i restanti partecipanti dalla proporzione di parole Stroop correttamente ricordate.

Dopo la presentazione delle prove sperimentali si è proceduto con la somministrazione della Prova di Vocabolario, tratta dalla WAIS (Weschler, 1981).

### VII.2.3. Ipotesi della Ricerca

In base alla letteratura che mostra come con l'invecchiamento vi sia un calo nella MLVS e, in particolare, vi sia una difficoltà nel controllo esecutivo della MdL, si è ipotizzato che, nel ricordo di posizioni di stimoli Stroop:

- in generale, gli anziani dovrebbero mostrare una prestazione inferiore ai giovani in questa prova loro proposta, che richiede un elevato controllo esecutivo, in quando per svolgere con successo la prova è necessario mantenere attive informazioni rilevanti per il compito (ovvero le diverse dimensioni – posizione, colore o parola – degli stimoli Stroop) in presenza di interferenza (nello *Stroop Matrix Task*, la concomitante richiesta di eseguire il compito di Stroop);
- in particolare, le difficoltà degli anziani dovrebbero essere maggiormente evidenti nel ricordo di posizioni nella condizione *Posizione + Parola* (che richiede di ricordare anche lo stimolo precedentemente inibito, e non solo la sua posizione) rispetto alla condizione *Posizione + Colore* (che quindi richiede il ricordo del colore denominato oltre alla sua posizione). Dalla letteratura sull'effetto Stroop, risulta che la codifica dell'identità (la parola Stroop) di uno stimolo durante la discriminazione del colore sia automatica (MacLeod, 1991); anche la posizione dell'oggetto è codificata automaticamente quando si discrimina la sua forma o il suo colore (Tsal & Lavie, 1988). Si deve, tuttavia, tener conto che il fatto di dover prestare attenzione ad altre dimensioni dello stimolo Stroop (oltre il colore), quali la posizione o la parola/identità, aumenta il grado di interferenza di tipo Stroop (Walley & MacLeod, 1994). Di conseguenza, aumenta anche il grado di controllo esecutivo richiesto per l'esecuzione del compito: nella condizione *Posizione + Colore* l'interferenza è alta; ma è massima nella condizione *Posizione + Parola*;
- infine, ci dovrebbe essere un diverso ricordo tra stimoli congruenti e incongruenti; anche se risulta complicato prevedere in quale direzione; potrebbe esserci un vantaggio del ricordo di posizioni associate agli stimoli Stroop congruenti, dato che questi stimoli hanno implicato una minor interferenza rispetto agli stimolo Stroop incongruenti; allo stesso modo, si potrebbe ipotizzare che proprio la maggior interferenza prodotta dagli stimoli Stroop incongruenti, che richiede una maggior elaborazione, porti ad un miglior ricordo di questi stimoli rispetto a quelli congruenti. Le differenze nel ricordo tra stimoli congruenti che incongruenti dovrebbero essere maggiormente evidenti nelle prestazioni del gruppo degli anziani.

Per quanto riguarda il ricordo degli stimoli Stroop, si può ipotizzare che gli anziani mostrino prestazioni inferiori a quelle dei giovani, soprattutto nel carico di memoria maggiore; inoltre, si può ipotizzare una maggiore difficoltà nel ricordo delle parole Stroop, che dovevano essere inizialmente inibite, rispetto ai colori con cui sono state scritte; ci si potrebbe aspettare che queste differenze siano maggiormente evidenti negli anziani; infine, per quanto riguarda la congruenza, si potrebbe ipotizzare un diverso ricordo tra stimoli congruenti e incongruenti, anche se risulta complicato prevedere in quale direzione; probabilmente ci potrebbe essere un maggior ricordo di stimoli congruenti, ma ci potrebbero essere delle differenze in base alla condizione.

### VII.3. Risultati

#### VII.3.1. Ricordo delle posizioni degli stimoli Stroop

La Tabella VII.4 riassume le statistiche descrittive relative al ricordo delle posizioni degli stimoli Stroop, sia congruenti che incongruenti, nei due carichi di memoria dello *Stroop Matrix Task*. Per ogni condizione (*Posizione*, *Posizione + Colore* e *Posizione + Parola*) sono, quindi, riportate le medie e le deviazioni standard, espresse in proporzione di risposte corrette, sia del gruppo di partecipanti giovani che del gruppo di partecipanti anziani.

Tabella VII.4. Medie e deviazioni standard (DS) relative alla proporzione di posizioni di stimoli Stroop, congruenti e incongruenti, correttamente ricordati nelle tre condizioni, suddivise per gruppo d'età (giovani, anziani) e per carico di memoria (serie da 4 item, serie da 6 item).

		Giovani		Anziani	
		4 item	6 item	4 item	6 item
		M (DS)	M (DS)	M (DS)	M (DS)
<i>Posizione</i>	<i>Congruenti</i>	.92 (.10)	.90 (.08)	.67 (.20)	.65 (.18)
	<i>Incongruenti</i>	.95 (.06)	.90(.07)	.65 (.21)	.67(.16)
<i>Posizione + Colore</i>	<i>Congruenti</i>	.94 (.10)	.79 (.10)	.76 (.19)	.61 (.09)
	<i>Incongruenti</i>	.95 (.06)	.84(.10)	.87 (.19)	.63 (.12)
<i>Posizione + Parola</i>	<i>Congruenti</i>	.89 (.11)	.73 (.16)	.57 (.29)	.58 (.13)
	<i>Incongruenti</i>	.92 (.07)	.77 (.12)	.66 (.24)	.54 (.17)

In primo luogo, è stata eseguita una ANOVA a disegno misto 2 (Gruppo d'Età: giovani, anziani) x 2 (Congruenza: congruente, incongruente) x 2 (Carico di Memoria: 4, 6) sulla

proporzione di posizioni di stimoli Stroop correttamente ricordati nella condizione *baseline*. Solo l'effetto principale del Gruppo d'Età è risultato significativo,  $F(1,48) = 54.69$ ,  $MSE = .06$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .53$ . Dai confronti post hoc, ottenuti con la correzione di Bonferroni, emerge che il gruppo degli anziani ricorda meno posizioni di stimoli Stroop rispetto ai partecipanti giovani (rispettivamente,  $M = .66$ ,  $ES = .03$  e  $M = .92$ ,  $ES = .03$ ). Questo risultato conferma quanto già emerso nei precedenti esperimenti riguardo ad una maggiore difficoltà degli anziani nell'esecuzione di prove di MdL che richiedono un alto grado di controllo esecutivo.

Successivamente, è stata condotta una ANOVA a disegno misto 2 (Gruppo d'Età: giovani, anziani) x 2 (Congruenza: congruente, incongruente) x 2 (Condizione: *Posizione + Colore*, *Posizione + Parola*) x 2 (Carico di Memoria: 4, 6) sulla proporzione di posizioni di stimoli Stroop correttamente ricordati nelle due condizioni sperimentali. È emerso un effetto principale del Gruppo d'Età,  $F(1,46) = 34.30$ ,  $MSE = .06$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .43$ ; i confronti ottenuti con la correzione di Bonferroni evidenziano come le prestazioni del gruppo dei giovani ( $M = .86$ ,  $ES = .02$ ) sono significativamente superiori a quelle degli anziani ( $M = .65$ ,  $ES = .02$ ). Anche l'effetto principale della Congruenza è risultato significativo,  $F(1,46) = 6.88$ ,  $MSE = .01$ ,  $p = .01$ ,  $\eta^2 = .13$ ; dai confronti ottenuti con la correzione di Bonferroni, è emerso che viene ricordata più facilmente la posizione di stimoli Stroop incongruenti ( $M = .77$ ,  $ES = .02$ ) rispetto alla posizione di stimoli Stroop congruenti ( $M = .73$ ,  $ES = .02$ ). È emerso, inoltre, un effetto principale della Condizione,  $F(1,46) = 6.72$ ,  $MSE = .06$ ,  $p = .01$ ,  $\eta^2 = .13$ ; dai confronti post hoc, risulta che si ha un miglior ricordo della posizione degli stimoli Stroop nella condizione *Posizione + Colore* ( $M = .80$ ,  $ES = .02$ ) rispetto alla condizione *Posizione + Parola* ( $M = .71$ ,  $ES = .02$ ). Infine, è risultato significativo anche l'effetto principale del Carico di Memoria,  $F(1,46) = 51.48$ ,  $MSE = .02$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .53$ ; i confronti ottenuti con la correzione di Bonferroni evidenziano come siano state ottenute migliori prestazioni nelle serie composte da 4 item ( $M = .82$ ,  $ES = .02$ ) rispetto alle serie da 6 item ( $M = .69$ ,  $ES = .02$ ).

Questi effetti principali sono qualificati dalle seguenti interazioni: l'interazione Congruenza x Carico di Memoria,  $F(1,46) = 4.16$ ,  $MSE = .01$ ,  $p = .05$ ,  $\eta_p^2 = .08$ ; l'interazione Gruppo d'Età x Congruenza x Carico di Memoria,  $F(1,46) = 11.34$ ,  $MSE = .01$ ,  $p = .002$ ,  $\eta_p^2 = .20$ ; l'interazione Gruppo d'Età x Condizione x Carico di Memoria,  $F(1,46) = 5.40$ ,  $MSE = .02$ ,  $p = .03$ ,  $\eta_p^2 = .11$ .

Per quanto riguarda l'interazione Congruenza x Carico di Memoria, i confronti post hoc ottenuti con la correzione di Bonferroni, evidenziano come, seppure si ricordi un maggior numero di posizioni di stimoli Stroop, sia congruenti che incongruenti, nelle serie da 4 item rispetto a quelle da 6 (in entrambi i casi  $p < .001$ ), solo nelle serie da 4 item, le posizioni di stimoli Stroop incongruenti vengono ricordate di più delle posizioni di stimoli Stroop congruenti ( $p = .002$ );

mentre non ci sono differenze tra stimoli congruenti e incongruenti nelle serie da 6 item ( $p = .70$ ) (Figura VII.4.)

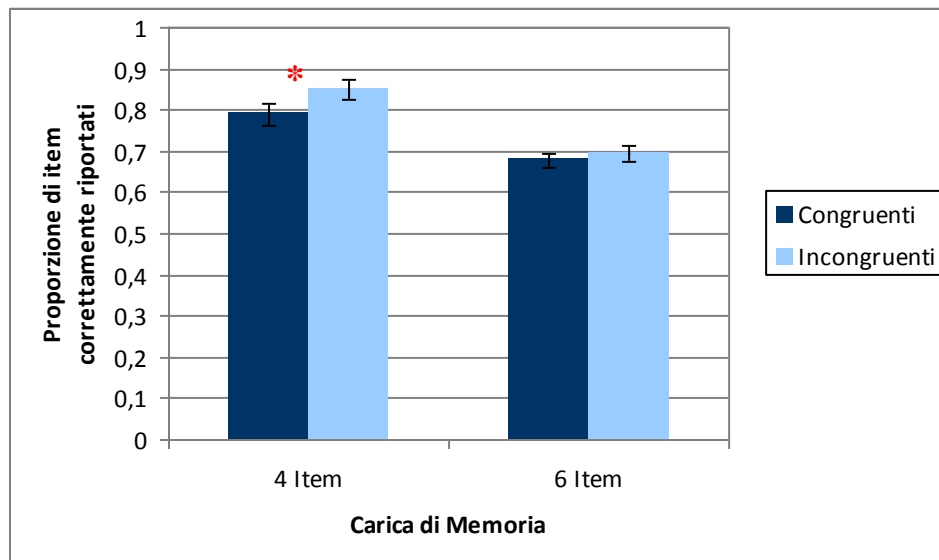
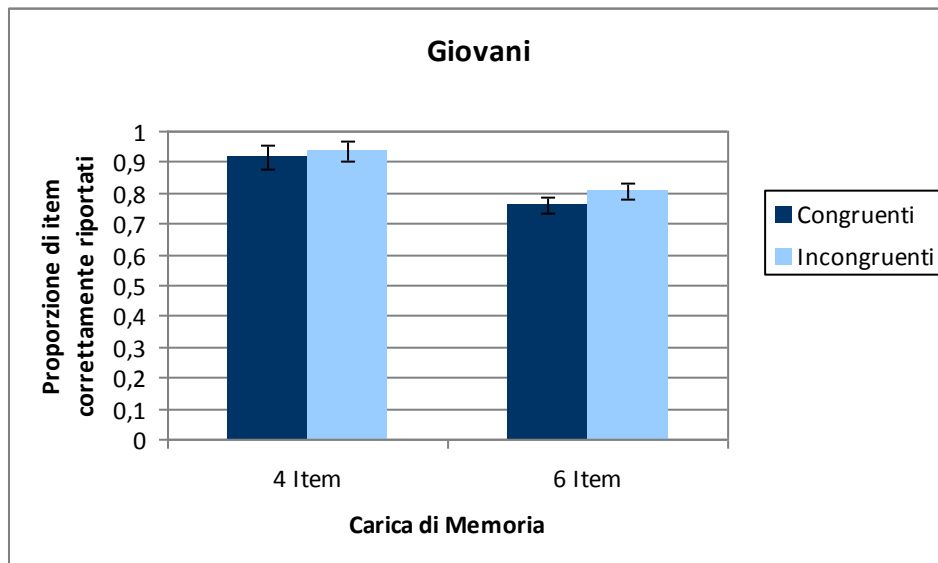


Figura VII.4. Nel grafico è rappresentata l'interazione Congruenza x Carico di Memoria. Le barre d'errore rappresentano gli errori standard.

Per quanto riguarda l'interazione Gruppo d'Età x Congruenza x Carico di Memoria, sebbene, come mostra la Figura VII.5, sia i giovani che gli anziani ricordino un maggior numero di posizioni di stimoli Stroop, sia congruenti che incongruenti, nelle serie da 4 item rispetto alle serie da 6 item, solo gli anziani mostrano il vantaggio degli stimoli Stroop incongruenti rispetto agli stimoli congruenti nelle serie da 4 item ( $p < .001$ ); vantaggio che si annulla nelle serie da 6 item ( $p = .66$ ). Nei giovani invece non ci sono differenze tra il ricordo delle posizioni di stimoli Stroop congruenti ed incongruenti, né nelle serie da 4 che in quelle da 6 (in entrambi i casi,  $p > .08$ ).

a)



b)

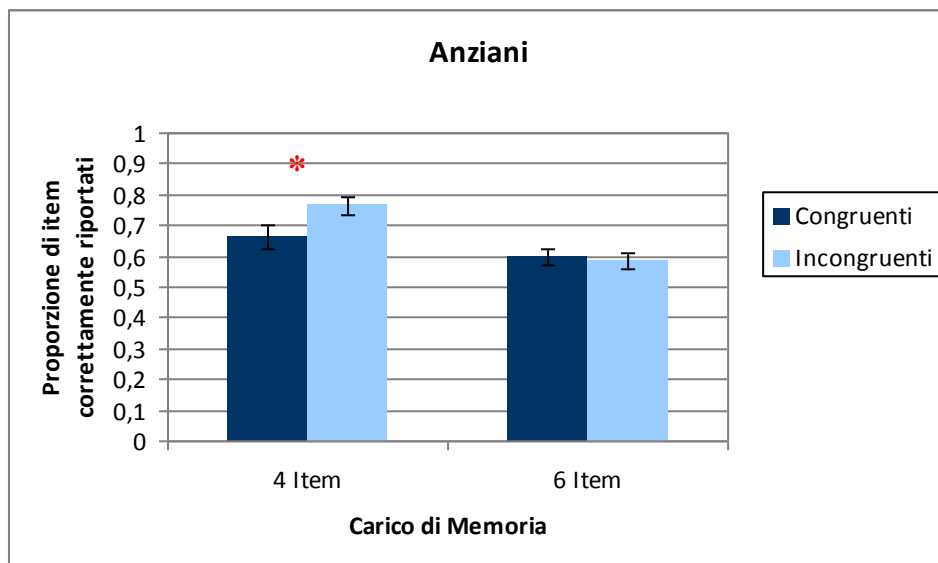
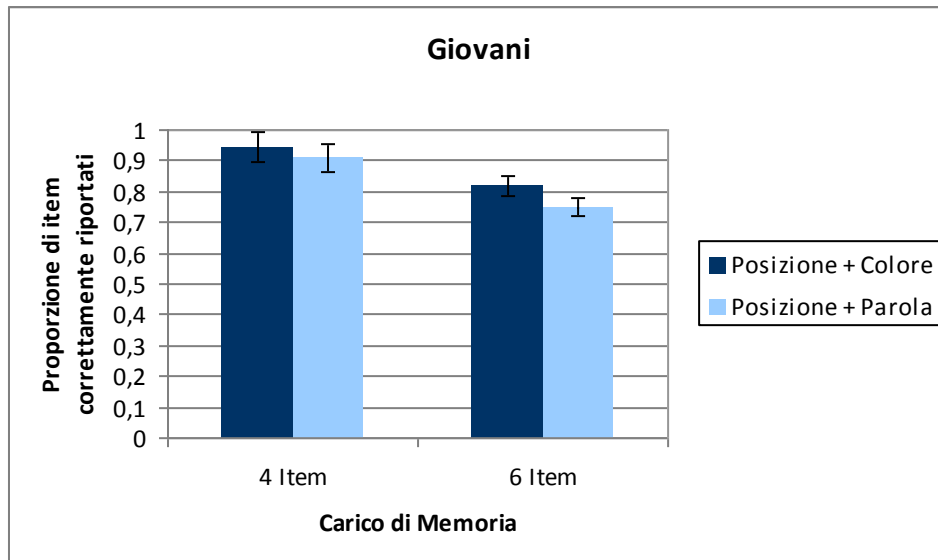


Figura VII.5. Nel grafico a) è rappresentato l'effetto della Congruenza sul ricordo della posizione degli stimoli Stroop sia nelle serie da 4 che da 6 item nei giovani; nel grafico b) è rappresentato l'effetto della Congruenza sul ricordo della posizione degli stimoli Stroop sia nelle serie da 4 che da 6 item negli anziani. Le barre d'errore rappresentano gli errori standard.

Infine, l'interazione Gruppo d'Età x Condizione x Carico di Memoria mostra, tramite i confronti ottenuti con la correzione di Bonferroni, che nei giovani, non vi sono differenze significative tra le due condizioni, né nelle serie da 4 che da 6 item (in entrambi i casi,  $p > .13$ ). Al contrario, gli anziani ricordano un maggior numero di posizioni di stimoli Stroop nella condizione

*Posizione + Colore* rispetto alla condizione *Posizione + Parola* ( $p = .004$ ) nelle serie da 4 item, mentre non emergono differenze nelle serie da 6 item ( $p = .21$ ).

a)



b)

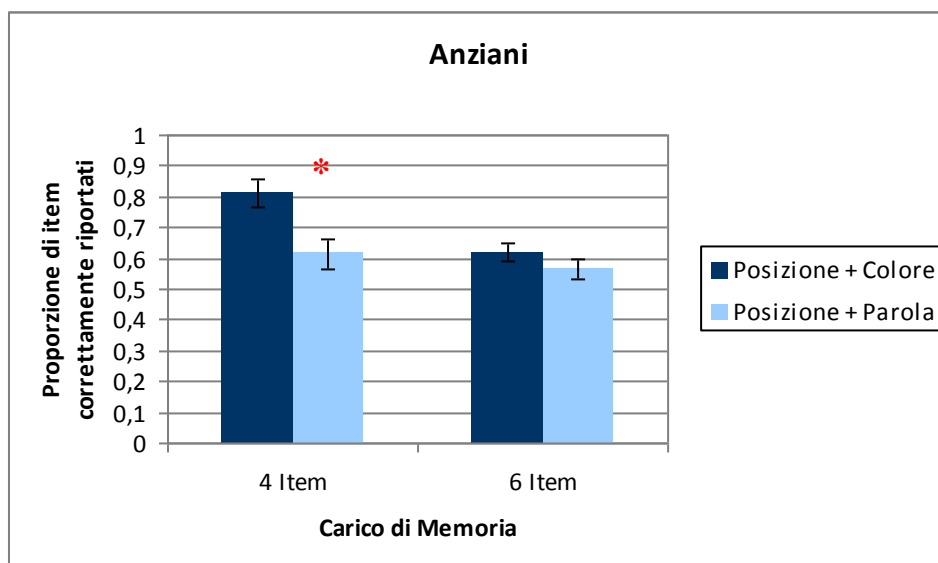


Figura VII.6. Nel grafico a) è rappresentato l'effetto della Condizione sul ricordo della posizione degli stimoli Stroop sia nelle serie da 4 che da 6 item nei giovani; nel grafico b) è rappresentato l'effetto della Condizione sul ricordo della posizione degli stimoli Stroop sia nelle serie da 4 che da 6 item negli anziani.

Le barre d'errore rappresentano gli errori standard.

### VII.3.2. Ricordo degli stimoli Stroop

Nella Tabella VII.5 sono riportate le medie e le deviazioni standard, espresse in proporzione di risposte corrette, sia del gruppo di partecipanti giovani che del gruppo di partecipanti anziani, relative alla proporzione di stimoli Stroop correttamente ricordati, sia congruenti che incongruenti, nei due carichi di memoria. Si deve ricordare che, per la condizione *Posizione + Colore*, il punteggio è costituito dalla proporzione di colori Stroop correttamente ricordati, mentre per la condizione *Posizione + Parola*, il punteggio è costituito dalla proporzione di parole Stroop correttamente ricordate.

Tabella VII.5. Medie e deviazioni standard (DS) relative alla proporzione di stimoli Stroop congruenti e incongruenti correttamente ricordati nelle due condizioni, suddivisi per gruppo d'età (giovani, anziani) e per carico di memoria (serie da 4 item, serie da 6 item).

		Giovani		Anziani	
		4 item	6 item	4 item	6 item
		M (DS)	M (DS)	M (DS)	M (DS)
<i>Posizione + Colore</i>	<i>Congruenti</i>	0.87 (0.14)	0.89 (0.09)	0.83 (0.21)	0.69 (0.31)
	<i>Incongruenti</i>	0.99 (0.02)	0.92 (0.06)	0.88 (0.25)	0.73 (0.31)
<i>Posizione + Parola</i>	<i>Congruenti</i>	0.83 (0.11)	0.71 (0.14)	0.62 (0.31)	0.44 (0.32)
	<i>Incongruenti</i>	0.67 (0.19)	0.69 (0.16)	0.55 (0.27)	0.43 (0.22)

È stata eseguita una ANOVA 2 (Gruppo d'Età: giovani, anziani) x 2 (Congruenza: congruente, incongruente) x 2 (Condizione: *Posizione + Colore*, *Posizione + Parola*) x 2 (Carico di Memoria: 4, 6). L'effetto principale del Gruppo d'Età è risultato significativo,  $F(1,46) = 11.60$ ,  $MSE = .14$ ,  $p = .001$ ,  $\eta^2 = .20$ ; i giovani ricordano un maggior numero di stimoli Stroop rispetto agli anziani (rispettivamente,  $M = .82$ ,  $ES = .04$ ;  $M = .65$ ,  $ES = .04$ ). È emerso un significativo effetto principale della Condizione,  $F(1,46) = 19.74$ ,  $MSE = .14$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .30$ ; dai confronti post hoc ottenuti con la correzione di Bonferroni, risulta che viene ricordata una maggiore proporzione di colori Stroop ( $M = .85$ ,  $ES = .04$ ) rispetto alle parole Stroop ( $M = .62$ ,  $ES = .04$ ). Anche l'effetto principale del Carico di Memoria è risultato significativo,  $F(1,46) = 13.36$ ,  $MSE = .03$ ,  $p = .001$ ,  $\eta^2 = .23$ ; i confronti post hoc evidenziano una migliore prestazione con le serie più brevi ( $M = .78$ ,  $ES = .03$ ) rispetto a quelle da 6 item ( $M = .69$ ,  $ES = .03$ ).

Questi effetti principali sono qualificati dalle seguenti interazioni: l'interazione Gruppo d'Età x Carico di Memoria,  $F(1,46) = 4.61$ ,  $MSE = .03$ ,  $p = .04$ ,  $\eta_p^2 = .09$ ; l'interazione Congruenza x Condizione,  $F(1,46) = 15.21$ ,  $MSE = .01$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .25$ ; e l'interazione Congruenza x Condizione x Carico di Memoria,  $F(1,46) = 9.81$ ,  $MSE = .01$ ,  $p = .003$ ,  $\eta_p^2 = .18$ .

Per quanto riguarda l'interazione Gruppo d'Età x Carico di Memoria (Figura VII.7), i confronti ottenuti con la correzione di Bonferroni evidenziano che, sebbene vi siano differenze significative tra i due gruppi d'età sia nelle serie da 4 item ( $p = .05$ ) che nelle serie con un maggior carico di memoria ( $p < .001$ ), il peso del maggior carico di memoria emerge solo nei partecipanti anziani: questi ultimi mostrano prestazioni significativamente superiori nelle serie da 4 item rispetto a quelle da 6 item ( $p < .001$ ); mentre nei giovani non ci sono differenze tra le due lunghezze di serie ( $p = .29$ ).

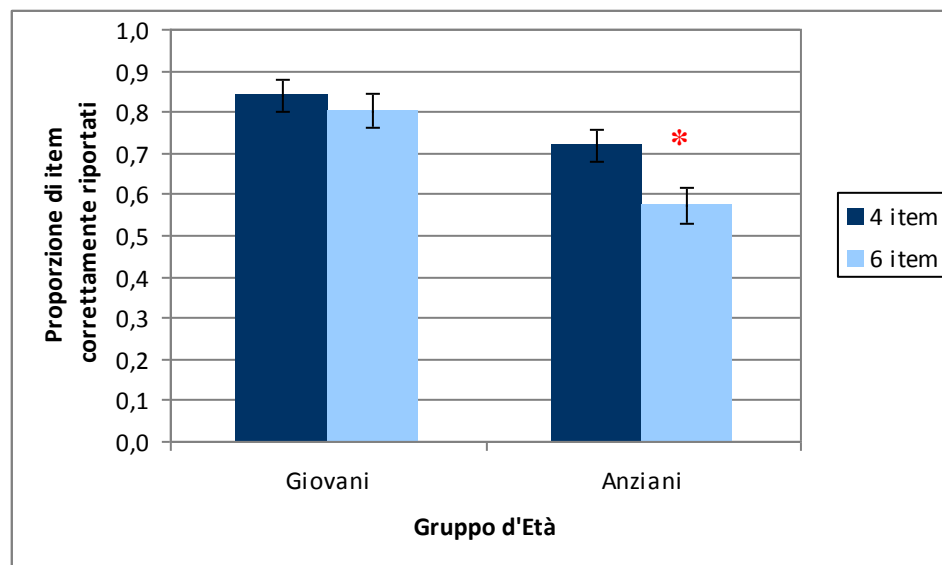


Figura VII.7. Nel grafico è rappresentata l'interazione Gruppo d'età x Carico di Memoria. Le barre d'errore rappresentano gli errori standard.

Dai confronti post hoc relativi all'interazione Congruenza x Condizione emerge che sebbene si ricordi un maggior numero di stimoli Stroop, siano essi congruenti o incongruenti, nella condizione *Posizione + Colore* rispetto alla condizione *Posizione + Parola* (rispettivamente,  $p = .01$  e  $p = .001$ ), nella condizione *Posizione + Colore* si ricorda un maggior numero di stimoli Stroop incongruenti rispetto a quelli congruenti ( $p = .02$ ); al contrario, nella condizione *Posizione + Parola* si ricorda un maggior numero di stimoli Stroop congruenti rispetto a quelli incongruenti ( $p = .01$ ) (Figura VII.8).

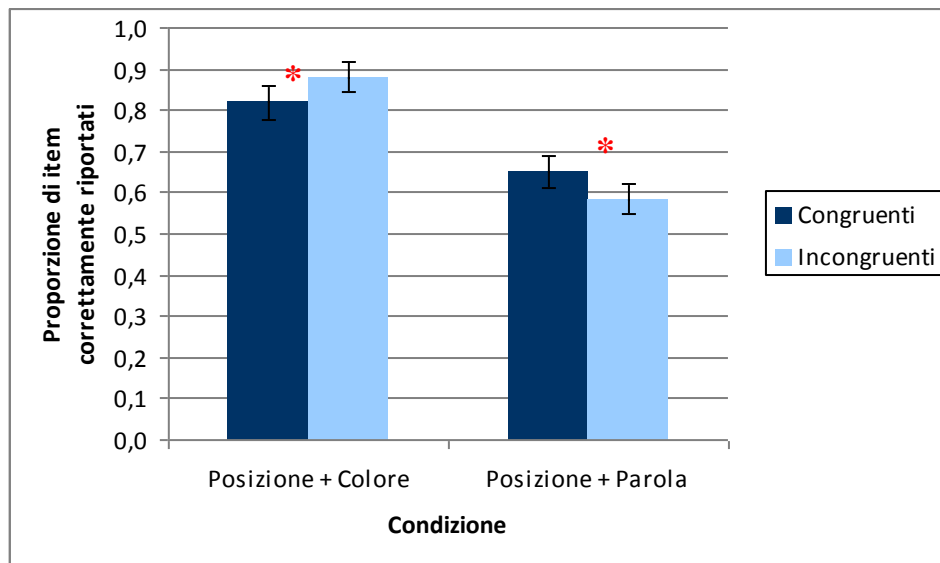
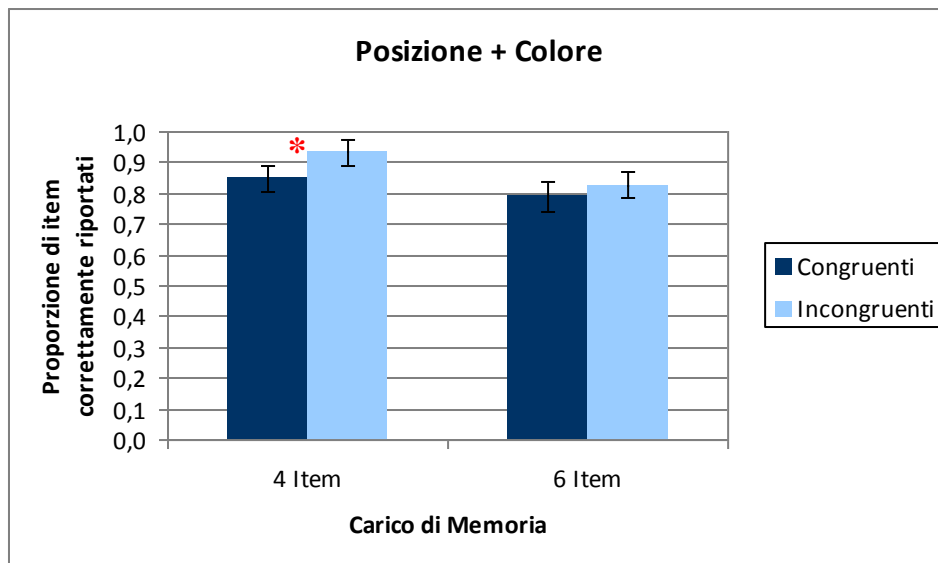


Figura VII.8. Nel grafico è rappresentata l'interazione Congruenza x Condizione.

Le barre d'errore rappresentano gli errori standard.

Infine, per quanto riguarda l'interazione Congruenza x Condizione x Carico di Memoria, dai confronti post hoc ottenuti tramite la correzione di Bonferroni emerge che, nella condizione *Posizione + Colore*, la superiorità nel ricordo degli stimoli Stroop incongruenti rispetto a quelli congruenti si evidenzia solo nelle serie più brevi ( $p = .01$ ), mentre tale vantaggio scompare nelle serie con un maggiore carico di memoria ( $p = .12$ ); allo stesso modo, il vantaggio degli stimoli Stroop congruenti nella condizione *Posizione + Parola* emerge solo nella serie da 4 item ( $p = .001$ ), ma non nella serie da 6 item ( $p = .54$ ), suggerendo che se si usa un carico di memoria elevato lo *Stroop Matrix Task*, indipendentemente dalla condizione richiesta, risulta essere una prova estremamente *demanding* in termini di risorse esecutive (Figura VII.9).

a)



b)

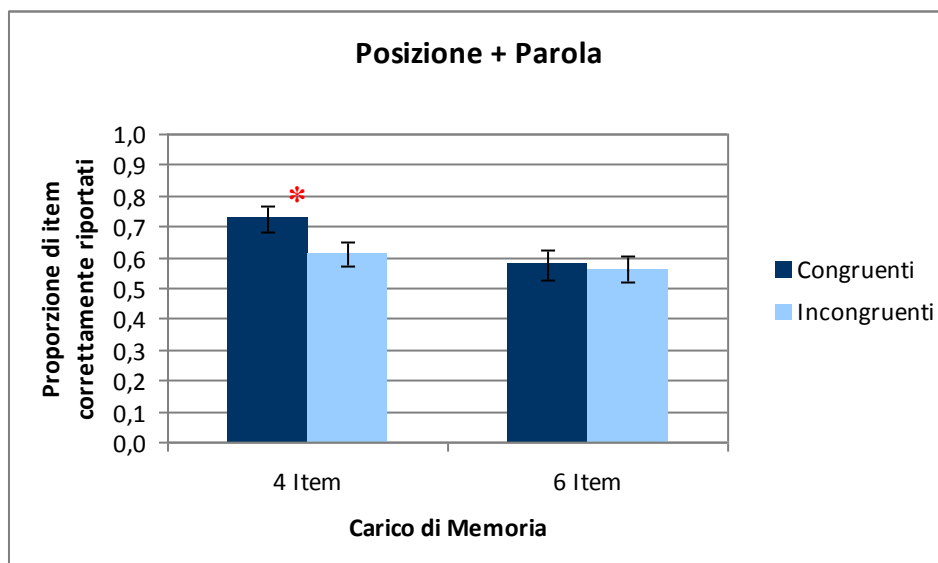


Figura VII.9. Nel grafico a) è rappresentato l'effetto della Congruenza sul ricordo della posizione degli stimoli Stroop sia nelle serie da 4 che da 6 item nella Condizione *Posizione + Colore*; nel grafico b) è rappresentato l'effetto della Congruenza sul ricordo della posizione degli stimoli Stroop sia nelle serie da 4 che da 6 item nella Condizione *Posizione + Parola*.

Le barre d'errore rappresentano gli errori standard.

## VII.4. Discussione

L'obiettivo generale del presente esperimento era quello di studiare più approfonditamente gli effetti dell'età sulla MLVS, nel tentativo di esaminare in che misura le differenze d'età emergano al variare del grado di controllo richiesto.

I risultati del presente esperimento confermano quanto emerso nei precedenti esperimenti, in quanto gli anziani hanno mostrato delle prestazioni significativamente inferiori a quelle dei giovani nello *Stroop Matrix Task*. In generale, la prova utilizzata in questo esperimento abbina, infatti, il classico compito di Stroop (che richiede di inibire una risposta preponderante, ovvero quella di leggere la parola, al fine di denominare il colore con cui è scritta la parola) ad un concomitante carico di memoria, che consiste nel ricordare alcune dimensioni dello stimolo Stroop. Nel valutare gli effetti dell'età sulla MLVS al variare del grado di controllo, è interessante focalizzarsi sulle due condizioni sperimentali in cui si abbina al ricordo della posizione anche il ricordo di un'altra dimensione dello stimolo Stroop, ovvero il colore o la parola. Nonostante durante la discriminazione del colore nel compito di Stroop, sia la codifica della parola che della sua posizione sia automatica (MacLeod, 1991; Tsal & Lavie, 1988), la richiesta del compito di prestare attenzione ad altre dimensioni dello stimolo Stroop (oltre il colore), quali la posizione o la parola, aumenta il grado di interferenza di tipo Stroop (Walley & MacLeod, 1994). Il grado di controllo esecutivo richiesto è, di conseguenza, alto nella condizione *Posizione + Colore*; l'interferenza è ancora maggiore nella condizione *Posizione + Parola*. Quello che emerge dai presenti risultati è che, al contrario dei giovani, che non mostrano differenze tra le prestazioni nelle due condizioni, le difficoltà degli anziani aumentano all'aumentare del grado di controllo richiesto dalla condizione; infatti, gli anziani riescono a ricordare un maggior numero di posizioni di stimoli Stroop nella condizione *Posizione + Colore* rispetto alla condizione *Posizione + Parola*; tuttavia, questa differenza si evidenzia solo nel carico di memoria da 4 item, dato che il vantaggio della condizione *Posizione + Colore* si annulla nelle serie più lunghe. Probabilmente aumentando il carico di memoria, le richieste della condizione *Posizione + Colore* eccedono le risorse esecutive che l'anziano ha a disposizione.

Un risultato interessante riguarda l'effetto della Congruenza nel ricordo delle posizioni degli stimoli Stroop; in realtà, i giovani ricordano ugualmente bene le posizioni sia degli stimoli Stroop congruenti che di quelli incongruenti; al contrario, gli anziani (seppur ricordino meno posizioni rispetto ai giovani) mostrano un vantaggio nel ricordo delle posizioni degli stimoli Stroop incongruenti rispetto a quelli congruenti. Sarebbe stata proprio la maggior interferenza prodotta dagli stimoli Stroop incongruenti, che richiedono un maggiore sforzo cognitivo per gli anziani nel

controllare la risposta predominante, ad aver portato gli anziani ad un miglior ricordo di questi stimoli rispetto a quelli congruenti. Le difficoltà degli anziani all'aumentare del carico di memoria emerge anche dal ricordo di stimoli Stroop, dove la loro prestazione, a differenza di quella della loro controparte giovane, decresce significativamente passando da lista formate da 4 item a liste da 6. Questi risultati suggeriscono che lo *Stroop Matrix Task* è una prova estremamente *demanding* già nelle serie *sub-span* e quindi, quando il carico di memoria cresce, le limitate risorse a disposizione degli anziani non permettono di eseguire adeguatamente la prova. In sintesi, nel ricordo di posizioni di stimoli Stroop, le differenze tra anziani e giovani appaiono in relazione al controllo esecutivo richiesto dal compito; gli anziani, infatti, sono maggiormente sensibili all'interferenza nella condizione *Posizione + Parola*, che richiede un maggior controllo esecutivo, in quanto devo ricordare ciò che avevo precedentemente inibito, rispetto alla condizione *Posizione + Colore*, che invece si caratterizza per un minor controllo esecutivo richiesto.



## CAPITOLO VIII

### DISCUSSIONI GENERALI E CONCLUSIONI

#### VIII.1. Sintesi e discussione dei risultati della ricerca

Con la presente ricerca ci si è proposti, principalmente, di esaminare il ruolo dell'*executive control* nel declino cognitivo correlato all'età in MdL. Numerose evidenze sperimentali dimostrano che gli anziani hanno peggiori prestazioni rispetto ai giovani in tutte le prove di span complesso che richiedono un elevato controllo esecutivo (de Ribaupierre & Lecerf, 2006; de Ribaupierre & Ludwig, 2003; Vecchi & Cornoldi, 1999; Verhaeghen & Cerella, 2002). Tuttavia, la maggior parte delle ricerche in questo ambito si è focalizzata prevalentemente sulla componente verbale della MdL, trascurando di investigare gli effetti dell'età in MLVS.

L'obiettivo generale dei primi due esperimenti era quindi quello di indagare se e come l'invecchiamento cognitivo influenza le prestazioni dei partecipanti anziani in prove di aggiornamento, sia verbali che visuo-spaziali; in particolare, si intendeva esaminare se vi fossero degli effetti modalità-specifici dipendenti dall'età nell'abilità di aggiornare le informazioni presenti in memoria. Come si è più volte sottolineato, i processi di aggiornamento consentono di rinfrescare le informazioni all'interno della MdL, riducendo in quantità ed attivazione le informazioni non più rilevanti e, allo stesso tempo, permettendo ad informazioni nuove e più rilevanti ai fini del compito che si sta svolgendo di entrare in memoria. Sebbene sia ormai noto che il processo di aggiornamento riveste un ruolo di notevole importanza per un efficiente funzionamento della MdL, pochi studi finora hanno investigato sugli effetti dell'età nell'abilità di aggiornare informazioni, utilizzando prevalentemente prove con materiale verbale.

Nel primo esperimento, ai partecipanti giovani ed anziani sono state, quindi, somministrate una versione verbale ed una spaziale, creata ad hoc per il presente esperimento, del classico *Running Memory Task* (Morris & Jones, 1990); le due versioni di *Running Memory Task* sono quindi simili in termini di paradigma utilizzato e di richieste di elaborazione (Kemps & Newson, 2006). Sulla base di quanto presente in letteratura, è stato ipotizzato un declino correlato all'età

nell'abilità di aggiornare adeguatamente le informazioni presenti in MdL. Per quanto riguarda il confronto tra le prove di aggiornamento, ci si attendeva una maggiore difficoltà per le prove spaziali rispetto a quelle verbali, come riportato dai pochi studi che hanno esaminato l'effetto del tipo di materiale da aggiornare (Palladino & Jarrold, 2008); tuttavia, dato l'utilizzo di prove parallele, si ipotizzava che non vi fosse un effetto dell'età modalità-specifico. In primo luogo, si deve sottolineare che i risultati del primo esperimento hanno confermato le difficoltà che gli anziani incontrano nell'eseguire le prove loro proposte, confermando quanto presente in letteratura circa il declino età-relato nell'abilità di aggiornare le informazioni verbali, e lo estende al dominio spaziale. Tuttavia, l'analisi della posizione seriale ha evidenziato che non sempre i partecipanti hanno utilizzato una procedura di tipo *updating* durante l'esecuzione delle prove loro proposte. Dai risultati emerge chiaramente un chiaro effetto di posizione seriale sia nella curva verbale che in quella spaziale; questo dato supporta l'ipotesi che i partecipanti abbiano spesso adottato una strategia *low-effort* basata sulla recenza, che prevede di aspettare passivamente la fine della lista per poi tentare di ricordare gli item presentati più di recente (Bunting et al., 2006). È risultato, infatti, che più sono numerose le operazioni di aggiornamento richieste, più è probabile che i partecipanti aspettino passivamente la fine della lista prima di provare a ricordare gli item più recenti; inoltre, sembrerebbe che gli anziani facciano maggiormente ricorso ad questo tipo di strategia, date le loro limitate risorse attentive (vedi, Borella et al., 2009b; Craik & Byrd, 1982). Una prima evidenza a favore del fatto che i partecipanti anziani non sempre abbiano adottato una procedura di tipo *updating* deriva dalla maggiore difficoltà incontrata dagli anziani, rispetto alla loro controparte giovane, nel gestire l'*uncertainty effect*. Questo effetto si verifica nei trial in cui non è richiesto alcun aggiornamento; il non conoscere in anticipo la lunghezza della lista comporta un peggior ricordo delle prime posizioni seriali della lista (Fisk & Sharp, 2003). Fisk e Sharp (2003) sottolineano il ruolo del controllo esecutivo nel gestire l'incertezza riguardo alla lunghezza delle liste; come più volte riportato, è noto che le difficoltà degli anziani siano maggiormente evidenti in prove che richiedono un elevato controllo. Una seconda indicazione che dimostra come gli anziani possano aver fatto ricorso ad una strategia che richiede un minor sforzo cognitivo rispetto ad una di tipo *updating* deriva dall'analisi dell'effetto di posizione seriale, che risulta essere più ampio negli anziani rispetto ai giovani. In altre parole, gli anziani mostrano un ricordo delle prime posizioni della lista più basso rispetto a quello delle ultime, al contrario dei giovani, che presentano curve di ricordo più lineari. Sembrerebbe, quindi, che la prova utilizzata in questo esperimento predisponga facilmente i partecipanti ad adottare strategie alternative e più 'economiche' invece di seguire le consegne date, non permettendo di trarre delle conclusioni chiare circa l'ipotesi di un eventuale declino differenziale dipendente dall'età nell'abilità di aggiornare le informazioni in MdL.

Nel tentativo di verificare tale ipotesi, nel secondo esperimento è stata adottata una ulteriore prova di aggiornamento, il *Keep Track Task*, che richiede ai partecipanti di ‘tenere la traccia’, ovvero di monitorare dinamicamente lo status delle informazioni, sostituendo adeguatamente le informazioni non più rilevanti con quelle attualmente rilevanti, in modo da garantire un costante aggiornamento delle associazioni elemento-categoria target. L’utilizzo di questa prova ci ha permesso di rispondere al quesito relativo all’eventuale declino differenziale dipendente dall’età nell’abilità di aggiornare informazioni verbali e spaziali. I risultati del secondo esperimento rivelano, infatti, che gli anziani incontrano maggiori difficoltà rispetto ai giovani nell’aggiornare informazioni presenti in MdL, nel monitorare costantemente le informazioni in entrata sulla base della rilevanza per il trial in esecuzione (Salthouse et al., 2003); in altre parole, gli anziani ottengono basse prestazioni quando viene chiesto loro sia di sostituire l’elemento precedente con l’arrivo di un ulteriore elemento della categoria target che di scartare gli item appartenenti a categorie non target. Inoltre, queste differenze legate all’età sembrano essere maggiormente evidenti al crescere del livello di difficoltà proposto dal compito; infatti, all’aumentare delle richieste esecutive del compito, le prestazioni degli anziani, al contrario di quelle dei giovani, subiscono un rapido ed immediato calo già nelle serie con minor carico. Infine, la mancanza di interazione significativa tra Gruppo d’età per Tipo di Materiale e l’ampiezza dell’effetto del Gruppo d’età pressoché equivalente in entrambe le prove suggerisce che non vi sia alcun effetto dell’età modalità-specifico, indicando che con l’avanzare dell’età il processo di aggiornamento declina con lo stesso andamento sia per le informazioni verbali che per quelle spaziali.

Il terzo esperimento si prefiggeva di approfondire lo studio del ruolo giocato dall’*executive control* nelle differenze età-relate in prove di MLVS; la particolare attenzione prestata alla componente visuo-spaziale della MdL è legata alla scarsità di conoscenze a disposizione sulle difficoltà degli anziani incontrate nell’elaborazione di materiale visuo-spaziale. L’obiettivo generale del terzo esperimento era, quindi, quello di analizzare in che misura le differenze d’età nel mantenimento di materiale visuo-spaziale sono in relazione con la concomitante richiesta di *executive control*. Al fine di valutare gli effetti dell’età sulla MLVS al variare del grado di controllo, è stata creata una prova che combina il classico compito di Stroop (che richiede di inibire una risposta preponderante, ovvero quella di leggere la parola, al fine di denominare il colore con cui è scritta la parola) con un concomitante carico di memoria, che consiste nel ricordare alcune dimensioni dello stimolo Stroop, a seconda della condizione. Confrontando le prestazioni ottenute dai partecipanti nelle due condizioni sperimentali, quello che emerge è che gli anziani riescono a ricordare un minor numero di posizioni di stimoli Stroop nella condizione *Posizione + Parola* (che richiede il ricordo dello stimolo precedentemente inibito oltre alla sua posizione) rispetto alla

condizione *Posizione + Colore* (che richiede il ricordo del colore denominato oltre alla sua posizione), a conferma dell'ipotesi che le prestazioni degli anziani in prove di MLVS decrescono all'aumentare del grado di controllo richiesto. Si deve, tuttavia, sottolineare che questa differenza si presenta solo nel carico di memoria da 4 item, mentre scompare nelle serie più lunghe, evidenziando come se si eccedono le risorse esecutive che l'anziano ha a disposizione, la sua prestazione crolla inevitabilmente. Degno di interesse è anche il risultato relativo all'effetto della Congruenza evidenziatosi nei partecipanti anziani; è emerso, infatti, che gli anziani mostrano un vantaggio nel ricordo delle posizioni degli stimoli Stroop incongruenti rispetto a quelle degli item congruenti. Si potrebbe ipotizzare che questo risultato sia dovuto alla maggior elaborazione richiesta dagli stimoli Stroop incongruenti nella fase di denominazione del colore. Anche questo vantaggio si annulla aumentando il carico di memoria, suggerendo che lo *Stroop Matrix Task* è una prova estremamente costosa in termini di risorse cognitive già nelle serie *sub-span* e quindi, quando il carico di memoria cresce, le limitate risorse a disposizione degli anziani non permettono di eseguire adeguatamente la prova.

## VIII.2. Conclusioni

La MdL può essere definita come un sistema o meccanismo deputato al mantenimento ed all'elaborazione di informazioni utili per l'esecuzione di molteplici attività complesse, come la comprensione, l'apprendimento ed il ragionamento. Numerosi studi hanno dimostrato che con l'avanzare dell'età, si evidenzia un declino nella prestazione in prove di MdL; questo declino in MdL, in particolare nella sua componente esecutiva, spiegherebbe le difficoltà incontrate dalle persone anziane in prove cognitive complesse (Baddeley, 1989; Engle et al., 1999a). Come più volte riportato, al fine di comprendere l'invecchiamento cognitivo, è quindi importante esaminare il ruolo dell'*executive control* in MdL, cercando di prestare particolare attenzione alle difficoltà che gli anziani incontrano in prove di MLVS, su cui tuttora si conosce ancora poco. Sebbene l'elaborazione di materiale visuo-spaziale rappresenti un'esperienza estremamente frequente nella vita quotidiana, la ricerca si è soffermata prevalentemente sul confronto tra MdL verbale e visuo-spaziale, nel tentativo di stabilire se vi sia un effetto modalità-specifico dipendente dall'età, senza peraltro raggiungere un accordo.

L'obiettivo generale della presente ricerca era quello di approfondire gli effetti dell'età in prove di MdL che richiedono un elevato controllo esecutivo, cercando di prestare particolare attenzione alla componente visuo-spaziale della MdL. Tra i processi altamente controllati della

MdL troviamo il processo di aggiornamento, riconosciuto come una delle funzioni di primaria importanza in un'ampia varietà di compiti della vita quotidiana, in quanto rende disponibili in ogni momento le informazioni più rilevanti per una determinata operazione mentale (Morris & Jones, 1990). Pochi studi hanno tentato di approfondire lo studio del processo di aggiornamento nelle persone anziane, utilizzando prevalentemente materiale verbale (Chen & Li, 2007; De Beni & Palladino, 2004; Hartman et al., 2001; Van der Linden et al., 1994). I risultati dei primi due esperimenti hanno permesso di chiarire quali sono gli effetti dell'età nell'abilità di aggiornare le informazioni in MdL sia verbale che visuo-spaziale. Le evidenze sperimentali dimostrano che le differenze d'età sono evidenti nelle prove di aggiornamento che utilizzano sia materiale verbale che spaziale. Questo dato conferma quanto già presente in letteratura con prove di aggiornamento di tipo verbale (De Beni & Palladino, 2004; Van der Linden et al., 1994) e lo amplia anche al materiale di natura spaziale. Il ricorso a prove parallele sia verbale che spaziali, che pongono le stesse richieste di elaborazione, permette di stabilire che non vi è un declino differenziale dipendente dall'età nell'abilità di aggiornare informazioni verbali e spaziali.

Poiché la maggior parte delle ricerche sull'invecchiamento cognitivo svolte finora hanno utilizzato prevalentemente prove di natura verbale, abbiamo approfondito gli effetti dell'età in MLVS. I risultati del terzo esperimento evidenziano che le prestazioni degli anziani in prove di MLVS decrescono all'aumentare del grado di controllo richiesto. Infatti, anche in prove di MLVS, le differenze d'età appaiono in relazione al controllo esecutivo richiesto dal compito. Da quanto emerso dai tre esperimenti, si può quindi concludere che i deficit correlati all'età appaiono imputabili a cambiamenti nel controllo esecutivo in MdL, indipendentemente dalla natura del compito – verbale o visuo-spaziale – (Vecchi & Cornoldi, 1999; Verhaeghen & Cerella, 2002).



## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Antsey, K., Hofer, S., & Luszcz, M. (2003). Cross-sectional and longitudinal patterns of dedifferentiation in late-life cognitive and sensory function: The effects of age, ability, attrition, and occasion of measurement. *Journal of Experimental Psychology: General*, *132*, 470–487.

Babcock, R. L., & Salthouse, T. A. (1990). Effects of increased processing demands on age differences in working memory. *Psychology and Aging*, *5*, 421-428.

Baddeley, A. D. (1986). *Working Memory*. Oxford: Oxford University Press.

Baddeley, A. D. (1989). Finding the bloody horse. In L. W. Poon, D. C. Rubin, B. A. Wilson (Eds), *Everyday Cognition in Adulthood and Late Life* (pp. 104-115). New York, NY, US: Cambridge University Press.

Baddeley, A. D. (1990). *Human Memory. Theory and Practice*. Hove, Erlbaum. Trad. it. *La Memoria Umana. Teoria e Pratica*. Bologna: Il mulino, 1995.

Baddeley, A. D. (1996). Exploring the central executive. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *49A*, 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., Della Sala, S., Gray, C., Papagno, C., & Spinnler, H. (1997). Testing central executive functioning with a pencil-and-paper test. In P. Rabbitt (Ed), *Methodology of Frontal and Executive Function* (pp. 61-80). Hove, UK, Psychology Press.

Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working memory. In G. A. Bower (Ed), *Recent Advances in Learning and Motivation* (47-90). New York: Academic Press.

Baddeley, A. D., & Logie, R. H. (1999). Working memory: The multiple-component model. In A. Miyake & P. Shah. (Eds), *Models of Working Memory* (pp. 28-61). Cambridge: Cambridge University Press.

Baddeley, A. D., Thomson, N., & Buchanan, M. (1975). Word length and the structure of short-term memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, *14*, 575-589.

Balinsky, B. (1941). An analysis of mental factors of various age groups from nine to sixty. *Genetic Psychology Monographs*, *23*, 191-234.

Baltes, P. B. (1987). Theoretical propositions of life-span developmental psychology: On the dynamics between growth and decline. *Developmental Psychology*, *23*, 611-626.

Baltes, P. B., & Lindenberger, U. (1997). Emergence of a powerful connection between sensory and cognitive functions across the adult lifespan: A new window to the study of cognitive aging? *Psychology and Aging*, *12*, 12-21.

Birren, J. E. (1959). Sensation, perception and modification of behaviour in relation to the process of aging. In J. E. Birren, H. A. Imus, & W. F. Windle (Eds), *The Process of Aging in the Nervous System* (pp. 143-165). Springfield, IL: Charles C. Thomas.

Bjorklund, D. F., & Harnishfeger, K. K. (1995). The evolution of inhibition mechanisms and their role in human cognition and behavior. In F. N. Dempster & C. J. Brainerd (Eds), *Interference and Inhibition in Cognition* (pp. 142-169). San Diego, CA, US.

Bopp, K. L., & Verhaeghen, P. (2005). Aging and verbal memory span: A meta-analysis. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, *60B*, 223-233.

Bopp, K. L., & Verhaeghen, P. (2007). Age-related differences in control processes in verbal and visuospatial working memory: Storage, transformation, supervision, and coordination. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, *62B*, 239-246.

Borella, E., Carretti, B., & De Beni, R. (2008). Working memory and inhibition across the adult life-span. *Acta Psychologica*, *128*, 33-44.

Borella, E., Cornoldi, C., & De Beni, R. (2009a). Meccanismi cognitivi di base. In R. De Beni (a cura di), *Psicologia dell'invecchiamento* (pp. 145-165). Bologna: Il mulino.

Borella, E., Delaloye, C., Lecerf, T., Renaud, O., & de Ribaupierre, A. (2009b). 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.

Briggs, S. D., Raz, N., & Marks, W. (1999). Age-related deficits in generation and manipulation of mental images: The role of sensorimotor speed and working memory. *Psychology and Aging, 14*, 427-435.

Brooks, L. R. (1968). Spatial and verbal components of the act of recall. *Canadian Journal of Psychology, 22*, 349-368.

Brown, H. D., Kosslyn, S. M., & Dror, I. E. (1998). Aging and scanning of imagined and perceived visual images. *Experimental Aging Research, 24*, 181-194.

Bunting, M. F., & Conway, A. R. A. (2002). *What one working memory span task measures: a reanalysis of Miyake et al. (2000)*. Poster presented at the meeting of the Psychonomic Society, Kansas City, MO.

Bunting, M., Cowan, N., & Saults, J. S. (2006). How does running memory span work? *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 59*, 1691–1700.

Busch, R. M., Booth, J. E., McBride, A., Vanderploeg, R. D., Curtiss, G., & Duchnick, J. J. (2005). Role of executive functioning in verbal and visual memory. *Neuropsychology, 19*, 171–180.

Carpenter, P. A., Just, M. A., & Shell, P. (1990). What one intelligence test measures: A theoretical account of the processing in the Raven Progressive Matrices Test. *Psychological Review, 97*, 404–431.

Carretti, B., Cornoldi, C., De Beni, R., & Palladino, P. (2004). What happens to information to be suppressed in working memory task? Short and long term effects. *Quarterly Journal of Experimental Psychology A, 57*, 1059-1084.

Carretti, B., Cornoldi, C., De Beni, R., & Romanò, M. (2005). Updating in working memory: A comparison of good and poor comprehenders. *Journal of Experimental Child Psychology, 91*, 45-66.

Carretti, B., Cornoldi, C., & Pelegrina, S. L. (2007). Which factors influence number updating in working memory? The effects of size distance and suppression. *British Journal of Psychology, 98*, 45–60.

Chapman, L. J., & Chapman, J. P. (1973). Problems in the measurement of cognitive deficits. *Psychological Bulletin, 79*, 380-385.

Charlton R. A., Barrick, T. R., Markus H. S., & Morris R. G. (2009), Theory of mind associations with other cognitive functions and brain imaging in normal aging. *Psychology and Aging, 24*, 338-48.

Charness, N. (1981). Visual short-term memory and aging in chess players. *Journal of Gerontology, 36*, 615-619.

Chen, T., & Li, D. (2007). The roles of working memory updating and processing speed in mediating age-related differences in fluid intelligence. *Aging, Neuropsychology, and Cognition, 14*, 631–646.

Chen, J., Myerson, J., & Hale, S. (2002). Age-related dedifferentiation of visuospatial abilities. *Neuropsychologia, 40*, 2050-2056.

Cherry, K. E., & Park, D. C. (1993). Individual differences and contextual variables influence spatial memory in younger and older adults. *Psychology and Aging, 8*, 517-526.

Coluccia, E. (2008). Learning from maps: The role of visuo-spatial working memory. *Applied Cognitive Psychology, 22*, 217–233.

Coluccia, E., Bosco, A., & Brandimonte, M. A. (2007). The role of visuo-spatial working memory in map learning: New findings from a map drawing paradigm. *Psychological Research, 71*, 359–372.

Connelly, S. L., & Hasher, L. (1993). Aging and the inhibition of spatial location. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 19*, 1238-1250.

Conway, A. R. A., Cowan, N., & Bunting, M. F. (2001). The cocktail party phenomenon revisited: The importance of WM capacity. *Psychonomic Bulletin & Review, 8*, 331–335.

Conway, A. R. A., Cowan, N., Bunting, M. F., Theriault, D. J., & Minkoff, S. R. B. (2002). A latent variable analysis of working memory capacity, short-term memory capacity, processing speed, and general fluid intelligence. *Intelligence, 30*, 163–183.

Conway, A. R. A., & Engle, R. W. (1994). Working memory and retrieval: A resource-dependent inhibition model. *Journal of Experimental Psychology, 123*, 354-373.

Conway A. R., & Kane, M. J. (2001). Capacity, control and conflict: An individual differences perspective on attentional capture. In C. L. Folk & B. S. Gibson (Eds), *Attention*,

*Distraction and Action: Multiple Perspectives on Attentional Capture* (pp. 349-372). New York, NY, US: Elsevier Science.

Cornoldi, C. (1995). La memoria di lavoro visuo-spaziale. In Marucci F.S. (Ed), *Le immagini mentali* (pp. 145-180). La Nuova Italia Scientifica.

Cornoldi, C., Bassani, C., Berto, R., & Mammarella, N. (2007). Aging and the intrusion superiority effect in visuo-spatial working memory. *Aging, Cognition and Neuropsychology*, *14*, 1–21.

Cornoldi, C., De Beni, R., Giusberti, F., & Massironi, M. (1998). Memory and imagery: A visual trace is not a mental image. In M. A. Conway, S. E. Gathercole, & C. Cornoldi (Ed), *Theories of Memory* (Vol.II, 87-110). Hove: Psychology Press, UK.

Cornoldi, C., Rigoni, F., Tressoldi, P. E. & Vio, C. (1999). Imagery deficits in nonverbal learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, *32*, 48-57.

Cornoldi, C., & Vecchi, T. (2000). Mental imagery in blind people: The role of passive and active visuo-spatial processes. In M. Heller (Ed). *Touch, Representation, and Blindness* (pp. 143-181). Oxford: Oxford University Press.

Cornoldi, C., & Vecchi, T. (2003). *Visuo-spatial Working Memory and Individual Differences*. Hove: Psychology Press, UK.

Craik, F. I. M., & Byrd, M. (1982). Aging and cognitive deficits: The role of attentional resources. In F. I. M. Craik & S. Trehub (Eds), *Aging and Cognitive Processes* (pp. 191–211). New York, NY, US: Plenum Press.

Craik, F. I. M., & Jennings, J. M. (1992). Human Memory. In F. I. M Craik & T. A. Salthouse (Eds), *Handbook of Aging and Cognition* (pp.51-110). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.

Craik, F. I. M., Morris, R. G., & Gick, M. L. (1990). Adult age differences in working memory. In G. Vallar (Ed), *Neuropsychological Impairment of Short-Term Memory* (pp. 247-267). New York, NY: Cambridge University Press.

Craik, F. I. M., & Salthouse, T. A. (2000). *The Handbook of Aging and Cognition* (2<sup>nd</sup> Ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.

Crook, T., Bartus, R. T., Ferris, S. H., Whitehouse, P., Cohen, G. D., & Gershon, S. (1986). Age-associated memory impairment: Proposed diagnostic criteria and measures of clinical change: Report of a national institute of mental health work group. *Developmental Neuropsychology*, 2, 261–276.

Damasio, A. (1994). *Descartes' Error: Emotion, Reason, and Human Brain*. New York: Grosset/Putnam.

Daneman, M., & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19, 450–466.

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., Borella, E., & Carretti, B. (2007). Reading comprehension in aging: The role of working memory and metacomprehension. *Neuropsychology, Development and Cognition. Section B Aging, Neuropsychology and Cognition*, 14, 189-212.

De Beni, R., & Palladino, P. (2004). Decline in working memory updating through ageing: Intrusion error analyses. *Memory*, 12, 75-89.

De Beni, R., Palladino, P., Pazzaglia, F., & Cornoldi, C. (1998). Increases in intrusion errors and working memory deficit of poor comprehenders. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 51, 305-320.

De Beni, R., Pazzaglia, F., & Gardini, S. (2006). The role of mental rotation and age in spatial perspective-taking tasks: When age does not impair perspective-taking performance. *Applied Cognitive Psychology*, 20, 807-821.

De Beni, R., Pazzaglia, F., Gyselinck, V., & Meneghetti, C. (2005). Visuospatial working memory and mental representation of spatial description. *European Journal of Cognitive Psychology*, 17, 77-95.

Dempster, F. N. (1992). The rise and fall of the inhibitory mechanism: Toward a unified theory of cognitive development and aging. *Developmental Review*, 12, 45-75.

Denckla, M. B. (1996). A theory and model of executive function: A neuropsychological perspective. In G. R. Lyon & N. A. Krasnegor (Eds), *Attention, Memory, and Executive Function* (pp. 263-278). Brookes, Baltimore, MD.

de Frias, C. M., Dixon, R. A., & Strauss, E. (2009). Characterizing executive functioning in older special populations: From cognitively elite to cognitively impaired. *Neuropsychology, 23*, 778–791.

de Ribaupierre, A., & Lecerf, T. (2006). Relationships between working memory and intelligence: Convergent evidence from a neo-piagetian and a psychometric approach. *European Journal of Cognitive Psychology, 18*, 109–137.

de Ribaupierre, A., & Ludwig, C. (2003). Age differences and divided attention: Is there a general deficit? *Experimental Aging Research, 29*, 79–105.

Dobbs, A. R., & Rule, B. G. (1989). Adult age differences in working memory. *Psychology and Aging, 4*, 500-503.

Dror, I. E., & Kosslyn, S. M. (1994). Mental imagery and aging. *Psychology and Aging, 9*, 90-102.

Duncan, J., Johnson, R., Swales, M., & Freer, C. (1997). Frontal lobe deficits after head injury: Unity and diversity of function. *Cognitive Neuropsychology, 14*, 713-741.

Engle, R. W. (2001). What is working memory capacity? In H. L. Roediger, J. S. Nairne, I. Neath & A. M. Suprenant (Eds), *The Nature of Remembering: Essays in Honor of Robert G. Crowder* (pp. 297–314). Washington, DC: American Psychological Association Press.

Engle, R. W. (2002). Working memory capacity as executive attention. *Current Directions in Psychological Science, 11*, 19–23.

Engle, R. W., Carullo, J. J., & Collins, K. W. (1991). Individual differences in working memory for comprehension and following directions. *Journal of Educational Research, 84*, 253-262.

Engle, R. W., Kane, M. J., & Tuholski, S. W. (1999a). Individual differences in working memory capacity and what they tell us about controlled attention, general fluid intelligence and functions of the prefrontal cortex. In A. Miyake & P. Shah (Eds), *Models of Working Memory: Mechanisms of Active Maintenance and Executive Control* (pp. 102–134). New York: Cambridge University Press.

Engle, R. W., Tuholski, S. W., Laughlin, J. E., & Conway, A. R. A. (1999b). Working memory, short-term memory and general fluid intelligence: A latent variable approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, *128*, 309–331.

Farah, M. J., Hammond, K. M., Levine, D. N., & Calvanio, R. (1988). Visual and spatial mental imagery: Dissociable systems of representation. *Cognitive Psychology*, *20*, 439-462.

Fastenau, P. S., Denburg, N. L., & Abeles, N. (1996). Age differences in retrieval: Further support for the resource-reduction hypothesis. *Psychology and Aging*, *11*, 140–146.

Fisk, J. E., & Sharp, C. A. (2003). The role of the executive system in visuo-spatial memory functioning. *Brain and Cognition*, *52*, 364-381.

Fisk, J. E., & Sharp, C. A. (2004). Age-related impairment in executive functioning: Updating, inhibition, shifting, and access. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *26*, 874-890.

Friedman, N. P., & Miyake, A. (2004). The relations among inhibition and interference control functions: A latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, *133*, 101-135.

Friedman, N. P., Miyake, A., Corley, R. P., Young, S. E., DeFries, J. C., & Hewitt, J. K. (2006). Not all executive functions are related to intelligence. *Psychological Science*, *17*, 172–179.

Frieske, D. A., & Park, D. C. (1999). Memory for news in young and old adults. *Psychology and Aging*, *14*, 90-98.

Gamboz, N., Russo R., & Fox, E. (2002). Age differences and the identity negative priming effect: An Updated meta-analysis. *Psychology and Aging*, *17*, 525-530.

Garden, S., Cornoldi, C., & Logie, R. H. (2002). Visuo-spatial working memory in navigation. *Applied Cognitive Psychology*, *16*, 35-50.

Ghisletta, P., & Borella, E. (2009). Aspetti metodologici e statistici nello studio dell'invecchiamento. In R. De Beni (a cura di), *Psicologia dell'Invecchiamento* (pp. 79-97). Bologna: Il mulino.

Gick, M. L., Craik, F. I. M., & Morris, R. G. (1988). Task complexity and age differences in working memory. *Memory & Cognition*, *16*, 353-361.

Godefroy, O., Cabaret, M., Petit-Chenal, V., Pruvo, J.-P., & Rousseaux, M. (1999). Control functions of the frontal lobes: Modularity of the central-supervisory system? *Cortex*, *35*, 1-20.

Gyselinck, V., Cornoldi, C., Dubois, V., De Beni, R., & Ehrlich, M. F. (2002). Visuospatial memory and phonological loop in learning from multimedia. *Applied Cognitive Psychology*, *16*, 665-685.

Gyselinck, V., Jamet, E., & Dubois, V. (2008). The role of working memory components in multimedia comprehension. *Applied Cognitive Psychology*, *22*, 353-374.

Gyselinck, V., & Tardieu, H. (1999). The role of illustrations in text comprehension: What, when, for whom and why. In H. van Oostendorp & S. R. Goldman (Eds), *The construction of Mental Representations during Reading* (pp. 195-218). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Hale, S., & Myerson, J. (1996). Experimental evidence for differential slowing in the lexical and nonlexical domains. *Aging, Neuropsychology and Cognition*, *3*, 154-165.

Hamm, V. P., & Hasher, L. (1992). Age and availability of inferences. *Psychology and Aging*, *7*, 56-64.

Harshman, R. A., & Paivio, A. (1987). "Paradoxal" sex differences in self-reported imagery. *Canadian Journal of Psychology*, *41*, 287-302.

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.

Hartman, M., & Hasher, L., (1991). Aging and suppression: Memory for previously relevant information. *Psychology and Aging*, *6*, 587-594.

Hasher, L., Lustig, C., & Zacks, R.T. (2007). Inhibitory mechanisms and the control of attention. In A. A. Conway, C. Jarrold, M. J. Kane, A. Miyake, & J. N. Towse (Eds), *Variation in Working Memory* (pp. 227-249). Oxford, UK: Oxford University Press.

Hasher, L., & Zacks, R. T. (1988). Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view. In G. H. Bower (Eds), *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory*. San Diego, CA: Academic Press.

Heathcote, D. (1994). The role of visuo-spatial working memory in mental addition of multi-digit addends. *Current Psychology*, *13*, 207-245.

Hedden, T., & Gabrieli, J. D. E. (2004). Insights into the ageing mind: A view from cognitive neuroscience. *Nature Reviews Neuroscience*, *5*, 87-96.

Heitz, R. P., Unsworth, N., & Engle, R. W. (2005). Working memory capacity, attention control, and fluid intelligence. In O. Wilhelm & R. W. Engle (Eds), *Handbook of Understanding and Measuring Intelligence* (pp. 61-77). Thousand Oaks, CA, US: Sage Publications, Inc.

Horn, J. L., & Cattell, R. B. (1966). Refinement and test of the theory of fluid and crystallized general intelligences. *Journal of Educational Psychology*, *5*, 253-270.

Horn, J. L., & Cattell, R. B. (1967). Age differences in fluid and crystallized intelligence. *Acta Psychologica*, *26*, 107-129.

Hull, R., Martin, R. C., Beier, M. E., Lane, D., & Hamilton, A. C. (2008). Executive function in older adults: A structural equation modelling approach. *Neuropsychology*, *22*, 508-522.

Jenkins, L., Myerson, J., Hale, S., & Fry, A. F. (1999). Individual and developmental differences in working memory across the life span. *Psychonomic Bulletin and Review*, *6*, 28-40.

Jenkins, L., Myerson, J., Joerding, J. A., & Hale, S. (2000). Converging evidence that visuospatial cognition is more age-sensitive than verbal cognition. *Psychology and Aging*, *15*, 157-175.

Kane, M. J., Bleckley, M. K., Conway, A. R. A., & Engle, R. W. (2001). A controlled-attention view of WM capacity. *Journal of Experimental Psychology: General*, *130*, 169-183.

Kane, M. J., & Engle, R. W. (2000). WM capacity, proactive interference, and divided attention: Limits on long-term memory retrieval. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *26*, 336-358.

Kane, M. J., & Engle, R. W. (2003). Working memory capacity and the control of attention: The contributions of goal neglect, response competition, and task set to Stroop interference. *Journal of Experimental Psychology: General*, *132*, 47–70.

Kane, M. J., Hambrick, D. Z., & Conway, A. R. A. (2005). Working memory capacity and fluid intelligence are strongly related constructs: Comment on Ackerman, Beier, and Boyle. *Psychological Bulletin*, *131*, 66–71.

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.

Kane, M. J., May, C. P., Hasher, L., Rahhal, T., & Stoltzfus, E. R. (1997). Dual mechanisms of negative priming. *Journal of Experimental Psychology: Human, Perception and Performance*, *23*, 623-650.

Kemps, E., & Newson, R. (2006). Comparison of adult age differences in verbal and visuospatial memory: The importance of “pure” parallel and validated measures. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *28*, 341–356.

Kirasic, K. C. (1991). Spatial cognition and behavior in young and elderly adults: Implication for learning new environments. *Psychology and Aging*, *6*, 10-18.

Kyllonen, P. C., & Christal, R. E. (1990). Reasoning ability is (little more than) working memory capacity?! *Intelligence*, *14*, 389–433.

Kyttälä, M., Aunio, P., Lehto, J. E, Van Luit, J., & Hautamaki, J. (2003). Visuospatial working memory and early numeracy. *Educational and Child Psychology*, *20*, 65-76.

Kyttälä, M., & Lehto J. E. (2008). Some factors underlying mathematical performance: The role of visuospatial working memory and non-verbal intelligence. *European Journal of Psychology of Education*, *23*, 77-94.

Kosslyn, S. M. (1980). *Image and Mind*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Kosslyn, S. M. (1994). *Image and Brain*. Cambridge, MA: MIT Press.

Làdavas, E., & Berti, A. (1999). *Neuropsicologia*. Bologna: Il mulino.

Larson, G. E., Merritt, C. R., & Williams, S. E. (1988). Information processing and intelligence: Some implications of task complexity. *Intelligence, 12*, 131–147.

Lehto, J. (1995). Working memory and school achievement in the ninth form. *Educational Psychology, 15*, 271–281.

Lehto, J. (1996). Are executive function tests dependent on working memory capacity? *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 49A*, 29-50.

Levin, H. S., Fletcher, J. M., Kufera, J. A., Harward, H., Lilly, M. A., Mendelsohn, D., Bruce, D., & Eisenberg, H. M. (1996). Dimensions of cognition measured by the Tower of London and other cognitive tasks in head-injured children and adolescents. *Developmental Neuropsychology, 12*, 17-34.

Light, L. L., & Zelinski, E. M. (1983). Memory for spatial information in young and old adults. *Developmental Psychology, 6*, 901-906.

Lindenberger, U., & Baltes, P. B. (1994). Sensory functioning and intelligence in old age: A strong connection. *Psychology and Aging, 9*, 339–355.

Logie, R. H. (1986). Visuo-spatial processes in working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 38A*, 229-247.

Logie, R. H. (1991). Visuo-spatial short-term memory: Visual working memory or visual buffer? In C. Cornoldi & M. McDaniel (Eds), *Imagery and Cognition* (pp. 77-102). New York: Springer-Verlag.

Logie, R. H. (1995). *Visuo-spatial Working Memory*. Hove, UK: Lawrence Erlbaum Associates Ltd.

Logie, R. H., Baddeley, A. D., Mane, A., Donchin, E., & Sheptak, R. (1988). Visual working memory in the acquisition of complex cognitive skills. In M. Denis, J. Engelkamp & J. T. E. Richardson (Eds), *Cognitive and Neuropsychological Approaches to Mental Imagery* (pp. 191-201). Martinus Nijhoff Publishers.

Logie, R. H., & Marchetti, C. (1991). Visuo-spatial working memory: Visual, spatial or central executive. In R. H. Logie, & M. Denis (Eds), *Mental Images in Human Cognition* (pp. 105-115). Amsterdam: Elsevier.

Logie, R. H., Della Sala, S., Wynn, V., & Baddeley, A. D. (2000). Visual similarity effects in immediate verbal serial recall. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *53A*, 626-646.

Lowe, C., & Rabbitt, P. (1997). Cognitive models of aging and frontal lobe deficits. In P. Rabbitt (Ed), *Methodology of Frontal and Executive Functions* (pp. 39-59). Hove, UK: Psychology Press.

Lustig, C, May, C. P., & Hasher, L. (2001). Working memory span and the role of proactive interference. *Journal of Experimental Psychology: General*, *30*, 199-207.

Luzzati, C., Vecchi, T., Agazzi, D., Cesa-Bianchi, M, & Vergani, C. (1998). A neurological dissociation between preserved visual and impaired spatial processing in mental imagery. *Cortex*, *34*, 461-469.

MacLeod, C. M. (1991). Half a Century of Research on the Stroop Effect: An integrative review. *Psychological Bulletin* *109*, 163-203.

May, C. P., Hasher, L., & Kane, M. J. (1999). The role of interference in memory span. *Memory and Cognition*, *27*, 759-767.

Mayr, U., & Kliegl, R. (1993). Sequential and coordinative complexity: Age-based processing limitations in figural transformations. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *19*, 1297, 1320.

Mayr, U., Kliegl, R., & Krampe, R. T. (1996). Sequential and coordinative processing dynamics in figural transformations across the life span. *Cognition*, *59*, 61-90.

McCabe, D. P., Robertson, C. L., & Smith, A. D. (2005). Age Differences in Stroop Interference in Working Memory. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *27*, 633-644.

McLean, J. F., & Hitch, G. J., (1999). Working memory impairments in children with specific arithmetic learning difficulties. *Journal of Experimental Child psychology*, *74*, 240-260.

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., Friedman, N. P., Rettinger, D. A., Shah, P., & Hegarty, M. (2001). How are visuospatial working memory, executive functioning, and spatial abilities related? A latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, *130*, 621-640.

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* (pp. 442-481). New York: Cambridge University Press.

Moffat, S. D., Zonderman, A. B., & Resnick, S. M. (2001). Age differences in spatial memory in a virtual environment navigation task. *Neurobiology of Aging*, *22*, 787-796.

Monsell, S. (1996). Control of mental processes. In V. Bruce (Eds), *Unsolved Mysteries of the Mind: Tutorial Essays in Cognition* (pp. 93-148). Hove, UK: Erlbaum.

Morris, N., & Jones, D. M. (1990). Memory updating in working memory: The role of central executive. *British Journal of Psychology*, *81*, 111-121.

Morton, N., & Morris, R. G. (1995). Image transformation dissociated from visuospatial working memory. *Cognitive Neuropsychology*, *12*, 767-791.

Myerson, J., Emery, L., White, D. A., & Hale, S. (2003). Effects of age, domain, and processing demands on memory span: Evidence for differential decline. *Aging, Neuropsychology and Cognition*, *10*, 20-27.

Myerson, J., Hale, S., Rhee, S. H., & Jenkins, L. (1999). Selective interference with verbal and spatial working memory in young and older adults. *Journals of Gerontology: Psychological Sciences*, *54B*, 161-164.

Norman, D. A. (1981). Categorization of action slips. *Psychological Review*, *88*, 1-15.

Norman, D. A., & Shallice, T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behavior. In R. J. Davidson, G. E. Schwartz & D. Shapiro (Eds), *Consciousness and Self-Regulation. Advances in Research and Theory* (pp.1-18). New York: Plenum Press.

Ohta, R. J., & Kirasic, K. C. (1983). The investigation of environmental learning in the elderly. In G. D. Rowles & R. J. Ohta (Eds), *Aging and Milieu*. New York: Academic Press.

Palladino, P., Cornoldi, C., De Beni, R., & Pazzaglia, F. (2001). Working memory and updating processes in reading comprehension. *Memory & Cognition*, 29, 344-354.

Palladino, P., & Jarrold, C. (2008). Do updating tasks involve updating? Evidence from comparisons with immediate serial recall. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61, 392–399.

Park, D. C. (1997). Psychological issues related to competence: Cognitive aging and instrumental activities of daily living. In W. Schaie & S. Willis (Eds), *Social structures and Aging*, (pp. 66-82). Mahwah, New Jersey: Erlbaum.

Park, D. C. (2000). The basic mechanisms accounting for age-related decline in cognitive function. In D. C. Park & N. Schwarz (Eds), *Cognitive Aging: A Primer* (pp. 3–21). Philadelphia: Psychology Press.

Park, D., Lautenschlager, G., Hedden, T., Davidson, N. S., Smith, A. D., & Smith, P. K. (2002). Models of visuospatial and verbal memory across the adult life span. *Psychology and Aging*, 17, 299-320.

Park, D. C., Lautenschlager, G., Smith, A. D., Earles, J. L., Frieske, D., Zwahr, M. (1996). Mediators of long-term memory performance across the lifespan. *Psychology and Aging*, 11, 621-637.

Park, D. C., & Shaw, R. J. (1992). Effect of environmental support on implicit and explicit memory in younger and older adults. *Psychology and Aging*, 7, 632-642.

Passolunghi, M. C., & Pazzaglia, F. (2005). A comparison of updating processes in children good or poor in arithmetic word problem-solving. *Learning and Individual Differences*, 15, 257-269.

Pazzaglia, F., & Cornoldi, C. (1999). The role of distinct components of visuo-spatial working memory in the processing of texts. *Memory*, 7, 19-41.

Phillips, L. H. (1997). Do "frontal tests" measure executive function? Issues of assessment and evidence from fluency tests. In P. Rabbitt (Ed), *Methodology of Frontal and Executive Function* (pp. 191-213). Hove, UK: Psychology Press.

Pollack, I., Johnson, L., & Knaft, P. (1959). Running memory span. *Journal of Experimental Psychology*, 57, 137-146.

Rabbitt, P., Lowe, C., & Shilling, V. (2001). Frontal tests and models for cognitive ageing. *European Journal of Cognitive Psychology, 13*, 5-28.

Reason, J. T. (1990). *Human Error*. Cambridge, England: Cambridge University Press.

Regione Veneto (1999). *Valutazione Multidimensionale dell'Adulto e dell'Anziano*. Regione Veneto, DGR 3979 del 9/11/99.

Reuter-Lorenz, P. A. (2002). New visions of the aging mind and brain. *Trends in Cognitive Sciences, 6*, 394-400.

Reuter-Lorenz, P. A., Marshuetz, C., Jonides, J., Hartley, A., & Smith, E. E. (2001). Neurocognitive ageing of storage and executive processes. *European Journal of Cognitive Psychology, 13*, 257-278.

Reuter-Lorenz, P. A., & Sylvester, C. Y. C. (2005). The Cognitive Neuroscience of Working Memory and Aging. In R. Cabeza, L. Nyberg & D. Park (Eds), *Cognitive Neuroscience of Aging: Linking Cognitive and Cerebral Aging* (pp. 186-217). New York, NY, US: Oxford University Press.

Robert, C., Borella, E., Fagot, D., Lecerf, T., & De Ribaupierre, A. (2009). Working memory and inhibitory control across the lifespan: Intrusion errors in the Reading Span Task. *Memory & Cognition, 37*, 336-345.

Ruiz, R. M., Elousa, M. R., & Lechuga, M. T. (2005). Old-fashioned responses in an updating memory task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology. Section A, 58*, 887-908.

Salame, P., & Baddeley, A. D. (1982). Disruption of short-term memory by unattended speech: Implications for the structure of working memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 21*, 150-164.

Salthouse, T. A. (1987). Adult age differences in integrative spatial ability. *Psychology and Aging, 2*, 254-260.

Salthouse, T. A. (1991). *Theoretical Perspectives on Cognitive Aging*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.

Salthouse, T. A. (1995). Differential age-related influences on memory for verbal-symbolic information and visual-spatial information? *Journals of Gerontology: Psychological Sciences*, 50(B), 193–201.

Salthouse, T. A. (1996). General and specific speed mediation of adult age differences in memory. *Journal of Gerontology: Psychological Science*, 51B, 30-42.

Salthouse, T. A., Atkinson, T. M., & Berish, D. E. (2003). Executive functioning as a potential mediator of age-related cognitive decline in normal adults. *Journal of Experimental Psychology: General*, 132, 566–594.

Salthouse, T. A., & Meinzig, V. E. (1995). Aging, inhibition, working memory, and speed. *Journal of Gerontology: Psychological Science*, 50, 297-306.

Salthouse, T. A., & Mitchell, D. R. D. (1989). Structural and operational capacities in integrative spatial ability. *Psychology and Aging*, 4, 18-25.

Salway, A. F. S., & Logie, R. H. (1995). Visuospatial working memory, movement control and executive demands. *British Journal of Psychology*, 86, 253-269.

Schaie, K. W. (1994). The course of adult intellectual development. *American Psychologist*, 49, 304-313.

Schmiedek, F., Hildebrandt, A., Lövdén, M., Wilhelm O., & Lindenberger U. (2009). Complex span versus updating tasks of working memory: The gap is not that deep. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 35, 1089–1096.

Shallice, T. (1988). *From Neuropsychology to Mental Structure*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Shallice, T., & Burgess, P. (1993). Supervisory control of action and thought selection. In A. D. Baddeley, & L. Weiskrantz (Eds), *Attention: Selection, Awareness and Control. A Tribute to Donald Broadbent* (pp. 171-187). New York, US: Clarendon Press/ Oxford University Press.

Sharps, M. J., & Gollin, E. S. (1987). Memory for object location in young and elderly adults. *Journal of Gerontology*, 42, 336-341.

Shelton, M. D., Parsons, O. A., & Leber, W. R. (1982). Verbal and visuospatial performance and aging: A neuropsychological approach. *Journal of Gerontology*, 37, 336–341.

Smith, E. E., & Jonides, J. (1999). Storage and executive processes in the frontal lobes. *Science*, 283, 1657-1661.

Stuss, D. T., & Benson, D. F. (1986). *The Frontal Lobe*. New York: Raven Press.

Swanson, H. L. (1996). Individual and age related differences in children's working memory. *Memory and Cognition*, 24, 70-82.

Teuber, H. L. (1972). Unity and diversity of frontal lobe functions. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 32, 615-656.

Tillman, C. M., Nyberg, L., & Bohlin, G. (2008). Working memory components and intelligence in children. *Intelligence*, 3, 394-402.

Tsal, Y., & Lavie, N. (1988). Attending to color and shape: The special role of location in selective visual processing. *Perception and Psychophysics*, 44, 15-21.

Tubi, N., & Calev, A. (1989). Verbal and visuospatial recall by younger and older subjects: Use of matched tasks. *Psychology and Aging*, 4, 493-495.

Turner, M. L., & Engle, R. W. (1989). Is working memory capacity task dependent? *Journal of Memory and Language*, 28, 127-154.

Ungerleider, L. G., & Mishkin, M. (1982). Two cortical visual systems. In D. J. Engle, M. A. Goodale, & R. J. W. Mansfield (Eds), *Analysis of Visual Behavior* (pp. 549-568). Cambridge, MA: The MIT Press.

Van der Linden, M., Bredart, S., & Beerten, A. (1994). Age related differences in updating working memory. *British Journal of Psychology*, 85, 145-152.

Van der Linden, M., Huppert, M., Feyereisen, P., Schelstraete, M. A., Bestgen, Y., Bruyer, R., Lories, G., El Ahmadi, A., & Seron, X. (1999). Cognitive mediators of age-related differences in language comprehension and verbal memory performance. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 6, 32-55.

Vecchi, T. (1998). Visuo-spatial limitations in congenitally totally blind people. *Memory*, 6, 91-102.

Vecchi, T., & Cornoldi, C. (1998). Differenze individuali e memoria di lavoro visuo-spaziale. *Giornale Italiano di Psicologia*, 25, 491-530.

Vecchi, T., & Cornoldi, C. (1999). Passive storage and active manipulation in visuo-spatial working memory: Further evidence from the study of age differences. *European Journal of Cognitive Psychology*, 11, 391-406.

Vecchi, T., & Girelli, L. (1998). Gender differences in visuo-spatial processing: The importance of distinguishing between passive storage and active manipulation. *Acta Psychologica*, 99, 1-16.

Vecchi, T., Monticelli, M. L., & Cornoldi, C. (1995). Visuo-spatial working memory: Structures and variables affecting a capacity measure. *Neuropsychologia*, 33, 1549-1564.

Vecchi, T., Phillips, L. H., & Cornoldi, C. (2001). Individual differences in visuo-spatial working memory. In M. Denis, R. H. Logie, C. Cornoldi, M. de Vega & J. Engelkamp (Eds), *Imagery, Language and Visuo-Spatial Thinking* (pp. 29-58). Hove, UK: Psychology Press.

Vecchi, T., Richardson, J. T. E., & Cavallini, E. (2005). Passive storage versus active processing in working memory: Evidence from age-related variations in performance. *European Journal of Cognitive Psychology*, 17, 521-539.

Verhaeghen, P., & Cerella, J. (2002). Aging, executive control, and attention: A review of meta-analyses. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 26, 849-857.

Verhaeghen, P., Cerella, J., Semenc, S. C., Leo, M. E., Bopp, K. L., & Steitz, D. W. (2002). Cognitive efficiency modes in old age: Performance on sequential and coordinative verbal and visuospatial tasks. *Psychology and Aging*, 17, 558-570.

Walley, R. E., & Mcleod, B. E. (1994). Increased attention to the irrelevant dimension increases interference in a spatial Stroop task. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 48, 467-492.

Weschler, D. (1981). *Weschler Adult Intelligence Scale-Revised*. New York: Psychological Corporation.

Zacks, R. T., Radvansky, G., & Hasher, L. (1996). Studies of directed forgetting in older adults. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 22, 143-156.

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

Yntema, D. B. (1963). Keeping track of several things at once. *Human Factors*, *5*, 7-17.

**APPENDICE:**  
**MATERIALI UTILIZZATI NELLA RICERCA**

## ESPERIMENTO 1

### 1) *RUNNING MEMORY TASK* VERBALE

<b>0 UPDATING</b>	<b>R</b>		<b>T</b>		<b>D</b>		<b>Z</b>
	<b>G</b>		<b>Z</b>		<b>R</b>		<b>F</b>
	<b>N</b>		<b>C</b>		<b>C</b>		<b>L</b>
	<b>H</b>		<b>M</b>		<b>V</b>		<b>B</b>
	R-G-N-H		T-Z-C-M		D-R-C-V		Z-F-L-B
<b>2 UPDATING</b>	G		T		N		V
	D		R		L		Q
	<b>S</b>		<b>Z</b>		<b>G</b>		<b>Z</b>
	<b>L</b>		<b>M</b>		<b>P</b>		<b>D</b>
	<b>C</b>		<b>F</b>		<b>H</b>		<b>H</b>
	<b>Q</b>		<b>H</b>		<b>B</b>		<b>M</b>
	S-L-C-Q		Z-M-F-H		G-P-H-B		Z-D-H-M
<b>4 UPDATING</b>	Q		V		L		Z
	C		Z		N		V
	F		H		S		G
	V		B		G		M
	<b>S</b>		<b>Q</b>		<b>D</b>		<b>H</b>
	<b>L</b>		<b>C</b>		<b>Z</b>		<b>P</b>
	<b>Z</b>		<b>R</b>		<b>B</b>		<b>N</b>
	<b>R</b>		<b>F</b>		<b>V</b>		<b>C</b>
	S-L-Z-R		Q-C-R-F		D-Z-B-V		H-P-N-C
<b>6 UPDATING</b>	Q		M		L		M
	G		V		N		V
	D		Z		S		Z
	N		H		G		H
	F		G		D		G
	C		P		Z		P
	<b>S</b>		<b>T</b>		<b>B</b>		<b>S</b>
	<b>B</b>		<b>N</b>		<b>V</b>		<b>C</b>
	<b>Z</b>		<b>L</b>		<b>M</b>		<b>F</b>
	<b>R</b>		<b>C</b>		<b>P</b>		<b>R</b>
	S-B-Z-R		T-N-L-C		B-V-M-P		S-C-F-R

## 2) RUNNING MEMORY TASK SPAZIALE

**0 UPDATING**

	1			
		3		2
4				

				1
4				
		2		
	3			

1				
	4			
				3
		2		

	1			
			4	
		2		
3				

**2 UPDATING**

				2
3				
	1			
6			4	
		5		

4				
		5		1
			6	
	3			
	2			

	1			
				3
4	5			
		2		
			6	

				3
		4		
	2			6
			1	
5				

**4 UPDATING**

	6			
5		3		
	2			7
				8
1			4	

2				6
	7		3	
		1		
8			4	
	5			

1	5			
		3		6
	2			
		7		
8				4

		7		2
	3			
			1	6
8		4		
5				

**6 UPDATING**

10		3		7
	1		4	
		8		
5	6			
	9	2		

1		8		
	9		4	
5				3
	2		10	
		6	7	

8	4			
			5	
3		2	10	
	7			
9			6	1

	5	8		3
4				
	9	1	7	
				10
	2		6	

## ESPERIMENTO 2

### 1) KEEP TRACK TASK VERBALE

2 Categorie Target				
CATEGORIE TARGET		NAZIONI ANIMALI	COLORI FRUTTA	METALLI PARENTI
LISTA PAROLE	1	FRANCIA	ZEBRA	ROSSO
	2	COGNATO	VERDE	ALLUMINIO
	3	MELA	MAMMA	FRANCIA
	4	RANA	GIAPPONE	BANANA
	5	ORO	ARANCIA	ZIO
	6	GIALLO	CINA	CELESTE
	7	GERMANIA	VOLPE	MAMMA
	8	PERA	BRONZO	GERMANIA
	9	GRIGIO	ANANAS	LEONE
	10	GATTO	FRATELLO	BIANCO
	11	SPAGNA	NERO	ARGENTO
	12	ALLUMINIO	ARGENTO	CUGINO
	13	CAVALLO	CUGINO	FRAGOLA
	14	VERDE	MELONE	ITALIA
	15	ZIO	ITALIA	RAGNO

3 Categorie Target				
CATEGORIE TARGET		ANIMALI FRUTTA COLORI	PARENTI NAZIONI METALLI	FRUTTA ANIMALI PARENTI
LISTA PAROLE	1	CANE	VERDE	FERRO
	2	GATTO	ALLUMINIO	VERDE
	3	ORO	CILIEGIA	CILIEGIA
	4	GIAPPONE	INDIA	ORO
	5	PERA	ACCIAIO	NIPOTE
	6	CINA	RAGNO	CELESTE
	7	BLU	FRATELLO	MUCCA
	8	MELA	MARRONE	ALLUMINIO
	9	ARGENTO	BANANA	ANGURIA
	10	PESCA	PESCA	BRASILE
	11	ZIO	ARGENTINA	FRATELLO
	12	VERDE	ZINCO	ZEBRA
	13	FIGLIO	BLU	GIALLO
	14	RANA	NONNO	GERMANIA
	15	ROSSO	RANA	PESCA

4 Categorie Target				
CATEGORIE TARGET		NAZIONI FRUTTA COLORI PARENTI	METALLI ANIMALI FRUTTA COLORI	NAZIONI COLORI ANIMALI METALLI
LISTA PAROLE	1	ARGENTINA	BLU	MELA
	2	VOLPE	NIPOTE	INDIA
	3	FRATELLO	LEONE	NONNO
	4	BIANCO	ITALIA	ZINCO
	5	ACCIAIO	BRONZO	CANE
	6	UVA	FRANCIA	BANANA
	7	FERRO	FRAGOLA	BIANCO
	8	BRASILE	ROSSO	RUSSIA
	9	LEONE	RAGNO	ARGENTO
	10	CUGINO	ORO	MAMMA
	11	CELESTE	SUOCERA	VOLPE
	12	CERVO	PIOMBO	MARRONE
	13	ARANCIA	PESCA	MELONE
	14	ROSSO	ZEBRA	SUOCERA
	15	ORO	RUSSIA	GIAPPONE

5 Categorie Target				
CATEGORIE TARGET		COLORI ANIMALI PARENTI FRUTTA METALLI	NAZIONI COLORI FRUTTA ANIMALI PARENTI	FRUTTA METALLI COLORI ANIMALI NAZIONI
LISTA PAROLE	1	NONNO	COGNATO	ZINCO
	2	BLU	ACCIAIO	CERVO
	3	MUCCA	FRANCIA	NERO
	4	RUSSIA	ARGENTO	FIGLIO
	5	CANE	NERO	PERA
	6	GRIGIO	ZEBRA	INDIA
	7	UVA	PERA	MELONE
	8	ZIO	RUSSIA	RANA
	9	FRANCIA	ALLUMINIO	ORO
	10	FERRO	FIGLIO	BLU
	11	CAVALLO	ORO	ITALIA
	12	INDIA	GATTO	COGNATO
	13	ANGURIA	MARRONE	FRAGOLA
	14	ORO	ZINCO	ZIO
	15	BIANCO	BANANA	GATTO

## 2) KEEP TRACK TASK SPAZIALE

2 Categorie Target							
CATEGORIE TARGET		ROMBO STELLA		QUADRATO CERCHIO		TRIANGOLO PENTAGONO	
		POSIZIONE*	FIGURA	POSIZIONE*	FIGURA	POSIZIONE*	FIGURA
SEQUENZA ITEM	1	8	QUADRATO	13	TRIANGOLO	1	STELLA
	2	25	CERCHIO	20	STELLA	25	TRIANGOLO
	3	11	STELLA	4	QUADRATO	4	PENTAGONO
	4	4	PENTAGONO	23	ROMBO	15	CERCHIO
	5	15	ROMBO	10	CERCHIO	2	STELLA
	6	23	TRIANGOLO	1	PENTAGONO	12	ROMBO
	7	14	STELLA	21	TRIANGOLO	5	QUADRATO
	8	6	CERCHIO	12	CERCHIO	11	PENTAGONO
	9	19	QUADRATO	3	STELLA	3	CERCHIO
	10	21	ROMBO	25	QUADRATO	23	ROMBO
	11	1	PENTAGONO	8	ROMBO	7	TRIANGOLO
	12	10	STELLA	18	TRIANGOLO	22	PENTAGONO
	13	13	TRIANGOLO	15	CERCHIO	9	QUADRATO
	14	20	QUADRATO	5	STELLA	16	CERCHIO
	15	2	PENTAGONO	24	PENTAGONO	20	ROMBO

3 Categorie Target							
CATEGORIE TARGET		QUADRATO CERCHIO TRIANGOLO		ROMBO PENTAGONO STELLA		QUADRATO TRIANGOLO STELLA	
		POSIZIONE*	FIGURA	POSIZIONE*	FIGURA	POSIZIONE*	FIGURA
SEQUENZA ITEM	1	7	STELLA	3	ROMBO	8	PENTAGONO
	2	14	TRIANGOLO	11	TRIANGOLO	20	TRIANGOLO
	3	24	QUADRATO	18	STELLA	5	STELLA
	4	15	PENTAGONO	5	CERCHIO	25	CERCHIO
	5	1	CERCHIO	21	PENTAGONO	1	QUADRATO
	6	17	QUADRATO	15	QUADRATO	10	ROMBO
	7	9	CERCHIO	6	TRIANGOLO	11	PENTAGONO
	8	21	ROMBO	25	STELLA	19	TRIANGOLO
	9	13	QUADRATO	8	ROMBO	2	STELLA
	10	12	TRIANGOLO	22	CERCHIO	21	CERCHIO
	11	4	CERCHIO	4	QUADRATO	3	QUADRATO
	12	25	STELLA	24	PENTAGONO	24	PENTAGONO
	13	11	TRIANGOLO	1	CERCHIO	13	TRIANGOLO
	14	3	PENTAGONO	10	STELLA	4	ROMBO
	15	17	ROMBO	17	TRIANGOLO	17	STELLA

*	1	2	3	4	5
	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15
	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25

4 Categorie Target							
CATEGORIE TARGET		STELLA PENTAGONO CERCHIO QUADRATO		STELLA TRIANGOLO CERCHIO ROMBO		PENTAGONO ROMBO STELLA QUADRATO	
		POSIZIONE*	FIGURA	POSIZIONE*	FIGURA	POSIZIONE*	FIGURA
SEQUENZA ITEM	1	8	TRIANGOLO	7	STELLA	7	ROMBO
	2	25	STELLA	15	ROMBO	15	QUADRATO
	3	1	QUADRATO	20	PENTAGONO	20	CERCHIO
	4	15	ROMBO	5	TRIANGOLO	1	STELLA
	5	5	PENTAGONO	25	QUADRATO	25	TRIANGOLO
	6	20	CERCHIO	8	CERCHIO	5	PENTAGONO
	7	2	TRIANGOLO	23	ROMBO	11	TRIANGOLO
	8	22	QUADRATO	1	QUADRATO	19	QUADRATO
	9	10	STELLA	22	STELLA	2	PENTAGONO
	10	3	ROMBO	3	TRIANGOLO	21	ROMBO
	11	24	STELLA	19	CERCHIO	3	CERCHIO
	12	4	PENTAGONO	4	PENTAGONO	24	STELLA
	13	12	CERCHIO	16	ROMBO	10	TRIANGOLO
	14	4	TRIANGOLO	2	QUADRATO	16	QUADRATO
	15	21	QUADRATO	24	PENTAGONO	6	CERCHIO

5 Categorie Target							
CATEGORIE TARGET		CERCHIO ROMBO QUADRATO STELLA TRIANGOLO		STELLA CERCHIO ROMBO TRIANGOLO PENTAGONO		CERCHIO TRIANGOLO STELLA QUADRATO PENTAGONO	
		POSIZIONE*	FIGURA	POSIZIONE*	FIGURA	POSIZIONE*	FIGURA
SEQUENZA ITEM	1	5	STELLA	6	ROMBO	8	CERCHIO
	2	7	ROMBO	18	PENTAGONO	20	QUADRATO
	3	20	CERCHIO	1	STELLA	10	STELLA
	4	1	PENTAGONO	25	QUADRATO	24	CERCHIO
	5	25	TRIANGOLO	3	CERCHIO	1	TRIANGOLO
	6	15	QUADRATO	20	TRIANGOLO	15	PENTAGONO
	7	16	STELLA	5	ROMBO	5	ROMBO
	8	24	PENTAGONO	21	QUADRATO	25	QUADRATO
	9	2	ROMBO	2	PENTAGONO	6	CERCHIO
	10	10	CERCHIO	16	STELLA	19	ROMBO
	11	18	PENTAGONO	4	CERCHIO	2	STELLA
	12	3	ROMBO	15	QUADRATO	21	PENTAGONO
	13	21	QUADRATO	7	ROMBO	3	QUADRATO
	14	4	STELLA	23	TRIANGOLO	16	ROMBO
	15	19	TRIANGOLO	10	PENTAGONO	18	TRIANGOLO

\*

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25

## ESPERIMENTO 3

### 1) CONDIZIONE *POSIZIONE*

Liste da 4 item

STIMOLO	POSIZIONE*	PAROLA	COLORE	CONGRUENZA
1	10	ROSSO	ROSSO	SI
	3	GIALLO	BLU	NO
	5	GRIGIO	VERDE	NO
	16	ROSA	ROSA	SI
2	11	GIALLO	GIALLO	SI
	4	BLU	ROSA	NO
	5	GRIGIO	GRIGIO	SI
	14	VERDE	ROSSO	NO
3	15	ROSA	GRIGIO	NO
	9	BLU	GIALLO	NO
	2	VERDE	VERDE	SI
	8	ROSSO	ROSSO	SI
4	11	GIALLO	VERDE	NO
	2	BLU	BLU	SI
	13	ROSA	ROSA	SI
	8	ROSSO	GRIGIO	NO
5	7	GIALLO	GIALLO	SI
	2	GRIGIO	GRIGIO	SI
	9	ROSA	BLU	NO
	16	ROSSO	VERDE	NO
6	7	ROSA	ROSSO	NO
	16	VERDE	VERDE	SI
	2	GIALLO	GRIGIO	NO
	9	BLU	BLU	SI
7	1	ROSSO	GIALLO	NO
	7	VERDE	ROSA	NO
	14	GRIGIO	GRIGIO	SI
	12	BLU	BLU	SI
8	5	GRIGIO	ROSSO	NO
	14	GIALLO	GIALLO	SI
	3	BLU	GRIGIO	NO
	12	VERDE	VERDE	SI

\*

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16

**Liste da 6 item**

<b>STIMOLO</b>	<b>POSIZIONE*</b>	<b>PAROLA</b>	<b>COLORE</b>	<b>CONGRUENZA</b>
<b>1</b>	5	ROSSO	ROSSO	SI
	16	ROSA	GIALLO	NO
	11	VERDE	VERDE	SI
	13	GIALLO	BLU	NO
	4	GRIGIO	GRIGIO	SI
	2	BLU	ROSA	NO
<b>2</b>	10	VERDE	GRIGIO	NO
	1	BLU	BLU	SI
	8	ROSA	ROSA	SI
	15	ROSSO	VERDE	NO
	3	GIALLO	GIALLO	SI
	13	GRIGIO	ROSSO	NO
<b>3</b>	10	VERDE	VERDE	SI
	7	BLU	ROSSO	NO
	15	ROSA	ROSA	SI
	12	ROSSO	GRIGIO	NO
	5	GIALLO	GIALLO	SI
	4	GRIGIO	BLU	NO
<b>4</b>	10	GIALLO	VERDE	NO
	4	BLU	BLU	SI
	16	VERDE	ROSA	NO
	7	GRIGIO	GRIGIO	SI
	5	ROSSO	ROSSO	SI
	13	ROSA	GIALLO	NO
<b>5</b>	1	VERDE	ROSSO	NO
	10	GIALLO	GIALLO	SI
	8	BLU	VERDE	NO
	13	ROSA	ROSA	SI
	3	ROSSO	BLU	NO
	16	GRIGIO	GRIGIO	SI
<b>6</b>	11	ROSA	ROSSO	NO
	1	VERDE	VERDE	SI
	8	BLU	BLU	SI
	13	GRIGIO	ROSA	NO
	6	GIALLO	GIALLO	SI
	3	ROSSO	GRIGIO	NO
<b>7</b>	9	VERDE	GIALLO	NO
	7	ROSSO	ROSSO	SI
	14	GIALLO	GRIGIO	NO
	4	ROSA	ROSA	SI
	1	GRIGIO	VERDE	NO
	16	BLU	BLU	SI
<b>8</b>	12	GIALLO	ROSA	NO
	1	ROSSO	ROSSO	SI
	14	VERDE	GIALLO	NO
	3	GRIGIO	GRIGIO	SI
	6	BLU	BLU	SI
	9	ROSA	VERDE	NO

## 2) CONDIZIONE *POSIZIONE* + *COLORE*

Liste da 4 item

STIMOLO	POSIZIONE*	PAROLA	COLORE	CONGRUENZA
1	8	ROSSO	ROSSO	SI
	15	VERDE	VERDE	SI
	10	GRIGIO	BLU	NO
	1	ROSA	GIALLO	NO
2	6	BLU	ROSSO	NO
	15	VERDE	GIALLO	NO
	9	ROSA	ROSA	SI
	4	GRIGIO	GRIGIO	SI
3	11	GIALLO	GIALLO	SI
	4	BLU	VERDE	NO
	5	ROSSO	ROSSO	SI
	14	GRIGIO	ROSA	NO
4	1	GIALLO	ROSSO	NO
	10	VERDE	VERDE	SI
	7	ROSSO	ROSA	NO
	16	BLU	BLU	SI
5	2	ROSSO	VERDE	NO
	13	GIALLO	GIALLO	SI
	7	VERDE	ROSA	NO
	16	BLU	BLU	SI
6	6	ROSA	GRIGIO	NO
	4	BLU	ROSSO	NO
	11	VERDE	VERDE	SI
	13	ROSSO	ROSA	NO
7	5	BLU	GIALLO	NO
	7	ROSSO	ROSSO	SI
	14	GRIGIO	GRIGIO	SI
	16	VERDE	BLU	NO
8	10	GIALLO	GIALLO	SI
	15	ROSSO	ROSSO	SI
	8	ROSA	VERDE	NO
	1	GRIGIO	BLU	NO

\*

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16

**Liste da 6 item**

STIMOLO	POSIZIONE*	PAROLA	COLORE	CONGRUENZA
1	6	ROSSO	BLU	NO
	4	VERDE	VERDE	SI
	9	GIALLO	GIALLO	SI
	2	BLU	GRIGIO	NO
	12	ROSA	ROSA	SI
	15	GRIGIO	ROSSO	NO
2	16	ROSSO	ROSSO	SI
	9	BLU	GIALLO	NO
	3	VERDE	VERDE	SI
	14	ROSA	BLU	NO
	8	GRIGIO	GRIGIO	SI
	1	GIALLO	ROSA	NO
3	2	ROSA	ROSA	SI
	15	VERDE	BLU	NO
	4	ROSSO	ROSSO	SI
	13	BLU	GRIGIO	NO
	7	GIALLO	GIALLO	SI
	12	GRIGIO	VERDE	NO
4	7	GIALLO	ROSSO	NO
	13	BLU	BLU	SI
	2	ROSA	GIALLO	NO
	15	VERDE	VERDE	SI
	12	GRIGIO	GRIGIO	SI
	5	ROSSO	ROSA	NO
5	6	ROSSO	VERDE	NO
	1	GRIGIO	GRIGIO	SI
	12	VERDE	GIALLO	NO
	15	ROSA	ROSA	SI
	13	GIALLO	ROSSO	NO
	4	BLU	BLU	SI
6	11	ROSA	GRIGIO	NO
	4	BLU	BLU	SI
	16	VERDE	VERDE	SI
	5	GRIGIO	ROSSO	NO
	2	GIALLO	GIALLO	SI
	13	ROSSO	ROSA	NO
7	16	BLU	GIALLO	NO
	14	GRIGIO	GRIGIO	SI
	8	ROSA	ROSA	SI
	10	VERDE	BLU	NO
	3	ROSSO	ROSSO	SI
	5	GIALLO	VERDE	NO
8	16	ROSA	ROSA	SI
	11	ROSSO	GIALLO	NO
	1	GRIGIO	GRIGIO	SI
	7	VERDE	ROSSO	NO
	9	BLU	BLU	SI
	14	GIALLO	VERDE	NO

### 3) CONDIZIONE *POSIZIONE* + *PAROLA*

Liste da 4 item

STIMOLO	POSIZIONE*	PAROLA	COLORE	CONGRUENZA
1	9	VERDE	VERDE	SI
	6	ROSA	GRIGIO	NO
	4	BLU	ROSSO	NO
	15	GIALLO	GIALLO	SI
2	12	GRIGIO	GRIGIO	SI
	14	ROSA	ROSSO	NO
	5	BLU	BLU	SI
	3	GIALLO	VERDE	NO
3	6	BLU	ROSSO	NO
	12	VERDE	GRIGIO	NO
	13	ROSA	ROSA	SI
	4	GIALLO	GIALLO	SI
4	7	BLU	BLU	SI
	16	ROSSO	ROSSO	SI
	9	ROSA	GIALLO	NO
	2	GRIGIO	VERDE	NO
5	11	ROSSO	GIALLO	NO
	9	ROSA	ROSA	SI
	8	GIALLO	BLU	NO
	2	VERDE	VERDE	SI
6	16	ROSSO	ROSSO	SI
	9	GRIGIO	GIALLO	NO
	7	ROSA	ROSA	SI
	1	BLU	GRIGIO	NO
7	15	VERDE	VERDE	SI
	12	GIALLO	ROSSO	NO
	13	GRIGIO	ROSA	NO
	6	BLU	BLU	SI
8	1	ROSSO	ROSA	NO
	11	GIALLO	GIALLO	SI
	8	GRIGIO	GRIGIO	SI
	13	VERDE	ROSSO	NO

\*

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16

**Liste da 6 item**

STIMOLO	POSIZIONE*	PAROLA	COLORE	CONGRUENZA
1	6	GIALLO	GRIGIO	NO
	12	BLU	BLU	SI
	14	ROSSO	GIALLO	NO
	4	VERDE	VERDE	SI
	1	GRIGIO	ROSSO	NO
	16	ROSA	ROSA	SI
2	11	VERDE	VERDE	SI
	5	ROSA	ROSSO	NO
	14	GIALLO	GIALLO	SI
	4	GRIGIO	ROSA	NO
	16	BLU	BLU	SI
	2	ROSSO	ROSSO	SI
3	16	GIALLO	ROSA	NO
	10	GRIGIO	GRIGIO	SI
	7	ROSA	VERDE	NO
	1	BLU	BLU	SI
	4	ROSSO	ROSSO	SI
	5	VERDE	GIALLO	NO
4	16	GIALLO	ROSA	NO
	9	VERDE	VERDE	SI
	6	GRIGIO	GRIGIO	SI
	4	BLU	GIALLO	NO
	14	ROSSO	ROSSO	SI
	1	ROSA	BLU	NO
5	16	GIALLO	BLU	NO
	5	ROSA	ROSA	SI
	3	BLU	GRIGIO	NO
	14	VERDE	VERDE	SI
	4	GRIGIO	GIALLO	NO
	11	ROSSO	ROSSO	SI
6	1	ROSA	ROSA	SI
	15	GRIGIO	ROSSO	NO
	3	GIALLO	GIALLO	SI
	13	BLU	GRIGIO	NO
	12	VERDE	VERDE	SI
	6	ROSSO	BLU	NO
7	11	BLU	ROSA	NO
	5	GIALLO	GIALLO	SI
	4	ROSA	ROSSO	NO
	16	GRIGIO	GRIGIO	SI
	13	VERDE	VERDE	SI
	2	ROSSO	BLU	NO
8	4	GRIGIO	GRIGIO	SI
	5	VERDE	ROSSO	NO
	13	ROSA	ROSA	SI
	2	GIALLO	VERDE	NO
	12	BLU	BLU	SI
	10	ROSSO	GIALLO	NO