



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**

**Dipartimento di Psicologia Generale**

**Corso di Laurea Magistrale in Neuroscienze e Riabilitazione  
Neuropsicologica**

**Tesi di laurea Magistrale**

**Percezione del tempo implicito in  
una popolazione sana**

*Implicit time perception in a healthy population*

*Relatrice*

Prof.ssa Giovanna Mioni

*Laureanda: Elisa Scanagatta*

*Matricola: 2055471*

*Anno Accademico 2023/2024*



# INDICE GENERALE

<b>1. LA PERCEZIONE DEL TEMPO .....</b>	<b>6</b>
<b>1.1 Modelli teorici .....</b>	<b>8</b>
<b>1.2 Prospettiva prospettica e prospettiva retrospettiva .....</b>	<b>12</b>
<b>1.3 Distinzione tra tempo esplicito e tempo implicito .....</b>	<b>13</b>
<i>1.3.1 Basi neurali tempo implicito.....</i>	<i>16</i>
<b>1.4 Metodi per la valutazione della percezione del tempo .....</b>	<b>19</b>
<b>2. LA PERCEZIONE DEL TEMPO E L'INVECCHIAMENTO .....</b>	<b>22</b>
<b>2.1 Invecchiamento sano e percezione del tempo: cambiamenti     e stabilità .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2 Strategie di compensazione cerebrale nell'invecchiamento     per affrontare le perdite fisiologiche .....</b>	<b>26</b>
<b>3. LO STUDIO .....</b>	<b>28</b>
<b>3.1 Obiettivi ed ipotesi .....</b>	<b>29</b>
<b>3.2 Metodo .....</b>	<b>31</b>
<i>3.2.1 Partecipanti .....</i>	<i>31</i>
<i>3.2.2 Procedura .....</i>	<i>32</i>
<i>3.2.3 Strumenti .....</i>	<i>34</i>
<i>3.2.3.1 Assessment neuropsicologico .....</i>	<i>34</i>
<i>3.2.3.2 Task computerizzati.....</i>	<i>36</i>
<i>3.2.4 Risultati.....</i>	<i>39</i>

3.2.4.1 Risultati test neuropsicologici .....	39
3.2.4.2 Risultati dal task di Foreperiod .....	40
3.2.4.3 Risultati alla domanda retrospettiva .....	41
3.2.4.4 Risultati del task di Ritmo .....	42
3.2.4.5 Risultati del task di Temporal Orienting .....	43
<b>4. DISCUSSIONE .....</b>	<b>46</b>
<b>5. CONCLUSIONE .....</b>	<b>50</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>53</b>

*“Il tempo è relativo,  
il suo unico valore è dato da ciò  
che noi facciamo mentre sta passando”.*

*Albert Einstein*

## 1. LA PERCEZIONE DEL TEMPO

Fin dagli albori dell'umanità, il concetto di tempo ha scaturito un forte interesse nell'essere umano a causa della sua ubiquità nel comportamento.

A tal proposito molte sono state le speculazioni avanzate, iniziando con metodi più arcaici, come l'osservazione del mutamento delle stagioni, e passando poi a strumenti più controllati e organizzati in ambito filosofico, scientifico e psicologico (Grondin, 2008).

In particolare, è solo alla fine del secolo scorso che c'è stata un'esplosione di proposte teoriche, grazie anche alle innovazioni tecnologiche in ambito neuroscientifico, in merito alla capacità di elaborazione delle informazioni temporali (Roeckelein, 2008).

Nello specifico gli studi nell'area della psicologia sperimentale evidenziano come il tempo sia fortemente connesso con la consapevolezza (Tulving et al, 2002) e con vari processi mnestici (Block & Zakay, 2008), come la memoria autobiografica e prospettica (Grondin, 2010).

Infatti, si può constatare come la presenza del senso del tempo sia una capacità insita negli esseri umani, e nei mammiferi in generale, già a partire dal momento della nascita. Il neonato è da subito in grado di discriminare il numero e la durata degli eventi, anche quando non possiede alcuna capacità preverbale (Aagten-Murphy, 2014). Essa, grazie al successivo apprendimento, matura e si completa con il corso dello sviluppo, garantendo un adattamento ed un funzionamento ottimale, in quanto il senso del tempo, la percezione dello spazio e la quantità numerica sono aspetti centrali della realtà quotidiana (Meck, 2003).

Il fenomeno di percezione del tempo sta ad indicare una durata soggettiva derivante dall'interazione dinamica tra le esperienze personali e passate con le condizioni ambientali (Marinho et al., 2019). Saper calcolare lo scorrere del tempo favorisce una migliore preparazione temporale, ovvero permette alla persona di organizzarsi e anticipare l'insorgenza dell'evento che a breve si verificherà, permettendogli così un'adeguata e coerente interpretazione della realtà (Correa, 2010).

Possedere quindi l'abilità di creare una stima della durata temporale degli eventi richiede una serie di funzioni cognitive: attenzione, memoria di lavoro e memoria a lungo termine (Brown, 1997; Taatgen, Van Rijn, & Anderson, 2007), stati d'animo ed emozioni (Wittmann et al. 2006; Droit-Volet & Meck, 2007; Noulhiane et al., 2007), tratti di personalità (Rammsayer, 1997) e livello di benessere soggettivo.

Quali aree del nostro cervello vengono attivate quando ci adoperiamo all'elaborazione temporale di un evento?

Per rispondere a tale quesito, sono stati eseguiti studi sperimentali con tecniche di neuroimmagine. Dai risultati emersi si è osservato come non vi sia una localizzazione precisa, bensì sarebbero coinvolte diverse aree cerebrali: corteccia prefrontale, area motoria supplementare (SMA), cervelletto e gangli della base (Marinho et al., 2019). Secondo gli studi di Koch et al. (2009) e Mioni et al. (2020), è emerso che il contributo delle aree neurali non è lo stesso, ma dipende dal contesto, ovvero dalla durata dell'intervallo di tempo che si deve valutare e dal carico cognitivo che deriva dal compito stesso (funzioni cognitive coinvolte e tipo di stimolo).

Oltre a ciò, si suppone che l'elaborazione temporale non derivi esclusivamente dalla comunicazione tra le sole aree corticali, ma vi sarebbe anche

un'interazione con le aree sottocorticali (Grondin, 2010). Nonostante la ricerca sia ancora in corso e non vi siano certezze definitive, diversi studi hanno indicato le aree che potrebbero essere coinvolte.

Per esempio, dagli studi di Nani et al. (2019) si è conferma, tramite tecniche di risonanza magnetica funzionale (fMRI), l'attivazione della SMA sia nell'elaborazione percettiva che in quella sensomotoria durante gli intervalli temporali. Al contrario le stesse conferme non sono state riscontrare con l'utilizzo della stimolazione magnetica transcranica (TMS), poichè le aree deputate alle funzioni temporali nella SMA si trovano nelle regioni sottocorticali, non raggiungibili dagli impulsi della TMS (Mioni et al., 2020).

### **1.1 Modelli teorici**

Esistono due approcci con i quali affrontare, a livello teorico, la questione dell'elaborazione temporale: uno che non include la presenza di un orologio interno mentre l'altro sì (Grondin, 2010).

Gli studiosi che abbracciano il primo modello sostengono che non è obbligatorio far riferimento a un orologio interno per poter descrivere i comportamenti temporali; ma li spiegano in termini di meccanismi cognitivi, quali ad esempio attenzione o memoria, nello specifico interessandosi agli intervalli lunghi (Block, 1990, 2003; Ornstein, 1969). Ricercatori interessati a studiare il controllo motorio, per esempio, hanno una prospettiva dinamica, mentre i ricercatori della percezione visiva del tempo pensano che sia intrinseca nella modalità visiva, dunque l'orologio centrale non riuscirebbe a rendere conto da solo dell'ampio repertorio delle regolarità temporali necessarie a svolgere i diversi compiti (Grondin, 2010). Si vedano anche gli studi psicofisici di Karmarkar & Buonomano (2007), i quali hanno dimostrato che il tempo, a intervalli brevi,



può essere codificato a partire da reti neurali superiori, senza dover dipendere da un orologio interno.

Procedendo con il secondo modello vi sarebbe invece la presenza di un meccanismo centrale (orologio interno) responsabile della stima temporale (Grondin, 2010).

A sostegno, vi sono due principali prospettive:

### 1. *Pacemaker counter model*

Un modello noto e diffuso è quello individuato da Gibbon, Church, & Meck (1984) e Treisman (1963), i quali supportano l'esistenza di un meccanismo, orologio interno, deputato alla stima temporale presente in ciascuno individuo. Le basi di questo pacemaker naturale sono state individuate nel sistema dopaminergico, in particolare lo striato - nucleo caudato e putamen - e nella substantia nigra (Meck, Penney, & Pouthas, 2008; Buhusi & Meck, 2005). Esso è composto da tre elementi (figura 1):

- un pacemaker;
- un interruttore;
- un accumulatore.

Nello specifico in presenza di uno stimolo temporale il pacemaker genera impulsi che poi, tramite l'interruttore, vengono inviati e accumulati nell'accumulatore.

Scendendo nel dettaglio, alla comparsa dello stimolo da

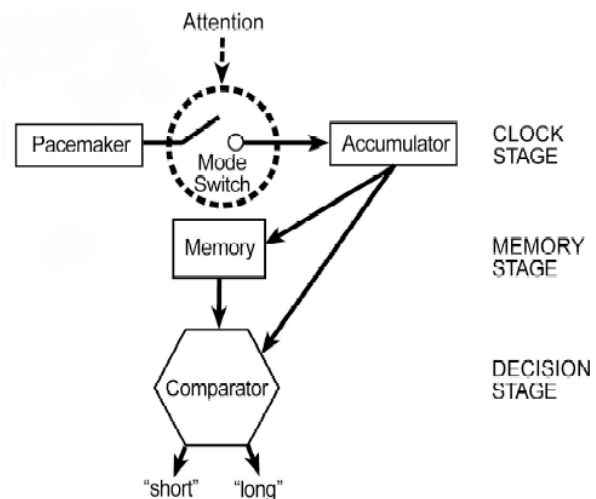


Figura 1| Raffigurazione del "Pacemaker counter model" (Gibbon, Church, & Meck, 1984).

cronometrare avviene la chiusura dell'interruttore, permettendo così il passaggio degli impulsi.

L'interruttore si aprirà nuovamente quando lo stimolo che si sta cronometrando si conclude. Il numero di impulsi accumulati genera il giudizio soggettivo sulla durata oggettiva dello stimolo al quale si è esposti. Maggiore è il numero di impulsi e più lunga sarà la durata (soggettiva) dello stimolo (Gil et al., 2011).

Ma come si arriva effettivamente ad esprimere un giudizio temporale sulla durata di un dato stimolo? Per fare ciò gli impulsi accumulati devono essere trasmessi ed elaborati nel sistema di memoria. Partendo da questo assunto, nel 1984 gli stessi autori hanno sviluppato la teoria dell'aspettativa scalare (SET), un modello quantitativo che traccia i processi cognitivi necessari ad una elaborazione temporale (Allan, 1998). Secondo questo modello esistono tre livelli che permettono di raggiungere un buon ed adeguato giudizio temporale: percezione del tempo (che dipende dal numero di impulsi accumulati); sistema di memoria (sono coinvolte sia la memoria di lavoro sia quella a lungo termine, le quali permettono il recupero delle informazioni precedentemente immagazzinate e il confronto con quelle nuove) e risposta decisionale da parte del soggetto (Allan, 1998).

Risultati contrastanti derivano da alcuni studi (Buhusi & Meck, 2009) che hanno scoperto la presenza in ciascun individuo non di uno, bensì di più orologi interni che rappresenterebbero il tempo psicologico. In particolare, secondo questi autori la molteplicità di questi orologi crea dei contesti temporali indipendenti la cui durata viene giudicata in modo relativo, un po' come la teoria della relatività di Einstein (si veda in seguito nei paragrafi successivi).

## 2. *Oscillator process*

Anche gli studiosi che accolgono questa tipologia di modello riconoscono l'esistenza di un orologio interno, ma a differenza del modello precedente (pacemaker counter), affermano che il controllo temporale è basato più su un sistema dinamico e non lineare rispetto ad un sistema lineare (Schöner, 2002; Grondin, 2010).

Tra i modelli oscillatori, uno in particolare ha riscontrato molto successo, ed è quello proposta da Jones e Boltz (1989) sull'attenzione dinamica (DAT), da loro anche definito "*future-oriented attending mode*". I comportamenti anticipatori permettono agli esseri viventi la costruzione di regolarità temporali; infatti, l'accuratezza dei giudizi temporali dipende sia da eventi temporali altamente coerenti sia dal modo in cui ritmo interno ed esterno si sincronizzano. Gli schemi temporali interni cambiano in continuazione in base alla struttura temporale degli stimoli ambientali, la quale predispone una determinata modalità di partecipazione e di risposta da parte del soggetto. Solo quando i ritmi di attenzione sono perfettamente allineati con l'attesa dell'inizio dello stimolo, si può dire che è stato compiuto un adattamento verso di esso (Jones e Boltz, 1989; Grondin, 2010).

Riepilogando, stando all'ottica della DAT le persone si avvalgono della struttura temporale degli eventi ambientali per prestare attenzione ai suoi aspetti ed acquisire così una moltitudine di informazioni ritmiche contestuali: quando si parla con un'altra persona o quando si ascolta della musica, le informazioni vengono utilizzate dall'individuo nella loro intera sequenza.

Se paragonata al SET, quest'ultimo può essere utilizzato esclusivamente con singoli intervalli isolati, poichè le informazioni utilizzate non si rifanno nè alla

sincronizzazione ritmica nè al contesto: ad esempio in attività di laboratorio l'intervallo temporale percepito viene giudicato in un secondo momento. Inoltre, il DAT è altamente più attendibile in termini di accuratezza di risposta temporale da parte dei soggetti rispetto al SET (Grondin, 2010).

## **1.2 Prospettiva prospettica e prospettiva retrospettiva**

Secondo gli psicologi cognitivisti vi sarebbero due paradigmi attraverso cui i partecipanti giudicano il tempo: prospettico (*prospective timing* o *experienced duration*) e retrospettivo (*retrospective timing* o *remembered duration*). Nel paradigma prospettico il partecipante viene informato in anticipo che dovrà giudicare la durata di un periodo di tempo; mentre nel paradigma retrospettivo il soggetto non riceve alcun preavviso e quindi non sa che alla fine della prova dovrà valutare la durata del tempo trascorso (Block, 1990; Block & Zakay, 1997; Grondin, 2010).

Diversi sono i processi cognitivi richiamati a seconda del tipo di paradigma utilizzato. Nello specifico, nel compito prospettico un concetto fondamentale è la consapevolezza del passare del tempo, assieme anche ad un maggior coinvolgimento delle risorse attentive (Block & Zakay, 1997; Tobin et al., 2010); invece i processi di memoria sono associati al compito retrospettivo, in quanto bisogna cercare di ricordare la durata appena trascorsa, non avendo potuto sperimentarla (Block & Zakay, 1997).

Nella quotidianità capita spesso che la percezione del tempo (soggettiva) di un evento non combaci con la durata oggettiva reale.

Riprendendo la citazione iniziale di Albert Einstein e gli studi di Buhusi & Mecki (2009), un intervallo di tempo viene registrato da orologi multipli separati dipendenti dal contesto, fornendo così diverse letture per uno stesso intervallo

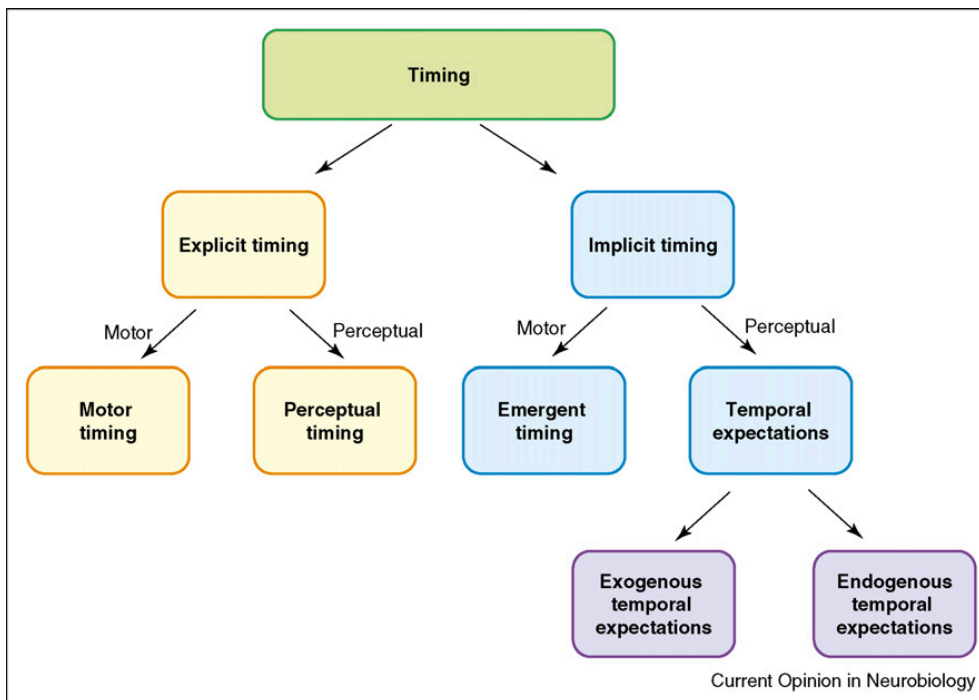
fisico di tempo. Einstein nel 1938 afferma: “*Quando un uomo si siede con una bella ragazza per un'ora, sembra un minuto. Ma lascialo sedersi su una stufa calda per un minuto - ed è più lungo di qualsiasi ora. Questa è la relatività*”.

In sintesi, quindi la durata di tempo non è assoluta ma dipende dal singolo individuo (orologi interni) e dalla struttura degli eventi, ossia modalità di presentazione dello stimolo, contesto e l'intervallo di tempo che intercorre tra il passato e il presente (Buhusi & Meck 2009; Grondin, 2010).

### **1.3 Distinzione tra tempo esplicito e tempo implicito**

Per comprendere meglio e in modo più completo il concetto di tempo, è importante distinguere tra tempo esplicito e tempo implicito (figura 2). Il tempo esplicito avviene quando si esplicita al partecipante che deve fornire una stima deliberata e consapevole della durata di un intervallo di tempo; mentre il tempo implicito riguarda previsioni del tempo che non emergono in maniera consapevole ma come sottoprodotto di compiti non temporali (Coull & Nobre, 2008).

Iniziamo descrivendo brevemente il concetto di tempo esplicito. Durante un compito di tempo esplicito il soggetto esprimere una stima esplicita ed accurata - breve o lunga - della durata temporale, derivata dal confronto con uno standard precedentemente memorizzato. La stima del tempo può essere espressa attraverso una risposta motoria (*Motor timing*), come avviene nel compito di Finger Tapping, in cui il soggetto sincronizza i propri movimenti ad uno stimolo sensoriale. In alternativa, può avvenire attraverso una discriminazione percettiva (*Perceptual timing*), come nel compito di Bisezione (Coull & Nobre, 2008).



*Figura 2 | Tassonomia funzionale del tempo. Il tempo esplicito è utilizzato in compiti che richiedono la produzione motoria (Motor timing) o la discriminazione percettiva (Perceptual timing). Il tempo implicito, invece, è impiegato in compiti di output motorio (Emergent timing) o di input percettivo (Temporal expectations), il quale si divide in stimoli esogeni (Exogenous temporal expectation) o stimoli endogeni (Endogenous temporal expectation) (Adattata da Coull & Nobre, 2008).*

Le circostanze cambiano nel compito di tempo implicito, in cui i partecipanti, privi di indicazioni temporali, utilizzano le informazioni motorie e percettive per poter prevedere la durata degli eventi futuri (Coull & Nobre, 2008). Se la previsione è guidata dall'output motorio, ovvero sono le nostre azioni ed il nostro corpo ad influenzare la percezione del tempo, si parlerà di "*Emergent timing*", mentre se è direzionata dall'input percettivo, si parlerà di "*Temporal expectations*". Quest'ultimo gioca un ruolo cruciale nella capacità di organizzare e coordinare le attività della vita quotidiana. Prepararsi in anticipo consente all'individuo di ottimizzare il proprio comportamento, al contrario di ciò che accade nelle situazioni inaspettate le cui prestazioni tendono ad essere di gran

lunga inferiori, non essendo il soggetto adeguatamente preparato (Niemi, 1981).

Gli autori Coull e Nobre (2008) proseguono indagando gli stimoli da cui possono essere generate le aspettative temporali, identificando due tipologie distinte. La prima è costituita dagli stimoli esogeni, i quali si riferiscono a previsioni temporali automatiche, ossia quelle che non vengono generate intenzionalmente, ma emergono in seguito alla struttura temporale dello stimolo stesso. Un compito che consente di studiare questa dinamica è rappresentato dalle Traiettorie spazio-temporali, come mostrato nella figura 3a. In questa prova, si utilizzano le informazioni spazio-temporali di un'oggetto in movimento per prevedere, pianificare e prendere decisioni efficaci in contesti dinamici. La decisione presa deriva da un processo di discriminazione percettiva, ad esempio prevedere se due oggetti si scontreranno o meno, oppure determinare la posizione finale che andranno a occupare.

Al contrario, esistono stimoli intenzionali e consapevoli, definiti stimoli endogeni. Questi sono indotti da segnali interni e vengono utilizzati volontariamente dai soggetti per stimare la comparsa dello stimolo target. Ne sono un esempio i pre indizi-temporali (3b) - visivi o uditivi - così come l'apprendimento di un ritmo o di un intervallo di tempo tra gli stimoli in sequenza (Compito di previsione seriale, figura 3c). Nello specifico i soggetti devono capire se i modelli temporali tra un target e l'altro sono identici o variabili.

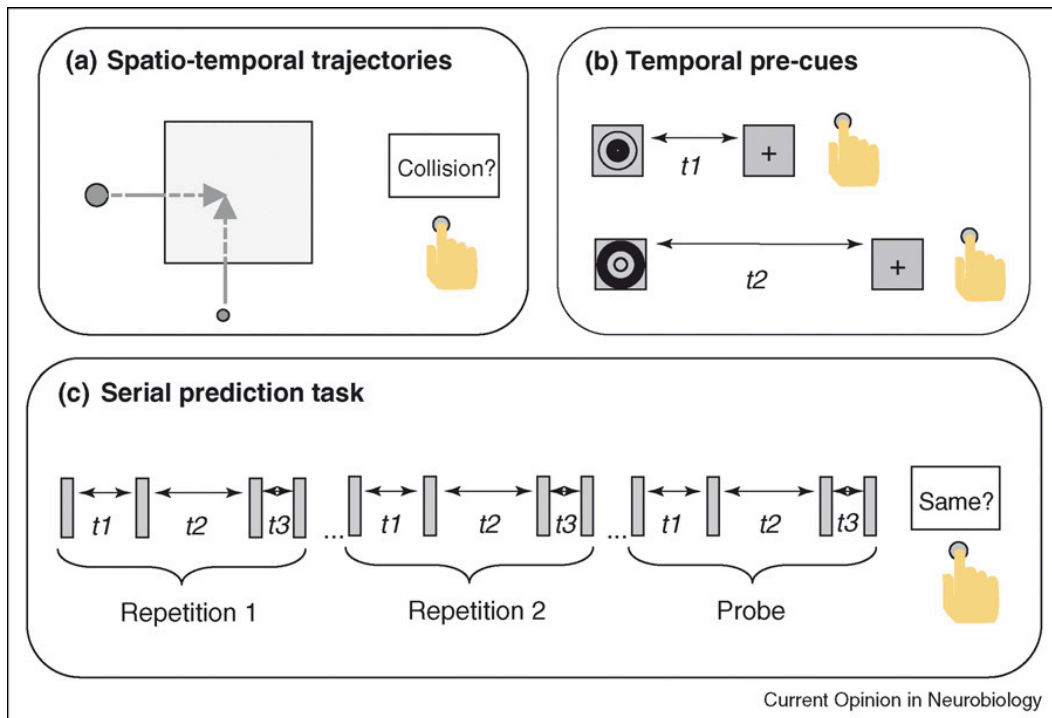


Figura 3 | Compiti di aspettativa temporale: (a) Traiettorie spatio-temporali; (b) Pre-indizi temporali; (c) Compito di predizione seriale (Coull & Nobre, 2008).

Avere a disposizione un'aspettativa temporale permette di regolare il nostro comportamento quotidiano in modo adeguato ed efficace, ottimizzando così le nostre azioni sia in termini di rapidità (Praamstra et al., 2006; Niemi, 1981) che di precisione (Barnes & Jones, 2000; Correa et al., 2005). Questa classificazione fornisce una panoramica del concetto di tempo nelle sue molteplici dimensioni, facilitando al contempo l'analisi dei correlati neurali ad esso associati (Coull & Nobre, 2008).

### 1.3.1 Basi neurali tempo implicito

Negli ultimi decenni, diverse ricerche a livello neurale hanno esaminato la crescita dell'aspettativa temporale in relazione a stimoli specifici, rivelando un'attivazione cerebrale dipendente dal contesto e localizzata a livello funzionale (Coull & Nobre, 2008). Ad esempio, la corteccia visiva si attiva in



presenza di stimoli visivi, come il colore (Ghose & Maunsell, 2002), mentre la corteccia motoria primaria risponde a stimoli motori, come oggetti in movimento (Riehle et al., 1997). Per quanto riguarda le informazioni spaziali, l'attivazione avviene nella corteccia parietale (Janssen & Shadlen, 2005).

In questo contesto, diversi studi hanno dimostrato che i soggetti utilizzano la velocità di stimoli visivi in movimento (Beudel et al., 2009; O'Reilly et al., 2008) e indizi temporali simbolici (Coull & Nobre, 1998) per effettuare previsioni temporali, evidenziando un'attivazione delle aree posteriori del cervelletto. Ciò suggerisce che il cervelletto non sia coinvolto unicamente nei processi motori, ma anche nella percezione. Infatti, Wolpert et al. (1998) hanno mostrato, tramite risonanza magnetica funzionale (fMRI), che il cervelletto contribuisce all'elaborazione sensoriale per prevedere eventi futuri. Tuttavia, Spencer et al. (2003) sollevano interrogativi riguardo al ruolo del cervelletto nella percezione temporale, sostenendo che, sebbene sia fondamentale per l'esecuzione di compiti di timing esplicito, non giochi alcun ruolo nell'emergent timing.

Ulteriori evidenze sono emerse da ricerche condotte da Martin et al. (2006; 2008), che hanno rivelato un incremento dell'attività neuronale nel cervelletto e nella corteccia parietale anteriore durante intervalli temporali prevedibili. In particolare, la corteccia parietale sinistra è stata associata alla prevedibilità temporale, sia in ambito motorio che percettivo (Coull et al., 2011). Inoltre, studi tramite fMRI su intervalli temporali semplici (Sakai et al., 2000) e di scelta (Praamstra et al., 2006) hanno mostrato un aumento dell'attività nelle stesse aree cerebrali quando vengono utilizzati indizi temporali anziché casuali.

Un'ulteriore prospettiva è proposta da Schubotz (2007), il quale analizza come gli individui anticipino i cambiamenti che stanno per verificarsi negli eventi animati e inanimati attraverso rappresentazioni audio-motorie o visive. Egli

sostiene che il sistema motorio non si attiva solo quando si sta per compiere un'azione, ma anche in contesti anticipatori in cui ci si aspetta un determinato evento, evidenziando così una funzione predittiva. Questa idea di previsione e preparazione si intreccia con il concetto di lateralizzazione emisferica, in cui Coull e Nobre (2008) evidenziano che l'emisfero sinistro sembra essere associato a compiti di tempo implicito, mentre l'emisfero destro sarebbe coinvolto in compiti di tempo esplicito. Tale distinzione trova supporto anche negli studi di Serrien et al (2006), che collegano il processo di previsione delle dinamiche future del movimento alla parte posteriore dell'emisfero sinistro. Tuttavia, Coull et al. (2011) mettono in evidenza come l'emisfero destro sia associato alla "*hazard function*", un meccanismo che monitora l'aspettativa crescente nel tempo riguardo a eventi non ancora verificatisi, ma che potrebbero accadere a breve. Quando un evento previsto non si verifica, il nostro sistema è in grado di aggiornare le previsioni temporali, reimpostandole verso un momento imminente. In particolare, nei casi in cui gli obiettivi siano posticipati, vengono attivate aree specifiche come la corteccia prefrontale e premotoria destra (Coull et al., 2000). Anche nei compiti di foreperiod variabile si osserva l'attivazione della corteccia prefrontale dorsolaterale (Vallesi et al., 2009): più lungo è l'intervallo temporale tra il segnale di avvertimento e il target, più rapidi risultano i tempi di reazione dei soggetti.

In sintesi, le aspettative temporali, sia di origine esogena che endogena, attivano i circuiti cerebrali associati all'azione in contesti sia motori che percettivi, rivelando delle specializzazioni funzionali (Coull & Nobre, 2008). Ad esempio, nella corteccia premotoria si possono distinguere due aree: le regioni dorsali, che vengono attivate quando i soggetti devono fornire risposte motorie rapide a stimoli prevedibili (Sakai et al., 2000), e le aree ventrali, che mostrano

un maggiore coinvolgimento nella discriminazione percettiva (Schubotz et al., 2001). Questi risultati evidenziano quindi la necessità di un approccio integrato per approfondire i meccanismi neurali che governano la percezione e il comportamento umano.

#### **1.4 Metodi per la valutazione della percezione del tempo**

Per eseguire una misurazione completa e affidabile della percezione del tempo si devono utilizzare i compiti che indagano sia il tempo esplicito sia quello implicito.

I compiti espliciti comprendono il Finger Tapping (free e 1 sec), compito di Bisezione, Riproduzione e Produzione. Tra i compiti impliciti rientrano il Foreperiod, la Domanda retrospettiva, il Ritmo e il Temporal Orienting. Di seguito, viene riportata una breve descrizione per ciascuno di essi.

Nel compito di Finger Tapping free i partecipanti sono liberi di premere il tasto, indicato nella tastiera, alla frequenza che preferiscono; mentre nel Finger Tapping 1 sec il tasto deve essere premuto alla frequenza di un secondo. Lo scorrere del secondo deve essere misurato in autonomia da parte del soggetto, senza l'utilizzo di strumenti di misurazione, come ad esempio orologi da parete o da polso. Il compito di Bisezione è composto da una parte iniziale di training in cui il partecipante deve memorizzare due durate standard: una breve ed una lunga. Segue la fase di test che consiste nell'indicare se la durata presentata è più simile a quella di standard breve o lungo.

Nel compito di riproduzione vengono mostrati al partecipante degli stimoli, di durata variabile; il suo compito è quello di riprodurre la durata appena presentata premendo un tasto che ne segnali l'inizio e la fine. I risultati sono esaminati in termini di errore assoluto, relativo e coefficiente di variazione

(Mioni, 2018). Nel compito di produzione invece, utilizzando le stesse modalità di risposta, si chiede al partecipante di produrre il tempo richiesto (1,2,3 secondi). I dati ottenuti sono utili ad analizzare le differenze intersoggettive dell'orologio interno, poichè permettono di confrontare una durata oggettiva - fornita dalla consegna - con una durata soggettiva - percepita e prodotta dal soggetto (Zakay, 1990; Mioni, 2018).

Nel compito di Foreperiod il partecipante, beneficiando di un segnale di avvertimento, deve premere il più velocemente possibile il tasto alla comparsa del target. L'intervallo di tempo che intercorre tra il segnale di avvertimento e la comparsa del target è definito "*foreperiod*" (Coull, 2009; Niemi & Näätänen, 1981). Sono definiti "*fixed foreperiod*" gli intervalli invariati e "*variable foreperiod*" gli intervalli che casualmente variano tra un trial e l'altro (Capizzi & Correa, 2018). L'assenza o la presenza di variabilità influisce sulla prestazione dei partecipanti, nello specifico nei loro tempi di reazione (TR). Secondo gli studi di Gibbon (1977) più il tempo passa e più è arduo prevedere l'insorgenza dello stimolo, portando il soggetto ad apprendere che se lo stimolo non compare nel periodo iniziale breve allora lo farà in quello lungo. Dunque, TR rapidi in presenza di un foreperiod lungo in condizione di "*variable foreperiod*" (Elithorn & Lawrence, 1955).

Nel compito di Ritmo i partecipanti dopo aver ascoltato una serie di suoni a frequenza regolare o irregolare rispondono premendo il più rapidamente possibile il tasto alla comparsa del bersaglio. La performance viene misurata in base ai tempi di reazione nelle due condizioni. Si presume che la presenza nell'ambiente di un ritmo regolare faciliti la sincronizzazione delle oscillazioni attenzionali (Teoria dell'attenzione dinamica - DAT) dei soggetti, migliorando così sia l'accuratezza che la velocità della risposta (Capizzi & Correa, 2018). La

Domanda retrospettiva si rifà al paradigma retrospettivo (sopra descritto), ovvero il soggetto, senza saperlo, deve giudicare la durata di tempo appena trascorsa. Ciò che si valuta è la differenza tra durata oggettiva e quella soggettiva. Secondo studi condotti da Block & Zakay (1997), vi sono due variabili che alterano la percezione del tempo: emotiva e cognitiva. Ad esempio, un'attività che suscita forti emozioni o che richiede un importante carico cognitivo tende ad essere ricordata come più lunga rispetto a quanto realmente non sia.

Infine, per ricevere una valutazione dell'orientamento temporale dell'attenzione, Coull e Nobre (1998) hanno sviluppato il compito di Temporal Orienting, ossia una variante temporale del compito di orientamento spaziale di Posner (Posner, Snyder, & Davidson, 1980). Il compito del partecipante è quello di rispondere il più rapidamente possibile alla comparsa dello stimolo target, che può apparire nel breve (400ms) o nel lungo (1600ms) intervallo di tempo. Questo è preceduto da un simbolo di avvertimento (*cue*), composto da due cerchi concentrici: il cerchio interno si illumina per la durata breve, mentre il cerchio esterno si illumina per la durata lunga. Si possono presentare due condizioni: a) predittiva (valida) in cui il simbolo predice in modo accurato la comparsa del target; b) non predittiva (non valida) in cui viene meno l'informazione circa la comparsa dello stimolo. In sintesi, una condizione predittiva permette di avere delle prestazioni migliori, sia in termini di accuratezza che di velocità della risposta (Coull & Nobre, 1998).

## 2. LA PERCEZIONE DEL TEMPO E L'INVECCHIAMENTO

In passato, si riteneva che il passaggio all'età adulta e, in particolare alla terza età, comportasse un arresto dello sviluppo, associato inevitabilmente a un deterioramento cognitivo e alla comparsa di patologie degenerative come la demenza. Tuttavia, questa visione estremamente negativa e riduttiva è stata messa in discussione da un approccio alternativo noto come "*life-span psychology*" (Baltes, 1987).

Secondo questa prospettiva, lo sviluppo è inteso come un processo continuo di adattamento selettivo che caratterizza tutto l'arco della vita, basato su un'interazione dinamica tra aspetti biologici e culturali (Baltes, 1997; Li, 2003).

Ciò implica che il cervello non è un organo statico, bensì dinamico e reattivo, in grado di adattarsi e di riorganizzarsi modificando le connessioni sinaptiche esistenti e formandone di nuove in risposta alle esigenze ambientali (plasticità cerebrale).

L'invecchiamento è pertanto, un processo multifattoriale e multidirezionale, caratterizzato non solo da perdite, ma anche da guadagni che contribuiscono a ristabilire un certo equilibrio nel sistema, permettendo un adeguato livello di funzionamento (Baltes, 1987).

### **2.1 Invecchiamento sano e percezione del tempo: cambiamenti e stabilità**

Per comprendere come il cervello si modifica durante l'invecchiamento, è essenziale esaminare sia gli aspetti strutturali sia quelli funzionali. Le tecniche di neuroimaging hanno permesso di identificare le aree del cervello più colpite dall'invecchiamento e quelle che mostrano una maggiore resilienza. Ad esempio, si osserva una significativa riduzione della materia grigia in regioni

specifiche come la corteccia prefrontale dorsolaterale, orbitale, precentrale e il lobo parietale superiore (Raz, 2000). Parallelamente, la materia bianca subisce alterazioni dovute a microlesioni che compromettono il consumo di ossigeno e l'afflusso sanguigno cerebrale, soprattutto nella corteccia frontale e nell'insula, evidenziando al contempo una notevole variabilità individuale (Leenders et al., 1990).

Nel complesso, si osserva una marcata diminuzione del volume nelle aree anteriori e nelle loro connessioni, mentre le aree posteriori e il lobo temporale mostrano una maggiore resistenza ai cambiamenti legati all'età (De Beni & Borella, 2015). Queste modifiche strutturali del cervello si accompagnano a cambiamenti cognitivi che interessano diverse funzioni, fornendo una chiave di lettura fondamentale per comprendere il processo di invecchiamento.

Il funzionamento cognitivo sembra essere strettamente legato all'aspetto esplicito della percezione del tempo. Infatti, eseguire una stima consapevole di un intervallo di tempo richiede abilità esecutive come attenzione, memoria di lavoro, capacità di inibizione e pianificazione, oltre alla velocità di processamento delle informazioni, tutte funzioni che tendono a declinare con l'età. Al contrario, l'aspetto implicito della percezione del tempo mostra una maggiore resilienza all'invecchiamento, poichè è associato a processi più automatici e meno consapevoli, come il controllo motorio e l'apprendimento procedurale (Capizzi et al., 2022; Mioni et al., 2021).

Tuttavia, all'interno del sistema attentivo si osserva una dissociazione automatico-volontaria. Sebbene l'attenzione rallenti con l'età (Correa-Jaraba et al., 2016; Lincourt et al., 1997), alcuni processi sono più resistenti di altri: l'attenzione automatica è meno compromessa rispetto a quella volontaria. Questo perché i processi automatici sono meno dipendenti dal controllo

cognitivo e più influenzati dagli stimoli esterni, mentre i processi volontari, che richiedendo maggiore consapevolezza, memoria e controllo, sono più suscettibili al declino legato all'età.

Studi condotti con fMRI su soggetti anziani hanno mostrato una ridotta connettività tra la corteccia prefrontale e la corteccia di associazione visiva (Bollinger et al., 2011). Questa riduzione riflette una generale diminuzione della connettività nel lobo frontale con l'avanzare dell'età (Fabiani e Gratton, 2012). Alcuni autori (Hämmerer et al., 2010; Bollinger et al., 2011; Zanto et al., 2011) suggeriscono che tale diminuzione comprometta la capacità degli anziani di orientare l'attenzione in presenza di segnali predittivi, contrariamente ai giovani, che sfruttano questi segnali per ottimizzare le loro prestazioni. Tuttavia, studi più recenti (Chauvin et al., 2016) indicano che anche gli anziani, similmente ai giovani, utilizzano gli stimoli predittivi per adattare il loro comportamento alle esigenze ambientali. Senza tali segnali, entrambi i gruppi mostrano una penalizzazione nelle prestazioni, dimostrando così una certa stabilità della funzione anche con l'età.

Gli studi sull'orientamento temporale sono ancora limitati, ma i risultati delle ricerche sull'attenzione spaziale possono essere estesi anche alla dimensione temporale. Il network fronto-parietale si attiva in modo simile durante entrambi i tipi di compiti, suggerendo che i processi cognitivi legati alla gestione del tempo e dello spazio condividano meccanismi sottostanti comuni (Coull & Nobre, 1998).

Per quanto riguarda l'effetto foreperiod, esistono opinioni contrastanti. Alcuni autori, come Vallesi et al. (2009), segnalano una diminuzione dell'effetto foreperiod con l'età, avvalorata dall'osservazione di una minore attività nella corteccia prefrontale dorsolaterale destra, un'area coinvolta nella percezione



implicita del tempo. Al contrario, altre ricerche sostengono che l'effetto foreperiod resista durante l'invecchiamento, poichè gli anziani tendono a fare maggior affidamento sulla dimensione implicita piuttosto che su quella esplicita (Capizzi et al.,2022).

A livello neurochimico, il processo di invecchiamento è associato a significative alterazioni. Diversi studi hanno osservato una diminuzione dei livelli di dopamina e glutammato nei circuiti cortico-striatali, che comporta un aumento dei tempi di reazione e una diminuzione della precisione nelle prestazioni (Turgeon et al., 2016). Di conseguenza, si verifica una percezione distorta del tempo, con un orologio interno che sembra rallentare (Block, 1998) e il mondo esterno che appare più veloce di quanto non sia in realtà, come suggerisce il detto popolare: *“una pentola guardata non bolle mai”* (Turgeon et al., 2016).

In sintesi, nonostante i cambiamenti significativi che l'invecchiamento comporta nel cervello, come la riduzione della connettività corticale e le alterazioni neurochimiche, gli anziani riescono a mantenere un adeguato livello di funzionamento grazie ai meccanismi di compensazione. Questi meccanismi permettono di gestire il rumore neurale e di contrastare gli effetti del deterioramento, attraverso l'adattamento delle strategie cognitive e l'uso di stimoli predittivi. In questo modo, il cervello invecchiato riesce a preservare le capacità cognitive e a ottimizzare il proprio funzionamento. Nel prossimo paragrafo, verranno presentati i modelli di compensazione e i meccanismi specifici attraverso i quali il cervello cerca di affrontare le sfide legate all'età.

## **2.2 Strategie di compensazione cerebrale nell'invecchiamento per affrontare le perdite fisiologiche**

La compensazione funzionale è un meccanismo fondamentale con cui il cervello, durante un invecchiamento sano, riesce a mantenere un adeguato livello di funzionamento cognitivo. Di fronte ai cambiamenti associati al declino cerebrale, il cervello adotta strategie che ottimizzano l'uso delle risorse neurali disponibili. In questo contesto, due modelli teorici particolarmente rilevanti sono il modello HAROLD (Hemispheric Asymmetry Reduction in Older Adults, Cabeza et al., 2002) e il modello PASA (Posterior-Anterior Shift in Aging, Davis et al., 2008). Questi modelli offrono spiegazioni diverse su come il cervello compensi i cambiamenti legati all'età.

Il modello HAROLD suggerisce che, con l'avanzare dell'età, il cervello riduce l'asimmetria emisferica, utilizzando in modo più equilibrato entrambi gli emisferi per svolgere compiti cognitivi. Questo fenomeno, caratterizzato da un'attivazione controlaterale di regioni omologhe, è particolarmente evidente nella corteccia prefrontale durante compiti di memoria di lavoro e rievocazione episodica. Di conseguenza, una maggiore bilateralizzazione frontale è associata a migliori capacità mnemoniche nelle persone anziane (Cabeza et al., 2002).

D'altro canto, il modello PASA descrive come, con l'invecchiamento, l'attivazione neurale si sposti dalle regioni posteriori verso quelle anteriori del cervello. Questo cambiamento consente agli anziani di mantenere prestazioni cognitive adeguate attraverso una maggiore attivazione delle aree frontali, che sono relativamente più preservate. Tale adattamento è particolarmente evidente in compiti cognitivi che richiedono un maggiore controllo esecutivo, essenziale per compensare eventuali deficit percettivi e motori. Nel caso dell'elaborazione

visuo-percettiva, mentre nei giovani l'attività è concentrata nelle regioni occipitali e nel giro fusiforme, con il coinvolgimento della corteccia parietale per stimoli spaziali e delle aree temporali per stimoli visivi, negli anziani si osserva un reclutamento aggiuntivo delle regioni frontali. Analogamente, nella produzione di movimenti, se nei giovani l'attività è localizzata principalmente nelle aree motorie primarie e secondarie e nel cervelletto, negli anziani un maggiore coinvolgimento delle aree frontali ottimizza la coordinazione e l'esecuzione dei movimenti (Davis et al., 2008).

Il modello CRUNCH (Compensation-Related Utilization of Neural Circuits Hypothesis), proposto da Reuter-Lorenz e Cappell nel 2008, completa questo quadro introducendo l'idea che il cervello degli anziani utilizza circuiti neurali in modo compensatorio per affrontare compiti cognitivi complessi. Secondo questo modello, con l'aumento della difficoltà del compito, i giovani attivano in modo più focalizzato specifiche aree cerebrali, mentre gli anziani tendono a sovra-attivare le aree frontali o a coinvolgere bilateralmente diverse regioni cerebrali.

In sintesi, i modelli HAROLD, PASA e CRUNCH offrono spiegazioni diverse e complementari su come il cervello degli anziani compensa i cambiamenti legati all'età, dimostrando la flessibilità e la resilienza del sistema nervoso.

### 3. LO STUDIO

Attualmente, l'unico strumento disponibile per la valutazione delle abilità temporali è la *Battery for the Assessment of Auditory Sensorimotor and Timing Abilities* (BAASTA, Dalla Bella et al., 2017), creata per testare le abilità percettive e sensomotorie nella popolazione generale e per individuare eventuali deficit di tempo o di ritmo. La batteria è suddivisa in compiti percettivi e motori: i primi comprendono la discriminazione della durata, che valuta se le durate presentate differiscono o sono uguali, il rilevamento dell'anisocronia, che misura la capacità di percepire irregolarità temporali all'interno di una sequenza isocrona di tono o musica, e una versione adattata del compito percettivo della *Beat Alignment Task* (BAT, Iversen & Patel, 2008). I secondi includono compiti come il tapping senza ritmo, che valuta la frequenza di tapping senza un segnale di stimolazione in cui il partecipante deve mantenere una frequenza costante, prima a velocità elevata e poi a velocità più lenta, per un numero di secondi prestabilito. Altri compiti sono il tapping con ritmo, che prevede di mantenere il tapping su una sequenza isocrona e testare la capacità del soggetto di sincronizzarsi su un metronomo e su un ritmo di un brano musicale; le prove di sincronizzazione-continuazione, che verificano se i partecipanti sono in grado di continuare a eseguire il tapping anche dopo la fine del tono, mantenendo la stessa velocità; e il tapping adattivo, volto a valutare la flessibilità dei soggetti nell'adattarsi a stimoli variabili e nella percezione di eventuali cambiamenti.

L'introduzione del BAASTA (Dalla Bella et al., 2017) è stata cruciale per la valutazione delle abilità temporali, poichè ha permesso di riunire in un unico strumento diversi compiti che, fino a quel momento, venivano eseguiti

separatamente. Questo ha consentito una valutazione robusta, accurata e completa, grazie alla varietà di test inclusi, che permettono di esplorare un ampio spettro di abilità, facilitando l'individuazione di differenze individuali, nonché di eventuali correlazioni o discrepanze tra le competenze esaminate.

Nonostante i numerosi aspetti positivi, la batteria presenta alcune limitazioni. In primo luogo, la durata della sua somministrazione risulta eccessiva, rendendola poco adatta a popolazioni cliniche. Inoltre, gli stimoli utilizzati sono esclusivamente uditivi. Sebbene vengano impiegati sia stimoli uditivi semplici che complessi, l'assenza di stimolazioni di diversa natura limita la possibilità di esplorare altri aspetti della percezione del tempo.

### **3.1 Obiettivi ed ipotesi**

Per superare le limitazioni dell'attuale batteria (BAASTA, Dalla Bella et al., 2017), la ricerca "Creazione di una Batteria per la valutazione della percezione del tempo" si propone di sviluppare uno strumento più completo, preciso e sensibile, utilizzando sia stimoli uditivi che visivi. Questo approccio consentirà di coprire più aspetti della percezione del tempo. Inoltre, il nuovo strumento intende esplorare anche il rapporto tra il funzionamento cognitivo e le abilità temporali, un aspetto non considerato nella BAASTA (Dalla Bella et al., 2017).

Il progetto include anche test neuropsicologici utilizzati per valutare le funzioni cognitive del soggetto, quali memoria, attenzione, linguaggio, funzioni esecutive e abilità visuo-spaziali; la batteria volta a valutare la percezione del tempo include prove per valutare la percezione del tempo esplicita ed implicita e anche una domanda retrospettiva.

In particolare, nel seguente studio ci si è soffermati sull'analizzare il concetto di tempo implicito in una popolazione adulta e anziana sana.

I compiti utilizzati alla misurazione di questo costrutto e che saranno oggetto di analisi sono: il compito di Ritmo, di Foreperiod e la prova di Temporal Orienting. Considerando la letteratura scientifica, sono state avanzate le seguenti ipotesi di ricerca.

(1) Nel compito di Foreperiod si ipotizza che i soggetti sani, utilizzando il segnale di avvertimento, ottengano tempi di reazione (TR) più rapidi in presenza di foreperiod lunghi (*foreperiod effect*) quando questi vengono presentati casualmente con durate brevi e lunghe (Niemi & Näätänen, 1981).

(2) Quesito retrospettivo: si presume che le stime temporali retrospettive siano più lunghe qualora i partecipanti percepiscano il compito appena svolto, in questo caso di Foreperiod, come molto impegnativo dal punto di vista cognitivo, rispetto a stime temporali retrospettive più brevi se il compito è percepito come poco laborioso (French et al., 2014).

(3) Per quanto riguarda il compito di percezione temporale ritmica, ci si aspetta che i partecipanti rispondano con TR più rapidi quando lo stimolo target compare dopo aver ascoltato un ritmo regolare piuttosto che dopo uno irregolare, il quale rallenterebbe i TR e peggiorerebbe la prestazione (Breska & Deouell, 2017; De la Rosa et al., 2012; Obleser et al., 2017).

(4) Compito di Temporal Orienting ci si aspetta che i partecipanti, beneficiando della tipologia del segnale di avvertimento visualizzata, mostrino TR rapidi in presenza di uno stimolo di avvertimento compatibile con l'intervallo temporale presentato. Viceversa, risultino TR lunghi in assenza di cue, in quanto verrebbe meno l'informazione sul possibile momento di comparsa del target (Chauvin et al., 2016).

(5) Inoltre, indipendentemente dall'età di appartenenza, non ci si aspettano dei cambiamenti significativi tra la fase di test e retest, in quanto i partecipanti non

sono stati esposti ad alcun tipo di training tra una fase e l'altra. L'assenza di tale cambiamento andrebbe a determinare l'attendibilità della batteria.

Per concludere si presume che i soggetti adulti sani abbiano una prestazione migliore nei compiti di percezione di tempo implicito rispetto a soggetti sani di età avanzata (Zanto et al., 2011).

## **3.2 Metodo**

### **3.2.1 Partecipanti**

Fino ad ora è stato raccolto un campione di 210 soggetti con età pari o superiore a 50 anni. Ai fini della nostra ricerca, sono stati esclusi i soggetti con un punteggio inferiore a 26 al Mini-Mental State Examination (MMSE, Folstein et al., 1975), e quelli affetti da patologie (ictus, traumi cranici o lesioni cerebrali di varia natura), ottenendo così un campione finale di 131 partecipanti (36 maschi e 95 femmine). Questo ha permesso di garantire un'analisi basata esclusivamente su un gruppo di soggetti sani.

In seguito, sulla base dell'età di appartenenza dei soggetti, il campione è stato suddiviso in tre gruppi:

- Gruppo 1: tra i 50 e i 59 anni, composto da 61 soggetti (13 maschi e 48 femmine);
- Gruppo 2: tra i 60 e i 69 anni, composto da 45 soggetti (11 maschi e 34 femmine);
- Gruppo 3: su oltre 70 anni, composto da 25 soggetti (12 maschi e 13 femmine);

I soggetti da me direttamente esaminati sono 27 (4 maschi e 23 femmine) di età compresa tra i 50 e i 69 anni. Sono volontari di un territorio locale in provincia di Vicenza (Veneto).

### **3.2.2 Procedura**

Tutti i partecipanti esaminati sono stati contattati via messaggio, dando il loro consenso a svolgere la sessione di test presso la loro abitazione. Si è scelto un luogo tranquillo, isolato e silenzioso, limitando il più possibile la presenza di oggetti distraenti.

Ciascun partecipante prima di iniziare ha firmato il modulo del consenso informato e gli è stata fatta la spiegazione dello scopo finale dello studio.

Si è poi proseguito con la raccolta di informazioni demografiche: età e anni di scolarità, contati mediante titolo di studio raggiunto, escludendo gli anni scolastici ripetuti o fuori corso.

La somministrazione delle prove ha seguito il seguente ordine prestabilito:

- *Mini-Mental State Examination* (Folstein et al., 1975)
- *Geriatric Depression Scale - GDS, forma breve* (adattata da Sheikh & Yesavage, 1986)
- *Finger tapping free*
- *Finger tapping 1 secondo*
- *Racconto di Babcock - rievocazione immediata* (Spinnler e Tognoni, 1987)
- *Compito di Bisezione*
- Cronometraggio del tempo, all'insaputa del partecipante, da quando comincia a leggere la consegna del task Foreperiod fino al suo completamento.
- *Foreperiod*
- *Domanda retrospettiva*: si chiede al partecipante quanto tempo è trascorso dall'inizio del task Foreperiod, specificando che deve includere nel conteggio la lettura della consegna fino alla sua conclusione. Lo sperimentatore si annota sia il tempo oggettivo sia quello soggettivo.



- *Racconto di Babcock - rievocazione differita* (Spinnler e Tognoni, 1987)
- *Ritmo*

Si chiede al partecipante se vuole proseguire con la seconda parte dei test o se preferisce fare una piccola pausa (si prende nota della decisione da lui/lei presa).

- *15 parole di Rey - rievocazione immediata* (Rey, 1958)
- *Riproduzione*
- *Trial Making Test - TMT A e B* (Mondini et al., 2003)
- *Produzione*
- *15 parole di Rey - rievocazione differita* (Rey, 1958)
- *F-A-S Test* (Borkowski et al., 1967)
- *Temporal orienting*

Dopo un mese circa ai partecipanti viene eseguito il re-test per le prove temporali al fine di valutare il grado di coerenza dei risultati, ottenuti nelle due sessioni di test, e determinare così l'attendibilità dello strumento.

Tutti i compiti temporali sono eseguiti su un computer portatile ad ampio schermo, attraverso due tipi di applicazioni: PsychoPy, nella versione 2022.2.5 e OpenSesame, nella versione 3.3.14. I tasti con cui i soggetti rispondono alle prove sono segnalati con delle etichette e si utilizza un mouse esterno, non quello della tastiera. Inoltre, si raccomanda al partecipante di tenersi pronto a rispondere con le dita posizionate già sopra ai tasti.

Infine, per verificare che abbia adeguatamente compreso le istruzioni e preso dimestichezza con gli stimoli, si è predisposta una fase di esercitazione. È solo in questa fase che lo sperimentatore può fornire dei feedback in merito alla prestazione e chiarire gli eventuali dubbi.

### **3.2.3 Strumenti**

#### *3.2.3.1 Assessment neuropsicologico*

Il *Mini-Mental State Examination* (Folstein et al., 1975) è un test di screening, di rapida somministrazione, utilizzato per la valutazione delle funzioni cognitive generali. Nello specifico permette di individuare, qualora fosse presente, il deterioramento cognitivo con il suo rispettivo livello di gravità. È composto da 30 item che si suddividono nelle seguenti sottoscale: orientamento temporale, orientamento spaziale, memoria immediata e differita, attenzione e calcolo, denominazione, ripetizione, comprensione orale e scritta, scrittura e prassia costruttiva.

La *Geriatric Depression Scale (forma breve, adattata da Sheikh & Yesavage, 1986)* è un test self-report usato per rilevare la possibile presenza di depressione negli anziani. È composto da 15 item a risposta dicotomica vero/falso.

Il *raccontino di Babcock* (Spinnler & Tognoni, 1987) è un test di memoria di prosa. Al soggetto viene letta una storia, al cui termine dovrà rievocare tutto ciò che ricorda (rievocazione immediata). Nel mentre l'esaminatore annoterà e attribuirà un dato punteggio a secondo dell'evento/dettaglio che egli ha evocato.

Dopo essere stato distratto con una serie di prove non verbali, il soggetto dovrà ricordare ciò che ricorda del racconto (rievocazione differita).

Nel test delle *15 parole di Rey* (Rey, 1958) l'esaminatore, con una frequenza di 1 secondo, pronuncia una lista di quindici parole. Il soggetto, indipendentemente dall'ordine, deve rievocare quante più parole ricorda (rievocazione immediata). Questa procedura viene ripetuta per cinque volte, e ogni volta si calcola quante parole è riuscito a ricordare. Dopo una decina di minuti viene chiesto al soggetto, che non era stato precedentemente avvisato, di evocare quante più parole della lista ricorda (rievocazione differita).

Il *Trail Making Test (TMT)* (Mondini et al., 2003) è un test che valuta l'abilità di ricerca visuo-spaziale, la capacità di attenzione selettiva, divisa e alternata e di velocità psicomotoria nel passare velocemente da uno stimolo ad un altro. È composto da due parti: 1. nel TMT-A il soggetto deve unire i numeri dal più piccolo al più grande (da 1 a 25); 2. nel TMT-B il soggetto deve unire i numeri e le lettere in ordine crescente e in modo alternato (1-A-2-B-...).

Per la valutazione della fluenza verbale l'esaminatore chiede al soggetto di produrre quante più parole gli vengono alla mente dandogli una specifica lettera: F, A, S (Borkowski et al., 1967). Non sono validi i nomi propri di persona o di luoghi, i numeri o le parole che iniziano con lo stesso suffisso. L'esaminatore fa partire il cronometro e annoterà tutto ciò che il soggetto gli riferisce, fermandolo dopo 1 minuto e passando alla lettera successiva. Vengono testate le abilità di accesso e di recupero del lessico e la capacità di organizzazione di una strategia adeguata di ricerca.

### 3.2.3.2 Task computerizzati

#### Compito di Foreperiod

Nel compito di Foreperiod il partecipante vede comparire al centro dello schermo un cerchio con contorno nero e vuoto al suo interno. Questo è il segnale di avvertimento, e rimane visibile sullo schermo per 7 durate (400-600-800-1000-1200-1400-1600ms) presentate in maniera random (figura 4). Il compito prevede di premere il più velocemente possibile la barra spaziatrice non appena compare la croce al centro del cerchio. Viene esortato a rispondere solo alla comparsa dell'asterisco e non alla comparsa del cerchio o prima del segnale target.

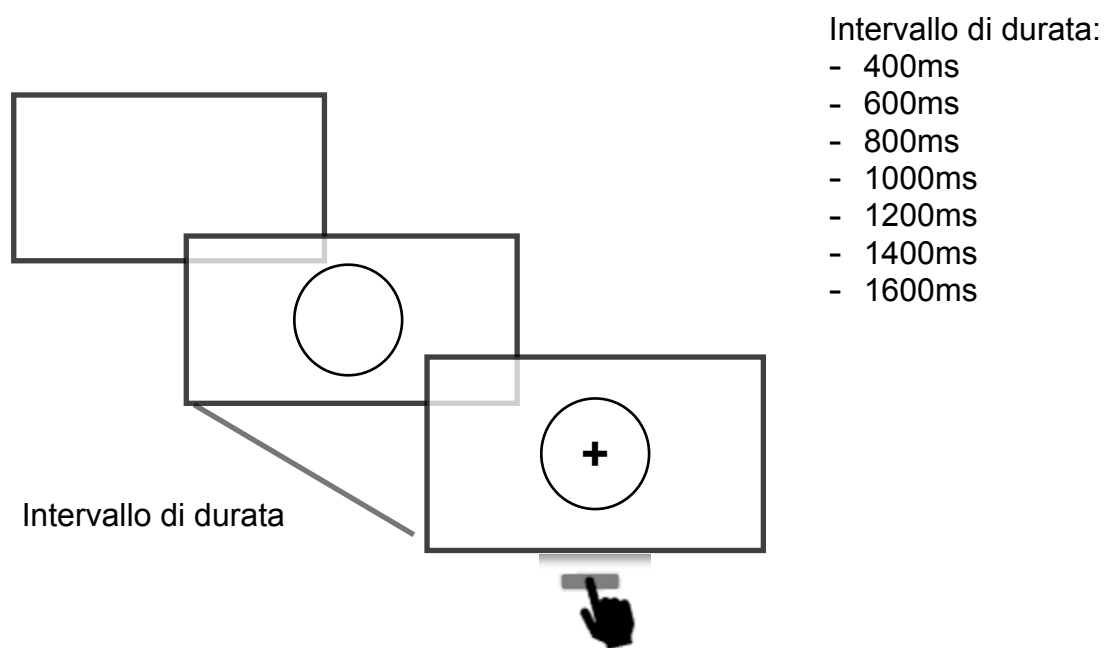


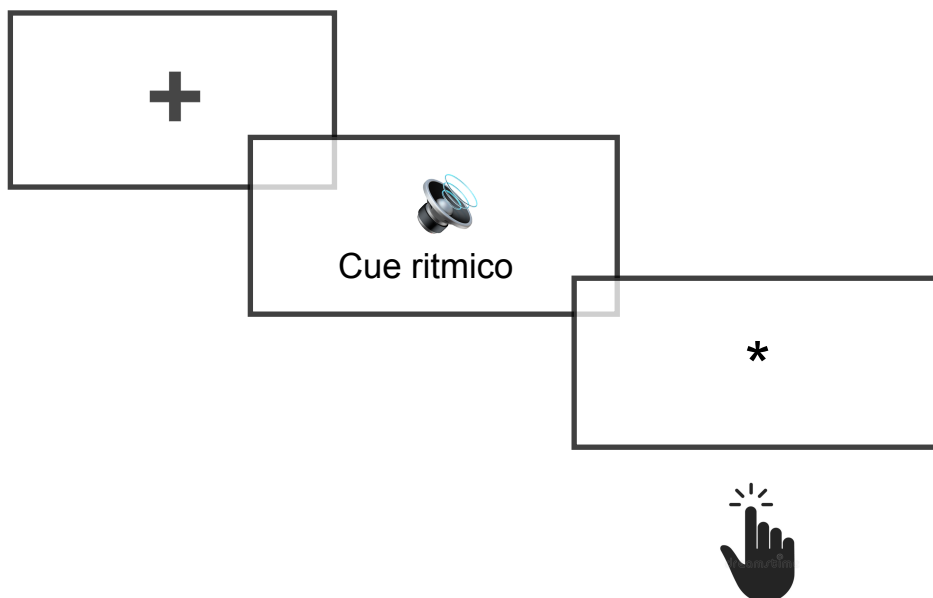
Figura 4 | Rappresentazione del compito di Foreperiod. Il cerchio funge da segnale di avvertimento; la croce al centro del cerchio è lo stimolo target.

#### Compito di Ritmo

Nel compito di Ritmo il partecipante trova al centro dello schermo una croce, la quale funge da punto di fissazione, avente lo scopo di mantenere la sua attenzione sul centro dello schermo, dove poi appare lo stimolo target. Dopo di

che ascolta una serie di suoni (bip) a frequenza regolare o irregolare, questi vengono definiti *cue ritmici* e serviranno come segnale di avvertimento, volto a comunicare l'imminente comparsa del target (figura 5). Il suo compito è quello di premere il tasto sinistro del mouse il più velocemente possibile alla comparsa, al centro dello schermo, di un'asterisco.

Viene raccomandato di non rispondere prima dell'apparizione dello stimolo, altrimenti la risposta non viene considerata e la prova deve essere ripetuta.



*Figura 5 | Procedura che rappresenta il compito di Ritmo. La croce sta ad indicare il punto di fissazione; il cue ritmico il segnale di avvertimento e l'asterisco lo stimolo bersaglio.*

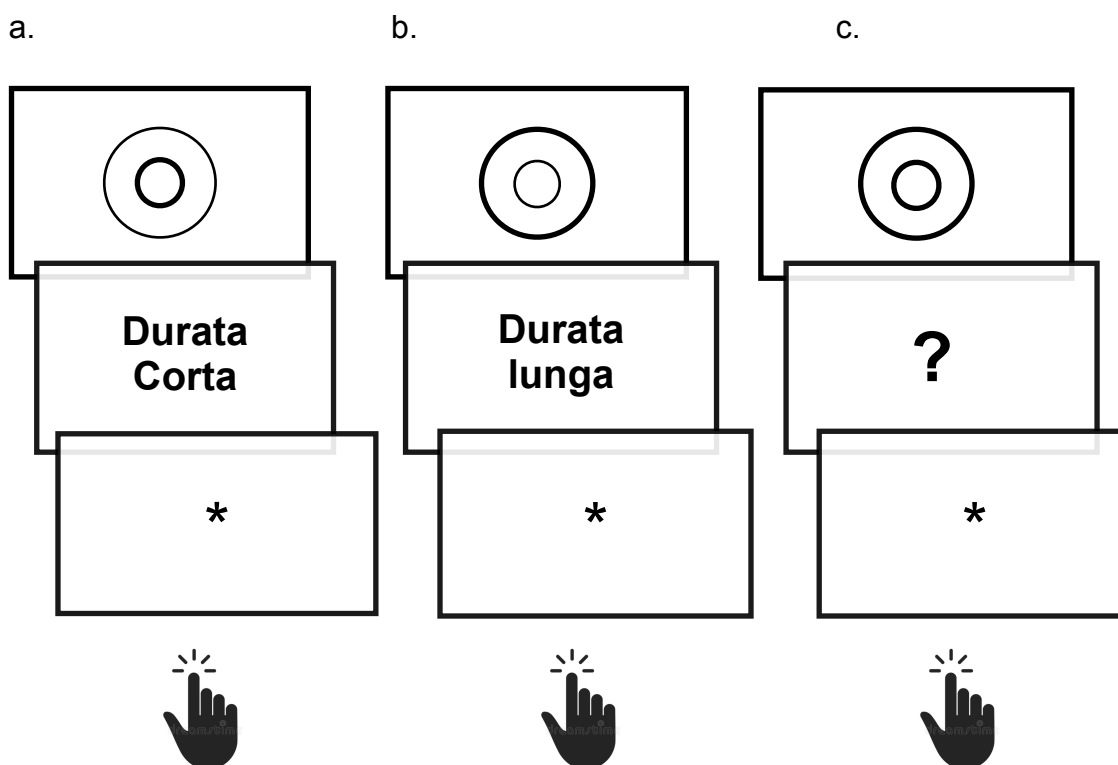
#### *Compito di Temporal Orienting*

Durante la prova di Temporal Orienting (figura 6), l'obiettivo del partecipante è quello di essere il più veloce possibile nel premere il tasto sinistro del mouse una volta che viene visualizzato l'asterisco. Prima della comparsa dell'asterisco, verrà mostrato un simbolo composto da cerchi concentrici che funge da segnale di avvertimento (*cue*).

Questo simbolo può essere presentato al partecipante in tre possibili scenari, ciascuno con un significato diverso:

- Cerchio interno illuminato: indica che l'asterisco apparirà dopo un intervallo di tempo breve;
- Cerchio esterno illuminato: indica che l'asterisco apparirà dopo un intervallo di tempo lungo;
- Entrambi i cerchi illuminati contemporaneamente: significa che il partecipante non ha informazioni sul momento in cui comparirà l'asterisco.

È fondamentale che il partecipante segua le istruzioni e si concentri sulla comparsa dell'asterisco senza rispondere in modo precipitoso, altrimenti la risposta non sarà valida e dovrà ripetere la prova.



*Figura 6 | Riproduzione delle tre possibili condizioni presenti nel compito di Temporal Orienting: a. Illuminazione cerchio interno avvisa che l'asterisco apparirà dopo una durata temporale breve; b. Illuminazione cerchio esterno indica che l'asterisco apparirà dopo una durata temporale lunga; c.*

*Illuminazione di entrambi i cerchi non fornisce alcun indizio sul momento in cui apparirà l'asterisco.*

### **3.2.4 Risultati**

Tutte le analisi statistiche sono state effettuate attraverso il software Jamovi (The jamovi project, 2022) nella versione 2.3.

#### **3.2.4.1 Risultati test neuropsicologici**

Mediante test ANOVA a una via è stata analizzata la prestazione ai test neuropsicologici al fine di valutare il livello di funzionamento cognitivo generale dei partecipanti, suddivisi per gruppo d'età, come riportato nella tabella 1.

	50-59	60-69	>70	p
	M(DS)	M(DS)	M(DS)	
Età	54.64 (2.9)	63.78 (2.9)	77.44 (5.2)	<.001
Livello di educazione	13.62 (3.8)	13.40 (4.0)	13.16 (4.7)	0,898
MMSE	29.38 (0.8)	29.09 (0.9)	28.56 (1.1)	0,004
Babcock – Immediata	6.29 (1.4)	5.68 (1.7)	5.29 (2.2)	0,039
Babcock – Differita	6.17 (1.7)	5.58 (1.8)	5.10 (2.3)	0,067
15 parole Immediata	52.48 (8.6)	48.60 (7.8)	45.88 (10.8)	0,01
15 parole Differita	11.82 (3)	11.18 (2.7)	10.28 (3.2)	0,115
TMTa (sec)	49.98 (17.5)	53.27 (19)	69.72 (24.3)	0,002
TMTb (sec)	108.84 (38.7)	115.29 (42.4)	160.88 (69.8)	0,004
FAS	45.36 (11.5)	42.33 (12)	38.64 (13.2)	0,08

*Tabella 1. Risultati statistici alle prove neuropsicologiche.*

I risultati emersi evidenziano come l'età sia un fattore statisticamente significativo ( $p < .001$ ) rispetto alle variabili considerate, al contrario il livello di istruzione si è rivelato non significativo, non influenzando quindi sull'esito delle prove ( $p = 0.898$ ). Analizzando le medie e le deviazioni standard, si osserva che le prestazioni sono migliori nella fascia adulta, mentre tendono a diminuire con l'avanzare dell'età.

In particolare, a prescindere dall'età dei soggetti, i punteggi ottenuti al MMSE indicano la presenza di un declino cognitivo significativo, non patologico, delle funzioni cognitive generali ( $p = 0.004$ ). Si riscontra inoltre una diminuzione significativa dell'accuratezza a livello della memoria immediata, sia nel test di Babcock ( $p = 0.039$ ) che nelle 15 parole di Rey ( $p = 0.010$ ). Si registra un rallentamento delle capacità di ricerca visuo-spaziale, attentiva e psicomotoria nei test TMT-A ( $p = 0.002$ ) e TMT-B ( $p = 0.004$ ), con tempi di esecuzione più lunghi nel TMT-B, poichè il compito è più complesso e richiede l'impiego di maggiori risorse cognitive per essere completato. Al contrario, i punteggi ottenuti nelle prove di memoria differita - misurata tramite il test di Babcock ( $p = 0.067$ ) e delle 5 parole di Rey ( $p = 0.115$ ) - non risultano statisticamente significativi, così come quelli relativi alla fluenza verbale ( $p = 0.080$ ).

#### 3.2.4.2 Risultati dal task di Foreperiod

È stata condotta un'ANOVA a misure ripetute, utilizzando i fattori *within-subjects* Durata Foreperiod (400,600,800,1000,1200,1400,1600ms) e Condizione (test e retest), e fattore *between-subjects* Gruppo età (50-59, 60-69, >70).

A prescindere dal gruppo d'età è stato trovato un effetto significativo per la variabile Durata ( $F(6) = 133.117$ ,  $p < .001$ ); al contrario nessun effetto significativo per la variabile Condizione ( $F(1) = 0.079$ ,  $p = 0.779$ ). L'interazione



tra Durata, Condizione e Gruppo d'età è risultata significativa ( $F(12)= 1.768$ ,  $p= 0.049$ ).

Come mostrano i grafici della figura 7, tutti e tre i gruppi di partecipanti presentano un effetto foreperiod: all'aumentare della durata dell'intervallo tra il cue e lo stimolo target, la risposta tende a diventare più rapida. Questo avviene, sia nella condizione di test che in quella di retest.

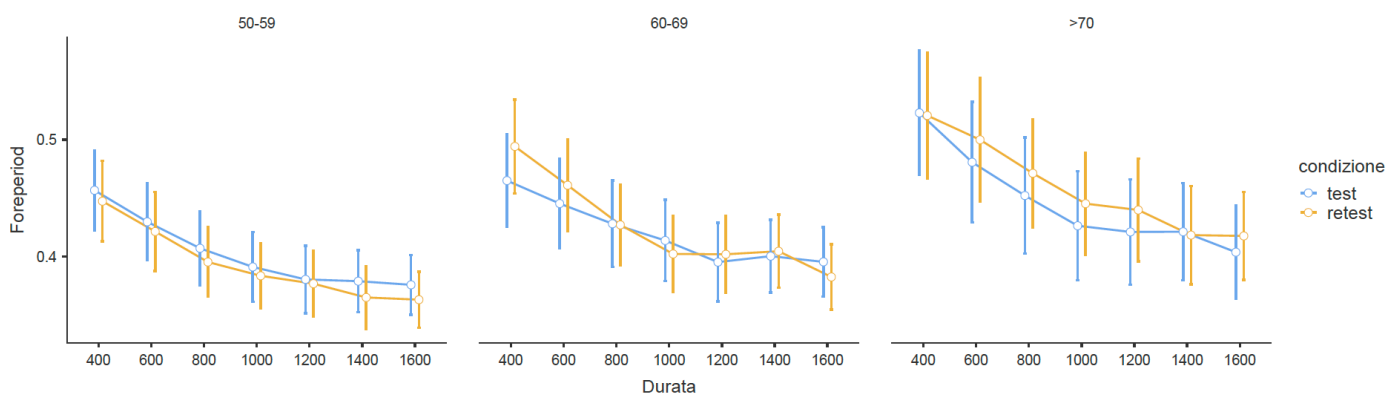


Figura 7 | Interazione a tre (Durata x Condizione x Gruppo d'età) nel compito di Foreperiod.

### 3.2.4.3 Risultati alla domanda retrospettiva

I dati della domanda retrospettiva sono stati analizzati mediante un'ANOVA a misure ripetute, con fattore *within-subjects* Condizione (test e retest) e fattore *between-subjects* Gruppo età (50-59, 60-69, >70). Il calcolo della domanda retrospettiva è stato effettuato utilizzando l'errore relativo, ovvero il rapporto tra la durata soggettiva e quella oggettiva nelle due condizioni. Questo indice permette di determinare se i soggetti sovrastimano o sottostimano la durata oggettiva.

Indipendentemente dall'età dei soggetti non è stata rilevata alcuna significatività (tutti i  $p > 0.05$ ) (Figura 8).

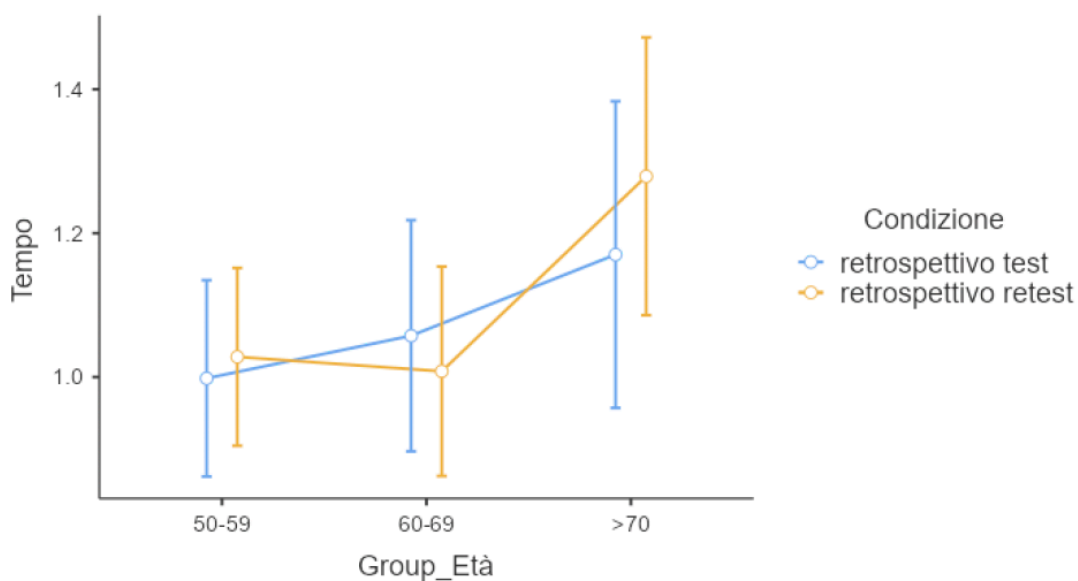


Figura 8 | Confronto tra i tre gruppi d'età e il tempo retrospettivo nella condizione di test e retest.

#### 3.2.4.4 Risultati del task di Ritmo

Per analizzare i dati del task di Ritmo è stata condotta un'ANOVA a misure ripetute, con fattori *within-subjects* Ritmo (sincrono e asincrono) e Condizione (test e retest) e fattore *between-subjects* Gruppo età (50-59, 60-69, >70).

Indipendentemente dal gruppo, sono emersi risultati significativi a livello della variabile Ritmo ( $F(1)= 29.3$ ,  $p= <.001$ ); mentre non è stata rilevata alcuna significatività a livello dell'interazione Condizione x Ritmo x Gruppo d'età ( $F(2)=0.917$ ,  $p= 0.403$ ). Nello specifico, come si può osservare dal grafico sottostante (figura 9), i soggetti nei tre gruppi mostrano tempi di reazione più rapidi quando lo stimolo target è preceduto da una sequenza di suoni in modalità sincrona, rispetto ai tempi di reazione registrati con una sequenza di

suoni asincrona. Questo vale sia per la condizione test che per la condizione di retest.

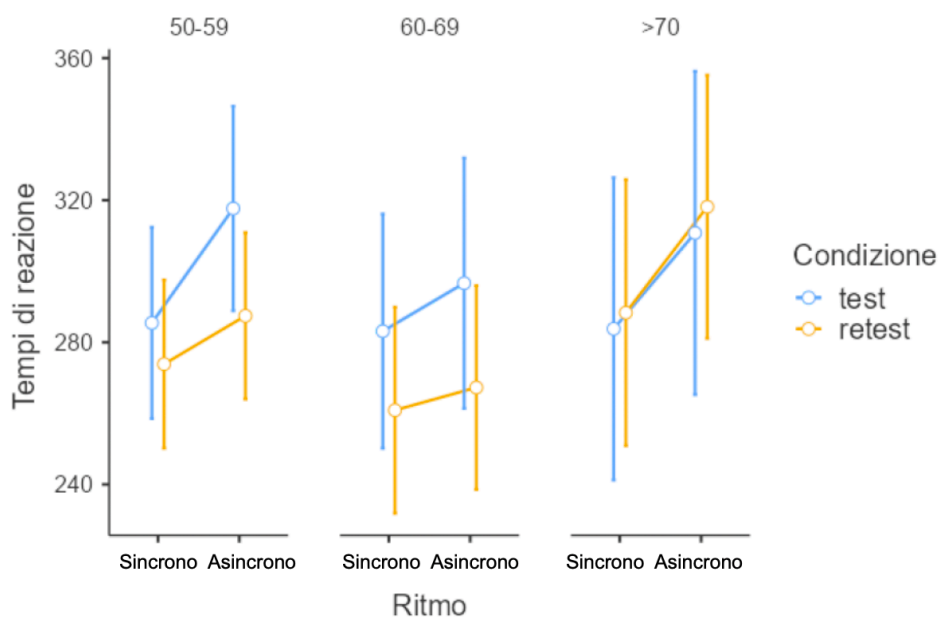


Figura 9 | Interazione a tre (Ritmo x Condizione x Gruppo d'età) nel compito di Ritmo.

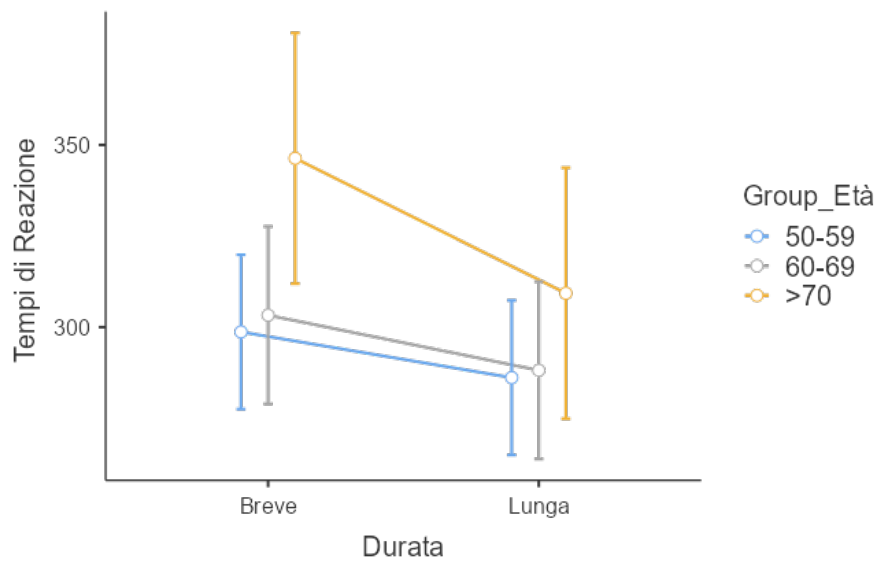
### 3.2.4.5 Risultati del task di Temporal Orienting

Per analizzare i dati del task di Temporal Orienting è stata condotta un'ANOVA a misure ripetute, con fattori within-subjects TO (predittivo e non predittivo), Durata (breve e lunga) e Condizione (test e retest) e fattore *between-subjects* Gruppo età (50-59, 60-69, >70).

Indipendentemente dal gruppo d'età dei soggetti, i fattori TO ( $F(1)=9.2365$ ,  $p=0.003$ ), Durata ( $F(1)=60.7414$ ,  $p<.001$ ) e Condizione ( $F(1)=7.1225$ ,  $p=0.009$ ) risultano tutti significativi.

La figura 10 illustra che con l'aumentare dell'età si ha un maggior effetto foreperiod: le persone anziane, essendo più lente nel rispondere, ottengono tempi di reazione più rapidi nelle durate lunghe rispetto a quelle brevi (la linea

gialla è più pendente rispetto alle altre due). L'interazione Durata x Gruppo d'età è risultata significativa ( $F(2)=6.2290$ ,  $p=0.003$ ).



*Figura 10 | Interazione a due (Durata x Gruppo d'età) nel compito di Temporal Orienting.*

Anche l'interazione tra TO x Durata x Gruppo d'età ( $F(2)=3.8817$ ,  $p=0.023$ ) si è rivelata significativa. La figura 11 mostra che i partecipanti più giovani sfruttano in modo più efficace i segnali predittivi, ottenendo TR più rapidi. Di conseguenza, non si osservano differenze significative tra durata di intervallo breve e lunga. Al contrario, quando il segnale non è predittivo, i partecipanti di questa fascia d'età (50-59 anni) si basano principalmente sull'effetto foreperiod, mostrando TR più rapidi per le durate di intervallo lunghe. Con l'avanzare dell'età, ossia dai 60 anni in poi, i partecipanti traggono sempre meno beneficio dai segnali predittivi e si affidano esclusivamente all'effetto foreperiod. Tuttavia, persistono risultati migliori quando i segnali sono predittivi rispetto a quando non lo sono.

In generale, i partecipanti hanno mostrato TR più rapidi nella condizione di retest rispetto a quella di test. Questo miglioramento potrebbe essere dovuto

alla maggiore familiarità con il compito, acquisita durante la prima sessione, oppure a una riduzione dell'ansia da prestazione.

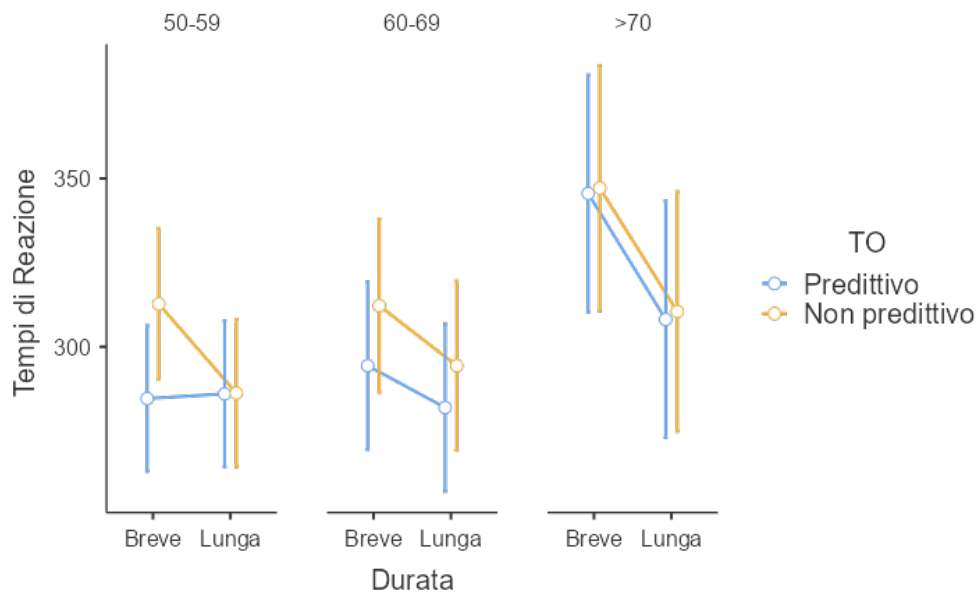


Figura 11 | Interazione a tre (Durata x TO x Gruppo d'età) nel compito di Temporal Orienting.

#### 4. DISCUSSIONE

I risultati di questo studio mirano a contribuire alla comprensione della percezione implicita del tempo nella popolazione adulta e anziana sana. Le ipotesi formulate sono state esaminate e confrontate con i dati raccolti attraverso una batteria di test progettata per valutare vari aspetti della percezione del tempo. I compiti di Foreperiod, Quesito Retrospettivo, Ritmo e Temporal Orienting sono stati utilizzati per esaminare la percezione del tempo implicito.

(1) I risultati ottenuti dal compito di Foreperiod hanno confermato un effetto foreperiod significativo, mostrando che i tempi di reazione dei partecipanti diventano progressivamente più rapidi all'aumentare della durata del foreperiod. Questa osservazione è in linea con la teoria proposta da Niemi e Näätänen (1981), che suggerisce che l'aumento della durata del foreperiod migliori i tempi di reazione. Una possibile interpretazione di questo fenomeno si basa sulla teoria di Gibbon (1997), secondo cui con il passare del tempo diventa sempre più difficile prevedere l'arrivo dello stimolo, poiché i soggetti devono adattarsi alla variabilità del tempo di attesa. Di conseguenza, per ottimizzare la loro preparazione, i partecipanti tendono a diventare più reattivi e concentrati durante gli intervalli di durata più lunga, risultando così più rapidi ed accurati (Coull & Nobre, 1998).

Un risultato particolarmente interessante è che l'effetto foreperiod si manifesta indipendentemente dall'età dei partecipanti, suggerendo che l'elaborazione implicita del tempo rimane stabile con l'invecchiamento. Questo è favorevole alla presente tesi, poiché indica che le capacità implicite di percezione del tempo sono indipendenti dal funzionamento cognitivo generale, contrariamente

all'aspetto esplicito, che tende a declinare con l'età. Tuttavia, è stato osservato un rallentamento nei tempi di reazione con l'avanzare dell'età, in linea con la letteratura scientifica (Vallesi et al., 2009; Capizzi et al., 2022).

Questo rallentamento potrebbe essere attribuito all'uso predominante dell'attenzione volontaria, necessaria per il compito. Con l'età, l'attenzione volontaria risulta meno efficace a causa della ridotta connettività nel lobo frontale, influenzando negativamente sul controllo esecutivo e sul processamento delle informazioni (Fabiani & Gratton, 2012). Poiché l'attenzione volontaria richiede un elevato dispendio di risorse cognitive e la connettività cerebrale anteriore diminuisce con l'età, il rallentamento osservato nei tempi di reazione dei soggetti anziani può essere considerato una conseguenza naturale di questi cambiamenti.

Infine, la stabilità dei risultati osservata nella condizione test-retest conferma l'affidabilità del compito nel misurare l'effetto foreperiod, rendendolo uno strumento efficace per valutare la percezione implicita del tempo in studi futuri.

(2) Dall'analisi dei risultati relativi al Quesito Retrospettivo emerge che i soggetti non mostrano differenze significative nelle stime temporali retrospettive, indipendentemente dall'età. Pertanto, l'ipotesi avanzata, secondo la quale la percezione dello sforzo cognitivo influisce sulla stima temporale (French et al., 2014), non trova conferma nei dati raccolti.

Un aspetto che meriterebbe ulteriori approfondimenti è l'influenza della difficoltà percepita del compito. Esplorare come questa possa influenzare la tendenza a sovrastimare o sottostimare il tempo trascorso potrebbe aiutare a chiarire le discrepanze riscontrate rispetto alla letteratura esistente. Includere una valutazione oggettiva di tale aspetto nella metodologia futura potrebbe fornire nuove intuizioni su come questo fattore modula le stime temporali, migliorando

l'allineamento con le teorie precedenti. In particolare, sarebbe interessante verificare se le sovrastime siano correlate a una maggiore difficoltà percepita e se, al contrario, le sottostime siano associate a una minore difficoltà.

Nonostante questa opportunità di approfondimento, il compito di Quesito Retrospettivo ha dimostrato una buona affidabilità, con assenza di differenze significative tra le condizioni test-retest.

(3) I risultati ottenuti dal compito di Ritmo confermano una differenza significativa nelle prestazioni tra ritmi regolari e irregolari, con un miglioramento sia in termini di accuratezza che di velocità di risposta quando i partecipanti sono stati esposti a stimolazioni ritmiche regolari. Questo effetto di facilitazione, riscontrato sia nella popolazione adulta che in quella anziana sana, si manifesta in una riduzione dei tempi di reazione, supportando l'ipotesi che un ritmo regolare possa ottimizzare la risposta. Questi risultati sono coerenti con quanto riportato nella letteratura esistente (Breska & Deouell, 2017; De la Rosa et al., 2012; Obleser et al., 2017), che evidenzia come un ritmo regolare favorisca le prestazioni, mentre un ritmo irregolare le comprometta.

Tuttavia, l'analisi dei dati non ha rivelato differenze significative nei tempi di reazione tra i diversi gruppi di età, contrariamente a quanto suggerito da precedenti ricerche (Vallesi et al., 2009; Capizzi et al., 2022).

La letteratura suggerisce che gli anziani, pur beneficiando della presenza di regolarità ritmica, mostrino generalmente tempi di reazione più lenti rispetto agli adulti, come osservato nel compito di Foreperiod. Una possibile spiegazione per l'assenza di differenze significative tra i gruppi potrebbe risiedere nelle diverse modalità di cue sensoriali utilizzate nei due studi: visiva nel compito di Foreperiod e uditiva nel compito di Ritmo. Davis et al. (2008), hanno dimostrato che negli anziani le aree frontali si attivano insieme alle regioni occipitali per



compensare le perdite funzionali legate all'invecchiamento durante l'elaborazione visiva. Questo potrebbe suggerire che la modalità visiva richieda un maggiore sforzo compensatorio rispetto a quella uditiva, la quale sembra essere relativamente preservata con l'avanzare dell'età, poichè le aree temporali non sembrano essere altrettanto compromesse. Il mantenimento della capacità uditiva potrebbe dunque aver attenuato le differenze di prestazione tra adulti e anziani in questo compito, dato che gli stimoli uditivi richiedono un minor coinvolgimento dei sistemi attentivi rispetto a quelli visivi (Čeponiene et al., 2008).

Un'ulteriore considerazione riguarda la stabilità e l'affidabilità del compito di Ritmo, come indicato dall'analisi test-retest, che non ha evidenziato differenze significative nelle prestazioni tra le due sessioni.

(4) I risultati ottenuti dal compito di Temporal Orienting dimostrano chiaramente che la presenza di stimoli temporali predittivi conduce a tempi di reazione significativamente più rapidi rispetto a quelli non predittivi, in linea con quanto riportato in letteratura (Chauvin et al., 2016). Questo effetto sottolinea l'importanza dei segnali di previsione, poichè è grazie alla loro presenza che le risposte risultano più precise e veloci (Coull & Nobre, 1998).

Tuttavia, il comportamento degli adulti differisce da quello degli anziani. Nella fascia d'età compresa tra i 50 e i 59 anni, i cue predittivi vengono utilizzati costantemente, come dimostrato dall'assenza di differenze nei TR tra intervalli di durata breve e lunga; mentre in condizione di non predittività, questi soggetti tendono a fare affidamento sull'effetto foreperiod. Con l'avanzare dell'età (dai 60 anni in poi), pur continuando ad ottenere prestazioni migliori nelle condizioni predittive rispetto a quelle non predittive, si osserva una progressiva riduzione nell'utilizzare i cue predittivi, fino al punto di ignorarli del tutto, con un maggior

affidamento sull'effetto foreperiod, il quale diventa più marcato. Sebbene possa apparire controintuitivo, ciò non dipende dal possedere una maggiore competenza, ma dal fatto che, essendo soggetti più lenti, dispongono di un margine di miglioramento più ampio negli intervalli di durata più lunga.

Inoltre, sono emerse differenze significative tra le condizioni di test e retest, indicando una possibile familiarità del task.

Un aspetto critico emerso dallo studio è l'affaticamento cognitivo segnalato dai partecipanti stessi, in particolare verso la fine del compito. Questo indica che il numero di stimoli presentati potrebbe essere troppo elevato, portando a un sovraccarico cognitivo. Per affrontare questa limitazione e migliorare la qualità delle prestazioni, sarebbe opportuno considerare una riduzione del numero di stimoli nelle future somministrazioni del compito. Una tale modifica potrebbe contribuire a una maggiore concentrazione e motivazione nei partecipanti, migliorando le prestazioni e rendendo i risultati più validi e robusti.

## **5. CONCLUSIONE**

Nel presente elaborato, si è cercato di verificare la validità e l'affidabilità di compiti specifici per la misurazione della componente implicita del tempo, con l'obiettivo di integrarli in una batteria di test per la valutazione della percezione del tempo in una popolazione sana. Questa nuova batteria mira a superare i limiti della BAASTA (Dalla Bella et al., 2017), offrendo uno strumento più completo e dettagliato per la valutazione delle abilità temporali.

L'approccio adottato si inserisce all'interno di una prospettiva di sviluppo ("*life-span psychology*", Baltes, 1987), che considera l'invecchiamento come un

processo multidirezionale e multidimensionale, capace di influenzare varie abilità che possono comportare sia cambiamenti che stabilità.

In questo contesto, le abilità temporali seguono due traiettorie distinte rispetto al funzionamento cognitivo generale: la componente esplicita ne è più influenzata in quanto richiede processi più consapevoli e volontari; mentre la componente implicita mostra una maggiore indipendenza, in quanto si basa su meccanismi più automatici e meno soggetti a controllo.

Compiti come il Foreperiod, il Ritmo e il Temporal Orienting hanno dimostrato che segnali di avvertimento, sia visivi che uditivi, segnali predittivi e segnali con ritmi regolari contribuiscano a migliorare le prestazioni nella percezione implicita del tempo. Al contrario, l'assenza di questi segnali è associata a una compromissione delle prestazioni, sottolineando l'importanza della regolarità e della prevedibilità per il corretto funzionamento quotidiano.

Dunque la capacità di prevedere e anticipare eventi consente una comprensione più accurata e concreta della realtà circostante. Sebbene adulti e anziani sani utilizzino strategie differenti e presentino tempi di risposta variabili, queste competenze rimangono applicabili in tutte le fasce d'età.

Per migliorare ulteriormente la validità dei risultati, sarebbe utile ampliare la numerosità del campione, garantendo una rappresentatività più accurata della popolazione e ottenendo inferenze statistiche più precise con minor possibilità d'errore. Inoltre, un campione più ampio faciliterebbe anche l'individuazione di differenze individuali. Un altro aspetto importante sarebbe ridurre la quantità degli stimoli nel compito di Temporal Orienting, poichè i partecipanti hanno mostrato segni di affaticamento e distrazione.

In conclusione, i compiti utilizzati in questo studio per misurare la componente implicita del tempo si sono dimostrati strumenti affidabili e idonei per essere

integrati nella nuova batteria di test per la valutazione della percezione del tempo. L'inclusione di test neuropsicologici e di compiti che includono stimolazioni visive, oltre a quelle uditive, si rivela promettente per comprendere i diversi aspetti delle abilità temporali nello sviluppo e nell'invecchiamento, e potrebbe avere significative applicazioni cliniche e riabilitative, contribuendo anche alla diagnosi precoce di disturbi neurologici e psicologici.

## BIBLIOGRAFIA

- Aagten-Murphy, D., Iversen, J. R., Williams, C. L., & Meck, W. H. (2014). Novel inversions in auditory sequences provide evidence for spontaneous subtraction of time and number. *Timing & Time Perception, 2*, 188–209.
- Allan, L. (1998). The influence of the scalar timing model on human timing research. *Behavioural Processes, 44*, 101-117.
- Baltes, P. B. (1987). Theoretical propositions of life-span developmental psychology: On the dynamics between growth and decline. *Developmental Psychology, 23*(5), 611–626. Retrieved from <https://doi.org/10.1037/0012-1649.23.5.611>
- Barnes, R., & Jones, M. R. (2000). Expectancy, attention, and time. *Cognitive Psychology, 41*, 254-311.
- Bausenhart, K. M., Rolke, B., & Ulrich, R. (2008). Temporal preparation improves temporal resolution: Evidence from constant foreperiods. *Perception & Psychophysics, 70*(8), 1504–1514.
- Beudel, M., Renken, R., Leenders, K. L., & de Jong B. M. (2009). Cerebral representations of space and time. *Neuroimage, 44*, 1032–1040.
- Block, R. A. (1990). Models of psychological time. In R. A. Block (Ed.), *Cognitive models of psychological time* (pp. 1–35). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Block, R. A. (2003). Psychological timing without a timer: The roles of attention and memory. In H. Helfrich (Ed.), *Time and mind II* (pp. 41-60). Göttingen: Hogrefe & Huber.
- Block, R. A., & Zakay, D. (1997). Prospective and retrospective duration judgments: A meta-analytic review. *Psychonomic Bulletin & Review, 4*, 184-197.

- Block, R. A., & Zakay, D. (2008). Timing and remembering the past, the present, and the future. In S. Grondin (Ed.), *Psychology of time* (pp. 367-394).
- Bollinger, J., Rubens, M. T., Masangkay, E., Kalkstein, J., Gazzaley, A. (2011). An expectation-based memory deficit in aging. *Neuropsychologia*, *49*, 1466–1475.
- Borkowski, J. G., Benton, A. L., & Spreen, O. (1967). Word fluency and brain damage. *Neuropsychologia*, *5*(2), 135-140.
- Breska, A., Deouell, L. Y. (2017). Neural mechanisms of rhythm-based temporal prediction: Delta phase blocking reflects temporal predictability but not rhythmic entrainment. *PLoS Biology*, *15*(2), e2001665.
- Brown, S. W. (1997). Attentional resources in timing: Interference effects in concurrent temporal and nontemporal working memory tasks. *Perception & psychophysics*, *59*(7), 1118-1140.
- Buhusi, C. V., & Meck, W. H. (2005). What makes us tick? Functional and neural mechanisms of interval timing. *Nature reviews neuroscience*, *6*(10), 755-765.
- Buhusi, C. V., & Meck, W. H. (2009). Relativity Theory and Time Perception: Single or Multiple Clocks? *PLoS ONE*, *4*(7), e6268. Retrieved from <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0006268>
- Cabeza, R. E., Anderson, N. D., Locantore, J. K., & McIntosh, A. R. (2002). Aging gracefully: Compensatory brain activity in high-performing older adults. *Neuroimage*, *17*(3), 1394-1402.
- Capizzi, M., & Correa, A. (2018). "Measuring Temporal Preparation". In *Timing and Time Perception: Procedures, Measures, and Applications*. Leiden, The Netherlands: Brill.

- Capizzi, M., Visalli, A., Faralli, A., & Mioni, G. (2022). Explicit and implicit timing in older adults: Dissociable associations with age and cognitive decline. *PLoS One*, *17*(3), e0264999–e0264999. Retrieved from <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0264999>
- Čeponiene, R., Westerfield, M., Torki, M., & Townsend, J. (2008). Modality-specificity of sensory aging in vision and audition: Evidence from event-related potentials. *Brain Research*, *1215*, 53–68. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2008.02.010>
- Chauvin, J. J., Gillebert, C. R., Rohenkohl, G., Humphreys, G. W., & Nobre, A. C. (2016). Temporal orienting of attention can be preserved in normal aging. *Psychology and aging*, *31*(5), 442–455. Retrieved from <https://doi.org/10.1037/pag0000105>
- Correa, A. (2010). Enhancing behavioural performance by visual temporal orienting. In Nobre, A. C. and Coull, J. T. (Eds.), *Attention and time* (pp. 357–370). Oxford University Press.
- Correa, A., Lupianez, J., & Tudela, P. (2005): Attentional preparation based on temporal expectancy modulates processing at the perceptual level. *Psychon Bull Rev*, *12*, 328-334.
- Correa-Jaraba, K. S., Cid-Fernández, S., Lindín, M., & Díaz, F. (2016). Involuntary capture and voluntary reorienting of attention decline in middle-aged and old participants. *Frontiers in Human Neuroscience*, *10*, Article 129. Retrieved from <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00129>
- Coull, J. T. (2009). Neural substrates of mounting temporal expectation. *PLoS Biology*, *7*(8), e1000166.

- Coull, J. T., Cheng, R. K., & Meck, W. H. (2011). Neuroanatomical and neurochemical substrates of timing. *Neuropsychopharmacology*, *36*(1), 3–25. Retrieved from <https://doi.org/10.1038/npp.2010.113>
- Coull, J. T., Frith, C. D., Buchel, C., & Nobre, A. C. (2000). Orienting attention in time: behavioural and neuroanatomical distinction between exogenous and endogenous shifts. *Neuropsychologia*, *38*, 808–819.
- Coull, J. T., & Nobre, A. C. (1998). Where and when to pay attention: the neural systems for directing attention to spatial locations and to time intervals as revealed by both pet and fMRI. *Journal of Neuroscience*, *18*(18), 7426–7435.
- Coull, J. T., & Nobre, A. C. (2008). Dissociating explicit timing from temporal expectation with fMRI. *Neurobiology*, *18*(2), 137–144. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.conb.2008.07.011>
- Dalla Bella, S., Farrugia, N., Benoit, C.E., Begel, V., Verga, L., Harding, E., Kotz, S.A. (2017). BAASTA: Battery for the Assessment of Auditory Sensorimotor and Timing Abilities. *Behav Res Methods*, *49*(3), 1128-1145. doi: 10.3758/s13428-016-0773-6.
- Davis, S. W., Dennis, N. A., Daselaar, S. M., Fleck, M. S., & Cabeza, R. (2008). Que pasa? The posterior-anterior shift in aging. *Cerebral Cortex*, *18*(5), 1201-1209.
- De Beni, R., & Borella, E. (2015). *Psicologia dell'invecchiamento e della longevità*. Bologna: il Mulino.
- De la Rosa, M. D., Sanabria, D., Capizzi, M., & Correa, A. (2012). Temporal preparation driven by rhythms is resistant to working memory interference. *Frontiers in Psychology*, *3*, 308.
- Droit-Volet, S., & Meck, W. H. (2007). How emotions colour our perception of time. *Trends in cognitive sciences*, *11*(12), 504-513.



- Einstein, A. (1938). On the effects of external sensory input on time dilation. *J Exothermic Sci Technol* 1: Quoted later: Mirsky S. Einstein's heat. *Scientific American* 287, p. 102, 2002.
- Elithorn, A., & Lawrence, C. (1955). Central inhibition: Some refractory observations. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 11, 211–220.
- Fabiani, M., & Gratton, G. (2012). Aging, working memory, and attention control: a tale of two processing streams? In: Stuss DT, Knight RT, editors. *Principles of frontal lobe function*. Ed 2. New York: Oxford UP.
- Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). “Mini-mental state”: a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of psychiatric research*, 12(3), 189-198.
- French, R. M., Addyman, C., Mareschal, D., & Thomas, E. (2014). GAMIT — A fading-Gaussian activation model of interval-timing: Unifying prospective and retrospective time estimation. *Timing Time Percept. Rev.*, 1, Art. 2.
- Ghose, G. M., & Maunsell, J. H. (2000): Attentional modulation in visual cortex depends on task timing. *Nature*, 419, 616-620.
- Gibbon, J. (1977). Scalar expectancy theory and Weber’s law in animal timing. *Psychological Review*, 84, 279–385.
- Gibbon, J., Church, R. M., & Meck, W. (1984). Scalar timing in memory. *Annals of the New Academy of Sciences*, 423, 52-77.
- Gil, S., & Droit-Volet, S., (2011). How do emotional facial expressions influence our perception of time? In S. Masmoudi, D. Yan Dai & A. Naceur (Eds). *Attention, Representation, and Human Performance: Integration of Cognition, Emotion and Motivation*. London: Psychology Press, Taylor & Francis.
- Grondin, S. (2008). *Psychology of Time*. Emerald Group Publishing

- Grondin, S. (2010). Timing and time perception: A review of recent behavioral and neuroscience findings and theoretical directions. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 72 (3), 561-582. DOI: 10.3758/APP.72.3.561
- Hämmerer, D., Li, S. C., Müller, V., Lindenberger, U. (2010). An electrophysiological study of response conflict processing across the lifespan: Assessing the roles of conflict monitoring, cue utilization, response anticipation, and response suppression. *Neuropsychologia*, 48, 3305–3316.
- Iversen, J. R., Patel, A. D., & Ohgushi, K. (2008). Perception of rhythmic grouping depends on auditory experience. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 124(4), 2263-2271.
- Janssen, P., & Shadlen, M. N. (2005). A representation of the hazard rate of elapsed time in macaque area LIP. *Nature reviews Neuroscience*, 8, 234-241.
- Jones, M. R., & Boltz, M. (1989). Dynamic attending and responses to time. *Psychological Review*, 96, 459-491. Retrieved from <https://doi.org/10.1037/0033-295X.96.3.459>
- Karmarkar, U. R., & Buonomano, D. V. (2007). Timing in the absence of clocks: Encoding time in neural network states. *Neuron*, 53, 427-438.
- Koch, G., Oliveri, M., & Caltagirone, C. (2009). Neural networks engaged in milliseconds and seconds time processing: evidence from transcranial magnetic stimulation and patients with cortical or subcortical dysfunction. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 364(1525), 1907-1918.
- Leenders, K. L., Perani, D., Lammertsma, A. A., Heather, J. D., Healy, M. J., Gibbs, J.M., Wise, R. J., et al. (1990). Cerebral blood flow, blood volume and oxygen utilization. Normal values and effect of age. *Brain*, 113 (1), 27-47. DOI: 10.1093/brain/113.1.27

- Lincourt, A. E., Folk, C. L., & Hoyer, W. J. (1997). Effects of aging on voluntary and involuntary shifts of attention. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 4(4), 290–303. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/13825589708256654>
- Marinho, V., Pinto, G. R., Figueiredo, R., Ayres, C., Bandeira, J., & Teixeira, S. (2019). The BDNF Val66Met polymorphism promotes changes in the neuronal integrity and alters the time perception. *Journal of Molecular Neuroscience*, 67(1), 82-88.
- Martin, T., Houck, J. M., Bish, J. P., Kicic, D., Woodruff, C. C., Moses, S. N., et al. (2006). MEG reveals different contributions of somatomotor cortex and cerebellum to simple reaction time after temporally structured cues. *Human Brain Mapping*, 27, 552–561.
- Martin, T., Houck, J. M., Kicic, D., & Tesche, C. D. (2008). Interval timers and coupled oscillators both mediate the effect of temporally structured cueing. *Neuroimage*, 40, 1798-1806.
- Meck, W. H. (Ed.). (2003). *Functional and neural mechanisms of interval timing*. CRC Press/Routledge/Taylor & Francis Group. Retrieved from <https://doi.org/10.1201/9780203009574>
- Meck, W. H., Penney, T. B., & Pouthas, V. (2008). Cortico-striatal representation of time in animals and humans. *Current Opinion in Neurobiology*, 18, 145-152
- Mioni, G. (2018). Methodological issues in the study of prospective timing, timing and time perception: procedures, measures & applications. *Brill*, 79-97.
- Mioni, G., Cardullo, S., Ciavarelli, A., & Stablum, F. (2021). Age-related changes in time discrimination: The involvement of inhibition, working memory and speed of processing. *Current Psychology: A Journal for Diverse Perspectives*

- on *Diverse Psychological Issues*, 40(5), 2462–2471. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s12144-019-00170-8>
- Mioni, G., Grondin, S., Bardic, L., & Stablum, F. (2020). Understanding time perception through non-invasive brain stimulation techniques: A review of studies. *Behavioural Brain Research*.
- Mondini, S., Vestri, A., Mapelli, D., & Bisiacchi, P. (2003). *L' esame Neuropsicologico Breve*. Milano: Raffaello Cortina.
- Nani, A., Manuello, J., Liloia, D., Duca, S., Costa, T., & Cauda, F. (2019). The Neural Correlates of Time: A Meta-analysis of Neuroimaging Studies. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 31(12), 1796–1826. Retrieved from [https://doi.org/10.1162/jocn\\_a\\_01459](https://doi.org/10.1162/jocn_a_01459)
- Niemi, P., & R. Näätänen (1981). Foreperiod and simple reaction time. *Psychological Bulletin*, 89(1), 133–162.
- Noulhiane, M., Mella, N., Samson, S., Ragot, R., & Pouthas, V. (2007). How emotional auditory stimuli modulate time perception. *Emotion*, 7(4), 697.
- O'Reilly, J. X., Mesulam, M. M., & Nobre, A. C. (2008). The cerebellum predicts the timing of perceptual events. *Journal of Neuroscience*, 28, 2252–2260.
- Obleser, J., Henry, M. J., & Lakatos, P. (2017). What do we talk about when we talk about rhythm? *PLoS Biol*, 15, e2002794.
- Ornstein, R. (1969). *On the experience of time*. New York: Penguin.
- Posner, M. I., Snyder, C. R., & Davidson, B. J. (1980). Attention and the detection of signals. *Journal of Experimental Psychology*, 109(2), 160–174.
- Praamstra, P., Kourtis, D., Kwok, H. F., & Oostenveld, R. (2006). Neurophysiology of implicit timing in serial choice reaction-time performance. *Journal of Neuroscience*, 26, 5448–5455.

- Rammsayer, T. H. (1997). On the relationship between personality and time estimation. *Personality and Individual Difference*, 23, 739–744.
- Raz, N. (2000). Aging of the brain and its impact on cognitive performance: Integration of structural and functional findings. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Eds.), *The handbook of aging and cognition* (2nd ed., pp. 1–90). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Reuter-Lorenz, P., & Cappell, K. (2008). Neurocognitive aging and the compensation hypothesis. *Current Direction in Psychological Sciences*, 17, 177-182.
- Rey, A. (1958). *L'examen clinique en psychologie*. Presse Universitaires de France, Paris.
- Riehle, A., Grun, S., Diesmann, M., & Aertsen, A. (1997). Spike synchronization and rate modulation differentially involved in motor cortical function. *Science*, 278, 1950-1953.
- Roeckelein, J. E. (2008). History of Conceptions and Accounts of Time and Early Time Perception Research. *Psychology of Time* (pp. 1-50).
- Sakai, K., Hikosaka, O., Takino, R., Miyauchi, S., Nielsen, M., & Tamada, T. (2000). What and when: parallel and convergent processing in motor control. *Journal of Neuroscience*, 20, 2691-2700.
- Schöner, G. (2002). Timing, clocks, and dynamical systems. *Brain & Cognition*, 48, 31-51. Retrieved from <https://doi.org/10.1006/brcg.2001.1302>
- Schubotz, R. I. (2007). Prediction of external events with our motor system: towards a new framework. *Trends Cogn Sci*, 11, 211-218.
- Schubotz, R. I., & von Cramon, D. Y. (2001). Functional organization of the lateral premotor cortex: fMRI reveals different regions activated by

- anticipation of object properties, location and speed. *Brain Res Cogn Brain Res*, 11, 97-112.
- Serrien, D. J., Ivry, R. B., & Swinnen, S. P. (2006). Dynamics of hemispheric specialization and integration in the context of motor control. *Nat Rev Neurosci*, 7, 160-166.
- Sheikh, J. I., Yesavage, J. A. (1986). Geriatric Depression Scale (GDS): Recent Evidence and Development of a Shorter Version. *Journal of Aging and Mental Health*, 5(1-2), 165-173.
- Spencer, R. M., Zelaznik, H. N., Diedrichsen, J., & Ivry, R. B. (2003). Disrupted timing of discontinuous but not continuous movements by cerebellar lesions. *Science*, 300, 1437–1439.
- Spinnler, & Tognoni. (1987).
- Steinborn, M. B., Rolke, B., Bratzke, D., & Ulrich, R. (2008). Sequential effects within a short foreperiod context: Evidence for the conditioning account of temporal preparation. *Acta Psychologica (Amst)*, 129(2), 297–307.
- Taatgen, N. A., Van Rijn, H., & Anderson, J. R. (2007). An integrated theory of prospective time interval estimation: the role of cognition, attention and learning. *Psychology Review*, 114(3), 577–598.
- The jamovi project (2022). jamovi. (Version 2.3) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>
- Tobin, S., Bisson, N., & Grondin, S. (2010). An ecological approach to prospective and retrospective timing of long durations: A study involving gamers. *PLoS ONE*, 5(2), e9271. Retrieved from <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0009271>

- Treisman, M., (1963). Temporal discriminations and the indifference interval: Implications for a model of the “internal clock”. *Psychological Monographs*, 576, 1–31.
- Tulving, E. (2002). Chronesthesia: Conscious awareness of subjective time. In D. T. Stuss & R. T. Knight (Eds.), *Principles of frontal lobe function* (pp. 311-325). New York: Oxford University Press.
- Turgeon, M., Lustig, C., & Meck, W. H. (2016). Cognitive aging and time perception: Roles of Bayesian optimization and degeneracy. *Front. Aging Neurosci.*, 8, 102. doi: 10.3389/fnagi.2016.00102
- Vallesi, A., McIntosh, A. R., Shallice, T., Stuss, D. T. (2009). When time shapes behavior: fMRI evidence of brain correlates of temporal monitoring. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21, 1116–1126.
- Vallesi, A., McIntosh, A. R., & Stuss, D. T. (2009). Temporal preparation in aging: A functional MRI study. *Neuropsychologia*, 47(13), 2876–2881. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2009.06.013>
- Wittmann, M., Vollmer, T., Schweiger, C., & Hiddemann, W. (2006). The relation between the experience of time and psychological distress in patients with hematological malignancies. *Palliative & supportive care*, 4(4), 357-363.
- Wolpert, D. M., Miall, R. C., & Kawato, M. (1998). Internal models in the cerebellum. *Trends Cogn Sci*, 2, 338–347.
- Zakay, D. (1990). The evasive art of subjective time measurement: Some methodological dilemmas. In R. A. Block (Ed.), *Cognitive models of psychological time* (pp. 59–84). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Zanto, T. P., Pan, P., Liu, H., Bollinger, J., Nobre, A. C., & Gazzaley, A. (2011). Age-related changes in orienting attention in time. *Journal of Neuroscience*,

31(35), 12461–12470. Retrieved from <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1149-11.2011>