



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Psicologia Generale

Corso di laurea magistrale in Neuroscienze e Riabilitazione Neuropsicologica

Tesi Magistrale

Memoria e Multitasking: Il ruolo dell'età nelle funzioni
esecutive

Memory and Multitasking: The role of age in executive functions

Relatore

Prof. Mario Bonato

Correlatori

Dott.ssa Maria Silvia Sacconi

Dott. Vincenzo Livoti

Laureando: Nicholas Tregnaghi

Matricola: 2091878

Anno Accademico 2023 - 2024

Indice

Capitolo 1: Introduzione	4
1.1 Funzioni esecutive	5
1.1.1 Controllo inibitorio	6
1.1.2 Memoria di lavoro	8
1.1.3 Flessibilità cognitiva	9
1.1.4 Neuroanatomia delle funzioni cognitive	11
1.2 Invecchiamento sano e patologico	13
1.2.1 Demenze	14
1.2.2 Strategie di compensazione	16
1.3 Multitasking e Invecchiamento	18
Capitolo 2: Metodo	23
2.1 Ipotesi di ricerca	23
2.2 Partecipanti	24
2.3 Strumenti utilizzati	27
2.4 Descrizione dei task utilizzati	29
2.4.1 Auto-GEMS	30
2.4.2 TAP	42
2.4.3 Memo Task	45

2.5 Descrizione dei questionari utilizzati	47
2.5.1 MAC-Q	47
Capitolo 3: Risultati	49
3.1 Memo task	50
3.1.1 Accuratezza visiva	51
3.1.2 Costo cognitivo dell'accuratezza visiva	53
3.1.3 Tempi di reazione visivi	54
3.1.4 Costo cognitivo dei tempi di reazione visivi	56
3.1.5 Accuratezza uditiva	57
3.1.6 Tempi di reazione uditivi	59
3.1.7 Analisi generali	60
3.2 TAP	61
3.2.1 Accuratezza	62
3.2.2 Costo cognitivo dell'accuratezza	64
3.2.3 Tempi di reazione visivi	65
3.2.4 Tempi di reazione uditivi	67
3.2.5 Costo cognitivo dei tempi di reazione uditivi	69
3.2.6 Omissioni	70
3.2.7 Falsi allarmi	72
3.3 GEMS e CRI	74

3.4 TMT	76
Capitolo 4: Discussione	84
Capitolo 5: Conclusioni	92
Bibliografia	94
Appendice	112

CAPITOLO 1

INTRODUZIONE

Nella letteratura scientifica, sono presenti diverse definizioni di multitasking. Per alcuni, esso è definibile come *“la capacità delle persone di alternarsi tra compiti diversi contemporaneamente”* (Buser & Peter, 2012), per altri, invece, è *“l’abilità cognitiva di effettuare più compiti contemporaneamente alternando frequentemente i singoli compiti”* (Delbridge, 2000). Altri ricercatori, al contrario, preferiscono utilizzare il termine *“dual tasking”* o *“task switching”* quando sono coinvolti solo due compiti (Logan & Gordon, 2001; Monsell, 2003).

Nelle situazioni che richiedono multitasking, è lecito pensare che i diversi compiti interferiscano tra loro (Monsell, 2003; Pashler, 1994). In uno dei suoi libri più famosi, Kanheman (1973) sostenne la visione secondo cui le diverse risorse mentali disponibili sono condivise tra i differenti compiti in una situazione di multitasking. Dato che queste risorse mentali sono limitate, è possibile predire un’interferenza tra i compiti svolti, qualora essi non fossero di egual natura.

Numerosi studi presenti nella letteratura hanno confermato che l’esecuzione di più task nello stesso momento determina una riduzione 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).

Questo studio vuole analizzare la potenzialità di alcuni paradigmi sperimentali che utilizzano sia compiti singoli, sia doppi compiti. Per fare questo, l'esperimento è autosomministrabile attraverso l'utilizzo di un computer, in modo da rendere il più preciso possibile l'ottenimento dei dati. Allo studio hanno partecipato un totale di 479 partecipanti di età compresa tra i 18 e gli 80 anni, con l'obiettivo di verificare la presenza di un costo cognitivo associato al multitasking e di esplorarne le relazioni con le funzioni cognitive più importanti. Il compito è suddiviso in diverse sezioni, la prima contiene sempre uno screening cognitivo (auto-GEMS), seguita da due parti il cui ordine di presentazione era variabile, comprendenti due doppi compiti (Memo task e TAP).

Lo studio si è posto tre obiettivi: il primo è verificare la presenza di un costo cognitivo nel passare da una condizione di compito singolo ad una di doppio compito; il secondo è quello di osservare, con l'invecchiamento, un declino nelle funzioni cognitive più importanti indagate dai test a doppio compito; mentre, il terzo obiettivo, è quello di constatare se, nei partecipanti con una maggiore riserva cognitiva, avviene un processo di stabilizzazione (o un ridotto declino) delle funzioni cognitive coinvolte.

1.1 Funzioni esecutive

Le funzioni esecutive sono un insieme di processi mentali top-down, necessari quando una persona deve concentrarsi per prestare attenzione, oppure quando deve agire in maniera automatica o istintiva potrebbe essere controproducente,

insufficiente o, addirittura, impossibile (Burgess & Simons, 2005; Espy, 2004; Miller & Cohen, 2001).

Tra i ricercatori c'è un assenso generale sul fatto che esistano tre funzioni esecutive chiave (Letho et al., 2003; Miyake et al., 2000): inibizione (controllo inibitorio), memoria di lavoro e flessibilità cognitiva. Da queste originano le funzioni esecutive di più alto ordine, come ad esempio il ragionamento, il problem solving e la pianificazione (Collins & Koechlin, 2012; Lunt et al., 2011). È possibile affermare che le funzioni esecutive siano delle abilità fondamentali per il benessere fisico e mentale; per il successo lavorativo; per lo sviluppo cognitivo, sociale e psicologico. Inoltre, è possibile migliorare le funzioni esecutive attraverso tutto il ciclo di vita della persona, inclusi sia i bambini che gli anziani.

1.1.1 Controllo inibitorio

Il controllo inibitorio è una funzione esecutiva chiave ed implica diverse abilità:

- la capacità di controllare la propria attenzione,
- il comportamento,
- i pensieri,
- le emozioni.

Inoltre, interessa contesti in cui siamo portati ad ignorare una forte tendenza interna o uno stimolo esterno e a fare, invece, quello che è ritenuto più appropriato o necessario sulla base della situazione. Di conseguenza, il controllo

inibitorio rende possibile cambiare e decidere come noi reagiamo e come ci comportiamo.

Uno stimolo particolarmente saliente, come ad esempio un movimento o un forte rumore, attira la nostra attenzione che noi lo vogliamo o meno. Questa è definita come attenzione involontaria, automatica, bottom-up ed è unicamente guidata dalle proprietà dello stimolo stesso (Posner & DiGirolamo, 1998; Theeuwes, 1991).

È possibile misurare questa capacità attraverso diversi paradigmi sperimentali, come ad esempio il compito “*Stroop*” (MacLeod, 1991) e il compito “*go/no-go*” (Cragg & Nation, 2008). Il compito Stroop richiede di ignorare il significato della parola presentata (come, ad esempio, “*verde*”) scritta con l’inchiostro di un altro colore (“*rosso*”). Quando viene chiesto alle persone di non prestare attenzione al significato della parola (i.e., inibire la quasi automatica risposta alle parole) e di, invece, riflettere e riportare il colore dell’inchiostro, vengono commessi più errori e viene impiegato maggior tempo. Il compito *go/no-go*, invece, è diverso dalle altre misure, in quanto i partecipanti non devono inibire una risposta per darne un’altra, ma devono semplicemente inibire la risposta e non fare nulla. Solitamente questo compito richiede di premere un tasto quando compare uno stimolo, mentre quando ne compare un altro specifico viene richiesto di non fare nulla.

Il controllo inibitorio è particolarmente difficile per i bambini, in quanto le strutture cerebrali addette non sono ancora particolarmente sviluppate (giro frontale inferiore e insula anteriore); mentre, allo stesso modo, il controllo inibitorio declina

notevolmente durante l'invecchiamento sano (Hasher & Zacks, 1988; Hasher et al., 1991): infatti gli anziani mostrano una minore, o addirittura assente, soppressione degli stimoli che devono essere ignorati (Gazzaley et al., 2005), fornendo una forte evidenza a sostegno di un deficit del controllo inibitorio nell'invecchiamento.

1.1.2 Memoria di lavoro

Un'altra funzione esecutiva chiave è la memoria di lavoro (ML), la quale prevede il mantenimento temporaneo delle informazioni per poterle manipolare attraverso l'uso di pensiero e ragionamento. Secondo Baddeley e Hitch (1974) esistono due tipi di ML, distinti dalla natura del contenuto – ML verbale e ML visuo-spaziale. La ML è essenziale per dare un significato a tutto quello che si modifica nel tempo, che richiede sempre il mantenimento nella mente di quello che è accaduto qualche momento prima e comprendere quello che deve accadere dopo.

La memoria di lavoro (mantenere e manipolare le informazioni in un breve lasso di tempo) è chiaramente distinta dalla memoria a breve termine (mantenere le informazioni). A prova di questo, le neuroscienze hanno identificato dei diversi substrati neurali per entrambe le funzioni: la ML dipende più dalla corteccia prefrontale dorsolaterale, mentre il solo mantenimento dell'informazione senza la possibile manipolazione non necessita del contributo di questa zona della corteccia (D'Esposito et al., 1999; Eldreth et al., 2006; Smith & Jonides, 1999).

Inoltre, questi due tipi di memoria mostrano uno sviluppo diverso, in quanto la memoria a breve termine si sviluppa più precocemente e più velocemente della

memoria di lavoro. Infatti, anche i bambini più piccoli sono in grado di mantenere in memoria una o due cose per un periodo di tempo relativamente lungo (Diamond, 1995; Bell & Cuevas, 2016). Nell'invecchiamento, tuttavia, la ML declina (Fiore et al., 2012; Fournet et al., 2012). Questo accade perché il deterioramento del controllo inibitorio rende gli anziani più vulnerabili all'interferenza proattiva e retroattiva (Hedden & Park, 2001; Solesio-Jofre et al., 2012) e anche alle distrazioni (Rutman et al., 2010).

1.1.3 Flessibilità cognitiva

La flessibilità cognitiva è la terza funzione esecutiva chiave, incrementa l'efficacia delle altre due e richiede molto più tempo per svilupparsi (Davidson et al., 2006; Garon et al., 2008). Un aspetto della flessibilità cognitiva è l'abilità di cambiare la prospettiva dal punto di vista spaziale (e.g., "*Come potrebbe sembrare questo oggetto se lo vedessi da un'altra direzione?*") o da quello interpersonale (e.g., "*Vediamo se riesco a capire questa cosa dal tuo punto di vista*"). Per essere in grado di cambiare prospettiva, si necessita dell'inibizione (o la disattivazione) della prospettiva precedente e della manipolazione (o l'attivazione) della prospettiva diversa attraverso la memoria di lavoro.

Inoltre, questa funzione esecutiva comprende la possibilità di essere abbastanza flessibili nel cambiare in base alle continue richieste esterne e alle priorità. Per studiare al meglio la flessibilità cognitiva vengono utilizzati una serie di compiti che si focalizzano sul task-switching e sul set-shifting. Uno dei task più utilizzati è il "*Wisconsin Card Sorting Task*" (Milner, 1964; Stuss et al., 2000), che indaga

in maniera accurata il funzionamento della corteccia prefrontale. In questo test, ogni carta del mazzo può essere ordinata in base al colore, forma o numero. Il compito del partecipante è quello di dedurre il criterio corretto, per ordinare le carte, sulla base dei feedback dello sperimentatore, il quale può decidere in ogni momento di cambiare il criterio utilizzato.

Un tipo molto semplice di switching consiste nel concentrarsi in maniera continua nella stessa dimensione (in questo caso, nella stessa caratteristica dello stimolo), ma invertendo lo schema stimolo-risposta. Ciò è chiamato "*reversal shifting*" (Kendler & Kendler, 1959; Kendler et al., 1972; Roberts et al., 1988). Ad esempio, nel compito 1 il partecipante deve premere il pulsante sinistro per il triangolo e il pulsante destro per il cerchio, mentre nel compito 2 le istruzioni si invertono: il partecipante deve premere il pulsante sinistro per il cerchio e il pulsante destro per il triangolo. I bambini di soli due anni e mezzo sono in grado di svolgere questo tipo di compito (Brooks et al., 2003; Perner & Lang, 2002). L'abilità di task switching migliora durante lo sviluppo, ma declina con l'invecchiamento (Cepeda et al., 2001; Kray, 2006).

Nella figura 1.1 è possibile osservare un riassunto schematico delle funzioni esecutive.

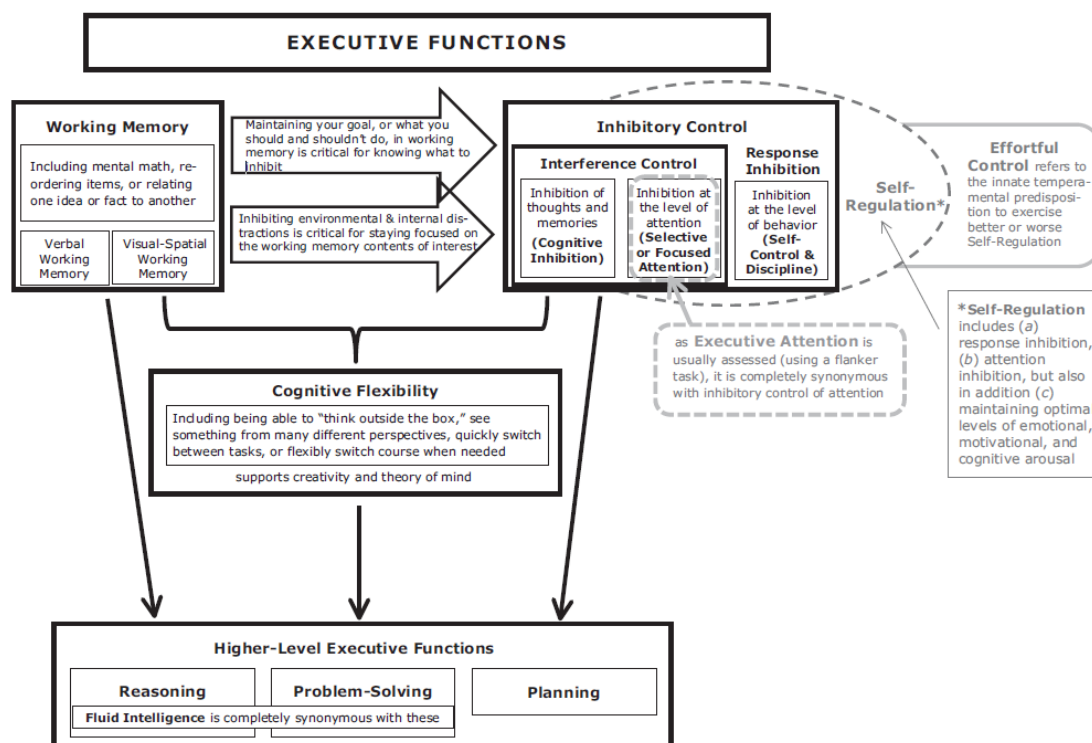


Fig. 1.1 Schema riassuntivo delle funzioni esecutive (Diamond 2013)

1.1.4 Neuroanatomia delle funzioni esecutive

Come già precedentemente accennato, la corteccia prefrontale è la zona del cervello più comunemente associata alle funzioni esecutive. Questa comprende più del 30% di tutte le cellule corticali ed è la regione più giovane dal punto di vista evolutivo (Semendeferi et al., 2002).

Data la sua posizione all'interno del cranio, la corteccia prefrontale risulta frequentemente danneggiata dopo una lesione cerebrale traumatica (Levin et al., 1987). Studi che hanno coinvolto persone con una lesione cerebrale traumatica con penetrazione hanno mostrato che la corteccia prefrontale dorsolaterale (dlPFC) e la corteccia orbitofrontale (OFC) sono associate ad un danneggiamento delle funzioni esecutive (Barbey et al., 2012). Individui con

lesioni più estese nella corteccia prefrontale possono presentare una sindrome disesecutiva (Baddeley & Wilson, 1988), la quale provoca un deterioramento in domini come la cognizione, l'emozione, il comportamento sociale e il comportamento orientato all'obiettivo (Gansler et al., 1996; Brooks et al., 1999; Cicerone et al., 2000). Danni alla OFC e alla corteccia cingolata anteriore (ACC) possono provocare danni nel comportamento sociale e nel comportamento legato alla motivazione. Persone con lesioni alla dIPFC mostrano deficit anche nei domini cognitivi di più alto ordine, coinvolgendo il comportamento orientato all'obiettivo (Al-Adawi et al., 1998), il controllo cognitivo (Larson et al., 2006), l'inibizione (Picton et al., 2006), la pianificazione (Cicerone & Wood, 1987) e la memoria di lavoro (Barbey et al., 2013).

La figura 1.2 illustra le varie aree del cervello, indicando anche a quale funzione possono essere associate sulla base della letteratura scientifica.

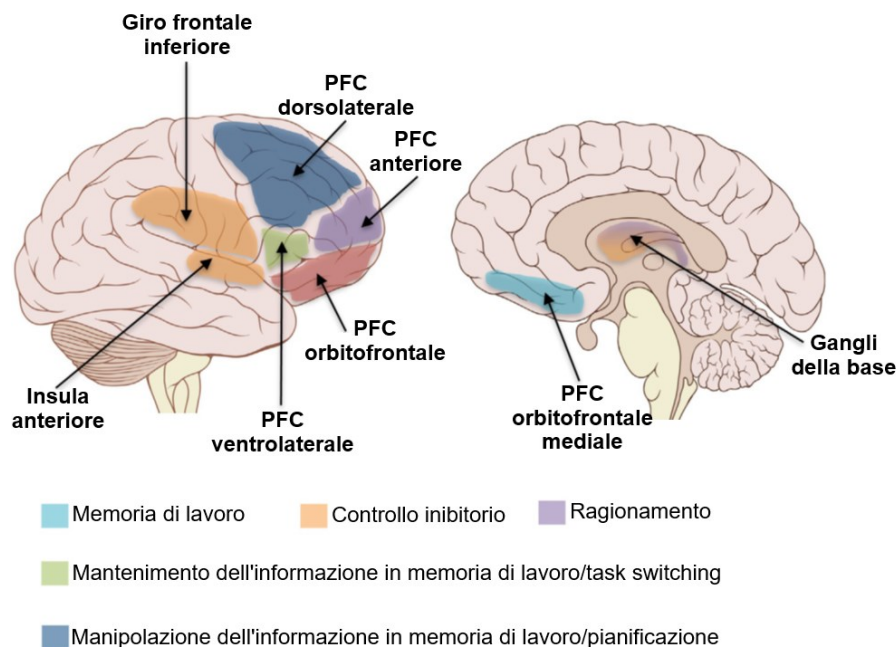


Fig. 1.2 Aree del cervello associate alle diverse funzioni esecutive sulla base di lesioni e/o studi di neuroimmagine (traduzione italiana sulla base dell'illustrazione di Lynch 2006)

1.2 Invecchiamento sano e patologico

L'invecchiamento è la progressiva accumulazione di cambiamenti con il passare del tempo, associata con una maggiore vulnerabilità alla malattia e alla morte, che accompagna inevitabilmente l'avanzamento dell'età. Sia il processo di invecchiamento che la velocità di questo sono sotto uno stretto controllo genetico (ma non solo), infatti la prospettiva di vita cambia sia da una specie all'altra, sia tra i membri della stessa specie. Il fattore fondamentale nella modulazione dell'effetto genetico è l'ambiente, inteso come tutte quelle influenze esterne che possono modificare l'espressione o meno da parte di un gene.

La maggior parte dei ricercatori che studiano l'invecchiamento concordano sul fatto che esso sia universale in tutta la natura (Zs.-Nagy, 1987), in quanto individui della stessa specie mostrano lo stesso pattern di invecchiamento, anche se possono morire per cause diverse. Inoltre, è comunemente accettata l'idea secondo la quale l'invecchiamento può essere caratterizzato dalla perturbazione dell'omeostasi (Cutler, 1982), ovvero un processo di autoregolazione grazie al quale dei sistemi biologici sono in grado di mantenere una certa stabilità mentre si autoregolano in base alle condizioni esterne (Billman, 2020).

Grazie ad un'ampia analisi della letteratura, è stato possibile definire quattro pattern principali che è possibile osservare durante l'invecchiamento (Schaie, 2008). Questi pattern classificano le persone in coloro che hanno un invecchiamento di successo, coloro che invecchiano normalmente, coloro che sviluppano una condizione di lieve/moderata compromissione cognitiva (MCI) e, infine, coloro che possono ricevere una diagnosi di demenza.

Il pattern più comune è quello che viene definito come “*invecchiamento sano*”, caratterizzato dal raggiungimento di un picco nelle funzioni esecutive attorno all’età adulta, mantenendo un livello stabile fino alla fine dei cinquant’anni e mostrando, infine, un declino nella maggior parte delle abilità cognitive all’inizio degli ottant’anni, con un declino ancora più marcato negli anni finali di vita (Bosworth et al., 1999). Un sottogruppo molto ristretto, invece, viene definito “*invecchiamento di successo*” (Fillit et al., 2002; Rowe & Kahn, 1987): queste persone sono solitamente avvantaggiate sia dal punto di vista genetico, sia dal lato socioeconomico, inoltre tendono ad avere uno sviluppo cognitivo che raggiunge il suo picco verso la mezza età. Questo vantaggio è dovuto principalmente ai meccanismi di compensazione sviluppati dal cervello per fronteggiare il declino fisiologico. Il terzo gruppo è rappresentato da coloro che soffrono di MCI (Petersen et al., 1999), ovvero individui che, durante la prima vecchiaia, mostrano un declino cognitivo maggiore rispetto alla maggioranza della popolazione. L’ultimo gruppo, infine, include tutte quelle persone che, durante l’età avanzata, possono ricevere una diagnosi di demenza (argomento che verrà trattato successivamente).

1.2.1 Demenze

Con il termine “*demenza*” è possibile indicare un insieme di processi multifattoriali (Cipriani & Borin, 2015) che possono essere associati al declino cognitivo e ad un funzionamento ridotto della persona. Con il progredire della malattia, oltre ad

un peggioramento delle funzioni cognitive, le persone possono esperire una disfunzione graduale con la perdita delle autonomie individuali.

Nell'invecchiamento sano quello che accade è semplicemente un declino di alcune funzioni, come ad esempio l'efficienza del processamento delle informazioni, il tempo di reazione, la capacità della memoria di lavoro, la memoria a breve termine, il controllo esecutivo e la fluenza verbale (Christensen et al., 1994; Gunstad et al., 2006; Rush et al., 2006). Al contrario, la diagnosi di demenza comprende un insieme di malattie che affliggono la memoria, il pensiero e l'abilità di svolgere le attività quotidiane, portando ad un peggioramento con l'avanzare del tempo (OMS, 2023).

La malattia di Alzheimer (AD) è il tipo di demenza più diffuso al mondo, contando circa il 60-70% dei casi (OMS, 2023). È una malattia neurodegenerativa che porta inevitabilmente alla morte per complicazioni dovute alla stessa, oppure per la mortalità associata all'età della persona. La sua prevalenza cresce esponenzialmente tra i 65 e gli 85 anni (Hort et al., 2010), mentre la diagnosi richiede la presenza di deficit cognitivi importanti e deterioramento funzionale. Quest'ultimo è il sintomo principale della demenza, in quanto impatta in maniera significativa sia la qualità di vita della persona, sia la qualità di vita dei familiari e di chi se ne prende cura (Zucchella et al., 2017).

Secondo l'ipotesi più accreditata, questo avviene perché viene prodotta in quantità eccessiva una speciale proteina chiamata Beta-Amiloide. Quando questa proteina viene secreta in maniera incontrollata, porta alla formazione di placche che risultano tossiche per il cervello (McLean et al., 1999), inducendo un

processo di morte cellulare e di disfunzione di neurotrasmettitori quali l'acetilcolina (la quale è importante per alcune funzioni deficitarie nei malati di Alzheimer) (Francis et al., 1999).

1.2.2 Strategie di compensazione

Per fronteggiare il peggioramento fisiologico a cui è sottoposto il cervello, esso dispone di svariati strumenti per rallentare il più possibile gli effetti. Esistono due pattern principali per descrivere come il cervello fronteggia il suo declino.

Il primo è chiamato "*PASA*" (Posterior-Anterior Shift in Aging) ed è stato descritto per la prima volta da Grady e collaboratori (1994). Gli autori hanno suggerito come, per compensare a dei deficit di interpretazione visiva (dovuti ad un peggioramento dell'area occipitale), il cervello utilizza maggiormente le aree prefrontali.

Il secondo pattern di compensazione è definito "*HAROLD*" (Hemispheric Asymmetry Reduction in OLDER Adults) ed è stato proposto da Cabeza (2002). Questo modello ipotizza che, per affrontare il suo declino, il cervello tende a rispondere in maniera bilaterale (al posto di una risposta più localizzata) ai compiti dei diversi domini cognitivi, utilizzano gran parte della corteccia prefrontale.

Oltre a questi due pattern, nel 2002 Stern ha ipotizzato l'esistenza di un meccanismo, presente in ogni persona, grazie al quale il cervello può difendersi meglio sia da un trauma, sia dal declino fisiologico. Questo meccanismo è chiamato "*Riserva Cognitiva*" e può essere visto come un deposito risorse che si

accumulano nel cervello, durante tutto l'arco della propria esistenza, conducendo un certo stile vita (anni di scolarità, lavoro stimolante, etc.). Si cominciò a parlare di “riserva” negli anni Ottanta quando, durante l'autopsia di alcuni anziani in buona forma mentale, si scoprì che invece il cervello era malato di Alzheimer. La riserva cognitiva, quindi, sarebbe la manifestazione vera e propria della plasticità cerebrale, permettendo alle persone di contrastare l'indebolimento delle normali funzioni cognitive.

Più recentemente, invece, è stato proposto un nuovo modello riguardante l'invecchiamento delle funzioni cognitive, ovvero la “*Scaffolding Theory of Aging and Cognition (STAC)*” (Park & Reuter-Lorenz, 2009). Secondo questo approccio, il cervello sarebbe una struttura dinamicamente adattiva, che tende a cambiare sia in maniera positiva, sia in maniera negativa, durante l'invecchiamento. L'insieme di questi cambiamenti, influenzati dai processi esterni, costituirebbero quello che gli autori definiscono come “*impalcatura di compensazione*”. La funzionalità di questa impalcatura sarebbe quella di far fronte agli effetti negativi dell'invecchiamento, sostenendo il declino sia dal punto di vista funzionale che strutturale; e questa può essere considerata come una forma “*positiva*” di plasticità (Cramer et al., 2011).

La figura 1.3 mostra una concettualizzazione del modello appena descritto.

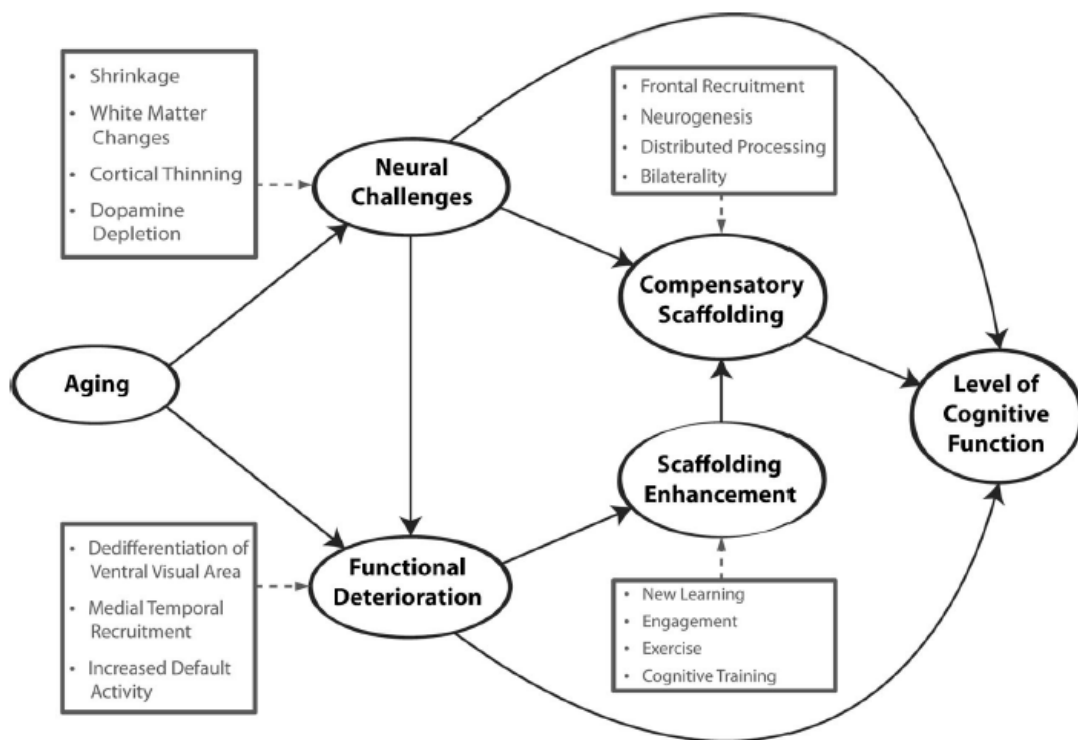


Fig. 1.3 Concettualizzazione del modello della Scaffolding theory of aging and cognition (STAC) (Park & Reuter-Lorenz, 2009)

1.3 Multitasking e Invecchiamento

Esistono molte definizioni di multitasking, ma la più accreditata nella letteratura scientifica la definisce come la capacità di svolgere contemporaneamente due (o più) compiti. Questa abilità ha da sempre suscitato l'interesse dei ricercatori, in quanto, una migliore comprensione del suo funzionamento, potrebbe portare ad un aumento della produttività nei posti di lavoro.

Ma, nell'invecchiamento, può essere impiegato come uno strumento di indagine per appurare lo stato cognitivo della persona. Per fare questo il modo più semplice è utilizzare la Dual-Task Interference (DTI), ovvero il decremento nella performance causato dal processamento simultaneo di due (o più) stimoli

(Pashler, 1994). Per spiegare come avviene la DTi nell'essere umano, sono state formulate tre principali teorie:

- Il “*Central Capacity Sharing Model*” di Tombu e Jokicœur (2003) ipotizza una quantità limitata di risorse attentive a disposizione dell'individuo, il quale è costretto a distribuirle tra i compiti per effettuare un'elaborazione parallela delle informazioni. Quando, però, le risorse attentive sono insufficienti, il sistema sceglie, in modo volontario o facendosi influenzare da alcune caratteristiche del compito, quale di questi richiedere un maggiore impegno (Plummer & Eskes, 2015).
- Il “*Serial Bottleneck Model*” di Ruthruff e collaboratori (2001) teorizza l'impossibilità di elaborare contemporaneamente più compiti che richiederebbero l'impiego esclusivo di meccanismi cognitivi e risorse attentive. Nel caso in cui siamo in presenza di due compiti di questo tipo, il sistema centrale ne elabora solamente uno, determinando quindi un processamento di tipo sequenziale delle informazioni, oppure una diminuzione nella prestazione (Pashler, 1994; Contemori et al., 2022).
- Il “*Cross-Talk Model*”, infine, propone come l'interferenza deriverebbe non dal tipo di operazioni da svolgere nel compito, ma dal tipo di informazioni che devono essere processate. Inoltre, l'interferenza nel dual-tasking sarebbe maggiore in quei compiti che condividono i processi di elaborazione necessari. Infatti, quando stimoli e processi di elaborazione di entrambi i compiti condividono gli stessi network neurali, allora l'interferenza nel sistema centrale determinerebbe un costo del doppio

compito (Pashler, 1994; Schacherer & Hazeltine, 2021; Contemori et al., 2022).

Dato che la capacità di multitasking sembra essere diversa per ogni persona, è legittimo ipotizzare che questa variazione sia dovuta all'abilità di ciascuno di noi di allocare in maniera adeguata le risorse cognitive utili all'abilità (Meyer et al., 2001).

Visto che le funzioni esecutive permettono alle persone di agire in maniera adattiva in situazioni nuove e complesse (Lezak et al., 2012), come ad esempio eseguire più compiti contemporaneamente, è plausibile assumere che le funzioni esecutive siano collegate al multitasking.

Una di queste funzioni sarebbe il processo di "*updating*" (aggiornamento), ovvero la manipolazione attiva delle informazioni rilevanti nella memoria, come ad esempio nel "*letter memory task*" (Morris & Jones, 1990), nel quale le persone devono ricordare le ultime lettere di una lista che continua a cambiare. Quindi, devono costantemente aggiornare la propria memoria con le nuove quattro lettere. Di conseguenza, è possibile presumere che il multitasking richieda l'abilità di tenere continuamente traccia dello stato dei compiti che si stanno svolgendo.

Oltre al processo di updating, il multitasking potrebbe richiedere anche quello di inibizione (in questo caso si parla di controllo attentivo), per decidere quale compito è più rilevante per l'obiettivo attuale, mentre si eseguono nello stesso momento numerosi task che potrebbero causare un'interferenza. A questo proposito, esistono due paradigmi relativi al multitasking che potrebbero fornire

un solido punto di partenza per discutere della relazione tra l'inibizione e il multitasking:

- Il paradigma del periodo refrattario psicologico (Pashler, 1994) propone che, quando un individuo compie due compiti differenti (entrambi con le proprie relazione stimolo-risposta), le risposte al secondo compito sono rallentate in maniera significativa in quanto il primo compito sta venendo processato.
- Il paradigma del processamento prioritario di Miller & Durst (2014, 2015) differisce da quello di Pashler in quanto reputa un compito più prioritario rispetto all'altro.

Entrambi i paradigmi sostengono, quindi, che le risorse cognitive per effettuare una prova di multitasking sono limitate; di conseguenza è necessaria l'abilità di inibizione per ridurre l'interferenza tra i vari compiti (Koch et al., 2010).

Un altro componente molto discusso è il processo di shifting, in quanto potrebbe essere implicato nel task-switching per alternare un compito all'altro (Monsell, 2003; Rubinstein et al., 2001). Tuttavia, Miyake e collaboratori (2000) non hanno trovato nessuna evidenza che possa spiegarlo. Il processo di task shifting richiede una conoscenza esplicita sul "*quando*" alternare i compiti (Kieras et al., 2000 ->.); al contrario, la presentazione simultanea di più compiti (multitasking) non necessita questo tipo di conoscenza per alternare i diversi task (Pashler, 1994; Salvucci & Taatgen, 2008).

Le funzioni esecutive di più alto livello rimangono, di conseguenza, le più probabili a poter essere associate al multitasking.

Una fra queste è chiamata “*relational integration*” ed indica quel processo cognitivo deputato alla costruzione di una rappresentazione strutturale attraverso l’integrazione di molteplici eventi che sono collegati tra loro (Oberauer et al., 2003). Difatti, mentre si stanno svolgendo più compiti contemporaneamente, l’ambiente circostante deve essere continuamente integrato in modo che possa crearsi un’associazione temporanea tra i vari task da svolgere con l’obiettivo di mantenerla all’interno della memoria di lavoro.

CAPITOLO 2

METODO

Lo studio è composto da diverse parti, che, per ragioni riguardanti il bilanciamento del disegno sperimentale, vengono presentate al partecipante sotto forma di blocchi casuali: il blocco iniziale, uguale per tutti i partecipanti, consiste nella semplice raccolta di dati anagrafici (sesso, data di nascita, etc.) utili per una successiva analisi e calcolo della Riserva Cognitiva; a questo blocco si unisce, di conseguenza, tutto quello che serve per la somministrazione del “*Cognitive Reserve Index questionnaire*” (CRIq - Nucci et al., 2012); infine, gli ultimi tre blocchi iniziali, sono composti dal test di screening “*auto-GEMS*” (Contemori et al., 2021), da un questionario volto a indagare il declino delle abilità mnemoniche, il MAC-Q (Crook et al., 1992) e da un test, ovvero il TMT (Trail Making Test), il quale viene ripetuto anche alla fine della somministrazione per osservare se le funzioni esecutive indagate dal test in questione vengono compromesse in maniera esigua dall’esperimento. Oltre a questi blocchi, ne susseguono poi altri contenenti le parti fondamentali dello studio: un blocco contenente un paradigma denominato *TAP* (Test of Attentional Performance) e un altro, con un paradigma chiamato *Memo task*.

2.1 Ipotesi di ricerca

La ricerca mira a confermare tre ipotesi fondamentali, postulate prima della raccolta dati: la prima ipotesi è verificare la presenza di un costo cognitivo nel

passare da una condizione di compito singolo ad una di doppio compito. La seconda ipotesi è quella di osservare un declino, con l'invecchiamento, nelle funzioni cognitive indagate dai test a doppio compito (come, ad esempio, la memoria e l'attenzione). La terza ipotesi, invece, si basa sul paradigma della riserva cognitiva, nello specifico l'interesse è quello di osservare se, nel nostro campione, una maggiore istruzione (indicata dal numero di anni in cui si sono state frequentate scuole, università, corsi di specializzazione, etc.) conferma una stabilizzazione (o un ridotto declino) nelle funzioni cognitive coinvolte, considerando l'età come un fattore determinante.

2.2 Partecipanti

Alla ricerca hanno partecipato un totale di 670 persone. I partecipanti sono stati reclutati tramite l'utilizzo di volantini, i quali sono stati posizionati in luoghi strategici, postati su gruppi Facebook, oppure distribuiti tra familiari e amici del gruppo di ricerca. Nel volantino sono presenti delle informazioni approssimative circa l'obiettivo dei compiti del test, ma nessuna informazione sulle ipotesi di ricerca è stata trascritta. Successivamente, il compito dei partecipanti è stato quello di contattare un membro del gruppo di ricerca mandando una e-mail, esprimendo il loro consenso a partecipare allo studio. Subito dopo, i partecipanti ricevevano una e-mail standardizzata contenente tutte le istruzioni sui criteri di inclusione ed esclusione:

- Criteri di inclusione:

- Disporre di un computer con qualsiasi browser tranne Safari, con la possibilità di regolare il volume dell'audio;
 - Essere maggiorenne;
 - Possibilità di vedere e sentire normalmente, oppure essere in grado di vedere e sentire normalmente tramite l'ausilio di strumenti specialistici (ad es. occhiali, apparecchi acustici);
 - Non aver mai partecipato ad uno studio, del gruppo di ricerca del Professor Bonato, riguardante il multitasking e le abilità mentali.
- Criteri di esclusione:
 - Presenza di disturbi psichiatrici;
 - Storia pregressa di disturbi legati alle dipendenze (abuso di alcol o droga);
 - Presenza di disturbi neurologici severi (demenza o compromissione cognitiva lieve).

Per includere nelle successive analisi solo quei partecipanti che hanno letto e seguito attentamente le istruzioni, sono stati definiti due ulteriori criteri di inclusione, basati unicamente nell'esecuzione del paradigma AXCP. Il primo criterio consisteva nell'aver risposto, in ogni blocco del paradigma, ad almeno una delle (tre) lettere bersaglio presentate; mentre, il secondo criterio consisteva nel presentare meno del 50% di falsi allarmi¹ in almeno uno dei due blocchi AXCP.

¹ Falsi allarmi: errori che si verificano quando una persona o un test diagnostico identificano erroneamente uno stimolo o una condizione come presente quando in realtà non lo è.

Successivamente, è stata eseguita anche una correzione manuale di entrambi i database finali (un database per il Memo task e un database per il TAP), per l'individuazione della presenza di errori dovuti al salvataggio dei dati.

Infine, è stata applicata la *deviazione mediana assoluta* ($MAD > 3$) per l'individuazione di partecipanti outlier. In seguito, è possibile osservare una rappresentazione schematica del campione iniziale, del processo di esclusione dei partecipanti e del campione finale (figura 2.1).

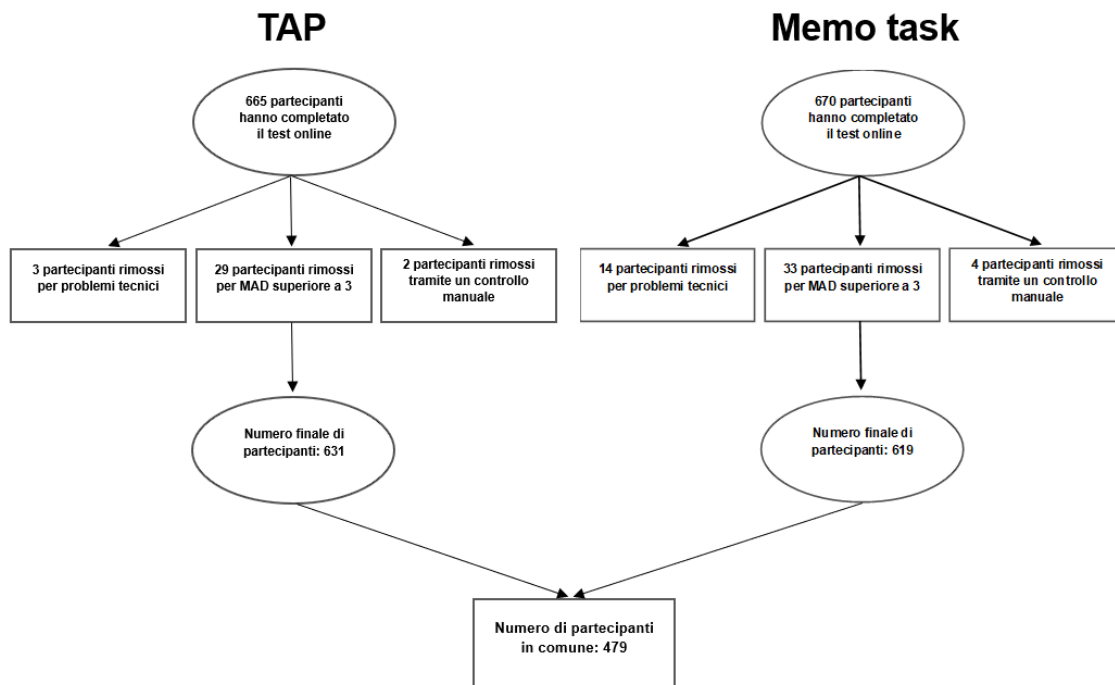


Fig. 2.1 *Diagramma di esclusione dei partecipanti*

Il campione finale dello studio è composto da 479 partecipanti, di cui 308 donne e 171 uomini. L'età varia dai 18 agli 80 anni ($M = 42.72$, $DS = 15.95$). La distribuzione del campione secondo l'età può essere osservata nella figura 2.3.

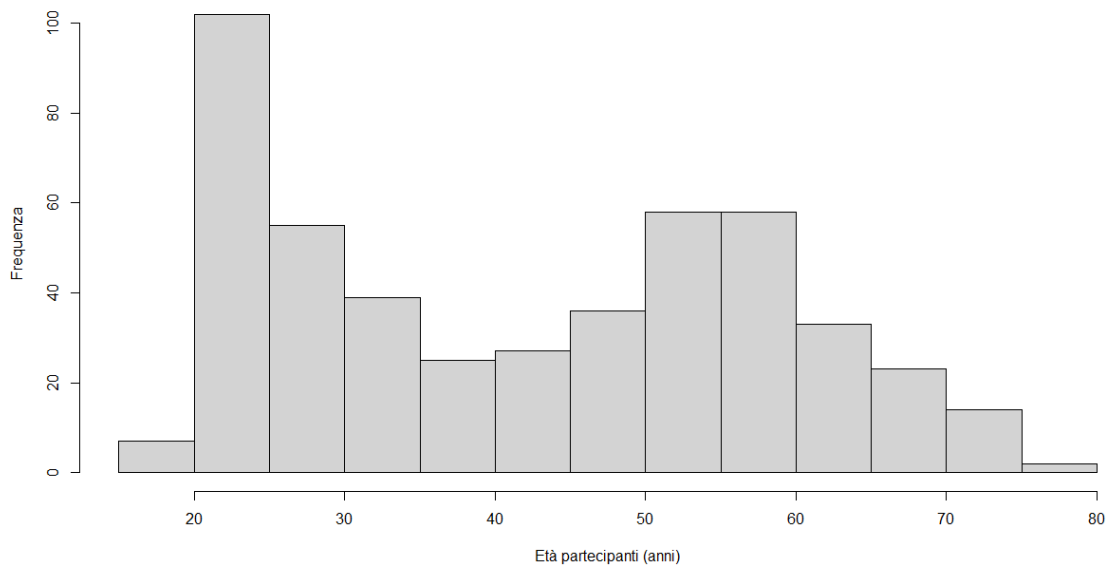


Fig. 2.3 *Rappresentazione grafica della frequenza del campione in funzione dell'età.* Ogni barra rappresenta il numero di partecipanti in ogni fascia di età (5 anni)

A ciascun partecipante è stato garantito l'assoluto anonimato, dopo aver letto e accettato il consenso informato.

Oltre a questi due parametri, sono state prese in considerazione anche altre variabili descrittive, come ad esempio la scolarità, il punteggio prodotto dalla auto-somministrazione del test di screening auto-GEMS e, infine, il punteggio relativo alla riserva cognitiva, indagato tramite CRiQ.

2.3 Strumenti utilizzati

Per lo svolgimento dell'esperimento non c'è stato il bisogno di utilizzare spazi di laboratorio, in quanto la prova è stata effettuata, singolarmente da ogni partecipante (o con l'aiuto di uno sperimentatore), tramite l'utilizzo del personal computer di propria proprietà.

Il protocollo sperimentale è stato realizzato utilizzando HTML (HyperText Markup Language), CSS (Cascading Style Sheets) e jsPsych, una libreria JavaScript ad accesso libero sviluppata unicamente per essere utilizzata come framework per gli esperimenti psicologici che usufruiscono di un browser. Per permettere una presentazione accurata degli stimoli, sia visivi che uditivi, è stato utilizzato un plugin denominato "*jspsych-psychophysics*". Infatti, utilizzando questo metodo è possibile misurare con estrema precisione l'accuratezza e i tempi di reazione riguardanti gli stimoli uditivi. Dato che jsPsych è una libreria dedicata al front-end; quindi, a quella parte del programma con cui l'utente può interfacciarsi, non è necessario alcun equipaggiamento di laboratorio, in quanto l'esperimento viene eseguito interamente nel computer del partecipante. Per rendere il protocollo disponibile in tutto l'internet, il materiale sperimentale è stato caricato in un server web contenente un'istanza di JATOS. JATOS è un'applicazione web, libera, accessibile e multiplatforma, utilizzata per la gestione dei dati e dei vari link utilizzati per l'esperimento. Ogni partecipante ha ricevuto uno tra i dodici link assegnati (gestiti dagli sperimentatori, in quanto ogni link prevedeva un ordine diverso di presentazione dei blocchi sperimentali per bilanciare il disegno sperimentale). Il server web contenente l'esperimento e il database associato sono locati nel Dipartimento di Psicologia Generale dell'Università di Padova.

Per partecipare allo studio, i partecipanti necessitavano, quindi, di un computer con accesso internet, un mouse, una tastiera e delle casse audio esterne. Inoltre, per limitare gli errori dovuti alla presentazione dell'esperimento tramite diversi browser, l'esecuzione dello stesso è stata limitata a tre browser specifici (Google

Chrome, Firefox e Microsoft Edge), i quali sono stati provati in maniera intensiva precedentemente.

2.4 Descrizione dei task utilizzati

Nello studio sono presenti diversi blocchi sperimentali, in quanto lo scopo è quello di indagare alcune funzioni esecutive cruciali, ovvero la memoria e l'attenzione; nello specifico come queste funzioni interagiscono tra di loro in un compito sperimentale.

Il primo blocco ad essere presentato è l'autosomministrazione di un test di screening cognitivo, ovvero auto-GEMS; seguito poi da un test neuropsicologico volto ad indagare, nello specifico, attenzione visiva e abilità di switching, denominato TMT. Infine, vengono presentati i due blocchi principali dello studio, ovvero TAP e MEMO, entrambi volti ad analizzare le funzioni esecutive di maggior interesse.

Al termine di tutti i test si chiede al partecipante di valutare lo svolgimento della prova tramite la compilazione di un questionario a scelta multipla (*si veda l'intero questionario in appendice*). Esso ha l'obiettivo di verificare le modalità di esecuzione del test e di raccogliere informazioni qualitative, come ad esempio l'eventuale assistenza ricevuta durante lo svolgimento della prova.

2.4.1 Auto-GEMS

Auto-GEMS è un test di screening cognitivo autosomministrato, digitale e da remoto. È la versione autosomministrata del test di screening carta-e-matita Global Examination of Mental State (GEMS).

Questo strumento è nato dall'esigenza di disporre di una valida alternativa agli strumenti di screening somministrati esclusivamente in presenza. Inoltre, essendo uno strumento autosomministrato, riduce il carico di lavoro del professionista, migliorando la qualità di vita delle persone, le quali non sono più costrette a lunghi periodi di attesa per lo screening o il monitoraggio dell'andamento del proprio funzionamento cognitivo.

Questo test di screening è ideato per valutare in breve tempo il quadro generale di funzionamento cognitivo e rilevare la possibile presenza di deficit cognitivi in popolazioni sopra i 18 anni di età.

Lo strumento è composto da diverse parti: la parte iniziale è adibita alla raccolta dati per la somministrazione del CRIq; viene richiesto al partecipante di compilare la propria scheda anagrafica (figura 2.4), successivamente vengono chiesti il livello di istruzione (CRI-Scuola; figura 2.5), il tipo di lavoro svolto (CRI-Lavoro; figura 2.6) e le attività svolte durante il tempo libero (CRI-TempoLibero; figura 2.7). Questa parte considera la frequenza e la durata di determinate attività per quantificare un indice di riserva cognitiva globale e un indice per ogni sezione specifica. Il punteggio ottenuto può essere, poi, classificato in cinque categorie: basso (<70), medio-basso (70-84), medio (85-114), medio-alto (115-130), alto (>130).

Prego, compili la seguente scheda anagrafica

* Prego, inserisca il suo nome e cognome:

Mario Rossi

* Prego, inserisca il suo sesso (assegnato alla nascita)

Scegli...

* adesso inserisca la sua data di nascita nel formato giorno/mese/anno:

gg / mm / aaaa

* è destrimane, mancino o ambidestro?

Scegli...

* Selezioni la sua nazionalità

Scegli...

* Indichi il numero dei figli

Scegli...

Salva

Fig. 2.4 Scheda anagrafica presente in Auto-GEMS

Scuola: livello di istruzione raggiunto

1. * Scelga dal seguente elenco l'ultimo diploma conseguito

Scegli...

2. * Se ha frequentato altri corsi successivi senza aver conseguito il relativo diploma, ne indichi qui sotto la durata complessiva

Scegli...

Salva

Fig. 2.5 Scheda relativa al CRI-Scuola presente in Auto-GEMS

Lavoro: Scegli tra le categorie proposte nel menu a tendina quella che più si avvicina alla sua attività lavorativa.

1. * lavoro svolto per la maggioranza del tempo e con più continuità
2. * numero di anni lavorativi approssimati per eccesso
3. * eventuale attività lavorativa secondaria
4. * numero di anni attività secondaria approssimati per eccesso

Fig. 2.6 Scheda relativa al CRI-Lavoro presente in Auto-GEMS

Tempo libero: Indicare quante volte a settimana ha svolto in media le seguenti attività nell'arco della vita adulta.

1. * Visite o attività con parenti o amici
2. * Sport ed attività motoria prolungata
3. * Volontariato ed attività associative o religiose
4. * Attività culturali e ricreative (lettura, studio, musei, cinema, teatro, etc)

Fig. 2.7 Scheda relativa al CRI-TempoLibero presente in Auto-GEMS

In seguito, viene presentata la parte di (*auto*) valutazione vera e propria, nella quale sono presenti diverse prove cognitive che valutano in modo sintetico i vari domini cognitivi, come ad esempio l'attenzione, la memoria e il linguaggio. I punteggi delle singole prove forniscono informazioni relative al funzionamento dello specifico dominio cognitivo che indagano; tuttavia, i diversi domini sono in

relazione tra loro e, di conseguenza, non sono indipendenti l'uno dall'altro. Quindi, essendo un test di screening, avrà maggiore importanza il punteggio globale rispetto ai punteggi ai singoli test. Le prove di auto-GEMS sono: (1) Orientamento spazio-temporale, (2) Memoria immediata, (3) Memoria di Lavoro, (4) Puzzle, (5) Rappresentazione spaziale, (6) Memoria differita, (7) Denominazione, (8) Comprensione, (9) Trail Making Test (A e B), (10) Comprensione di Metafora.

La Prova di Orientamento (1) comprende due domande per l'orientamento temporale, in cui viene chiesto *"In che stagione siamo?"*, *"In che anno siamo?"*; e una domanda per l'orientamento spaziale *"Roma rispetto a Venezia, si trova a Nord, Sud, Est od Ovest?"* (figura 2.8). Con questa prova si valuta l'orientamento spazio-temporale, una funzione che consente alla persona di sintonizzarsi con la rappresentazione interna che si è creata del sistema di riferimento pubblico (Berrios, 1982). A ciascuna risposta corretta si assegna 1 punto, quindi il range di punteggio per questa prova va da 0 a 3.

Risponda alle seguenti domande il più accuratamente possibile

* In che stagione siamo?

Scegli...

* In che anno siamo?

inserisca qui le quattro cifre dell'anno

* Roma rispetto a Venezia, si trova a Nord, Sud, Est od Ovest?

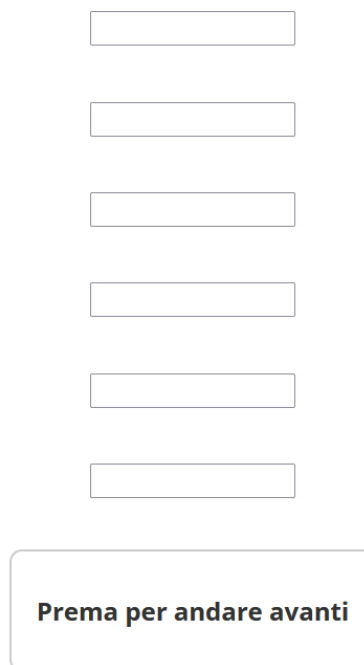
Scegli...

Salva

Fig. 2.8 Prova di Orientamento Spaziale e Temporale presente in Auto-GEMS

La Prova di Memoria Immediata (2) prevede l'ascolto di sei parole, una alla volta, che vanno poi recuperate e scritte negli spazi appositi (figura 2.9). Questa prova valuta lo span di memoria. Ad ogni parola corretta viene assegnato 1 punto, quindi il range di punteggio va da 0 a 6.

Scriva le parole che si ricorda una alla volta, in qualsiasi ordine, una per ciascuno degli spazi vuoti



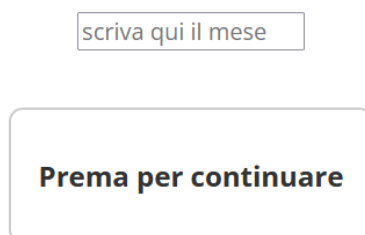
The image shows a digital interface for a memory test. At the top, there is a bold instruction: "Scriva le parole che si ricorda una alla volta, in qualsiasi ordine, una per ciascuno degli spazi vuoti". Below this instruction are six empty rectangular text input boxes, arranged vertically. At the bottom of the input area is a rounded rectangular button with the text "Prema per andare avanti".

Fig. 2.9 Prova di Memoria immediata presente in Auto-GEMS

La Prova di Memoria di Lavoro (3) utilizzata è il Month Backward Test (Marson et al., 1996), che prevede la scrittura dei mesi dell'anno in ordine inverso, partendo dal mese di dicembre e saltandone uno; così per cinque volte. Ad esempio: "Dicembre, Ottobre..." (figura 2.10). Mentre il Month Backward Test richiede semplicemente di elencare i mesi in ordine inverso, in auto-GEMS viene richiesto di andare indietro di due in due, in questo modo è possibile valutare la Memoria di Lavoro in quanto viene richiesta una manipolazione maggiore dell'informazione contenuta temporaneamente nella memoria. Infatti, questa

funzione è necessaria per il mantenimento momentaneo dell'informazione, in modo da poterla manipolare ed utilizzare in compiti successivi. Ad ogni risposta corretta viene assegnato 1 punto, quindi il range di punteggio va da 0 a 5.

Prosegua con il mese indietro di due (A)



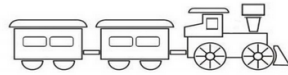
scriva qui il mese

Prema per continuare

Fig. 2.10 *Prova di Memoria di lavoro presente in Auto-GEMS*

La Prova del Puzzle (4) consiste nel riordinare il disegno di un treno giocattolo (figura 2.11), il quale è stato diviso in quattro parti. Il compito del partecipante è quello di trascinare, attraverso l'utilizzo del mouse, i vari pezzi del disegno nella posizione corretta. Per tutta la durata del compito, inoltre, è presente anche la figura completa del disegno, posta nella parte superiore dello schermo. Questa prova valuta le abilità visuo-spaziali, visuo-costruttive e la coordinazione oculo-manuale. Per ogni pezzo inserito correttamente viene assegnato 1 punto, fino al massimo di 3 punti; questo avviene perché, se vengono posizionati correttamente tre pezzi, il quarto pezzo verrà sicuramente collocato nella posizione giusta. Il range di punteggio, quindi, va da 0 a 3.

Questa figura è stata tagliata in 4 pezzi.



Il suo compito è quello di riordinare i pezzi nel rettangolo qui sotto trascinandoli per ricostruire la figura.

Trascini i 4 pezzi al giusto posto dentro al rettangolo.



Fig. 2.11 Prova del Puzzle presente in Auto-GEMS

La Prova di Rappresentazione Spaziale (5) richiede al partecipante di immaginare un orologio e pensare se le lancette, nell'orario indicato, si trovano entrambe a destra, entrambe a sinistra, oppure nelle due metà opposte. Per esempio: "Alle ore 3:45 le lancette delle ore e dei minuti si trovano..." e si deve selezionare l'alternativa corretta, che in questo è "due metà opposte" (figura 2.12). Questa prova valuta la capacità di rappresentazione spaziale, in quanto viene chiesto al partecipante di immaginare correttamente un orologio. Ad ogni risposta corretta viene assegnato 1 punto, quindi il range di punteggio va da 0 a 4.

Ora le chiedo di pensare ad un orologio.

Le dirò alcuni orari e lei deve dire se le due lancette si trovano:

entrambe a destra, a sinistra o nelle due metà opposte

Alle ore 3:45 le lancette delle ore e dei minuti si trovano:

entrambe a destra

entrambe a sinistra

due metà opposte

Fig. 2.12 Prova di Rappresentazione spaziale presente in Auto-GEMS

La Prova di Memoria Differita (6) richiede al partecipante di rievocare e scrivere in spazi predisposti (figura 2.13) le sei parole che sono state udite precedentemente, ovvero quelle della Prova di Memoria Immediata. Questo subtest valuta la memoria a lungo termine. Ogni parola corretta corrisponde ad 1 punto, quindi il range di punteggio va da 0 a 6.

Ricorda le parole che ha sentito e scritto prima? Ne ricorda qualcuna?

Scriva sotto quelle che ricorda una per ciascuno degli spazi vuoti

Prema per andare avanti

Fig. 2.13 Prova di Memoria differita presente in Auto-GEMS

Nella Prova di Denominazione (7) vengono presentate, una alla volta, quattro immagini. Il compito dell'esaminato è quello di scrivere, nell'apposito spazio, il nome della figura (figura 2.14). Tale prova valuta la capacità di accesso al lessico, ovvero quel magazzino del linguaggio deputato all'associazione tra immagine e significato. Per ogni immagine denominata correttamente viene assegnato 1 punto, quindi il range di punteggio varia da 0 a 4.



Come si chiama questo oggetto? scriva il nome nella casella sottostante

Prema per andare avanti

Fig. 2.14 Prova di Denominazione presente in Auto-GEMS

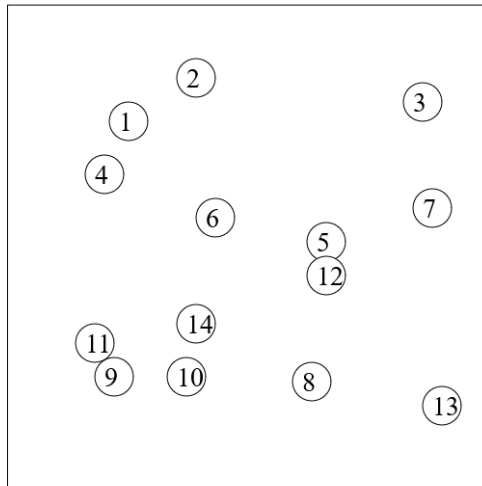
Nella Prova di Comprensione (8) il partecipante deve eseguire una consegna che viene presentata in forma scritta ed orale. Quest'ultima richiede all'esaminato di premere due lettere della tastiera; una di esse viene ripetuta due volte, in base ad una determinata sequenza (*"Prema due volte la lettera A, dopo aver premuto una volta la lettera B"*). Questa prova valuta la comprensione verbale e la memoria di lavoro. Viene assegnato 1 punto per ogni lettera premuta nell'ordine corretto; di conseguenza, il range di punteggio varia da 0 a 3.

Il Trail-Making Test (9) (Reitan, 1958) è un test neuropsicologico volto ad indagare le capacità attentive del partecipante e la sua abilità nel passare

velocemente da uno stimolo di tipo numerico ad uno alfabetico. Questo test comprende due prove: nella prima (versione A) il partecipante viene invitato a cliccare con il mouse una serie di numeri, in ordine crescente, da 1 a 14, cerchiati e posizionati in ordine sparso nella schermata. Nella seconda prova (versione B) il partecipante viene invitato a cliccare con il mouse una serie di numeri e lettere, rispettivamente da 1 a 7 e dalla A alla G; tuttavia, in questa prova, il compito del partecipante è quello di alternare lo stimolo numerico a quello alfabetico, rispettando sempre l'ordine.

Ciascuna prova è preceduta da un piccolo video esplicativo che mostra lo svolgimento del compito, con anche la presenza di istruzioni scritte, dove viene specificato che la prova è a tempo e che quindi sia la velocità che la precisione di esecuzione sono variabili fondamentali.

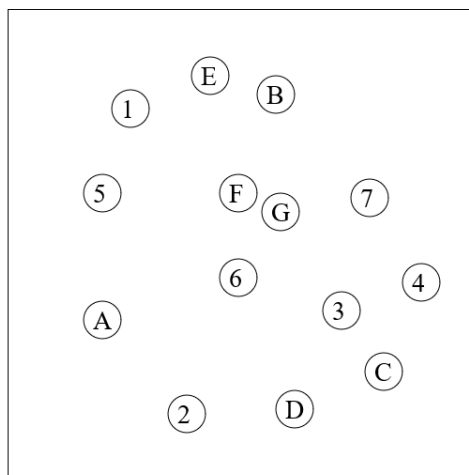
La parte A (figura 2.15) richiede al partecipante di utilizzare una serie di operazioni cognitive, come ad esempio la ricerca visuo-spaziale dei numeri nella loro giusta sequenza, impiegando il minor tempo possibile. Secondo la letteratura, è possibile osservare come le prestazioni peggiorino con l'avanzare dell'età.



Prema con il tasto sinistro del mouse sui numeri uno alla volta in ordine crescente.

Fig. 2.15 Prova di TMT_A presente in Auto-GEMS

La parte B (figura 2.16), invece, è certamente più complessa e impegnativa. Infatti, oltre al compito di ricerca spaziale, viene richiesto al partecipante un compito di “switch”, ovvero di alternanza continua da un tipo di stimolo ad un altro. I tempi di prestazione di questa prova sono più elevati, soprattutto nei soggetti anziani, in quanto l’abilità di switching peggiora con l’avanzare dell’età.



Prema con il tasto sinistro del mouse sui numeri e sulle lettere uno alla volta in ordine crescente.

Fig. 2.16 Prova di TMT_B presente in Auto-GEMS

Questa prova valuta l'attenzione selettiva, la ricerca visuo-spaziale e la velocità psicomotoria. Di tale prova vengono presi in considerazione i tempi di reazione e le risposte corrette. Ad ogni risposta corretta viene assegnato 1 punto, quindi, il range di punteggio va da 0 a 14.

La Prova di Comprensione di Metafora (10) richiede al partecipante di leggere con attenzione una frase sullo schermo contenente una metafora e scegliere, tra le tre spiegazioni proposte, quella che ritiene corretta (figura 2.17). Tale prova valuta il linguaggio figurato e le conoscenze pragmatiche. Viene assegnato 1 punto se la risposta selezionata è corretta; quindi, il range di punteggio va da 0 a 1.

Al termine del test auto-GEMS, il software genera automaticamente il punteggio totale ottenuto dai punteggi ponderati delle singole prove. Il range di punteggio va da 0 a 100.

**Ora le chiediamo di leggere con attenzione la frase sotto
e scegliere tra le tre spiegazioni quella corretta.**

Oggi ho visitato la biblioteca della città. Quell'archivio è una miniera.

significa che :

- Quell'archivio contiene gioielli preziosi
- Quell'archivio contiene documenti interessanti
- Quell'archivio è in centro-città

Premi per andare avanti

Fig. 2.17 Prova di Comprensione di metafora presente in Auto-GEMS

2.4.2 TAP

Dopo aver completato la prima parte dello studio, rimangono solamente altre due sezioni, 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, per rispetto del bilanciamento del disegno sperimentale. Entrambi i test sono preceduti da una sessione di prova, la quale consente ai partecipanti di familiarizzare con le consegne.

Questo paragrafo si focalizza sul Test of Attentional Performance (TAP), introdotto per la prima volta nel 1992, con l'obiettivo di studiare le strategie di abilità attentiva tramite dei semplici paradigmi volti all'analisi dei tempi di reazione. Nel corso del tempo il TAP è stato aggiornato attraverso l'introduzione di versioni differenti e l'integrazione di un test aggiuntivo con lo scopo di indagare l'Attenzione Sostenuta. Attualmente esistono 13 varianti diverse del TAP; per questo studio si è deciso di avvalersi della versione adibita allo studio dell'Attenzione Divisa, nella sua forma computerizzata e standardizzata. Il test prevede due compiti, i quali coinvolgono due funzioni diverse, ovvero un compito uditivo e uno visivo. Inizialmente vengono presentati i compiti singolarmente, in una condizione definita "*single load*"; tuttavia, alla fine di questa sezione i due compiti vengono "*uniti*", presentandoli insieme, in quello che viene definito "*dual load*", quindi un paradigma di doppio compito.

La prima delle tre sezioni comprende il solo compito visivo: al centro dello schermo nero appare un quadrato formato 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, le quali si sovrappongono ai punti. Il partecipante ha il compito di premere la barra spaziatrice il più velocemente possibile ogni volta che quattro croci "X" appaiono vicine, formando gli angoli di un quadrato (figura 2.18).

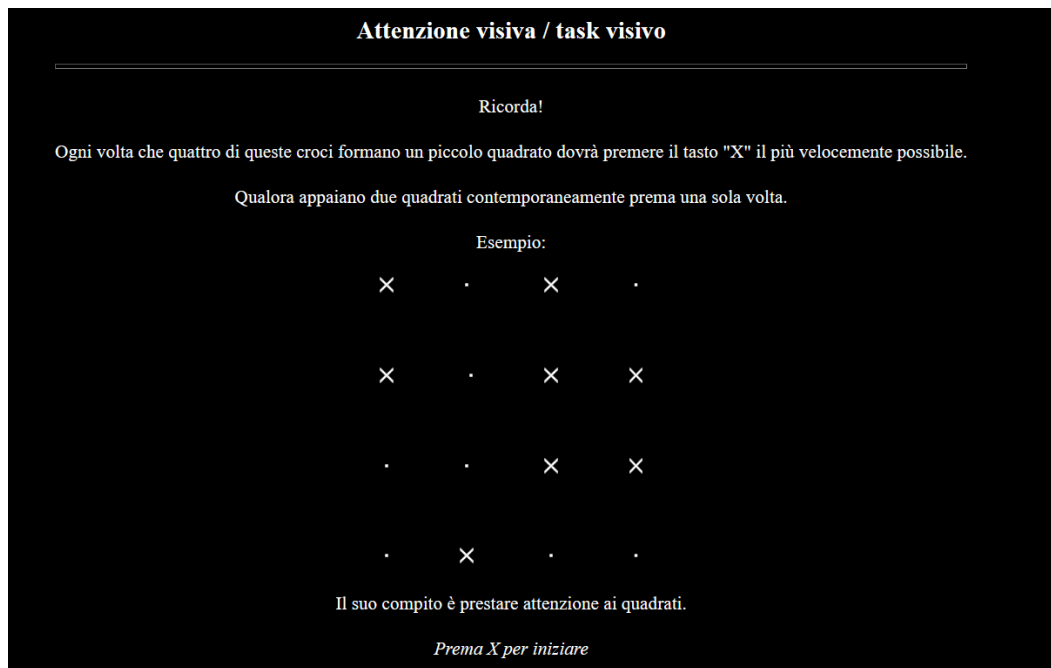


Fig. 2.18 Dimostrazione del compito singolo

La seconda sezione è deputata al solo compito uditivo: sullo 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 compito del partecipante è quello di premere la barra spaziatrice ogniqualvolta viene percepita un'irregolarità nella sequenza.

Nella terza e ultima sezione viene proposto il doppio compito: oltre alla matrice di punti e alle corrispettive croci, viene presentata anche la sequenza di suoni alti e bassi, emessi in modo alternato sulla base del ritmo di sincronizzazione dei cambiamenti di posizione delle croci "X". Viene chiesto al partecipante, quindi, di

premere la barra spaziatrice ogni volta che rileva la presenza di un quadrato formato da quattro croci, oppure quanto sente una sequenza di suoni differenti (figura 2.19).

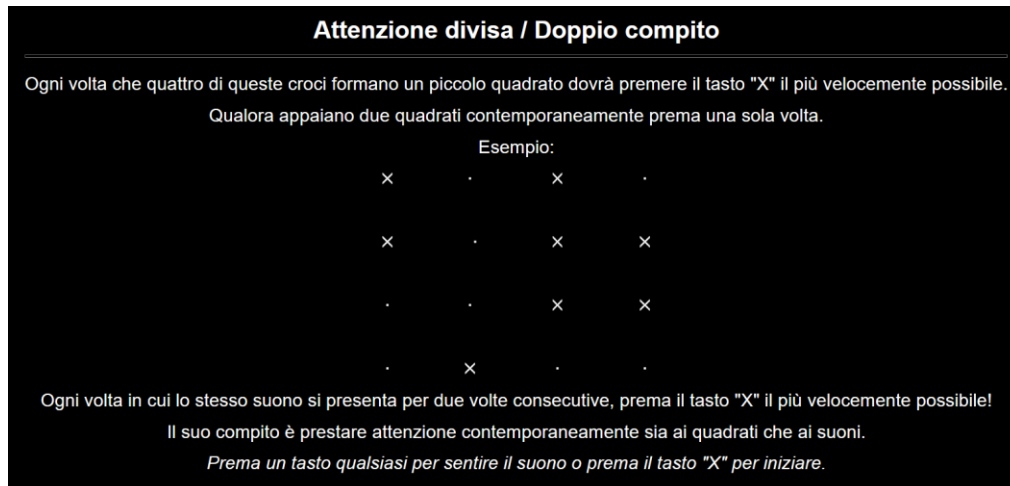


Fig. 2.19 Dimostrazione del doppio compito

Durante il doppio compito 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 uditi, presentati con un intervallo di 1 secondo tra l'uno e l'altro, ciascuno 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 alla presentazione delle istruzioni, sia di 3 minuti e 25 secondi, in quanto l'assenza o lo sbaglio di una risposta non influiscono sulla progressione del test.

Al termine di tutti i test si chiede al partecipante di valutare lo svolgimento della prova tramite la compilazione di un questionario a scelta multipla. Esso ha l'obiettivo di verificare le modalità di esecuzione del test e di raccogliere

informazioni qualitative, come ad esempio l'eventuale assistenza ricevuta durante lo svolgimento della prova.

2.4.3 Memo Task

Il Memo Task è uno dei due compiti, insieme al TAP, volti ad indagare il rapporto che intercorre tra multitasking e memoria.

Questo compito è suddiviso in tre blocchi distinti: il primo riguarda un compito singolo, mentre gli altri due utilizzano un doppio compito. In tutti i blocchi viene presentata una sequenza di 15 immagini in bianco e nero, ciascuna raffigurante degli oggetti, per 5 secondi al centro dello schermo.

Il primo blocco necessita che il partecipante svolga un solo compito, ovvero quello di memorizzare, al meglio delle proprie capacità, tutte le immagini presentate in sequenza, ignorando l'audio presente durante tutta la durata della prova. Dopo aver terminato questa fase di codifica, viene richiesto ai partecipanti di svolgere un compito di riconoscimento forzato con quattro alternative (4AFC, Four-Alternative Forced-Choice task). Durante il 4AFC, vengono presentate quattro immagini ai partecipanti, i quali hanno il compito di sceglierne una, ovvero quella che ritengono di aver visto durante la fase di codifica. Durante quest'ultima sezione non è presente un limite di tempo, in quanto viene lasciato ai partecipanti il tempo necessario per concentrarsi.

Il secondo blocco è definito "*Low-Load*", in quanto è presente un doppio compito meno richiestivo. In questa sezione la consegna data ai partecipanti è quella di

prestare attenzione alle immagini, memorizzandole come nel primo blocco; tuttavia, viene aggiunto il compito di prestare attenzione all'audio riprodotto durante la durata del test, il quale consiste in una sequenza di lettere. In questa condizione il partecipante ha il compito di premere la barra spaziatrice quando sente la lettera "X". Alla fine di questo blocco è presente la stessa fase di riconoscimento del blocco precedente.

Il terzo blocco, infine, è definito "*High-Load*", in quanto il doppio compito presente è più richiestivo rispetto al precedente. In questa sezione i partecipanti hanno sia la consegna di memorizzare le immagini che vengono presentate, sia di premere la barra spaziatrice solo quando sentono la lettera "X" preceduta dalla lettera "A". In questo blocco, quindi, il livello di attenzione richiesto al partecipante è sicuramente maggiore rispetto ai due blocchi precedenti.

In entrambi i blocchi di doppio compito, ogni volta che un'immagine viene presentata, possono essere uditi anche tre suoni della durata di 1500 millisecondi, con un totale di 45 secondi per ogni blocco (figura 2.20).

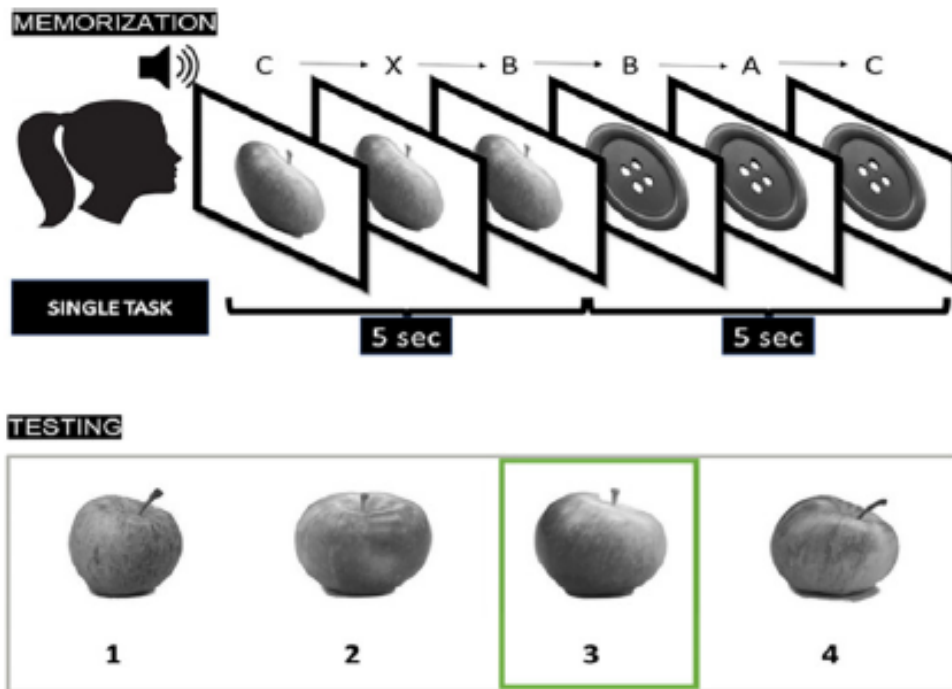


Fig. 2.20 Dimostrazione del Memo task con i rispettivi tempi di presentazione. Si osserva la fase di apprendimento (nella parte superiore) e la fase di test (nella parte inferiore). Questa immagine proviene dallo studio “*Cognitive-Cognitive Dual-task in aging: A cross-sectional online study*” (Contemori et al., 2024)

2.5 Descrizione dei questionari utilizzati

2.5.1 MACq

Alla fine del paradigma sperimentale, è stato inserito un questionario di autovalutazione della memoria, denominato MACq (Crook et al., 1992) (*si veda l'intero questionario in Appendice*).

Tale questionario chiede al partecipante di rispondere a sei domande riguardanti le proprie abilità mnemoniche attuali, rispetto al passato (circa dieci anni fa). Il questionario genera un punteggio che spazia da 7 a 35 punti, definendo un grado di disturbo relativo alla memoria.

Se la somma totale delle risposte è inferiore a 15, significa che il partecipante reputa la propria memoria simile al passato. Se, invece, la somma delle varie risposte è maggiore di 25, significa che la persona reputa la propria memoria peggiore rispetto a dieci anni fa e che, di conseguenza, potrebbe presentare disturbi di memoria clinicamente rilevanti. Tale questionario, quindi, è utile per valutare un eventuale valutazione soggettiva di peggioramento della memoria.

CAPITOLO 3

RISULTATI

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".

Le prime analisi svolte riguardano le statistiche descrittive (tabella 3.2), le quali sono state analizzate suddividendo il campione in sei gruppi in base all'età: 18-29, 30-39, 40-49, 50-59, 60-69, 70-89. Nella tabella 3.1 è possibile osservare la distribuzione dei partecipanti tra i vari gruppi.

Gruppi età	Conteggio
18-29	146
30-39	77
40-49	53
50-59	120
60-69	62
70-89	21

Tabella 3.1 *Distribuzione del campione finale per i vari gruppi di età*

Età media	Deviazione standard dell'età	Età minima	Età massima	Anni di scolarità medi	Punteggio CRI medio	Punteggio GEMS medio
42.72	15.95	18	80	14.01	123.07	91.60

Tabella 3.2 *Statistiche descrittive*

3.1 Memo task

Tutti i dati relativi alla prova Memo sono stati analizzati separatamente, suddividendo le analisi descrittive tra le tre condizioni principali del test: Single (compito singolo), Dual Low (doppio compito con basso carico cognitivo), Dual High (doppio compito con alto carico cognitivo). Nella tabella 3.3 sono riportati tutti i valori medi.

Condizione Test	Carico Cognitivo	Accuratezza Visiva	Tempo di Risposta Visivo (ms)	Accuratezza Uditiva	Tempo di Risposta Uditivo (ms)
SINGLE	Basso	0.887	4430	NaN	NaN
DUAL_L	Medio	0.774	4854	0.969	869 ms
DUAL_H	Alto	0.682	4937	0.968	755 ms

Tabella 3.3 *Valori medi relativi ai dati più importanti analizzati dal Memo task, suddivisi per le tre condizioni di test (Single, Dual_L e Dual_H)*

3.1.1 Accuratezza visiva

Nello specifico, l'analisi dell'accuratezza visiva è stata effettuata utilizzando dei modelli misti lineari generalizzati, nello specifico una regressione logistica binomiale (tabella 3.4). In questa analisi, la variabile dipendente è l'accuratezza visiva, mentre le variabili indipendenti sono le varie condizioni, ovvero Single, Dual Low e Dual High e, infine, l'età.

	Chisq	Gradi di libertà	Pr (>Chisq)
Condizione (single, dual low, dual high)	179.054	2	< .001
Età	79.078	1	< .001
Interazione tra condizione ed età	7.954	2	0.018

Tabella 3.4 *Analisi della Devianza (Type II Wald chi-square test)*

Da questa analisi emerge un effetto dovuto sia alle diverse condizioni presenti nel compito, sia dovuto all'età. Inoltre, l'interazione tra questi due fattori è significativa $\chi^2(2, N = 471) = 7.954, p < .05$. La figura 3.5 permette una visione grafica degli effetti appena descritti: infatti è possibile osservare come l'accuratezza diminuisca in tutte e tre le condizioni, all'aumentare dell'età. Questo dimostra che la performance diminuisce sia all'aumentare dell'età, sia all'aumentare della difficoltà del compito.

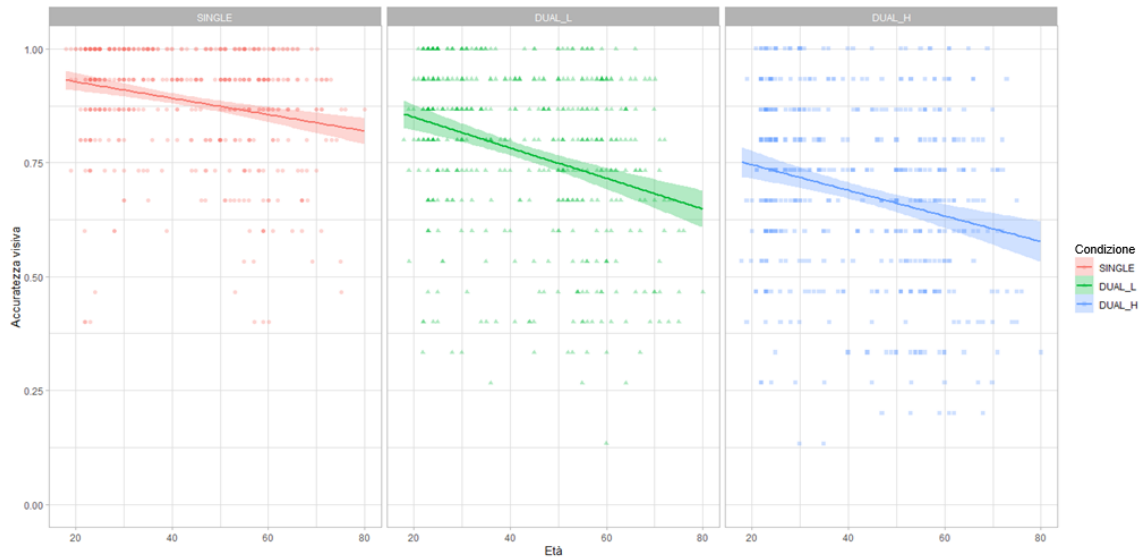


Figura 3.5 Memo - Interazione tra Accuratezza visiva ed Età all'interno delle tre condizioni sperimentali (single, dual_l, dual_h)

Il seguente grafico a violino (figura 3.6) mostra il modo in cui l'accuratezza visiva sia influenzata dal carico cognitivo del compito svolto: "single" indica il solo compito singolo, mentre "dual" indica l'insieme delle due prove a doppio compito.



Figura 3.6 Memo - Interazione tra Accuratezza visiva e Carico cognitivo del compito (single, dual)

3.1.2 Costo cognitivo dell'accuratezza visiva

Successivamente, l'analisi del *costo cognitivo* riguardante l'accuratezza visiva, è stata effettuata utilizzando un modello di regressione lineare, nel quale la variabile dipendente è l'accuratezza visiva, mentre la variabile indipendente è la suddivisione dell'età in sei gruppi (age cluster). La tabella 3.7 mostra un'analisi della varianza tra i vari gruppi, mentre la tabella 3.8 permette di osservare come i vari cluster di età sono stati analizzati utilizzando tre tipi di modelli: lineare, quadratico e cubico (risultando significativo in due dei tre modelli).

	Gradi di libertà	Sum squared	Mean squared	Valore F	Pr(>F)
Gruppi età	3	2.527	0.842	46.31	< .001
Residui	4307	78.335	0.018	NA	NA

Tabella 3.7 *Analisi della Varianza (ANOVA)*

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(>F)
Intercept	-0.173	0.002	-70.250	< .001
Age cluster L	-0.068	0.007	-10.124	< .001
Age cluster Q	-0.016	0.006	-2.546	0.01
Age cluster C	-0.030	0.005	-5.262	< .001

Tabella 3.8 *Analisi dei cluster di età con modelli lineare, quadratico e cubico*

Di conseguenza è possibile affermare che il costo cognitivo dell'accuratezza visiva aumenta con l'avanzare dell'età, come è dimostrato dall'effetto principale dovuto ai vari cluster di età, $F(3, 4307) = 46.31, p < .001$. La figura 3.9 permette

una visione grafica del modello lineare riguardante il costo cognitivo dell'accuratezza visiva, mostrando come il costo rimanga stabile fino ai 69 anni, per poi declinare.

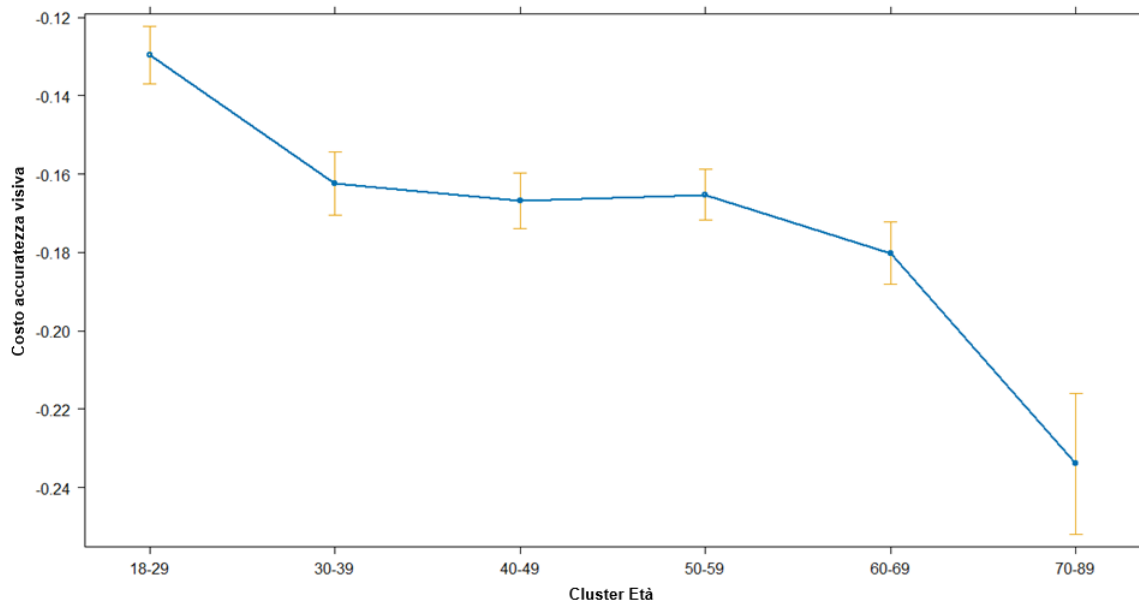


Figura 3.9 Memo - Modello lineare dell'interazione tra Età e Costo cognitivo dell'accuratezza visiva

3.1.3 Tempi di reazione visivi

In seguito, sono stati analizzati i tempi di reazione riguardanti le prove visive (tabella 3.10). Per fare questo, i tempi di reazione sono stati utilizzati in un modello di regressione lineare nel quale ad ogni partecipante è stata assegnata un'intercetta casuale. La variabile dipendente è il tempo di risposta visivo, mentre le variabili indipendenti sono il carico cognitivo e l'età.

	Sum squared	Numeratore gradi di libertà	Denominatore gradi di libertà	F value	Pr(>F)
Carico cognitivo (single, dual)	10218454	1	610.22	48.539	< .001
Età	4976708	1	178.42	23.640	< .001
Interazione tra Età e Carico cognitivo	1539961	1	617.62	7.315	0.007

Tabella 3.10 *Analisi di tipo III della Varianza con metodo di Satterthwaite*

Le analisi confermano gli effetti del carico cognitivo, $F(1, 610.22) = 48.539, p < .001$, e dell'età, $F(1, 178.42) = 23.640, p < .001$. Anche l'interazione tra questi due fattori è risultata significativa, $F(1, 617.62) = 7.315, p = .007$, quindi una prova con un maggior carico cognitivo può compromettere in maniera significativa i tempi di reazione rispetto ad un'altra prova con minor carico cognitivo. La figura 3.11 rende possibile osservare graficamente i due effetti; infatti, ad un aumento dell'età corrisponde un aumento dei tempi di risposta nella condizione visiva, in entrambe le condizioni di carico cognitivo (single e dual).

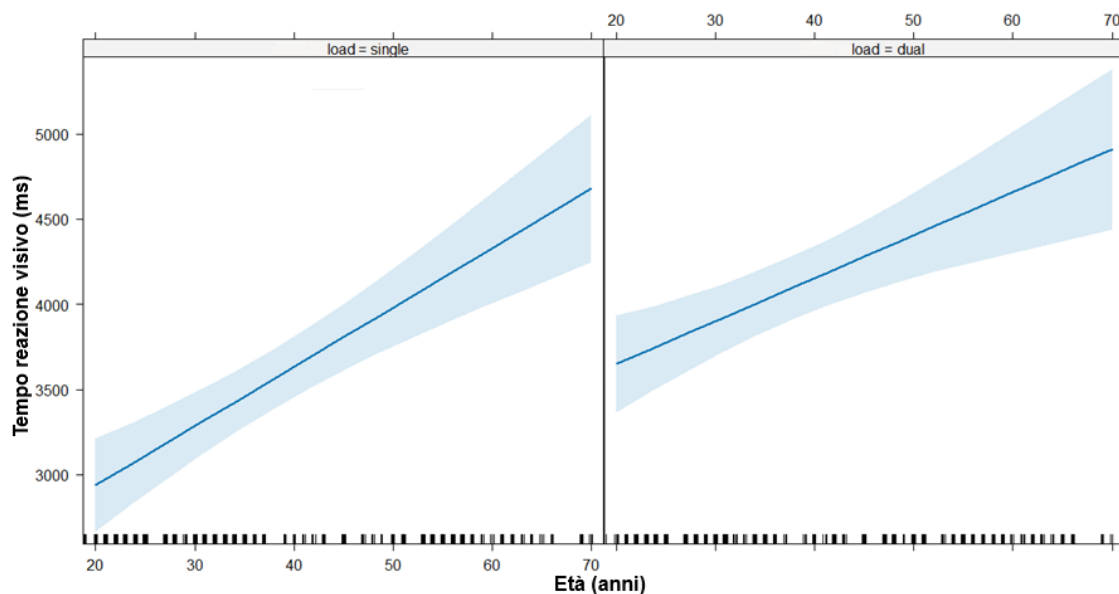


Figura 3.11 Memo - *Regressione lineare dei Tempi di risposta visivi in base ad Età e Carico cognitivo (single, dual)*

3.1.4 Costo cognitivo dei tempi di reazione visivi

Successivamente è stato valutato il rapporto tra il costo cognitivo dei tempi di reazione nelle prove visive e i cluster di età (tabella 3.12). La variabile dipendente è il costo cognitivo dei tempi di reazione, mentre la variabile indipendente è rappresentata dai cluster di età. Nella tabella 3.13 è possibile osservare come i vari gruppi di età sono stati analizzati utilizzando tre tipi di modelli: lineare, quadratico e cubico (risultando significativo in due modelli su tre).

	Gradi di libertà	Sum squared	Mean squared	Valore F	Pr(>F)
Gruppi età	3	7.7110e+07	25703241	10.397	< .001

Residui	4307	1.0648e+10	2472208		
----------------	------	------------	---------	--	--

Tabella 3.12 *Analisi della Varianza (ANOVA)*

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(>F)
Intercept	303.22	28.72	10.557	< .001
Age cluster L	-87.48	78.94	-1.108	0.268
Age cluster Q	-286.25	73.33	-3.903	< .001
Age cluster C	154.85	66.55	2.327	0.020

Tabella 3.13 *Analisi dei cluster di età con modelli lineare, quadratico e cubico*

Alla luce di questi risultati, è possibile affermare che il costo cognitivo riguardante i tempi di reazioni delle prove visive sembrano essere influenzati dall'età.

3.1.5 Accuratezza uditiva

Oltre alle analisi relative alle prove visive, sono state eseguite anche analisi sulle prove uditive. Per prima cosa si è voluto analizzare, tramite un modello di regressione lineare, gli effetti legati all'interazione tra accuratezza uditiva (variabile dipendente) ed età (variabile indipendente) (figura 3.14).

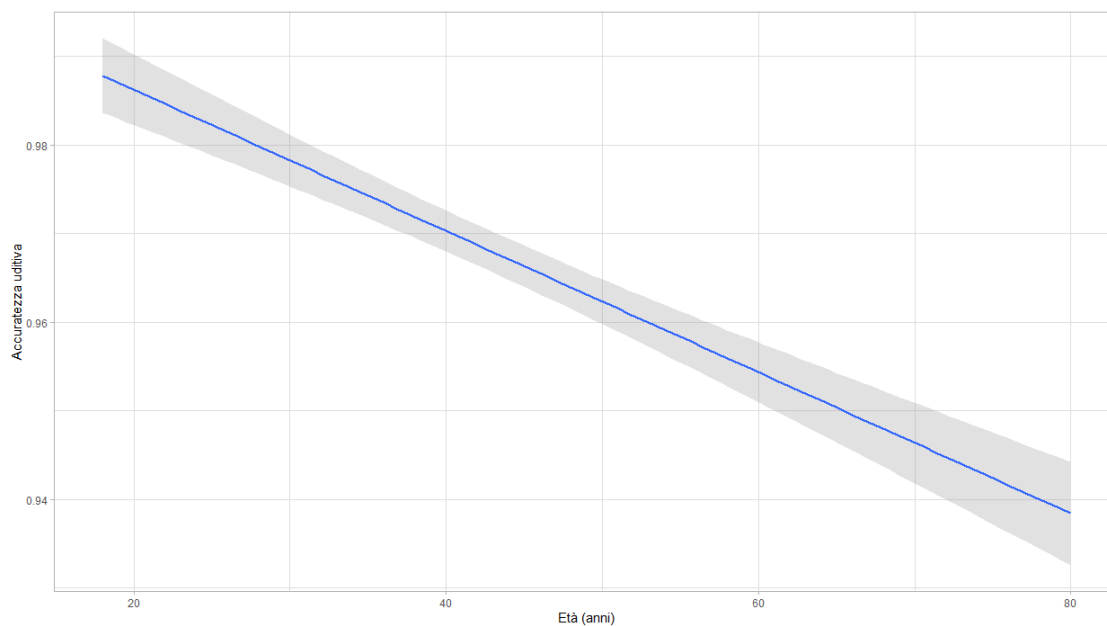


Figura 3.14 Memo - *Regressione lineare dell'Accuratezza uditiva*

Per osservare con precisione la possibile presenza di un effetto legato all'età, è stata effettuata un'ANOVA (tabella 3.15), la quale è risultata significativa, $F(1, 2872) = 118.8, p < .001$.

	Gradi di libertà	Sum squared	Mean squared	Valore F	Pr(>F)
Età	1	0.465	0.464	118.8	< .001
Residui	2872	11.229	0.004		

Tabella 3.15 *Analisi della Varianza (ANOVA)*

3.1.6 Tempi di reazione uditivi

Tramite un modello di regressione lineare, sono stati analizzati i tempi di reazione delle prove uditive, utilizzandoli come variabile dipendente, mentre l'età e la condizione della prova come variabili indipendenti (figura 3.16).

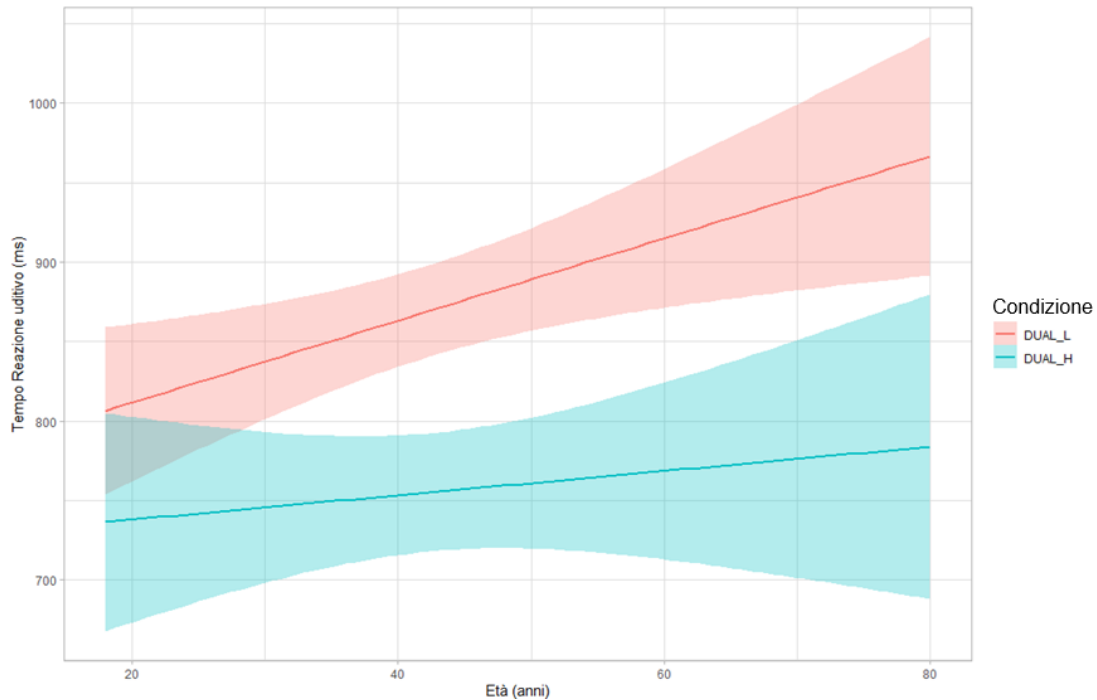


Figura 3.16 Memo - Regressione lineare dei Tempi di risposta uditivi

Per analizzare ulteriormente l'effetto delle due variabili indipendenti, è stata utilizzata un'ANOVA (tabella 3.17). L'effetto legato alla condizione della prova è significativo, $F(1,2795) = 66.944, p < .001$; l'effetto dovuto all'età è risultato significativo, $F(1,2795) = 14.413, p < .001$, così come l'interazione tra le due variabili, $F(1,2795) = 4.309, p = 0.03$. Questo permette di ipotizzare come sia l'età che la condizione del compito portino ad un peggioramento della prestazione riguardante i tempi di reazione uditivi.

	Gradi di libertà	Sum squared	F value	Pr(>F)

Condizione (dual_L, dual_H)	1	8994309	66.944	< .001
Età	1	1936515	14.413	< .001
Interazione tra Età e Condizione	1	578965	4.309	0.03
Residui	2795	375526767		

Tabella 3.17 *Analisi della Varianza (ANOVA)*

3.1.7 Analisi generali

Infine, è stata eseguita un'analisi generale (tabella 3.18), utilizzando tre tipi di modelli (lineare, quadratico, cubico) e ponendo come variabile dipendente il costo cognitivo relativo all'accuratezza visiva, mentre come variabili indipendenti sono stati utilizzati tutti gli altri aspetti indagati dal test (punteggio CRI, punteggio GEMS, punteggio MACq, TMT_A e TMT_B), insieme ai diversi gruppi di età.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(>F)
Intercept	-0.395	0.073	-5.380	< .001
Age cluster L	-0.080	0.021	-3.716	< .001
Age cluster Q	-0.043	0.014	-2.926	0.003
Age cluster C	0.015	0.012	1.214	0.224
CRI score	-0.001	0.0002	-1.932	0.05

GEMS score	0.004	0.0006	7.094	< .001
MACq score	-0.006	0.001	-6.440	< .001
TMT_A tempo completamento	0.001	0.0006	1.992	0.04
TMT_A errori	0.006	0.001	4.311	< .001
TMT_B tempo completamento	-0.002	0.0007	-2.166	0.03
TMT_B errori	-0.005	0.002	-2.573	0.01

Tabella 3.18 Memo - Risultati della regressione lineare dell'interazione tra Costo cognitivo dell'accuratezza visiva e Altre misure del test

Da queste analisi è possibile costruire un'immagine generale, anche se meno accurata, dell'influenza che queste misure possono avere sul costo cognitivo relativo all'accuratezza visiva: risultano significativi due modelli riguardanti l'età (lineare e quadratico), il punteggio ottenuto nello screening cognitivo Auto-GEMS, il punteggio ottenuto dal questionario MACq e tutte le informazioni relative al TMT.

3.2 TAP

Tutti i dati relativi alla prova TAP sono stati analizzati separatamente, suddividendo le analisi descrittive tra le tre condizioni principali del test: Visiva, Uditiva, Dual (doppio compito con entrambe le componenti). Nella tabella 3.19 sono riportati tutti i valori medi.

Condizione Test	Carico Cognitivo	Accuratezza	Tempo di Risposta Visivo (ms)	Tempo di Risposta Uditivo (ms)	Costo accuratezza
Visiva	Basso	0.941	938	NaN	-0.017
Uditiva	Basso	0.981	NaN	652	-0.017
Dual	Alto	0.944	880	692	-0.017

Tabella 3.19 Valori medi relativi ai dati più importanti analizzati dal TAP, suddivisi per le tre condizioni di test (Visiva, Uditiva e Dual)

3.2.1 Accuratezza

Per prima cosa è stato analizzato l'andamento dell'accuratezza nelle tre condizioni di test (Visiva, Uditiva e Dual), sempre tenendo in considerazione come questo variasse in base all'età dei partecipanti (tabella 3.20). La variabile dipendente è l'accuratezza, mentre le variabili indipendenti sono le condizioni di test e l'età.

	Gradi di libertà	Sum squared	Mean squared	Valore F	Pr(>F)
Età	1	0.138	0.137	43.433	< .001
Condizione (single, dual low, dual high)	2	1.405	0.702	221.624	< .001

Interazione tra Età e Condizione	2	0.017	0.008	2.616	0.073
Residui	4254	13.480	0.003		

Tabella 3.20 *Analisi della Varianza (ANOVA) dell'interazione tra Età e Condizione sperimentale*

La figura 3.21 permette una visione grafica degli effetti: infatti, è possibile notare come l'accuratezza diminuisca in due delle tre condizioni, ovvero nella condizione visiva e nella condizione di doppio compito; mentre sembra rimanere stabile nella condizione uditiva.

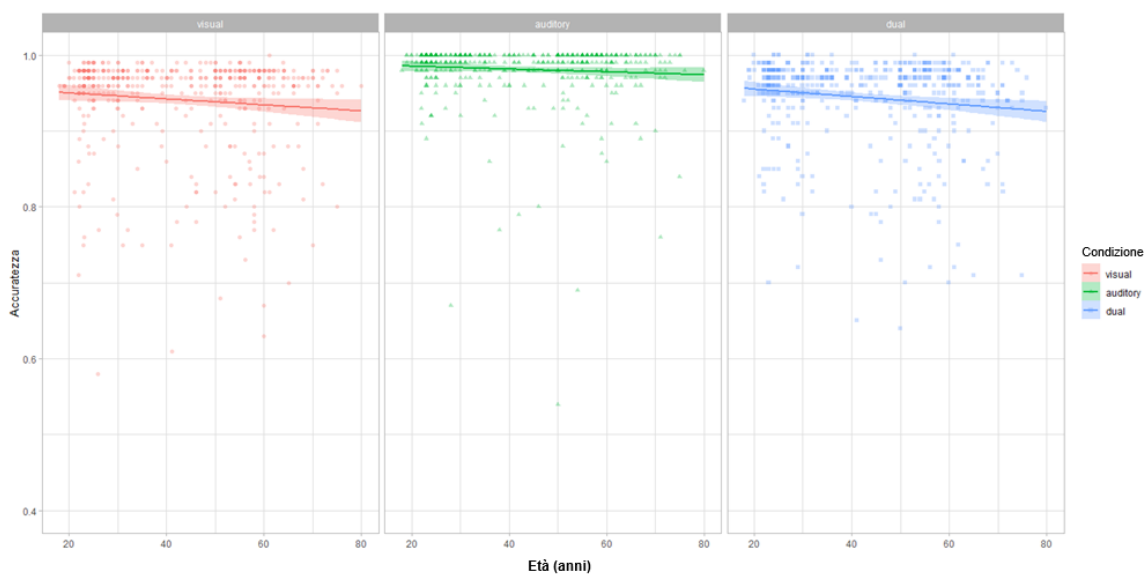


Tabella 3.21 *TAP - Interazione tra Accuratezza ed Età all'interno delle tre condizioni sperimentali (visiva, uditiva, dual)*

3.2.2 Costo cognitivo dell'accuratezza

Successivamente, è stato analizzato come variasse il costo cognitivo dell'accuratezza in base ai vari gruppi di età (tabella 3.22). Di conseguenza, sono stati utilizzati tre tipi di modelli (lineare, quadratico, cubico) in cui la variabile dipendente è rappresentata dal costo cognitivo, mentre la variabile indipendente è l'età suddivisa in cluster (tabella 3.23).

	Gradi di libertà	Sum squared	Mean squared	Valore F	Pr(>F)
Gruppi età	3	0.027	0.009	4.647	0.003
Residui	4181	8.263	0.002		

Tabella 3.22 *Analisi della Varianza (ANOVA)*

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(>F)
Intercept	-0.0182	0.001	-22.049	< .001
Age cluster L	-0.0083	0.002	-3.652	< .001
Age cluster Q	-0.0051	0.002	-2.453	0.01
Age cluster C	-0.0004	0.001	-0.224	0.822

Tabella 3.23 *Analisi dei cluster di età con modelli lineare, quadratico e cubico*

In generale, il costo dell'accuratezza aumenta con l'avanzare dell'età come riscontrato dall'effetto principale dei cluster di età, $F(3, 4181) = 4.647, p = .003$. Inoltre, due tipi di relazione lineare risultano significativi (lineare e quadratico). Questo andamento è confermato anche dalla figura 3.24, nella quale si osserva

un andamento stabile fino al gruppo 40-49 anni, seguito da un rapido decremento nei gruppi più anziani.

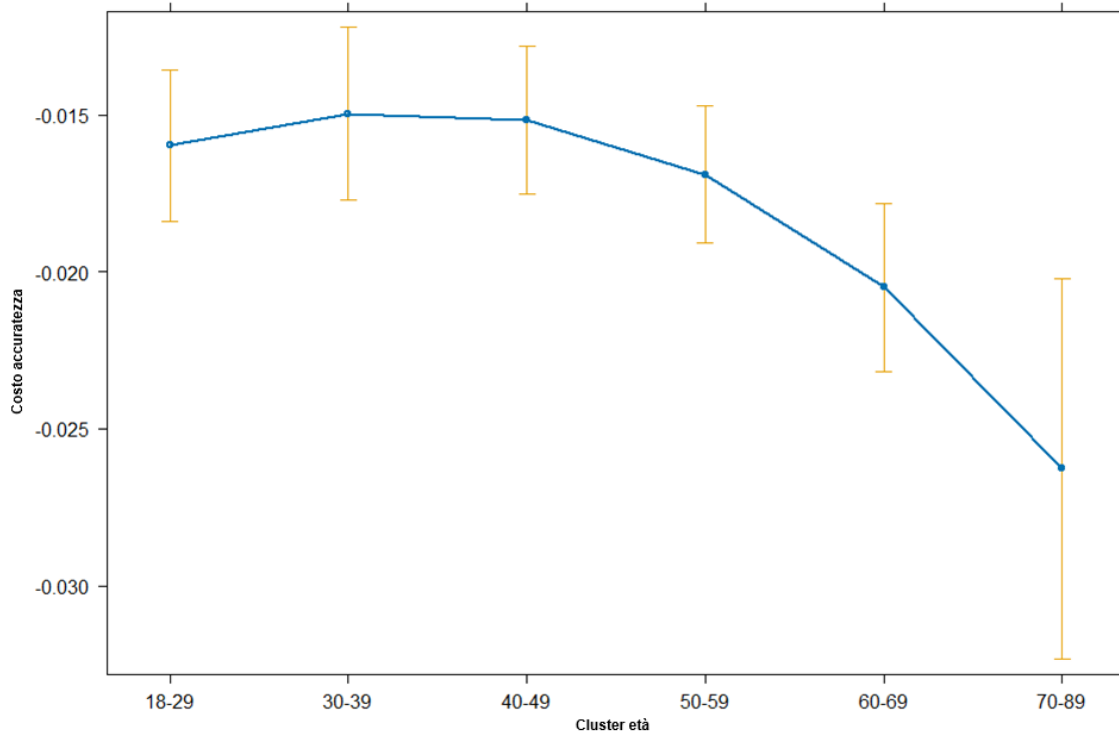


Figura 3.24 TAP - Modello lineare dell'interazione tra Gruppi età e Costo cognitivo dell'accuratezza

3.2.3 Tempi di reazione visivi

In seguito, si è voluto analizzare come il carico cognitivo potesse influenzare i tempi di reazione nelle prove visive (tabella 3.25). Per questo motivo si è deciso di utilizzare un modello di regressione lineare, considerando il tempo di reazione delle prove visive come variabile dipendente, mentre il carico cognitivo e l'età come variabili indipendenti.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(>F)
Intercept	754.362	7.959	94.773	< .001
Età	3.625	0.175	20.715	< .001
Carico cognitivo (single, dual)	22.184	7.959	2.787	< .001
Interazione tra Età e Carico cognitivo	0.168	0.175	0.962	0.33

Tabella 3.25 Risultati della regressione lineare dell'interazione tra Tempo di reazione visivo, Età e Carico cognitivo

Questa analisi suggerisce la presenza di effetti principali legati al tipo di carico cognitivo che caratterizza la prova, $F(3, 2837) = 2.787, p < .001$, e all'età, $F(3, 2837) = 20.715, p < .001$; tuttavia, non risulta significativa l'interazione tra queste due variabili, $F(3, 2837) = 0.962, p = .33$. Nella figura 3.26 è possibile osservare graficamente l'andamento del tempo di reazione visivo in base al carico cognitivo e all'età.

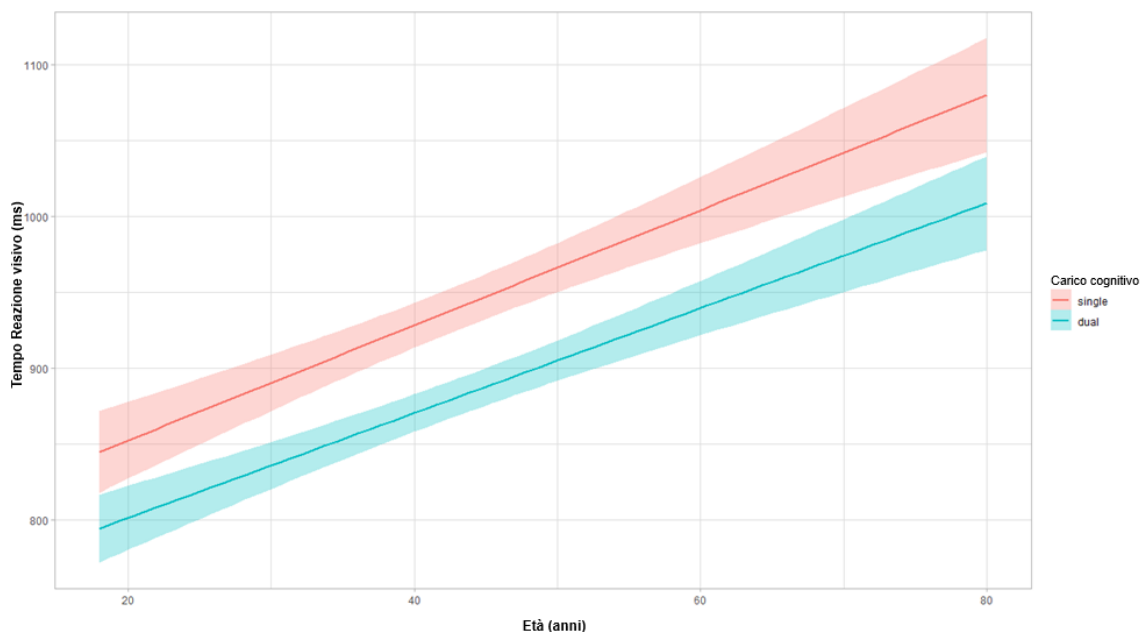


Figura 3.26 TAP - Andamento del Tempo di reazione visivo in base ad Età e Carico cognitivo (single, dual)

3.2.4 Tempi di reazione uditivi

Per quanto riguarda le prove uditive, sono stati analizzati i tempi di risposta e il costo cognitivo dei tempi di risposta. Per il primo caso si è deciso di utilizzare un'ANOVA di tipo III (tabella 3.27), considerando il tempo di reazione uditivo come variabile dipendente, mentre il carico cognitivo e l'età come variabili indipendenti.

	Sum squared	Numeratore gradi di libertà	Denominatore gradi di libertà	F value	Pr(>F)
Carico cognitivo	14734.9	1	502.95	117.496	< .001

(single, dual)					
Età	938.4	1	392.76	7.482	0.006
Interazione tra Carico cognitivo ed Età	10396.4	1	507.73	82.901	< .001

Tabella 3.27 Analisi di tipo III della Varianza con metodo di Satterthwaite

Le analisi confermano gli effetti principali dovuti al carico cognitivo, $F(1,502.95) = 117.496, p < .001$ e all'età, $F(1,392.76) = 7.482, p = .006$; inoltre, l'interazione tra le due variabili risulta significativa, $F(1,507.73) = 82.901, p < .001$. Nella figura 3.28 è possibile osservare graficamente gli effetti.

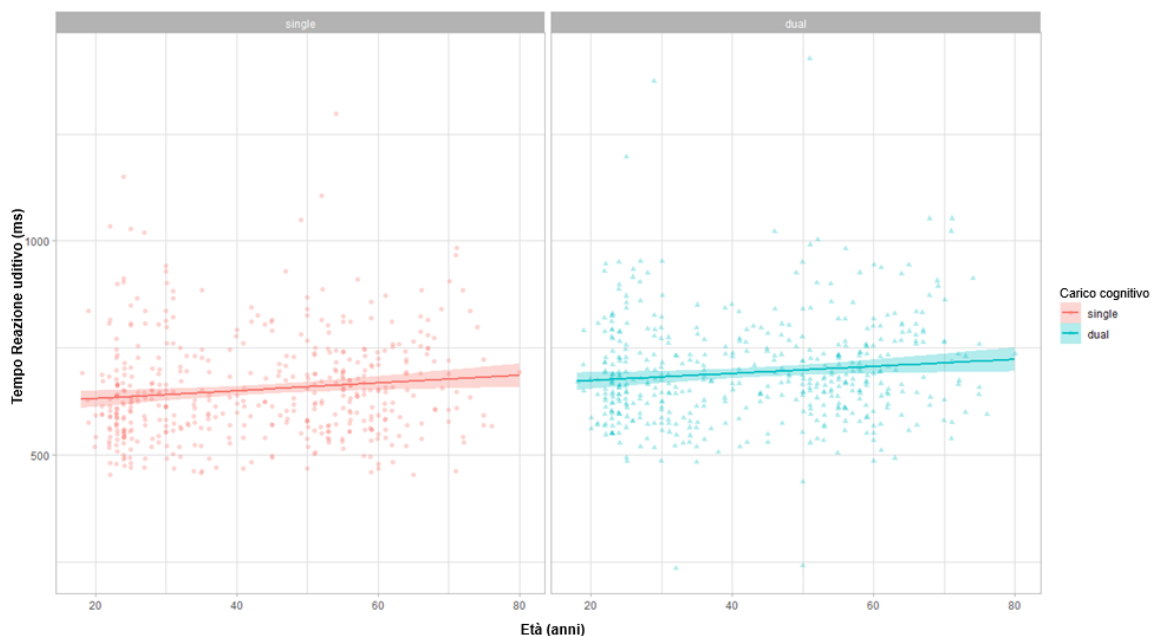


Figura 3.28 TAP - Andamento del Tempo di reazione uditivo in base ad Età e Carico cognitivo (single, dual)

3.2.5 Costo cognitivo dei tempi di reazione uditivi

Per l'analisi del costo cognitivo dei tempi di reazione uditivi sono stati utilizzati un'Anova (tabella 3.29) e tre tipi di modelli (lineare, quadratico, cubico) in cui la variabile dipendente è rappresentata dal costo cognitivo dei tempi di risposta alle prove uditive, mentre la variabile indipendente è l'età suddivisa in cluster (tabella 3.30).

	Gradi di libertà	Sum squared	Mean squared	Valore F	Pr(>F)
Gruppi età	3	409897	136632	15.371	< .001
Residui	662	5884596	8889		

Tabella 3.29 *Analisi della Varianza (ANOVA)*

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(>F)
Intercept	44.935	4.566	9.840	< .001
Age cluster L	48.963	12.841	3.813	< .001
Age cluster Q	44.014	11.900	3.699	< .001
Age cluster C	-36.679	10.258	-3.579	< .001

Tabella 3.30 *Analisi dei cluster di età con modelli lineare, quadratico e cubico*

Quello che emerge dalle analisi è la presenza dell'effetto principale legato all'età; tuttavia, si può notare nella figura 3.31 come il costo cognitivo diminuisca dal cluster iniziale 18-29 anni, per poi aumentare nuovamente dal gruppo 30-39 anni.

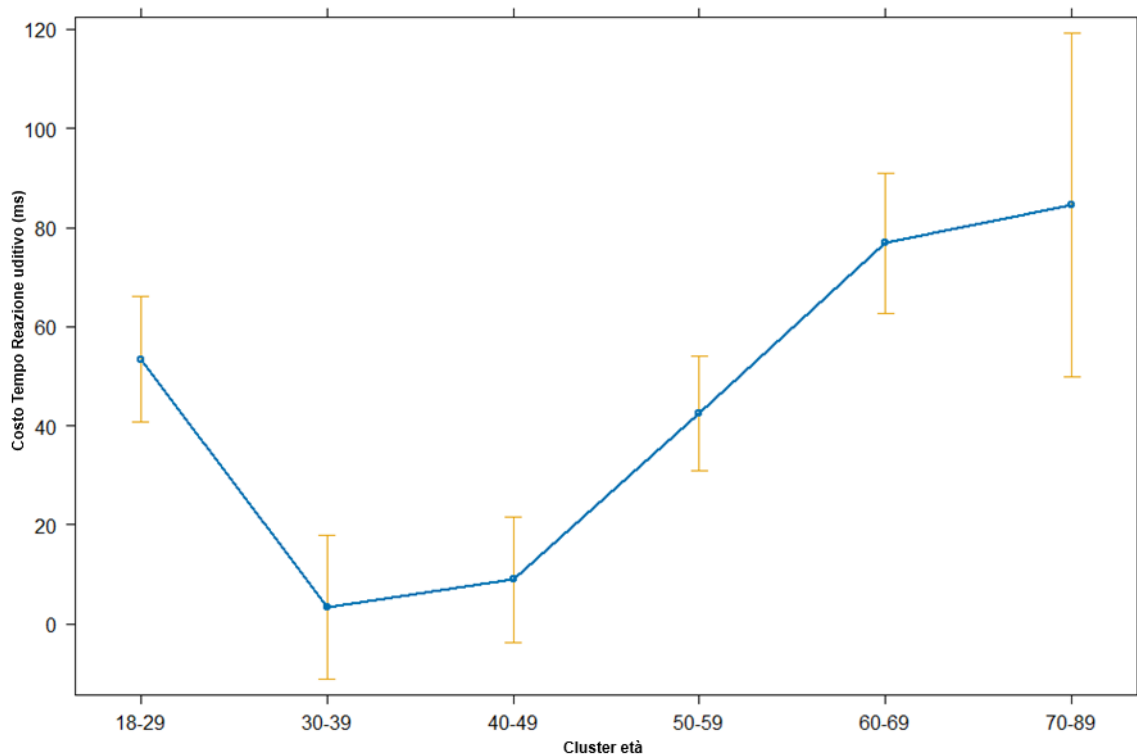


Figura 3.31 TAP - *Modello lineare dell'interazione tra Gruppi età e Costo cognitivo del tempo di risposta uditivo*

3.2.6 Omissioni

Successivamente, è stato analizzato come varia il numero di omissioni, ovvero la mancanza della risposta corretta, nelle varie condizioni del test, sempre tenendo in considerazione anche l'età. L'analisi è stata effettuata utilizzando un ANOVA (tabella 3.32), nel quale le omissioni rappresentano la variabile dipendente, mentre le condizioni del test e l'età normalizzata rappresentano le variabili indipendenti.

	Gradi di libertà	Sum squared	Mean squared	Valore F	Pr(>F)
Età normalizzata	1	0.018	0.181	27.081	< .001
Condizione (single, dual low, dual high)	2	0.140	0.070	104.651	< .001
Interazione tra Età e Condizione	2	0.09	0.004	7.064	< .001
Residui	4254	2.850	0.0006		

Tabella 3.32 *Analisi della Varianza (ANOVA)*

Osservando i risultati è possibile affermare che il numero di omissioni compiute dai partecipanti è influenzato dagli effetti della condizione della prova, $F(2, 4254) = 104.651, p < .001$ e dall'età, $F(1, 4254) = 27.081, p < .001$, nonché anche dall'interazione che avviene tra di esse, $F(2, 4254) = 7.064, p < .001$. Nella figura 3.33 è possibile osservare graficamente i dati.

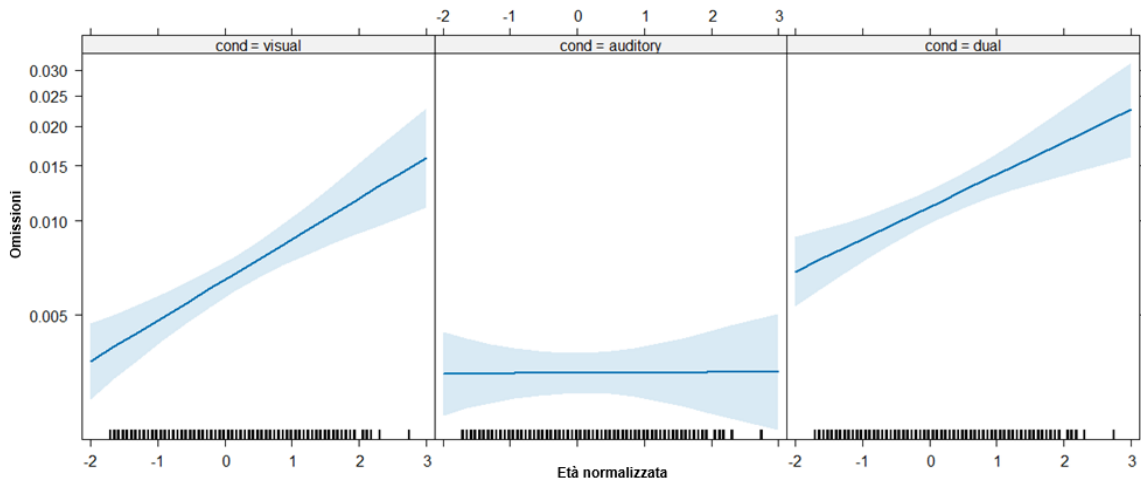


Figura 3.33 TAP - Andamento delle Omissioni in base ad Età normalizzata e Condizioni sperimentali (visiva, uditiva, dual)

3.2.7 Falsi allarmi

Infine, si è analizzata la variazione del numero di falsi allarmi, ovvero le risposte sbagliate, nelle varie condizioni del test, tenendo in considerazione anche l'età. L'analisi è stata effettuata utilizzando un ANOVA (tabella 3.34), nel quale i falsi allarmi rappresentano la variabile dipendente, mentre le condizioni del test e l'età normalizzata rappresentano le variabili indipendenti.

	Gradi di libertà	Sum squared	Mean squared	Valore F	Pr(>F)
Età normalizzata	1	0.061	0.061	26.65	< .001
Condizione (single, dual)	2	0.879	0.439	191.63	< .001

low, dual high)					
Interazione tra Età e Condizione	2	0.002	0.001	0.39	0.677
Residui	4254	9.756	0.002		

Tabella 3.34 *Analisi della Varianza (ANOVA)*

Risultano significativi l'effetto principale del tipo di condizione, $F(2,4254) = 191.63, p < .001$, e l'effetto legato all'età, $F(1,4254) = 26.65, p < .001$, mentre non risulta significativo l'effetto derivante dall'interazione tra le variabili, $F(2, 4254) = 0.39, p = .67$. Nella figura 3.35 è possibile osservare graficamente i risultati.

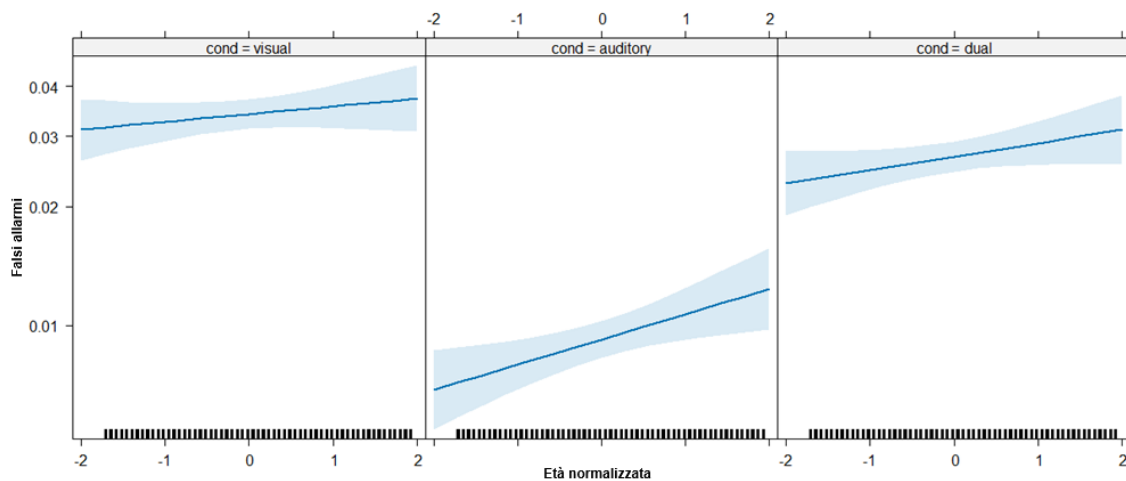


Figura 3.35 *TAP - Andamento dei Falsi allarmi in base ad Età normalizzata e Condizioni sperimentali (visiva, uditiva, dual)*

3.3 GEMS e CRI

Oltre a Memo e TAP, sono state analizzate anche le parti riguardanti lo screening cognitivo Auto-GEMS, il test TMT e il questionario CRIf, per indagare ulteriormente il rapporto tra delle misure oggettive sulle prestazioni cognitive dei partecipanti.

La figura 3.36 permette di osservare come il punteggio ottenuto in Auto-GEMS diminuisca non solo in base all'età del partecipante, ma anche in base al punteggio di Riserva Cognitiva che egli ha.

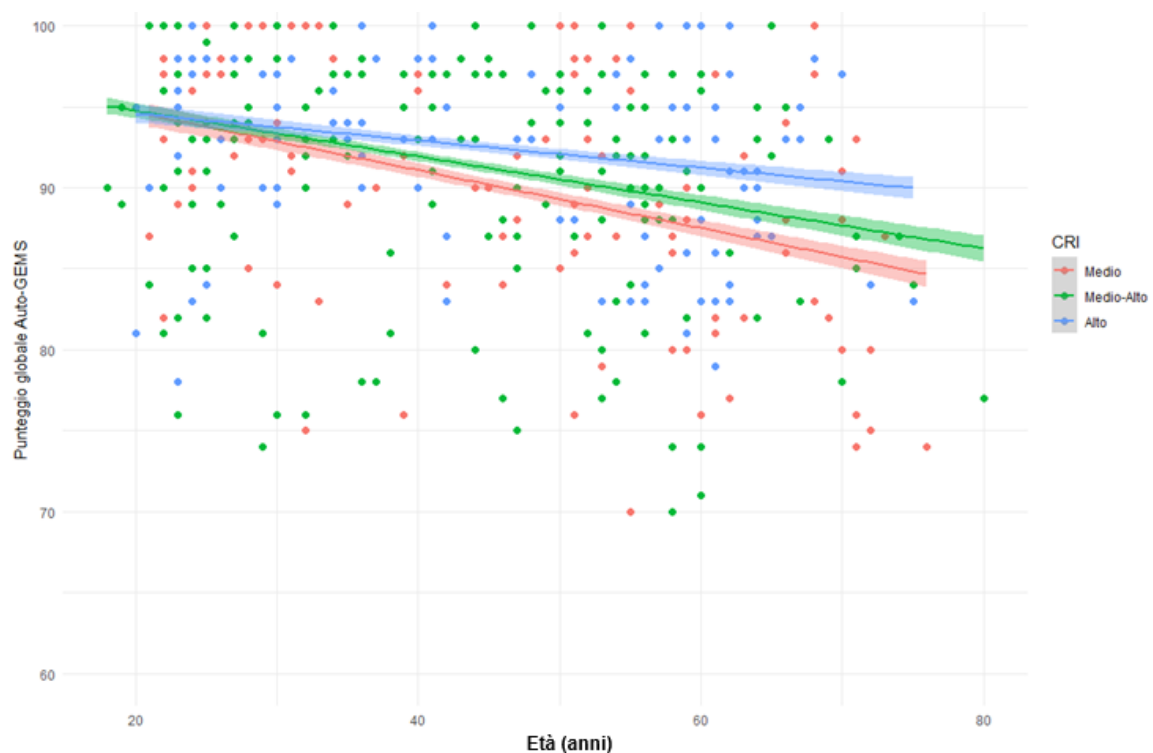


Figura 3.36 *Interazione del punteggio globale Auto-GEMS con Età e Indice di riserva cognitiva (CRI)*

Invece, la figura 3.37 permette di esplorare il solo effetto legato all'età, suddivisa nei vari gruppi.

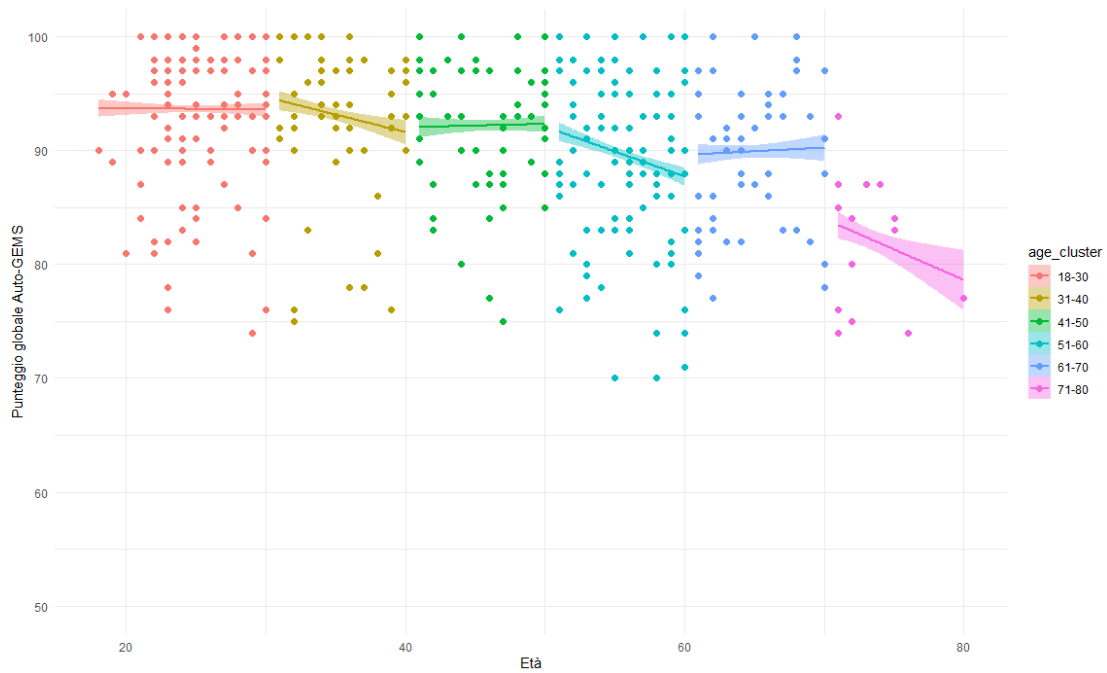


Figura 3.37 *Interazione del punteggio globale Auto-GEMS con Età*

Successivamente, la figura 3.38 permette di indagare l'effetto legato agli anni di scolarità: infatti un alto punteggio Auto-GEMS corrisponde a una maggiore scolarità.

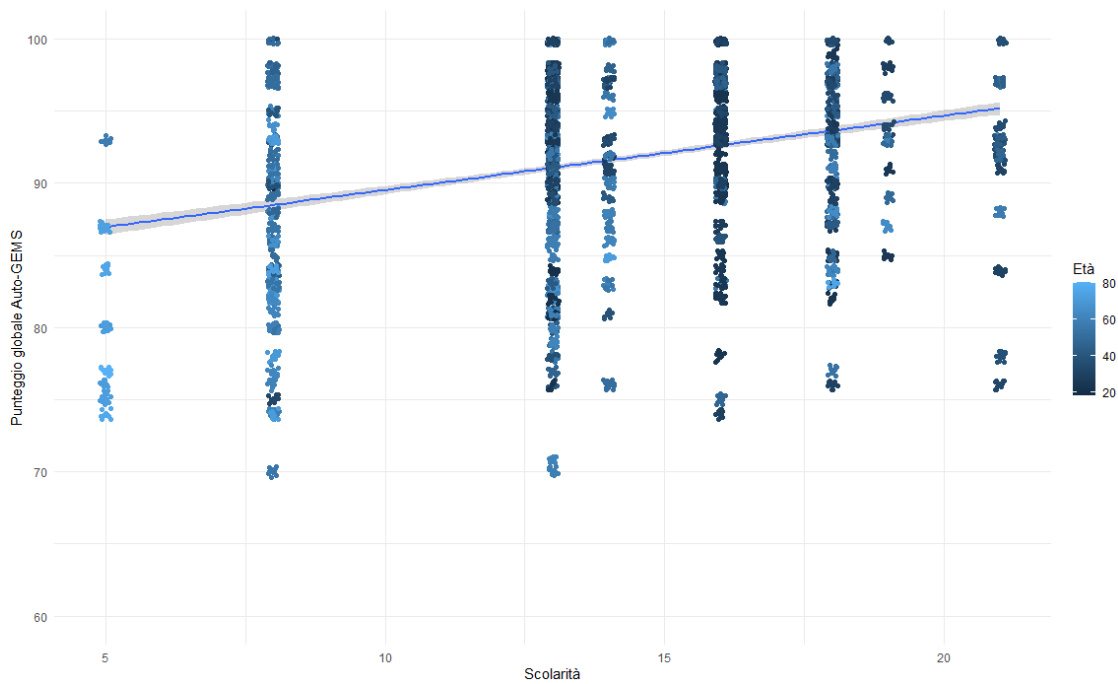


Figura 3.38 *Interazione del punteggio globale Auto-GEMS con Età e Anni di scolarità*

3.4 TMT

Infine, sono stati esaminati i tempi di completamento e gli errori di entrambe le versioni del test TMT (versione A e versione B).

Per prima cosa sono state eseguite due analisi della varianza, una per ogni versione della prova, per individuare se fosse presente un effetto principale legato ai diversi cluster di età (tabella 3.39 e 3.40). La variabile dipendente è rappresentata dal tempo di completamento della versione del TMT, mentre i gruppi di età rappresentano la variabile indipendente.

	Gradi di libertà	Sum squared	Mean squared	Valore F	Pr(>F)
Gruppi età	5	96323	19265	199.6	< .001
Residui	4305	415470	97		

Tabella 3.39 *Analisi della Varianza (ANOVA)*

	Gradi di libertà	Sum squared	Mean squared	Valore F	Pr(>F)
Gruppi età	5	174087	34817	297.3	< .001
Residui	4305	504106	117		

Tabella 3.40 *Analisi della Varianza (ANOVA)*

Come è possibile osservare nelle tabelle precedenti, si confermano gli effetti principali legati ai gruppi di età sia nella versione A della prova, $F(5,4305) = 199.6, p < .001$, sia nella versione B, $F(5,4305) = 297.3, p < .001$. Nella figura 3.41 è possibile riscontrare un aumento del tempo di completamento del TMT_A in base all'aumentare dell'età.

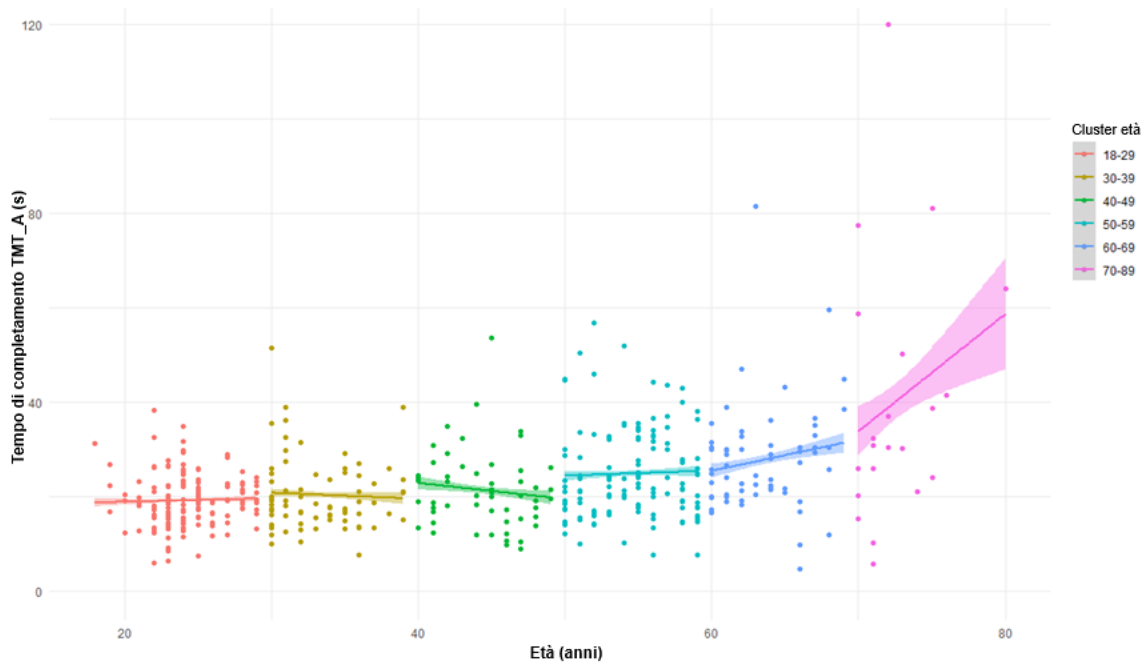


Figura 3.41 *Interazione del Tempo di completamento di TMT_A con Età*

Nella figura 3.42, inoltre, si evidenzia un andamento simile nel TMT_B rispetto al precedente, con un aumento di qualche secondo.

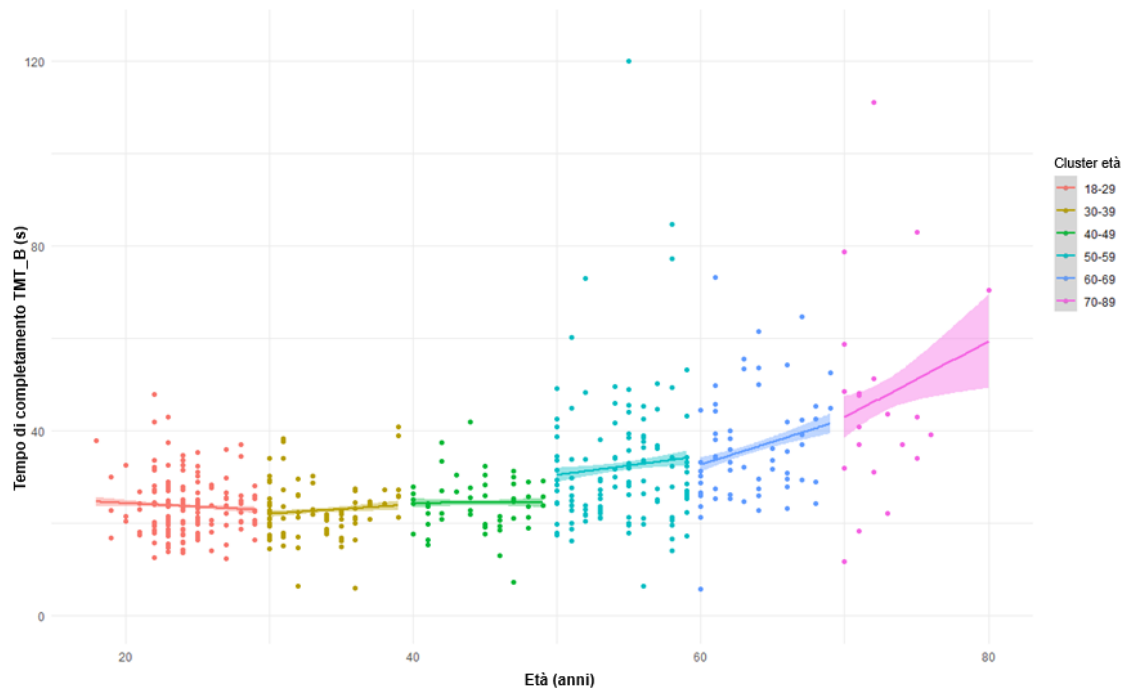


Figura 3.42 *Interazione del Tempo di completamento di TMT_B con Età*

Per analizzare ulteriormente l'effetto dovuto ai cluster di età, è stata eseguita un'analisi post-hoc (per entrambe le versioni del test), utilizzando la funzione "TukeyHSD" per controllare l'interazione tra ogni cluster, risultando non significativa nell'intervallo 18-49 anni.

Successivamente, si possono osservare le analisi degli errori. Le tabelle 3.43 e 3.44 mostrano due ANOVA, dai quali è possibile ricavare la significatività dei vari cluster di età; in questi modelli, la variabile dipendente è la quantità di errori della corrispettiva versione del test, mentre la variabile indipendente è la suddivisione dell'età in gruppi.

	Gradi di libertà	Sum squared	Mean squared	Valore F	Pr(>F)
Gruppi età	5	1037	207.46	19.18	< .001
Residui	4305	46572	10.82		

Figura 3.43 *Analisi della Varianza (ANOVA)*

	Gradi di libertà	Sum squared	Mean squared	Valore F	Pr(>F)
Gruppi età	5	813	162.62	37.3	< .001
Residui	4287	18690	4.36		

Figura 3.44 *Analisi della Varianza (ANOVA)*

Queste analisi evidenziano un effetto significativo sia per i gruppi nel TMT_A, $F(5, 4305) = 19.18, p < .001$, sia per i gruppi nel TMT_B, $F(5, 4287) = 37.3, p < .001$. È possibile osservare graficamente i due andamenti nella figura 3.45.

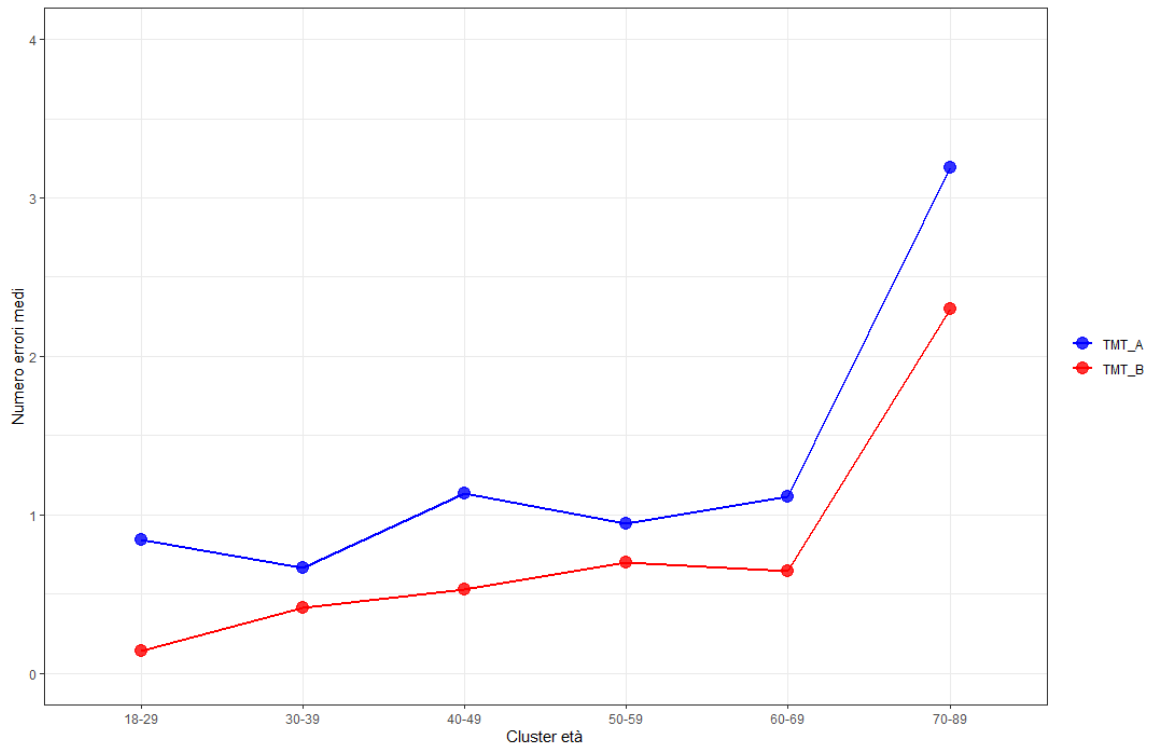


Figura 3.45 Numero di errori medi in entrambe le versioni del TMT in base al Gruppo età

Infine, per analizzare la relazione che intercorre tra il tempo di completamento (TR) del TMT e il numero di errori, sono state calcolate le correlazioni tra le due variabili appena citate per ogni cluster di età (tabella 3.46).

	Gradi di libertà	Valore t	Correlazione	p-value
18-29 TR TMT_A - Errori	1312	-17.623	-0.437	< .001
18-29 TR TMT_B - Errori	1312	0.388	0.011	0.69
30-39 TR TMT_A - Errori	691	-0.873	-0.033	0.38

30-39 TR TMT_B –	691	-11.764	-0.408	< .001
Errori				
40-49 TR TMT_A –	475	-1.488	-0.068	0.13
Errori				
40-49 TR TMT_B –	475	-8.628	-0.368	< .001
Errori				
50-59 TR TMT_A –	1069	-9.312	-0.272	< .001
Errori				
50-59 TR TMT_B –	1069	-6.228	-0.187	< .001
Errori				
60-69 TR TMT_A –	556	-4.353	-0.181	< .001
Errori				
60-69 TR TMT_B –	556	-2.553	-0.107	0.01
Errori				
70-89 TR TMT_A –	187	-3.381	-0.240	< .001
Errori				
70-89 TR TMT_B -	187	-1.017	-0.076	0.31
Errori				

Tabella 3.46 *Correlazione tra Tempo di completamento di entrambe le versioni del TMT e numero di errori commessi, suddiviso tra i vari cluster*

Le correlazioni negative suggeriscono una diminuzione del numero di errori con l'aumentare del tempo di completamento della prova. Questo potrebbe essere dovuto al fatto che, per essere il più accurate possibile, le persone abbiano

impiegato più tempo per completare il test (figura 3.47), migliorando poi nella seconda versione del compito (in particolare i giovani e gli anziani) (figura 3.48).

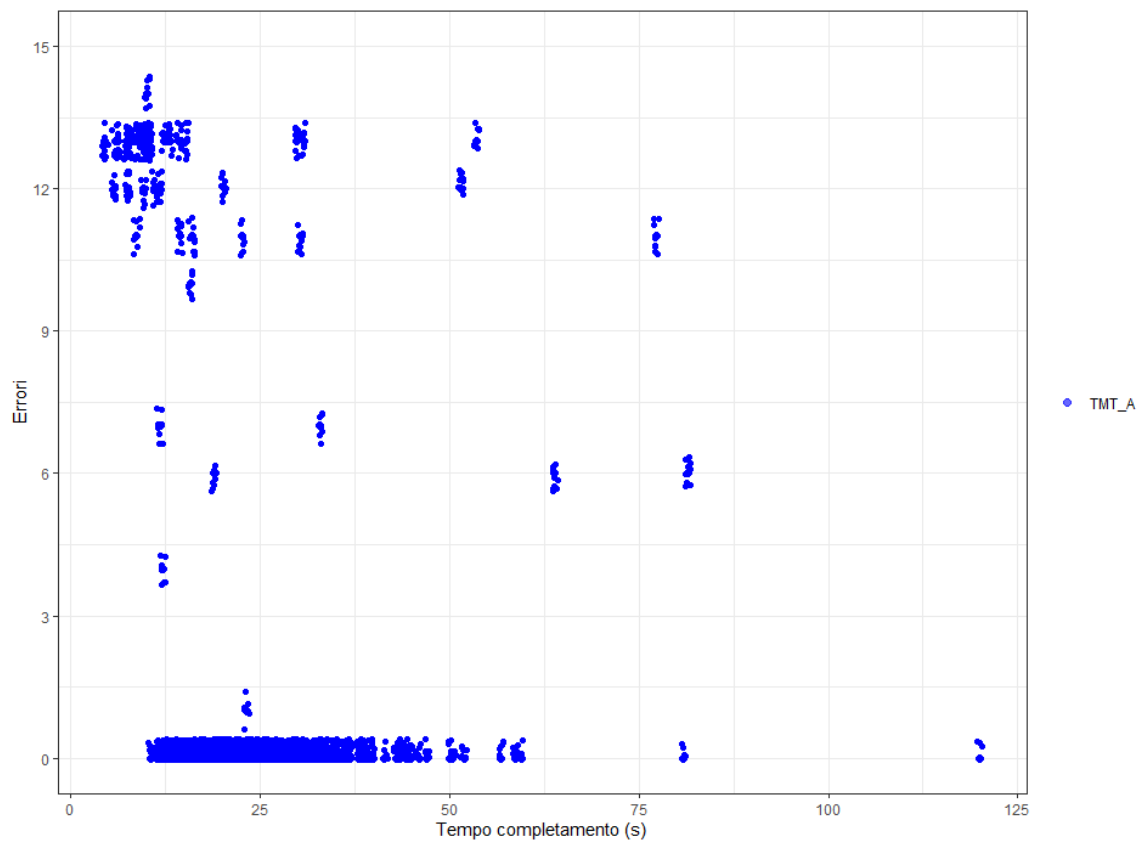


Tabella 3.47 *Relazione tra Errori TMT_A e Tempo di completamento TMT_A*

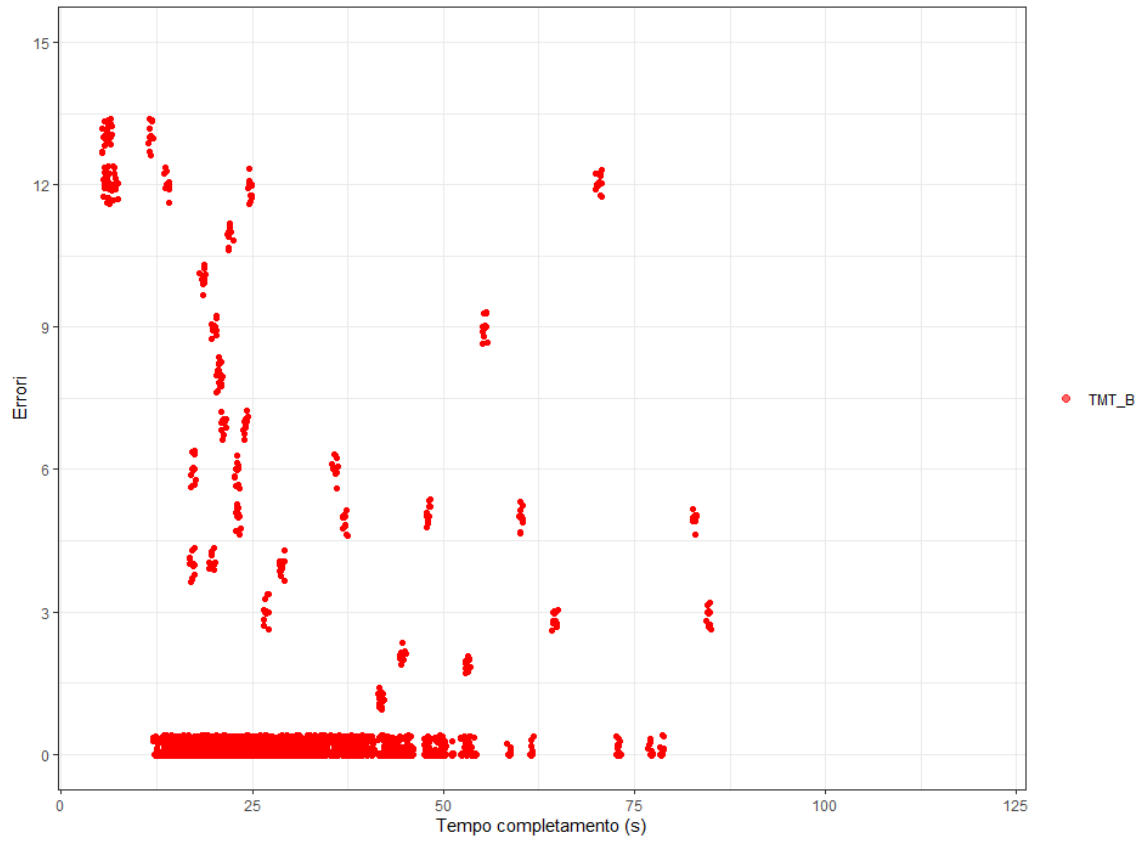


Tabella 3.48 *Relazione tra Errori TMT_B e Tempo di completamento TMT_B*

CAPITOLO 4

DISCUSSIONE

L'analisi dei dati raccolti nel presente studio ha permesso di esaminare nel dettaglio la performance dei partecipanti sotto diverse condizioni di carico cognitivo.

Il primo paradigma utilizzato è stato il Memo task, nel quale il carico cognitivo poteva essere di due tipi: basso (condizione di compito singolo o condizione di doppio compito non richiestivo) oppure alto (condizione di doppio compito richiestivo).

Il secondo paradigma utilizzato è stato il TAP, il quale, attraverso il ruolo dell'attenzione divisa, ha permesso di indagare il carico cognitivo associato a tre diverse condizioni (compito visivo, compito uditivo e doppio compito).

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. Questa tipologia di indagine è stata effettuata in quanto la letteratura riporta come il deterioramento fisiologico del cervello sia altamente impattante per un buon funzionamento delle capacità cognitive (come ad esempio attenzione, memoria, etc.). Nello specifico, è possibile notare questo effetto analizzando i risultati afferenti a prove di multitasking, come nel caso dei doppi compiti, entrambi di matrice cognitiva.

I risultati di questo studio evidenziano aspetti cruciali in merito all'influenza dell'età e delle diverse modalità sensoriali sulla precisione delle risposte, sui tempi di reazione e sui costi associati a queste misurazioni.

Nello specifico, l'accuratezza relativa alle prove visive del Memo task ha dimostrato di essere influenzata sia dalla condizione del test, sia dall'età della persona. Più precisamente, la condizione di compito visivo singolo ha dimostrato un peggioramento meno evidente rispetto alle altre due tipologie di prove. Questo è dovuto al solo utilizzo di una componente attentiva per lo svolgimento del compito, evitando così di sovraccaricare il magazzino della memoria di lavoro.

Inoltre, quando si va a considerare solo il carico cognitivo della prova, è possibile constatare la presenza di quello che viene definito "*effetto soffitto*", ovvero la tendenza da parte dei partecipanti ad assolvere al compito richiesto, ottenendo il massimo del punteggio raggiungibile (Everitt, 2006). Questo effetto è presente quasi solo nella condizione di compito singolo, in quanto meno richiestivo.

Per quanto riguarda il costo dell'accuratezza visiva, si nota un iniziale decremento rispetto il cluster 18-29; tuttavia, il rapporto rimane poi stabile fino al cluster 60-69 anni, con un ulteriore peggioramento nel gruppo immediatamente successivo. Questo risultato è in linea con l'ipotesi di ricerca secondo la quale esiste una differenza tra le due tipologie di prove, ovvero una maggiore difficoltà nel mantenere una buona prestazione durante l'intero svolgimento del doppio compito.

Le analisi dei tempi di reazione alle prove visive confermano gli effetti del carico cognitivo riguardante la prova, risultando in un peggioramento delle prestazioni nella condizione di doppio compito. Inoltre, questo andamento è risultato significativo anche per quanto riguarda la variabile legata all'età.

Successivamente, il costo cognitivo legato ai tempi di reazione alle prove visive è risultato significativamente differente tra i vari cluster, consentendo di ipotizzare la presenza di un effetto legato all'aumentare dell'età.

Le analisi delle prove uditive sono risultate significative, infatti l'accuratezza in questi compiti presenta un effetto legato all'età. Questo può essere dovuto sempre al declino fisiologico che colpisce il cervello e, soprattutto, gli organi di senso che esso utilizza per recepire ed elaborare le informazioni dal mondo esterno.

In secondo luogo, i tempi di reazione riguardanti le prove uditive suggeriscono la presenza di un effetto legato sia alla condizione della prova che all'età. Inoltre, osservando con più attenzione come variano i tempi di reazione, è possibile pensare che i partecipanti dimostrino un peggioramento più accentuato della performance nella prova a minor richiesta, perché hanno avuto la possibilità di allenarsi ed imparare il nuovo task. Di conseguenza, il compito successivo è risultato più facile, con un decremento meno vistoso nei tempi di reazione.

Infine, per avere un quadro più generale dei possibili effetti legati alla natura del Memo task, è stata eseguita un'analisi comprendente tutti gli aspetti indagati dallo studio. I risultati di questo controllo indicano una possibile relazione con il

punteggio di Riserva Cognitiva, il punteggio di Auto-GEMS, il punteggio del MACq e con il TMT, indicando come queste misure possano aiutare a costruire un'immagine generale, anche se meno accurata, dell'influenza che esercitano sul costo cognitivo e sull'età.

Il secondo paradigma utilizzato in questo studio è stato il TAP, nel quale il carico cognitivo poteva essere di due tipi: basso (condizione di compito visivo o uditivo) oppure alto (condizione di doppio compito visivo + uditivo).

Nello specifico, le analisi relative all'accuratezza hanno rilevato degli effetti legati all'età e alle diverse condizioni del test; tuttavia, l'interazione tra queste due variabili non è risultata significativa. In generale, si osserva un declino della performance con l'aumentare dell'età dovuto al declino fisiologico a cui è sottoposto il cervello. Inoltre, è interessante constatare come, nella prova uditiva, l'accuratezza della prova rimanga quasi stabile, con un minimo peggioramento. Questo potrebbe significare che, a parità di declino, le prove di carattere visivo siano più informative per individuare delle possibili situazioni di allarme (nel caso si consideri solamente una modalità sensoriale o un compito singolo).

Successivamente, le analisi riguardanti il costo cognitivo dell'accuratezza mostrano come sia presente un effetto legato all'aumentare dell'età, in quanto la prestazione tende a subire un decremento. Più precisamente, il costo sembra rimanere stabile dal cluster 18-29 anni al cluster 40-49 anni, per poi peggiorare in maniera più evidente.

Le analisi dei tempi di reazione delle prove visive presentano effetti legati all'età e al carico cognitivo del compito, tuttavia il costo rimane stabile. Questo conferma la prima ipotesi di questo studio, secondo la quale esiste un costo nell'eseguire un compito singolo, oppure un doppio compito. Tuttavia, se il costo rimane stabile con l'aumento dell'età, si potrebbe ipotizzare che l'abilità di multitasking non sia direttamente influenzata dall'età.

Successivamente sono stati analizzati i tempi di reazione delle prove uditive. Anche la componente uditiva, in questo caso, viene influenzata sia dal carico cognitivo del compito, che dall'età del partecipante.

Un effetto insolito si presenta quando viene analizzato il costo cognitivo riguardante le i tempi di reazione uditive: inizialmente si osserva la presenza di un costo nel cluster 18-29 anni, che tuttavia sembra azzerarsi nei due gruppi immediatamente successivi (ovvero 30-39 anni e 40-49 anni). Dopo di che, il costo cognitivo riprende a salire, indicando comunque la presenza di un effetto legato all'aumento dell'età. Questo episodio può originare da una possibile mancanza di attenzione da parte della popolazione più giovane, compromettendo la performance della prova.

In questo paradigma sono stati analizzati anche falsi allarmi e omissioni, in base agli effetti della condizione del compito e all'età.

Per quanto riguarda le omissioni, queste presentano un chiaro effetto legato sia alla differente condizione del task, che all'età del partecipante; inoltre, sembra essere presente anche un'interazione tra queste due variabili. Nello specifico, il numero di omissioni aumenta nella prova visiva e nella prova di doppio compito,

mentre nella prova uditiva rimane stabile con l'aumentare dell'età. Questo potrebbe essere dovuto ad una maggiore facilità della prova, oppure ad un minor impiego di risorse cognitive per il monitoraggio del compito.

I falsi allarmi, invece, non presentano un effetto legato all'interazione tra l'età e la condizione del test; tuttavia, questo è presente per le singole variabili. Nello specifico, il numero di falsi allarmi risulta molto basso nella condizione uditiva, sostenendo ulteriormente la possibilità secondo la quale questa prova risulti più facile delle altre.

Successivamente, il punteggio di Auto-GEMS è stato analizzato considerandolo come un punteggio generale della capacità cognitiva della persona; di conseguenza, si è voluto osservare come questo evolvesse in base al punteggio di riserva cognitiva. I risultati sono in linea con la letteratura scientifica, infatti ad un punteggio di riserva cognitiva più alto si associa una minor diminuzione del punteggio Auto-GEMS con l'avanzare dell'età.

Secondo molti ricercatori, gli anni di scolarità sono uno dei predittori più importanti per le funzionalità cognitive della persona, infatti le analisi effettuate confermano un aumento del punteggio Auto-GEMS in base ad un maggior numero di anni di scolarità. Questo conferma la terza ipotesi dello studio, secondo la quale una maggiore scolarità funge da fattore protettivo per un'adeguata compensazione del declino fisiologico del cervello.

Infine, sono stati analizzati i due componenti principali del Trail Making Test, ovvero il tempo di completamento e il numero di errori.

I partecipanti non sono stati avvisati della registrazione del tempo di completamento della prova; tuttavia, si presentano comunque gli effetti descritti in letteratura, ovvero un aumento del tempo legato all'avanzare dell'età. Inoltre, è presente un aumento di qualche secondo nella versione B rispetto alla versione A. Per cercare di comprendere al meglio questo effetto, sono stati analizzati ulteriormente i tempi di completamento di ogni cluster, trovando come tra i 18 e i 49 anni non ci siano effetti statisticamente significativi legati all'età, che invece sono presenti nei gruppi successivi. L'analisi degli errori ha mostrato, invece, un aumento del numero di essi in base all'età, con un numero minore di errori nella versione più difficile del test (versione B). Questo può essere dovuto dal fatto che i partecipanti, i quali non hanno mai svolto questo test, abbiano commesso mediamente meno errori nella seconda versione per un semplice "*effetto pratica*". L'effetto pratica è un qualsiasi cambiamento o miglioramento dei risultati di un test, dovuti alla ripetizione del compito piuttosto che ad un effettivo cambiamento nelle abilità della persona (Heilbronner et al., 2010; McCaffrey & Westervelt, 1995).

L'obiettivo principale di questo studio era quello di investigare l'effetto che l'età esercita nelle abilità mnemoniche e attentive in un campione della popolazione sano. Con l'implementazione di un fattore di sforzo cognitivo, che in questo studio è stato il multitasking, l'obiettivo era quello di osservare l'effetto provocato dall'incremento del carico cognitivo.

Nelle analisi dei tempi di reazione alle diverse prove è possibile riconoscere la “*speed theory*” di Birren (1965), secondo la quale ad aumento dell’età corrisponde un aumento dei tempi di risposta.

Inoltre, è possibile osservare il “*limited time mechanism*” ipotizzato da Salthouse (1996) analizzando la relazione che intercorre tra i costi cognitivi e i relativi tempi di reazione; infatti, con l’aumento della complessità del compito si nota un aumento della velocità di processamento dell’informazione, soprattutto nei partecipanti più anziani.

Un altro obiettivo dello studio era quello di studiare l’interazione tra la riserva cognitiva e l’età. Nello specifico, come presentato da Nucci e colleghi (2012) e confermato da molti altri studi, la scolarità gioca un ruolo fondamentale rispetto alle due variabili incluse nella riserva cognitiva (Albert et al., 1995; Butler et al., 1996; Chodosh et al., 2002; Lyketsos et al., 1999). Questo studio ha dimostrato la relazione principale tra un maggior punteggio di riserva cognitiva e una maggiore scolarità; infatti, il gruppo con il più alto livello di scolarità presenta un maggiore punteggio al test di screening cognitivo Auto-GEMS.

CAPITOLO 5

CONCLUSIONI

La presente ricerca ha esplorato in modo approfondito le dinamiche tra vari tipi di attenzione, avvalendosi del multitasking, evidenziando come queste funzioni cognitive siano influenzate dall'età e dalle condizioni sperimentali.

L'indagine ha confermato l'importanza dello studio di tali meccanismi per valutare l'impatto dell'invecchiamento sulle capacità cognitive e la loro rilevanza nella vita quotidiana.

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 (Salthouse, 1996). I dati raccolti hanno mostrato come i partecipanti più anziani tendano a sperimentare un maggior costo cognitivo in termini di accuratezza e tempi di risposta, soprattutto in condizioni di doppio compito. 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 interessanti 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 richiedono l'integrazione di informazioni da più modalità sensoriali, mostrando, di conseguenza, un decremento più marcato.

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

Alcuni spunti interessanti per ricerche future potrebbero essere quelli di svolgere degli studi longitudinali (e, di conseguenza, complessi) per indagare direttamente gli effetti legati all'età nelle stesse persone, a distanza di tempo.

BIBLIOGRAFIA

A test battery for attentional performance. (2004). In *Applied neuropsychology of attention* (pp. 124–165). Psychology Press.
<https://doi.org/10.4324/9780203307014-12>.

Al-Adawi, S., Powell, J. H., & Greenwood, R. J. (1998). Motivational deficits after brain injury: A neuropsychological approach using new assessment techniques. *Neuropsychology*, 12(1), 115–124. <https://doi.org/10.1037/0894-4105.12.1.115>.

Albert, M. S., Jones, K., Savage, C. R., Berkman, L., & et al. (1995). Predictors of cognitive change in older persons: MacArthur studies of successful aging. *Psychology and Aging*, 10(4), 578–589. <https://doi.org/10.1037//0882-7974.10.4.578>.

American Psychiatric Association. (2013) *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (DSM-5)*. Washington, D.C: American Psychiatric Association.

Baddeley, A., & Wilson, B. (1988). Frontal amnesia and the dysexecutive syndrome. *Brain and Cognition*, 7(2), 212–230. [https://doi.org/10.1016/0278-2626\(88\)90031-0](https://doi.org/10.1016/0278-2626(88)90031-0).

Barbey, A. K., Colom, R., Solomon, J., Krueger, F., Forbes, C., & Grafman, J. (2012). An integrative architecture for general intelligence and executive function revealed by lesion mapping. *Brain*, 135(4), 1154–1164. <https://doi.org/10.1093/brain/aws021>.

Barbey, A. K., Koenigs, M., & Grafman, J. (2013). Dorsolateral prefrontal contributions to human working memory. *Cortex*, 49(5), 1195–1205. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2012.05.022>.

Bell, M. A., & Cuevas, K. (2016). Psychobiology of executive function in early development. In *Executive function in preschool-age children: Integrating measurement, neurodevelopment, and translational research*. (pp. 157–179). American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/14797-008>.

Billman, G. E. (2020). Homeostasis: The underappreciated and far too often ignored central organizing principle of physiology. *Frontiers in Physiology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00200>.

Birren, J. E. (1965). Age changes in speed of behavior: Its central nature and physiological correlates. *Behavior, aging, and the nervous system*, 191-216.

Boll, T. J., & Reitan, R. M. (1973). Effect of age on performance of the trail making test. *Perceptual and Motor Skills*, 36(3), 691–694. <https://doi.org/10.2466/pms.1973.36.3.691>.

Bosworth, H. B., Schaie, K. W., & Willis, S. L. (1999). Cognitive and sociodemographic risk factors for mortality in the seattle longitudinal study. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 54B(5), P273—P282. <https://doi.org/10.1093/geronb/54b.5.p273>.

Brooks, J., Fos, L. A., Greve, K. W., & Hammond, J. S. (1999). Assessment of executive function in patients with mild traumatic brain injury. *The Journal of*

Trauma: Injury, Infection, and Critical Care, 46(1), 159–163.
<https://doi.org/10.1097/00005373-199901000-00027>.

Brooks, P. J., Hanauer, J. B., Padowska, B., & Rosman, H. (2003). The role of selective attention in preschoolers' rule use in a novel dimensional card sort. *Cognitive Development*, 18(2), 195–215. [https://doi.org/10.1016/s0885-2014\(03\)00020-0](https://doi.org/10.1016/s0885-2014(03)00020-0).

Burgess, P. W., & Simons, J. S. (2005). Theories of frontal lobe executive function: Clinical applications. In *The effectiveness of rehabilitation for cognitive deficits* (pp. 211–231). Oxford University Press.
<https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198526544.003.0018>.

Buser, T., & Peter, N. (2012). Multitasking. *Experimental Economics*, 15(4), 641–655. <https://doi.org/10.1007/s10683-012-9318-8>.

Butler, S. M., Ashford, J. W., & Snowdon, D. A. (1996). Age, Education, and Changes in the Mini-Mental State Exam Scores of Older Women: Findings from the Nun Study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 44(6), 675–681.
<https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1996.tb01831.x>.

Cabeza, R. (2002). Hemispheric asymmetry reduction in older adults: The HAROLD model. *Psychology and Aging*, 17(1), 85–100.
<https://doi.org/10.1037/0882-7974.17.1.85>.

Cepeda, N. J., Kramer, A. F., & Gonzalez de Sather, J. C. M. (2001). Changes in executive control across the life span: Examination of task-switching

performance. *Developmental Psychology*, 37(5), 715–730.
<https://doi.org/10.1037/0012-1649.37.5.715>.

Chodosh, J., Reuben, D. B., Albert, M. S., & Seeman, T. E. (2002). Predicting Cognitive Impairment in High-Functioning Community-Dwelling Older Persons: MacArthur Studies of Successful Aging. *Journal of the American Geriatrics Society*, 50(6), 1051–1060. <https://doi.org/10.1046/j.1532-5415.2002.50260.x>.

Christensen, H., Mackinnon, A., Jorm, A. F., Henderson, A. S., Scott, L. R., & Korten, A. E. (1994). Age differences and interindividual variation in cognition in community-dwelling elderly. *Psychology and Aging*, 9(3), 381–390.
<https://doi.org/10.1037/0882-7974.9.3.381>.

Cicerone, K. D., Dahlberg, C., Kalmar, K., Langenbahn, D. M., Malec, J. F., Bergquist, T. F., Felicetti, T., Giacino, J. T., Harley, J. P., Harrington, D. E., Herzog, J., Kneipp, S., Laatsch, L., & Morse, P. A. (2000). Evidence-based cognitive rehabilitation: Recommendations for clinical practice. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 81(12), 1596–1615.
<https://doi.org/10.1053/apmr.2000.19240>.

Cicerone, K. D., & Wood, J. C. (1987). Planning disorder after closed head injury: a case study. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 68(2), 111–115.

Cipriani, G., & Borin, G. (2014). Understanding dementia in the sociocultural context: A review. *International Journal of Social Psychiatry*, 61(2), 198–204.
<https://doi.org/10.1177/0020764014560357>.

Collins, A., & Koechlin, E. (2012). Reasoning, learning, and creativity: Frontal lobe function and human decision-making. *PLoS Biology*, 10(3), Articolo e1001293. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001293>.

Contemori, G., Sacconi, M. S., & Bonato, M. (2024). Cognitive-Cognitive Dual-task in aging: A cross-sectional online study. *Plos One*, 19(6), Articolo e0302152. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0302152>.

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

Cragg, L., & Nation, K. (2008). Go or no-go? Developmental improvements in the efficiency of response inhibition in mid-childhood. *Developmental Science*, 11(6), 819–827. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2008.00730.x>.

Craik, F. I. M., & Bialystok, E. (2006). Cognition through the lifespan: Mechanisms of change. *Trends in Cognitive Sciences*, 10(3), 131–138. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2006.01.007>.

Cramer, S. C., Sur, M., Dobkin, B. H., O'Brien, C., Sanger, T. D., Trojanowski, J. Q., Rumsey, J. M., Hicks, R., Cameron, J., Chen, D., Chen, W. G., Cohen, L. G., deCharms, C., Duffy, C. J., Eden, G. F., Fetz, E. E., Filart, R., Freund, M., Grant, S. J., ... Vinogradov, S. (2011). Harnessing neuroplasticity for clinical applications. *Brain*, 134(6), 1591–1609. <https://doi.org/10.1093/brain/awr039>.

Crook, T. H., Feher, E. P., & Larrabee, G. J. (1992). Assessment of memory complaint in age-associated memory impairment: The MAC-Q. *International Psychogeriatrics*, 4(2), 165–176. <https://doi.org/10.1017/s1041610292000991>.

Cutler, R.G. (1982). The dysdifferentiative hypothesis of mammalian aging and longevity. In: Jacobini, E. (Ed.), *The Aging Brain*. Raven Press, New York.

D'Esposito, M., Postle, B. R., Ballard, D., & Lease, J. (1999). Maintenance versus manipulation of information held in working memory: An event-related fmri study. *Brain and Cognition*, 41(1), 66–86. <https://doi.org/10.1006/brcg.1999.1096>.

Davidson, M. C., Amso, D., Anderson, L. C., & Diamond, A. (2006). Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: Evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching. *Neuropsychologia*, 44(11), 2037–2078. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.02.006>.

Davies, D. M. (1968). The influence of age on trail making test performance. *Journal of Clinical Psychology*, 24(1), 96–98. [https://doi.org/10.1002/1097-4679\(196801\)24:1%3C96::aid-jclp2270240131%3E3.0.co;2-u](https://doi.org/10.1002/1097-4679(196801)24:1%3C96::aid-jclp2270240131%3E3.0.co;2-u).

Diamond, A. (1995). Evidence of robust recognition memory early in life even when assessed by reaching behavior. *Journal of Experimental Child Psychology*, 59(3), 419–456. <https://doi.org/10.1006/jecp.1995.1020>.

Eldreth, D. A., Patterson, M. D., Porcelli, A. J., Biswal, B. B., Rebbelchi, D., & Rypma, B. (2006). Evidence for multiple manipulation processes in prefrontal cortex. *Brain Research*, 1123(1), 145–156. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2006.07.129>.

Espy, K. A. (2004). Using developmental, cognitive, and neuroscience approaches to understand executive control in young children. *Developmental Neuropsychology*, 26(1), 379–384. https://doi.org/10.1207/s15326942dn2601_1.

Everitt, B. S. (2006). *The Cambridge dictionary of statistics*. Cambridge University Press 1998, 2002, 2006.

Fillit, H. M., Butler, R. N., O'Connell, A. W., Albert, M. S., Birren, J. E., Cotman, C. W., Greenough, W. T., Gold, P. E., Kramer, A. F., Kuller, L. H., Perls, T. T., Sahagan, B. G., & Tully, T. (2002). Achieving and maintaining cognitive vitality with aging. *Mayo Clinic Proceedings*, 77(7), 681–696. <https://doi.org/10.4065/77.7.681>.

Fiore, F., Borella, E., Mammarella, I. C., & De Beni, R. (2012). Age differences in verbal and visuo-spatial working memory updating: Evidence from analysis of serial position curves. *Memory*, 20(1), 14–27. <https://doi.org/10.1080/09658211.2011.628320>.

Fournet, N., Roulin, J.-L., Vallet, F., Beaudoin, M., Agrigoroaei, S., Paignon, A., Dantzer, C., & Desrichard, O. (2012). Evaluating short-term and working memory in older adults: French normative data. *Aging & Mental Health*, 16(7), 922–930. <https://doi.org/10.1080/13607863.2012.674487>.

Francis, P. T., Palmer, A. M., Snape, M., & Wilcock, G. K. (1999). The cholinergic hypothesis of Alzheimer's disease: A review of progress. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 66(2), 137–147. <https://doi.org/10.1136/jnnp.66.2.137>.

Gansler, D. A., Covall, S., McGrath, N., & Oscar-Berman, M. (1996). Measures of prefrontal dysfunction after closed head injury. *Brain and Cognition*, 30(2), 194–204. <https://doi.org/10.1006/brcg.1996.0012>.

Garon, N., Bryson, S. E., & Smith, I. M. (2008). Executive function in preschoolers: A review using an integrative framework. *Psychological Bulletin*, 134(1), 31–60. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.134.1.31>.

Gazzaley, A., Cooney, J. W., McEvoy, K., Knight, R. T., & D'Esposito, M. (2005). Top-down enhancement and suppression of the magnitude and speed of neural activity. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17(3), 507–517. <https://doi.org/10.1162/0898929053279522>.

Grady, C., Maisog, J., Horwitz, B., Ungerleider, L., Mentis, M., Salerno, J., Pietrini, P., Wagner, E., & Haxby, J. (1994). Age-related changes in cortical blood flow activation during visual processing of faces and location. *The Journal of Neuroscience*, 14(3), 1450–1462. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.14-03-01450.1994>.

Gunstad, J., Paul, R. H., Brickman, A. M., Cohen, R. A., Arns, M., Roe, D., Lawrence, J. J., & Gordon, E. (2006). Patterns of cognitive performance in middle-aged and older adults: A cluster analytic examination. *Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology*, 19(2), 59–64. <https://doi.org/10.1177/0891988705284738>.

Hambrick, D. Z., Oswald, F. L., Darowski, E. S., Rench, T. A., & Brou, R. (2009). Predictors of multitasking performance in a synthetic work paradigm. *Applied Cognitive Psychology*, 24(8), 1149–1167. <https://doi.org/10.1002/acp.1624>.

Hasher, L., Stoltzfus, E. R., Zacks, R. T., & Rypma, B. (1991). Age and inhibition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 17(1), 163–169. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.17.1.163>.

Hasher, L., & Zacks, R. T. (1988). Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view. In *Psychology of learning and motivation* (pp. 193–225). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/s0079-7421\(08\)60041-9](https://doi.org/10.1016/s0079-7421(08)60041-9).

Hedden, T., & Park, D. (2001). Aging and interference in verbal working memory. *Psychology and Aging*, 16(4), 666–681. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.16.4.666>.

Heilbronner, R. L., Sweet, J. J., Attix, D. K., Krull, K. R., Henry, G. K., & Hart, R. P. (2010). Official position of the American Academy of Clinical Neuropsychology on serial neuropsychological assessments: the utility and challenges of repeat test administrations in clinical and forensic contexts. *The Clinical Neuropsychologist*, 24(8), 1267-1278.

Hort, J., O'Brien, J. T., Gainotti, G., Pirttila, T., Popescu, B. O., Rektorova, I., Sorbi, S., & Scheltens, P. (2010). EFNS guidelines for the diagnosis and management of Alzheimer's disease. *European Journal of Neurology*, 17(10), 1236–1248. <https://doi.org/10.1111/j.1468-1331.2010.03040.x>.

Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. Prentice-Hall.

Kendler, H. H., Kendler, T. S., & Ward, J. W. (1972). An ontogenetic analysis of optional intradimensional and extradimensional shifts. *Journal of Experimental Psychology*, 95(1), 102–109. <https://doi.org/10.1037/h0033341>.

Kendler, T. S., & Kendler, H. H. (1959). Reversal and nonreversal shifts in kindergarten children. *Journal of Experimental Psychology*, 58(1), 56–60. <https://doi.org/10.1037/h0041855>.

Kennedy, K. J. (1981). Age effects on trail making test performance. *Perceptual and Motor Skills*, 52(2), 671–675. <https://doi.org/10.2466/pms.1981.52.2.671>.

Kieras, D. E., Meyer, D. E., Ballas, J. A., & Lauber, E. J. (2000). Modern computational perspectives on executive mental processes and cognitive control: Where to from here? In *Control of cognitive processes*. The MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/1481.003.0043>.

Koch, I., Gade, M., Schuch, S., & Philipp, A. M. (2010). The role of inhibition in task switching: A review. *Psychonomic Bulletin & Review*, 17(1), 1–14. <https://doi.org/10.3758/pbr.17.1.1>.

Kray, J. (2006). Task-set switching under cue-based versus memory-based switching conditions in younger and older adults. *Brain Research*, 1105(1), 83–92. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2005.11.016>.

Larson, M. J., Perlstein, W. M., Demery, J. A., & Stigge-Kaufman, D. A. (2006). Cognitive control impairments in traumatic brain injury. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 28(6), 968–986. <https://doi.org/10.1080/13803390600646860>.

Lehto, J. E., Juujärvi, P., Kooistra, L., & Pulkkinen, L. (2003). Dimensions of executive functioning: Evidence from children. *British Journal of Developmental Psychology*, 21(1), 59–80. <https://doi.org/10.1348/026151003321164627>.

Levin, H. S., Mattis, S., Ruff, R. M., Eisenberg, H. M., Marshall, L. F., Tabaddor, K., High, W. M., & Frankowski, R. F. (1987). Neurobehavioral outcome following minor head injury: A three-center study. *Journal of Neurosurgery*, 66(2), 234–243. <https://doi.org/10.3171/jns.1987.66.2.0234>.

Lezak, M. D., Howieson, D. B., Bigler, E. D., & Tranel, D. (2012). *Neuropsychological assessment*. Oxford University Press

Logan, G. D., & Gordon, R. D. (2001). Executive control of visual attention in dual-task situations. *Psychological Review*, 108(2), 393–434. <https://doi.org/10.1037/0033-295x.108.2.393>.

Lundin-Olsson, L., Nyberg, L., & Gustafson, Y. (1997). “Stops walking when talking” as a predictor of falls in elderly people. *The Lancet*, 349(9052), 617. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(97\)24009-2](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(97)24009-2).

Lunt, L., Bramham, J., Morris, R. G., Bullock, P. R., Selway, R. P., Xenitidis, K., & David, A. S. (2011). Prefrontal cortex dysfunction and ‘Jumping to Conclusions’: Bias or deficit? *Journal of Neuropsychology*, 6(1), 65–78. <https://doi.org/10.1111/j.1748-6653.2011.02005.x>.

Lyketsos, C. G., Chen, L.-S., & Anthony, J. C. (1999). Cognitive Decline in Adulthood: An 11.5-Year Follow-Up of the Baltimore Epidemiologic Catchment

Area Study. *American Journal of Psychiatry*, 156(1), 58–65.
<https://doi.org/10.1176/ajp.156.1.58>.

MacLeod, C. M. (1991). Half a century of research on the stroop effect: An integrative review. *Psychological Bulletin*, 109(2), 163–203.
<https://doi.org/10.1037/0033-2909.109.2.163>.

McCaffrey, R. J., & Westervelt, H. J. (1995). Issues associated with repeated neuropsychological assessments. *Neuropsychology review*, 5, 203-221.

McLean, C. A., Cherny, R. A., Fraser, F. W., Fuller, S. J., Smith, M. J., Konrad Vbeyreuther, Bush, A. I., & Masters, C. L. (1999). Soluble pool of A β Amyloid as a determinant of severity of neurodegeneration in Alzheimer's disease. *Annals of Neurology*, 46(6), 860–866. [https://doi.org/10.1002/1531-8249\(199912\)46:6%3C860::aid-ana8%3E3.0.co;2-m](https://doi.org/10.1002/1531-8249(199912)46:6%3C860::aid-ana8%3E3.0.co;2-m).

Meyer, D. E., Glass, J. M., Mueller, S. T., Seymour, T. L., & Kieras, D. E. (2001). Executive-process interactive control: A unified computational theory for answering 20 questions (and more) about cognitive ageing. *The European Journal of Cognitive Psychology*, 13(1), 123–164.
<https://doi.org/10.1080/09541440042000250>.

Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*, 24(1), 167–202.
<https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.24.1.167>.

Miller, J., & Durst, M. (2014). “Just do it when you get a chance”: The effects of a background task on primary task performance. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 76(8), 2560–2574. <https://doi.org/10.3758/s13414-014-0730-3>.

Miller, J., & Durst, M. (2015). A comparison of the psychological refractory period and prioritized processing paradigms: Can the response-selection bottleneck model explain them both? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 41(5), 1420–1441. <https://doi.org/10.1037/xhp0000103>.

Milner, B. (1964). Some effects of frontal lobectomy in man. The frontal granular cortex and behavior, 313-334.

Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49–100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>.

Mondini, S., Pucci, V., Pastore, M., Gaggi, O., Tricomi, P. P., & Nucci, M. (2023). S-CRIq: The online short version of the cognitive reserve index questionnaire. *Aging Clinical and Experimental Research*. <https://doi.org/10.1007/s40520-023-02561-1>.

Monsell, S. (2003). Task switching. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(3), 134–140. [https://doi.org/10.1016/s1364-6613\(03\)00028-7](https://doi.org/10.1016/s1364-6613(03)00028-7).

Morris, N., & Jones, D. M. (1990). Memory updating in working memory: The role of the central executive. *British Journal of Psychology*, 81(2), 111–121. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1990.tb02349.x>.

Nucci, M., Mapelli, D., & Mondini, S. (2012). Cognitive Reserve Index questionnaire (CRiq): A new instrument for measuring cognitive reserve. *Aging Clinical and Experimental Research*, 24(3), 218–226. <https://doi.org/10.1007/bf03654795>.

Oberauer, K., Süß, H.-M., Wilhelm, O., & Wittman, W. W. (2003). The multiple faces of working memory. *Intelligence*, 31(2), 167–193. [https://doi.org/10.1016/s0160-2896\(02\)00115-0](https://doi.org/10.1016/s0160-2896(02)00115-0).

Organizzazione Mondiale della Sanità – OMS (2023, March 15), Dementia. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dementia>.

Park, D. C., & Reuter-Lorenz, P. (2009). The adaptive brain: Aging and neurocognitive scaffolding. *Annual Review of Psychology*, 60(1), 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>.

Perner, J., & Lang, B. (2002). What causes 3-year-olds' difficulty on the dimensional change card sorting task? *Infant and Child Development*, 11(2), 93–105. <https://doi.org/10.1002/icd.299>.

Petersen, R. C., Smith, G. E., Waring, S. C., Ivnik, R. J., Tangalos, E. G., & Kokmen, E. (1999). Mild cognitive impairment: clinical characterization and outcome. *Archives of neurology*, 56(3), 303–308. <https://doi.org/10.1001/archneur.56.3.303>.

Pettigrew, C., & Soldan, A. (2019). Defining cognitive reserve and implications for cognitive aging. *Current Neurology and Neuroscience Reports*, 19(1). <https://doi.org/10.1007/s11910-019-0917-z>.

Picton, T. W., Stuss, D. T., Alexander, M. P., Shallice, T., Binns, M. A., & Gillingham, S. (2006). Effects of focal frontal lesions on response inhibition. *Cerebral Cortex*, 17(4), 826–838. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhk031>.

Plummer, P., & Eskes, G. (2015). Measuring treatment effects on dual-task performance: A framework for research and clinical practice. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00225>.

Posner, M. I., & DiGirolamo, G. J. (1998). Executive attention: Conflict, target detection, and cognitive control. In R. Parasuraman (Ed.), *The attentive brain* (pp. 401–423). The MIT Press.

Roberts, A. C., Robbins, T. W., & Everitt, B. J. (1988). The effects of intradimensional and extradimensional shifts on visual discrimination learning in humans and non-human primates. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section B*, 40(4b), 321-341. <https://doi.org/10.1080/14640748808402328>.

Rowe, J., & Kahn, R. (1987). Human aging: Usual and successful. *Science*, 237(4811), 143–149. <https://doi.org/10.1126/science.3299702>.

Rubinstein, J. S., Meyer, D. E., & Evans, J. E. (2001). Executive control of cognitive processes in task switching. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27(4), 763–797. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.27.4.763>.

Rush, B. K., Barch, D. M., & Braver, T. S. (2006). Accounting for cognitive aging: Context processing, inhibition or processing speed? *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 13(3-4), 588–610. <https://doi.org/10.1080/13825580600680703>.

Ruthruff, E., Pashler, H. E., & Klaassen, A. (2001). Processing bottlenecks in dual-task performance: Structural limitation or strategic postponement? *Psychonomic Bulletin & Review*, 8(1), 73–80. <https://doi.org/10.3758/bf03196141>.

Salvucci, D. D., & Taatgen, N. A. (2008). Threaded cognition: An integrated theory of concurrent multitasking. *Psychological Review*, 115(1), 101–130. <https://doi.org/10.1037/0033-295x.115.1.101>.

Salthouse, T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*, 103(3), 403–428. <https://doi.org/10.1037/0033-295x.103.3.403>.

Schacherer, J., & Hazeltine, E. (2021). Crosstalk, not resource competition, as a source of dual-task costs: Evidence from manipulating stimulus-action effect

conceptual compatibility. *Psychonomic Bulletin & Review*, 28(4), 1224–1232.
<https://doi.org/10.3758/s13423-021-01903-2>.

Schaie, K. W. (2008). A lifespan developmental perspective of psychological ageing. In *Handbook of emotional disorders in later life* (pp. 3–32). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/med:psych/9780198569459.003.0001>.

Semendeferi, K., Lu, A., Schenker, N., & Damasio, H. (2002). Humans and great apes share a large frontal cortex. *Nature Neuroscience*, 5(3), 272–276.
<https://doi.org/10.1038/nn814>.

Smith, E. E. (1999). Storage and executive processes in the frontal lobes. *Science*, 283(5408), 1657–1661. <https://doi.org/10.1126/science.283.5408.1657>.

Solesio-Jofre, E., Lorenzo-Lopez, L., Gutierrez, R., Lopez-Frutos, J. M., Ruiz-Vargas, J. M., & Maestu, F. (2011). Age-Related effects in working memory recognition modulated by retroactive interference. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 67A (6), 565–572.
<https://doi.org/10.1093/gerona/glr199>.

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. <https://doi.org/10.1017/s1355617702813248>.

Stuss, D. T., Levine, B., Alexander, M. P., Hong, J., Palumbo, C., Hamer, L., Murphy, K. J., & Izukawa, D. (2000). Wisconsin Card Sorting Test performance in patients with focal frontal and posterior brain damage: Effects of lesion location

and test structure on separable cognitive processes. *Neuropsychologia*, 38(4), 388–402. [https://doi.org/10.1016/s0028-3932\(99\)00093-7](https://doi.org/10.1016/s0028-3932(99)00093-7).

Theeuwes, J. (1991). Exogenous and endogenous control of attention: The effect of visual onsets and offsets. *Perception & Psychophysics*, 49(1), 83–90. <https://doi.org/10.3758/bf03211619>.

Tombu, M., & Jolicoeur, P. (2003). A central capacity sharing model of dual-task performance. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 29(1), 3–18. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.29.1.3>.

Zs.-Nagy, Imre. (1987). An attempt to answer the questions of theoretical gerontology on the basis of the membrane hypothesis of aging. *Advances in the Biosciences*. 64. 393-413.

Zucchella, C., Bartolo, M., Bernini, S., Picascia, M., Malinverni, P., & Sinforiani, E. (2017). Modeling alzheimer disease through functional independence and participation. *Alzheimer Disease & Associated Disorders*, 31(3), 218–224. <https://doi.org/10.1097/wad.000000000000167>.

APPENDICE

Appendice 1 - Questionario di autovalutazione della memoria

(MACq)

Questionario di auto-valutazione della memoria	
Rispetto al passato (dieci anni fa), come definirebbe ora le sue abilità nei seguenti compiti:	
Ricordare i nomi di persone che le sono appena state presentate	<input type="radio"/> molto meglio ora <input type="radio"/> un po' meglio ora <input type="radio"/> più o meno uguale <input type="radio"/> un po' peggio ora <input type="radio"/> molto peggio ora
Ricordare i numeri di telefono, gli indirizzi email o i codici postali che usa tutti i giorni o almeno una volta alla settimana	<input type="radio"/> molto meglio ora <input type="radio"/> un po' meglio ora <input type="radio"/> più o meno uguale <input type="radio"/> un po' peggio ora <input type="radio"/> molto peggio ora
Ricordare dove ha posto gli oggetti (occhiali, chiavi, etc) in casa o in ufficio	<input type="radio"/> molto meglio ora <input type="radio"/> un po' meglio ora <input type="radio"/> più o meno uguale <input type="radio"/> un po' peggio ora <input type="radio"/> molto peggio ora
Ricordare eventi precisi che ha appena letto online, o nel giornale, o in riviste	<input type="radio"/> molto meglio ora <input type="radio"/> un po' meglio ora <input type="radio"/> più o meno uguale <input type="radio"/> un po' peggio ora <input type="radio"/> molto peggio ora
Ricordare le cose da comperare quando entra in un negozio o in farmacia	<input type="radio"/> molto meglio ora <input type="radio"/> un po' meglio ora <input type="radio"/> più o meno uguale <input type="radio"/> un po' peggio ora <input type="radio"/> molto peggio ora
Complessivamente la sua memoria di adesso rispetto a quella del passato è:	<input type="radio"/> molto meglio ora <input type="radio"/> un po' meglio ora <input type="radio"/> più o meno uguale <input type="radio"/> un po' peggio ora <input type="radio"/> molto peggio ora

Salva le risposte

Appendice 2 – Questionario di valutazione dello studio

Prima di terminare le chiediamo alcune informazioni su come ha eseguito il compito.

Tra le seguenti dichiarazioni selezioni quelle che ritiene vere nel suo caso (può selezionare una o più alternative):

- Ho svolto il test al meglio delle mie capacità
- Sono stato interrotto o distratto durante lo svolgimento del test
- Ho svolto il test rapidamente senza concentrarmi sulle risposte date
- Ho svolto il test in completa autonomia
- Una persona ha aperto la mail e poi ho svolto il test autonomamente
- Ho svolto il test rispondendo alle domande autonomamente ma una persona mi ha aiutato nell'uso del mouse e della tastiera
- Ho svolto il test con una persona che mi ha rispiegato alcune domande
- Ho svolto il test con una persona che mi ha suggerito alcune risposte

Desidera essere ricontattato per la seconda parte dello studio e/o per eventuali informazioni aggiuntive?

- Desidero essere ricontattato (le chiederemo successivamente di inserire un indirizzo e-mail o un numero di telefono).
- Non desidero essere ricontattato.

Prema per andare avanti