

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Psicologia Generale

**Corso di laurea in Neuroscienze e riabilitazione
neuropsicologica**

Tesi di Laurea Magistrale

**Allenare la memoria visuo-spaziale nell'anziano
combinando compiti presentati su tablet e più immersivi:
quali benefici?**

**Training visuo-spatial working memory in older adults combining
tablet-based and more immersive tasks: which benefits?**

Relatrice
Prof.ssa Elena Carbone

Laureanda: Arianna Magnani
Matricola: 2080292

Anno Accademico 2024/2025

INDICE

Introduzione	1
1. Cambiamenti cognitivi nell'invecchiamento	3
1.1 Il fenomeno dell'invecchiamento: la situazione demografica del nostro Paese	3
1.2 Cambiamenti cognitivi e invecchiamento.....	4
1.2.1 La memoria di lavoro	6
2. I training di memoria di lavoro nell'invecchiamento	15
2.1 Plasticità cerebrale e plasticità cognitiva	15
2.2 Interventi di potenziamento della memoria: caratteristiche e differenze	18
2.3 Training di memoria di lavoro nell'invecchiamento	20
2.4. Evidenze di efficacia dei training di memoria di lavoro nell'invecchiamento	23
3. Allenare la memoria visuo-spaziale nell'anziano combinando compiti presentati su tablet e più immersivi: quali benefici?	29
3.1 Obiettivi	29
3.2 Metodologia	31
3.2.1 <i>Partecipanti</i>	31
3.2.2 <i>Materiali</i>	32
3.2.3 <i>Procedura</i>	38
3.3 Risultati	46
3.4 Discussione e conclusioni	50
Bibliografia	55

INTRODUZIONE

L'invecchiamento della popolazione rappresenta un fenomeno cardine nella rivoluzione sociodemografica degli ultimi decenni. Esso è infatti divenuto oggetto di un numero sempre maggiore di studi volti a comprenderne le cause, i meccanismi e le caratteristiche, al fine di venire incontro alle esigenze di una fascia di popolazione sempre più ampia. Questi studi hanno portato a una ridefinizione del concetto di invecchiamento che, ad oggi, non identifica più solamente l'età adulta avanzata, ma rappresenta un fenomeno complesso e sfaccettato, caratterizzato da traiettorie di sviluppo multidimensionali e multidirezionali che interessano l'intero arco di vita della persona, dalla nascita alla morte. Infatti, così come nelle altre fasi della vita, anche nell'età adulta avanzata possiamo assistere ad alcuni miglioramenti, oltre che ai ben noti declini, in diverse strutture cerebrali e abilità cognitive.

Un'abilità centrale per la cognizione ed estremamente sensibile ai cambiamenti età-relati, è la memoria di lavoro (MdL). Essa risulta centrale per il nostro funzionamento quotidiano, essendo implicata nella cognizione complessa, ed è dunque risultata l'oggetto di numerosi studi volti a comprendere come migliorarne il funzionamento e contrastarne il declino, supportando il funzionamento cognitivo della persona che invecchia e apportando benefici alla sua vita quotidiana. Dunque, a partire dalle ricerche che hanno dimostrato come anche nell'invecchiamento il nostro cervello e il nostro sistema cognitivo conservino un certo grado di plasticità, sono stati elaborati diversi interventi con lo scopo di promuovere benefici che fossero estendibili anche alla quotidianità dell'anziano. A questo scopo, i *training* di potenziamento della MdL sono risultati particolarmente efficaci. Infatti, essi si sono mostrati in grado di promuovere sia benefici specifici (in compiti simili a quelli direttamente allenati), sia effetti di trasferimento vicini e lontani, anche nell'invecchiamento. Tra le caratteristiche che differenziano i vari *training* di MdL, la natura del materiale utilizzato è tra le più importanti. Solitamente, gli interventi proposti ad anziani presentano stimoli verbali, oppure una combinazione di stimoli verbali e visuo-spaziali. Solamente un numero ristretto di *training* si concentra esclusivamente sulla componente visuo-spaziale della MdL (MdLVS) e molti di questi interventi mostrano buoni benefici specifici, ma modesti effetti di trasferimento ad abilità non direttamente allenate. Per spiegare questa tendenza è necessario comprendere che i materiali e i compiti visuo-spaziali, utilizzati negli interventi di MdLVS, sono spesso poco

familiari per l'anziano e frequentemente richiedono la manipolazione astratta di informazioni computerizzate prive di significato, dunque una procedura anch'essa poco familiare. Per questi motivi, i *training* di MdLVS risultano spesso poco motivanti per la popolazione anziana, e la poca motivazione è sovente accompagnata da una riduzione dei benefici e, di conseguenza, dell'efficacia del *training* stesso.

Il presente elaborato vuole approfondire queste tematiche. Il primo capitolo si aprirà con una breve descrizione della situazione sociodemografica del nostro Paese, nel quale il fenomeno dell'invecchiamento ricopre da anni un ruolo cruciale e, di seguito, verranno trattati i cambiamenti cognitivi che questo processo comporta, con particolare attenzione alla MdL. Il secondo capitolo verterà sui *training* di MdL, con un'apertura sui concetti di plasticità cerebrale e cognitiva, per poi concentrarsi su come questa plasticità viene stimolata nel potenziamento della memoria e, in particolare, della MdL. Infine, nel terzo capitolo verrà presentata una ricerca che ha avuto l'obiettivo di verificare, in un campione di giovani-anziani, se un *training* di MdLVS, che prevede di allenarsi con una procedura combinata di compiti classici (su *tablet*) e compiti più concreti e immersivi (in un ambiente controllato), possa promuovere benefici specifici ed effetti di trasferimento sia in prove di MdLVS, sia in prove visuo-spaziali non direttamente allenate di rotazione mentale e assunzione di prospettiva. I risultati verranno discussi alla luce della letteratura attuale e per le loro implicazioni.

CAMBIAMENTI COGNITIVI NELL'INVECCHIAMENTO

1.1 Il fenomeno dell'invecchiamento: la situazione demografica del nostro Paese

Al 1° gennaio 2024, la popolazione residente in Italia presenta un'età media di 46.6 anni, con un incremento di circa tre mesi rispetto al 1° gennaio 2023, e la popolazione ultrasessantacinquenne rappresenta il 24.3% della popolazione complessiva (ISTAT, 2024). All'interno di questa percentuale, la fascia dei giovani anziani (65-74 anni) costituisce quasi la metà del totale, con una diminuzione di 10 punti percentuali rispetto a trent'anni fa. Questo dato riflette l'allungamento della vita media, che si traduce in un aumento del numero di grandi anziani, ossia individui con almeno 85 anni di età (ISTAT, 2024). Secondo gli ultimi resoconti (ISTAT, 2024), gli ultraottantacinquenni hanno raggiunto i 4 milioni e 554 mila individui, con un incremento di quasi 50 mila unità rispetto all'anno precedente, rappresentando ad oggi il 16% della popolazione anziana. Tale gruppo ha superato per numero i bambini sotto i 10 anni di età, che ammontano a 4 milioni e 441 mila individui, rendendo il rapporto tra queste due fasce di popolazione ormai prossimo alla parità. Inoltre, il numero stimato di ultracentenari (individui di 100 anni e oltre) ha raggiunto, all'inizio del 2024, il suo livello storico più alto, superando le 22 mila e 500 unità, con un incremento di oltre 2 mila individui rispetto all'anno precedente (ISTAT, 2024).

Oltre ai dati appena descritti, anche altri indicatori demografici offrono una chiara visione delle dinamiche che caratterizzano il nostro territorio. In particolare, la speranza di vita alla nascita, ovvero il numero medio di anni che un individuo può aspettarsi di vivere dalla nascita, è attualmente di 83.1 anni, con un aumento di sei mesi rispetto al 2022. L'indice di vecchiaia, che misura il rapporto percentuale tra la popolazione anziana (65 anni e più) e quella giovanile (meno di 15 anni) è pari a 199.8 nel 2024, indicando che per ogni 200 giovani vi sono quasi 100 anziani. L'indice di dipendenza, invece, rapporta la popolazione di non lavoratori (0-14 anni e 65 anni e oltre) a quella in età lavorativa (15-64 anni) e, moltiplicato per cento, misura il carico demografico sulla popolazione attiva. In Italia, nel 2024, l'indice di dipendenza è 38.3, indicando che per ogni 100 lavoratori vi sono circa 38 individui dipendenti. La combinazione di dati descrittivi e

indicatori demografici consente di delineare meglio il fenomeno dell'invecchiamento, sfida significativa per il nostro Paese e risultato combinato del miglioramento delle condizioni di vita e del calo della natalità.

Studiare l'invecchiamento della nostra popolazione è cruciale poiché permette di comprendere le profonde trasformazioni demografiche che influenzano le società moderne, con rilevanti implicazioni socio-economiche e sanitarie. Un'analisi dettagliata di questi cambiamenti, considerati una vera e propria "rivoluzione grigia", consente di sviluppare politiche previdenziali e di *welfare* più efficaci, per rispondere alle crescenti esigenze di una popolazione sempre più anziana. Una comprensione approfondita dell'invecchiamento della popolazione risulta anche stimolo per innovazioni nei campi tecnologico e sanitario, con lo scopo di migliorare la qualità della vita e prolungare la durata della salute e dell'autosufficienza degli individui più anziani, aggiungendo "vita agli anni" e non solamente "anni alla vita", attenzionandone dunque il benessere fisico, cognitivo, psicologico ma anche sociale e culturale.

1.2 Cambiamenti cognitivi e invecchiamento

Parallelamente all'invecchiamento della popolazione, le conoscenze su questo fenomeno, in particolare sull'invecchiamento cognitivo, si sono significativamente ampliate. La ricerca in questo ambito ha suscitato un notevole interesse nella comunità scientifica, che ha progressivamente approfondito e definito il concetto di invecchiamento, evidenziandone la complessità.

Se fino agli anni Cinquanta la principale teoria era quella del declino globale età-relato, strettamente associato a inevitabili stati patologici degenerativi, dalla seconda metà del Novecento le ricerche hanno rivelato che l'invecchiamento è un processo multidimensionale e multidirezionale, caratterizzato da diverse traiettorie di sviluppo e forme di cambiamento, sia qualitativo che quantitativo. Infatti, alla tradizionale visione del massimo adolescenziale (Belbin, 1953) si è contrapposta la teoria dello sviluppo lungo l'arco di vita (*Life Span Development Theory*, LSDT), un approccio che concepisce lo sviluppo come un processo dinamico che interessa tutta la vita della persona, iniziando con la nascita e concludendosi solamente con la morte (Baltes e Baltes, 1990; Baltes e Silverberger, 1994). La LSDT si basa su tre pilastri fondamentali: (I) lo sviluppo è un processo che copre l'intero arco della vita, includendo sia processi cumulativi (continui)

che innovativi (discontinui); (II) lo sviluppo dell'individuo non è lineare e può seguire traiettorie diverse a seconda delle condizioni di vita; (III) esistono potenzialità latenti a ogni stadio di funzionamento, suddivisibili in riserve di base (livello corrente di plasticità dell'individuo) e riserve dello sviluppo (potenzialità che si manifestano se le risorse dell'individuo vengono ottimizzate). Questa nuova concezione del processo di invecchiamento ha incentivato lo studio dell'anziano nella sua totalità e, a livello cognitivo, ha spostato l'attenzione non solo sulle funzioni che declinano con l'età (perdite), ma anche su quelle che si mantengono o migliorano nel tempo (guadagni). Questo cambiamento di prospettiva, avvalorato dai risultati delle ricerche sulle modificazioni cognitive, ha portato allo sviluppo di diversi approcci per descrivere e spiegare l'invecchiamento cognitivo.

Ad oggi, per lo studio delle caratteristiche che influenzano il processo di invecchiamento, si adottano principalmente due approcci: quello analitico-locale e quello macro-globale. L'approccio analitico-locale utilizza il metodo sperimentale al fine di esaminare i cambiamenti legati all'invecchiamento, confrontando le prestazioni di giovani e anziani mediante paradigmi identici. Inizialmente vengono proposti compiti utilizzati come *baseline*, i quali vengono poi ripetuti manipolando i processi cognitivi oggetto di studio. Tale metodo consente di individuare in modo analitico i meccanismi e i processi cognitivi influenzati dall'invecchiamento; tuttavia, questo approccio non permette di comprendere il come e il perché di tali cambiamenti, rendendo difficile riferirsi a una teoria integrata del cambiamento cognitivo. Infatti, essendo il nostro sistema cognitivo interattivo, le differenze dipendenti dall'età tra giovani e anziani potrebbero derivare da un *deficit* generale o potrebbero essere dovute a influenze, dirette o indirette, che un determinato *deficit* esercita su altri processi (De Beni e Borella, 2015).

L'approccio globale-macro, invece, impiega modelli integrati ipotizzando che pochi meccanismi possano spiegare le differenze legate all'età, trattando le componenti specifiche a partire da parametri più generali. Questo approccio utilizza il metodo correlazionale, volto a individuare relazioni statisticamente significative tra un insieme di variabili specifiche della cognizione. L'invecchiamento è quindi concepito come una modificazione delle risorse mentali disponibili per elaborare le informazioni, piuttosto che come un'alterazione di processi specifici. Le risorse mentali si riferiscono a una serie di "meccanismi primitivi che influenzano il funzionamento del sistema cognitivo senza

poter essere ridotti ad altri costrutti psicologici" (Verhaeghen, Steitz, Sliwinski, e Cerella, 2003). Questi meccanismi utilizzano l'energia dell'individuo per l'elaborazione delle informazioni all'interno di uno "spazio mentale", ossia il luogo deputato a tale elaborazione (De Beni e Borella, 2015).

Le risorse mentali, considerate come "regolatori dello sviluppo" (Baltes, 1987), sono spesso identificate attraverso tre meccanismi cognitivi principali: I) la capacità della memoria di lavoro (MdL); II) la velocità di elaborazione delle informazioni, ovvero la rapidità con cui vengono iniziate e condotte operazioni cognitive elementari (*processing speed*); III) le capacità attentive o di inibizione, quest'ultima intesa come quell'abilità che ci consente di mantenere l'attenzione su stimoli specifici, resistendo all'interferenza provocata da distrattori endogeni o esogeni. La maggior parte degli studi sull'invecchiamento tende ad associare la diminuzione delle risorse cognitive a uno solo di questi meccanismi; tuttavia, un solo fattore non è sufficiente a spiegare i cambiamenti cognitivi legati all'età, essendo tutti e tre fondamentali e strettamente interconnessi. La MdL rappresenta però quel meccanismo su cui focalizzeremo maggiormente l'attenzione, data la sua importanza per la cognizione complessa e la sua grande e ampiamente documentata sensibilità ai cambiamenti legati all'invecchiamento.

1.2.1 La memoria di lavoro

La memoria di lavoro (MdL), concettualizzata da Baddeley e Hitch nel 1974, si riferisce ai processi implicati nel mantenimento temporaneo e nella simultanea elaborazione delle informazioni necessarie per svolgere compiti cognitivi complessi (De Beni e Borella, 2015). Questo sistema di memoria, dalla natura dinamica e a breve termine, è cruciale per le attività cognitive di ordine superiore, quali la comprensione del linguaggio, la pianificazione e la risoluzione di problemi (Cowan, Elliott, Saultsa, Moreya, Mattox, Hismjatullinaa e Conway, 2005; Shah e Miyake, 1999). Nonostante la sua centralità e importanza, la struttura della MdL rimane un argomento di dibattito, con tre principali approcci distinti emergenti dai modelli teorici proposti in letteratura.

I modelli unitari sostengono che non esista una reale distinzione tra memoria a breve termine e memoria di lavoro. La MdL è considerata un'attivazione temporanea di parti della memoria a lungo termine, utilizzata per mantenere ed elaborare le informazioni tramite l'attenzione esecutiva o controllata. Un esempio di modello unitario è quello di

Engle e colleghi (Engle, Kane, e Tuholski, 1999), secondo cui la MdL si basa soprattutto sulla capacità di una componente di alto livello attentiva/esecutiva di mantenere attive le informazioni rilevanti per il compito, sopprimendo quelle irrilevanti o interferenti.

Una seconda visione ritiene invece che la MdL sia costituita da diversi sottosistemi, specializzati nella gestione di specifici tipi di informazioni. Un esempio significativo è il modello proposto per la prima volta da Baddeley nel 1986. Questo modello identifica quattro componenti principali della MdL: (I) l'esecutivo centrale, che agisce come un sistema di controllo e che coordina e integra le informazioni provenienti dagli altri sottosistemi e dalla memoria a lungo termine, svolgendo anche operazioni di gestione dell'attenzione e di pianificazione strategica; (II) il *loop* fonologico, responsabile del mantenimento temporaneo delle informazioni acustiche/verbali e cruciale per la comprensione del linguaggio; (III) il taccuino visuo-spaziale, che gestisce le informazioni visive e spaziali, consentendone la ritenzione temporanea e la manipolazione delle immagini mentali, risultando fondamentale per i compiti che richiedono visualizzazione e gestione dello spazio; (IV) il *buffer* episodico, introdotto da Baddeley nel 2000, che rappresenta una componente capace di integrare le informazioni provenienti dal *loop* fonologico, dal taccuino visuo-spaziale e dalla memoria a lungo termine, creando rappresentazioni coerenti e complete di episodi o eventi. Il modello di Baddeley dimostra come le diverse componenti della MdL possano operare simultaneamente senza interferenze significative, supportando l'idea di una struttura frazionata e specializzata di questo sistema.

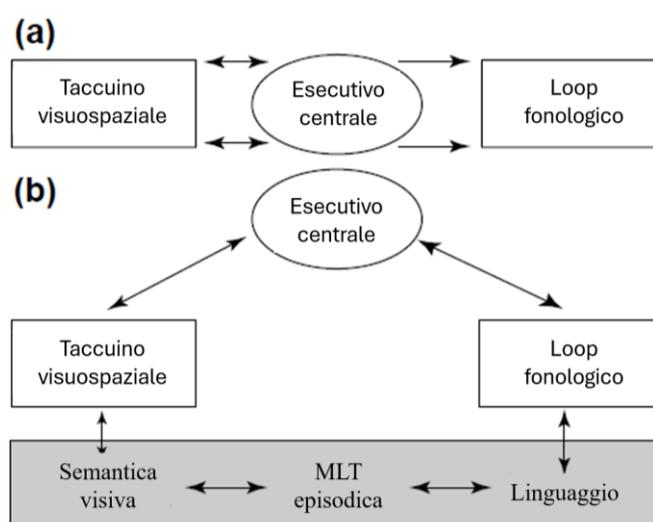


Figura 1. (a) Modello originale della Memoria di Lavoro proposto da Baddeley e Hitch (1986); (b) Sviluppo successivo del modello (Baddeley, 2000)

L'ultimo approccio è costituito dai modelli articolati, come quello proposto da Cornoldi e Vecchi (2003). Gli autori hanno proposto un modello che comprende un continuum orizzontale e uno verticale, interagenti tra loro. Il primo fa riferimento alle caratteristiche del materiale da elaborare (da verbale a spaziale), mentre il secondo al grado di controllo e alla natura delle attività implicati (da processi passivi ad altamente impegnativi e attivi). Nonostante la memoria di lavoro assuma peculiarità diverse a seconda dell'approccio di riferimento, Miyake e Shah (1999), sintetizzando le diverse prospettive, hanno individuato alcune caratteristiche generalmente condivise: (I) la MdL ha natura limitata e i suoi limiti dipendono dalla quantità di risorse disponibili, dal decadimento della traccia mnestica (Baddeley e Logie, 1999), dalla suscettibilità all'interferenza (Hasher e Zacks, 1988) e dalla velocità di elaborazione (Salthouse e Meinz, 1995); (II) la gestione delle risorse attentive è una caratteristica centrale e spiega il ruolo che la memoria di lavoro svolge nella cognizione complessa, come la comprensione del testo (Daneman e Merikle, 1996); (III) nonostante il loro ruolo non sia ancora chiaro, le conoscenze in memoria a lungo termine ricoprono un ruolo importante nelle prove di MdL; (IV) la memoria di lavoro non costituisce un'entità specifica strutturalmente distinta dal sistema cognitivo; (V) il controllo e la regolazione di questo sistema di memoria dipendono dal monitoraggio e dall'aggiornamento del contenuto della MdL, dalla pianificazione e dall'inibizione attiva delle informazioni irrilevanti o distraenti; (VI) la memoria di lavoro non è un sistema completamente unitario, dal momento che fattori specifici (e.g. strategie, tipologia del materiale, operazioni, conoscenze specifiche) ne determinano la prestazione in compiti diversi (De Beni e Borella, 2015).

Con l'avanzare dell'età, a differenza della memoria a breve termine, che subisce un lieve decremento evidente solo ad età molto avanzata (e.g. Vecchi, Richardson, e Cavallini, 2005), la memoria di lavoro declina in modo lineare già a partire dai 25 anni (Daigneault e Braun, 1993; Salthouse, 1990; Borella, Carretti, e De Beni, 2008). Tra le varie ipotesi avanzate per spiegare le ragioni di questo peggioramento, Salthouse (1996) ha proposto la riduzione nella velocità di elaborazione delle informazioni (McCabe e Hartman, 2003). Infatti, essa andrebbe a provocare un'elaborazione accurata solo delle prime operazioni cognitive richieste dal compito, e un'esecuzione lenta di queste prime operazioni non lascerebbe tempo sufficiente per eseguire le operazioni successive, aumentando il rischio di un utilizzo delle informazioni impreciso e sempre più superficiale con il trascorrere del

tempo. Hasher e Zacks (1988) hanno invece evidenziato come il declino delle abilità inibitorie nell'invecchiamento (Hasher, Lustig, e Zacks, 2007; Borella, Delaloye, Lercef, Renaud, e De Ribaupierre, 2009) determini una saturazione della MdL dovuta all'accumulo di informazioni irrilevanti. Infatti, una scarsa inibizione andrebbe a limitare e danneggiare le prestazioni cognitive, lasciando troppo spazio alle informazioni irrilevanti per intromettersi e consumare la nostra già limitata capacità di memoria. Dunque, secondo questi autori, sono l'attenzione e la capacità inibitoria i principali attori del declino osservato in MdL.

Un ulteriore ambito di dibattito concerne il possibile declino differenziale di questo sistema di memoria in funzione della natura del materiale trattato (verbale o visuo-spaziale). Alcuni studi documentano un declino più pronunciato nelle prove visuo-spaziali (Jenkins, Myerson, Joerding, e Hale., 2000; Myerson, Emery, White e Hale, 2003; Bopp e Verhaeghen, 2007), mentre altri evidenziano un peggioramento delle prestazioni nelle prove verbali (e.g. Fastenau, Denburg e Abeles, 1996). Altri ancora, impiegando compiti sia verbali che visuo-spaziali, hanno dimostrato che gli adulti più anziani hanno prestazioni di MdL inferiori rispetto agli adulti più giovani in tutti i compiti complessi di *span* che richiedono processi attenzionali o controllati, indipendentemente dal tipo di materiale presentato (e.g. Kemps e Newson, 2006). Autori come Vecchi e Cornoldi (1999) e Kemps e Newson (2006) hanno suggerito che tali discrepanze nei risultati potrebbero essere attribuite alla maggiore difficoltà intrinseca delle prove visuo-spaziali rispetto a quelle verbali, o alla minore familiarità degli anziani con il materiale visuo-spaziale.

Dunque, velocità di elaborazione, capacità di inibizione e natura del materiale proposto rappresentano alcuni fattori da tenere in considerazione per spiegare il declino età-relato visibile in MdL. Il grande numero di studi dedicati all'analisi di questo processo sottolinea la complessità di questo sistema e dei suoi rapporti con gli altri meccanismi di base. La comprensione di questi meccanismi è essenziale per sviluppare interventi mirati a mitigare il declino cognitivo nell'invecchiamento e migliorare la qualità della vita degli anziani. Prima però di passare a questo argomento, seguirà una trattazione relativa alla misurazione della MdL e della sua componente visuo-spaziale (MdLVS).

Misurare la memoria di lavoro

La misurazione della MdL avviene tipicamente attraverso prove di *span* complesso, che richiedono di mantenere e manipolare informazioni da richiamare successivamente, mentre altre informazioni, che diventano progressivamente irrilevanti, vengono presentate. La capacità di MdL, definita operativamente come il numero di elementi che possono essere ricordati, rappresenta un parametro chiave di questo costrutto.

Tra le misure di *span* di MdL complesso annoveriamo compiti classici e ben noti, come il *Reading Span Test* e il *Listening Span Test* di Daneman e Carpenter (1980). Si tratta di due strumenti utilizzati per valutare la memoria di lavoro verbale e la capacità di comprensione nel contesto di testi letti o ascoltati.

Altri compiti semplici, utilizzati per misurare la MdL, sono il *Counting Span Task* (Conway, Cowan, Bunting, Thurber e Gopinath, 2001) e l'*Operation Span Task* (Turner e Engle, 1989), nei quali viene chiesto ai partecipanti di contare il numero di punti su una serie di immagini o risolvere semplici operazioni mentre si memorizzano altri materiali. Anche l'*n-back task* (Jaeggi, Buschkuhl, Jonides e Perrig, 2008) è utilizzato per misurare la MdL in termini di monitoraggio e aggiornamento continuo delle informazioni, in quanto richiede ai partecipanti di monitorare una sequenza di stimoli e indicare quando uno stimolo attuale corrisponde a uno presentato "n" volte prima nella sequenza. A partire da questi compiti sono stati sviluppati esercizi più complessi come il *Categorization Working Memory Span Task* (CWMS; Hunt e Jones, 1990), il compito di Sternberg (Sternberg, 1966), il *Running Memory Task* (Morris e Jones, 1990) e molti altri.

Per quanto riguarda invece la componente più propriamente visiva e spaziale, le prove di memoria di lavoro visuo-spaziale (MdLVS) sono progettate per valutare la capacità di mantenere e manipolare questo tipo di informazioni. Alcune prove di MdLVS sono: I) il *Test di Corsi* (TC; Corsi, 1972), un compito classico per valutare la memoria di lavoro visuo-spaziale in cui i partecipanti devono ricordare e riprodurre una sequenza di blocchi disposti in un certo ordine spaziale; II) il *Visual Pattern Test* (Della Sala, Gray, Baddeley, Allamano e Wilson, 1999), nel quale i partecipanti devono ricordare e riprodurre un *pattern* visivo di quadrati neri e bianchi che viene mostrato per un breve periodo di tempo; III) la *Matrice di Span Visuo-Spaziale* (Baddeley e Hitch, 1974), che prevede che i partecipanti ricordino la posizione di una serie di stimoli che compaiono in una griglia e nella quale la difficoltà aumenta con il numero di posizioni da ricordare; IV) lo *Spatial*

Span Task (Corsi, 1972), simile al Corsi, ma ai partecipanti viene richiesto di memorizzare e ripetere una sequenza di posizioni in uno spazio bidimensionale e può includere variazioni come posizioni di oggetti in movimento; V) il *Visual Search Task* (Treisman e Galade, 1980), nel quale i partecipanti devono individuare uno stimolo *target* all'interno di un insieme di distrattori e che misura sia la memoria di lavoro visuo-spaziale che l'attenzione visiva. VI) il *Test di navigazione* (Riva e Mantovani, 2012), che utilizza la realtà virtuale per studiare la memoria di lavoro visuo-spaziale, richiedendo ai partecipanti di navigare e ricordare percorsi in ambienti tridimensionali.

Dato il suo ruolo nel supportare le abilità spaziali e dunque l'autonomia degli individui, la valutazione della MdLVS risulta estremamente importante. Più recentemente, per perseguire questo obiettivo è stata sviluppata una versione alternativa del *Test di Corsi* (TC) classico, ovvero il *Walking Corsi Test* (WalCT; Piccardi, Iaria, Ricci, Bianchini, Zompanti e Guariglia, 2008; Piccardi, Bianchini, Argento, De Nigris, Maialetti, Palermo e Guariglia 2013; Piccardi, Palmiero, Bocchi, Boccia e Guariglia, 2019). Si tratta di una versione in larga scala del TC, nel quale nove quadrati (30 x 30 cm) sono collocati all'interno di un rettangolo di 2,5 x 3,0 m, disegnato sul pavimento, in modo da riprodurre le posizioni in scala (1:10) e la relativa disposizione spaziale del TC originale. Ai partecipanti viene chiesto di ricordare serie di posizioni spaziali sempre più lunghe, muovendosi all'interno della configurazione di quadrati e ripetendole nell'ordine di presentazione originale (Piccardi e coll., 2008; 2013) o nell'ordine inverso (Piccardi e coll., 2019). Dunque, a differenza dei classici compiti di MdL e di MdLVS, il WalCT richiede il movimento di tutto il corpo all'interno di un ambiente controllato. Utilizzando la versione avanti è stato dimostrato che esso è sensibile all'età, con prestazioni che iniziano a diminuire già a partire dai 47 anni (Piccardi e coll., 2013) e una migliore prestazione di giovani adulti rispetto ad anziani (Piccardi e coll., 2011). Questa prova è stata utilizzata anche a scopo clinico, nel campo dell'invecchiamento, per l'individuazione precoce dei *deficit* visuo-spaziali caratteristici dell'invecchiamento patologico. Infatti, pazienti con malattia di Alzheimer in fase iniziale sono risultati selettivamente compromessi nel WalCT in avanti ma non nella classica prova di Corsi in avanti (Bianchini, Di Vita, Palermo, Piccardi, Blundo e Guariglia, 2014).

Vediamo ora più nello specifico come la MdLVS, misurata con prove come il TC e il WalCT, sia implicata e influenzi le abilità visuo-spaziali.

La memoria di lavoro visuo-spaziale e le abilità visuo-spaziali

Le abilità visuo-spaziali sono fondamentali per interpretare e interagire con l'ambiente che ci circonda. Esse comprendono la capacità di percepire, analizzare e manipolare oggetti e spazi, nonché di orientarsi e muoversi all'interno di essi. Queste competenze sono essenziali per svolgere molte attività quotidiane, come guidare, leggere una mappa o organizzare oggetti in uno spazio, risultando pertanto fondamentali per l'autonomia di ciascuno di noi.

Le capacità visuo-spaziali oggettive, che comprendono abilità come la rotazione mentale e l'assunzione di prospettiva, mostrano un declino con l'avanzare dell'età. In particolare, la capacità di rotazione mentale degli oggetti, che prevede di immaginare un oggetto ruotato nello spazio, mantenendo contemporaneamente nella mente la rappresentazione visuo-spaziale dell'oggetto stesso, tende a diminuire linearmente dalla giovinezza alla vecchiaia (Vandenberg e Kuse, 1978). Parallelamente, la capacità di assumere prospettive, che comporta il prendere il punto di vista di un'altra persona o di un'altra posizione nello spazio, mostra un deterioramento non lineare più marcato a partire dai circa cinquant'anni (Borella e coll., 2014; Kaltner, e Jansen, 2016).

La MdLVS è un importante fattore che contribuisce al declino delle capacità visuo-spaziali legato all'età (Borella, Carretti, e De Beni, 2008; Craik e Salthouse, 2011; Lichtenberger e Kaufman, 2009; Mammarella e coll., 2013). Diversi studi hanno dimostrato che la MdLVS media i peggioramenti osservati nelle abilità visuo-spaziali di alto livello e, in particolare, nella capacità di rotazione mentale (Meneghetti, Borella, Pastore e De Beni, 2014; Salthouse, Mitchell, Skovronek e Babcock, 1989; Borella e coll., 2014; Kantler e Jansen, 2016).

In conclusione, la memoria di lavoro visuo-spaziale è un fattore chiave che supporta le abilità visuo-spaziali, tra cui quelle di rotazione mentale e assunzione di prospettiva. La capacità di mantenere e manipolare attivamente le rappresentazioni visive e spaziali nella memoria di lavoro risulterebbe infatti fondamentale per l'esecuzione efficace di questi compiti cognitivi complessi. Pertanto, dato il documentato declino di queste abilità con l'età, risulta particolarmente importante promuovere interventi mirati anche alla componente visuo-spaziale della MdL, essendo anch'essa fondamentale per il miglioramento della qualità della vita e dell'autonomia personale, soprattutto nelle fasi avanzate dell'età.

Nel capitolo seguente, dopo un breve inquadramento teorico, verranno trattate le caratteristiche e le differenze degli interventi di potenziamento della memoria, focalizzandosi principalmente sui *training* di MdL e MdLVS.

I TRAINING DI MEMORIA DI LAVORO NELL'INVECCHIAMENTO

2.1 Plasticità cerebrale e plasticità cognitiva

Il cervello umano possiede una notevole capacità di adattamento all'ambiente, espressa attraverso la costante riorganizzazione e formazione di connessioni sinaptiche in risposta a nuove esperienze, sfide cognitive e cambiamenti ambientali. Questa eccezionale plasticità neuronale, o plasticità cerebrale, non solo agevola l'acquisizione di nuove competenze e conoscenze nel corso della vita, ma permette anche il recupero di funzioni compromesse a seguito di lesioni cerebrali. Parallelamente, la plasticità cognitiva si riferisce alla capacità del nostro sistema cognitivo di adattarsi a nuove situazioni e di apprendere nuove informazioni, sostenuta dai cambiamenti nella struttura e funzione del cervello (Salthouse, 2006). Studi neuropsicologici dimostrano come queste forme di plasticità siano espressione della nostra resilienza cerebrale e della capacità del nostro cervello di adattarsi continuamente alle mutevoli condizioni del contesto di vita (Cabeza, Albert, Belleville, Craik, Duarte, Grady e Reuter-Lorenz, 2018).

Ai concetti di plasticità cerebrale e cognitiva è fondamentale associare i costrutti di riserva cerebrale e riserva cognitiva. La riserva cerebrale (costrutto quantitativo) si riferisce alla capacità fisica del cervello di resistere ai danni patologici attraverso una maggiore densità sinaptica, una maggiore dimensione cerebrale o altre caratteristiche strutturali che non possono essere modificate. La riserva cognitiva (costrutto qualitativo), invece, si riferisce all'abilità della mente di utilizzare in modo efficiente le reti neuronali disponibili, sviluppando strategie cognitive che mitigano gli effetti del deterioramento cerebrale, evidenziando la relazione interattiva tra età, cervello, ambiente e cognizione, ma, soprattutto, la capacità dell'individuo di sfruttare attivamente le risorse a sua disposizione (Stern, 2002).

Plasticità cerebrale e cognitiva contribuiscono entrambe alla formazione e al mantenimento delle riserve cerebrale e cognitiva. Attraverso la neuroplasticità, il cervello può rafforzare le sue reti neuronali e sinaptiche, migliorando così la riserva cerebrale. Contestualmente, l'acquisizione di nuove competenze e conoscenze, insieme all'uso di strategie cognitive efficienti, alimenta la riserva cognitiva. Studi neuropsicologici hanno

evidenziato che una maggiore riserva cerebrale e cognitiva può ritardare l'insorgenza dei sintomi di demenza e di altre patologie neurodegenerative (Cabeza e coll., 2018; Stern, 2002). In questo contesto, le attività che promuovono la plasticità cerebrale, come l'apprendimento continuo, l'esercizio mentale e fisico, un ambiente ricco di stimoli e i *training* cognitivi, sono essenziali per sostenere e potenziare le riserve cerebrali e cognitive nel corso della vita e quindi anche, e soprattutto, nell'invecchiamento.

Infatti, se inizialmente si pensava che queste capacità plastiche fossero attribuibili solamente alle prime fasi di vita, numerose ricerche hanno invece evidenziato come la plasticità sia un costrutto che caratterizza tutto l'arco della vita della persona, conservandosi anche durante l'invecchiamento, sebbene con caratteristiche diverse (Baltes, 1987; Noack, Lövdén, Schmiedek, e Lindenberger, 2009). Le neuroimmagini sono risultate estremamente d'aiuto a questo scopo, mostrando come, parallelamente a un declino strutturale e comportamentale, ci sia uno spontaneo incremento nell'attivazione cerebrale all'aumentare dell'età, ovvero come il cervello dell'anziano cerchi di compensare funzionalmente le proprie perdite fisiologiche, adattandosi attivamente.

Una prima forma di compensazione, in termini di riorganizzazione cerebrale, è stata descritta dal modello HAROLD (*Hemispheric Asymmetry Reduction in Older adults*), il quale sottolinea come l'invecchiamento cerebrale sia caratterizzato da una riduzione dell'asimmetria emisferica, ovvero da un'attivazione bilaterale, specialmente prefrontale, in compiti cognitivi complessi (e.g. di memoria di lavoro e rievocazione episodica). La bilateralizzazione frontale è stata infatti evidenziata in anziani con alto rendimento in prove di memoria (Cabeza, 2002), risultando dunque associata a migliori prestazioni di memoria in questa fascia di popolazione.

Un secondo tipo di compensazione è stato descritto dal modello PASA (*Posterior-Anterior Shift in Aging*) di Davis e collaboratori (Davis, Dennis, Daselaar, Fleck e Cabeza, 2007). Gli autori hanno evidenziato come nell'invecchiamento sia presente un'attivazione supplementare delle aree cerebrali anteriori/frontali, associata a una riduzione nelle aree posteriori/occipitali, specialmente in prove percettive e motorie. Questo fenomeno è probabilmente dovuto alla necessità di un controllo esecutivo maggiore per l'elaborazione degli stimoli sensoriali, essendo l'invecchiamento caratterizzato da maggiori *deficit* nei sistemi visivo e uditivo (Baltes e Lindenberger, 1997). L'attivazione meno specifica comporterebbe, dunque, a livello cerebrale, un'attività diffusa e de-differenziata, che si

rifletterebbe, a livello comportamentale, in un aumento della correlazione tra diverse modalità e funzioni.

Anche Reuter-Lorenz e Cappel (2008) hanno proposto un modello di compensazione: il CRUNCH (*Compensation-Related Utilization of Neural Circuits Hypothesis*). Osservando l'attività cerebrale, tramite risonanza magnetica funzionale (fMRI), è stato infatti evidenziato come compiti semplici, che negli adulti più giovani comportano attivazioni focali e un livello di attività minore, richiedano negli adulti anziani una sovra-attivazione frontale o bilaterale. Questo *pattern* risulta tuttavia invertito quando la difficoltà del compito aumenta, ovvero, in questo caso, i giovani adulti mostrano una sovra-attivazione in aree specifiche o bilaterali, mentre gli adulti anziani possono addirittura mostrare sotto-attivazioni e un conseguente declino nella prestazione. Nell'anziano, infatti, già compiti semplici richiedono l'utilizzo di un numero elevato di risorse neurali, che risultano poi limitate e insufficienti quando le richieste diventano più difficili, causando ipo-attivazione e declino prestazionale. Questo modello risulta coerente con il concetto di riserva prima trattato, per cui gli individui con maggiore riserva, in questo caso gli individui più giovani, attivano tutte le risorse a propria disposizione solo in compiti a elevata difficoltà, mostrando solo raramente sovra-attivazioni in compiti più semplici, a differenza di chi ha un livello di riserva minore (Rypma, Eldreth e Rebbelchi, 2007).

Un ultimo modello, avanzato da Park e Reuter-Lorenz nel 2009, prende il nome di STAC (*Scaffolding Theory of Aging and Cognition*) ed è brevemente illustrato in Figura 2. Esso propone che, con l'avanzare dell'età, il cervello affronti diverse sfide neurali (i.e. atrofia, cambiamenti nella materia bianca, assottigliamento corticale e deplezione dopaminergica) che alterano il nostro funzionamento cognitivo. In risposta a tali modificazioni, il cervello crea o riorganizza circuiti alternativi, le cosiddette "impalcature", per sostenere i cambiamenti legati all'età, compensare il declino cognitivo e mantenere un buon livello di funzionamento. Ciò può avvenire attraverso il reclutamento di circuiti supplementari, complementari o alternativi, qualora alcune strutture siano funzionalmente insufficienti. La formazione, il miglioramento e l'ampliamento delle impalcature compensatorie sono modalità di riorganizzazione neurale e indicano plasticità in risposta a eventi esterni come nuovi apprendimenti, impegni sociali e cognitivi, esercizi e *training* cognitivi. Nel 2014, gli autori hanno ampliato il

modello (STAC-r), sottolineando l'importanza delle esperienze di vita nell'incrementare e ridurre le risorse neurali. Pertanto, la capacità di formare nuove impalcature caratterizza l'intero arco della vita, non solo come risposta al normale processo di invecchiamento, ma anche come risposta fisiologica ai cambiamenti dipendenti dall'esperienza.

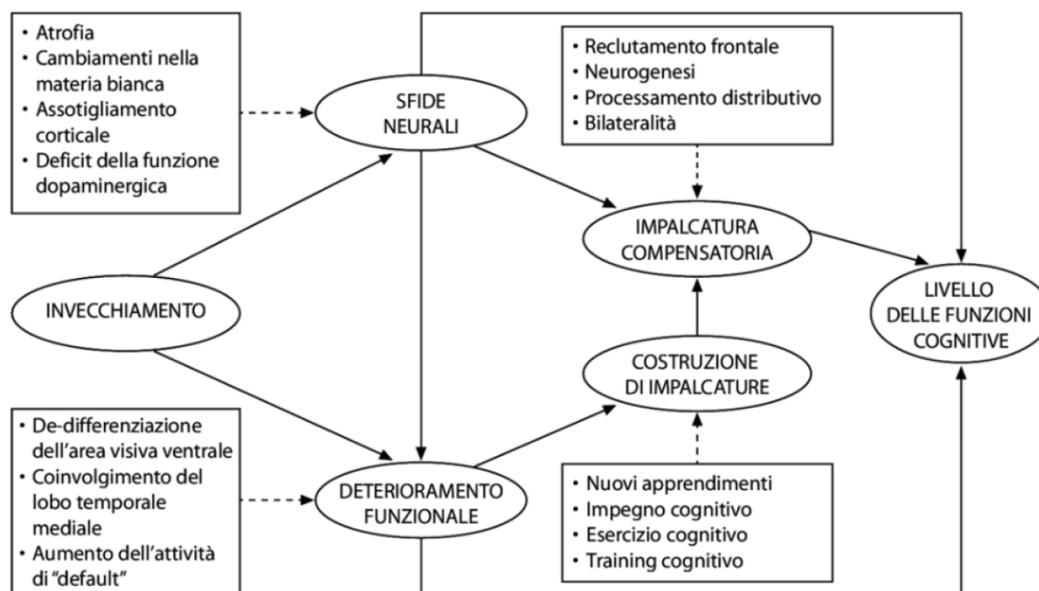


Figura 2. *Scaffolding Theory of Aging and Cognition (De Beni e Borella, 2015; adattato da Park e Reuter-Lorenz, 2009)*

La capacità del cervello di riorganizzarsi supporta la possibilità di promuovere interventi per potenziare le risorse e garantire benefici funzionali. In particolare, poiché i fenomeni di plasticità sono presenti anche in età avanzata, si ipotizza che i *training* cognitivi possano supportare il funzionamento cognitivo degli anziani, apportando benefici alla loro vita quotidiana.

2.2 Interventi di potenziamento della memoria: caratteristiche e differenze

Le difficoltà di memoria riscontrate quotidianamente dagli anziani, unite alle numerose evidenze di come anche nell'invecchiamento ci sia la possibilità di sfruttare la plasticità residua, arrecando beneficio alla vita quotidiana di questa fascia di popolazione, hanno portato numerosi ricercatori a progettare interventi cognitivi di diversa natura.

Questi studi hanno perseguito due obiettivi principali: (I) potenziamento o riattivazione di determinate abilità deficitarie; (II) compensazione delle abilità deficitarie facendo

affidamento sulle abilità preservate, al fine di supportare quelle che declinano con l'invecchiamento (De Beni e Borella, 2015).

Il primo obiettivo può essere realizzato utilizzando: (I) *training* strategici o centrati sul problema, con la finalità di modificare la prestazione oggettiva di memoria; (II) *training process-based*, incentrati invece sui processi cognitivi di base; (III) *training* metacognitivi, che hanno l'obiettivo di modificare le conoscenze e l'atteggiamento nei confronti dei compiti di memoria. A queste tre tipologie di intervento se ne aggiunge poi una quarta, quella dei *training* multifattoriali, i quali prendono in considerazione aspetti strategici ma anche altre variabili come l'autoefficacia percepita, il rilassamento e il supporto sociale (De Beni e Borella, 2015).

I *training* strategici hanno l'obiettivo di insegnare determinate strategie di memoria, come le immagini mentali, oppure specifiche mnemotecniche, come il metodo dei loci e il metodo fonetico. Un appropriato utilizzo delle strategie, accompagnato a un miglioramento della prestazione, porterebbe l'anziano ad assumere un atteggiamento più attivo e strategico nei confronti di altri compiti di memoria, con importanti ripercussioni sulla vita quotidiana.

I *training* centrati sul problema vanno a proporre soluzioni mirate e pratiche per le dimenticanze che l'anziano riscontra nella vita quotidiana, come il mancato ricordo dei nomi di persona, della lista della spesa, della posizione di determinati oggetti ecc.

Nei *training process-based* si ha invece l'obiettivo di migliorare i sistemi chiave della cognizione, ovvero le funzioni esecutive, la velocità di elaborazione e la memoria di lavoro, per migliorare il sistema di elaborazione delle informazioni. Questa tipologia di *training* non vuole insegnare strategie specifiche per svolgere determinati compiti, ma vuole andare a superare i limiti dei *training* strategici, favorendo effetti di generalizzazione, anche a lungo termine, ad abilità non direttamente allenate ma importanti per la quotidianità. Come discuteremo in seguito, la memoria di lavoro è divenuta l'abilità *target* di questa tipologia di *training*, data la sua centralità per i processi cognitivi complessi (ragionamento, intelligenza, comprensione del testo e abilità visuo-spaziali) e la sua sensibilità ai cambiamenti età relati.

I *training* metacognitivi hanno poi l'obiettivo di promuovere conoscenze relative ai compiti di memoria, allenando la metamemoria e facendo leva sulle convinzioni circa le proprie abilità e la percezione di controllo durante lo svolgimento delle prove,

migliorando l'autoefficacia. È infatti noto come nell'invecchiamento ci sia questa convinzione diffusa che le difficoltà di memoria siano inevitabili e incontrastabili, la quale alimenta un atteggiamento passivo e un mancato utilizzo di strategie efficaci. Questi comportamenti vanno poi a causare un peggioramento nella prestazione, la quale va solamente ad alimentare le convinzioni negative circa le proprie capacità e l'attribuzione dei propri fallimenti a cause esterne, incontrollabili e dunque imm modificabili.

In ultimo, i *training* multifattoriali vanno a integrare le conoscenze strategiche con variabili cognitive, come l'attenzione, e non cognitive, come il senso di autoefficacia e il livello d'ansia o di stress. Si tratta di interventi che combinano l'attività di codifica (organizzazione, ripetizione, uso di mnemotecniche), le caratteristiche del soggetto dal punto di vista cognitivo e non cognitivo, i fattori legati al recupero (tipologia del compito di memoria) e la natura del materiale (verbale, visivo, ecc.), rifacendosi al modello tetraedrico di Jenkins (1979). In questo modo, l'insegnamento di strategie viene associato ad attività di rilassamento, informazioni circa la memoria ed altre attività, intervenendo su tutti i fattori che possono influenzare la prestazione dell'anziano.

A tutti questi *training* si contrappongono quelli compensativi. Utilizzare un approccio compensativo significa insegnare agli anziani a svolgere le prove che risultano difficoltose, utilizzando strategie di esecuzione che vadano a sfruttare le abilità residue, ottenendo dei buoni livelli di prestazione. Un esempio di *training* compensativo è quello proposto da Liu e Park (2004), le quali hanno provato a sfruttare processi automatici di recupero, per supportare il ricordo prospettico degli anziani, ottenendo risultati promettenti (De Beni e Borella, 2015). Tuttavia, nonostante questi risultati incoraggianti, la maggior parte degli interventi di memoria sono costituiti da *training* di potenziamento o riattivazione e, soprattutto negli ultimi anni, hanno come oggetto la memoria di lavoro.

2.3 Training di memoria di lavoro nell'invecchiamento

La memoria di lavoro (MdL), come approfondito nel capitolo precedente, rappresenta uno degli aspetti più studiati della cognizione, poiché gioca un ruolo cruciale in un'ampia gamma di abilità cognitive complesse. Si tratta infatti di una componente essenziale della nostra capacità mentale, ed è spesso considerata il "collo di bottiglia" della cognizione umana, poiché gestisce e manipola le informazioni in tempo reale. La ricerca scientifica ha dimostrato che i cambiamenti nel funzionamento della MdL possono spiegare il declino cognitivo che caratterizza il processo di invecchiamento (Park, Lautenschlager,

Hedden, Davidson, Smith, e Smith, 2002). Questo declino è particolarmente significativo, poiché la MdL è coinvolta in numerose attività quotidiane che richiedono attenzione, pianificazione e ragionamento, come il *problem-solving*, la comprensione del testo e le abilità visuo-spaziali. Risulta quindi chiaro come, con l'avanzare dell'età, la riduzione della capacità di mantenere e manipolare informazioni possa avere un impatto profondo sulla qualità della vita e sull'indipendenza dell'individuo, e come sia di estrema importanza preservare e migliorare questo sistema di memoria.

L'aumento dell'interesse verso questo specifico aspetto della nostra cognizione ha portato alla proliferazione di studi che indagano programmi di potenziamento finalizzati a migliorare il funzionamento cognitivo nell'anziano (Karch e Verhaeghen, 2014).

Nello specifico, molti di questi programmi di potenziamento sono *process-based*, ovvero, come precedentemente descritto, non si limitano a migliorare la performance in compiti specifici, ma mirano a rinvigorire i meccanismi cognitivi di base che supportano la memoria di lavoro, cercando di rallentare o persino invertire alcuni degli effetti negativi dell'invecchiamento cognitivo. Infatti, la pratica ripetuta con compiti che coinvolgono direttamente il meccanismo cognitivo che si intende allenare, come la MdL, permette non solo di migliorare le prestazioni nei compiti specificamente allenati, ma anche di facilitare il trasferimento e la generalizzazione dei benefici a un ampio spettro di abilità cognitive più complesse che coinvolgono processi di MdL. Dunque, questo tipo di approccio mira a rafforzare il sistema di elaborazione delle informazioni, in modo tale che i miglioramenti ottenuti possano estendersi ad altre abilità, perdurare nel tempo e contribuire a mantenere una buona qualità della vita anche in età avanzata.

Un elemento distintivo di questi *training* è rappresentato dalla modalità delle prove di allenamento, che sono generalmente progettate per essere adattive: i partecipanti iniziano da un livello di difficoltà appropriato alla loro capacità, che aumenta progressivamente se il compito viene completato con successo. Quando la persona non è più in grado di rispondere correttamente, la difficoltà viene ridotta a un livello più semplice. Questo approccio adattivo assicura che i partecipanti si allenino sempre nella loro cosiddetta "zona di sviluppo prossimale" (Vygotskij, 1978), ovvero a quel livello di difficoltà che richiede il massimo impegno possibile, stimolando così la plasticità cerebrale e favorendo l'apprendimento e il consolidamento delle abilità.

A seguito di questi interventi, il miglioramento nel sistema di elaborazione delle informazioni consentirebbe agli anziani di fare un uso più efficiente e flessibile delle proprie risorse cognitive, un aspetto fondamentale per affrontare le sfide cognitive della vita quotidiana (Bürki, Ludwig, Chicherio, e de Ribaupierre, 2014; Zinke, Zeintl, Eschen, Hertzog, e Kliegel, 2012). L'allenamento della MdL, essendo un meccanismo altamente sensibile al declino cognitivo associato all'invecchiamento, offre quindi il potenziale non solo di apportare benefici nei compiti allenati, ma anche di promuovere effetti di generalizzazione ad abilità non direttamente allenate, ma che condividono processi cognitivi comuni con quelli allenati.

Infatti, per considerare un programma di potenziamento cognitivo come efficace, ci si aspetta che esso porti a miglioramenti nell'abilità direttamente trattata, noti come "benefici specifici". Tuttavia, un aspetto ancora più interessante e desiderabile è l'incremento delle prestazioni in prove diverse da quelle direttamente allenate, ma che implicano la stessa abilità, noti come "effetti di trasferimento" (Barnett e Ceci, 2002). Questo fenomeno indica che l'allenamento non solo rafforza l'abilità specifica praticata, ma contribuisce anche al miglioramento di abilità correlate, il che potrebbe avere un impatto positivo più ampio, estendibile alla vita quotidiana dell'individuo.

Nella letteratura scientifica sono state proposte diverse tassonomie per analizzare i benefici dei *training* cognitivi, una delle più rilevanti è quella presentata da Noack e collaboratori (2009). Essi hanno sviluppato una classificazione degli effetti di generalizzazione basata sulla distanza delle abilità coinvolte, seguendo una struttura a strati ispirata dal modello di intelligenza di Carroll (1993). In questa classificazione, gli effetti di trasferimento vengono suddivisi in quattro categorie: (I) effetti di trasferimento "vicinissimi", quando il miglioramento avviene in compiti che implicano lo stesso tipo di abilità rispetto a quella allenata; (II) effetti di trasferimento "vicini", nel caso in cui si osservino miglioramenti in abilità simili ma che coinvolgono processi differenti; (III) effetti di trasferimento "distanti", dove il miglioramento è visibile in abilità diverse da quella allenata, ma che condividono processi cognitivi comuni; (IV) effetti di trasferimento "lontani", che riguardano abilità completamente diverse da quelle allenate e che richiedono processi cognitivi relativamente distinti.

A questo breve inquadramento teorico seguirà ora una trattazione dei principali risultati, riguardanti i *training* di memoria di lavoro nell'invecchiamento tipico, emersi dalla letteratura.

2.4. Evidenze di efficacia dei training di memoria di lavoro nell'invecchiamento

Il crescente interesse per gli studi sui *training* di MdL nell'invecchiamento ha portato alla conduzione di numerose metanalisi, finalizzate a valutare i potenziali benefici di questi programmi o a identificarne eventuali limiti. Il dibattito su questo tema è particolarmente vivace, in parte a causa dei risultati contrastanti emersi. Ad oggi, ci sono prove consistenti che i *training* di MdL producano effetti compito-specifici (ossia miglioramenti in compiti criterio di MdL, simili a quelli allenati), con alcuni studi che segnalano effetti di trasferimento vicino (Karbach e Verhaeghen, 2014; Teixeira-Santos et al., 2019). Ad esempio, nella metanalisi di Karbach e Verhaeghen (2014), gli autori hanno esaminato 49 programmi di potenziamento delle funzioni esecutive e della memoria di lavoro in giovani anziani, concentrandosi sulle differenze legate all'età e sugli effetti di trasferimento. Gli autori hanno riportato effetti specifici significativi sulle prove criterio, oltre a evidenze di effetti di trasferimento vicino, con una certa consistenza. Tuttavia, gli effetti di trasferimento lontani sono stati osservati solo in alcuni casi e, in ogni caso, risultano meno robusti rispetto a quelli rilevati per le prove criterio.

Dunque, i benefici in termini di trasferimento ad abilità cosiddette lontane, che richiedono processi cognitivi differenti rispetto a quelli allenati, rimangono ancora controversi e difficili da confermare in modo sistematico (Constantinidis e Klingberg, 2016; Karbach e Verhaeghen, 2014; Lampit, Hallock e Valenzuela, 2014; Melby-Lervag e Hulme, 2016; Morrison e Chein, 2011; Schwaighofer, Fischer, e Bühner, 2015; Von Bastian e Oberauer, 2013).

Pertanto, fino ad oggi, la maggior parte degli studi condotti sui *training* di MdL ha prodotto risultati che indicano miglioramenti nelle abilità specifiche allenate, con qualche evidenza di trasferimento ad abilità vicine. Tuttavia, gli effetti di trasferimento verso abilità più distanti e verso la generalizzazione più ampia rimangono una questione aperta, che continua a generare discussione e richiede ulteriori approfondimenti.

In particolare, i *training* che hanno l'obiettivo di allenare la componente visuo-spaziale della memoria di lavoro (MdLVS), mostrano effetti di trasferimento ancora più limitati.

Nel 2008, Li e collaboratori (Li, Schmiedek, Huxhold, Röcke, Smith e Lindenberger, 2008) hanno proposto un *training* di MdLVS articolato in 45 sessioni giornaliere di 15 minuti circa, utilizzando una procedura non adattiva e un compito *n-back* spaziale in cui venivano presentati pallini neri in una griglia 3x3. I partecipanti si allenavano quotidianamente sia con una condizione regolare, sia con una complessa, per un totale di 88 *trial* al giorno, divisi in quattro blocchi da 22 *trial*. Nella prima condizione, una sequenza di cerchi neri appariva nelle otto caselle esterne della griglia e il partecipante doveva rispondere “SI” se la posizione del cerchio corrente corrispondeva a quella del cerchio presentato due volte prima, altrimenti doveva rispondere “NO”. Nella condizione complessa, invece, veniva chiesto ai partecipanti di ruotare la posizione presentata di una casella in senso orario, di memorizzare la casella e rispondere “SI” se la posizione del cerchio corrente corrispondeva a quella del cerchio presentato due volte prima e ruotato in senso orario, altrimenti dovevano rispondere “NO”. Sono state messe a confronto la prestazione di 46 giovani adulti (20-30 anni) e 41 giovani anziani (70-80 anni), dividendo i partecipanti in un gruppo sperimentale e un gruppo di controllo passivo. I benefici a livello di MdL sono stati analizzati utilizzando il compito *n-back* allenato, un compito *n-back* numerico, l’*Operation Span Task* e il *Rotation Span Task*. Sono stati anche utilizzati compiti di decisione semplice per misurare miglioramenti nella velocità di elaborazione. Sia i giovani che gli anziani hanno mostrato benefici specifici comparabili per il compito allenato e le altre prove di *n-back* simili, ma non è stato riscontrato nessun effetto di trasferimento a prove di *span* complesse e velocità di elaborazione. Tre mesi dopo la fine del *training*, i benefici specifici sono stati mantenuti in misura maggiore dai giovani che dagli anziani.

Lo stesso anno, Buschkuehl e collaboratori (Buschkuehl, Jaeggi, Hutchison, Perrig-Chiello, Däpp, Müller e Perrig, 2008) hanno reclutato 39 anziani, con un’età media di 80 anni, e gli hanno proposto 2 sessioni di allenamento a settimana, di circa 45 minuti, su un periodo di 12 settimane. Durante l’allenamento, ai partecipanti veniva chiesto di memorizzare e ricordare sequenze di cerchi colorati o di immagini di animali. La procedura era adattiva e, mentre il gruppo sperimentale svolgeva il *training* di MdL visiva su *computer* in laboratorio, al gruppo di controllo sono stati proposti esercizi fisici. Oltre al compito di MdL visiva utilizzato per l’allenamento, gli autori hanno analizzato i trasferimenti alla memoria a breve termine tramite il *Digit Span Task* e il *Block Span*

Task, e alla memoria episodica tramite compiti di richiamo libero sia verbale che spaziale. Anche in questo allenamento sono stati riscontrati benefici specifici ma nessun effetto di trasferimento. Tuttavia, questi benefici specifici non sono stati mantenuti a un anno dopo il *training*.

Anche Borella e collaboratori, nel 2014, hanno proposto un *training* di MdLVS a 40 giovani-adulti (18-35 anni) e 40 giovani anziani (65-75 anni). Il gruppo sperimentale svolgeva il *training a computer*, eseguendo varianti del compito di *span* complesso di MdLVS con stimoli visivi (pallini) presentati su una griglia 4x4. Il gruppo sperimentale completava parallelamente attività alternative (compilazione di questionari). Le sessioni sperimentali erano 3, ciascuna della durata di circa 45 minuti, nell'arco di due settimane. È stata utilizzata una procedura ibrida, ovvero una procedura adattiva che combinava variazioni delle richieste dei compiti e cambiamenti nella loro difficoltà. Sono stati utilizzati diversi compiti per analizzare i benefici, sia a livello di MdL (Matrici, CWMS e TC avanti e indietro), sia di velocità di elaborazione (*Pattern comparison*), sia di inibizione (Stroop colore), che di ragionamento (Test di Cattell). Anche in questo caso, nei giovani anziani sono stati riscontrati benefici specifici solo in misure di MdL, mentre nei giovani adulti i benefici specifici nelle misure di MdL sono stati accompagnati da effetti di trasferimento a misure di memoria visuo-spaziale e di velocità di elaborazione. Otto mesi dopo il *training*, sia nei giovani anziani che nei giovani adulti, è stato osservato solo un mantenimento dei benefici specifici in misure di MdL.

Nel 2018, Pergher e collaboratori (Pergher, Wittevrongel, Tournoy, Schoenmakers e Van Hulle, 2018) hanno poi reclutato 18 giovani adulti (21-34 anni) e 28 adulti (55-69 anni), proponendo un allenamento di 10 sessioni di circa 30 minuti, da svolgere 3 volte a settimana. All'interno di ogni sessione veniva incrementato il carico di difficoltà di un compito *n-back* che passava dal livello *1-back* al livello *3-back*. Il gruppo sperimentale svolgeva questo compito su un *tablet* in laboratorio, dove gli stimoli erano immagini di oggetti di uso quotidiano, mentre il gruppo di controllo era passivo. I benefici sono stati indagati con la prova criterio *n-back* visiva non adattiva, con il Test delle variabili dell'Attenzione, con il TC per la memoria a breve termine visuo-spaziale e anche con il Test di RAVEN per l'abilità di ragionamento. Negli adulti sono stati osservati benefici specifici ed effetti di trasferimento a misure di attenzione e ragionamento, mentre nei giovani adulti benefici specifici ed effetti trasferimento a misure di ragionamento. I

ricercatori hanno osservato un miglioramento più marcato per adulti che per giovani adulti, senza però osservare alcun beneficio a lungo termine in entrambe le popolazioni. Infine, Jaeggi e collaboratori (Jaeggi, Buschkuhl, Parlett-Pelleriti, Moon, Evans, Kritzmacher, e Jonides, 2019), hanno proposto un compito di *n-back* visivo su *tablet* a domicilio, utilizzando come stimoli oggetti di uso quotidiano. Centoottantatre giovani anziani (età superiore a 65 anni), sono stati divisi in un gruppo sperimentale e un gruppo di controllo che svolgeva esercizi di cultura generale su *tablet* (es. prove di vocabolario). Le sessioni erano 20, ognuna di 15 minuti circa, divise in 3 condizioni: doppia sessione giornaliera, una sessione giornaliera oppure una sessione a giorni alterni. La procedura era adattiva. Per misurare i benefici in MdL è stato utilizzato il compito *n-back* spaziale, il *Symmetry Span* e il *Sternberg Task*. Sono stati indagati anche i trasferimenti a misure di inibizione (D2, falsi allarmi dell'*n-back* spaziale, intrusioni in memoria a lungo termine visiva), di memoria a lungo termine (memoria a lungo termine visuo-spaziale, metamemoria, CEDAR), e di velocità di elaborazione (confronti di lettere e *pattern*). In questo caso, sono stati osservati benefici specifici ed effetti di trasferimento vicinissimi (es. ad altre misure di MdL e di inibizione o indici di interferenza), ma non è stato osservato alcun effetto attribuibile alle variazioni di condizione. I benefici specifici e gli effetti di trasferimento sono stati osservati anche a 3 mesi di distanza.

In conclusione, i *training* di MdL rappresentano un'area promettente di intervento per migliorare la cognizione negli anziani, offrendo benefici specifici e trasferimenti vicini, ma l'efficacia nel generare effetti di trasferimento rimane ancora un tema aperto e controverso, specialmente per quanto riguarda programmi che hanno come *target* la componente visuo-spaziale della MdL. La capacità di questi programmi di potenziare la memoria di lavoro e le abilità cognitive correlate potrebbe avere un impatto significativo sulla qualità della vita degli anziani, contribuendo a mantenere l'indipendenza e riducendo il rischio di declino cognitivo associato all'invecchiamento. Per questo motivo risulta estremamente rilevante continuare a trovare modalità e procedure che migliorino l'efficacia di questa tipologia di interventi. Nello specifico, un'area di particolare interesse riguarda l'utilizzo, durante l'allenamento, di compiti di MdLVS più interattivi e pratici, che potrebbero essere più efficaci nel promuovere benefici, sia specifici che di trasferimento, anche verso abilità visuo-spaziali non direttamente allenare, come la rotazione mentale e l'assunzione di prospettiva, aspetto mai indagato dalla precedente

letteratura. Tra i vari fattori, oltre alla procedura utilizzata, la struttura e durata delle sessioni, le caratteristiche del campione, in termini di differenze individuali, e i domini indagati, la natura dei compiti utilizzati nei *training* di MdL può risultare infatti un elemento cardine capace di influenzarne i risultati. La limitata efficacia dei *training* di MdL visuo-spaziali può essere dovuta, almeno in parte, alla natura del materiale utilizzato per l'allenamento. I compiti tipicamente utilizzati in questi interventi, infatti, richiedono spesso di manipolare materiale astratto e poco familiare, il che potrebbe rappresentare una sfida significativa per gli anziani. A cascata, la difficoltà nel comprendere e manipolare tali informazioni può ridurre la motivazione e l'efficacia del *training*, rendendo questi programmi meno adatti per la popolazione anziana. Tenendo bene a mente queste difficoltà e limiti, il terzo capitolo di questo elaborato avrà l'obiettivo di presentare un *training* di MdLVS, proposto ad un campione di giovani-anziani, più interattivo e concreto. Per sostenere motivazione e interesse, sono state proposte attività sempre diverse grazie a modalità di allenamento differenti, utilizzando anche una procedura adattiva, unita alla variazione delle richieste del compito.

**ALLENARE LA MEMORIA VISUO-SPAZIALE NELL'ANZIANO
COMBINANDO COMPITI PRESENTATI SU TABLET E PIÙ IMMERSIVI:
QUALI BENEFICI?**

3.1 Obiettivi

La ricerca descritta nel presente capitolo è parte di un progetto più ampio che ha l'obiettivo di comprendere quale sia la modalità di allenamento della memoria di lavoro visuo-spaziale (MdLVS) più efficace per promuovere, in giovani-anziani, benefici specifici in compiti di MdLVS simili a quelli direttamente allenati ed effetti di trasferimento ad abilità visuo-spaziali non direttamente allenate.

Questo studio, che ha coinvolto un campione di giovani-anziani con invecchiamento tipico, si è concentrato sull'analisi dell'efficacia di un *training* di MdLVS basato su un classico compito di MdLVS: il *Test di Corsi* (Corsi, 1972). In particolare, il *training* combina l'allenamento con esercizi simili alla versione su *tablet* del *Test di Corsi* indietro (TC; Corsi, 1972) ad esercizi più immersivi e coinvolgenti simili al *Walking Corsi Test* indietro (WalCT; Piccardi e coll., 2008; 2013; 2019), che richiede di muoversi tra quadrati disposti sul pavimento in un *setting* controllato. Il fine dell'utilizzo combinato del TC classico e della sua versione estesa, il WalCT, è stato quello di coinvolgere attivamente i partecipanti in un programma di allenamento più dinamico, immersivo e motivante. A questo scopo, è stata inoltre utilizzata una procedura ibrida, nella quale la difficoltà del compito era adattiva, ovvero essa aumentava o diminuiva a seconda dei successi o insuccessi dei partecipanti, e le richieste dei compiti erano sempre diverse, ad esempio veniva chiesto di ricordare sequenze all'indietro per intero o ricordarle all'indietro saltando alcune posizioni. Infatti, questi fattori risultano importanti per mantenere alta l'attenzione e la motivazione dei partecipanti, favorendo così gli effetti di trasferimento (Borella, Carretti, Riboldi, e De Beni, 2010; Borella, Carbone, Pastore, De Beni, e Carretti, 2017; Gardner, Strayer, Woltz, e Hill, 2000; Karbach, e Kray, 2009), i quali risultano spesso limitati soprattutto nei *training* che allenano la componente visuo-spaziale della MdL (e.g., Karbach e Verhaeghen, 2014; Lampit e coll., 2014; Teixeira-Santos e coll., 2019).

L'obiettivo era, dunque, valutare se tale modalità di allenamento potesse potenziare la MdLVS e favorire effetti di trasferimento ad altre abilità non direttamente allenare, in particolare la rotazione mentale, ovvero l'abilità di ruotare mentalmente oggetti bidimensionali o tridimensionali, e l'assunzione di prospettiva, ovvero l'abilità di immaginare di adottare diversi punti di vista, dato il loro ruolo nel supportare funzioni fondamentali per l'autonomia della persona nella quotidianità, come l'apprendimento di percorsi (Meneghetti e coll., 2014).

I partecipanti sono stati divisi in due gruppi sperimentali. Un gruppo (Gruppo Sperimentale) ha partecipato a 6 sessioni individuali di *training*, mentre il secondo gruppo (Gruppo di Controllo Attivo) ha partecipato a 6 sessioni individuali di attività alternative. Per verificare i benefici specifici sono stati utilizzati una versione *tablet* del *Test di Corsi indietro* (TC, adattato da Piccardi e coll., 2019) e il *Walking Corsi Test indietro* (WalCT; Piccardi e coll., 2019). Gli effetti di trasferimento vicinissimi sono stati valutati con una versione computerizzata del *Test di Percorsi su Matrici* (TPM; adattato da Mammarella, Borella, Pastore e Pazzaglia, 2008) che coinvolge processi di MdLVS simili a quelli allenati ma con materiali e richieste diversi da quelle utilizzate nel *training*. Gli effetti di trasferimento lontani sono stati invece indagati utilizzando il *Mental Rotation Test* (MRT; Vandenberg e Kuse, 1978), una misura di rotazione mentale, e l'*Object Perspective-Taking Task* (OPT; Kozhevnikov e Hegarty, 2001), una misura di assunzione di prospettiva.

In linea con la letteratura sui *training* di MdL nell'invecchiamento (Karbach e Verhaeghen, 2014; Teixeira-Santos e coll., 2019), ci si aspettava di osservare benefici specifici nel Gruppo Sperimentale, ma non nel Gruppo di Controllo Attivo, nel TC indietro e nel WalCT indietro. Ci si aspettava inoltre di rilevare effetti di trasferimento nel TPM e nelle misure di rotazione mentale e assunzione di prospettiva (MRT e OPT), dato che queste prove coinvolgono processi e abilità legate alla MdLVS.

3.2 Metodologia

3.2.1 Partecipanti

Lo studio ha coinvolto 37 anziani di età compresa tra i 65 e i 74 anni, di cui 15 maschi e 22 femmine, con un livello di scolarità pari o superiore a 8 anni. Tutti i partecipanti sono residenti nel Nord-Est italiano, di madrelingua italiana e hanno aderito alla ricerca in modo volontario e a titolo gratuito.

I criteri di inclusione sono stati: (I) un buono stato di salute psico-fisica, senza storia di disturbi neurologici o psichiatrici, accertato tramite un'intervista semi-strutturata (De Beni, Borella, Carretti, Marigo, e Nava, 2008); (II) un punteggio al *Mini-Mental State Examination* (MMSE; Folstein, Folstein, e McHugh, 1975) superiore a 27.

I partecipanti sono stati assegnati ad un Gruppo Sperimentale, coinvolto nel *training* di MdLVS o ad un Gruppo di Controllo Attivo, cui sono state proposte attività alternative.

I due gruppi non differiscono significativamente in termini di età, anni di scolarità ($F_s < 1$) e distribuzione di genere ($\chi^2 = 0.04$, $p = .84$).

Le statistiche descrittive delle caratteristiche demografiche dei due gruppi sono riportate in Tabella 3.1.

Tabella 3.1. *Medie (M) e deviazioni standard (DS) delle caratteristiche demografiche dei partecipanti suddivise per gruppo.*

	Gruppo di Controllo Attivo		Gruppo Sperimentale	
	N= 19 (11 Femmine)		N= 18 (11 Femmine)	
	<i>M</i>	<i>DS</i>	<i>M</i>	<i>DS</i>
Età	69.95	3.54	69.00	4.14
Scolarità (in anni)	11.21	3.24	10.56	3.09

3.2.2 Materiali

Compiti criterio (benefici specifici)

Test di Corsi indietro (TC; adattato da Piccardi e coll., 2019). La prova utilizzata è una versione adattata del *Test di Corsi* (Corsi, 1972), presentata su un *tablet Hanspree* con schermo da 13 pollici. In questa versione, lo schermo del *tablet* mostra nove quadrati grigio scuro (3 x 3 cm) disposti in una configurazione classica all'interno di un rettangolo grigio chiaro di 18 x 25 cm. Un'immagine del TC indietro è visibile in Figura 3.1.

Ai partecipanti vengono presentate sequenze di quadrati di lunghezza crescente (da 2 a 9, una sequenza per livello) tramite un pallino nero che appare su ogni quadrato per 3 secondi, con un intervallo di 500 millisecondi tra ogni apparizione. Alla fine della presentazione della sequenza, i partecipanti vengono invitati a riprodurre la sequenza mostrata dal pallino all'indietro, toccando i quadrati sulla configurazione, che riappare sullo schermo del *tablet*, dall'ultimo al primo.

Per ogni sequenza viene calcolata la proporzione di quadrati ricordati nella corretta posizione sequenziale rispetto al totale. La variabile dipendente è la proporzione media di quadrati riportati correttamente in posizione sequenziale.

Per questa prova sono state utilizzate due forme parallele, A e B, opportunamente controbilanciate tra i partecipanti e tra le sessioni di valutazione (*pre-test* e *post-test*).

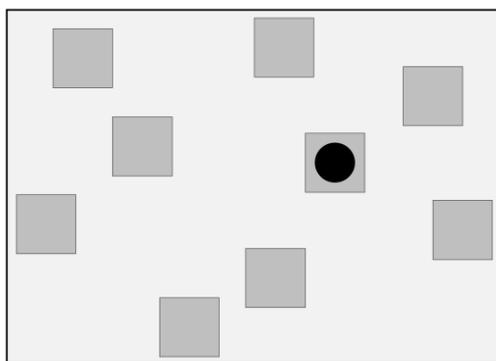


Figura 3.1 Esempio della prova *Test di Corsi indietro* (TC; adattato da Piccardi e coll., 2019)

Walking Corsi indietro (WalCT; Piccardi e coll., 2019). Questa prova è una versione in scala 10:1 del *Test di Corsi*, preparata in uno spazio di circa 5 x 6 metri. Nove quadrati (30 x 30 cm) sono disposti su un tappeto di 3 x 2,5 metri, replicando la configurazione

della prova originale (Corsi, 1972). La configurazione è coperta su tre lati da teli neri opachi per nascondere eventuali riferimenti esterni presenti nella stanza (porte, finestre, termosifoni, ecc.), mentre il quarto lato è libero e contiene il punto di partenza per l'esercizio, posto esternamente rispetto alla configurazione e segnalato da un rettangolo nero. Un'immagine del WalCT indietro è visibile in Figura 3.2.

Lo sperimentatore presenta sequenze di quadrati di lunghezza crescente (da 2 a 9, una sequenza per livello), muovendosi nella configurazione e fermandosi su ogni posizione per 2 secondi. Il partecipante osserva la sequenza restando fermo sul punto di partenza e poi ripete la sequenza all'indietro, camminando all'interno della configurazione una volta che lo sperimentatore è uscito.

Per ogni sequenza viene calcolata la proporzione di quadrati ricordati nella corretta posizione sequenziale rispetto al totale. La variabile dipendente è la proporzione media di quadrati riportati correttamente in posizione sequenziale.

Per questa prova sono state utilizzate due forme parallele, A e B, opportunamente controbilanciate tra i partecipanti e tra le sessioni di valutazione (*pre-test* e *post-test*).



Figura 3.2. Esempio della prova *Walking Corsi indietro* (WalCT; Piccardi e coll., 2019).

Effetti di trasferimento

Memoria di lavoro visuo-spaziale

Test dei Percorsi su Matrice (TPM, adattato da Mammarella e coll., 2008; Cornoldi, Rigoni, e Tressoldi, 1999). Questa prova di MdLVS è stata adattata dalla versione originale carta-matita del *test*. La prova utilizzata in questo studio è infatti digitalizzata e presentata su *tablet*. Al partecipante viene inizialmente presentata una matrice di quadrati,

posta al centro dello schermo, che contiene una casella colorata in basso a sinistra, rappresentante il punto di partenza di un percorso. La matrice viene mostrata per 4 secondi e, successivamente, viene presentata una sequenza di frecce, una alla volta, ciascuna visibile per 2 secondi. Il compito del partecipante è immaginare il percorso indicato dalle frecce nella matrice e indicarne il punto di arrivo su una matrice vuota che appare subito dopo. Non sono stati posti limiti di tempo per rispondere e, a differenza della prova originale, non viene fornita alcuna indicazione verbale per memorizzare il percorso.

La difficoltà della prova aumenta con il numero di indicazioni (lunghezza della sequenza di frecce, che però non segue un andamento progressivo) e la grandezza della matrice (da 2 x 2 a 6 x 6, aumentando progressivamente). In Figura 3.3 sono visibili alcuni *item* di esempio.

La variabile dipendente considerata è la somma delle posizioni finali ricordate correttamente (massimo 9).

Per questa prova sono state utilizzate due forme parallele, A e B, opportunamente controbilanciate tra i partecipanti e tra le sessioni di valutazione (*pre-test* e *post-test*).

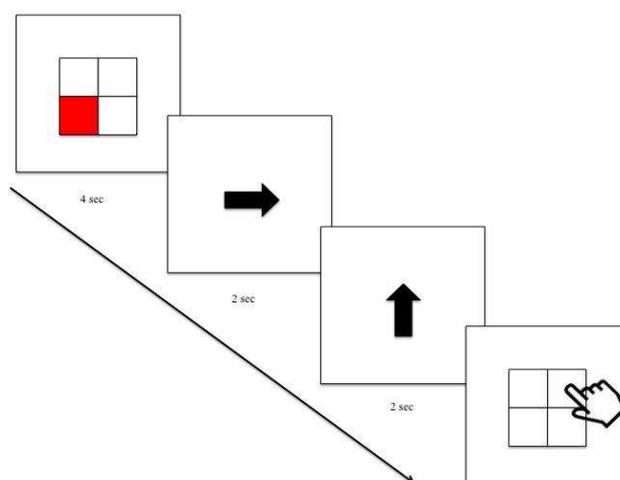


Figura 3.3. *Item d'esempio della prova Test dei Percorsi su Matrice (TPM, adattato da Mammarella e coll., 2008; Cornoldi e coll., 1999).*

Abilità di rotazione mentale

Short Mental Rotation Test (sMRT; De Beni, Meneghetti, Fiore, Gava e Borella, 2014).

In questa prova di rotazione mentale viene presentato su un foglio un oggetto tridimensionale composto da dieci cubi. Il partecipante deve confrontare l'oggetto di riferimento con altri quattro oggetti scegliendone due che siano una rotazione del

riferimento. La prova è composta da quattro *item* di esempio e dieci *item* di prova, da completare entro un massimo di 5 minuti. In Figura 3.4 sono visibili alcuni *item* di esempio.

Il punteggio (variabile dipendente) è dato dalla somma degli *item* di prova risolti correttamente (massimo 10 punti).

Per questa prova sono state utilizzate due forme parallele, A e B, opportunamente controbilanciate tra i partecipanti e tra le sessioni di valutazione (pre-test e post-test).

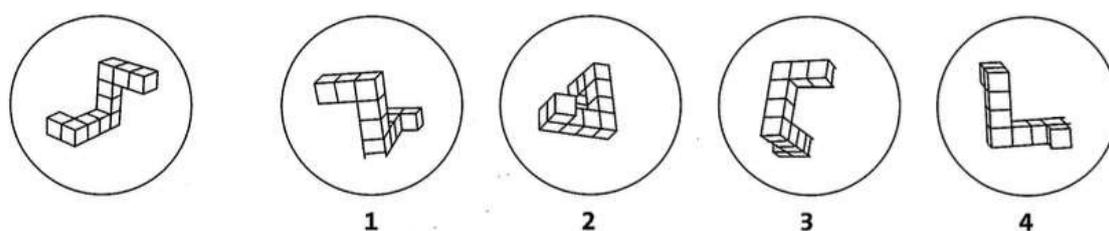


Figura 3.4. *Item d'esempio della prova Short Mental Rotation Test (sMRT; De Beni e coll., 2014).*

Short Object Perspective-Taking task (sOPT; De Beni e coll., 2014). In questa prova di assunzione di prospettiva viene mostrata al partecipante una configurazione di sette oggetti, disposti nella parte superiore del foglio. In ogni foglio è poi scritta la consegna che chiede alla persona di immaginarsi sopra un oggetto, di guardare verso un secondo oggetto, e di indicare un terzo oggetto della configurazione. Il partecipante segna la risposta disegnando una linea all'interno di una circonferenza posta nella parte inferiore del foglio, con al centro l'oggetto su cui deve immaginarsi e in alto, indicato da una freccia verticale, l'oggetto verso cui deve immaginare di guardare. In Figura 3.5 sono visibili alcuni *item* di esempio.

La prova è composta da sei *item*, da completare in un massimo di 5 minuti. Il punteggio (variabile dipendente) è dato dalla media dello scarto in gradi tra la risposta corretta e quella data dal partecipante. Pertanto, maggiore è il punteggio, maggiore è la distanza dalla risposta corretta e peggiore è la prestazione.

Per questa prova sono state utilizzate due forme parallele, A e B, opportunamente controbilanciate tra i partecipanti e tra le sessioni di valutazione (pre-test e post-test).

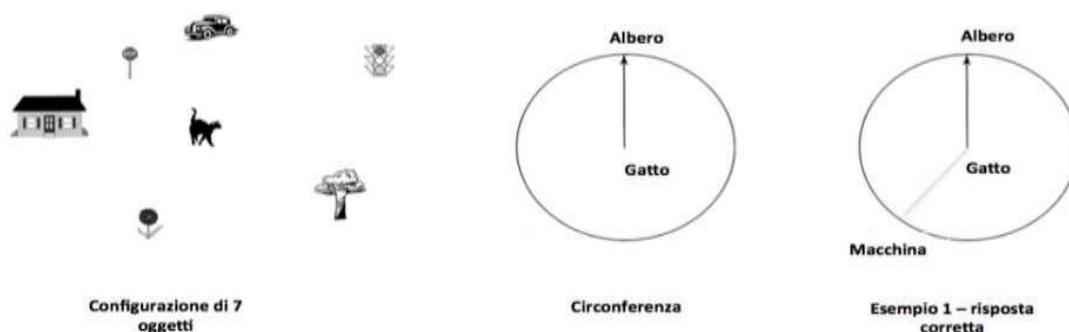


Figura 3.5. *Item d'esempio della prova Short Object Perspective-Taking task (sOPT; De Beni e coll., 2014).*

Materiali per i compiti di training per il Gruppo Sperimentale

Configurazioni. Sono state utilizzate 4 configurazioni di 9 quadrati, disposti in posizioni diverse rispetto alla configurazione del compito criterio. Due di queste erano variazioni del TC già usate in altri studi (Kaplan, Fein, Morris, e Delis, 1991; De Renzi e Nichelli, 1975), mentre altre due sono state create *ad hoc*. Una configurazione simile a quella del compito criterio è stata usata durante le sessioni per familiarizzare i partecipanti con le richieste del compito prima di cominciare le attività (De Renzi, Faglioni, e Previdi, 1977). Le configurazioni sono visibili in Figura 3.6.

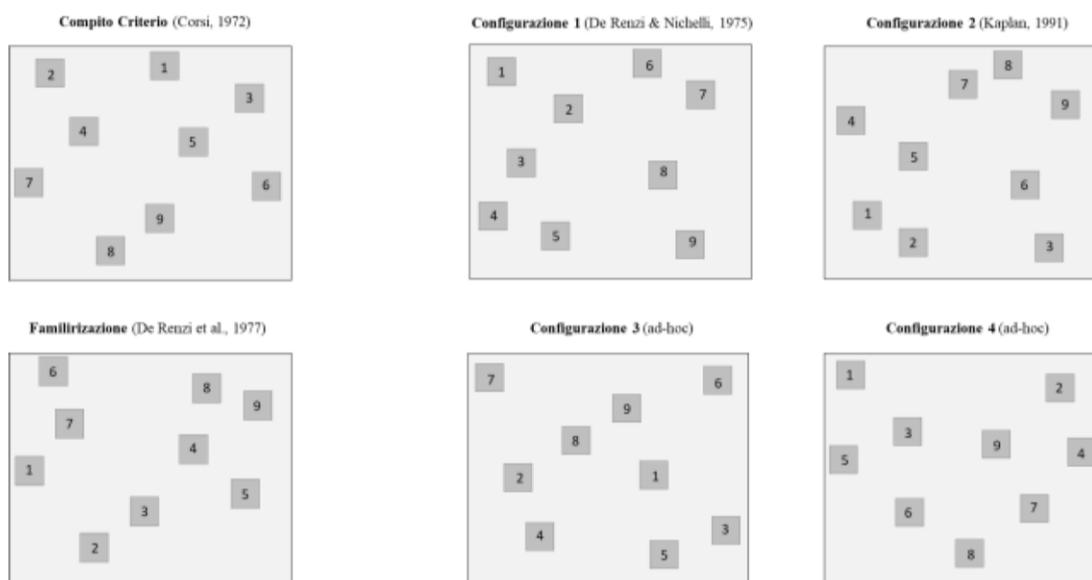


Figura 3.6. *Configurazione classica usata per il compito criterio, e le altre configurazioni selezionate o create per le attività di familiarizzazione e per le sessioni sperimentali.*

Sequenze. Per ogni configurazione sono state create 3 Forme (A, B, C), ognuna contenente 4 sequenze per ogni livello di difficoltà (da 2 a 7 quadrati), per un totale di 288 sequenze, 72 per configurazione. Le sequenze sono state bilanciate per le 3 forme in termini di difficoltà considerando: (I) il punto di partenza (dagli angoli della configurazione); (II) la direzione (dall'alto verso il basso, dal basso verso l'alto, da destra verso sinistra e viceversa); (III) la distanza percorsa (considerando la distanza tra i quadrati e quindi anche la distanza totale). È stata anche bilanciata la complessità della sequenza in termini di numero di incroci, ovvero di inversioni di traiettoria all'interno della sequenza. La forma A conteneva sequenze senza incroci, la forma B con un solo incrocio a partire dal livello 4, mentre la forma C con due sequenze con un incrocio e due con due incroci a partire dal livello 4.

Materiali per le attività alternative per il Gruppo di Controllo Attivo

Trova le differenze. Questo compito viene svolto su *tablet* tramite un'applicazione disponibile al link <https://apkpure.com/it/> (*Find the differences – 200 levels II*). Sono state usate venti coppie di immagini, due per ogni sessione individuale. Le figure rappresentavano ambienti interni (stanze di *hotel*, ristoranti, *bar*), ambienti esterni (lago, montagne, auto) o oggetti (accordatore del pianoforte, tagliere). Ai partecipanti veniva chiesto di confrontare un'immagine di riferimento con una simile, che conteneva dieci differenze rispetto al riferimento, e di toccare con il dito lo schermo del *tablet* in corrispondenza delle differenze. Per ogni immagine il partecipante aveva un totale di dieci minuti per identificare tutte le differenze.

Segui la linea. Ai partecipanti viene chiesto di camminare lungo tre linee disposte sul pavimento seguendo le istruzioni dello sperimentatore (procedura descritta in seguito). Sono state create sei configurazioni, ognuna con due linee nere rappresentanti: (I) un angolo di 90° (lungo circa 4 metri); (II) tre linee nere disposte in modo da formare due angoli di 90° (lunga circa 3 metri); (III) un quadrato o un triangolo incompleti (di circa 4 metri e 3 metri rispettivamente), anch'essi composti da tre linee nere. Le linee sono poste su un tappeto grigio di 3 x 3 metri. Ogni configurazione è stata utilizzata individualmente per ogni sessione.

Le configurazioni sono visibili in Figura 3.7.

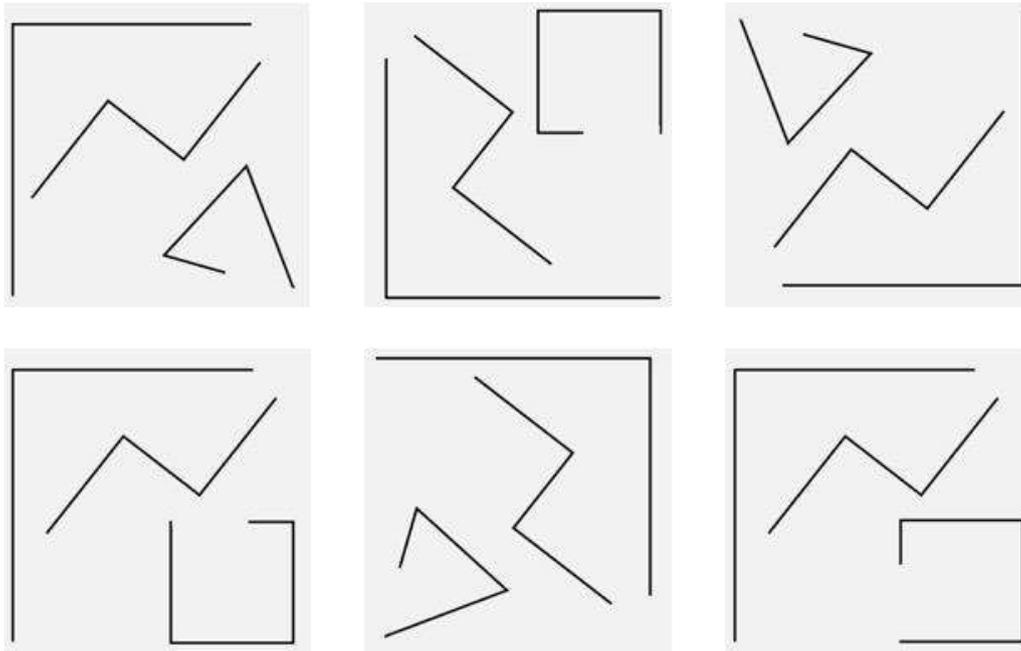


Figura 3.7. Configurazioni di linee usate per il compito *Segui la Linea del Gruppo di controllo Attivo*.

3.2.3 Procedura

Tutti i partecipanti hanno preso parte a 10 sessioni individuali, condotte da uno sperimentatore istruito all'utilizzo del protocollo, organizzate nell'arco di due settimane consecutive, con una pausa di due giorni nel fine settimana. Le sessioni di *pre-test* (prima e seconda sessione) e le due sessioni di *post-test* (nona e decima sessione) si sono svolte in giorni consecutivi: i primi due giorni della prima settimana e gli ultimi due giorni della seconda settimana, rispettivamente.

Durante queste sessioni, i partecipanti hanno completato la batteria di prove descritte precedentemente, utilizzate per valutare i potenziali benefici ed effetti del *training*. In particolare, dopo aver dato il proprio consenso alla partecipazione allo studio, durante la prima sessione di *pre-test* venivano fatte ai partecipanti le domande del *Mini-Mental State Examination* (MMSE; Folstein e coll., 1975). Successivamente venivano proposti il *Test di Corsi avanti e indietro* (TC; adattato da Piccardi e coll., 2019), il *Short Object Perspective-Taking task* (sOPT; De Beni e coll., 2014) e il *Test di Percorsi su Matrice* (TPM, adattato da Mammarella e coll., 2008; Cornoldi, Rigoni, e Tressoldi, 1999). Nella seconda sessione venivano invece proposti il *Walking Corsi Test avanti e indietro* (WalCT;

Piccardi e coll., 2019) e il *Short Mental Rotation Test* (sMRT; De Beni e coll., 2014). Al *post-test*, i partecipanti hanno svolto nuovamente le prove del *pre-test*, in versioni parallele.

Le altre sei sessioni, ciascuna della durata di circa 45 minuti, si sono svolte nei tre giorni finali della prima settimana (dalla terza alla quinta sessione) e nella prima metà della seconda settimana (dalla sesta all'ottava sessione). Durante queste sei sessioni, i partecipanti del Gruppo Sperimentale hanno svolto il *training*, mentre il Gruppo di Controllo Attivo ha svolto attività alternative (si veda Tabella 3.2 per il programma delle attività di ogni gruppo).

Tabella 3.2. *Programma delle sessioni sperimentali per ogni gruppo*

Prima Settimana					
	Sessione 1 (<i>pre-test</i>)	Sessione 2 (<i>pre-test</i>)	Sessione 3	Sessione 4	Sessione 5
Gruppo Sperimentale	1. Questionario conoscitivo	1. WalCT (indietro)	Training	Training	Training
	2. MMSE				
Gruppo di Controllo Attivo	3. TC (indietro)	2. sMRT	Attività alternative	Attività Alternative	Attività alternative
	4. sOPT				
	5. TPM				
Seconda Settimana					
	Sessione 6	Sessione 7	Sessione 8	Sessione 9 (<i>post-test</i>)	Sessione 10 (<i>post-test</i>)
Gruppo Sperimentale	Training	Training	Training		
				1. TC (indietro)	1. WalCT (indietro)
Gruppo di Controllo Attivo	Attività alternative	Attività alternative	Attività alternative	2. sOPT	2. sMRT
				3. TPM	

Training per il Gruppo Sperimentale

Ai partecipanti veniva proposto di allenarsi con compiti simili al TC (adattato da Piccardi e coll., 2019) e al WalCT (Piccardi e coll., 2019). Venivano loro presentate sequenze di quadrati di lunghezza crescente (da 2 a 7 quadrati) e veniva poi chiesto di ripeterle, in una delle seguenti quattro condizioni:

➤ *Condizione tablet-tablet*

Lo sperimentatore e il partecipante sedevano di fronte a un tavolo su cui era posto il *tablet*, inclinato di circa 45° per permettere al partecipante di vedere correttamente. Le sequenze di quadrati venivano mostrate sul *tablet* tramite un pallino nero che si muoveva all'interno della configurazione, fermandosi su ogni quadrato della sequenza per 2 secondi. Veniva poi chiesto ai partecipanti di riprodurre la sequenza mostrata, indicando i quadrati sullo schermo del *tablet* una volta che riappariva la configurazione.

➤ *Condizione camminato-camminato*

Lo sperimentatore e i partecipanti si posizionavano in piedi di fronte al tappeto dove era disposta la configurazione di quadrati. Lo sperimentatore mostrava la sequenza di quadrati muovendosi all'interno della configurazione e fermandosi su ogni quadrato per 2 secondi. Ai partecipanti veniva quindi chiesto di ripetere la sequenza camminando a loro volta nella configurazione fermandosi sui quadrati.

➤ *Condizione tablet-camminato*

Lo sperimentatore e i partecipanti si posizionavano di fronte a un leggio, posto di fronte al tappeto dove era disposta la configurazione di quadrati, in modo che i partecipanti potessero prima vedere il *tablet* e poi muoversi sul tappeto. Le sequenze di quadrati venivano mostrate sul *tablet* tramite un pallino nero che si muoveva all'interno della stessa configurazione, fermandosi sui quadrati della sequenza per 2 secondi. Ai partecipanti veniva poi chiesto di riprodurre la sequenza vista su *tablet* camminando sul tappeto all'interno della configurazione corrispondente.

➤ *Condizione camminato-tablet*

Lo sperimentatore e i partecipanti si posizionavano di fronte al tappeto dove era disposta la configurazione di quadrati, con il *tablet* appoggiato su un leggio vicino a

loro. Lo sperimentatore mostrava le sequenze di quadrati muovendosi all'interno della configurazione e fermandosi su ogni quadrato della sequenza per 2 secondi. Ai partecipanti veniva poi chiesto di riprodurre la sequenza di quadrati mostrata dallo sperimentatore indicandoli sulla stessa configurazione presente sullo schermo del *tablet*.

Le richieste dei compiti variavano di sessione in sessione. Ai partecipanti veniva chiesto di ricordare le sequenze di quadrati: I) all'indietro rispetto all'ordine di presentazione (sessioni dalla terza alla quinta); II) all'indietro saltando il penultimo quadrato mostrato; quindi, saltando il secondo quadrato della sequenza che i partecipanti avrebbero dovuto ripetere nell'ordine inverso (sessioni dalla sesta alla ottava); III) all'indietro saltando il secondo quadrato presentato; quindi, saltando il penultimo quadrato della sequenza che i partecipanti avrebbero dovuto ripetere nell'ordine inverso (sessioni dalla sesta alla ottava).

Le sessioni dalla terza alla settima erano divise in due parti con un intervallo di 5 minuti tra l'una e l'altra. Nella prima parte di ogni sessione, i partecipanti si allenavano con una delle quattro condizioni sopra riportate, ripetendo l'esercizio due volte. Nella seconda parte, si allenavano con un'altra delle quattro condizioni, ripetendo l'esercizio altre due volte. La configurazione di quadrati cambiava ogni volta che il compito veniva proposto ai partecipanti, in modo che ad ogni sessione potessero allenarsi con tutte e quattro le configurazioni, presentate in maniera casuale lungo le sessioni.

La difficoltà dei compiti era adattiva: per ogni livello di difficoltà (da 2 a 7 dalla terza alla quinta sessione, e da 3 a 7 nella sesta e settima sessione), se i partecipanti ripetevano correttamente 2 delle 4 sequenze per un dato livello, il compito aumentava di difficoltà. Se invece fallivano nel ripetere correttamente almeno due sequenze, l'esercizio terminava e veniva somministrato di nuovo il compito, partendo dal livello più facile e cambiando configurazione (dal livello 2 dalla terza alla quinta sessione, e dal livello 3 nella sesta e settima sessione).

Dalla terza alla quinta sessione, i partecipanti dovevano ricordarsi le sequenze in ordine inverso. Nella sesta sessione, il compito era di ricordare la sequenza mostrata saltando il penultimo quadrato presentato, mentre nella settima sessione ai partecipanti veniva chiesto di ricordare la sequenza saltando il secondo quadrato presentato oppure il penultimo, alternandosi tra le quattro ripetizioni dell'esercizio.

Anche l'ottava sessione era divisa in due parti con un intervallo di 5 minuti tra l'una e l'altra. Tuttavia, in questa sessione, ai partecipanti veniva richiesto di completare il compito solo 2 volte, dal livello più facile al più difficile (da 3 a 7), indipendentemente dalla loro prestazione. Venivano presentate due sequenze per ogni livello. Nella prima parte, i partecipanti dovevano ripetere la prima sequenza per ogni livello di difficoltà secondo la condizione *tablet-camminato* e la seconda nella condizione *tablet-tablet*. Nella seconda parte, dovevano ripetere la prima sequenza di ogni livello secondo la condizione *camminato-camminato*, mentre la seconda nella condizione *camminato-tablet*.

I partecipanti hanno potuto fare pratica prima con sequenze semplici (usando la forma A) nella terza sessione e successivamente con sequenze di varia complessità (tramite la forma B nella quarta, sesta e ottava sessione, e con la forma C nella quinta e settima sessione).

In Tabella 3.3 sono riportati i dettagli delle sessioni sperimentali.

Tabella 3.3. *Programma delle sessioni del Gruppo Sperimentale*

Sessione	Condizione del compito	Richiesta del compito	Configurazione
1	TABLET-TABLET	Ricorda la sequenza all'INDIETRO	1 e 2
	CAMMINATO-CAMMINATO		3 e 4
2	CAMMINATO-CAMMINATO	Ricorda la sequenza all'INDIETRO	2 e 3
	TABLET-CAMMINATO		4 e 1
3	TABLET-CAMMINATO	Ricorda la sequenza all'INDIETRO	3 e 4
	CAMMINATO-TABLET		1 e 2
4	CAMMINATO-CAMMINATO	Ricorda la sequenza all'INDIETRO saltando la penultima casella	4 e 1
	CAMMINATO-TABLET		3 e 2
5	TABLET-CAMMINATO	Prima volta: ricorda la sequenza all'INDIETRO saltando la penultima casella	1 e 2
	TABLET-TABLET	Seconda volta: ricorda la sequenza all'INDIETRO saltando la seconda casella	3 e 4
6	TABLET-CAMMINATO e TABLET-TABLET	Ricorda la sequenza all'INDIETRO saltando la seconda casella	1
	CAMMINATO-CAMMINATO e CAMMINATO-TABLET		2

Training per il Gruppo Sperimentale Solo Tablet¹

Ai partecipanti sono stati presentati gli stessi materiali, organizzati nello stesso modo del Gruppo Sperimentale Combinato. Tuttavia, gli esercizi sono stati svolti interamente su *tablet*. Nell'ottava sessione, inoltre, ai partecipanti di questo gruppo è stato chiesto di completare l'intero esercizio, dal livello più semplice al più complesso (da 3 a 7) indipendentemente dalla loro prestazione. Sono state presentate due sequenze per ogni livello di difficoltà, chiedendo ai partecipanti di ricordare la prima sequenza di ogni livello saltando il penultimo quadrato presentato e la seconda sequenza saltando il secondo quadrato della sequenza presentata.

Attività del Gruppo di Controllo Attivo

Durante ognuna delle 6 sessioni individuali, i partecipanti del Gruppo di Controllo Attivo svolgevano sia il compito del "trova le differenze", sia il compito di "segui la linea", in maniera controbilanciata lungo tutte le sessioni.

Nel compito "trova le differenze" i partecipanti dovevano cercare 10 differenze tra una coppia di immagini presentata sul *tablet*, toccando sullo schermo in corrispondenza della parte dell'immagine che conteneva la differenza, in termini di elemento o dettaglio, tra le due foto. Venivano presentate per ogni sessione due coppie di immagini, con un tempo massimo di 10 minuti per trovare tutte le differenze.

Nel compito "segui la linea" lo sperimentatore e il partecipante si posizionavano di fronte al tappeto dove era disposta la configurazione di linee, con il *tablet* vicino, posizionato su un leggio, su cui era mostrata la stessa configurazione di linee disposta sul tappeto.

Ai partecipanti veniva chiesto di camminare lungo le 3 linee, come segue: I) compito camminato-camminato: lo sperimentatore camminava lungo una linea, quindi al partecipante veniva chiesto di ripetere lo stesso percorso; II) compito *tablet*-camminato: lo sperimentatore indicava una seconda linea sul *tablet* e invitava il partecipante a percorrere la linea sul tappeto; III) compito camminato-*tablet*: lo sperimentatore camminava lungo una terza linea sul tappeto, quindi invitava il partecipante a indicare la linea percorsa sulla configurazione mostrata sul *tablet*.

¹ Condizione non considerata in questo elaborato

Le attività del Gruppo di Controllo Attivo miravano a simulare quelle del Gruppo Sperimentale. In questo modo, si cercava di far avere al Gruppo di Controllo Attivo circa lo stesso numero di interazioni con lo sperimentatore del Gruppo Sperimentale, anche se le attività proposte non erano costruite per caricare risorse riservate ai processi di MdLVS.

3.3 Risultati

Le statistiche descrittive delle prove di interesse per gruppo e per sessione di valutazione sono riportate in Tabella 3.4.

Per verificare che non vi fossero differenze tra i due gruppi nella prestazione alle misure di interesse alla *baseline*, sono state condotte delle analisi di varianza (ANOVAs) con il Gruppo (Sperimentale vs Controllo) come variabile tra soggetti e la prestazione alle prove di interesse come variabile dipendente. Dai risultati non sono emerse differenze significative nella prestazione alle misure di interesse tra i due gruppi (si veda Tabella 3.4).

Per verificare l'efficacia dell'intervento, sono state condotte delle ANOVAs a disegno misto, separatamente per le misure di interesse, con il Gruppo (Sperimentale vs Controllo) come variabile tra soggetti e la Sessione (*pre-test* vs *post-test*) come variabile entro soggetti.

Tabella 3.4. *Statistiche descrittive delle misure di interesse per gruppo e sessione di valutazione, e risultati delle ANOVAs per le differenze tra i due gruppi al pre-test.*

	Pre-test				Differenze tra gruppi alla baseline		Post-test			
	Gruppo Sperimentale		Gruppo Controllo Attivo				Gruppo Sperimentale		Gruppo Controllo Attivo	
	M	DS	M	DS	$F_{(1,35)}$	p	M	DS	M	DS
TC (indietro) - proporzione	79.81	7.33	77.90	7.10	<1		87.67	3.61	80.09	6.76
WalCT (indietro) - proporzione	74.71	5.69	74.56	7.65	<1		82.38	6.38	74.29	7.08
TPM	5.50	1.76	4.79	1.62	1.639	.20	6.00	1.37	5.32	1.97
sMRT	2.53	1.84	1.74	1.24	2.339	.13	2.65	1.87	2.47	1.78
sOPT	76.40	25.04	83.09	25.07	<1		81.68	28.30	81.70	27.70

Note. TC: Test di Corsi; WalCT: Walking Corsi Test, TPM: Test di Percorsi su Matrice; sMRT: Short Mental Rotation Test; sOPT: Short Object Perspective-Taking task.

Per l'accuratezza nel *Test di Corsi* indietro, dai risultati è emerso un effetto principale della Sessione, $F(1,35) = 19.75$; $p < .001$; $\eta^2_p = .36$, per cui tutti i partecipanti, indipendentemente dal gruppo, hanno ricordato in media più posizioni corrette tra il *pre-test* e il *post-test* ($Mdiff = 4.74$; $p = .01$). È emerso inoltre un effetto principale del Gruppo, $F(1,35) = 7.14$; $p = .01$; $\eta^2_p = .17$, per cui, indipendentemente dalla sessione, il gruppo sperimentale ha ottenuto una miglior prestazione rispetto al gruppo di controllo ($Mdiff = 5.02$; $p < .001$). L'interazione Gruppo X Sessione è risultata significativa, $F(1,35) = 6.28$; $p = .017$; $\eta^2_p = .15$. Il gruppo sperimentale ha migliorato la propria prestazione nel *Test di Corsi*, ricordando un maggior numero di posizioni corrette al *post-test* rispetto che al *pre-test* ($Mdiff = 7.86$; $p < .001$), mentre per il gruppo di controllo non sono emerse differenze significative nella prestazione alla prova tra *pre-test* e *post-test* ($Mdiff = 2.19$; $p = .17$). Il gruppo sperimentale ha ricordato in media un maggior numero di posizioni corrette rispetto al gruppo di controllo al *post-test* ($Mdiff = 7.57$; $p < .001$).

Per quanto riguarda l'accuratezza nel *Walking Corsi Test* indietro, dai risultati è emerso un effetto principale della Sessione, $F(1,35) = 11.80$; $p = .002$; $\eta^2_p = .25$, per cui tutti i partecipanti, indipendentemente dal gruppo, hanno ricordato in media più posizioni spaziali corrette al *post-test* rispetto che al *pre-test* ($Mdiff = 3.70$; $p = .002$). È emerso anche un effetto principale del Gruppo, $F(1,35) = 4.48$; $p = .04$; $\eta^2_p = .11$, per cui, indipendentemente dalla sessione, il gruppo sperimentale ha ottenuto una miglior prestazione rispetto al gruppo di controllo ($Mdiff = 4.12$; $p = .04$). L'interazione Gruppo X Sessione è risultata significativa $F(1,35) = 13.95$; $p = .001$; $\eta^2_p = .28$. Il gruppo sperimentale ha migliorato la propria prestazione nella prova di *Walking Corsi Test* indietro tra il *pre-test* e il *post-test* ($Mdiff = 8.09$; $p = .001$), mentre per il gruppo di controllo non sono emerse differenze significative nella prestazione in questa prova tra *pre-test* e *post-test* ($Mdiff = 0.14$; $p = .94$). Il gruppo sperimentale ha ricordato in media un maggior numero di posizioni riportate in ordine corretto rispetto al gruppo di controllo al *post-test* ($Mdiff = 3.70$; $p = .002$).

Per il *Test di Percorsi su Matrici*, dai risultati è emerso un effetto principale della Sessione, $F(1,35) = 4.41$; $p = .04$; $\eta^2_p = .11$, per cui tutti i partecipanti, indipendentemente dal gruppo, hanno completato correttamente in media più *item* al *post-test* rispetto al *pre-test* ($Mdiff = 0.51$; $p = .04$). Non è emerso, invece, un effetto principale del Gruppo,

$F(1,35) = 1.92; p = .17; \eta^2_p = .05$, e l'interazione Gruppo X Sessione non è risultata significativa, $F(1,35) < 1$.

Per il *Short Mental Rotation Test*, dai risultati è emerso un effetto principale della Sessione, $F(1,35) = 5.64; p = .02; \eta^2_p = .14$, per cui tutti i partecipanti, indipendentemente dal gruppo, hanno completato correttamente in media più *item* al *post-test* rispetto al *pre-test* ($M_{diff} = 0.43; p = .02$). Anche in questo caso non è emerso un effetto principale del Gruppo, $F(1,35) < 1$, e l'interazione Gruppo X Sessione non è risultata significativa, $F(1,35) = 2.96; p = .09; \eta^2_p = .08$.

Infine, nello *Short Object Perspective-Taking task* non sono emersi effetti principali né della Sessione $F(1,35) < 1$; né del Gruppo $F(1,35) < 1$; né dell'interazione Gruppo X Sessione $F(1,35) < 1$.

Per una maggiore comprensione dei benefici dell'intervento è stata, inoltre, condotta un'analisi della dimensione dell'effetto attraverso il calcolo dei d di Cohen (1988), con la correzione di Hedges e Olkin (1985) per campioni a ridotta numerosità, confrontando la prestazione *pre-* e *post-test* nelle prove di interesse in ciascun gruppo. I risultati sono riportati in Tabella 3.5.

Tabella 3.5. *Indici di dimensione dell'effetto*

	Gruppo di Controllo Attivo	Gruppo Sperimentale
Walking Corsi Test indietro (WalCT)	-0.04	1.24
Test di Corsi indietro (TC)	0.31	1.33
Test di Percorsi su Matrice (TPM)	0.29	0.31
Short Mental Rotation Test (sMRT)	0.47	0.06
Short Object Perspective-Taking task (sOPT)	-0.05	0.19

Per il Gruppo Sperimentale è emerso un effetto largo per quanto riguarda l'accuratezza, in termini di proporzione di quadrati ricordati nella corretta posizione seriale, per il WalCT e per il TC. È stato poi trovato un effetto medio-piccolo per l'accuratezza al TPM in termini di somma delle posizioni finali riportate correttamente. Sono emersi effetti

piccoli-nulli, invece, per le prove di sMRT (somma degli *item* corretti) e sOPT (errore medio).

Per il Gruppo di Controllo Attivo, è emerso un effetto medio-piccolo per il TC all'indietro, il TPM e il sMRT, mentre sono emersi effetti piccoli-nulli per l'accuratezza nel WalCT all'indietro e per il sOPT.

3.4 Discussione e conclusioni

Numerosi studi hanno messo in evidenza come la memoria di lavoro (MdL) sia uno dei meccanismi più sensibili ai cambiamenti età-relati (e.g. Bugg, Zook, DeLosh, Davalos e Davis, 2006; Park e coll., 2002). Essa ricopre un ruolo centrale nella cognizione ed è coinvolta in diverse abilità complesse (Park e coll., 2002) implicate nella quotidianità (e.g. ragionamento, comprensione del testo, *problem solving*, pianificazione e *mastery* dell'ambiente). Queste caratteristiche, unite alla sempre maggiore portata del fenomeno dell'invecchiamento, hanno reso la MdL l'oggetto di diversi *training* che, sfruttando la plasticità cognitiva presente anche in età adulta avanzata, hanno l'obiettivo di supportare il funzionamento cognitivo dell'anziano, con implicazioni anche per la sua vita quotidiana (De Beni e Borella, 2015). I *training* di MdL si sono dimostrati efficaci nell'ottenere benefici specifici nell'invecchiamento (e.g. Buschkuehl e coll., 2008; Li e coll., 2008; Borella e coll., 2010). In aggiunta, sono emersi alcuni risultati positivi circa gli effetti di trasferimento in prove non direttamente allenate e il loro mantenimento (Karbach e Verhaeghen, 2014; Teixeira-Santos e coll., 2019). Questi dati risultano, tuttavia, ancora controversi, probabilmente anche a causa della grande diversità che i *training* presentano in diversi domini come il numero e la struttura delle sessioni di allenamento, la procedura utilizzata, il *setting* sperimentale e il tipo di compito proposto.

In particolare, i compiti e materiali visuo-spaziali, utilizzati nei *training* di memoria di lavoro visuo-spaziale (MdLVS), richiedono all'anziano la manipolazione di stimoli astratti, con procedure complesse e poco familiari, e questo può impattare negativamente la motivazione dei partecipanti e, a cascata, gli effetti dell'intervento (Borella e coll., 2014; Teixeira-Santos e coll., 2019). Risulta quindi di particolare importanza proporre all'anziano compiti più sfidanti e avvincenti, in modo da migliorare i benefici dei *training* di MdLVS e il loro impatto sulla vita quotidiana.

Lo scopo della ricerca descritta in questo elaborato è stato quello di andare ad approfondire, in un campione di giovani-anziani con invecchiamento tipico, se un *training* di memoria di MdLVS che prevede anche di allenarsi con compiti più interattivi e immersivi, che richiedono di muoversi in un *setting* controllato, possa promuovere benefici specifici (in compiti di MdLVS simili a quelli direttamente allenati) ed effetti di trasferimento ad abilità visuo-spaziali non direttamente allenate, in particolare ad abilità di rotazione mentale e assunzione di prospettiva.

In linea con la letteratura (Karbach e Verhaeghen, 2014; Teixeira-Santos, 2019) e le nostre aspettative, i risultati hanno evidenziato un miglioramento, dal *pre-test* al *post-test*, nelle prove criterio (*Walking Corsi Test* indietro e *Test di Corsi* indietro) da parte del Gruppo Sperimentale, ma non da parte del Gruppo di Controllo Attivo. Questi risultati confermano l'efficacia dell'intervento nel promuovere benefici specifici nei compiti oggetto di allenamento, evidenziando come sia possibile allenare la MdLVS utilizzando compiti più immersivi e interattivi nella popolazione anziana.

Tuttavia, gli effetti di trasferimento, sia vicini che lontani, restano una questione aperta. Infatti, contrariamente alle nostre ipotesi iniziali, ma in linea con gli studi precedenti che hanno utilizzato *training* di MdLVS (Li e coll., 2008; Buschkuehl, e coll., 2008; Borella e coll., 2014; Pergher e coll., 2018; Jaeggi e coll., 2019) non sono stati osservati effetti di generalizzazione né al compito di MdL, né alle altre abilità visuo-spaziali di rotazione mentale e di assunzione di prospettiva. Questi mancati effetti di trasferimento potrebbero essere dovuti al fatto che, nonostante il *training* non prevedesse l'insegnamento di alcuna strategia, i partecipanti potrebbero aver sviluppato tecniche personali, che sono risultate funzionali per lo svolgimento delle prove oggetto di allenamento, che richiedevano di memorizzare e ripetere, anche all'indietro, sequenze di posizioni spaziali (*Test di Corsi* e *Walking Corsi Test* avanti e indietro), ma che non sono trasferibili e funzionali per svolgere gli altri compiti carta-matita non direttamente allenati, i quali richiedevano, ad esempio, di ricordare solo l'ultima posizione di una sequenza presentata su matrice (*Test di Percorsi su Matrici*), di ruotare mentalmente stimoli tridimensionali (*Mental Rotation Test*) o di comprendere le relazioni spaziali tra oggetti assumendo diverse prospettive (*Object Perspective-Taking Task*). È noto in letteratura come la prestazione in compiti che richiedono di manipolare informazioni visuo-spaziali sia suscettibile all'utilizzo di specifiche strategie più o meno funzionali (Gluck e Fitting, 2003). Al termine di ogni

sessione di allenamento, e con un *debriefing* finale, è stato chiesto ai partecipanti al *training* che “procedure” avessero messo in atto per svolgere i compiti presentati durante l’allenamento. In effetti, la maggior parte dei partecipanti ha riportato di aver adottato delle strategie per svolgere i compiti, le quali risultavano diverse da persona a persona e venivano modificate tra le sessioni di allenamento a seconda dei successi, o insuccessi, e delle nuove richieste del compito. Alcuni partecipanti cercavano di tracciare un percorso tra i quadrati (aiutandosi anche con le dita), altri cercavano solamente di memorizzare le posizioni visivamente e altri ancora assegnavano dei numeri alle caselle, ripetendo poi mentalmente la sequenza numerica. Specialmente in questo ultimo caso, risulta chiaro come la strategia utilizzata, seppur funzionale per lo svolgimento dei compiti criterio, non sia nemmeno una strategia puramente visuo-spaziale, il che spiegherebbe il mancato trasferimento dei benefici ad altre prove visuo-spaziali non allenate direttamente.

Dunque, l’assenza di strategie personali o l’utilizzo di strategie troppo specifiche o inappropriate per lo svolgimento di compiti visuo-spaziali non direttamente allenati rappresenterebbero fattori importanti, da monitorare e tenere in considerazione nella spiegazione dei risultati ottenuti.

Nonostante i limiti della nostra ricerca, i solidi effetti specifici, uniti a osservazioni qualitative positive, rendono l’intervento promettente e incoraggiante. Infatti, i partecipanti del Gruppo Sperimentale hanno mostrato complessivamente un livello alto di motivazione e coinvolgimento, data la natura immersiva delle prove. Durante le prime sessioni di allenamento il *setting* sperimentale ha spesso suscitato timore e incertezza, le quali però scomparivano velocemente nel momento in cui i partecipanti acquisivano maggiore familiarità con l’ambiente e le richieste del compito, risultando sempre più motivati a svolgere correttamente l’esercizio. Dal *pre-test* al *post-test* l’atteggiamento è risultato generalmente più positivo, con una maggiore fiducia nelle proprie capacità e l’impressione di star allenando la propria memoria in maniera attiva, tangibile, concreta, coinvolgente e anche “divertente”. Questi riscontri qualitativi sono stati minori per il Gruppo di Controllo Attivo, il quale, pur partecipando volentieri e attivamente ai compiti proposti, riportava un livello di coinvolgimento e motivazione minori, principalmente attribuibili alla natura meno interattiva e sfidante delle attività proposte.

Per migliorare i benefici del *training*, un potenziale sviluppo della ricerca potrebbe includere attività che mostrino esplicitamente come trasferire quanto appreso ad altre

attività cognitive, soprattutto della vita quotidiana (De Beni e Borella, 2015), oltre che prendere in considerazione il ruolo che le caratteristiche individuali giocano sui benefici ottenibili dall'intervento. Metanalisi di Verhaeghen e colleghi (Verhaeghen, Marcoen e Goossens, 1992) hanno inoltre sottolineato l'importanza di organizzare sedute di *pre-training* che includano informazioni circa il funzionamento della memoria e l'insegnamento diretto di alcune mnemotecniche, la maggiore efficacia di sedute di gruppo (nel nostro studio le sedute erano individuali) e l'importanza di mantenere le sedute brevi (fattore che in questo caso è stato controllato mantenendo le sedute sotto ai 90 minuti). Inoltre, la presente ricerca non ha incluso *follow-up* per indagare il mantenimento dei benefici a distanza di tempo e non ha affiancato alle evidenze comportamentali dati che provenissero dalle neuroimmagini, per verificare anche a livello cerebrale l'impatto dell'intervento. Anche affiancare al *training* di MdL alcune tecniche di stimolazione cerebrale potrebbe risultare interessante, nella speranza di aumentare l'efficacia del *training*.

Inoltre, per migliorare l'efficacia sarebbe opportuno sviluppare compiti che siano più rilevanti e significativi per gli anziani, utilizzando materiali e scenari che riflettano situazioni di vita reale e che possano quindi stimolare un maggiore interesse e impegno, dato l'osservabile risvolto tangibile dell'intervento.

Di grande interesse potrebbe anche essere esplorare l'uso di tecnologie avanzate, come la realtà virtuale o le piattaforme di gioco cognitivo, che possono rendere il *training* ancora più coinvolgente e personalizzato, sempre adattandosi alle esigenze e alle capacità individuali degli anziani.

Un altro approccio potrebbe essere quello di combinare i *training* di MdL con interventi mirati a migliorare la motivazione e l'auto-efficacia degli anziani. Programmi che includono componenti di supporto psicologico o che promuovono una maggiore consapevolezza delle capacità cognitive residue potrebbero aumentare l'efficacia complessiva dell'intervento, oltre che l'autoefficacia percepita. Inoltre, la ricerca potrebbe beneficiare di studi longitudinali che seguano i partecipanti nel corso del tempo, per valutare non solo l'efficacia immediata dei *training*, ma anche la durata degli effetti nel lungo termine. Questo tipo di studi potrebbe fornire una comprensione più approfondita dei meccanismi attraverso i quali i *training* di MdL influenzano le funzioni

cognitive e offrire indicazioni su come ottimizzare questi interventi, al fine di massimizzare i benefici per questa fascia di popolazione.

Oltre a implementare queste prospettive future, risulta necessario proseguire la ricerca per poter confermare l'efficacia del *training* di MdLVS qui presentato, specialmente in relazione agli effetti di trasferimento ad abilità visuo-spaziali non direttamente allenate, così come al mantenimento dei benefici a lungo termine. Comparare la modalità combinata, su cui ci si è focalizzati in questo elaborato, con una completamente interattiva, da una parte, o esclusivamente classica (solo l'utilizzo del *tablet*), dall'altra, potrebbe essere un buon punto di partenza per comprendere quale di queste possa essere la modalità più efficace e motivante per l'anziano e quale sia effettivamente la differenza, in termini di benefici ottenibili, tra queste due modalità.

In conclusione, la ricerca conferma che gli interventi di potenziamento cognitivo, come i *training* di MdL, sono uno strumento promettente per supportare il funzionamento cognitivo nell'anziano. In particolare, i risultati ottenuti suggeriscono che sia fattibile proporre a giovani anziani un *training* di MdL che combina l'utilizzo di prove più interattive di MdLVS, con prove da svolgere in una modalità più classica, e come il *training* sia risultato efficace nel promuovere effetti specifici. Anche qualitativamente l'intervento è risultato efficace, in quanto i partecipanti hanno mostrato elevati livelli di motivazione e interesse grazie alla natura immersiva e interattiva delle prove proposte. Nonostante ci sia la necessità di continuare a studiarne le caratteristiche per massimizzarne i benefici, la ricerca sottolinea come sia possibile implementare programmi che, combinando prove di diversa natura, siano motivanti ed efficaci nel promuovere un buon invecchiamento.

BIBLIOGRAFIA²

- *Baddeley, A. D. (1986). *Working Memory*. New York: Oxford University Press.
- *Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 417-423.
- *Baddeley, A.D., e Hitch, G.J. (1974), Working Memory, in G.H. Bower (a cura di), *The Psychology of Learning and Motivation*, vol. 8, New York, Academic, pp. 47-89.
- *Baddeley, A., e Logie, R. H. (1999). Working memory: The multiple-component model. In A. Miyake, & P. Shah (Eds.), *Models of Working Memory* (pp. 28-61). Cambridge University Press.
- *Baltes, P. (1987). Theoretical propositions of life-span developmental psychology: On the dynamics between growth and decline. *Developmental Psychology*, 23, 611-626.
- Baltes, P. B., e Baltes, M. M. (1990). *Successful aging: prospective from the behavioral sciences*, New York, Cambridge, University Press.
- *Baltes, P. B., e Lindenberger, U. (1997). Emergence of a powerful connection between sensory and cognitive functions across the adult life span: a new window to the study of cognitive aging? *Psychology and Aging*, 12, 12-21.
- *Baltes, M. M., e Silverberger, S. B (1994). *The dynamic between dependency and autonomy: illustration across the life span*. In D. L. Featherman, R. M. Lerner, M. Perlmutter (ed.) *Life-Span Development and Behavior*, Erlbaum, Hillsdale.
- *Barnett, S. M., Ceci, S. J. (2002). When and where do we apply what we learn? A taxonomy for far transfer. *Psychological Bulletin*, 128, 612-637.
- *Belbin, R. M. (1953). Difficulties of older people in industry, *Occupational Psychology*, 27, 177-190.

² Il materiale che non è stato consultato integralmente per la stesura del presente elaborato è segnalato con un asterisco

Bianchini, F., Di Vita, A., Palermo, L., Piccardi, L., Blundo, C., e Guariglia, C. (2014). Un deficit selettivo di memoria di lavoro topografica egocentrica nelle prime fasi della malattia di Alzheimer: Uno studio preliminare. *American Journal of Alzheimer's Disease & Other Dementias*, 29(8), 749-754. <https://doi.org/10.1177/1533317514536597>.

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

Borella, E., Carbone, E., Pastore, M., De Beni, R., e Carretti, B. (2017). Working memory training for healthy older adults: the role of individual characteristics in explaining short- and long-term gains. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11, 99.

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

Borella, E., Carretti, B., Riboldi, F., e De Beni, R. (2010). Working memory training in older adults: evidence of transfer and maintenance effects. *Psychology and Aging*, 25, 767-778.

Borella, E., Delaloye, C., Lercef T., Renaud, O., e De Ribaupierre A. (2009). Do age differences between young and older adults in inhibitory tasks depend on the degree of activation of information? *European Journal of Cognitive Psychology*, 21, 445-472.

Borella, E., Meneghetti, C., Ronconi, L., e De Beni, R. (2014). Spatial abilities across the adult life span. *Developmental Psychology*, 50, 384-392.

*Bugg, J. M., Zook, N. A., DeLosh, E. L., Davalos, D. B., & Davis, H. P. (2006). Age differences in fluid intelligence: Contributions of general slowing and frontal decline. *Brain and Cognition*, 62, 9–16.

Bürki, C. N., Ludwig, C., Chicherio, C., de Ribaupierre, A. (2014). Individual differences in cognitive plasticity: an investigation of training curves in younger and older adults. *Psychological Research*, 78, 821-835.

Buschkuhl, M., Jaeggi, S. M., Hutchison, S., Perrig-Chiello, P., Däpp, C., Müller, M., ... e Perrig, W. J. (2008). Impact of working memory training on memory performance in old-old adults. *Psychology and Aging*, 23, 743-753.

*Cabeza, R. (2002). Hemispheric asymmetry reduction in older adults: The HAROLD model. *Psychology and Aging*, 17, 85-100.

Cabeza, R., Albert, M., Belleville, S., Craik, F. I. M., Duarte, A., Grady, C. L., ... e Reuter-Lorenz, P. A. (2018). Maintenance, reserve and compensation: the cognitive neuroscience of healthy ageing. *Nature Reviews Neuroscience*, 19(11), 701-710. DOI: 10.1038/s41583-018-0068-2.

*Carroll, J. B. (1993). *Human cognitive abilities: A survey of factor-analytic studies*. Cambridge University Press.

*Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

*Conway, A. R. A., Cowan, N., Bunting, M. F., Thurber, C., e Gopinath, K. (2001). A latent variable approach to quantifying working memory capacity. *Cognitive Psychology*, 42(1), 219-261.

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

*Cornoldi, C., e Vecchi, T. E. (2003). *Visual-spatial working memory and individual differences*. Hove, Psychology Press.

*Corsi, P. M. (1972). *Human Memory and the Medial Temporal Region of the Brain*. Montreal: McGill University Unpublished doctoral dissertation.

*Constantinidis, C., Klingberg, T. (2016). The neuroscience of working memory capacity and training. *Nature Reviews Neuroscience*, 17, 438-449.

Cowan, N., Elliott, E., Saultsa, J. S., Moreya, C. C., Mattox, S., Hismjatullinaa, A., e Conway A.R.A. (2005). On the capacity of attention: Its estimation and its role in working memory and cognitive aptitudes. *Cognitive Psychology*, 51, 42-100.

*Craik, F. I., e Salthouse, T. A. (Eds.). (2011). *The Handbook of Aging and Cognition*. Psychology press.

*Davis, S. W., Dennis, N. A., Daselaar, S. M., Fleck, M. S., e Cabeza, R. (2007). *Que PASA? The posterior anterior shift in aging*. *Cerebral Cortex*, 18, 1201-1209.

*Daigneault, S., e Braun, C. M. J. (1993). Working memory and self-ordered pointing task: Further evidence of early pre-frontal decline in normal aging. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 15, 881-895.

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

*Daneman, M., e Merikle, P. M. (1996). Working memory and language comprehension: a meta-analysis. *Psychonomic Bulletin and Review*, 3, 422-433.

De Beni, R., e Borella, E. (2015). La psicologia dell'invecchiamento. In De Beni, R., Borella, E. (a cura di), *Psicologia dell'invecchiamento e della longevità, seconda edizione*, (pp. 15-30). Bologna: il Mulino.

*De Beni, R., Borella, E., Carretti, B., Marigo, C., Nava, L. A. (2008). *Portfolio per la valutazione del benessere e delle abilità cognitive nell'età adulta e avanzata*. The assessment of wellbeing. and cognitive abilities in adulthood and aging. Firenze: Giunti OS.

*De Beni, R., Meneghetti, C., Fiore, F., Gava, L., e Borella, E. (2014). *Batteria VS. Abilità visuo-spaziali nell'arco di vita adulta*. VS Battery. Visuo-spatial abilities in the adult life span. Firenze: Hogrefe.

*De Renzi, E., e Nichelli, P. (1975). Verbal and Non-Verbal Short-Term Memory Impairment Following Hemispheric Damage, *Cortex*, 11, 341-354.

*De Renzi, E., Faglioni, P., e Previdi, P. (1977) Spatial Memory and Hemispheric Locus of Lesion, *Cortex*, 13, 424-433.

*Della Sala, S., Gray, C., Baddeley, A., Allamano, N., e Wilson, L. (1999). Pattern span: A tool for unwelding visuo-spatial memory. *Neuropsychologia*, 37(10), 1189-1199.

*Engle, R.W., Kane, M.J., e Tuholski, S.W. (1999). Individual differences in working memory capacity and what they tell us about controlled attention, general fluid intelligence and functions of the prefrontal cortex, in Miyake e Shah [1999, pp. 102-134].

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

*Folstein, M. F., Folstein, S. E., e McHugh, P. R. (1975). ‘Mini-Mental State’: a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research, 12*, 189–198.

Gardner, M. K., Strayer, D. L., Woltz, D. J., e Hill, R. D. (2000). Cognitive skill acquisition, maintenance, and transfer in the elderly. In R. D. Hill, L. Backman, A. S. Neely (a cura di), *Cognitive rehabilitation in old age* (pp. 42– 60). New York, NY: Oxford University Press.

Gluck, J., e Fitting S. (2003) Spatial Strategy Selection: Interesting Incremental Information, *International Journal of Testing, 3:3*, 293-308, DOI: 10.1207/S15327574IJT0303_7

Hasher, L., Lustig, C., e Zacks, R. T. (2007). Inhibitory mechanisms and the control of attention. In A. A. Conway, C. Jarrold, M. J. Kane, A. Miyake e J. N. Towse (ed.), *Variation in working memory*. Oxford, U.K.: Oxford University Press, 227-249.

Hasher, L., e Zacks, R. T. (1988). Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view. In Bower, G.H. (ed.). *The psychology of learning and motivation*. New York: Accademic Press, 193-225.

*Hedges, L. V., e Olkin, I. (1985). *Statistical methods for meta-analysis*. Orlando, FL: Academic Press.

*Hunt, R. R., e Jones, R. J. (1990). The use of categorization to guide memory search. *Memory & Cognition, 18*(3), 247-256

ISTAT 29 marzo 2024 Indicatori demografici

ISTAT 15 maggio 2024 Rapporto annuale 2024 La situazione del Paese

Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Jonides, J., e Perrig, W. J. (2008). Improving intelligence: A working memory training study. *Psychological Science*, 19(3), 243-249.

Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Parlett-Pelleriti, C. M., Moon, S. M., Evans, M., Kritzmacher, A., ... e Jonides, J. (2019). Investigating the Effects of Spacing on Working Memory Training Outcome: A Randomized, Controlled, Multisite Trial in Older Adults. *The Journals of Gerontology: Series B*.

Jenkins JJ. 1979. Four points to remember: a tetrahedral model of memory experiments. In *Levels of Processing in Human Memory*, ed. LS Cermak, FIM Craik, pp. 429–46. Hillsdale, NJ: Erlbaum

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

*Kaltner, S., e Jansen, P. (2016). Developmental changes in mental rotation: a dissociation between object-based and egocentric transformations. *Advances in Cognitive Psychology*, 12, 67-78.

*Kaplan, E., Fein, D., Morris, R., e Delis, D. C. (1991). *WAIS-R as a neuropsychological instrument*. New York: The Psychological Corporation.

*Karbach, J., e Kray, J. (2009). How useful is executive control training? Age differences in near and far transfer of task-switching training. *Developmental Science*, 12, 978-990.

Karbach, J., e Verhaeghen, P. (2014). Making working memory work: a meta-analysis of executive-control and working memory training in older adults. *Psychological Science*, 25, 2027-2037.

Kemps, E., e Newson, R. (2006). Comparison of adult age differences in verbal and visuo-spatial memory: The importance of "pure" parallel and validated measures. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 28, 341–356.

Kozhevnikov, M., e Hegarty, M. (2001). A dissociation between object manipulation, spatial ability and spatial orientation ability. *Memory & Cognition*, 29, 745–756.

Lampit, A., Hallock, H., e Valenzuela, M. (2014). Computerized cognitive training in cognitively healthy older adults: a systematic review and meta-analysis of effect modifiers. *PLoS medicine*, 11, e1001756.

Li, S. C., Schmiedek, F., Huxhold, O., Röcke, C., Smith, J., Lindenberger, U. (2008). Working memory plasticity in old age: practice gain, transfer, and maintenance. *Psychology and Aging*, 23, 731-742.

*Lichtenberger, E. O., e Kaufman, A. S. (2009). *Essentials of WAIS-IV Assessment* (Vol. 50). John Wiley & Sons.

*Liu, L. L., e Park, D. C. (2004). Aging and medial adherence: The use of automatic processes to achieve effortful things. *Psychology and Aging*, 19, 318-325.

*Mammarella, I. C., Toso, C., Pazzaglia, F., e Cornoldi, C. (2008). *BVS-Corsi: Batteria per la valutazione della memoria visiva e spaziale* [BVS-Corsi: A test battery for assessing visual and spatial memory. Trento: Erickson.

Melby-Lervag, M., e Hulme, C. (2016). There is no convincing evidence that working memory training is effective: A reply to Au e coll. (2014) and Karbach and Verhaeghen (2014). *Psychonomic Bulletin & Review*, 23, 324-330.

Meneghetti, C., Borella, E., Pastore, M., e De Beni, R. (2014). The role of spatial abilities and self-assessments in cardinal point orientation across the lifespan. *Learning and Individual Differences*, 35, 113-121. DOI: 10.1016/j.lindif.2014.07.006

*McCabe, J., e Hartman, M. (2003). Examining the locus of age effects on complex span tasks. *Psychology and Aging*, 18, 562-572.

*Miyake, A., e Shah, P., (1999). *Models of working memory: mechanisms of active maintenance and executive control*. Cambridge: Cambridge University Press.

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

Morrison, A. B., Chein, J. M. (2011). Does working memory training work? The promise and challenges of enhancing cognition by training working memory. *Psychonomic Bulletin & Review*, 18, 46-60.

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

Noack, H., Lövdén, M., Schmiedek, F., e Lindenberger, U. (2009). Cognitive plasticity in adulthood and old age: gauging the generality of cognitive intervention effects. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 27, 435-453.

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

*Park, D. C., e Reuter-Lorenz, P. (2009). The adaptive brain: aging and neurocognitive scaffolding. *Annual Review of Psychology*, 60, 173-196.

*Pergher, V., Wittevrongel, B., Tournoy, J., Schoenmakers, B., e Van Hulle, M. M. (2018). Nback training and transfer effects revealed by behavioral responses and EEG. *Brain and Behavior*, 8e01136.

Piccardi, L., Bianchini, F., Argento, O., De Nigris, A., Maialetti, A., Palermo, L., e Guariglia, C. (2013). The Walking Corsi Test (WalCT): standardization of the topographical memory test in an Italian population. *Neurological Sciences*, 34, 971-978.

Piccardi, L., Iaria, G., Ricci, M., Bianchini, F., Zompanti, L., e Guariglia, C. (2008). Walking in the Corsi test: which type of memory do you need? *Neuroscience Letters*, 432, 127–131.

Piccardi, L., Palmiero, M., Bocchi, A., Boccia, M., e Guariglia, C. (2019). How does environmental knowledge allow us to come back home? *Experimental Brain Research*, 1-10.

- *Reuter-Lorenz, P. A., e Cappell, K. (2008). Neurocognitive aging and the compensation hypothesis. *Current Directions in Psychological Science*, 18, 177-182.
- *Riva, G., e Mantovani, F. (2012). Being there: Understanding the feeling of presence in a synthetic environment and its potential for clinical change. *Virtual Reality in Psychological, Medical and Pedagogical Applications*, 3-34.
- Rypma, B., Eldreth, D. A., e Rebbeschi, D. (2007). Age-related differences in activation-performance relations in delayed-response tasks: a multiple component analysis. *Cortex*, 43(1), 65-76.
- *Salthouse, T. A. (1990). Working memory as a processing resource in cognitive aging. *Developmental Review*, 10, 101-124.
- *Salthouse, T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*, 103, 403–428.
- Salthouse, T. A. (2006). Mental exercise and mental aging: Evaluating the validity of the “use it or lose it” hypothesis. *Perspectives on Psychological Science*, 1(1), 68-87. DOI: 10.1111/j.1745-6916.2006.00005.
- Salthouse, T. A., e Meinze, E. J. (1995). Aging, inhibition, working memory, and speed. *The journals of gerontology. Series B, Psychological sciences and social sciences*, 50(6), P297–P306. <https://doi.org/10.1093/geronb/50b.6.p297>
- *Salthouse, T. A., Mitchell, D. R., Skovronek, E., e Babcock, R. L. (1989). Effects of adult age and working memory on reasoning and spatial abilities. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15, 507-516.
- *Shah, P., e Miyake, A. (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*. New York: Cambridge University Press, pp. 442-48.
- *Schwaighofer, M., Fischer, F., Bühner, M. (2015). Does working memory training transfer? A meta-analysis including training conditions as moderators. *Educational Psychologist*, 50, 138-166.

Stern, Y. (2002). What is cognitive reserve? Theory and research application of the reserve concept. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 8(3), 448-460. DOI: 10.1017/S1355617702813248

*Sternberg, S. (1966). High-speed scanning in human memory. *Science*, 153(3736), 652-654.

Teixeira-Santos, A. C., Moreira, C. S., Magalhães, R., Magalhães, C., Pereira, D. R., Leite, J., e Sampaio, A. (2019). Reviewing working memory training gains in healthy older adults: A metanalytic review of transfer for cognitive outcomes. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*

*Treisman, A., e Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12(1), 97-136.

*Turner, M. L., e Engle, R. W. (1989). Is working memory capacity task dependent? *Journal of Memory and Language*, 28(2), 127-154.

*Vandenberg, S. G., e Kuse, A. R. (1978). Mental rotations, a group test of three-dimensional spatial visualization. *Perceptual and Motor Skills*, 47, 599-604.

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

*Vecchi, T., Richardson, J. T. E., 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., Marcoen, A., e Goossens, L. (1992). Improving memory performance in the aged through mnemonic training: A meta-analytic study. *Psychology and Aging*, 7, 242-251.

*Verhaeghen, P., Steitz, D.W., Sliwinski, M.J., e Cerella, J. (2003), Aging and dual-task performance: a meta-analysis, *Psychology and Aging*, 18, n. 3, pp. 443-460.

Von Bastian, C. C., Oberauer, K. (2013). Effects and mechanisms of working memory training: a review. *Psychological Research*, 78, 803-820.

*Vygotskij, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press.

Zinke, K., Zeintl, M., Eschen, A., Herzog, C., Kliegel, M. (2012). Potentials and Limits of Plasticity Induced by Working Memory Training in Old-Old Age. *Gerontology*, 58, 79-87.