



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

**Università degli studi di Padova**  
Dipartimento di Psicologia Generale

Corso di Laurea Triennale in  
Scienze Psicologiche Cognitive e Psicobiologiche

Tesi di Laurea

**Memoria e Multitasking: uno studio in  
prospettiva lifespan**

***Relatore***

Prof. Mario Bonato

***Correlatrice***

Dott.ssa Maria Silvia Saccani

***Laureanda:*** Sofia Dalle Vacche  
***N° Matricola:*** 2046313

Anno Accademico 2023 / 2024

# Indice

<b>INTRODUZIONE</b> .....	2
<b>CAPITOLO 1: Background teorico</b> .....	3
<b>1.1 La memoria</b> .....	3
<b>1.2 Funzioni attentive</b> .....	5
1.2.1 La relazione tra attenzione, memoria e funzionamento cognitivo.....	6
<b>1.3 Il multitasking</b> .....	7
<b>CAPITOLO 2: Ricerca</b> .....	9
<b>2.1 Obiettivi e ipotesi</b> .....	9
<b>2.2 Metodo</b> .....	9
2.2.1 Materiali e Software .....	9
2.2.2 Reclutamento dei partecipanti e criteri di inclusione .....	10
2.2.3 Disegno sperimentale .....	12
2.2.4 Descrizione del test .....	13
<b>2.3 Analisi dei dati</b> .....	18
2.3.1 Statistiche Descrittive.....	18
2.3.2 Analisi dell'accuratezza delle risposte .....	19
2.3.3 Analisi del costo dell'accuratezza .....	20
2.3.4 Analisi dei tempi di risposta.....	21
2.3.5 Analisi del costo dei tempi di risposta.....	23
2.3.6 Falsi Allarmi e Omissioni .....	24
2.3.7 Analisi esplorative.....	26
<b>2.4 Discussione</b> .....	27
<b>CAPITOLO 3: Conclusioni</b> .....	30
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	32

## INTRODUZIONE

La capacità di svolgere più compiti contemporaneamente, ovvero il multitasking, è uno degli aspetti più interessanti del sistema cognitivo umano e con la diffusione della tecnologia è diventato la nuova normalità (Courage et al., 2015). Numerosi studi presenti in letteratura hanno dimostrato come l'esecuzione simultanea di più compiti determina una diminuzione significativa delle prestazioni individuali. Tale fenomeno, noto come interferenza da doppio compito (dual task interference, DTi), comporta un costo in termini di performance, manifestandosi in una riduzione dell'efficacia rispetto all'esecuzione di un singolo compito (Pashler, 1994).

Il presente studio si propone di analizzare le potenzialità di un doppio compito mnemonico autosomministrabile al computer su una popolazione di 572 individui di età compresa tra i 18 e 89 anni, con l'obiettivo di verificare la presenza di un costo associato al multitasking e di esplorarne le relazioni con il funzionamento cognitivo. Il compito si articola in diverse sezioni, la prima sempre contenente uno screening cognitivo (Auto-GEMS), seguito da due parti il cui ordine di presenza era variabile, comprendenti due doppi compiti mnemonici. Il doppio compito su cui si concentrerà tale elaborato è il TAP (Test of Attentional Performance), volto ad indagare le abilità attenzionali attraverso tre blocchi: un task visivo, uno uditivo e uno che combina i precedenti.

Il primo obiettivo dello studio è verificare la presenza di un costo nel passare da una condizione di compito singolo a una condizione di doppio compito. Il secondo obiettivo è quello di verificare l'esistenza di una relazione tra le prestazioni in compiti di multitasking con due possibili predittori, ovvero la riserva cognitiva e il punteggio dell'Auto-GEMS.

I risultati di questo studio hanno confermato, in accordo con quanto riportato in letteratura, una diminuzione della prestazione nel compito di attenzione sostenuta in relazione all'aumentare dell'età e del carico cognitivo, ad eccezione della condizione uditiva dove non si osserva un declino significativo.

Successivamente, un'analisi esplorativa dei dati ha rivelato che i partecipanti che hanno mostrato un costo più elevato nel dual task presentavano anche un punteggio significativamente inferiore nello screening cognitivo.

## **CAPITOLO 1: Background teorico**

Le funzioni cognitive, quali memoria, attenzione e capacità di gestione simultanea di compiti, comunemente denominate multitasking, rivestono un ruolo centrale nel funzionamento mentale umano e presentano un'efficienza che può variare significativamente nel corso della vita. Tali variazioni sono il risultato di intricate interazioni tra fattori neurobiologici, cognitivi ed ambientali. L'analisi dell'evoluzione e delle modificazioni di queste capacità con l'avanzare dell'età è di fondamentale importanza per comprendere appieno le dinamiche del funzionamento cognitivo umano e le loro ripercussioni sul funzionamento quotidiano e sulla qualità della vita (Hasher & Zacks, 1988; Park & Reuter-Lorenz, 2009).

Nel presente capitolo si procederà a una disamina approfondita di due funzioni cognitive di primaria importanza per l'oggetto della ricerca: la memoria e l'attenzione. Verranno esaminati il loro ruolo, il loro funzionamento, le loro classificazioni principali e le loro relazioni. In seguito, si analizzerà il ruolo del multitasking come tool per scovare possibili deficit del funzionamento cognitivo (Logie, 2011).

### **1.1 La memoria**

La memoria costituisce una funzione cerebrale di notevole complessità che permette di immagazzinare e recuperare informazioni, risultando fondamentale per l'interazione efficace con l'ambiente circostante e per l'adozione di risposte adattive appropriate (Tulving, 1972). Il corretto funzionamento di questa funzione è cruciale per il compimento di azioni che richiedono il richiamo di esperienze pregresse.

Una classificazione iniziale della memoria distingue tra memoria a breve termine e memoria a lungo termine, una distinzione fondata principalmente sulla durata temporale della conservazione delle informazioni (Atkinson & Shiffrin, 1968; Cowan, 2008). La memoria a breve termine si riferisce alla capacità di trattenere e richiamare informazioni per un periodo limitato, immediatamente successivo alla loro presentazione. Di contro, la memoria a lungo termine rappresenta un sistema in cui le informazioni possono essere conservate per lunghi periodi e recuperate anche a distanza di tempo (Làdavas & Berti, 2020).

All'interno della memoria a lungo termine, è possibile individuare ulteriori suddivisioni basate sulla natura delle informazioni immagazzinate. La memoria episodica, nota anche come memoria esplicita o dichiarativa, concerne il ricordo di eventi specifici, caratterizzati da una precisa collocazione spaziale e temporale, come proposto da Tulving. Diversamente, la memoria semantica riguarda la conoscenza di concetti e fatti generali, come il significato delle parole, senza il riferimento a un contesto specifico.

Vi sono, inoltre, forme di memoria che operano al di fuori della consapevolezza e non sono facilmente verbalizzabili. La memoria implicita o procedurale si riferisce a tali processi, che comprendono l'acquisizione e l'esecuzione di abilità motorie e comportamentali in modo automatico, senza richiedere un'elaborazione cognitiva conscia, come suggerito dai lavori di Squire sulla memoria non dichiarativa.

La memoria a lungo termine può essere ulteriormente distinta in memoria anterograda e memoria retrograda. La memoria anterograda riguarda la capacità di acquisire nuove informazioni e successivamente richiamarle; questa funzione è di particolare interesse in ambito clinico, soprattutto per quanto concerne i pazienti affetti da disturbi della memoria, come descritto da Milner (2005) nel suo studio sull'amnesia. Nei casi di amnesia anterograda, l'individuo, pur conservando i ricordi formati prima dell'insorgenza della patologia, risulta incapace di immagazzinare nuove informazioni. La memoria retrograda, invece, concerne la capacità di recuperare informazioni già consolidate nel passato, e il suo corretto funzionamento è indicativo di un'efficace capacità di richiamo.

Un ulteriore concetto di rilevanza fondamentale è quello di memoria di lavoro, sviluppato da Baddeley e Hitch nel 1974. Questo sistema è responsabile dell'archiviazione temporanea delle informazioni necessarie per l'esecuzione di compiti cognitivi complessi. A differenza della memoria a lungo termine, la memoria di lavoro si distingue per una durata temporale limitata e per la sua suddivisione in diverse componenti: il loop fonologico, il taccuino visuospatiale, il buffer episodico e l'esecutivo centrale, quest'ultimo esercitando una funzione di supervisione e coordinamento delle informazioni elaborate dalle altre sottocomponenti.

Indipendentemente dall'approccio teorico adottato, è generalmente riconosciuto che la memoria di lavoro possiede una capacità limitata, determinata dalla quantità di risorse cognitive disponibili. Essa svolge un ruolo cruciale nella regolazione delle risorse

attentive, essenziale per monitorare e aggiornare le informazioni memorizzate, attraverso processi di attivazione o inibizione attiva delle stesse, come discusso da Engle et al. (1999).

## **1.2 Funzioni attentive**

L'attività cognitiva umana può essere sintetizzata come un processo continuo di elaborazione dell'informazione, sebbene tale sistema sia soggetto a limitazioni di natura temporale e spaziale (Broadbent, 1964). Ad esempio, non è possibile eseguire due attività contemporaneamente con lo stesso livello di efficienza che si raggiungerebbe svolgendole singolarmente, e vi è un limite intrinseco nella quantità di informazioni che possono essere conservate in memoria e successivamente recuperate.

L'attenzione rappresenta un insieme di processi cognitivi cruciali che regolano l'elaborazione delle informazioni, filtrando e organizzando gli stimoli provenienti dall'ambiente per facilitare l'emissione della risposta comportamentale più adeguata. Questo meccanismo consente di ottimizzare l'efficienza del sistema cognitivo, selezionando le informazioni rilevanti e inibendo quelle che potrebbero risultare fuorvianti (Posner & Driver, 1992).

Secondo gli autori, l'attenzione può essere suddivisa in quattro componenti principali:

1. Allerta (o arousal): rappresenta il livello di preparazione fisiologica necessario a mantenere una base attentiva adeguata per la ricezione degli stimoli interni ed esterni e la conseguente risposta. Tale stato è organizzato lungo un continuum che va dal sonno all'iperattività (Ladavas & Berti, 2020).
2. Attenzione sostenuta (o vigilanza): è il sistema che permette di mantenere un adeguato livello di attenzione per periodi prolungati, garantendo così una performance costante nel tempo durante l'esecuzione di un compito. Mackworth (1948) fu tra i primi a studiare il declino della vigilanza in compiti prolungati.
3. Attenzione selettiva: è il processo mediante il quale si selezionano e si danno priorità agli stimoli rilevanti per il compito in corso, mentre vengono simultaneamente inibiti gli stimoli irrilevanti o distraenti (Commodari, 2017).

Questo processo può essere di natura volontaria, operando attraverso un controllo top-down, oppure può avvenire automaticamente, in risposta alle caratteristiche dello stimolo, secondo un meccanismo bottom-up.

4. **Attenzione divisa:** si riferisce alla capacità di distribuire le risorse cognitive tra più stimoli o compiti contemporaneamente, mantenendo un equilibrio adeguato. Questa funzione è essenziale nella vita quotidiana, dove spesso è necessario gestire simultaneamente molteplici stimoli o attività (Commodari, 2017). La limitatezza delle risorse attentive può spiegare le difficoltà incontrate nello svolgimento di compiti multipli e il conseguente calo delle prestazioni, come suggerito da Wickens (1984) nella sua teoria del carico mentale.

#### 1.2.1 La relazione tra attenzione, memoria e funzionamento cognitivo

La teoria dei livelli di elaborazione proposta da Craik e Lockhart (1972) postula che la persistenza e la stabilità delle tracce mnestiche siano strettamente correlate alla profondità con cui l'informazione viene processata. In particolare, un'elaborazione più approfondita conduce a una rappresentazione mentale dell'informazione più articolata, stabile e duratura. Questo principio è intrinsecamente legato ai concetti di recollection e familiarity: una maggiore profondità di elaborazione favorisce un ricordo esplicito e consapevole, che permette un recupero basato su un processo di recollection, piuttosto che su una mera sensazione di familiarità (familiarity), la quale non consente un richiamo preciso e dettagliato degli elementi associati allo stimolo.

Craik (1987) sostiene che, in assenza di facilitazioni esterne, il recupero delle informazioni richiede l'attivazione di processi autogenerati che consentano un'elaborazione efficace del materiale mnestico. Questi processi, essendo volontari e dipendenti dalle risorse cognitive individuali, necessitano di un elevato grado di controllo attentivo. Di conseguenza, una diminuzione delle risorse attentive, così come un deterioramento globale del funzionamento cognitivo, può comportare significative difficoltà nello svolgimento di compiti basati sulla recollection, specialmente quando il supporto ambientale è minimo. Tuttavia, tali difficoltà potrebbero risultare meno accentuate in compiti che beneficiano di un maggiore sostegno contestuale, dove la necessità di attivare processi attentivi controllati è ridotta.

In questo contesto, è importante rilevare che gli individui anziani, rispetto a quelli più giovani, manifestano maggiori difficoltà in compiti che offrono un limitato supporto ambientale. Inoltre, è cruciale riconoscere che la performance nei compiti di memoria è influenzata dal corretto funzionamento delle risorse cognitive sottostanti. La letteratura indica chiaramente che con l'avanzare dell'età si osserva una riduzione della velocità di elaborazione delle informazioni, con effetti negativi sul funzionamento cognitivo generale (Salthouse, 1996).

Salthouse ha approfondito la relazione tra velocità di elaborazione e funzionamento cognitivo attraverso il concetto di simultaneità, evidenziando come una ridotta velocità di elaborazione comporti una diminuzione della quantità di informazioni disponibili per le operazioni cognitive successive e una minore profondità nell'elaborazione delle stesse, con conseguente progressivo declino nella precisione delle informazioni elaborate in precedenza.

### **1.3 Il multitasking**

Nella vita quotidiana, l'essere umano si trova spesso immerso in situazioni che richiedono la capacità di svolgere più compiti contemporaneamente. Questa abilità, comunemente nota come multitasking, rappresenta la capacità di una persona di eseguire più attività simultaneamente. Tuttavia, affinché queste azioni vengano svolte in maniera efficiente e coordinata, è necessario un maggiore impiego delle risorse cognitive, il che comporta un notevole impatto sulle risorse attentive. Poiché l'attenzione è una risorsa limitata e suscettibile di esaurimento, il multitasking tende a sollecitarla eccessivamente, determinando una riduzione delle prestazioni globali.

Quando ci troviamo a gestire più attività contemporaneamente, non possiamo dedicarci interamente a ciascuna di esse come faremmo se le svolgessimo singolarmente. Questa differenza di prestazione, osservabile tra l'esecuzione di due compiti simultanei rispetto all'esecuzione di uno solo, viene comunemente definita "switch cost" o, più semplicemente, "costo". Questo costo rappresenta l'onere cognitivo aggiuntivo richiesto per passare da un'attività all'altra e per mantenere l'efficienza in entrambe, e si manifesta come aumento dei tempi di risposta (RT) e del numero degli errori (ER) (Pashler, 1994).

Numerose ricerche scientifiche evidenziano che le risorse cognitive umane sono intrinsecamente limitate e soggette a esaurimento. Questo principio assume particolare rilevanza nell'ambito dei compiti che richiedono un elevato livello di impegno attentivo. Tra tali compiti si annoverano il dual-task, il multitasking e il task-switching, i quali impongono ai partecipanti di suddividere o alternare la propria attenzione tra più attività simultanee o sequenziali. Questi compiti, proprio per la loro complessità, richiedono un considerevole impiego delle risorse cognitive disponibili, riducendo di conseguenza la quantità di tali risorse che possono essere allocate a ciascun compito individuale. Tale riduzione delle risorse cognitive disponibili si traduce in un impatto negativo sulle prestazioni complessive. Questo fenomeno è ampiamente documentato nella letteratura scientifica, come nello studio condotto da Howard e collaboratori, che ha approfondito come l'impegno in compiti cognitivi complessi influisca sulla disponibilità di risorse mentali, compromettendo così l'efficienza e l'efficacia con cui i soggetti eseguono i compiti assegnati.

Per analizzare la capacità di eseguire contemporaneamente due attività, viene impiegato il paradigma del doppio compito, o "dual task". In questo contesto, un'attività specifica - compito primario - viene eseguita sia singolarmente, sia in concomitanza con un compito secondario o interferente, nella condizione di doppio compito.

La sensibilità del multitasking come strumento di valutazione si manifesta anche nello studio delle differenze legate all'invecchiamento e al declino cognitivo. Infatti, il "costo" associato al multitasking si è rivelato predittivo nel distinguere tra individui sani, persone con Mild Cognitive Impairment (MCI) e pazienti affetti da Alzheimer, come evidenziato nello studio di Nielsen et al. del 2018. In questo contesto, il multitasking emerge non solo come una sfida quotidiana, ma anche come un prezioso indicatore della salute cognitiva, in grado di offrire spunti diagnostici cruciali per l'identificazione precoce di disturbi cognitivi.

In conclusione, sebbene il multitasking faccia parte della nostra vita quotidiana e sembri spesso inevitabile, è importante essere consapevoli dei suoi limiti e delle potenziali implicazioni sulla nostra efficienza cognitiva e sulla nostra salute mentale e fisica. Comprendere il costo del multitasking può aiutare a mitigare i suoi effetti negativi e a sviluppare strategie più efficaci per gestire le richieste cognitive del nostro ambiente.

## **CAPITOLO 2: Ricerca**

### **2.1 Obiettivi e ipotesi**

Il presente studio ha esaminato le capacità di multitasking, essenziali nelle attività quotidiane, attraverso l'impiego del paradigma del doppio compito. L'obiettivo primario consisteva nel valutare l'effetto dell'età, con l'aspettativa di osservare un declino progressivo delle prestazioni multitasking con l'avanzare dell'età. Parallelamente è stato osservato il ruolo della riserva cognitiva sul cervello in invecchiamento. Si è deciso di utilizzare un paradigma di doppio compito poiché autosomministrabile tramite l'utilizzo del computer e adatto come strumento di screening anche per una popolazione più giovane.

A ragione di questo, nello studio sono stati impiegati una serie di test che combinano compiti di discriminazione uditiva e visiva al fine di generare un'interferenza da doppio compito (DTi).

Sulla base di evidenze di studi precedenti, si preveda una riduzione della performance multitasking in relazione all'aumentare dell'età nella condizione di dual task rispetto a quella single task.

### **2.2 Metodo**

#### **2.2.1 Materiali e Software**

Per la diffusione del test e il caricamento del compito, è stato adottato il framework Jatos (<https://www.jatos.org/>), una piattaforma open-source che consente l'implementazione di un esperimento nell'account utente, con la possibilità di generare un link specifico da distribuire ai partecipanti. Questi ultimi, accedendo al link, vengono reindirizzati alla pagina web dell'esperimento. Nel nostro caso si è trattato della generazione di 12 link distinti, ciascuno con una differente sequenza di presentazione dei compiti (fatta eccezione per l'Auto-GEMS, sempre presentato come primo), al fine di mitigare eventuali effetti derivanti dall'ordine dei task. Jatos ha inoltre permesso di gestire l'archiviazione dei dati e risultati del test, suddividendo le informazioni per partecipante e per ciascun compito. È stata effettuata una preliminare operazione di pulizia dei dati, al fine di combinare i dati dei “nuovi partecipanti” con un database preesistente, per ottenere così una panoramica il più completa possibile.

In aggiunta, per massimizzare l'accuratezza della pulizia dei dati e condurre le analisi statistiche è stato utilizzato il software R (Gentleman e Ihaka).

### 2.2.2 Reclutamento dei partecipanti e criteri di inclusione

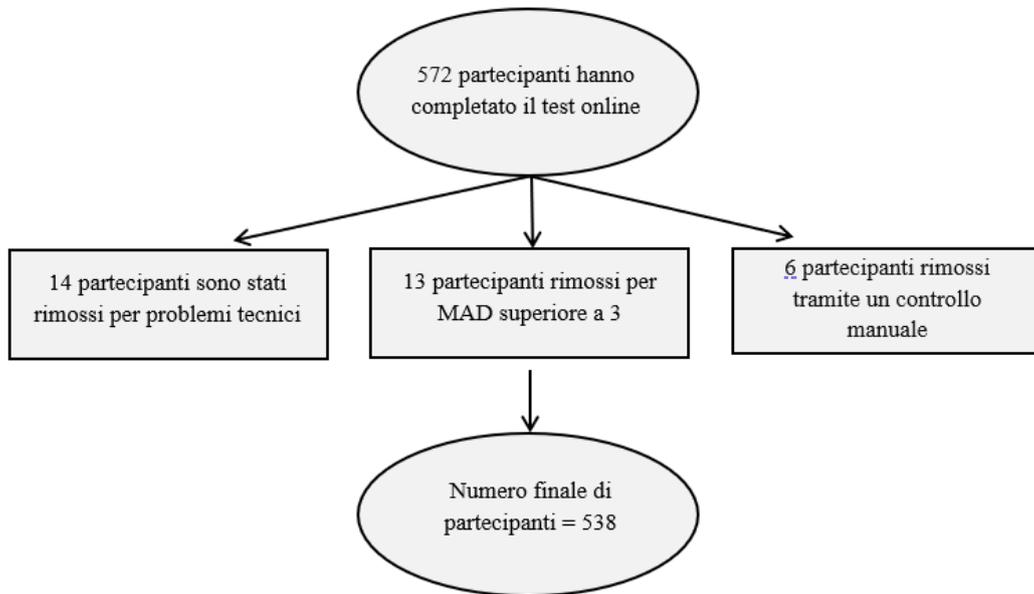
Il presente studio ha coinvolto un campione di 572 partecipanti, selezionati dalla popolazione generale, con un'età compresa tra i 18 e gli 89 anni. Il reclutamento è stato effettuato mediante la distribuzione di volantini collocati in punti strategici della città, la pubblicazione in gruppi Facebook, e la diffusione tra amici e familiari dei membri del team di ricerca. Ai soggetti interessati a partecipare veniva richiesto di inviare una comunicazione via e-mail a un membro del team, esprimendo il proprio interesse. In seguito, venivano fornite istruzioni dettagliate preliminari, finalizzate a verificare l'idoneità dei candidati secondo specifici criteri di inclusione.

A questo proposito si indicavano diversi criteri:

- Avere almeno 18 anni di età
- Avere accesso ad un computer con un browser tra Google Chrome, Firefox e Edge, escludendo Safari e avere la possibilità di regolare il volume dell'audio
- Non soffrire di un disturbo neurologico
- Non soffrire di un disturbo della vista e dell'udito grave che impedisca di svolgere il compito
- Non soffrire di altre condizioni mediche gravi che impediscano di svolgere compiti al computer
- Non aver partecipato ad altri studi del Professor Bonato riguardo la abilità di multitasking

Al fine di garantire l'integrità e la qualità dei dati raccolti, sono stati applicati ulteriori criteri di esclusione basati sulle prestazioni dei partecipanti. Il primo criterio ha portato all'esclusione di coloro che avevano riscontrato difficoltà tecniche durante l'esecuzione del test, ad esempio il non aver portato a termine un task. Il secondo criterio ha previsto un controllo manuale dei dati per identificare eventuali errori nel database. Infine, il terzo criterio ha impiegato la tecnica della deviazione assoluta mediana (MAD) per valutare l'accuratezza delle risposte e i tempi di reazione, al fine di identificare ed escludere potenziali outlier.

A questo proposito segue una schematizzazione rappresentativa di questa fase di scrematura, che ha determinato il numero finale di partecipanti effettivamente presi in considerazione nell'analisi (figura 2.1).

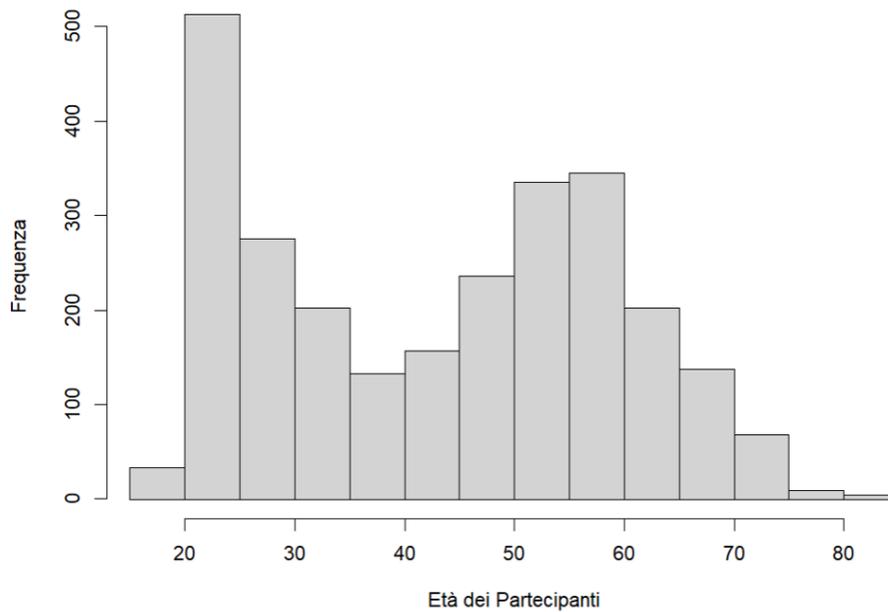


**Fig. 2.1** Diagramma di esclusione dei partecipanti.

Il campione finale è risultato composto da 538 partecipanti di età compresa tra i 50 e gli 89 anni, di cui 345 femmine e 193 maschi (tabella 2.2, figura 2.3).

	<b>N. Partecipanti</b>
<b>18-29</b>	149
<b>30-39</b>	81
<b>40-49</b>	66
<b>50-59</b>	144
<b>60-69</b>	75
<b>70-89</b>	23

**Tabella 2.2** Numero di partecipanti diviso per fasce d'età.



**Fig. 2.3** *Rappresentazione grafica della frequenza del campione in funzione dell'età. Ogni barra rappresenta il numero di partecipanti in ogni fascia di età 5 anni)*

### 2.2.3 Disegno sperimentale

All'interno della e-mail inviata ai partecipanti con i criteri di inclusioni, erano presenti ulteriori informazioni:

- Descrizione dettagliata dello studio
- Link per accedere allo studio
- Possibilità di ritirarsi dallo studio in qualsiasi momento
- Svolgere il test in una stanza silenziosa ed illuminata, priva di possibili distrazioni
- Essere sicuri che il computer fosse completamente carico o collegato alla presa
- Chiudere qualsiasi altra pagina aperta sul computer
- Stare ad una distanza di circa 57 cm rispetto allo schermo
- Avere un righello

I partecipanti potevano completare il test in totale autonomia oppure, laddove necessario, con il supporto di un caregiver soprattutto nel caso di soggetti molto anziani che potessero necessitare di assistenza per l'apertura del link o l'utilizzo del mouse e della tastiera (da specificare al termine del test).

Il compito non era soggetto a restrizioni temporali, sebbene la durata media prevista fosse di circa 35 minuti, variabile in funzione della dimestichezza del partecipante con l'uso

del computer e del completamento delle attività. I partecipanti venivano anche informati della possibilità di effettuare pause tra i vari test, a condizione che la pagina rimanesse sempre aperta e a schermo intero e che le istruzioni fossero seguite attentamente.

#### 2.2.4 Descrizione del test

Accedendo alla prima parte del test, viene richiesto ai partecipanti di prendere visione e accettare il consenso informato, oltre ad abilitare l'audio del proprio computer. Successivamente, viene richiesta l'immissione di specifiche informazioni anagrafiche: nome e cognome, sesso, data di nascita, mano dominante, nazionalità e, ove applicabile, il numeri di figli.

Per valutare l'indice di funzionamento cognitivo globale dei partecipanti e garantirne la conformità ai criteri di inclusione, nella fase iniziale della procedura sperimentale è stato somministrato il Global Examination of Mental State (auto-GEMS). Si tratta di un breve test di screening cognitivo derivante dal tele-GEMS, ovvero una versione telefonica dello stesso, a sua volta un adattamento del GEMS originale svolto in formato cartaceo, ed inserito in un paradigma computerizzato composto da quattro sezioni:

- 1) Indice breve di riserva cognitiva,
- 2) Auto-GEMS,
- 3) MAC-Q (Crook et al, 1992),
- 4) Questionario di autovalutazione sullo svolgimento della prova

In primo luogo, è stato effettuato il calcolo della riserva cognitiva tramite un indice basato sul questionario CRIq (Nucci et al., 2012): una raccolta di informazioni e di dati relativi all'intera avita adulta del soggetto. Tale calcolo si articolava in tre sezioni distinte:

1. CRI-Scuola riguardante il livello di istruzione con la richiesta di indicare l'ultimo titolo di studio conseguito e la durata in anni di successivi corsi frequentati (considerando unicamente quelli di durata uguale o superiore ai sei mesi);

2. CRI-Lavoro dove si richiedevano quattro informazioni al partecipante:

- Lavoro principale svolto per la maggior parte della propria vita
- Numeri di anni di lavoro, approssimato per eccesso
- Eventualmente lavori secondari

- Numeri di anni di lavoro per i lavori secondari, sempre approssimato per eccesso

3. CRI-Tempo Libero, presentato nuovamente con quattro domande relative alla frequenza settimanale con la quale i partecipanti svolgevano le attività elencate:

- Visite o attività con parenti e amici
- Sport o attività motoria prolungata
- Volontariato o attività religiose
- Attività culturali e ricreative

Ogni sezione generava un punteggio, successivamente integrato per determinare il punteggio del CRI totale per ciascun partecipante, su una scala con media 100 e deviazione standard 15.

Lo screening cognitivo è stato eseguito tramite l'auto-Global Examination of Mental State, un recente strumento neuropsicologico progettato per testare e valutare le abilità cognitive degli individui attraverso una batteria auto-somministrata. L'auto-GEMS consiste in una serie di test strutturati e domande a scelta multipla, descritti di seguito:

- Prova di abilità di orientamento con una domanda chiusa riguardo i punti cardinali di due città italiane conosciute (“Roma rispetto a Venezia si trova a Nord, Sud, Est o Ovest?”);
- Prova di memoria immediata: presentazione di sei parole sullo schermo, contemporaneamente anche pronunciate. Il partecipante deve memorizzarle e rievocarle;
- Prova di memoria di lavoro: si chiede al partecipante di rievocare i mesi dell'anno in ordine inverso a partire da dicembre e saltandone uno di volta in volta;
- Prova di abilità di costruzione mentale e visuo-costruttive: si deve ricomporre l'immagine di un treno utilizzando quattro tasselli come fosse un puzzle;
- Prova di abilità immaginativa e rappresentazione spaziale: presentazione di un elenco di orari e il compito del partecipante è stabilire se le lancette dell'orologio, rispetto all'orario presentato, si trovano entrambe a destra, a sinistra o nelle due metà opposte;
- Prova di denominazione: il partecipante deve riconoscere e scrivere il nome di quattro immagini che vede al centro dello schermo;

- Prova di memoria differita: il partecipante deve riportare le 6 parole sentite precedentemente;
- Prova di comprensione verbale: il partecipante eseguire quanto richiesto dall'istruzione "Prema due volte la lettera "A", dopo aver premuto una volta la lettera "B";
- Prova di comprensione di metafora: viene presentata una frase contenente una metafora e il partecipante deve scegliere la risposta corretta tra quattro alternative;
- Trail Making test-A e -B: nella prima sezione si chiede al partecipante di cliccare sui numeri presenti sullo schermo in ordine crescente, mentre nella seconda sezione si chiede sempre di riordinare ma questa volta alternando numeri e lettere (il tutto preceduto da un video di esempio).

Al termine di questa batteria è stato inserito anche il questionario MAC-Q (Crook et al.,1992) per valutare la percezione dei partecipanti riguardo al proprio stato di memoria. In particolare, nel questionario si chiede ai partecipanti di confrontare la loro attuale capacità di memoria con quella di dieci anni prima in riferimento a diversi ambiti:

- capacità di ricordare nomi di persone appena conosciute, numeri di telefono e indirizzi e-mail utilizzati frequentemente;
- capacità di ricordare dove vengono appoggiati gli oggetti
- capacità di ricordare fatti di cronaca precisi appena letti o ascoltati in televisione
- capacità di ricordare cosa comprare quando si entra in un negozio o in farmacia
- fare una valutazione globale della propria memoria rispetto al passato

A questo punto i partecipanti erano informati di aver completato metà dell'intero test, con due sezioni rimanenti, durante le quali il paradigma sperimentale utilizzato è quello del doppio compito: Memo Task e TAP. L'ordine di presentazione di questi compiti varia in base al link ricevuto dai partecipanti. Entrambi i test sono preceduti da una sessione di prova, che consente ai partecipanti di familiarizzare con le procedure.

Il Memo Task è articolato in 3 blocchi: single task, dual task low load e dual task high load. In tutti i blocchi vengono presentate 15 immagini in bianco e nero, ciascuna raffigurante un oggetto al centro dello schermo per 15 secondi. Il blocco single task era

preceduto da una breve sessione di pratica durante la quale ai partecipanti veniva chiesto di ignorare l'audio in sottofondo. Di seguito i partecipanti dovevano scegliere tra quattro alternative l'immagine che avevano visto in precedenza, senza limite di tempo. Durante le fasi dual task, i partecipanti non dovevano limitarsi a memorizzare le immagini, ma anche prestare attenzione ai suoni ovvero una sequenza continua di lettere. Nel primo dual task (low load), i partecipanti devono premere la barra spaziatrice non appena appare la lettera "X", seguito dalla fase di riconoscimento delle immagini. Nella fase finale del dual task, high load, si richiedeva di premere la barra spaziatrice ogni qualvolta si avvertiva lo stimolo "X" ma solo se preceduto dalla lettera "A".

Prima di procedere con il paradigma sperimentale successivo, ai partecipanti viene richiesto di ridimensionare un quadrato utilizzando un righello, in modo tale che il suo lato abbia una lunghezza di 10 cm. Questa operazione è essenziale per garantire la corretta leggibilità delle istruzioni e del test stesso.

L'analisi di questo studio si focalizza principalmente sul Test of Attentional Performance (TAP), introdotto per la prima volta nel 1992, volto a studiare le strategie di abilità attentiva tramite semplici paradigmi di reazione. Nel corso degli anni il TAP è stato aggiornato con l'introduzione di versioni differenti e l'integrazione di un test aggiuntivo per l'Attenzione Sostenuta. Attualmente sono 13 le varianti esistenti del TAP; per questo studio si è deciso di avvalersi di tale test, computerizzato e standardizzato, volto a valutare l'Attenzione Divisa. Il TAP prevede che un compito uditivo e uno visivo siano processati in parallelo ed è suddiviso in tre sezioni.

La prima sezione comprende un single task visivo: al centro dello schermo compare un quadrato costituito da una matrice di 4x4 punti, indicanti 16 posizioni differenti. Durante il test, secondo un ritmo predeterminato, compaiono tra le 6 e le 8 croci che si sovrappongono ai puntini. Il partecipante ha il compito di premere la barra spaziatrice il più velocemente possibile ogni volta che quattro croci "X" appaiono vicine, andando a formare gli angoli di un piccolo quadrato.

Nella sezione deputata al task uditivo, su uno schermo nero, viene presentata una sequenza di suoni alti e bassi, ciascuno di questi emesso due volte consecutivamente in successione (alto-alto-basso-basso). Il partecipante deve premere la barra spaziatrice ogni volta che percepiva un'irregolarità nella sequenza.

Nella terza e ultima sezione viene proposto il doppio compito, una combinazione dei precedenti: oltre alla matrice di punti e alle corrispettive croci, si presenta la sequenza di suoni alti e bassi, emessi in modo alternato sulla base del ritmo di sincronizzazione dei cambiamenti di posizione delle “X”. Si richiede al partecipante di premere la barra spaziatrice ogni volta che rileva la presenza di un quadrato ormato da quattro croci e quando sente una sequenza di suoni differenti da quella usuale (figura 2.4).

**Divided Attention / dual task**

---

You have two tasks in this test:

**First task:**  
 You will see a region on the screen in which a varying number of crosses appear simultaneously. When four of these crosses form a square, then please press the key as quickly as possible.

**Example:**

×	·	×	·
×	·	×	×
·	·	×	×
·	×	·	·

**Second task:**  
 In this task you will hear a high and a low tone in sequence. You must decide whether the same tone occurs twice in a row. Please press the key as quickly as possible!

Your task is to pay attention to both squares and tones at the same time.

---

Please press a key to hear the tones

Please press a key (cancel with X)

**Fig 2.4** Dimostrazione del compito.

Durante il compito dual vengono presentati i seguenti stimoli:

- 100 stimoli visivi, presentati con un intervallo di 2 secondi tra l’uno e l’altro, di cui 17 sono stimoli target
- 200 stimoli uditivi, presentati con un intervallo di 1 secondo tra l’uno e l’altro, ciascun della durata di 433 millisecondi, di cui 16 sono stimoli target

Si stima dunque che la durata del test nella condizione duale, escludendo il tempo dedicato alle istruzioni, sia di 3 minuti e 25 secondi, poiché l’assenza di una risposta non influisce sulla progressione del test che prosegue indipendentemente dal tempo di risposta del partecipante agli stimoli.

Al termine di tutti i test, si chiede al partecipante di valutare lo svolgimento della prova con un questionario a scelta multipla. Esso aveva l’obiettivo di verificare le modalità di

esecuzione del test e di raccogliere informazioni qualitative, come l'eventuale assistenza ricevuta durante lo svolgimento della prova.

### 2.3 Analisi dei dati

Per svolgere le analisi statistiche è stato utilizzato il software R (versione 4.3.3, RStudio Team, 2024). I dati sono stati analizzati per mezzo di un modello lineare misto generalizzato per risultati con distribuzione binomiale (GLMM). Abbiamo eseguito un test basato sul chi-quadrato Wald di tipo II con la funzione "Anova" dal pacchetto "CAR".

#### 2.3.1 Statistiche Descrittive

Le analisi sono state fatte sempre tenendo in considerazione la divisione del campione totale in 6 cluster di età (figura 2.2).

Nella tabella sottostante possiamo osservare le statistiche descrittive riguardanti le prime informazioni richieste ai partecipanti e i risultati dell'autoGEMS per avere uno screening cognitivo globale del campione (tabella 2.5)

Media età	Deviazione Standard età	Minimo	Massimo	Media educazione	Media score CRI	Media score GEMS
43.8	15.8	18	82	14.0	123	91.6

**Tabella 2.5** *Statistiche descrittive*

Lo score del TAP è stato analizzato separatamente dividendo le statistiche descrittive in tre condizioni: Visiva, Uditiva e Dual. In tutti i casi, il costo in termini di tempo di risposta per la condizione visiva ed uditiva, e la loro relativa accuratezza, è stato calcolato sottraendo la media di ciascun single task dal dual task. Nella tabella 2.6, riportata di seguito, sono riportati tutti i risultati ottenuti.

Cond	Load	Accuratezza	Tempo di risposta - Vis	Tempo di risposta - Aud	Costo accuratezza	Costo tempo di risposta - Vis	Costo tempo di risposta - Aud
Visiva	Single	0.941	929	NaN	-0.0175	-56.9	NaN
Uditiva	Single	0.981	NaN	649	-0.0175	NaN	41.2

Dual	Dual	0.944	873	686	-0.0175	-56.9	41.2
------	------	-------	-----	-----	---------	-------	------

**Tabella 2.6** *Tabella Statistiche Descrittive del TAP diviso sulla base delle tre condizioni*

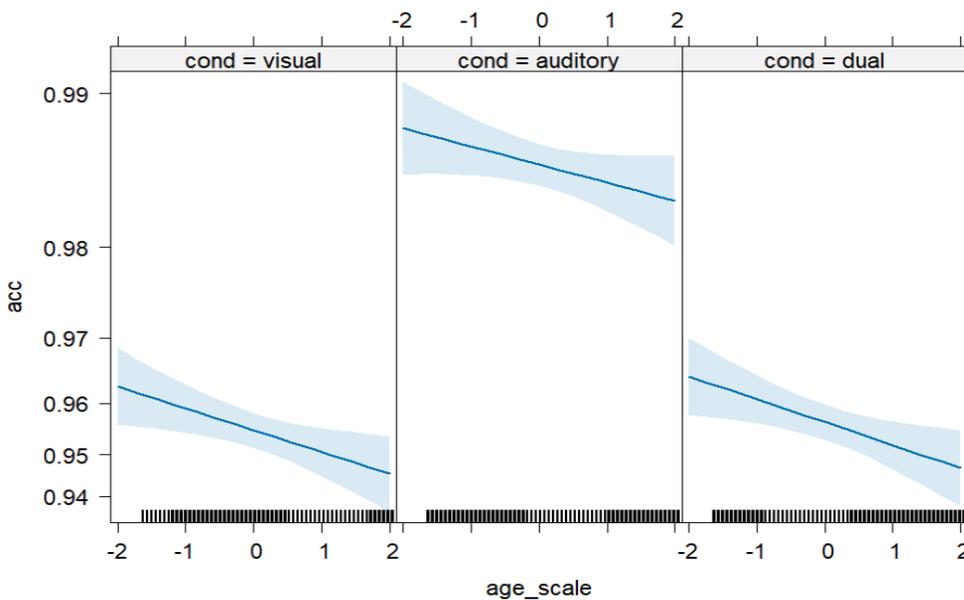
### 2.3.2 Analisi dell'accuratezza delle risposte

Nell'analisi la variabile dipendente è l'accuratezza della condizione (visiva, uditiva e duale) e le variabili indipendenti sono invece le tre modalità, l'età e la loro interazione.

	Chi-quadro	Gradi di Libertà	Pr (>Chisq)
<b>Condizione</b>	1197.4074	2	< 2.2e-16
<b>Età</b>	7.2191	1	0.007213
<b>Interazione tra condizione ed età</b>	0.3386	2	0.844239

**Tabella 2.7** *Tabella Analisi della Deviazione (Tipo II Chi squared test)*

In questa prima analisi emerge un effetto significativo sia per quanto riguarda la condizione che l'età, ma non si riscontra un'interazione significativa tra queste due variabili  $\chi^2(2, N=538) = 0.34, p = .844$ . La figura 2.8 mostra come l'accuratezza tende a diminuire all'aumentare dell'età in maniera coerente nelle tre condizioni, nonostante i diversi livelli di accuratezza raggiunti in ciascuna di esse. Tuttavia, si osserva una maggiore accuratezza nella condizione uditiva rispetto a quella visiva e dual, le quali sembrano seguire un andamento simile.



**Fig 2.8** *Interazione tra l'accuratezza delle risposte nelle tre condizioni e l'età dei partecipanti.*

### 2.3.3 Analisi del costo dell'accuratezza

Per le analisi del costo dell'accuratezza è stato impiegato un modello lineare in cui la variabile dipendente è rappresentata dal costo stesso, mentre quella indipendente è l'età (sempre suddivisa in cluster).

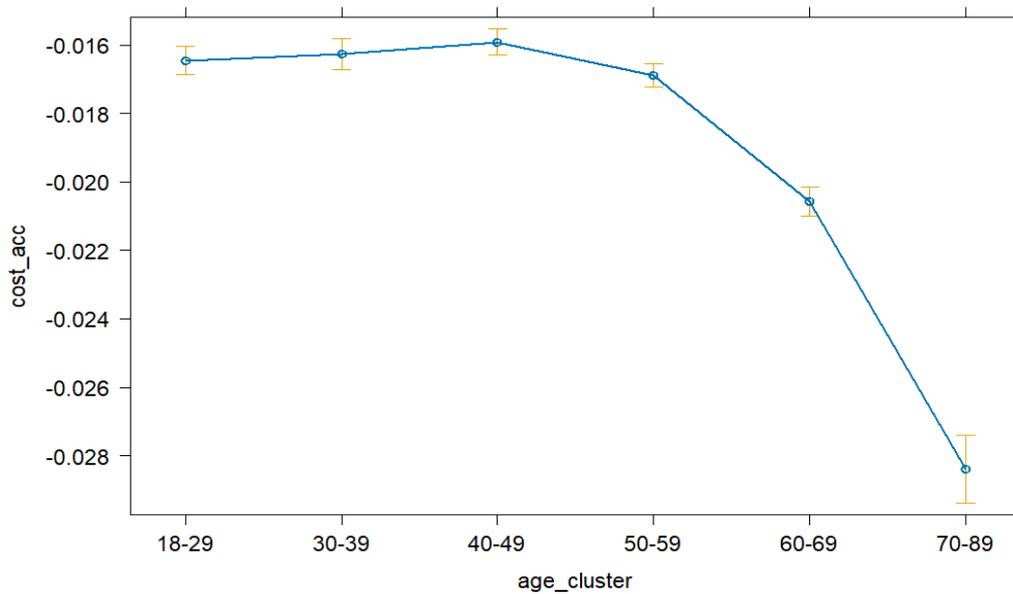
	<b>Gradi di Libertà</b>	<b>Somma al quadrato</b>	<b>Media al quadrato</b>	<b>F value</b>	<b>Pr (&gt;F)</b>
<b>Età in cluster</b>	3	1.127	0.37562	191.61	< 2.2e-16
<b>Residui</b>	156596	306.978	0.00196	NA	NA

**Tabella 2.9 ANOVA**

	<b>Estimate</b>	<b>Standard Error</b>	<b>T value</b>	<b>Pr (&gt;   t  )</b>
<b>Intercetta</b>	-0.0190774	0.0001351	-141.21	< 2e-16
<b>Cluster età L</b>	-0.0087914	0.0003741	-23.50	<2e-16
<b>Cluster età Q</b>	-0.0061305	0.0003434	-17.85	<2e-16
<b>Cluster età C</b>	-0.0019165	0.0003142	-6.10	1.07e-09

**Tabella 3** *Analisi dei cluster d'età come relazione lineare, quadratica e cubica*

In generale, il costo di accuratezza aumenta con l'avanzare dell'età come evidenziato dall'effetto principale del cluster di età,  $F(3,156596) = 191.61$ ,  $p < .001$ . Come mostrato nella tabella 3, sia la relazione lineare che quadratica risultano significative, mentre non accade per la cubica. Questo andamento è confermato anche dalla figura 3.1, in cui si osserva un plateau fino al cluster di età 40-49, seguito da un decremento più marcato, che diviene particolarmente rapido tra i cluster 60-69 e 70-89.



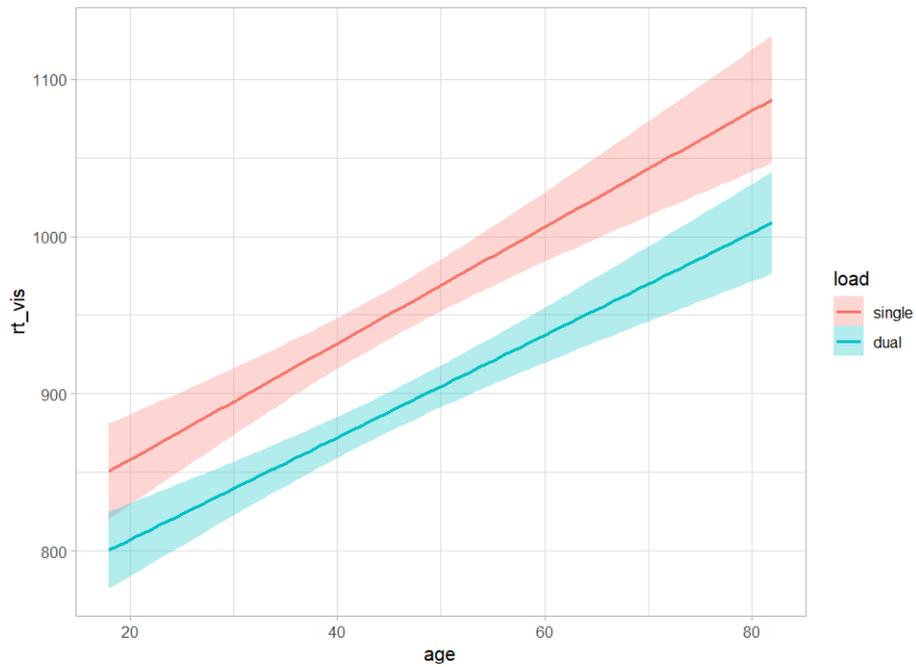
**Fig 3.1** *Modello Lineare dell'interazione tra l'età e il costo dell'accuratezza.*

#### 2.3.4 Analisi dei tempi di risposta

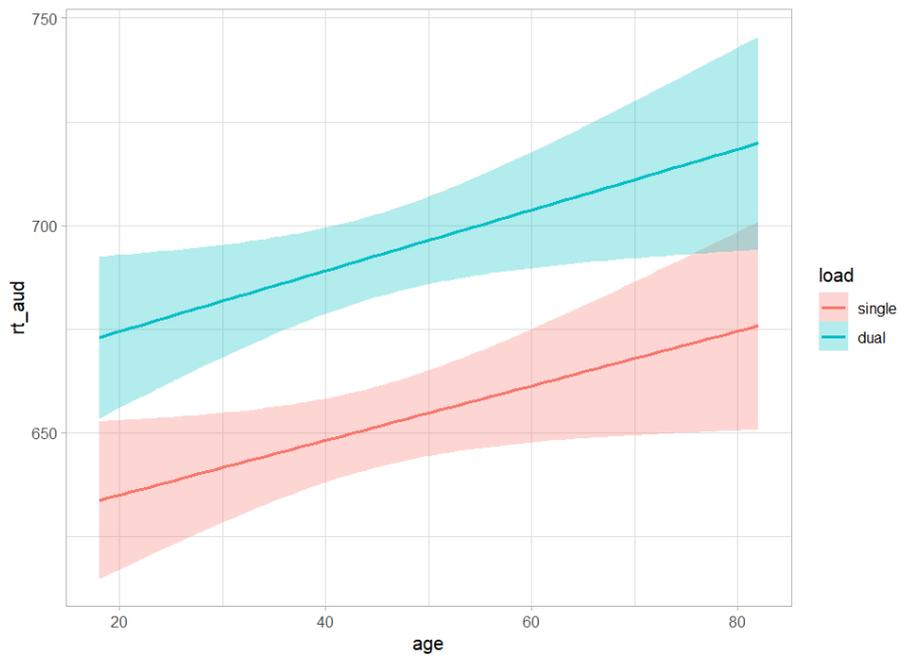
L'analisi dei tempi di risposta per tutte e tre le condizioni sfrutta la funzione logaritmica. La variabile dipendente considerata è il logaritmo del tempo di risposta, mentre le variabili indipendenti sono la condizione (single o dual) e l'età.

Sia per quanto riguarda la condizione visiva che uditiva si evince un'interazione non significativa tra la condizione e l'età del partecipante, si osserva rispettivamente  $F(1,16440.9) = 0.426$ ,  $p = .514$  e  $F(1,15503.4) = 0.1908$ ,  $p = .662$ .

Il campione risulta avere tempi di risposta più lenti nella condizione single visiva, rispetto che alla dual. Al contrario nella condizione uditiva, come ci si aspettava, i partecipanti hanno tempi di risposta minori per la condizione di compito singolo (fig 3.2, fig 3.3).



**Fig 3.2** *Interazione tra il tempo di risposta al compito visivo e l'età*



**Fig 3.3** *Interazione tra il tempo di risposta nella condizione uditiva e l'età*

### 2.3.5 Analisi del costo dei tempi di risposta

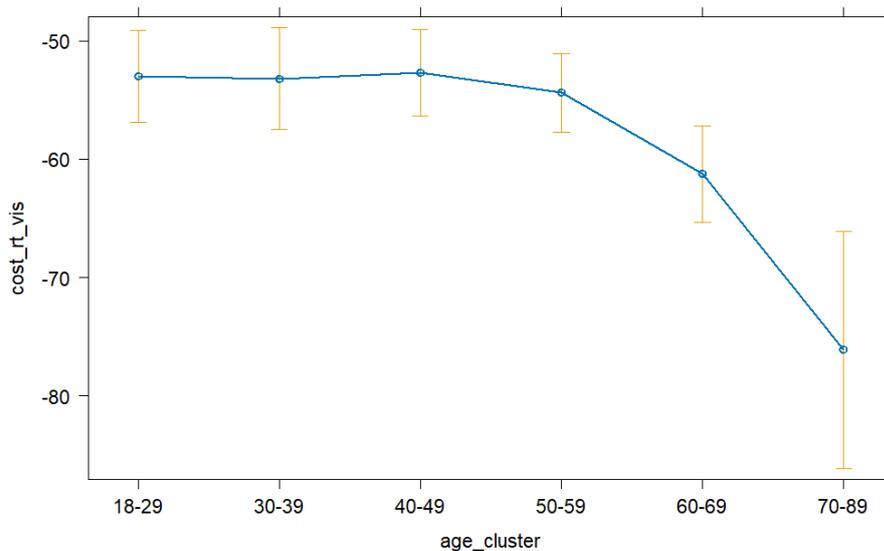
	<b>Gradi di Libertà</b>	<b>Somma al quadrato</b>	<b>Media al quadrato</b>	<b>F value</b>	<b>Pr (&gt;F)</b>
<b>Età in cluster</b>	3	399762	133254	6.9591	0.0001123
<b>Residui</b>	16650	318818230	19148	NA	NA

**Tabella 3.4 ANOVA**

	<b>Estimate</b>	<b>Standard Error</b>	<b>T value</b>	<b>Pr (&gt;   t  )</b>
<b>Intercetta</b>	-58.439	1.330	-43.947	< 2e-16
<b>Cluster età L</b>	-16.920	3.731	-4.535	5.81e-06
<b>Cluster età Q</b>	-11.208	3.421	-3.276	0.00105
<b>Cluster età C</b>	-3.920	3.057	-1.282	0.19977

**Tabella 3.5** *Analisi del costo in relazione ai cluster d'età come relazione lineare, quadratica e cubica*

Il costo dei tempi di risposta tende ad aumentare con l'avanzare dell'età, come evidenziato dall'effetto principale del cluster di età,  $F(3,16650) = 6.9591$ ,  $p < .001$ . Come illustrato nella Tabella 3.4, sia la relazione lineare che quadratica risultano significative, mentre la relazione cubica non raggiunge la significatività. Tale andamento è ulteriormente corroborato dalla Figura 3.6, nella quale si osserva un plateau fino al cluster di età compreso tra i 40 e i 49 anni, seguito da un decremento più pronunciato, che diviene particolarmente accentuato tra i cluster di età 60-69 e 70-89.

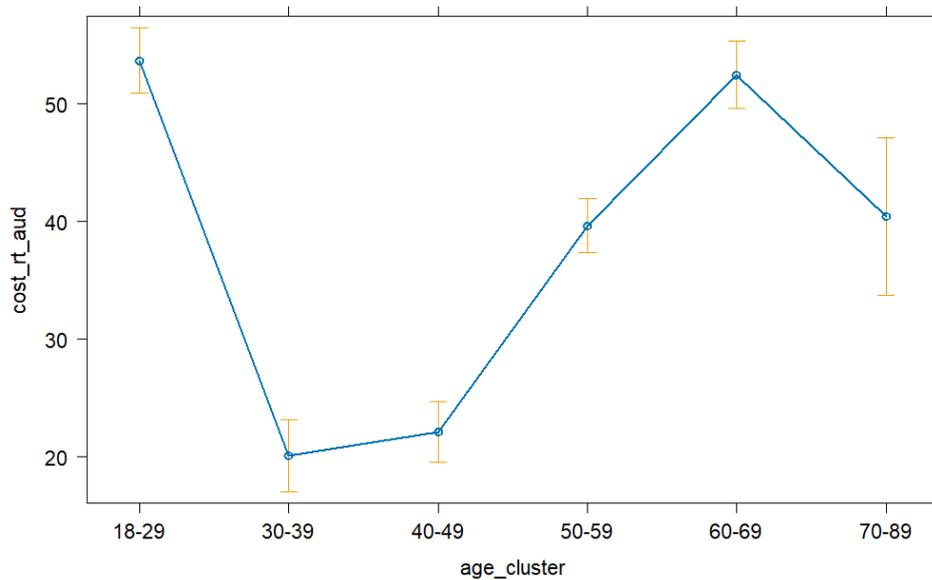


**Fig 3.6** *Interazione tra il costo del tempo di risposta nella condizione visiva e l'età*

Per quanto riguarda la condizione uditiva, si rileva la significatività in tutte e tre le relazioni: lineare, quadratica e cubica. Tuttavia, sebbene sia il load sia l'età esercitino un effetto significativo, l'interazione tra queste variabili non risulta significativa (Tabella 3.7, Figura 3.8).

	<b>Gradi di Libertà</b>	<b>Somma al quadrato</b>	<b>Media al quadrato</b>	<b>F value</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
<b>Load (single e dual)</b>	1	12.2655	12.2655	254.3726	<2e-16
<b>Età</b>	1	0.2000	0.2000	4.1468	0.04222
<b>Interazione tra load ed età</b>	1	0.0092	0.0092	0.1908	0.66227

**Tabella 3.7 ANOVA**



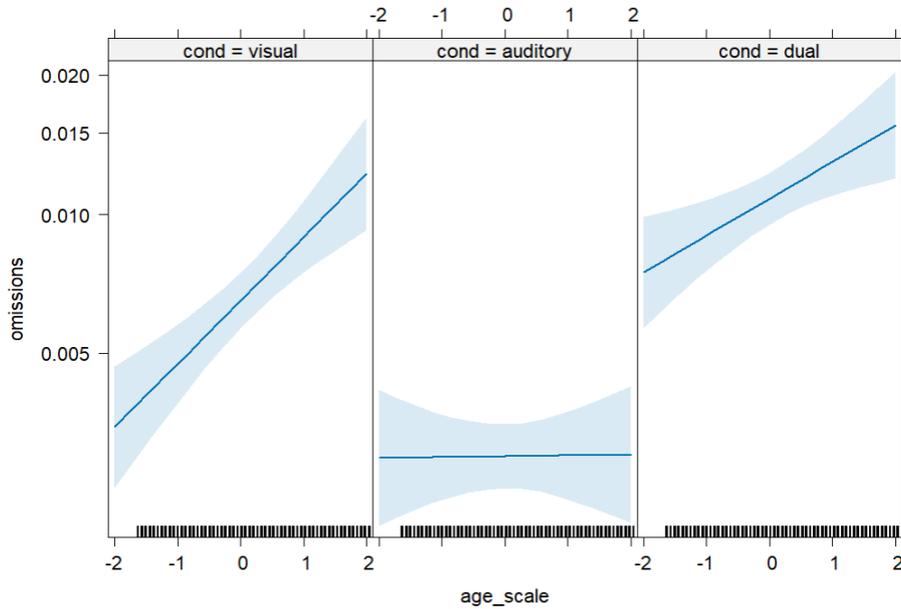
**Fig 3.8** Andamento del costo dei tempi di risposta uditivi in relazione ai cluster di età.

La curva evidenzia un significativo decremento nel costo dei tempi di risposta tra il cluster di età 18-29 e 30-39, seguito da un plateau stabile fino al cluster 40-49. Si osserva poi un incremento significativo seguito da una diminuzione dal cluster 60-69.

### 2.3.6 Falsi Allarmi e Omissioni

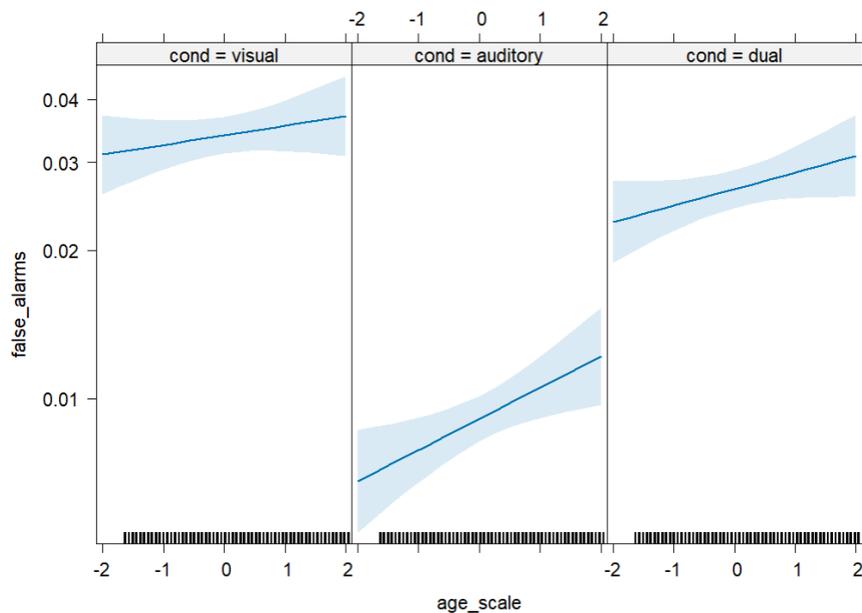
Per le analisi delle omissioni, ovvero la mancata risposta e individuazione dello stimolo target, è stata presa in considerazione come variabile dipendente il numero di omissioni, mentre come variabili indipendenti l'età e le tre diverse condizioni. Si riscontra un'interazione significativa tra le variabili  $\chi^2(2, N=538) = 22.104, p < .001$ . La Figura 3.9

illustra come il numero di omissioni tende ad aumentare con l'avanzare dell'età con particolare riferimento alla condizione visiva e dual; tuttavia, la condizione uditiva non sembra sensibile a questo effetto.



**Fig 3.9** *Interazione tra numero di omissioni e l'età*

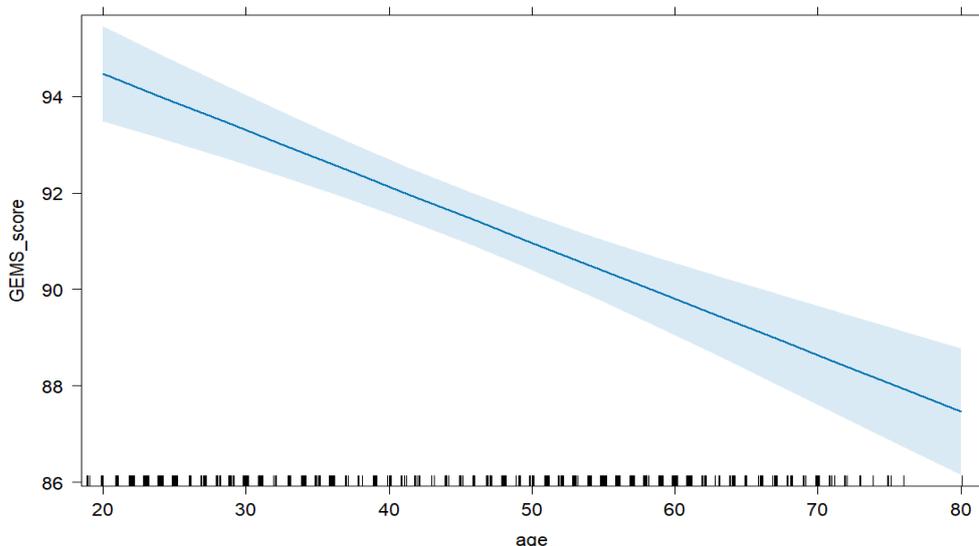
Nell'analisi dei falsi allarmi, ovvero l'emissione di una risposta in assenza dello stimolo target, si rileva una tendenza marginale nel commettere questo tipo di errore, con una prevalenza leggermente superiore nella condizione visiva (Figura 4).



**Fig 4** *Interazione tra numero di falsi allarmi ed età*

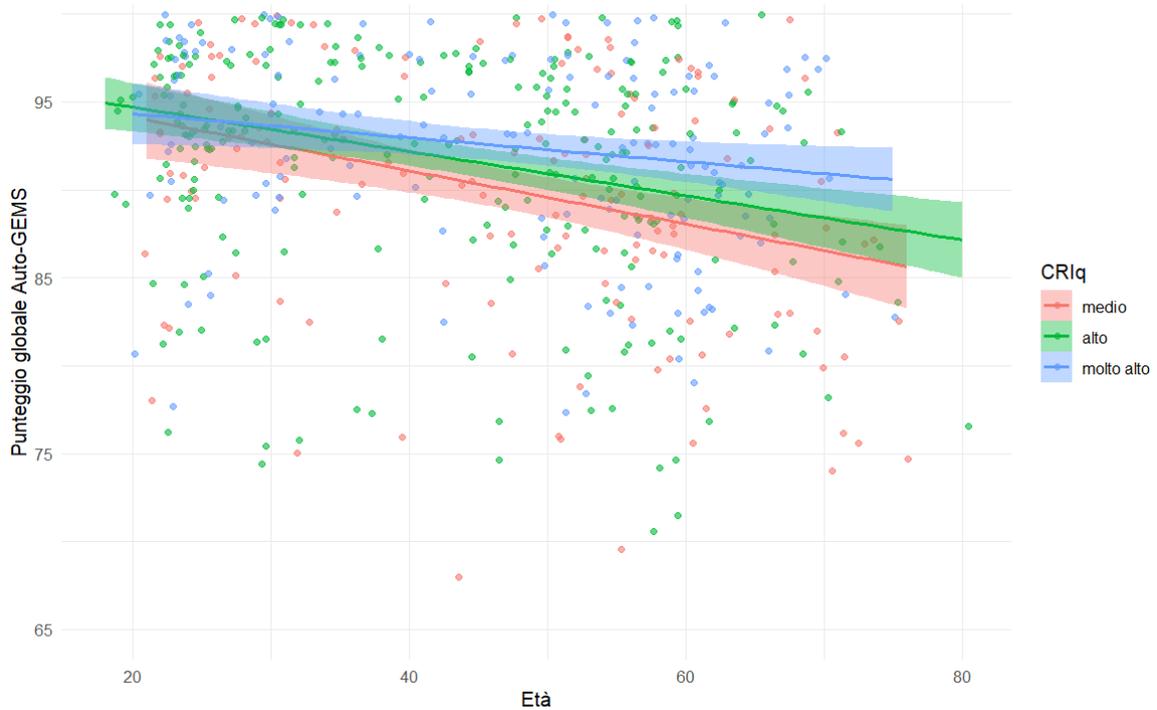
### 2.3.7 Analisi esplorative

È stata condotta un'analisi per valutare la variazione del punteggio dell'Auto-GEMS in relazione all'età e il potenziale impatto di tale variazione sulle prestazioni nei compiti. La Figura 4.1 illustra in maniera evidente la correlazione inversa tra l'età e i punteggi dell'Auto-GEMS, suggerendo un progressivo declino delle prestazioni nei test con l'avanzare dell'età.



**Fig 4.1** *Interazione tra l'età e il punteggio ottenuto all'Auto-GEMS*

Infine, è stata realizzata un'analisi approfondita al fine di esaminare l'interazione tra Auto-GEMS ed età, considerando il punteggio ottenuto nel CRI, suddiviso in tre livelli sulla base della classificazione fornita da Mondini et al.: medio, alto e molto alto. I risultati hanno evidenziato che il punteggio del CRI esercita un'influenza significativa sulla performance nel test Auto-GEMS, come esemplificato nella Figura 4.2.



**Fig 4.2** *Regressione lineare dell'interazione tra Auto-GEMS e l'età con suddivisione del CRIq.*

## 2.4 Discussione

L'analisi dei dati raccolti nel presente studio ha permesso di esaminare in dettaglio le dinamiche relative alla performance dei partecipanti sotto diverse condizioni di carico cognitivo, ossia visiva, uditiva e duale, tramite il TAP (Test of Attentional Performance) che sfrutta il ruolo dell'attenzione divisa. Date le evidenze degli studi precedenti la nostra ipotesi prevedeva che la performance dei partecipanti al compito diminuisse in relazione all'aumentare del carico cognitivo, causato dall'esecuzione di un doppio compito, e dell'età. I risultati evidenziano aspetti cruciali dell'influenza dell'età e delle diverse modalità sensoriali sulla precisione delle risposte, sui tempi di reazione e sui costi associati a queste misurazioni.

Relativamente all'accuratezza delle risposte, dai risultati emerge un effetto significativo sia della condizione sperimentale che dell'età. La condizione uditiva ha mostrato una precisione superiore rispetto a quella visiva e duale, un risultato che potrebbe essere attribuito alla natura del compito uditivo, che potrebbe aver richiesto un minore carico cognitivo o beneficiato da una migliore capacità di elaborazione uditiva in determinate fasce d'età. Nonostante ciò, non è stata rilevata una significativa interazione tra età e

condizione, suggerendo che l'effetto dell'età sull'accuratezza sia indipendente dalla modalità sensoriale coinvolta.

L'analisi del costo dell'accuratezza ha confermato che con l'avanzare dell'età, i partecipanti sperimentano una diminuzione della precisione, con un incremento significativo del costo dell'accuratezza osservato nelle fasce di età più avanzate. Questo andamento è risultato particolarmente marcato dopo i 60 anni, indicando un possibile declino delle capacità cognitive legate alla precisione, che potrebbe essere associato a un calo nelle risorse cognitive disponibili o a una maggiore difficoltà nel gestire compiti complessi.

Per quanto riguarda i tempi di risposta, l'analisi ha rivelato risultati interessanti. Contrariamente a quanto atteso, i partecipanti hanno mostrato tempi di risposta più rapidi nella condizione dual rispetto alla condizione single visiva, suggerendo un possibile effetto di facilitazione dovuto alla combinazione dei compiti. Al contrario, nella condizione uditiva, i tempi di risposta sono stati più veloci nella modalità single, come previsto, a conferma che i compiti uditivi, almeno in questo contesto, potrebbero essere più efficaci quando eseguiti isolatamente. Anche in questo caso, l'effetto dell'età è stato evidente, con un rallentamento generale dei tempi di risposta associato all'invecchiamento.

Il costo associato ai tempi di risposta tende ad aumentare con l'età, confermando l'ipotesi che il declino cognitivo legato all'invecchiamento possa influire negativamente sulla velocità di elaborazione delle informazioni. Tuttavia, la condizione uditiva ha mostrato un andamento più complesso, con un significativo decremento iniziale del costo seguito da un plateau e successivamente un incremento, che potrebbe indicare variazioni nelle strategie cognitive utilizzate dai partecipanti di diverse età.

L'analisi dei falsi allarmi e delle omissioni ha rivelato come l'invecchiamento influenzi anche la propensione a commettere errori di omissione, specialmente in condizioni di carico duale, mentre la condizione uditiva sembra essere meno suscettibile a questo tipo di errore. Questo suggerisce che i compiti uditivi, anche se eseguiti sotto carico, potrebbero rimanere più stabili rispetto a quelli visivi o duali, in termini di accuratezza delle risposte.

Le analisi esplorative sui punteggi Auto-GEMS indicano una chiara correlazione inversa tra età e prestazioni, suggerendo che il declino delle capacità cognitive con l'avanzare dell'età possa influenzare negativamente anche altre aree delle funzioni cognitive, come rilevato dal CRIq. Quest'ultimo sottolinea come la riserva cognitiva possa svolgere un ruolo cruciale nel mantenimento di un buono stato cognitivo. Tale dato fornisce ulteriori spunti per comprendere come l'invecchiamento influenzi globalmente le prestazioni cognitive.

### CAPITOLO 3: Conclusioni

La presente ricerca ha esplorato in modo approfondito le dinamiche tra vari tipi di attenzione, avvalendosi del multitasking, evidenziando come queste funzioni cognitive, pur essendo interconnesse, siano influenzate dall'età e dalle condizioni sperimentali. L'indagine ha confermato l'importanza della comprensione di tali meccanismi per valutare l'impatto dell'invecchiamento sulle capacità cognitive e la loro rilevanza nel contesto quotidiano.

I risultati ottenuti hanno permesso di confermare l'ipotesi iniziale secondo cui il carico cognitivo, accentuato dall'età e dalle modalità di presentazione dei compiti, influisce significativamente sulla performance dei partecipanti. In particolare, la ricerca ha evidenziato come l'invecchiamento influenzi negativamente la memoria di lavoro e la velocità di elaborazione delle informazioni, in linea con quanto documentato nella letteratura esistente (Salthouse, 1996). I dati raccolti hanno messo in luce come i partecipanti più anziani tendano a sperimentare un maggior costo cognitivo in termini di accuratezza e tempi di risposta, soprattutto in condizioni di multitasking. Questo risultato rispecchia la teoria secondo cui le risorse cognitive si riducono con l'età, portando a un maggiore sforzo per mantenere la stessa efficienza operativa in compiti complessi (Craik & Bialystok, 2006).

Uno degli aspetti più significativi emersi dalla ricerca riguarda la differenza di performance tra le condizioni uditive e visive. Mentre i compiti uditivi sembrano richiedere un minore impegno cognitivo e mantenere una maggiore stabilità con l'avanzare dell'età, i compiti visivi e quelli che richiedono l'integrazione di informazioni da più modalità sensoriali mostrano un decremento più marcato della performance. Questo dato può suggerire che le diverse modalità sensoriali non siano equivalenti in termini di richiesta cognitiva e che l'efficacia dell'elaborazione possa variare significativamente in base al tipo di stimolo e alla combinazione di compiti (Posner & Petersen, 1990). Inoltre, è degno di nota che il costo rilevato nei compiti del TAP sembra mantenersi piuttosto costante, suggerendo una relativa indipendenza della performance da questo fattore.

Il multitasking si è dimostrato un potente strumento diagnostico per individuare potenziali deficit cognitivi, come indicato da studi precedenti (Lundin-Olsson et al., 1997; Nielsen et al., 2018). I nostri risultati confermano che l'invecchiamento influisce negativamente sulla capacità di gestire simultaneamente più compiti, aumentando il costo associato in termini di accuratezza e tempi di risposta. Questo fenomeno, comunemente noto come "switch cost", diventa più pronunciato con l'età, suggerendo una ridotta flessibilità cognitiva e un maggior dispendio di risorse attentive.

Un ulteriore contributo significativo di questa ricerca è stata l'analisi delle differenze individuali nella riserva cognitiva, misurata tramite il CRIq, e la sua influenza sulle performance cognitive. I dati suggeriscono che una maggiore riserva cognitiva, accumulata attraverso esperienze di vita e stimoli intellettuali, possa contribuire a mitigare il declino cognitivo legato all'invecchiamento (Pettigrew & Soldan, 2019).

Questi risultati possono contribuire a sviluppare strategie più efficaci per mitigare gli effetti del declino cognitivo e migliorare la qualità della vita delle persone anziane.

## BIBLIOGRAFIA

Allport, D. A., Antonis, B., & Reynolds, P. (1972). On the Division of Attention: A Disproof of the Single Channel Hypothesis. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 24(2), 225-235. <https://doi.org/10.1080/00335557243000102>

Atkinson, R. M., & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. *The Psychology of Learning and Motivation*, 2, 89-195. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60422-3](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60422-3)

Baddeley, A. (2001). The concept of episodic memory. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 356(1413), 1233-1240. <https://doi.org/10.1098/rstb.2001.0957>

Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417-423. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01538-2](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01538-2)

Baddeley, A. D. (1992). Working memory. *Science*, 255(5044), 556-559. <https://doi.org/10.1126/science.1736359>

Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1994). Developments in the concept of working memory. *Neuropsychology*, 8(4), 485.

Broadbent, D. E., & Gregory, M. (1964). Stimulus set and response set: The alternation of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 16(4), 309-317.

Commodari, E. (2016). I tempi di risposta attentiva nella vecchiaia. *Giornale Italiano di Psicologia*, 43(1-2), 285-298. <https://doi.org/10.1421/83643>

Commodari, E. (2017). Novice readers: The role of focused, selective, distributed, and alternating attention at the first year of the academic curriculum. *i-Perception*, 8(4), 2041669517718557. <https://doi.org/10.1177/2041669517718557>

Contemori, G., Saccani, M. S., & Bonato, M. (2022). Multitasking effects on perception and memory in older adults. *Vision*, 6(3), 48. <https://doi.org/10.3390/vision6030048>

Cowan, N. (2008). What are the differences between long-term, short-term, and working memory?. *Progress in brain research*, 169, 323-338.

Cowan, N. (2011). The focus of attention as observed in visual working memory tasks: Making sense of competing claims. *Neuropsychologia*, 49(6), 1401-1406.

<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.12.008>

Craik, F. I., & McDowd, J. M. (1987). Age differences in recall and recognition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13(3), 474.

<https://doi.org/10.1037/0278-7393.13.3.474>

Craik, F. I., & Bialystok, E. (2006). Cognition through the lifespan: mechanisms of change. *Trends in cognitive sciences*, 10(3), 131-138.

Craik, F. I. (1979). Levels of processing: Overview and closing comments. *Levels of processing in human memory*, 447-461.

Crook TH, Feher EP, Larrabee GJ. Assessment of Memory Complaint in Age-Associated Memory Impairment: The MAC-Q. *International Psychogeriatrics*. 1992;4(2):165-176. doi:10.1017/S1041610292000991

Engle, R. W., Kane, M. J., & Tuholski, S. W. (1999). Individual differences in working memory capacity and what they tell us about controlled attention, general fluid intelligence, and functions of the prefrontal cortex. *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*, 4, 102-134.

Howard, M. C., & Cogswell, J. E. (2023). A meta-analysis of polychronicity: Applying modern perspectives of multitasking and person-environment fit. *Organizational Psychology Review*, 13(3), 315-347.

Ladavas E., Berti A. E. (2020), *Neuropsychologia*, Il Mulino.

Lavie, N. (2005). Distracted and confused? Selective attention under load. *Current Directions in Psychological Science*, 14(3), 143-148. <https://doi.org/10.1111/j.0963-7214.2005.00350.x>

Logie, R. H., Trawley, S., & Law, A. (2011). Multitasking: Multiple, domain-specific cognitive functions in a virtual environment. *Memory & cognition*, 39, 1561-1574.

Mackworth, N. H. (1948). The breakdown of vigilance during prolonged visual search. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1(1), 6-21.

- Milner, B. (2005). The medial temporal-lobe amnesic syndrome. *Psychiatric Clinics of North America*, 28(3), 599-611.
- Nijboer, M., Borst, J. P., van Rijn, H., & Taatgen, N. A. (2016). Contrasting single and multi-component working-memory systems in dual tasking. *Cognitive Psychology*, 86, 1-26. <https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2016.01.003>
- Nucci, M., Mondini, S., & Mapelli, D. (2012). Cognitive Reserve Index (CRI): Un questionario per la valutazione della riserva cognitiva. *Giornale Italiano di Psicologia*, 39(1), 155-174.
- Papagno, C. (2015). *Come funziona la memoria*. Raffaello Cortina Editore.
- Park, D. C., & Reuter-Lorenz, P. (2009). The adaptive brain: Aging and neurocognitive scaffolding. *Annual Review of Psychology*, 60, 173-196. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.59.103006.093656>
- Pashler, H. (1994). Dual-task interference in simple tasks: Data and theory. *Psychological Bulletin*, 116(2), 220-244. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.116.2.220>
- Pettigrew, C., & Soldan, A. (2019). Defining cognitive reserve and implications for cognitive aging. *Current Neurology and Neuroscience Reports*, 19(1), 1. <https://doi.org/10.1007/s11910-019-0917-z>
- Posner, M. I. (1990). The attention system of the human brain. *Oxford University Press*.
- Posner, M. I., & Driver, J. (1992). The neurobiology of selective attention. *Current Opinion in Neurobiology*, 2(2), 165-169.
- Salthouse, T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological review*, 103(3), 403.
- Sendulger, Y., Adali, S., Kilic, F., Akin, G., Ergonul, I., Inanc, G., & Taslica, S. (2020). Effects of Visual and Auditory Stimuli on Performance During Sustained Attention Task. *Meandros Medical And Dental Journal*.
- Squire, L. R., Knowlton, B., & Musen, G. (1993). The structure and organization of memory. *Annual review of psychology*, 44(1), 453-495.

Squire, L. R. (2004). Memory systems of the brain: A brief history and current perspective. *Neurobiology of Learning and Memory*, 82(3), 171-177. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2004.06.005>

Tulving, E. (2002). Episodic memory: From mind to brain. *Annual Review of Psychology*, 53, 1-25. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135114>

Tulving, E. (1984). Relations among components and processes of memory. *Behavioral and Brain Sciences*, 7(2), 257-268.

Zacks, R. T., & Hasher, L. (1988). Capacity theory and the processing of inferences. *Language, memory, and aging*, 154-170.

Wickens, C. D. (2008). Multiple resources and mental workload. *Human Factors*, 50(3), 449-455. <https://doi.org/10.1518/001872008X288394>

Wickens, C. D., Vidulich, M., & Sandry-Garza, D. (1984). Principles of SCR compatibility with spatial and verbal tasks: The role of display-control location and voice-interactive display-control interfacing. *Human factors*, 26(5), 533-543.