



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI
PADOVA**

Dipartimento di Psicologia Generale

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

Tesi di laurea Magistrale

***Studio pilota per la creazione di una nuova batteria per la
valutazione della percezione del tempo nell'invecchiamento***

Pilot study for a new battery for the evaluation of time perception in aging

Relatrice: Prof. Mioni Giovanna

Laureanda: Pollet Sonia

Matricola: 2023831

Anno accademico: 2021-2022

INDICE

1. INTRODUZIONE	1
1.1. Modelli sulla percezione del tempo	1
1.1.1. Scalar Expectancy Theory	2
1.1.2. Attentional Gate Model	3
1.1.3. Dynamic Attending Theory	4
1.1.4. Modelli di codifica spaziale- network neurali	5
1.2. Aree cerebrali coinvolte nella percezione del tempo	5
1.2.1. Gangli della base	8
1.2.2. Cervelletto	10
1.2.3. Cortecce frontali e prefrontali	11
1.2.4. Area Supplementare Motoria	11
1.3. Funzioni cognitive coinvolte	13
1.4. Relazione con l'invecchiamento	16
1.4.1. Cos'è l'invecchiamento	16
1.4.2. L'invecchiamento patologico	17
1.4.3. Relazione tra invecchiamento e percezione del tempo	20
1.5. Compiti espliciti e impliciti	22
1.5.1. I Compiti espliciti	24
1.5.2. I compiti impliciti	25
1.6. La batteria BAASTA	26
1.6.1. Compiti	26
1.7. Obiettivi dell'elaborato	29

2. METODO	31
2.1. Campione	31
2.2. Procedura	33
2.3. Modalità di somministrazione	34
2.4. Prove neuropsicologiche	35
2.4.1. Mini Mental State Examination	35
2.4.2. Prova di memoria di Babcock	35
2.4.3. 15 parole di Rey	36
2.4.4. Trial Making Test-a e Trial Making Test-b	36
2.4.5. FAS	37
2.5. Compiti temporali	38
2.5.1. Finger tapping free	38
2.5.2. Finger tapping 1 second	38
2.5.3. Bisezione	39
2.5.4. Foreperiod	42
2.5.5. Domanda retrospettiva	43
2.5.6. Ritmo	44
2.5.7. Riproduzione	45
2.5.8. Produzione	48
3. RISULTATI	51
3.1. Finger tapping free	51
3.2. Finger tapping 1 second	52
3.3. Bisezione	53
3.4. Riproduzione	55

3.5. Produzione	58
4. DISCUSSIONE	60
4.1. Finger tapping	60
4.2. I compiti espliciti	61
4.2.1. Bisezione	62
4.2.2. Riproduzione	63
4.2.3. Produzione	65
4.3. Limiti	66
4.4. Conclusioni	68
BIBLIOGRAFIA	70

Individuals, and societies, are the stuff of which time is made. (Golombek, 2014)

INTRODUZIONE

L'uomo è una macchina complessa, che si evolve nello spazio ma soprattutto nel tempo. E studiare non solo come si è evoluto nel corso del tempo, ma anche come esso percepisce lo scorrere del tempo è di fondamentale importanza per capire il funzionamento di molti altri processi cognitivi che lo caratterizzano. La percezione del tempo è infatti alla base di quasi tutte le nostre attività quotidiane, e va indagata sia in soggetti sani sia nelle condizioni patologiche, per capire la relazione che essa ha con le altre funzioni cognitive. Rispetto alla memoria o all'attenzione, lo studio della percezione del tempo non è stato ancora approfondito in modo esaustivo: ad oggi non si conoscono in modo chiaro i meccanismi del suo funzionamento. Questo da un lato si può attribuire alla difficoltà di trovare una sede anatomica precisa, dall'altro alla mancanza di strumenti per misurare questa dimensione.

In questo elaborato, si andrà a illustrare una nuova batteria sviluppata per studiare la percezione del tempo in modo da esaminarne meglio le caratteristiche.

1.1 MODELLI SULLA PERCEZIONE DEL TEMPO

Negli anni gli studiosi interessati a comprendere come funzioni la percezione del tempo hanno formulato diverse teorie: nei primi studi questa è stata testata sia sugli animali sia successivamente sull'uomo.

Attualmente la teoria più condivisa è quella che spiega la percezione del tempo con i modelli "clock-counter", i quali raggruppano teorie come la Scalar Expectancy Theory (Gibbon, 1977; Gibbon, Church & Meck et al., 1984), l'Attentional Gate Model (AGM;

Zakay & Block, 1997) e la Dynamic Attending Theory (Jones & Bolz, 1989). Prima di spiegare in modo più dettagliato ciascun modello, va spiegato il nesso comune tra questi: la relazione tra “orologio interno” (“internal clock”), memoria e processi decisionali nella percezione del tempo.

Per orologio interno si intende un oscillatore endogeno (pacemaker neurale) che emette pulsazioni durante un intervallo temporale specifico, le quali sono trasmesse ad un accumulatore; il compito dell’accumulatore è quello di contarle e trasferire le informazioni in memoria. Per ogni modello questo concetto verrà approfondito meglio e declinato al suo interno.

1.1.1 Scalar Expecting Theory

In ordine cronologico, tra i primi ad aver proposto questa visione della percezione del tempo ci sono Gibbon, con i colleghi Church e Meck (1984), anche a seguito di quanto già proposto da Treisman (1963), i quali propongono questa visione della percezione del tempo. La teoria nasce per spiegare le proprietà temporali dell’apprendimento condizionato negli animali, ed è stata formulata in seguito all’analisi di esperimenti con i topi.

In questo modello composto da tre fasi, l’orologio interno corrisponde alla prima, chiamata appunto “clock stage”. Esso si può descrivere come un pacemaker che invia in modo costante impulsi all’accumulatore durante uno specifico intervallo. Nella seconda fase (“memory stage”), l’accumulatore conta questi impulsi e immagazzina quest’informazione in una memoria detta “di riferimento”. Grazie a questo, il soggetto può compiere decisioni temporali. Infine, la terza e ultima fase del modello è stata chiamata “decision stage” e prevede il confronto della durata nella memoria di riferimento

con una nuova durata, tramite la memoria di lavoro, per stabilire quale tra le due durate presentate sia più lunga. Da questo confronto è possibile formulare un giudizio temporale sulla base del numero di impulsi che sono raccolti dall'accumulatore: questo numero è però soggettivo e dipende da diversi fattori. Infatti, autori successivi hanno cercato di definire quali fossero e in che modo contribuissero: dal ruolo dell'arousal (Allmann, 2012, Angrilli, Cherubini, Pavese & Mantredini, 1997) al ruolo di componenti cognitive come l'attenzione (Attentional Gate Model, Zakay & Block, 1997).

1.1.2 Attentional Gate Model

In questo modello infatti viene ripreso il modello di Gibbon e colleghi (1984), ma viene data importanza al ruolo dell'attenzione in questo processo di codifica: viene infatti introdotto un gate attentivo tra il pacemaker e l'accumulatore.

Questo passaggio intermedio permette di spiegare in parte la differenza di performance nei soggetti: se infatti si presta attenzione al compito temporale, il numero di impulsi che arriva all'accumulatore consente di ottenere performance molto buone nella decisione temporale (Zakay & Block, 1997).

Al contrario, se l'attenzione non è specificamente rivolta al compito temporale in corso, la performance peggiora. Questo è dimostrato da diversi studi (Brown, 1997, Macar, Grondin & Casini, 1994) e dal confronto delle performance di soggetti in compiti temporali presentati singolarmente oppure nelle condizioni di doppio-compito (Capizzi, Sanabria, & Correa, 2012, Brown, 2008). In questi ultimi, infatti, si nota un decadimento della performance dovuta a una distribuzione delle risorse attentive, in linea con il funzionamento di tutti i compiti di tipo cognitivo.

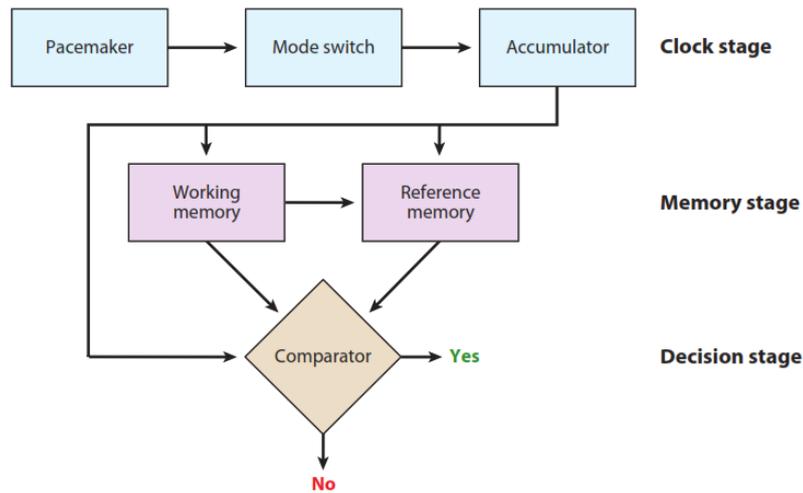


Figura 1: Rappresentazione grafica dei modelli che prevedono un orologio interno.

Adattata da Church (1984), Treisman (1963, 1984) e Meck (1984).

1.1.3 Dynamic Attending Theory

Anche in questa teoria si segue il modello dell'orologio interno, e si specificano in particolare due componenti dell'orologio interno, chiamato qui "oscillator": una parte prevede un processo di oscillazione, ovvero di scarica di impulsi, non lineare al quale si somma un processo di scarica ritmico costante. Da questa somma nasce un ritmo attentivo, che si adatta agli stimoli esterni, con la finalità di avvicinare la sua struttura il più possibile alla sequenza esterna (Large & Jones, 1999).

Il modello è ripreso anche successivamente, da Treisman, Faulkner, Naish & Brogan (1990), in cui vengono rinominate le due componenti: si parla infatti rispettivamente di oscillatore temporale (temporal oscillation, TO) e di unità di calibrazione (calibration unit, CU).

La visione dominante in letteratura rimane questa, dove è l'orologio interno a guidare le decisioni temporali. Con questa visione si spiegano anche gli errori commessi

nel giudizio temporale, attribuendoli principalmente a errori al livello del pacemaker e solo più raramente alle altre componenti del modello.

1.1.4 Modelli di Codifica Spaziale- Network Neurali

Leggendo gli eventi da un'altra prospettiva, alcuni autori (Buonomano, 2007, Ivry & Schlerf, 2008) non condividono l'esistenza di un orologio interno come spiegazione al funzionamento dei processi temporali. Essi riconoscono piuttosto questi processi come frutto di meccanismi cognitivi, come l'attenzione, la memoria e il controllo motorio, senza coinvolgere l'idea di un orologio interno.

Questo perché, secondo diversi autori, il concetto di orologio interno non spiega le regolarità temporali invece osservate nell'esecuzione dei compiti motori (Zelazink, Spencer & Ivry, 2008).

L'alternativa proposta spiega la rappresentazione delle durate temporali come un cambiamento tempo-dipendente nei network neurali: la discriminazione di queste avviene come discriminazione di pattern spaziali, che equivalgono al modo in cui le durate sono rappresentate in memoria; si può quindi parlare di modelli di codifica spaziale del tempo. Questa visione è condivisa da teorie come la "State Dependent Network" (Buonomano, 2007) e il cosiddetto "Intrinsic Model" (Ivry et al., 2008).

1.2 AREE CEREBRALI COINVOLTE NELLA PERCEZIONE DEL TEMPO

Negli ultimi decenni, l'interesse crescente verso le neuroscienze e la ricerca delle basi neurali delle diverse funzioni cognitive, ha portato un grande contributo alla conoscenza della funzione delle diverse aree cerebrali.

È infatti risaputo come il lobo occipitale sia la principale sede dei processi visivi, di come il lobo temporale sinistro sia maggiormente specializzato sul linguaggio o del ruolo chiave della corteccia prefrontale nelle funzioni esecutive.

La percezione del tempo è sicuramente una funzione ancora da indagare, ma diversi studi si sono concentrati alla ricerca di una sede, e qui di seguito si presenteranno le principali conclusioni a cui si è giunti finora.

Anzitutto, va ricordato che la percezione del tempo è un campo di indagine molto vasto, e va certamente specificato prima cosa si intende per “tempo”: il tempo percepito da un individuo può variare da pochi ms a cicli di molte ore (ritmo circadiano) fino ad arrivare a cicli di molti giorni (es. ciclo mestruale). È quindi lecito pensare l’elaborazione di durate così differenti possa coinvolgere aree, e quindi processi, distinti.

Tendenzialmente, per l’utilità di questo elaborato, verranno riportati studi dove vengono approfondite soprattutto le aree cerebrali che si pensa siano coinvolte nell’elaborazione di intervalli temporali, relativamente brevi (da secondi a minuti).

Prima di proseguire però, va aperta una breve digressione sul fatto che lo studio di intervalli temporali più lunghi, come il ritmo circadiano e in generale i ritmi biologici, abbia trovato molto spazio all’interno della letteratura, e di come ad oggi si abbia a disposizione una vasta conoscenza delle loro basi neurali. Questo permette non solo di avere un termine di confronto per gli studi sugli intervalli più brevi, che invece muovono ancora i primi passi, ma anche di conoscere meglio le relazioni tra questi due diversi aspetti di uno stesso ambito. Golombek, Bussi & Agostino et al. (2014) dimostrano infatti come il ritmo circadiano influenzi non solo le funzioni cognitive in diversi compiti, ma abbia un’influenza anche sui compiti temporali con intervalli brevi (da secondi a minuti). L’orologio interno infatti subisce le influenze di variazioni di diversi fattori

regolati dal ritmo circadiano: temperatura, attenzione, emozioni, farmaci e dieta (Cheng, Meck & Williams et al., 2006, DroitViolet & Meck, 2007).

In questo lavoro viene inoltre proposto un modello biologico alternativo, che racchiuderebbe una visione più ampia del funzionamento della percezione del tempo, dove si include anche la stagionalità e le influenze della melatonina e della noradrenalina, in relazione con l'ipotalamo, i circuiti cortico-striatali e il cervelletto, e ancora di dopamina e di GABA e glutammato.

Per approfondimenti del tema si rimanda al lavoro di Golombeck e colleghi, riportato in Figura 2 (2014).

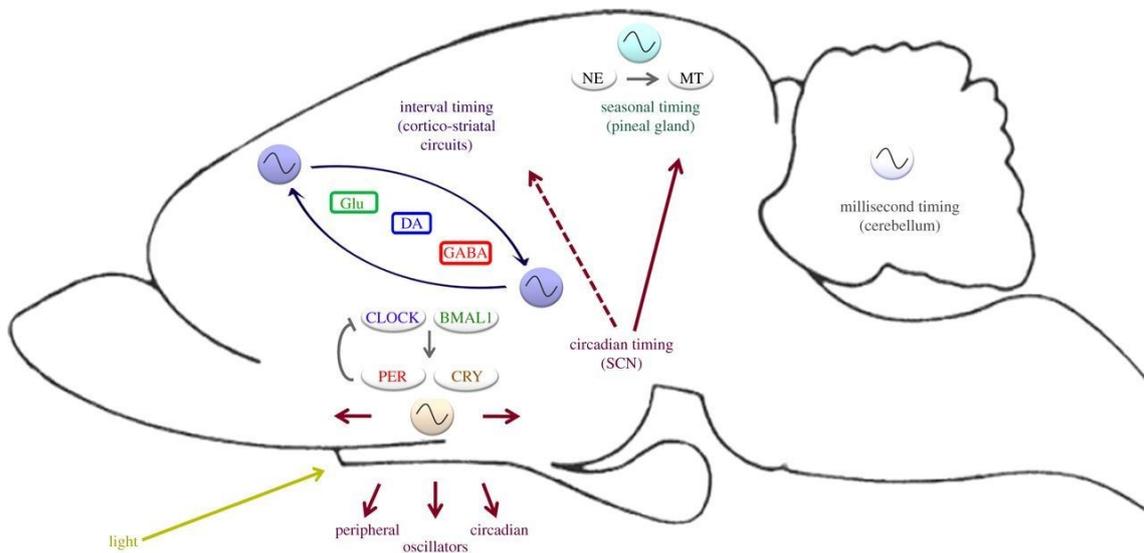


Figura 2: modello di Golombeck e colleghi, 2014

Proseguendo, anche per dare un significato a quanto riportato dal modello di Golombeck et al. (2014), si presenta un riassunto delle principali aree che attualmente si ritiene siano coinvolte nell'elaborazione di intervalli da millisecondi a secondi, di interesse specifico per questo elaborato poiché sono quelli indagati dai compiti presenti nella batteria descritta in seguito. La scelta di questi specifici intervalli, molto brevi, è stata ponderata

sul fatto che la discriminazione di questi range temporali è alla base di gran parte dei comportamenti umani e dell'apprendimento (Paton & Buonomano, 2018).

Gli studi presenti in letteratura sono concordi nell'attribuire ai gangli della base, al cervelletto e alla corteccia frontale un ruolo chiave nell'elaborazione temporale (Coull & Nobre, 2008). Nello specifico, non tutta la corteccia frontale è coinvolta, ma si parla soprattutto della parte inferiore destra, della Supplementary Motor Area (SMA) e delle aree premotorie, oltre che della corteccia prefrontale (Almann, Teki, Griffiths & Meck, 2013).

1.2.1. Gangli della base

L'elaborazione temporale nel range dei millisecondi è stata associata all'attivazione delle aree deputate all'elaborazione sensoriale, la più basilare. Nello specifico, si fa riferimento ai gangli della base come principale sede della prima elaborazione temporale. Sembra esserci una specializzazione funzionale del putamen laterale (area sensorimotoria) e del caudato (area associativa) in particolare caudato e putamen (Pouthas, George, Poline, Pfeuty, Vandemoortele & Hugueville et al., 2005, Traegellas, Davalos & Rojas et al., 2006, Nakano, Kayahara, Tsutsumi & Ushiro, 2000).

Coull e Nobre (2008) sostengono come i gangli della base (BG) si attivino in modo invariabile alla presentazione di compiti di tipo esplicito (paragrafo 1.5) e spesso da soli, durante la prima fase di elaborazione, cioè la formazione di rappresentazioni interne degli intervalli temporali (Garraux, McKinney, Wu, Kansaku, Nolte & Hallet et al., 2005).

Esempi di questo sono in studi con risonanza magnetica funzionale (fMRI, functional Magnetic Resonance Imaging) dove vengono proposti compiti di categorizzazione temporale che provocano un'attivazione dello striato a confronto con un compito di

controllo (Rao, Mayer & Harrington et al., 2001; Pouthas et al., 2005). I BG infatti vengono descritti come “coincidence detector”, in quanto permettono il confronto delle rappresentazioni simultanee con le già esistenti rappresentazioni di esperienze precedenti (Matell & Mecki, 2004).

Inoltre, essi si attivano anche durante la produzione di rappresentazioni motorie dello stimolo mentre scorre l'intervallo, ad esempio durante il compito di finger tapping, in cui l'intervallo temporale è rappresentato dall'onset di ogni elemento in una sequenza di risposte motorie discrete (Lewis, Wing, Pope, Praamstra & Miall et al., 2004, Jantzen, Oullier, Marshall, Steinberg & Kelso et al., 2007, Bengtsson, Ehrsson, Forssberg & Ullenn et al., 2005). L'attivazione in contemporanea ad altre aree avviene solo se il contesto prevede compiti più impegnativi: ad esempio la riproduzione di intervalli presentati in un momento precedente vede l'attivazione contemporanea di BG e SMA (Chen, Penhune & Zatorre et. al, 2008).

Altre evidenze del ruolo fondamentale dei gangli della base nella percezione del tempo vengono da studi di patologie in cui il loro funzionamento è compromesso, riassunti da Paton (2018) nel suo lavoro: esempi riportati sono la malattia di Parkinson, l'abuso di sostanze, la corea di Huntington e i disordini attentivi. Un'altra teoria a sostegno del ruolo centrale dei gangli della base nella percezione del tempo, viene proposta da Coull e Nobre (2008) che affermano che la rappresentazione degli intervalli temporali sia localizzata, ma i gangli della base possono rappresentare un'eccezione: proprio per la loro funzione di creare le rappresentazioni, potrebbero essere gli unici deputati alla creazione di rappresentazioni definibili centrali.

1.2.2 Cervelletto

Anche il cervelletto è una struttura fondamentale per l'elaborazione temporale, soprattutto negli intervalli molto brevi (quindi inferiori al secondo) (Ivry & Keele, 1989). In particolare, esso si attiva soprattutto durante lo svolgimento di compiti temporali di tipo sensoriale e soprattutto motorio, anche se il meccanismo alla base è ancora oggetto di discussione (Johansson, Jirenhed, Rasmussen, Zucca & Hesse, 2014).

Tradizionalmente, si pensa che la presentazione di uno stimolo temporale attivasse le cellule granulate, stimolandole, e queste cambiassero conformazione della popolazione come modo di codificare la durata in entrata (Buonomano & Mauk, 1994). È quindi lecito pensare che stimoli diversi producano conformazioni diverse, con conseguenti risposte diverse. Questa visione non è stata del tutto abbandonata, ma è stata inserita in una visione più ampia. Infatti, si pensa che questa sia una parte di attivazione di un network, che non coinvolge solo il cervelletto, ma arriva a coinvolgere anche la corteccia parietale inferiore e la corteccia premotoria, creando circuiti selettivi per l'azione, modulati dagli aspetti temporali (Wise, Boussaoud, Johnson & Caminiti et al., 1997).

Seguendo questa linea, altri autori (O'Reilly, Mesulam & Nobre et al., 2008) dimostrano che in un compito percettivo spaziale di stimoli che si muovono secondo traiettorie dinamiche, solo nel caso in cui l'informazione temporale aiuta a predire la posizione finale dello stimolo in movimento c'è un'attivazione del cervelletto e di altre aree collegate, come la corteccia parietale inferiore sinistra e la corteccia premotoria (Assmus, Marshall, Noth, Zilles & Fink et al., 2005; Field & Wann et al., 2005).

1.2.3 Corteccie frontali e prefrontali

È evidente come però i compiti temporali siano inseriti in uno spettro più ampio di compiti cognitivi, e come sia difficile isolare il compito dalle altre risorse implicate per il suo svolgimento: mantenere l'attenzione sul compito, coinvolgere la memoria e ridistribuire le risorse cognitive verso il compito che ne richiede di più. Non si può pensare di conoscere i principi neurali alla base dei compiti temporali soffermandosi solo su quelli coinvolti nell'accumulo di impulsi (pacemaker e accumulatore), ma vanno conosciuti anche i collegamenti con tutte le altre funzioni cognitive correlate (Van Rijn, Kononowicz, Meck, Ng & Penney, et al. 2011).

La percezione del tempo si compone anche di processi di più alto livello: a questo sono associate aree frontali (Macar & Vidal, 2009) e prefrontali (Matell, Shea-Brown, Gooch, Wilson & Rinzel, et al. 2011, Capizzi, Sanabria & Correa, 2012). In particolare, la corteccia frontale inferiore destra è implicata, insieme ai gangli della base, in situazioni di doppio compito, in cui uno dei due compiti richiede una discriminazione temporale (Livesey, Wall & Smith et al., 2007). Inoltre, le aree frontali sono implicate in un circuito fronto-striatale (Matell & Meck, 2004), che permette di compiere decisioni. Lo striato infatti ha un ruolo chiave nelle attività computazionali, a causa della sua attività dopaminergica (Rammsayer, 2008).

1.2.4 L'Area Supplementare motoria

Anche l'area supplementare motoria (Supplementary Motor Area, SMA) ha un ruolo importante nella codifica temporale, in particolare per quanto riguarda le rappresentazioni esplicite, quindi che prevedono una risposta verbale o manuale e sono necessarie nei compiti di stima di durate. Questa si attiva spesso in concomitanza ad altre

aree: ai gangli della base, in compiti come la riproduzione di durate (Bengtsson et al., 2005) o la sincronizzazione a ritmi temporali sempre più complessi (Chen et al., 2008), e alla corteccia prefrontale inferiore o al cervelletto in base al contesto attorno al compito da svolgere (Livesey et al., 2007).

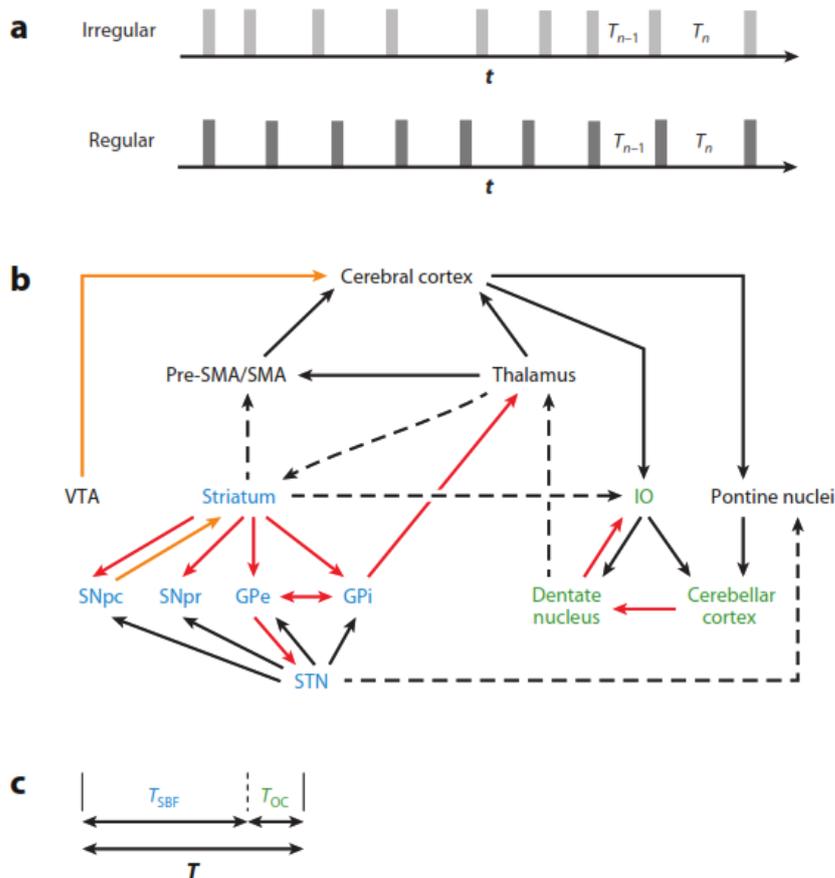


Figura 3: Modello di Almann, Teki, Griffiths & Meck, 2013

Una visione d'insieme è proposta da Almann e colleghi (2013) che nel modello riportato in Figura 3, sintetizza quanto finora detto. In questo modello si integra il funzionamento di diverse aree, a partire dal cervelletto, con i gangli della base, delle aree supplementari motorie, della corteccia premotoria e della corteccia prefrontale, con l'aggiunta della parte inferiore del nucleo olivare (porzione superiore del midollo

allungato). Questa zona si pensa sia relata alla percezione del tempo in quanto si attiva in modo assoluto dopo un'attivazione striatale (Cope, Grube, Singh, Burh & Griffiths, et al. 2013), mostrando la forte relazione tra queste aree e la coordinazione della loro attività con le corteccie.

Anche questo modello lascia però delle questioni aperte: vanno sicuramente indagate le relazioni tra le corteccie parietali e prefrontali con i gangli della base, in quanto non sono ancora chiari i meccanismi con cui questi permettano alle corteccie di riconoscere e produrre specifiche sequenze di durate temporali (Hampshire, Thompson, Duncan & Owen, et al. 2011). Un primo passo avanti si concretizza nella metanalisi di Nani, Manuello, Liloia, Duca, Costa & Cauda (2019), i quali sostengono un maggior coinvolgimento delle aree sottocorticali nella percezione del tempo di stimoli sotto il secondo, mentre un maggior coinvolgimento delle aree corticali si associa a elaborazioni temporali superiori al secondo. La corteccia parietale sembra implicata in quanto sembra esserci una rappresentazione ordinale e di magnitudine nelle rappresentazioni temporali (Allmann et al., 2013), e anche Mioni, Grondin, Bardi & Stablum (2020) associano un ruolo di questa nell'elaborazione temporale in compiti che prevedono in concomitanza un'elaborazione spaziale, ma questi ambiti restano ancora da indagare in modo approfondito

1.3 FUNZIONI COGNITIVE COINVOLTE

I compiti temporali sono eseguiti grazie a diverse funzioni cognitive, come attenzione e memoria di lavoro. Sicuramente le aree cerebrali che si è scoperto essere coinvolte (paragrafo 1.2), danno indicazioni per la discriminazione di alcune, e i modelli teorici (paragrafo 1.1) permettono di cogliere le altre. In particolare, le funzioni cognitive

di un livello più alto (come attenzione, velocità di elaborazione e memoria) hanno un grande impatto sulla performance temporale (Zélanti & Droit-Volet, 2011; Perbal, Droit-Volet, Isingrini & Pouthas et al., 2002; Mioni, Mattalia & Stablum et al., 2013).

Come già visto nella teoria di Gibbon e colleghi (1984), la Scalar Expectancy Theory, l'attenzione gioca un ruolo fondamentale nella prima parte della codifica delle informazioni temporali e nella creazione delle rappresentazioni (Brown, 1997; Gibbon et al., 1984). Se infatti la quantità di attenzione destinata ai compiti temporali è ridotta, come nel caso di un paradigma doppio-compito (Zakay & Block, 2004), la performance ne risente. La durata percepita risulta più corta, e questo potrebbe essere in linea con il modello sopra esposto, in quanto potrebbe essere dovuto a una minor quantità di impulsi accumulati nel pacemaker. Questo ha effetti diversi in base ai compiti presi in considerazione: nel caso del compito di riproduzione, ci si aspetta che meno impulsi accumulati portino a una durata riprodotta più breve, mentre nel compito di produzione la raccolta di un minor numero di impulsi nella fase di codifica porta a un maggior accumulo prima della produzione del compito, portando il soggetto a produrre durate più lunghe. Questo pattern si vede in particolare se l'attenzione è rivolta verso un compito non temporale (Brown, 1997)

A seguire, queste informazioni vengono rielaborate: in particolare, la memoria di lavoro, è coinvolta in questo processo, passaggio chiave per la successiva produzione di giudizi temporali. Ha il ruolo di aggiornare il pacemaker durante lo scorrere del tempo, e di mantenere in memoria le informazioni fino a che non passano allo step successivo, di confronto e decisione. Questa capacità è considerata un'abilità mentale di basso livello (Broadway & Engle et al., 2011) ed è strettamente dipendente dalla quantità di attenzione coinvolta nel processo. Si è vista la forte relazione della memoria di lavoro con

l'elaborazione temporale in un recente studio di Üstün, Kale & Cicek (2017): in questo studio condotto con risonanza magnetica funzionale (fMRI), veniva proposto ai soggetti lo stesso compito, ma con richieste diverse che attivavano rispettivamente la memoria di lavoro o l'elaborazione temporale. Si è visto esserci un'attivazione in entrambe le condizioni delle aree corticali pre-striate, della corteccia cingolata anteriore e dei gangli della base; dall'interazione tra le due condizioni sembra esserci anche l'attivazione del solco intraparietale e della corteccia cingolata posteriore. Questo è a supporto dei modelli che vedono distribuita la rappresentazione temporale, ma è soprattutto una dimostrazione del ruolo importante della memoria di lavoro nella percezione del tempo. Essa sembra inoltre essere particolarmente relata alla performance nei compiti di riproduzione, e un suo rallentamento con l'invecchiamento potrebbe spiegare le performance degli anziani al compito temporale in una condizione di dual-task (Pouthas & Perbal, 2004).

La percezione del tempo però non è solo influenzata da diverse abilità cognitive, ma ha un'influenza a sua volta su di esse. In particolare, diversi autori espongono l'effetto di modulazione dell'orientamento temporale sull'elaborazione semantica (Naccache, Blandin, & Dehaene, 2002), sul controllo esecutivo (Correa, Cappucci, Nobre, & Lupiáñez, 2010), e sulla memoria di lavoro visiva (van Ede, Niklaus, & Nobre, 2017). Si può quindi concludere che la percezione del tempo, oltre a non avere una specifica area cerebrale o uno specifico organo sensoriale dedicati (Gibson, 1975), sia strettamente dipendente dalla funzionalità del sistema cognitivo.

1.4 RELAZIONE CON INVECCHIAMENTO

1.4.1 Cos'è l'invecchiamento

L'invecchiamento è un processo continuo e inevitabile che caratterizza l'uomo. L'avanzare dell'età porta con sé diversi cambiamenti, che sono frutto di un riadattamento alle nuove risorse disponibili (Erikson, 1950, Neugarten, 1968, Thomae, 1970). I principali riguardano un generale invecchiamento cellulare, che porta a una ridotta funzionalità degli organi che compongono (De Beni, Borella, 2015, cap. 2). Questo ha ripercussioni ad esempio sulla vista (a causa dell'irrigidimento del cristallino, e di una ridotta elasticità della pupilla), sulle ossa (con una perdita di densità), sul gusto e l'olfatto (che perdono di sensibilità), sull'udito, sul tessuto muscolare. Tutti questi cambiamenti si possono associare a una perdita di elasticità, che coinvolge tutto il corpo. Non resta escluso il cervello, organo plastico per eccellenza, che durante l'invecchiamento vede una riduzione delle sinapsi e un minor afflusso sanguigno, oltre a una maggiore difficoltà a compensare queste riduzioni (Yankner, Lu & Loerch, 2008). I principali cambiamenti a livello cerebrale sono una riduzione del volume della sostanza bianca (Hof & Morrison, 2004) con un allargamento dei ventricoli e un'atrofia generalizzata delle cortecce (sostanza grigia) (Raz, Lindenberger, Rodrigue, Kennedy, et al., 2005, Carmelli, DeCarli, 2002). Queste difficoltà, in un processo di invecchiamento sano, provocano un rallentamento soprattutto sulle funzioni cognitive più alte, che richiedono maggiori risorse (Raz, 2000), ma non sfociano in una perdita di funzionalità nelle attività della vita quotidiana. Nel caso invece di un processo di invecchiamento definibile patologico, i cambiamenti strutturali sono maggiori e compromettono in modo significativo le funzioni cognitive, anche quelle più basilari, fino ad arrivare a una perdita di autonomia generale della persona.

1.4.2 L'invecchiamento patologico

È chiaro quindi che l'invecchiamento patologico non è l'unica traiettoria evolutiva possibile (De Beni et al., 2015), ma può manifestarsi durante il trascorrere degli anni.

Ne esistono di diversi tipi, in base alle cause e alle aree cerebrali e cognitive più compromesse. Per elencare le più diffuse, si parla di demenza di Alzheimer, demenza ai corpi di Lewy e demenza fronto-temporale.

La demenza di Alzheimer prende il suo nome dal neuropatologo Alois Alzheimer, che nel 1906, alla Convenzione psichiatrica di Tübingen, presentò il caso di una donna di 51 anni affetta da questa forma di demenza. Negli anni il processo di diagnosi è diventato più raffinato, anche se la diagnosi definitiva può essere confermata solo post-mortem. Questo perché la malattia di Alzheimer ha alla base dei meccanismi di morte cellulare (accumulo di placche beta-amiloide e ammassi neurofibrillari di proteine tau), soprattutto nelle corteccie entorinali e nell'ippocampo (aree deputate alla memoria): questi iniziano ad agire prima della comparsa dei primi sintomi (Park & Farrel, 2016). Alla comparsa dei sintomi, le atrofie possono essere visibili nelle risonanze magnetiche, ma la causa è di difficile attribuzione. Per questo si parla di diagnosi probabile, e solo con un'analisi post mortem dei neuroni si può avere la certezza della malattia (Jack, Knopman, Jagust, Shaw, Aisen, Weiner et al., 2010). La sintomatologia è varia, e aumenta con la diffusione della degenerazione verso le altre aree cerebrali (lobo temporale, lobi frontali) (Sperling, Aisen, Beckett, Bennet et al. 2011). La compromissione della memoria, soprattutto nella sua componente episodica, è tra i primi sintomi, seguita dal linguaggio (presenza di anomie e difficoltà di accesso al lessico), e dalla comparsa della sindrome disesecutiva. Inizialmente la sintomatologia è lieve e va peggiorando, mano a mano che la degenerazione corticale avanza. Nell'elaborazione temporale, questo ha inevitabilmente

delle ripercussioni: studi effettuati con pazienti con demenza di tipo Alzheimer hanno mostrato come questi soggetti presentino una compromissione nella stima della durata di intervalli temporali in quanto non sarebbero in grado di mantenere un criterio costante nel valutare le durate temporali (Caselli, Iaboli & Nichelli, 2009).

Un altro tipo di demenza è la demenza fronto-temporale, la quale ha un'età di esordio più precoce rispetto alle altre, ovvero prima dei 65 anni (Vieira, Caixeta, Machado, Silva, et al., 2013). Essa presenta diverse varianti, in base alle aree e di conseguenza ai processi maggiormente compromessi (Bang, Spina, Miller, 2015): la variante semantica, la variante non fluente, e la variante comportamentale. Le prime due non sono così diffuse e hanno come caratteristica principale un'afasia primaria progressiva, dovuta a una degenerazione soprattutto del lobo temporale, mentre la variante comportamentale è quella più diffusa ed è caratterizzata da grandi cambiamenti nella personalità e nel modo di comportarsi, dovuta soprattutto a una degenerazione frontale. In quest'ultima spesso compare disinibizione, apatia, comportamenti ripetitivi, difficoltà nelle relazioni sociali e una forte riduzione delle risposte emotive, con cambiamenti nella persona che spesso la rendono irriconoscibile agli occhi di familiari e amici.

Infine, la demenza ai corpi di Lewy è in realtà un termine che comprende due tipi di diagnosi: la demenza con corpi di Lewy e la malattia di Parkinson con demenza (Taylor, McKeith, Burn, Boeve, et al., 2020). La malattia di Parkinson rientra nelle diagnosi di invecchiamento patologico, ma non è definibile come una demenza in senso stretto: essa infatti presenta un quadro clinico diverso, che può essere anche accompagnato da qualche forma di demenza, ma i sintomi principali riguardano la compromissione delle funzioni motorie.

La demenza con corpi di Lewy invece, è caratterizzata da fluttuazioni imprevedibili e da una compromissione soprattutto delle funzioni esecutive, dell'attenzione e dei processi visuo-percettivi. Essa prende il nome dai corpi di Lewy, che sono agglomerati della proteina alpha-sinucleina all'interno dei neuroni, in particolare a partire dal bulbo olfattivo, e causano il processo di deterioramento (Stanford, 2018).

La malattia di Parkinson invece presenta caratteristiche cliniche diverse dalle altre forme di demenza: in comune si ha la presenza di corpi di Lewy, ma il processo alla base è dovuto a una disfunzione del sistema dopaminergico, che porta a una degenerazione della substantia nigra. Da qui i sintomi tipici della malattia di Parkinson: rigidità, bradicinesia, instabilità posturale e tremori (Bloem, Okun, Klein, 2021). In aggiunta a questi, si possono sviluppare forme di demenza, ma essa non è una conseguenza diretta della malattia.

Negli ultimi anni si è teorizzato anche uno stadio intermedio tra invecchiamento sano e demenza, definito Mild Cognitive Impairment (MCI, Petersen, 1999). Esso è definito come un declino nella performance cognitiva maggiore rispetto a quello che ci si aspetta per l'età della persona, ma non sufficiente per i criteri diagnostici di una demenza, e che non compromette il funzionamento generale della persona (Grundman, Petersen, Ferris, et al., 2004). I criteri diagnostici hanno subito modifiche nel corso degli anni e tutt'ora sono oggetto di dibattito (Anderson, 2019). L'importanza della presenza di questo stadio intermedio deriva dal fatto che si associa a una finestra di intervento per rallentare la progressione della malattia in demenza, tramite terapie farmacologiche (Robert, Karlawish, Uhlmann, Petersen & Green, 2010), interventi volti a potenziare gli aspetti cognitivi e a insegnare strategie di compensazione (Stern, 2012, Strohle, Schmidt, Schultz, 2015).

1.4.3 Relazione invecchiamento- percezione tempo

Perchè è importante capire quali sono i principali cambiamenti che avvengono nell'invecchiamento? Diversi studi dimostrano come all'aumentare dell'età ci sia un peggioramento della sensibilità al tempo (Turgeon, Lustig & Meck, et al. 2016, Block, Zakay & Hancock, et al. 1998).

A che cosa è dovuto nello specifico? Diverse teorie provano a spiegarlo.

Riprendendo le teorie “clock-counter”, si sono andati a vedere gli effetti dell'età sul pacemaker (Friedman & Janssen, 2010), che sembra subire un'accelerazione.

Alcuni autori sostengono che come effetto del rallentamento biologico dovuto all'invecchiamento, si abbia un'accelerazione della durata del tempo percepito (Draaisma, 2004). Gli eventi infatti sono scanditi secondo due ritmi: il ritmo esterno, dettato da calendari e orologi, e il ritmo interno, dettato dal pacemaker. Se il pacemaker rallenta il suo ritmo, mentre il ritmo esterno rimane costante, la percezione che si avrà degli eventi sommando i due ritmi è accelerata.

Un'altra visione richiama un concetto molto importante già esplicitato nella spiegazione di queste teorie: il ruolo dell'attenzione. Con l'invecchiamento anche le risorse attentive subiscono un cambiamento, nella diminuzione della loro disponibilità. In accordo con diverse teorie (prospective method, Block & Zakay, 1998), il non prestare attenzione al compito temporale in corso sicuramente ne peggiora la performance: in questo senso anche l'accelerazione esperita nell'invecchiamento potrebbe trovare spiegazione in questo campo, in quanto spesso le più grandi differenze sono percepite tanto più il compito concorrente è richiestivo cognitivamente difficile (Gruber, Malinowsky & Muller et al., 2004, p. 194). In un'ottica più generale, l'orientamento dell'attenzione verso il tempo sembra decadere nell'invecchiamento, ma recenti risultati

aprono a nuove possibilità. La performance nel caso di compiti temporali non sembra essere particolarmente compromessa, confrontando giovani e anziani in due compiti temporali: questo risultato viene spiegato dando alle aspettative temporali (foreperiod, paragrafo 2.5.4) il ruolo di migliorare la preparazione alla risposta di discriminazione (per approfondimenti, Chauvin, Gillebert, Rohenkohl, Humphreys & Nobre, 2016)

Anche la memoria di lavoro si è visto influire sulla percezione del tempo e si è visto avere influenze nell'invecchiamento: nello specifico, sembra che questi influiscano soprattutto nella riproduzione di brevi durate (Perbal et al., 2002). Nello stesso studio inoltre viene esplicitato che differenze nella produzione di durate più lunghe sia dovuta a un rallentamento generale della velocità di esecuzione (Perbal et al., 2002).

Sembrano quindi esserci molti fattori cognitivi interconnessi che spiegano un generale peggioramento nelle performance temporali. Ma perché andare a indagare questi aspetti negli anziani? Si è visto che negli anziani lo scorrere del tempo sembra assumere una forma particolare, non lineare, in cui il passato viene dilatato e caricato di significato, mentre il presente viene spogliato del suo ruolo e allontanato volontariamente dalla percezione del singolo. Si ottiene quindi una percezione in cui il passato lontano viene percepito come vicino, e il presente vicino viene percepito come lontano: questo effetto viene definito “effetto telescopio” (Wittmann & Lenhoff, 2005) e si rivede non solo nell'invecchiamento sano. Nell'invecchiamento patologico, soprattutto in alcuni tipi di demenza come l'Alzheimer, si ritrova infatti questo pattern, in cui la tendenza a ricordare eventi passati, riferendosi anche a molti anni prima, è molto comune, a discapito degli eventi recenti che invece non vengono adeguatamente consolidati in memoria poiché le risorse deputate a questo non sono disponibili.

Grondin (2010) prova a spiegare le modalità alla base di un ricordo di un evento passato, teorizzando due modi per richiamare il ricordo: il primo, definito “location based” fa riferimento all’uso di stimoli contestuali per decidere quanto un evento è recente; il secondo, definito “distance based” si basa invece sulla stima del tempo trascorso fra un evento nel passato e il presente, o quanto due eventi sono relativamente recenti tra loro. In entrambi, è evidente come l’orologio interno e la creazione di rappresentazioni temporali giochi un ruolo importante, per cui un malfunzionamento o un semplice rallentamento di questo meccanismo può portare a una percezione personale e non fedele alla realtà.

1.5 COMPITI ESPLICITI E IMPLICITI

Uno dei modi che si hanno a disposizione per studiare la percezione del tempo è quello di usare dei compiti specificatamente costruiti. Questi si possono dividere in due grandi categorie: i compiti espliciti e i compiti impliciti. Questa distinzione, di tipo funzionale, si basa sul modo di indagare il tempo: nel caso dei compiti espliciti, nelle istruzioni al compito è specificata la richiesta di prestare attenzione al tempo, mentre nel caso dei compiti impliciti, questa richiesta non è esplicitata, ma viene omessa dalle istruzioni. Scegliere di esplicitare o omettere questa richiesta porta con sé delle implicazioni: anzitutto l’approccio del soggetto al compito, e quindi la scelta di dove orientare l’attenzione, e di conseguenza il tipo di abilità relate a uno o all’altro modo di elaborare le informazioni in entrata.

Infatti, volendo dare una definizione più accurata a queste due categorie, si può definire il compito esplicito come una stima deliberata di una durata temporale dopo un confronto con uno standard in memoria. Dall’altro lato, possiamo definire il compito

implicito come una serie di informazioni sensorimotorie che, se strutturate temporalmente, possono essere usate per predire la durata di eventi futuri. A questa definizione si associano le funzioni cognitive maggiormente impiegate nello svolgimento dei due compiti: essi infatti si distinguono anche per le differenze riscontrate nell'attivazione di diverse aree cerebrali, come evidenziato nello studio di Coull e Nobre (2008): conoscendo le aree maggiormente coinvolte nella percezione del tempo (paragrafo 1.2), gli autori sostengono come nei compiti espliciti siano maggiormente coinvolti i gangli della base, mentre nei compiti impliciti siano principalmente coinvolte aree parietali inferiori e premotorie, ovvero i circuiti dell'azione. Questo si ritiene sia legato anche al ruolo dell'elaborazione implicita del tempo nell'ottimizzazione del comportamento prospettico.

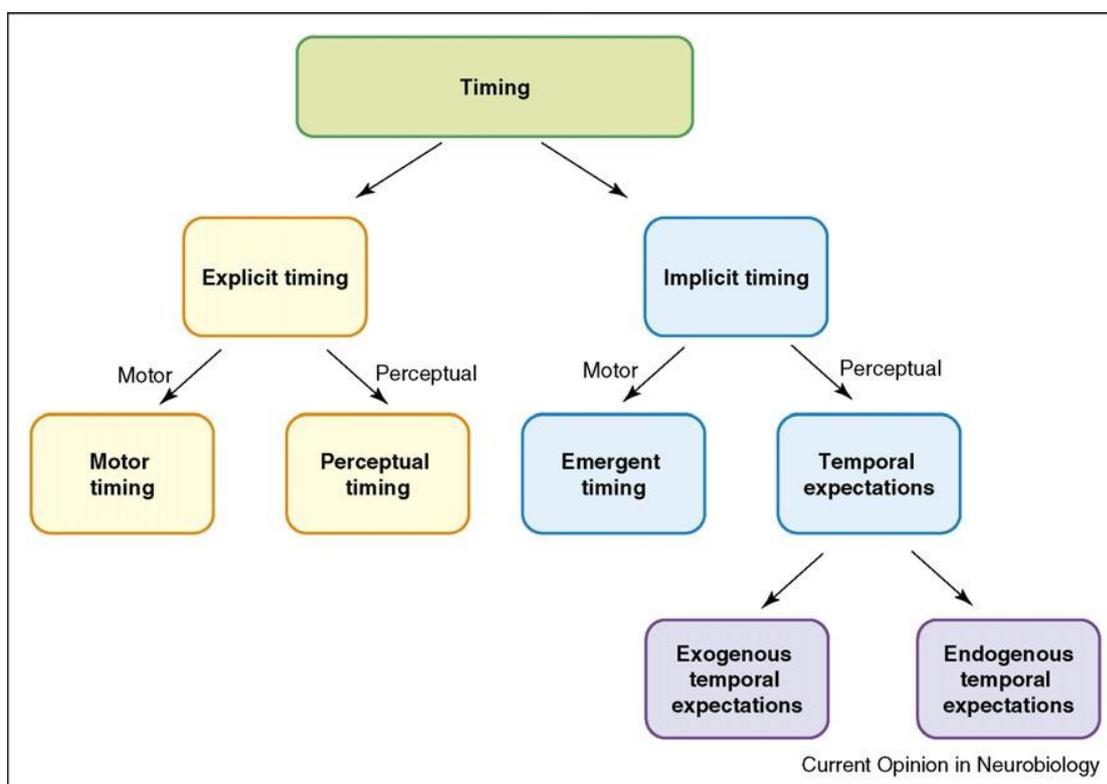


Figura 4: tassonomia della percezione del tempo (da Coull e Nobre, 2008)

Diventa chiaro quindi che una batteria che vuole valutare la percezione del tempo, deve contenere compiti di entrambe le modalità.

1.5.1 Compiti espliciti

Tra i compiti descritti in letteratura e classificati come espliciti, si possono citare il compito di confronto del tempo e il compito di generalizzazione del tempo (Piras & Coull, 2011).

Nel confronto di tempo viene presentata prima una durata, e successivamente viene chiesto al soggetto di valutare una seconda durata come più breve o più lunga della prima, premendo due tasti differenti. La performance viene valutata sulla base del Weber Ratio (WR): esso corrisponde al rapporto tra la soglia di differenza¹ e il punto medio degli intervalli standard. Più questo valore è basso, più il soggetto è sensibile alla percezione del tempo (Grondin, 2014).

Nel compito di generalizzazione del tempo viene chiesto al soggetto di distinguere una durata standard e giudicare se fosse uguale o diversa da una durata di confronto. Entrambe le durate sono delineate dalla comparsa e scomparsa di uno stimolo visivo sullo schermo, di solito di colori differenti, all'inizio e alla fine della durata, che è rappresentata da uno schermata vuota. Compaiono in sequenza: prima la durata da giudicare e poi quella di confronto. La performance viene valutata tramite il coefficiente di variazione (CV), che corrisponde al rapporto tra la soglia di differenza¹ tra le due durate e il tempo soggettivo medio, calcolato come media della soglia superiore e inferiore. Il valore della soglia di

¹ Soglia di differenza (DL): “la minima differenza fisica tra due stimoli necessaria a un partecipante per notare la differenza tra loro” (Mioni et al., 2020, p. 3)

differenza permette di ponderare poi i risultati nei compiti di tipo implicito, ad esempio quello dell'aspettativa temporale (paragrafo 1.4.2).

Altri compiti espliciti sono il compito di Bisezione, il compito di Riproduzione e il compito di Produzione, che verranno ampiamente approfonditi successivamente (paragrafo 2.5), e che sono stati scelti per questa batteria.

1.5.2 Compiti impliciti

Come per i compiti espliciti, anche per i compiti impliciti in letteratura la descrizione è vasta.

Si può citare il compito di aspettativa temporale (Piras et al., 2011), nel quale ci si aspetta che il soggetto prema la barra spaziatrice il più velocemente possibile non appena compare lo stimolo target sullo schermo. La comparsa di questo stimolo può essere più veloce o più lenta: questo intervallo viene chiamato “foreperiod”, e tanto più è lungo, tanto più veloce sarà la risposta del soggetto (“hazard function”, per approfondimenti si veda Elithorn & Lawrence (1955)).

Altri compiti impliciti, che verranno presentati successivamente, sono il compito di Ritmo oppure le domande retrospettive sul tempo (paragrafo 2.5). Tutti i compiti impliciti citati e presentati sono presenti nella batteria e verranno meglio approfonditi successivamente.

1.6 LA BATTERIA BAASTA

La batteria BAASTA, acronimo che corrisponde a “Battery for the Assessment of Auditory Sensorymotor and Timing Abilities” a cura di Dalla Bella, Farrugia, Benoit, Begel, Verga, Harding & Kotz (2017) è un primo tentativo di standardizzare delle prove che vadano ad analizzare le abilità temporali. Nello specifico, le abilità considerate sono soprattutto percettive e senso-motorie.

Una caratteristica del lavoro presentato, è che la standardizzazione è avvenuta su una popolazione normale, escludendo solo le persone con familiarità alla musica, definiti nello studio “musicisti” (non anziani e non giovani).

1.6.1 Compiti

La batteria è composta di due diverse categorie di compiti: la prima riguarda i compiti percettivi, la seconda i compiti di produzione.

I compiti percettivi scelti sono quattro:

- Discriminazione di durate: dopo la presentazione di un suono dalla durata definita standard, viene presentato un suono di una durata detta “di confronto”. Il compito del soggetto è quello di definire se la seconda durata sia uguale alla prima o più lunga.
- Rilevamento dell’anisocronia con toni: vengono presentate sequenze isocroniche di toni (es. metronomo) con la presenza o meno di irregolarità nel ritmo (es. cambiamento di velocità). Il compito del soggetto è riportare se le sequenze presentate fossero regolari o irregolari.
- Rilevamento dell’anisocronia con musica: simile al compito precedente, con la sostituzione delle sequenze di toni con dei brevi estratti musicali. Anche qui viene

modificato qualche suono, e il compito del soggetto è di riportare se la sequenza presentata è regolare o irregolare.

- Beat Alignment Task (BAT): vengono presentati quattro estratti musicali, generati dal computer, con un ritmo saliente. Ad alcuni viene sovrapposta una sequenza isocronica con il suono dello strumento del triangolo a partire da un battito musicale specifico. Il compito del soggetto è di riferire quando il battito del triangolo fosse a tempo con il ritmo presentato.

I compiti di produzione sono invece cinque:

- Finger tapping senza ritmo: viene chiesto al soggetto di premere un pulsante nel modo più regolare possibile per sessanta secondi.

- Finger tapping su una sequenza isocronica: viene chiesto al soggetto di premere un pulsante sincronizzandosi con la sequenza di un metronomo composta di 60 suoni di un pianoforte.

- Finger tapping su musica: viene chiesto al soggetto di premere un pulsante sincronizzandosi con la sequenza musicale presentata, estratta da due composizioni, composte di 64 suoni.

- Paradigma “synchronization-continuation”: viene chiesto al soggetto di premere un pulsante sincronizzandosi con dieci torni presentati, e viene chiesto di continuare a premere allo stesso ritmo (fase di continuazione) anche una volta scomparsi i toni, fino a sentire un suono che indica la fine del compito.

- Finger tapping adattivo: è una variazione del compito appena descritto. Al soggetto viene chiesto inizialmente di sincronizzarsi con un ritmo, successivamente di sincronizzarsi con un secondo ritmo e di continuare a premere un pulsante con il nuovo ritmo fino al segnale di termine del compito.

Esaminando i risultati ottenuti, gli autori sostengono che questi compiti sottendano processi comuni, come la capacità di estrarre dei ritmi, alcune capacità attentive e mnemoniche. Allo stesso tempo, alcuni compiti (discriminazione di durate, rilevamento dell'anisocronia con musica e finger tapping adattivo) non sembrano essere relati con gli altri: si può dedurre che permettano di discriminare alcuni processi indipendenti alla base delle abilità temporali.

Da questa breve descrizione dei compiti che compongono la batteria è evidente come questi siano molto simili tra di loro e vadano a indagare meccanismi che solo in parte descrivono le abilità temporali. Essi si soffermano su un'abilità percettiva relata soprattutto al ritmo temporale, facendo riferimento a compiti di natura implicita.

Se quindi da un lato è vero che, come gli autori sostengono, questi compiti permettono di andare a valutare diversi fattori relati alle abilità temporali e di distinguere tra questi processi comuni e indipendenti nell'elaborazione temporale, dall'altro in questa batteria mancano diversi compiti che permettano di valutare anche gli aspetti derivanti dalla somministrazione di compiti di tipo esplicito. Alcuni compiti evidenziano l'esistenza di processi comuni, e questo implica che alcuni di essi potrebbero essere sostituiti con altri che indagano altri aspetti, la batteria risulta comunque rispettare una procedura adattiva, limitando gli effetti di somministrazioni molto lunghe.

L'utilità della batteria BAASTA si può collocare nella discriminazione di deficit nella percezione ritmica del tempo: una particolare attenzione va posta sugli aspetti della sincronizzazione senso-motoria, in quanto possono essere oggetto di riabilitazione (Dalla Bella, Benoit, Farrugia, Schwartz, & Kotz, 2015; Lim, Wegen, De Goede, Deutekom, Nieuwboer & Willems, 2005; Spaulding, Barber, Colby, Cormack, Mick & Jenkins, 2013).

4 OBIETTIVI DELL'ELABORATO

Dalle evidenze presentate, è chiara la forte relazione tra percezione del tempo, funzioni cognitive e invecchiamento. È chiaro anche però, che questi aspetti non vengono mai analizzati in contemporanea: il tentativo di creare una batteria per la valutazione delle abilità temporali come la batteria BAASTA (Dalla Bella et al., 2017), risponde solo in parte a questa richiesta. Essa infatti non prende in considerazione tutti gli aspetti della percezione del tempo, ma si focalizza solo su compiti di tipo implicito, fornendo dei risultati incompleti: i compiti espliciti si sono visti essere parte dell'intero processo di percezione del tempo (Coull e Nobre, 2008), e non possono non essere presi in considerazione in una valutazione completa.

Inoltre, gli aspetti impliciti non vengono messi in relazione con le altre funzioni cognitive (come memoria e attenzione) che si sono viste essere maggiormente coinvolte nella percezione del tempo. Considerando quindi come punto di partenza i modelli che attualmente sono i più condivisi per la spiegazione dei meccanismi sottostanti alla percezione del tempo, cioè i modelli “clock-counter”, e considerando le lacune nei lavori fino ad ora presentati, con questo elaborato si vuole presentare una batteria che unisca tutti questi punti. In questa nuova batteria proposta infatti, saranno presenti sia compiti temporali di tipo implicito sia di tipo esplicito.

La comprensione degli aspetti non solo temporali ma anche cognitivi diventa fondamentale se si considera la finalità con cui questa batteria è creata: una valutazione che riesca a coinvolgere tutti gli aspetti che fino ad oggi si pensa concorrano alla percezione del tempo permette di analizzare quali sono gli aspetti più compromessi e in che modo sono relati.

Diventa quindi un punto di partenza per creare dei trattamenti riabilitativi che comprendano anche questa importante abilità, e per valutarne l'efficacia nel tempo.

Questa batteria infatti prevede anche una fase di retest a distanza di un mese, svolta esclusivamente per i compiti temporali. In questo studio, non ci si aspettano differenze significative tra le performance nelle due fasi: nel mese che le separa infatti, si può supporre che non siano avvenuti cambiamenti significativi, né in positivo, né in negativo, poiché non sono state fornite ai partecipanti istruzioni particolari.

Per concludere, la validazione di questa potrebbe permettere di creare non solo un primo strumento per comprendere meglio la percezione del tempo, ma anche di programmare interventi riabilitativi mirati.

2. METODO

2.1 CAMPIONE

Il campione raccolto vede partecipare a questo studio un totale di 63 soggetti, selezionati sulla base della loro età: vengono infatti invitati a partecipare solo i soggetti con un'età superiore ai 65 anni, senza diagnosi di malattie psichiatriche o deficit neurologici gravi.

Il numero totale è stato raggiunto sommando il numero dei soggetti reclutati da me, nello specifico 37, a quelli reclutati dalla collega Calabrese Lara. Il reclutamento è avvenuto sulla base delle conoscenze delle tesiste.

Il campione è successivamente stato diviso in due gruppi, selezionati sulla base del punteggio ottenuto nel Mini Mental State Examination (Folstein, Folstein & McHugh, 1975), usando come punteggio discriminante il 26. Si configura quindi un primo gruppo considerato con invecchiamento sano (composto da 44 soggetti), con punteggio superiore al 26, e un secondo gruppo con un punteggio inferiore o uguale a 26 definito "con deterioramento cognitivo" (composto da 19 soggetti): non si possono infatti definire diagnosi, ma il punteggio segnala delle difficoltà che vanno tenute in considerazione nella valutazione della performance.

È stata condotta un'analisi T-test a campioni indipendenti sui due gruppi separati. Da questa è emerso che sia le variabili demografiche come età e scolarità, sia le variabili neuropsicologiche, sono significativamente diverse tra i gruppi ($p < .05$).

I due gruppi infatti sono distinti a partire dall'età, più bassa per il gruppo con invecchiamento sano, e dalla scolarità, che invece risulta più bassa per il gruppo dei partecipanti con deterioramento cognitive dei partecipanti con deterioramento cognitivo. Qui è evidente anche la differenza di punteggio nel Mini Mental State Examination, con punteggi più elevati per il gruppo a invecchiamento sano. Anche le prove

neuropsicologiche si differenziano nei due gruppi, con differenze di performance evidenti, a discapito della categoria dei partecipanti con deterioramento cognitivo. Essi presentano infatti non solo tempi più lunghi alle prove Trial Making Test (TMT), ma anche punteggi più bassi in tutti i test: alle prove Babcock, alle 15 parole di Rey e al compito FAS.

	Gruppo	N	Media	DS	p
<i>Età</i>	<i>con det. cogn</i>	19	81.47	6.31	< .001
	<i>inv. sano</i>	45	72.33	8.483	
<i>Scolarità</i>	<i>con det. cogn</i>	19	6.53	3.08	< .001
	<i>inv. sano</i>	45	11.02	5.25	
<i>MMSE</i>	<i>con det. cogn</i>	19	22.08	3.77	< .001
	<i>inv. sano</i>	44	29.05	0.963	
<i>Babcock - Immediata</i>	<i>con det. cogn</i>	19	3.95	2.66	< .001
	<i>inv. sano</i>	44	5.96	1.365	
<i>Babcock - Differita</i>	<i>con det. cogn</i>	19	4.18	3.32	< .001
	<i>inv. sano</i>	44	6.80	1.217	
<i>15 Parole di Rey - Immediata</i>	<i>con det. cogn</i>	19	30.16	14.36	0.003
	<i>inv. sano</i>	44	40.73	11.657	
<i>15 Parole di Rey - Differita</i>	<i>con det. cogn</i>	19	6.00	5.13	0.005
	<i>inv. sano</i>	44	9.23	3.523	
<i>TMT-a</i>	<i>con det. cogn</i>	19	194.64	156.6	< .001
	<i>inv. sano</i>	44	79.76	37.08	
<i>TMT-b</i>	<i>con det. cogn</i>	18	355.53	231.99	< .001
	<i>inv. sano</i>	44	149.61	64.082	
<i>FAS</i>	<i>con det. cogn</i>	19	24.74	8.15	< .001
	<i>inv. sano</i>	44	35.55	11.9	

Tabella 1- Analisi descrittiva del campione

2.2 PROCEDURA

La batteria in fase di valutazione è composta da diverse parti: una neuropsicologica e l'altra di compiti di percezione del tempo.

Nello specifico la parte neuropsicologica è composta anzitutto dalla somministrazione del Mini Mental State Examination (MMSE, Folstein et al., 1975). Questa è avvenuta per escludere dallo studio i partecipanti che avessero un risultato a questo test troppo basso e quindi non potessero considerarsi cognitivamente integri. In ordine di presentazione, i compiti neuropsicologici somministrati sono: Babcock (Spinnler e Tognoni, 1987), 15 parole di Rey (Carlesimo, Caltagirone, Gainotti, Fadda, Gallassi et al., 1996), Trial Making Test A e Trial Making Test B (Bowie et Harvey, 2006), Test di Fluenza Verbale FAS (Caltagirone, Gainotti, Carlesimo & Parnetti, 1995).

I compiti di percezione del tempo, in ordine di somministrazione, sono: Finger tapping free e 1 secondo, bisezione, foreperiod, domanda retrospettiva, ritmo, riproduzione e produzione. Sono tutti compiti visivi, ad eccezione del compito "ritmo", e si possono differenziare per compiti espliciti ed impliciti: per quanto riguarda i compiti espliciti utilizzati, troviamo il compito di bisezione, i compiti di riproduzione e produzione e il compito di finger tapping. Di questi, i primi tre verranno descritti in modo più approfondito in questo elaborato.

L'ordine di descrizione dei compiti seguirà quello di presentazione degli stessi ai soggetti nella fase test, durante la quale compiti neuropsicologici e temporali sono stati alternati.

Inizialmente vengono raccolte informazioni demografiche come l'età e la scolarità. Successivamente, viene somministrato il Mini Mental State Examination, seguito dalla presentazione dei primi compiti temporali di Finger Tapping, prima nella versione "free"

e poi nella versione “1 second”. Si prosegue con la presentazione del racconto di memoria immediata di Babcock, al quale seguono i compiti di bisezione e di foreperiod, per poi concludere la prima parte con la domanda retrospettiva e il completamento della prova di memoria di Babcock nella versione differita. A questo punto viene proposta al soggetto una breve pausa facoltativa. Si riprende la somministrazione della batteria con le 15 parole di Rey, seguite dal compito di ritmo e dal Trial Making Test nella versione A e B, e dalla conclusione della prova delle 15 parole nella forma differita. Infine, vengono presentati i compiti di riproduzione e produzione, per concludere la batteria con il test di fluency verbale FAS.

Va infine specificato che lo studio è stato approvato dal comitato etico dell’Università di Padova.

2.3 MODALITÀ DI SOMMINISTRAZIONE

Prima di descrivere i singoli compiti, vanno specificate le modalità di somministrazione. Per quanto riguarda i compiti neuropsicologici, la modalità adottata è la classica “carta e penna”. I compiti temporali sono invece presentati al computer: nell’assessment, viene posizionato a una distanza di circa 60 cm dal soggetto. Il dispositivo usato consiste in un pc portatile, in quanto le somministrazioni sono avvenute al domicilio dei singoli soggetti, dotato di uno schermo di 14”. I software utilizzati per programmare e per presentare gli esperimenti ai soggetti sono Psychopy® (2022.1.1 for 64bit Windows) per la maggior parte dei compiti, e OpenSesame® (3.3.11 for 64bit Windows py37) per il compito Ritmo.

2.4 LE PROVE NEUROPSICOLOGICHE

2.4.1 Mini Mental State Examination

Il Mini Mental State Examination (MMSE) è una batteria che permette uno screening preliminare delle funzioni cognitive. È stata ideata da Folstein et al. (1975) e indaga le principali aree che sono soggette a deterioramento con l'invecchiamento.

Il tempo di somministrazione è breve, circa quindici minuti, ma permette di avere una prima valutazione dell'efficienza delle abilità cognitive dei soggetti, permettendo al valutatore di capire se l'invecchiamento stia procedendo secondo una traiettoria sana o patologica.

I punteggi variano da 0 a 30, ed è stato istituito il cut-off a 26.

2.4.2 Compito di memoria di Babcock (Spinnler e Tognoni, 1987)

Con il compito di memoria immediata e di rievocazione di Babcock (Spinnler e Tognoni, 1987), cominciano i test neuropsicologici più specifici della batteria.

Il somministratore legge al soggetto un breve racconto, e una volta conclusa la lettura viene chiesto di riportare quanto più si ricordasse dello stesso (memoria immediata). Successivamente, il racconto viene riletto ma è chiesto al soggetto di tenerlo a mente e riportarlo in un momento successivo, alla richiesta dello sperimentatore (memoria differita). In questo caso specifico, viene chiesto dopo circa 15 minuti, e durante lo scorrere del tempo vengono fatti eseguire al soggetto due compiti temporali.

Il punteggio assegnato a entrambe le prove può variare da 0 fino a un massimo di 8 punti, assegnati in base alla quantità di informazioni ricordate: i punteggi maggiori vengono attribuiti ai nuclei di significato principale, mentre ai dettagli viene attribuito un punteggio in proporzione minore.

2.4.3 15 parole di Rey (Carlesimo, 1996)

Il Test delle 15 parole di Rey (Rey, 1958; Carlesimo et al., 1996) è un ulteriore strumento che va ad indagare la memoria immediata e differita.

Esso consiste in una lista di 15 parole, che vengono presentate oralmente al soggetto senza che questo abbia la possibilità di leggerle. Una volta presentate, viene chiesto al soggetto di riportare in ordine casuale tutte le parole ricordate della lista. Vanno annotate sia le parole corrette, sia le intrusioni. Vengono quindi rilette le 15 parole e viene chiesto al soggetto di riportare nuovamente tutte le parole ricordate, comprese quelle già menzionate. Questa procedura va eseguita 5 volte in totale (rievocazione immediata).

Dopo quindici minuti, durante i quali il soggetto verrà impegnato in altri compiti, viene chiesto di riportare le parole ricordate, senza previa lettura della lista (rievocazione differita).

I punteggi si compongono della somma delle parole corrette della rievocazione immediata, fino a un massimo di 75, e delle parole ricordate della rievocazione differita, fino a un massimo di 15.

2.4.4 Trial Making Test- A e Trial Making Test- B (Bowie et Harvey, 2006)

Altri due compiti cognitivi presenti nella batteria sono il Trial Making Test A e B (Bowie et Harvey, 2006, Reitan, 1958). Essi vanno ad indagare le capacità attentive dei soggetti, tramite l'esplorazione visiva.

Il Trial Making Test A prevede la presentazione di un foglio in cui sono indicati i numeri dall'uno al ventiquattro, in ordine sparso; il soggetto deve unire, in progressione, i numeri, disegnando una linea sul foglio.

L'obiettivo del compito è essere il più veloci possibili, senza mai staccare la penna dal foglio; non è importante se le linee si sovrappongono, importanti sono la velocità e il mantenere un ordine progressivo. Prima dell'inizio della fase test, viene proposto un foglio di pratica con i numeri dall'uno al dieci.

Il tempo viene calcolato dal momento in cui il soggetto appoggia la penna sul foglio e si ferma nel momento in cui il soggetto tocca l'ultimo numero.

Per quanto riguarda il Trial Making Test B, la procedura è equivalente alla versione A del compito, con la differenza che in questo caso la progressione non è solo con numeri ma prevede l'alternarsi di numeri e lettere. Sul foglio infatti sono presenti i numeri da 1 a 13 e le lettere dalla A alla N. Il punto di partenza è il numero uno, al quale seguirà la lettera A, poi il numero due, la lettera B e così via. Nel foglio di pratica sono proposti stimoli dall'uno alla lettera F.

Anche in questo caso il tempo viene calcolato nella modalità sopra riportata.

È chiaro come il compito nella versione B richieda maggiori risorse cognitive, e per questo motivo per alcuni partecipanti potrebbe non essere somministrabile. In generale però ci si aspetta una performance dei soggetti nei valori corretti normativi per quanto riguarda i soggetti con punteggi ottenuti nel Mini Mental State Examination nella norma.

2.4.5 FAS (Caltagirone et al., nel 1995)

L'ultimo compito neuropsicologico somministrato in questa batteria è il Test di fluenza verbale (FAS) creato da Caltagirone et al., nel 1995. È un test cognitivo che misura in particolare l'accesso al lessico: viene richiesto al paziente di nominare, in un minuto, tutte le parole che cominciano con una determinata lettera dell'alfabeto. In questa versione, le lettere scelte sono F, A, S. Importante è che queste parole non siano nomi

propri, quindi vanno esclusi i nomi di persona e i nomi delle città, e le parole che iniziano per lo stesso suffisso se inteso come declinazione (come ad esempio *cantare*, *cantavo cantato*; mentre *automobile- autostrada* sono stimoli validi).

2.5 I COMPITI TEMPORALI

2.5.1 Finger Tapping Free

Il primo compito temporale presentato al soggetto consiste in un compito di tipo implicito: viene chiesto infatti di premere la barra spaziatrice dal momento in cui compare una croce al centro dello schermo grigio, fino al momento in cui la croce non scompare, ad un ritmo il più regolare possibile. Non vengono fornite altre indicazioni. Dopo una prima fase di pratica, dove sono necessari 45 tocchi della barra spaziatrice per far scomparire la croce, inizia la fase test composta di altri due blocchi uguali alla fase di pratica (Figura 5). Non ci sono limiti temporali alla prova, la variabile che fa scomparire la croce è unicamente il numero di tocchi sulla barra.

2.5.2 Finger Tapping 1 Second

Immediatamente dopo aver finito il compito “finger tapping free” al soggetto viene proposto anche questo compito, questa volta classificabile non più implicito ma esplicito. Il funzionamento alla base è lo stesso di quello riportato per il compito “free” in cui viene chiesto al soggetto di premere la barra spaziatrice dalla comparsa fino alla scomparsa di una croce al centro dello schermo grigio, con la differenza che in questo caso il ritmo a cui premere viene specificato. Viene infatti chiesto al soggetto di premere a una frequenza di 1 secondo, ed è questo fattore a rendere esplicito questo compito. La

struttura è equivalente al primo con una fase di pratica composta da 4 tocchi e due blocchi di prova composta di altrettanti tocchi alla barra spaziatrice (Figura 5).



Figura 5: rappresentazione del compito “finger tapping”

2.5.3 Bisezione

Un altro compito temporale di tipo esplicito presentato ai soggetti è il compito di bisezione.

Esso consiste in una prima fase di apprendimento, in cui vengono presentati al centro dello schermo bianco dei cerchi grigi, che persistono sullo schermo per due durate differenti, definite standard. La durata breve corrisponde a un tempo di 480 millisecondi (da qui in poi ms) e la durata lunga a 1980 ms. Il tempo che intercorre tra la comparsa di un cerchio e l'altro è di 1000 ms, ciascuno standard viene presentato in un unico blocco di 5 volte. Alla fine della fase di apprendimento, al partecipante viene chiesto di confrontare nuove durate con gli standard precedenti, indicando se queste siano più simili allo standard lungo o breve. Per dare questa risposta, il soggetto deve premere il tasto L con l'indice destro, nel caso lo stimolo sia più simile allo standard lungo, e S con l'indice della mano sinistra, se più simile allo standard breve. Essendo una scelta soggettiva, nessun feedback viene dato dopo la risposta del soggetto.

Le durate presentate equivalgono a 480 ms, 720 ms, 960 ms, 1200 ms, 1444 ms, 1680 ms e 1920 ms (Figura 7).

Il compito è stato denominato “Bisezione” in quanto l’obiettivo è quello di capire quale sia il punto, detto “di bisezione”, in cui la risposta data dal soggetto cambia. Secondo Kopec & Brody (2010), la probabilità di risposte è distribuita in una funzione a S, in un grafico in cui in ordinata c’è la probabilità di rispondere “stimolo lungo” e nelle ascisse la durata temporale degli stimoli. In questa funzione, il punto di bisezione corrisponde al punto in cui la risposta “stimolo lungo” e la risposta “stimolo corto” hanno entrambe il 50% di probabilità di essere date. Non è una relazione lineare, perché più ci si avvicina alla durata standard, più la probabilità di dare la risposta corretta aumenta (Figura 6).

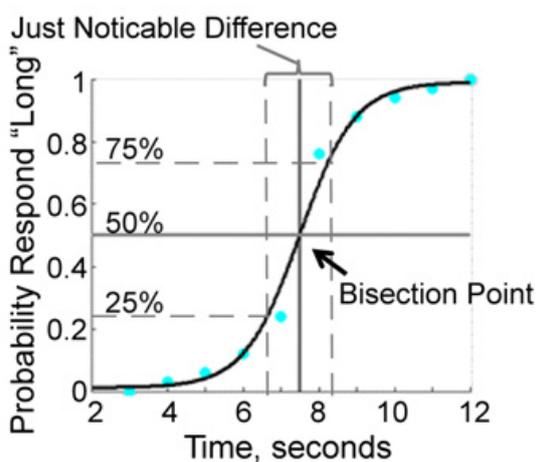


Figura 6: Grafico che rappresenta il punto di bisezione, da Kopec et al., 2010

Si può inoltre classificare come compito di categorizzazione, in quanto al soggetto non vengono forniti feedback.

Questo compito è stato inizialmente progettato per indagare solamente come sono analizzate e misurate le durate dal soggetto, ma al suo interno coinvolge molte altre funzioni: misurare, apprendere, richiamare, immagazzinare, confrontare durate. Tutte queste azioni mentali, hanno non solo una componente temporale ma presentano forti aspetti cognitivi, come la memoria e diverse funzioni esecutive: anzitutto la ritenzione in memoria delle durate standard di riferimento (lunghe o corte), oltre alla valutazione della

lunghezza delle nuove durate, il richiamare dalla memoria le durate e confrontarle, e al fornire una risposta (Kopec et al., 2010).

Il compito di bisezione prevede non solo aspetti memonici e relativi alle funzioni esecutive, ma anche motori. Le risposte possono essere influenzate da bias anche di tipo motorio, come dimostrato da studi su soggetti con Parkinson (per approfondimenti, vedi Mioni, Capizzi, Vallesi, Correa, Di Giacopo & Stablum, 2018, Mioni, Meligrana, Grondin, Perini, Bartolomei & Stablum, 2016).

Seguendo infine quanto sostenuto dalla maggioranza degli autori, si può sostenere che le durate presentate vengano immagazzinate in cluster di tipo scalare: questo comporta che le durate più lunghe siano anche quelle che presentano una distribuzione più ampia; è quindi probabile che vengano ricordate meglio rispetto alle durate brevi. Questo fatto si pensi crei un'asimmetria nelle risposte, date in riferimento alle durate intermedie, portando ad aspettarsi un maggior numero di risposte “standard lungo” (L) alle durate più ambigue.

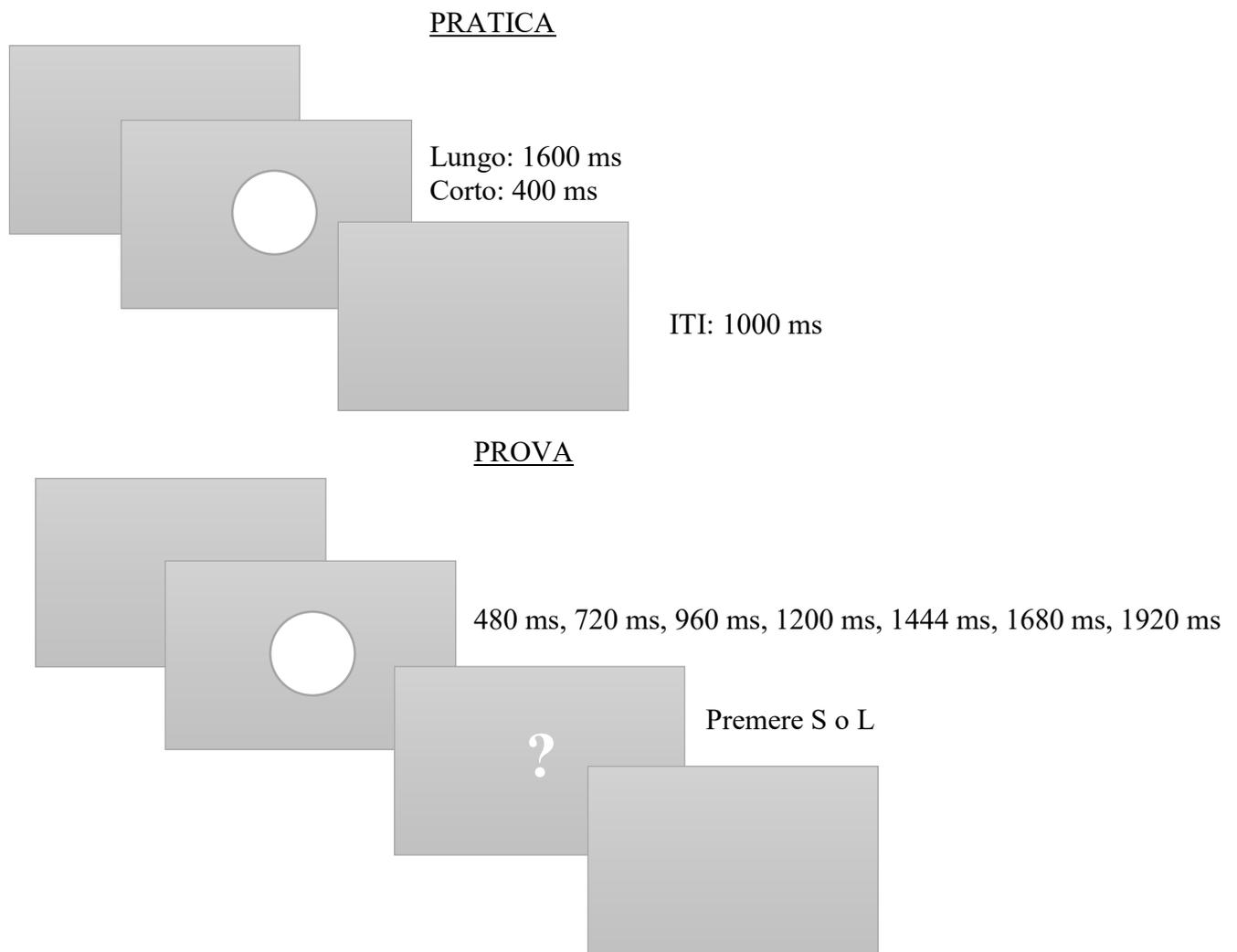


Figura 7: rappresentazione del compito di bisezione

2.5.4 Foreperiod

In questo compito temporale di tipo implicito, è prevista la comparsa, al centro di uno schermo bianco, di un cerchio bianco dal bordo grigio, usato come cue attentivo. Dopo una durata variabile (400 ms, 600 ms, 800 ms, 1000 ms, 1200 ms, 1400 ms, 1600 ms) al suo interno compare una croce grigia (stimolo target). Il compito del soggetto consiste nel premere la barra spaziatrice non appena vede la croce, il più velocemente possibile. Viene proposta una prima fase di pratica vengono proposti 7 tentativi, e

successivamente comincia la fase test composta di 84 presentazioni totali, divise in due blocchi da 42 ciascuna, separati da una breve pausa (Figura 8).

Il compito prende il nome dall'effetto che va ad indagare: per foreperiod si intende infatti l'intervallo di tempo tra il cue attentivo e la comparsa dello stimolo target, che corrisponde alla messa in atto della preparazione temporale. Per questo ci si aspetta che i tempi di reazione allo stimolo target siano tanto più brevi tanto più l'intervallo foreperiod sia lungo (effetto foreperiod) (Capizzi & Correa, 2018, Woodrow, 1914).

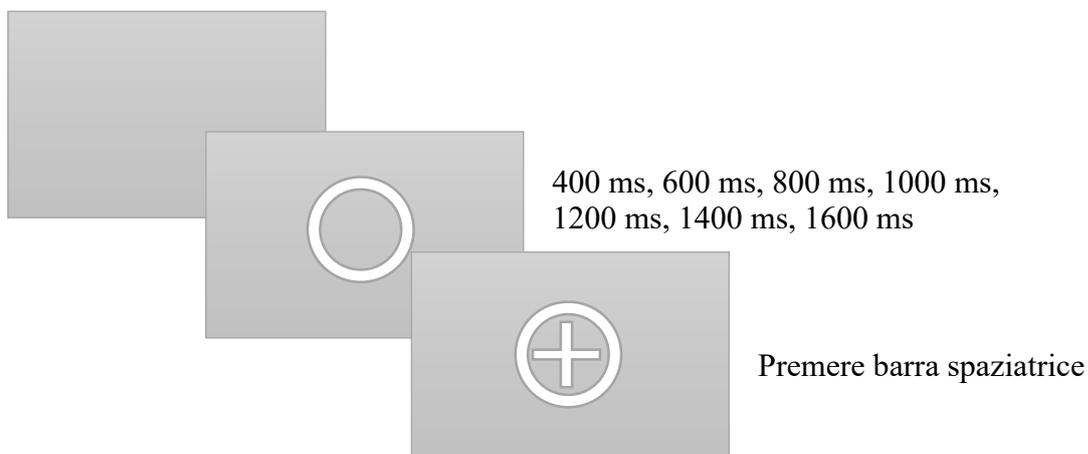


Figura 8: rappresentazione grafica del compito "Foreperiod"

2.5.5 Domanda Retrospettiva

Al termine dei due compiti temporali appena presentati, ai soggetti viene chiesto di quantificare il tempo impiegato per svolgerli: anche questo è un compito temporale di tipo implicito, in quanto non viene fatta alcuna richiesta di prestare attenzione al tempo prima di porre la domanda.

Lo sperimentatore dovrà quindi far partire un timer all'inizio del compito di bisezione, e fermarlo una volta terminato il compito di foreperiod: la finalità è quella poi di

confrontare la durata effettiva complessiva dei due compiti, con la durata percepita dal soggetto.

2.5.6 Ritmo

Il compito ritmo è un compito temporale di tipo implicito, e a differenza degli altri compiti temporali presenti nella batteria, esso coinvolge la modalità uditiva.

Il compito consiste nella comparsa di una croce di fissazione al centro dello schermo nero (150 ms). Successivamente, alla scomparsa della croce, si sentono dei suoni a frequenze, ritmi e durate variabili. Le frequenze sono di 400 Hz o di 700 Hz, e si differenziano per ritmo sincrono o asincrono. Una volta terminato il suono, compare in punti diversi dello schermo un asterisco. Il compito del soggetto è quello di premere il pulsante destro del mouse solamente alla comparsa dell'asterisco (Figura 9).

In una prima fase di pratica, al soggetto dopo la risposta viene fornito un feedback sulla performance: “Bravo!” nel caso in cui la risposta sia data in modo corretto, “Prova ancora...” nel caso in cui non venisse data risposta oppure venisse data prima della comparsa dell'asterisco.

La fase di pratica prevede 16 prove, mentre nella fase test sono previste 32 prove, presentate tutte in un unico blocco.

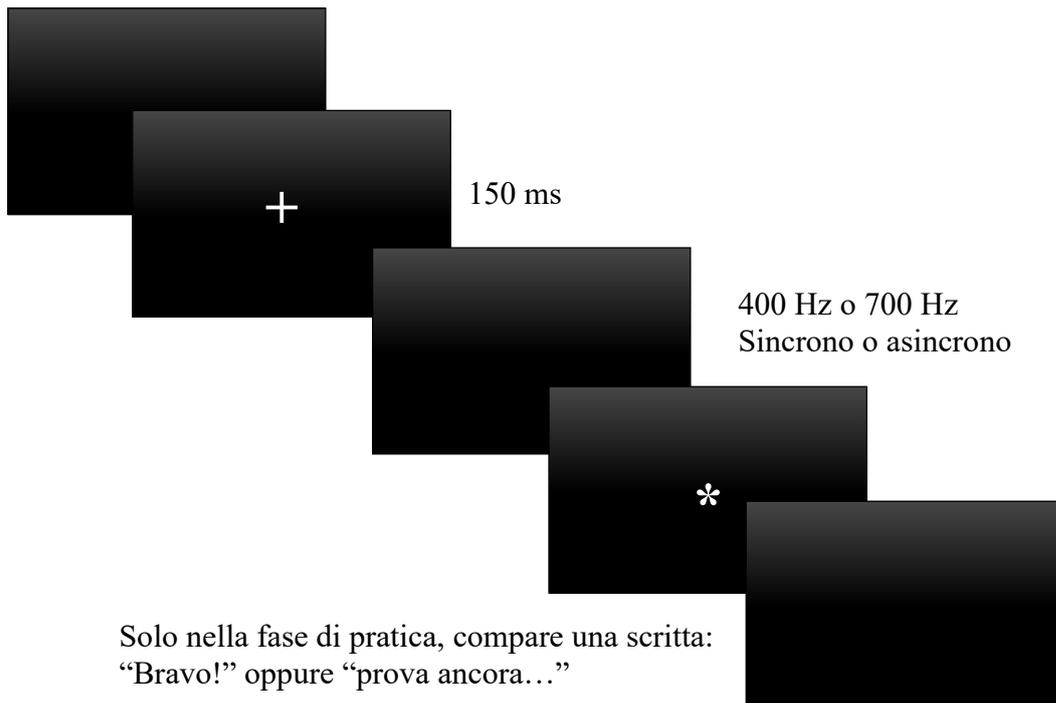


Figura 9: rappresentazione grafica del compito “Ritmo”

2.5.7 Riproduzione

Il compito di riproduzione è un altro famoso compito di tipo esplicito. Esso viene proposto ai soggetti alla fine della batteria, seguito solo dal compito di produzione.

Questo compito prevede la comparsa al centro di uno schermo grigio di un punto di fissazione, che scompare dopo 500 millisecondi, seguita dalla comparsa di un quadrato bianco con il bordo nero. Questo rimane sullo schermo il tempo della durata da riprodurre, e una volta scomparso, compare una scritta bianca (ISI: 500 ms) al centro dello schermo “RIPRODURRE”. Da questo momento il soggetto può premere la barra spaziatrice, che farà comparire un altro quadrato, sempre di colore bianco ma con il bordo verde, che dovrà restare sullo schermo la stessa durata del quadrato con il bordo nero visto precedentemente. Per far scomparire il quadrato con il bordo verde, il partecipante dovrà

premere nuovamente la barra spaziatrice. Una volta premuta, al centro ricomparirà il punto di fissazione e una nuova durata da riprodurre.

Al soggetto veniva inizialmente presentata una fase di pratica, con la presentazione di 4 durate differenti, prima di cominciare la prova vera e propria che consisteva in un totale di 24 durate presentate, divise in due blocchi da 12 ciascuna con una breve pausa intermedia. Le durate proposte variavano in modo casuale e corrispondevano a 600 ms, 1000 ms, 1600 ms, 2200 ms (Figura 10).

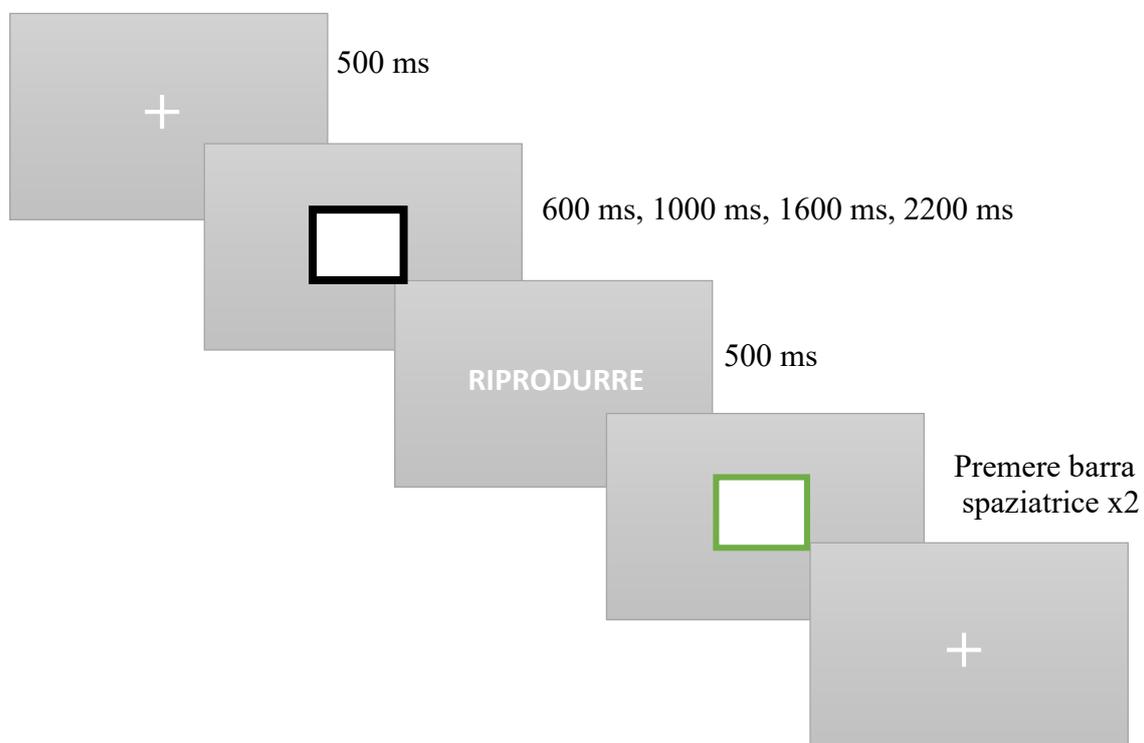


Figura 10: rappresentazione grafica del compito "Riproduzione"

In letteratura sono presenti diverse modalità di svolgimento di questo compito, ma secondo Mioni, Stablum, McClintock & Grondin (2014), quella sopra descritta è quella che permette di ottenere una performance più accurata, e pertanto è stata scelta anche per la creazione di questa batteria. Si pensa che la maggior accuratezza in questa modalità sia

da attribuire alla possibilità di programmazione motoria dell'azione data al soggetto, rispetto alle altre modalità descritte nell'articolo (per approfondimenti Mioni et al., 2014). È chiaro come questo compito non abbia solo una componente temporale, ma dipenda anche da aspetti motori e cognitivi: in particolare la memoria, ma anche l'attenzione, sono di fondamentale importanza per ottenere una buona performance in questo tipo di compito.

Seguendo i modelli che prevedono l'esistenza di un orologio interno, questo compito va ad analizzare soprattutto la componente intermedia, chiamata "memory stage". Infatti diversi studi dimostrano come la memoria, e in particolare la memoria di lavoro, sia predittiva della performance nel compito di riproduzione: nel caso in cui sia sovraccaricata, le performance peggiorano (Perbal et al. 2002), e più in generale la memoria di lavoro mostra un peggioramento con l'età, che si riflette anche nelle performance di questi compiti (Mioni, Capizzi & Stablum, 2018a). In studi con pazienti affetti da Parkinson, Perbal, Deewer, Pillon, Vidailhet, Dubois & Pouthas (2005) dimostrano come la somministrazione di L-dopa abbia un effetto sulla performance di questo compito, dimostrando ancora una volta quanto il compito di riproduzione si basi molto sulla memoria.

Per quanto riguarda gli aspetti attentivi, si trova una relazione tra la variabilità nella performance al compito e la lunghezza dei tempi di reazione in un compito di attenzione visiva. Inoltre, si pensa che l'attenzione divisa abbia un ruolo chiave nella performance temporale, ma non risulta essere predittiva della performance in questo compito, come invece risulta l'età (Mioni, et al., 2018a).

Infine, si può concludere che il compito di riproduzione sia più sensibile sicuramente alla memoria di lavoro, ma più in generale la performance si può anche attribuire alla funzionalità delle funzioni esecutive (Mioni et al., 2018a).

Sulla base del campione e delle evidenze sopra riportate, ci si aspetta in questo studio una riproduzione di durate più brevi rispetto a quelle presentate, con dei valori che però non si discostano tanto quanto nel caso di presenza di Parkinson.

2.5.8 Produzione

Il compito di produzione è l'ultimo compito proposto nell'ordine delle prove scelto per la batteria, e anche l'ultimo compito esplicito descritto.

Anch'esso si presenta con uno schermo grigio iniziale dove comparire un punto di fissazione che scompare dopo 500 millisecondi, per far comparire una scritta bianca in cui viene indicata una durata (1 SECONDO, 2 SECONDI, 3 SECONDI) e che scompare dopo 1500 millisecondi. Compare quindi, dopo 500 millisecondi, una scritta bianca "PRODURRE" e da questo momento il partecipante può premere la barra spaziatrice. Una volta premuta, comparirà al centro dello schermo un quadrato bianco con il bordo verde, come nel compito di riproduzione, che scomparirà una volta premuta nuovamente la barra spaziatrice. L'obiettivo è quello di far permanere il quadrato la durata indicata dalla scritta precedentemente vista. Viene anche qui proposta una prima fase di pratica, in cui vengono presentate le 3 durate e successivamente comincia la fase test che prevede un totale di 18 trials, divisi in due blocchi da 9 ciascuno. Essi sono separati da una pausa, la cui lunghezza può essere decisa dal partecipante (Figura 11).

Come accennato nel paragrafo sul compito di riproduzione, questo compito va somministrato successivamente in quanto le durate qui presentate potrebbero fungere da standard per il compito di riproduzione (Baudouin, Isingrini & Vanneste. 2018).

Inoltre, come tutti gli altri compiti temporali, anche il compito di produzione non può definirsi “puro”, ma è influenzato da aspetti cognitivi: in particolar modo, studi evidenziano come questo sia influenzato soprattutto dall’attenzione. Al contrario del compito di riproduzione, che richiede una forte componente mnemonica per essere svolto nel miglior modo possibile, il compito di produzione sembra essere più relato ad aspetti come la velocità di elaborazione (Baudouin et al., 2018). È noto che questa componente peggiori con l’invecchiamento, e ci si aspetta quindi che anche la performance nella produzione di durate peggiori.

Anche l’orologio interno, e in particolare la sua velocità, ha una forte relazione con questo compito: in particolare ci si aspetta che con un rallentamento, dettato dall’invecchiamento, del pacemaker rate, ci sia un allungamento della durata prodotta, rispetto a quella che ci si aspetta da un giovane. (Block et al.,1998)

Basandosi su quanto scritto quindi, l’aspettativa sui risultati in questo compito è di una produzione di durate leggermente più lunghe rispetto alle durate indicate.

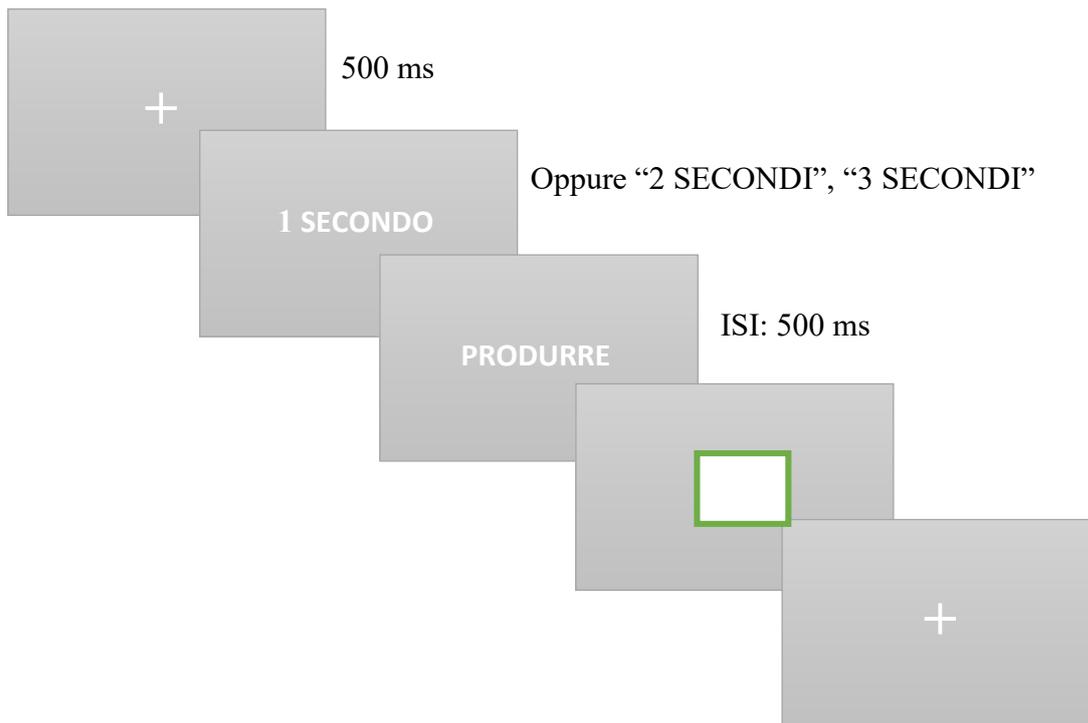


Figura 11: rappresentazione grafica del compito "Produzione"

3. RISULTATI

In questa parte di elaborato verranno presentati i risultati dei dati raccolti fino ad ora. Ci si focalizzerà sui compiti espliciti, nell'ordine in cui compaiono nella batteria.

3.1 FINGER TAPPING FREE

A cominciare dal finger tapping free, viene analizzata la frequenza media di tocchi, tramite un'analisi ANOVA a misure ripetute, trovando un effetto della condizione $F(1, 60) = 9.11, p < .05$ (Figura 12) e un effetto del gruppo è significativo $F(1,60) = 7.12, p < .05$ (Figura 13) Anche l'effetto di interazione tra condizione e gruppo $F(1,60) = 5.70, p$ è significativo (Figura 14).

Questi risultati indicano una differenza significativa tra la performance al test e la performance nella condizione retest.

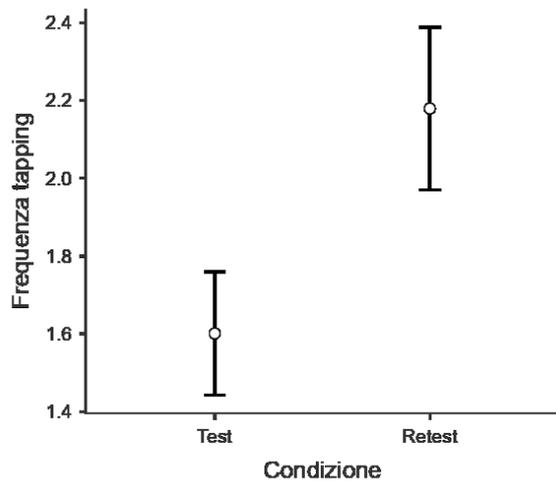


Figura 12: rappresentazione dell'effetto della condizione nel compito "free tapping"

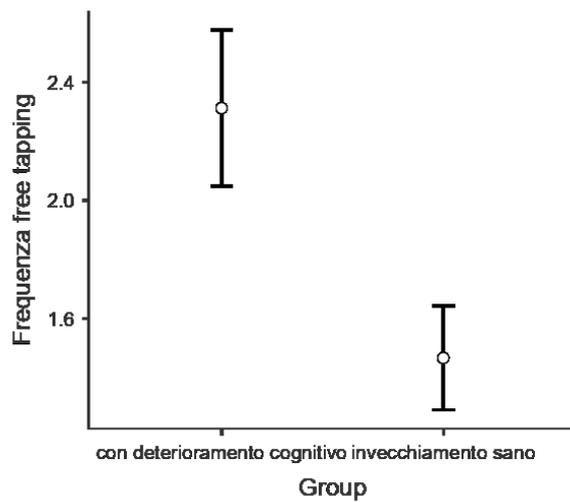


Figura 13: rappresentazione dell'effetto gruppo nel compito "free tapping"

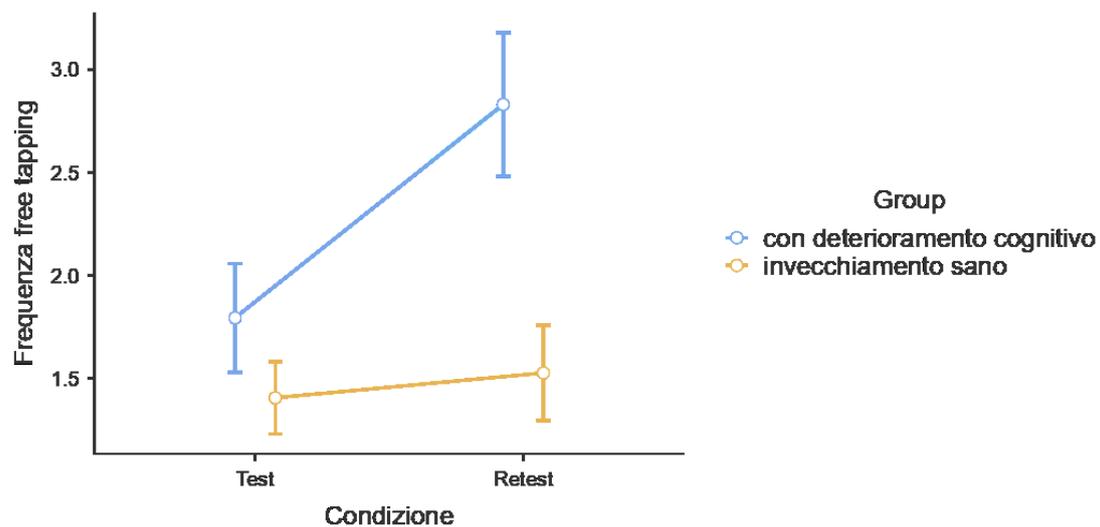


Figura 14: rappresentazione dell'interazione tra condizione e gruppo nel compito "free tapping"

3.2 FINGER TAPPING 1 SECOND

Anche in questo caso, si va ad analizzare la frequenza media di tocchi, tramite un'analisi ANOVA a misure ripetute, trovando un effetto significativo del gruppo $F(1,61)= 7.60, p < .05$ (Figura 15), ma non della condizione $F(1,61)= 0.127, p > .05$, né dell'interazione tra condizione e gruppo $F(1,61) = 0.148, p > .05$ (Figura 16).

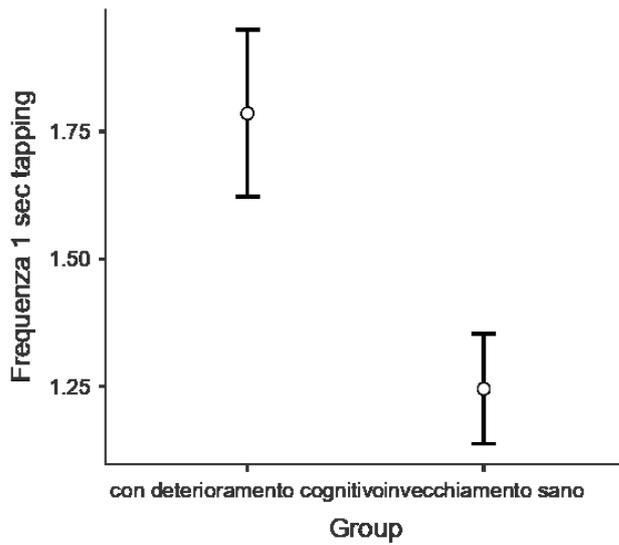


Figura 15: rappresentazione dell'effetto del gruppo nel compito "1 second tapping"

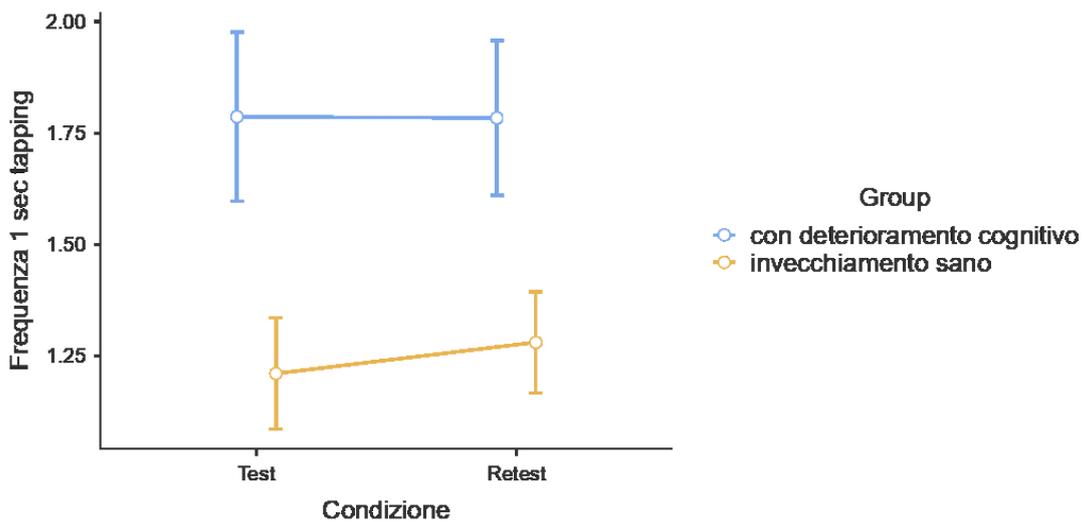


Figura 16: rappresentazione dell'interazione tra condizione e gruppo nel compito "1 second tapping"

3.3 BISEZIONE

Per quanto riguarda il compito di bisezione, l'analisi si è svolta su diversi aspetti. Anzitutto si analizza con un'ANOVA a misure ripetute la probabilità di risposte "Lungo", dal quale emerge un effetto significativo della durata $F(6,306) = 341.7517, p$

< .05, e un effetto significativo dell'interazione tra durata e gruppo $F(6,306) = 3.1293, p < .05$ (Figura 17).

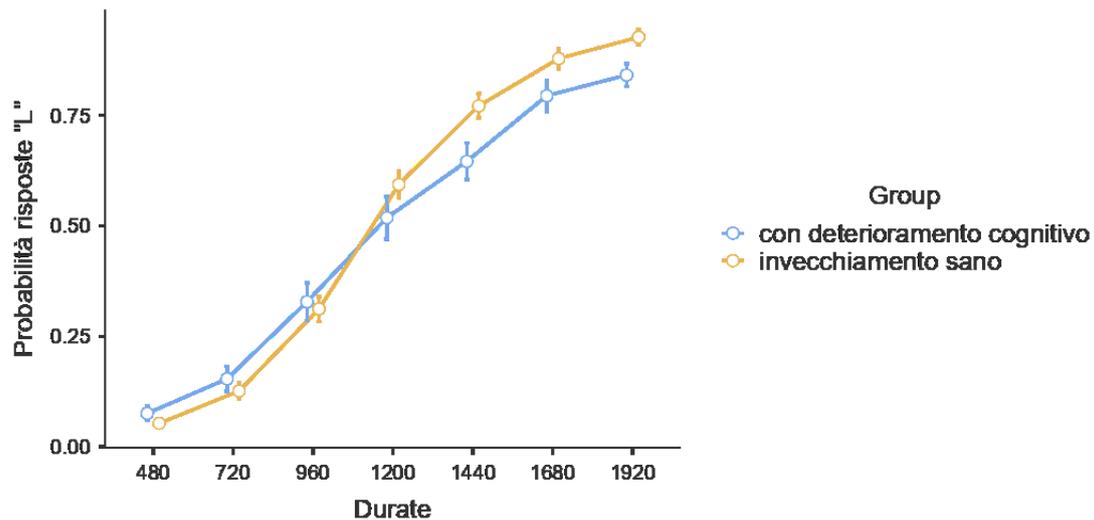


Figura 17: grafico dell'interazione tra durata e gruppo nella probabilità di risposte "L"

Un altro aspetto che si è andati a indagare tramite ANOVA a misure ripetute è il punto di bisezione, dal quale non sono emersi risultati significativi: né la condizione $F(1,51) = 0.463, p > .05$, né il gruppo $F(1,51) = 2.11, p > .05$, né l'interazione tra i due $F(1,51) = 0.750, p > .05$.

Infine si indaga la Weber Ratio, con un'analisi ANOVA a misure ripetute, la quale mostra un effetto significativo solo sul gruppo $F(1,51) = 5.25, p < .05$ (Figura 18).

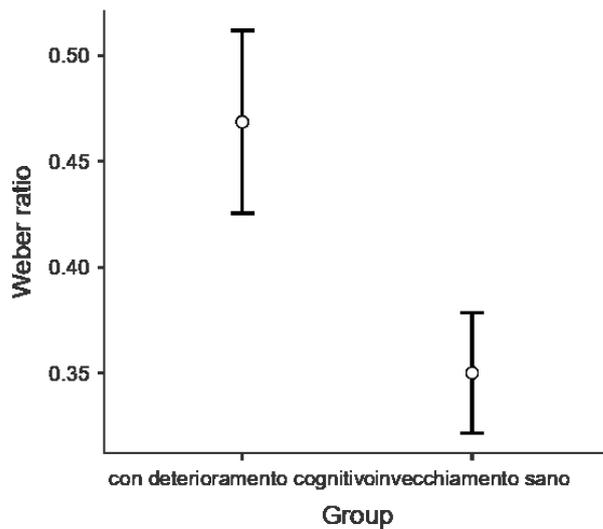


Figura 18: rappresentazione dell'effetto del gruppo nella Weber Ratio

3.4 RIPRODUZIONE

Nell'analisi del compito di riproduzione si possono analizzare diversi aspetti.

Il primo aspetto preso in analisi è la quantità di errore assoluto compiuto dai partecipanti. Da un'analisi ANOVA a misure ripetute, emerge un effetto significativo della durata $F(3,180) = 37.937, p < .05$, e dell'interazione tra durata e gruppo $F(3,180) = 4.236, p < .05$. Non si trova un effetto della condizione $F(1,60) = 0.530, p > .05$.

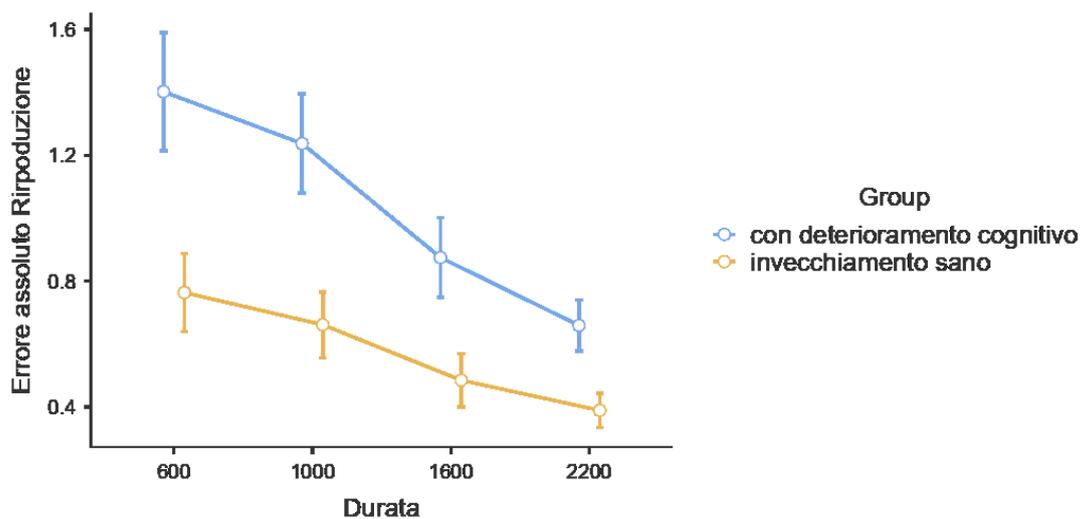


Figura 19: grafico dell'interazione tra durata e gruppo nell'errore assoluto nel compito di riproduzione

Il secondo aspetto indagato riguarda l'errore relativo. Applicando sempre un'analisi ANOVA a misure ripetute, risulta significativo l'effetto della durata $F(3,180) = 96.108, p < .05$, l'effetto del gruppo $F(1,60) = 8.36, p < .05$ (Figura 20), l'effetto dell'interazione tra durata e gruppo $F(3,180) = 7.453, p < .05$ (Figura 21) e l'effetto di interazione tra condizione, durata e gruppo $F(3,180) = 3,760, p < .05$ (Figura 22).

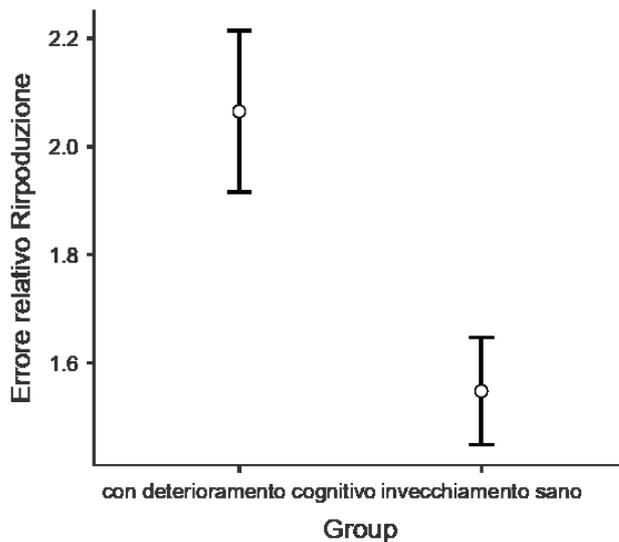


Figura 20: grafico dell'effetto del gruppo nell'errore relativo nel compito di riproduzione

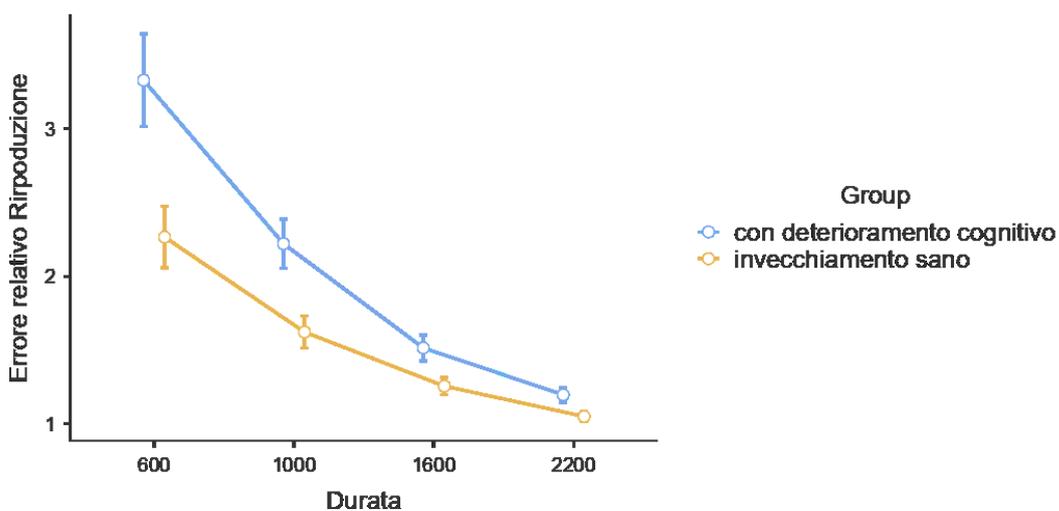


Figura 21: grafico dell'interazione tra durata e gruppo nell'errore relativo nel compito di riproduzione

Da un'analisi più approfondita di queste differenze, alla durata di 600 ms la differenza tra gruppi non è significativa ($p = .109$), e neanche alla durata di 1000 ms ($p = .069$).

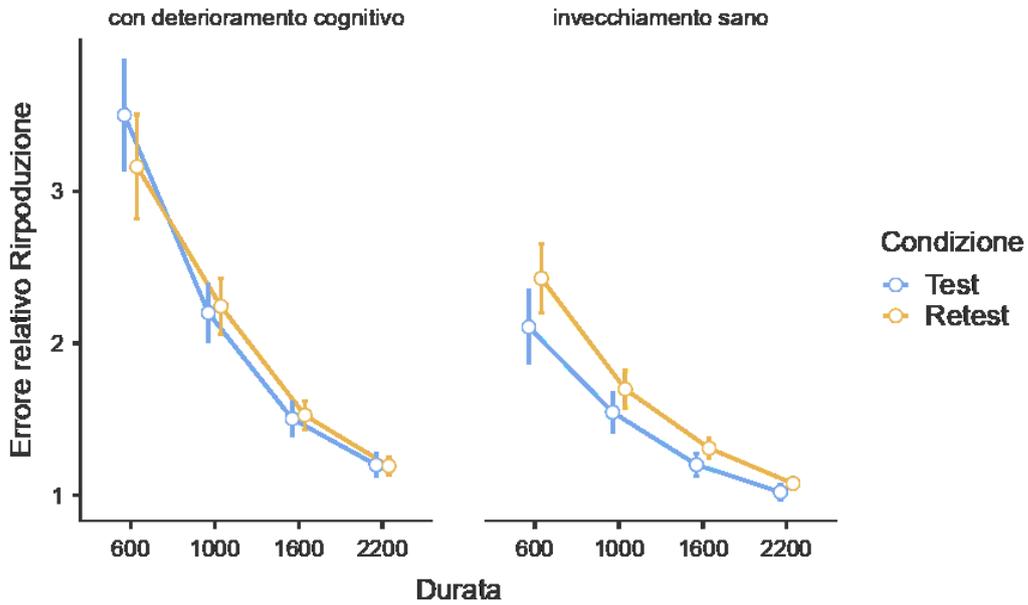


Figura 22: grafico che indica l'interazione tra condizione, gruppo e durata nell'errore relativo nel compito di riproduzione

Infine, andando a indagare il coefficiente di variazione con un'analisi ANOVA a misure indipendenti, si riscontra un effetto significativo della condizione $F(1,60) = 6.834, p < .05$ (Figura 23) e della durata $F(3,180) = 11.544, p < .05$.

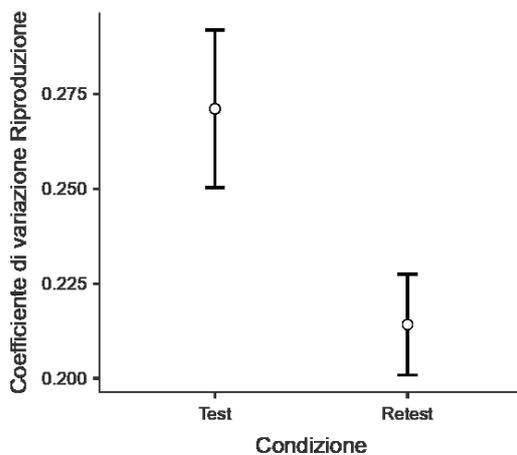


Figura 23: grafico che indica l'effetto della condizione nel coefficiente di variazione nel compito di riproduzione

3.5 PRODUZIONE

Le ultime analisi si sono svolte sul compito di produzione, seguendo la stessa logica del compito di riproduzione. Prima di approfondire i risultati ottenuti, va specificato che per un problema iniziale nella programmazione del compito, alcuni dati non possono essere elaborati, e sono quindi stati esclusi dall'analisi presentata.

Si è andati ad indagare con un'analisi ANOVA a misure ripetute l'errore assoluto, l'errore relativo e il coefficiente di variazione.

I risultati ottenuti nell'analisi dell'errore assoluto mostrano un effetto significativo della durata $F(2,92)= 8.7884, p < .05$, e dell'interazione tra condizione e durata $F(2,92)= 8.7599, p < .05$ (Figura 24).

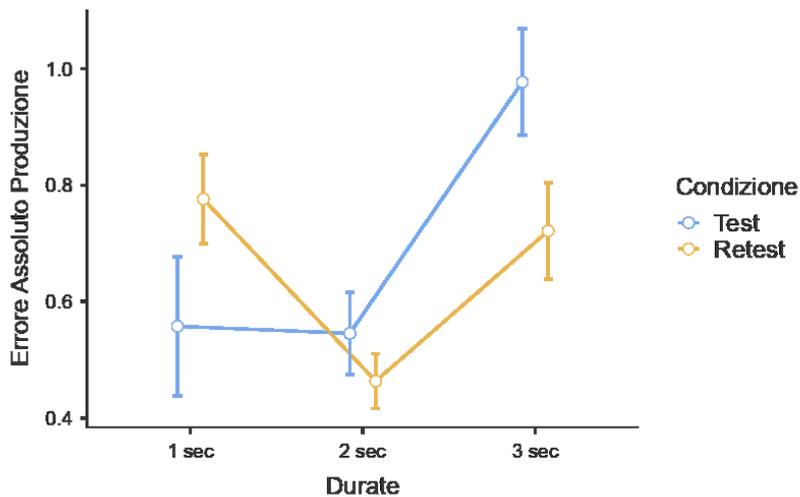


Figura 24: grafico che dimostra l'interazione tra condizione e durata nell'errore assoluto nel compito di produzione

I risultati ottenuti nell'analisi dell'errore relativo mostrano sia un effetto significativo della durata $F(2,92)= 92.5460, p < .05$, sia un effetto significativo dell'interazione tra durata e gruppo $F(2,92)= 3.8060, p < .05$ (Figura 25).

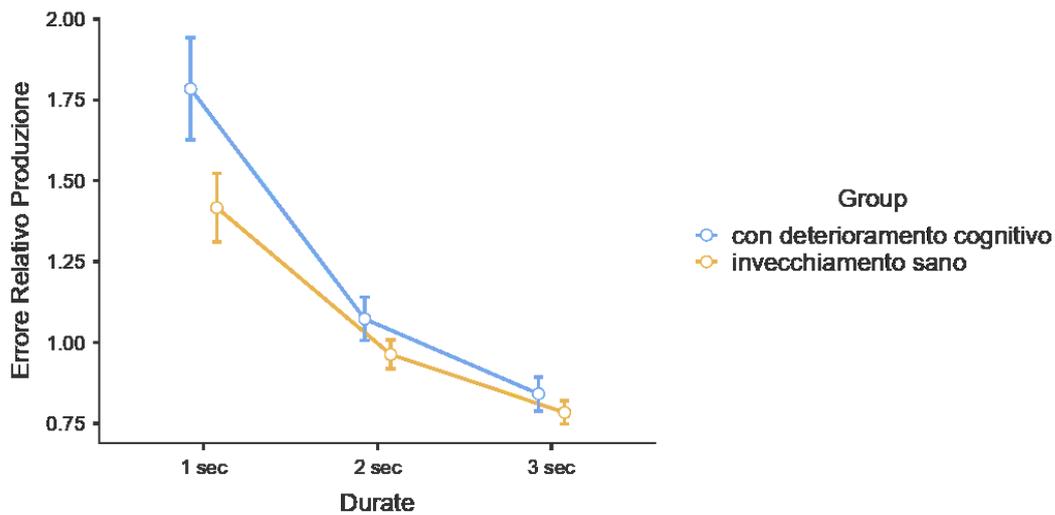


Figura 25: grafico dell'interazione tra durata e gruppo nell'errore relativo nel compito di produzione

Andando a svolgere un'analisi più approfondita dell'interazione, non risultano esserci differenze significative tra le durate e il gruppo. In particolare, alla durata di 1 secondo, la differenza tra gruppi riporta un valore di $p=.395$: questo dato è molto distante dalla significatività. Si può affermare che quindi è una tendenza generale, ma che nessuna durata da produrre risulta particolarmente critica.

Infine, dall'analisi del coefficiente di variazione emerge un effetto significativo solo della durata $F(2,92)= 6.9873, p < .05$.

4. DISCUSSIONE

I risultati ottenuti fino a questo momento permettono di delineare un primo scheletro di una batteria per la percezione del tempo, che andrà successivamente costruita in modo più dettagliato.

In particolare, i risultati più interessanti si sono ottenuti nell'analisi dei compiti espliciti. Questo è un risultato rilevante perché va a integrare una delle principali lacune associate alla batteria BAASTA (Della Bella et al., 2017), ovvero la mancanza al suo interno di compiti temporali di questo tipo.

4.1 FINGER TAPPING

I compiti di finger tapping presentati nella batteria sono due: il primo, nella versione free tapping, e il secondo nella versione 1 second tapping.

I risultati nel compito finger tapping free indicano un effetto della condizione, un effetto del gruppo e un'interazione tra questi due fattori. La traduzione di questi risultati consiste nel fatto che oltre a segnalare una frequenza di tocchi più lenta nella condizione di retest, il compito discrimina i due gruppi in analisi poiché il gruppo con deterioramento cognitivo presenta una frequenza minore rispetto al gruppo invecchiamento sano. Questi effetti si combinano, avendo quindi alla condizione di test una frequenza più alta per il gruppo invecchiamento sano che sembra rimanere costante nella condizione retest, e un rallentamento invece particolarmente significativo per il gruppo con deterioramento cognitivo nella condizione di retest. Se quindi questo compito permette di discriminare bene i due gruppi in analisi, allo stesso tempo presenta un problema nell'effetto della condizione: la causa di queste potrebbe essere l'effetto di apprendimento del compito, o la sua ripetitività che porta a una maggiore facilità nel distogliere l'attenzione.

Il compito di finger tapping free è molto utile ai fini della batteria in quanto, con delle analisi più specifiche che non sono state condotte a questo livello, spiegherebbe molti effetti che si sono ottenuti nei compiti presenti all'interno di questa batteria, perché fornirebbe un dato sulla base motoria dei soggetti. Di conseguenza, la componente motoria che caratterizza i compiti, in particolare il compito di riproduzione, potrebbe essere spiegata e modulata tramite l'analisi congiunta delle due performance.

Il compito finger tapping 1 second, potrebbe invece aiutare ad approfondire la percezione della durata di un secondo per ogni soggetto, che potrebbe essere alla base della performance nel compito di produzione. In particolare, il compito nella versione "1 second tapping", non presenta effetti della condizione ma solo del gruppo, e questo è molto promettente in quanto discrimina il gruppo con deterioramento cognitivo da quello con invecchiamento sano senza variare tra la condizione di test e di retest.

4.2 I COMPITI ESPLICITI

Riprendendo le premesse e le ipotesi che hanno spinto la raccolta di questi primi dati sulla batteria, si andranno a spiegare i risultati ottenuti.

La finalità di questo lavoro era di valutare che non ci fossero effetti della condizione di re-test: a distanza di un mese, non avendo messo in atto alcun tipo di intervento, il confronto tra performance non avrebbe dovuto mostrare differenze significative.

Questo risultato si è ottenuto per i compiti espliciti, ma non per i compiti impliciti.

4.2.1 Bisezione

In questo compito, l'analisi si è concentrata su tre indici principali: la proporzione di risposte "Lungo", il punto di bisezione e la Weber Ratio (WR), indice di variabilità della performance.

Andando ad analizzare la probabilità di risposte "Lungo" e il punto di bisezione, non emergono differenze significative tra le condizioni. Il punto di bisezione non varia in modo significativo nemmeno tra i gruppi, evidenza in linea con quanto già presente in letteratura (Caselli, Iaboli & Nichelli, 2009). Nel grafico che rappresenta la probabilità di risposte "Lungo" invece, si può vedere come la curva del gruppo con deterioramento cognitivo risulti più appiattita rispetto a coloro che presentano un invecchiamento sano, andando a discriminare in modo significativo i due gruppi: anche questo è un risultato in linea con quanto già la letteratura suggerisce (Rueda & Schmitter-Edgecombe, 2009, Carrasco, Guillem & Redolat, 2000), dove la curva più appiattita si attribuisce a una performance più variabile nel gruppo dei partecipanti con deterioramento cognitivo. Questa affermazione è confermata anche dalle analisi del Weber Ratio: esso infatti risulta significativamente differente tra i due gruppi, assumendo valori molto più alti nel gruppo con deterioramento cognitivo. Dall'altra parte, non mostra differenze significative nella performance tra la condizione test e re-test, e conferma nuovamente le ipotesi iniziali: non variando la performance a distanza di un mese, questo si dimostra essere un compito adatto alla valutazione esplicita della percezione del tempo.

Considerando quindi quanto emerso dalle analisi, si può affermare che questo compito permette di discriminare bene la presenza o meno di deterioramento cognitivo senza mostrare effetti di apprendimento, ed è quindi un ottimo strumento da inserire in questa batteria.

4.2.2 Riproduzione

Anche in questo compito gli aspetti analizzati sono molteplici: si può quantificare la quantità di errore andando ad analizzare l'errore assoluto, si può valutare la sovrastima o sottostima delle durate tramite l'analisi dell'errore relativo e si può valutare la variabilità delle risposte dei soggetti tramite il coefficiente di variazione.

Queste informazioni, combinate, permettono di avere un disegno completo della performance dei soggetti a questo compito, che è influenzato non solo da aspetti temporali ma anche da aspetti motori (Mioni et al., 2014) e cognitivi (Perbal et al., 2002).

I risultati confermano quanto sopra riportato: andando ad approfondire quanto emerso dall'analisi dell'errore assoluto, si vede un'interazione significativa tra gruppi diversi e durate del compito. La tendenza a compiere più errori nelle durate più brevi è maggiore nel gruppo con deterioramento cognitivo, che in generale mostra performance significativamente peggiori rispetto al gruppo con invecchiamento sano.

Andando però ad approfondire l'interazione tra gruppo e durata, non si trovano differenze significative per specifiche durate: nessuna delle durate presentate risulta significativamente critica. La tendenza a compiere più errori nelle durate più brevi (Figura 19) potrebbe essere spiegata come una conseguenza della programmazione motoria: per controllare questa variabile, vanno ulteriormente approfondite le analisi, integrando la performance ai compiti di finger tapping (paragrafo 4.1), per valutare se è una caratteristica intrinseca del compito o se è l'effetto si può spiegare come conseguenza al deterioramento cognitivo riscontrato.

Per concludere, è importante segnalare che tra la condizione di test e la condizione di retest, le differenze non risultano essere significative: questo è un primo indice di validità del compito, e conferma le ipotesi iniziali.

Proseguendo nelle analisi, l'errore relativo permette di valutare quanto il soggetto tende a sovrastimare la durata presentata. In questo caso risulta significativo l'effetto del gruppo: il gruppo con deterioramento cognitivo tende ad avere un valore significativamente maggiore dell'errore relativo rispetto al gruppo invecchiamento sano, e questo significa che il primo tende a sovrastimare in modo più marcato le durate. Questo effetto è in linea con la letteratura, dove si vede una relazione di questo compito con l'attenzione e le funzioni esecutive, note per essere compromesse negli anziani con deterioramento (Mioni et al., 2018a). Rimane da approfondire la causa di questo rallentamento: in letteratura si attribuisce sia a un rallentamento generale del pacemaker (Turgeon et al., 2016), sia all'integrità delle componenti cognitive. La spiegazione più diffusa non vede l'orologio interno come fattore principale che influenza questo compito, in quanto la velocità del pacemaker, anche se rallentata (Craik & Hay, 1999), rimane la stessa nel momento della detezione e nel momento della riproduzione della durata. La performance è piuttosto attribuita a processi come attenzione e memoria (Block et al., 1998), pertanto si pensa che il deterioramento delle risorse cognitive conseguente all'età, influenzi la performance temporale (Baudouin et al., 2018; Mioni et al., 2018), e i risultati riscontrati in questo studio sembrano confermare questa ipotesi.

Si vede anche un'interazione tra gruppo e durata, e questo effetto può essere spiegato allo stesso modo di quanto già scritto per l'errore assoluto: la componente motoria implicata, influenza la performance soprattutto nelle durate più brevi. Anche in questo caso però, andando ad analizzare in modo più approfondito le differenze tra gruppi nelle singole durate, non emergono differenze significative, nemmeno per le durate più brevi. È quindi una tendenza generale ma non ci sono durate particolarmente critiche tra quelle utilizzate. Infine, emerge un'interazione significativa tra gruppo, durata e

condizione. Esaminando meglio questa interazione, non sembrano esserci durate critiche, ma una tendenza generale dei due gruppi ad avere una maggiore sovrastima delle durate nella fase di test rispetto alla retest (Figura 22). Questa interazione potrebbe essere considerata un effetto pratica, quindi un apprendimento del compito in quanto si sviluppa maggiore familiarità con esso nella seconda presentazione. Anche se dalle analisi svolte fino ad ora non sembra avere le caratteristiche per essere così impattante, resta da stimare quanto questo effetto potrebbe condizionare una valutazione oggettiva di una situazione pre e post riabilitazione. Per farlo serve sicuramente un campione più ampio. Rimane quindi una questione aperta per i futuri approfondimenti su questa batteria.

Infine, analizzando il coefficiente di variazione, si riscontra un effetto significativo della condizione. Anche questo dato rispecchia quanto teorizzato sopra: la performance sembra essere più variabile in entrambi i gruppi nella fase test, mentre la variabilità è significativamente inferiore nella fase re-test. Performance più stabili in entrambi i gruppi potrebbero essere spiegate anch'esse da un effetto pratica.

Resta quindi da approfondire questo aspetto, e valutare quanto l'effetto pratica sia impattante ai fini valutativi, e se questo effetto si può in qualche modo correggere, tramite tabelle correttive o altre soluzioni.

4.2.3 Produzione

Il compito di produzione è molto simile al compito di riproduzione per struttura, ma implica molte meno risorse cognitive: qui infatti la memoria non è coinvolta come nel compito di riproduzione, ma il fattore principale che influenza il compito è la percezione del singolo delle durate, quindi la velocità del pacemaker (Baudouin et al. 2018).

Anche in questo caso si va ad analizzare l'errore assoluto. I risultati mostrano un'interazione significativa tra durata e condizione, ma non tra gruppi: questa differenza è dovuta a una maggiore quantità di errori nella durata dei 3 secondi alla condizione test, indipendentemente dai due gruppi, rispetto alla condizione retest, e una minor quantità di errori nella durata di 1 secondo nella condizione test rispetto alla condizione retest (Figura 23). Se si va ad approfondire ulteriormente, le differenze tra singole durate non sono significative tra condizioni.

L'analisi dell'errore relativo mostra invece un'interazione significativa tra gruppo e durata: questo indica che c'è una tendenza del gruppo con deterioramento cognitivo a compiere più errori nelle durate brevi. Nello specifico, più errore equivale a una maggiore sovrastima delle durate, e risulta essere in linea con quanto affermato dalla letteratura (Block et al.,1998, Brown, 1997), in cui si afferma la raccolta di un minor numero di impulsi nella fase di codifica porta a un maggior accumulo prima della produzione del compito, portando il soggetto a produrre durate più lunghe. Non presenta effetti della condizione, aspetto positivo per poter inserire anche questo compito nella batteria.

Interessante è l'analisi del coefficiente di variazione, che non mostra interazioni significative e non mostra un effetto della condizione. Quanto emerge è in linea con la letteratura, che sostiene che il compito dipenda dall'orologio interno e che un rallentamento di questo dovuto all'età porti a performance peggiori (Birren & Birren, 1990); il fatto che la performance rimanga stabile potrebbe andare a rafforzare questa tesi.

4.3 Limiti

Tra i limiti principali che questo studio presenta si possono elencare quelli relativi al campione e quelli relativi alla modalità di somministrazione.

Per quanto riguarda il campione, due sono gli aspetti principali da citare: la scarsa numerosità, da ampliare nei prossimi studi, e la specifica fascia di età scelta. Sapendo dalla letteratura che la componente della percezione del tempo tende a decadere con l'età (Wittmann et al., 2005), in questa prima fase si è scelto di farvi partecipare soltanto persone con età superiore ai 65 anni: la scelta è stata fatta pensando soprattutto alla finalità ultima della batteria, ovvero la valutazione della percezione del tempo per la messa in atto di trattamenti riabilitativi. Essendo la finalità ultima della batteria la valutazione della percezione del tempo in tutta la popolazione, un ampliamento del campione integrando anche altre fasce d'età permetterà di validare la batteria e renderla più fruibile.

La modalità di somministrazione per i compiti temporali è tramite computer: questa modalità garantisce infatti una maggiore precisione nella registrazione dei dati, ma rappresenta un limite visto il target scelto per questo studio. La mancanza di familiarità con questo strumento potrebbe inizialmente spaventare i partecipanti anziani: durante le somministrazioni, spesso veniva riportato dai soggetti un'iniziale resistenza all'utilizzo del computer, visto come uno strumento lontano dagli stessi e del quale non avevano mai avuto esperienza. Con qualche sollecito, e appurata la loro capacità a svolgere i compiti durante le diverse fasi di pratica, essi hanno svolto tutti i compiti, in modo completo, senza troppe difficoltà. Inoltre, è risaputo che l'ecologia del compito influenza le performance dei soggetti più anziani, che sono migliori tanto più il compito è ecologico (Bielak, Hatt & Diehl, 2017). Quindi anche l'aspetto ecologico è da considerare, e un tentativo di rendere più ecologica la batteria può trovare applicazione nella domanda retrospettiva. Sarebbe interessante, in un futuro, valutare anche la percezione degli anziani sulla loro performance, per capire se il senso di inadeguatezza osservato in modo qualitativo durante le sedute, c'è e può influenzare la performance finale.

Infine, i compiti temporali vengono somministrati per la maggior parte in modalità visiva, tranne il compito implicito “Ritmo” che prevede sia la modalità visiva che la modalità uditiva, combinate. La letteratura sostiene che la prevalenza di una modalità sensoriale potrebbe essere un fattore che condiziona la lettura finale della percezione del tempo del soggetto, in quanto ci sono diversi fattori temporali specifici per modalità sensoriale (Grondin, 2010): in questa fase non è stato controllato questo aspetto, ma nelle future analisi della batteria sarà una variabile da approfondire.

4.4 Conclusioni

Per riassumere lo stato dei lavori, si può sostenere che i compiti espliciti scelti sembrano discriminare bene i due gruppi: in particolare, le performance dei soggetti appartenenti al gruppo con deterioramento cognitivo sono generalmente peggiori. Si pensa che ciò sia da attribuire non tanto a un malfunzionamento dell’orologio interno, quanto piuttosto al malfunzionamento delle funzioni cognitive relate al compito.

Inoltre, non sembrano esserci effetti di apprendimento, se non in una componente del compito di riproduzione, che andrà indagata nel futuro. Questo garantisce alla batteria una buona validità, anche in prospettiva del suo impiego per un confronto tra la valutazione pre e post interventi riabilitativi.

Non si può dire lo stesso sui compiti impliciti finora selezionati: essi mostrano effetti significativi nella condizione, la cui causa rimane da indagare. In particolare, la performance nel re-test migliora molto in entrambi i gruppi, e la causa potrebbe essere l’apprendimento del compito, l’effetto della noia o altri fattori.

Dall’altra parte, è vero che l’aspetto implicito sembra essere il più preservato anche nell’invecchiamento, rispetto all’esplicito che invece è spesso il primo a deteriorarsi.

Sicuramente la forte relazione di quest'ultimo con le funzioni cognitive ne è una causa, e la batteria presentata si potrebbe porre come soluzione.

Per il futuro le prospettive sono sicuramente quelle di ampliare il campione, confrontando le performance anche con altri gruppi di soggetti come i giovani o gli adulti, per avere un quadro completo dell'evoluzione di questa funzione. Inoltre, sarebbe interessante correlare queste valutazioni con studi di imaging cerebrale, per perfezionare ulteriormente le conoscenze sulla percezione del tempo. Una volta appurato che la batteria su cui si sta lavorando sia uno strumento valido per la valutazione della percezione del tempo, essa andrebbe impiegata nella creazione di riabilitazioni specifiche, che poi potranno essere integrate ai programmi riabilitativi già diffusi.

Il percorso verso la conoscenza del funzionamento della percezione del tempo è solo all'inizio, ma i primi risultati su questa nuova batteria sembrano promettenti per un ulteriore sviluppo.

BIBLIOGRAFIA

- Agostino, P. V., Cheng, R. K., Williams, C. L., West, A. E., Meck, W. H. (2013) Acquisition of response thresholds for timed performance is regulated by a calcium-responsive transcription factor, *CaRF*. *Genes Brain Behaviour*, 12, 633-644
- Allan, L. G. (2002) Are the Referents Remembered in Temporal Bisection?, *Learning and Motivation*, 33, 10-31
- Allan, L. G., Gerhardt, K. (2001) Temporal bisection with trial reference, *Perception & Psychophysics*, 63 (3), 524-540
- Allmann, M. J., Teki, S., Griffiths, T. D., Meck, H. M. (2013) Properties of the internal clock: first and second order principles of subjective time, *Annu. Rev. Psychol.*, 65, 743-771
- Anderson, N. (2019) State of the science on mild cognitive impairment (MCI), *CNS Spectrums*, 24(1), 78-87
- Angrilli, A., Cherubini, P., Pavese, A., Mantredini, S. (1997) The influence of affective factors on time perception, *Perception & Psychophysics*, 59, 972-982
- Ashford, J., Kolm, P., Colliver, J., Bekian, C., Hsu, L. (1989) Alzheimer patient evaluation and the mini-mental state: Item characteristic curve analysis, *J Gerontol.*, 44, 139-146
- Assmus, A., Marshall, J. C., Noth, J., Zilles, K., Fink, G. R. (2005) Difficulty of perceptual spatiotemporal integration modulates the neural activity of left inferior parietal cortex, *Neuroscience*, 132, 923-927
- Bang, J., Spina, S., Miller, B. L. (2015) Frontotemporal dementia, *The Lancet*, 386(10004), 1672-1682

- Baudouin, A., Isingrini, M., Vanneste, S. (2018) Executive functioning and processing speed in age-related differences in time estimation: A comparison of young, old, and very old adults, *Aging, Neuropsychology & Cognition*, 26(2), 264–281
- Baudouin, A., Vanneste, S., Isingrini, M., Pouthas, V. (2006) Differential involvement of internal clock and working memory in the production and reproduction of duration: A study on older adults. *Acta Psychologica*, 121(3), 285–296
- Bengtsson, S. L., Ehrsson, H. H., Forssberg, H., Ullen, F. (2005) Effector independent voluntary timing: behavioural and neuroimaging evidence, *Eur J Neurosci*, 22, 3255-3265
- Bielak, A. A. M., Hatt, C. R., Diehl, M. (2017) Cognitive performance in adult's daily lives: is there a lab-life gap, *Research in Human Development*, 14, 219-233
- Birren, J. E., Birren, B. A. (1990) The concepts, models, and history of the psychology of aging, *Handbook of the Psychology of Aging*, 3, 3–20
- Block, R. A., Zakay, D., Hancock, P. A. (1998) Human aging and duration judgments: A meta analytic review, *Psychology & Aging*, 13(4), 584–596
- Bloem, B. R., Okun, M. S., Klein, C. (2021) Parkinson's disease, *The Lancet*, 397(10291), 2284-2303
- Bowie, C. R., Harvey, P. (2006) Administration and interpretation of the Trial Making Test, *Nature Protocols*, 1(5), 2277-2281
- Broadway, J. M., Engle, R. W. (2011) Lapsed attention to elapsed time? Individual differences in working memory capacity and temporal reproduction, *Acta Psychologica*, 137(1), 115-126
- Brown S. W. (2008) Time and Attention: Review of the literature, *Psychology of time*, 111-138

- Brown, S. W. (1997) Attentional resources in timing: Interference effects in concurrent temporal and nontemporal working memory tasks, *Perception & Psychophysics*, 59, 1118-1140
- Buhusi, C. V., Meck, W. H. (2005) What makes us tick? Functional and neural mechanism of interval timing, *Nat. Rev. Neurosci.*, 6, 755-765
- Buonomano, D. V. (2007) The biology of time across different scales, *Nature Chemical Biology*, 3, 594-597
- Buonomano, D.V., Mauk, M.D. (1994) Neural network model of the cerebellum: Temporal discrimination and the timing of motor responses, *Neural Comput*, 6, 38–55
- Carlesimo, G., Caltagirone, C., Gainotti, G., Fadda, L., Gallassi, R., Lorusso, S., Marfia, G., Marra, C., Nocentini, U., Parnetti, L. (1996) The Mental Deterioration Battery: Normative Data, Diagnostic Reliability and Qualitative Analyses of Cognitive Impairment, *European Neurology*, 36, 378-384
- Caltagirone, C., Gainotti, G., Carlesimo, G. A., Parnetti, L. (1995) Batteria per la valutazione del deterioramento mentale (Parte I): descrizione di uno strumento di diagnosi neuropsicologica. *Archivio di psicologia, Neurologia e Psichiatria*, 56(4), 461-470
- Carmelli, D., & DeCarli, C. (2002) A bivariate genetic analysis of cerebral white matter hyperintensities and cognitive performance in elderly male twins, *Neurobiology of aging*, 23(3), 413-420
- Carrasco, M. C., Guillem, M. J., Redolat, R. (2000) Estimation of short temporal intervals in Alzheimer's disease, *Exp Aging Res*, 26, 139-151
- Caselli, L., Iaboli, L., Nichelli, P. (2009) Time estimation in mild Alzheimer's disease patients, *Behavioral and Brain Functions*, 5, Article 32

- Capizzi, M., Correa, A. (2018) Measuring temporal Preparation, *Timing and Time Perception: Procedures, Measures, and Application*, chapter 10, 216-232
- Capizzi, M., Sanabria, D., Correa, A. (2012) Dissociating controlled from automatic processing in temporal preparation, *Cognition*, 123, 293-302
- 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
- Chen, J. L., Penhune, V. B., Zatorre, R. J. (2008) Moving on time: brain network for auditory-motor synchronization is modulated by rhythm complexity and musical training, *J Cogn Neurosci*, 20, 226-239
- Cheng, R. K., Meck, W. H., Williams, C. L. (2006) Alpha7 nicotinic acetylcholine receptors and temporal memory: synergistic effects of combining prenatal choline and nicotine on reinforcement-induced resetting of an interval clock, *Pharmacol. Biochem. Behav.*, 85, 114–122
- Church, R. M. (2003) A concise introduction to scalar expectancy theory, *See Meck, 2003*, 3-22
- Church, R. M. (1984) Properties of internal clock, *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 483, 566-582
- Correa, A., Cappucci, P., Nobre, A. C. & Lupiàñez, J. (2010) The two sides of temporal orienting: Facilitating perceptual selection, disrupting response selection, *Experimental Psychology*, 57(2), 142-148
- Correa, A., Nobre, A. C. (2008) Neural modulation by regularity and passage of time, *Journal of Neurophysiology*, 100(3), 1649–1655

- Cope, T. E., Grube, M., Singh, B., Burh, D. J., Griffiths, T. D. (2013) The basal ganglia in perceptual timing: timing performance in multiple system atrophy and Huntington's disease, *Neuropsychologia*, 83
- Coull, J. T., Nobre, A. C. (2008) Dissociating explicit timing from temporal expectation with fMRI, *Current Opinion in Neurobiology*, 18, 137- 144
- Craik, F. I., Hay, J. F. (1999) Aging and judgments of duration: Effects of task complexity and method of estimation, *Perception & Psychophysics*, 61, 549–560
- Cutanda, D. A., Correa, D. Sanabria (2015) Auditory temporal preparation induced by rhythmic cues during concurrent auditory working memory tasks, *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 41(3), 790–797
- 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 Sensorymotor and Timing Abilities, *Behav Res*, 49, 1128-1145
- Dalla Bella, S., Benoit, C. E., Farrugia, N., Schwartz, M., Kotz, S. A. (2015) Effects of musically cued gait training in Parkinson's disease: Beyond a motor benefit, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1337, 77–85
- De Beni, R., Borella, E. (2015), Psicologia dell'invecchiamento e della longevità, *Il Mulino*
- Draaisma, D. (2004) Why life speeds up as you grow older: How memory shapes our past, *Cambridge: Cambridge University Press*
- Droit-Volet, S., Meck, W. H. (2007) How emotions colour our perception of time, *Trends Cogn. Sci.*, 11, 504–513
- Elithorn, A., & Lawrence, C. (1955) Central inhibition: Some refractory observations, *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 11, 211-220

- Erikson, E. H. (1950) Growth and crises of the "healthy personality."
- Ferrandez, A. M., Hugueville, L., Lehericy, S., Poline, J. B., Marsault, C., Pouthas, V., (2003) Basal ganglia and supplementary motor area subtend duration perception: An fMRI study, *NeuroImage*, 19, 1532-1544
- Field, D. T., Wann, J. P. (2005) Perceiving time to collision activates the sensorimotor cortex, *Curr Biol*, 15, 453-458
- Fisher, M. H. (2001) Cognition in the bisection task, *TRENDS in Cognitive Science*, 5 (11), 460-462
- Friedman, W. J., Janssen, S. M. J. (2010) Aging and the speed of time, *Acta Psychologica*, 134, 130–141
- 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
- Garraux, G., McKinney, C., Wu, T., Kansaku, K., Nolte, G., Hallett, M. (2005) Shared brain areas but not functional connections controlling movement timing and order, *J Neurosci*, 25, 5290-5297
- Gibbon, J., Church, R. M., Meck, W. H. (1984) Scalar timing in memory, *Ann N Y Acad Sci*, 423, 52-77
- Gibbon, J. (1977) Scalar expectancy theory and Weber's law in animal timing, *Psychological Review*, 84(3), 279–325
- Gibson, J. J. (1975) Events are percivable but time is not, *The study of time*, 295-301
- Golombek, D. A., Bussi, I. L., Agostino, P. V. (2014) Minutes, days and years: Molecular interactions among different scales of biological timing, *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.*, 369

- Grewal, R. P. (1995) Awareness of time in dementia of the Alzheimer type, *Psychol Rep*, 76, 717-718
- Grondin, S. (2014) About the (non)scalar property for time perception, *Adv Exp Med Biol*, 829, 17-32
- Grondin, S. (2010) Timing and time perception: A review of recent behavioural and neuroscience findings and theoretical directions, *Attention Perception & Psychophysics*, 72 (3), 561-582
- Grondin, S., Bisson, N., Gagnon, C., Gamache, P. L., Matteau, A. A. (2009) Little to be expected from auditory training for improving visual temporal discrimination, *NeuroQuantology*, 7, 95-102
- Grondin, S., Killeen, P. R. (2009) Tracking time with song and count: Different Weber functions for musicians and nonmusicians, *Attention, Perception, & Psychophysics*, 71, 1649-1654
- Gruber, T., Malinowski, P., Muller, M. M. (2004) Modulation of oscillatory brain activity and evoked potentials in a repetition priming task in the human EEG, *Eur J Neurosci*, 19, 1073-1082
- Grundman, M., Petersen, R. C., Ferris, S. H., et al. (2004) Mild cognitive impairment can be distinguished from Alzheimer disease and normal aging for clinical trials, *Arch. Neurol.*, 61(1), 59–66
- Hampshire, A., Thompson, R., Duncan, J., Owen, A. M. (2011) Lateral prefrontal cortex subregions make dissociable contributions during fluid reasoning, *Cereb. Cortex*, 21, 1–10

- Henry, J. D., MacLeod, M. S., Phillips, L. H., Crawford, J. R. (2004) A meta-analytic review of prospective memory and aging. *Psychol Aging, Psychologica Aging*, 19(1), 27-39
- Hellstrom, A., Almkvist, O. (1997) Tone duration discrimination in demented, memory-impaired and healthy elderly, *Dement Geriatr Cogn Disord*, 8, 49-54
- Hof, P. R., Morrison, J. H. (2004) The aging brain: morphomolecular senescence of cortical circuits, *Trends in Neuroscience*, 27(10), 607-613
- Howard, C. D., Li, H., Geddes, C. E., Jin, X. (2017) Dynamic nigrostriatal dopamine biases action selection, *Neuron*, 93, 1436–1450
- Ivry, R. B., Schlerf, J. (2008) Dedicated and intrinsic models of time perception, *Trends in Cognitive Sciences*, 12, 273-280
- Ivry, R. B., Keele, S. W. (1989) Timing functions of the cerebellum, *Neurosci*, 1, 136–152
- Jack, C. R., Knopman, D. S., Jagust, W. J., Shaw, L. M., Aisen, P. S., Weiner, M. W., et al. (2010) Hypothetical model of dynamic biomarkers of the Alzheimer’s pathological cascade, *Lancet Neurology*, 9(1), 119–128
- Jantzen, K. J., Oullier, O., Marshall, M., Steinberg, F. L., Kelso, J. A. (2007) A parametric fMRI investigation of context effects in sensorimotor timing and coordination, *Neuropsychologia*, 45, 673-684
- Johansson, F., Jirenhed, D. A., Rasmussen, A., Zucca, R., Hesslow, G. (2014) Memory trace and timing mechanism localized to cerebellar Purkinje cells, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 111, 14930–14934

- Jueptner, M., Rijntjes, M., Weiller, C., Faiss, J. H., Timmann, D., Mueller, S. P., Diener, H. C. (1995) Localization of a cerebellar timing process using PET, *Neurology*, 45, 1540-1545
- Kennedy, A., Wayne, G., Kaifosh, P., Alvina, K., Abbott, L. F., Sawtell, N. B. (2014) A temporal basis for predicting the sensory consequences of motor commands in an electric fish, *Nat. Neurosci*, 17, 416–422
- Kliegel, M., McDaniel, M. A., Einstein, G. O. (2008) Prospective memory: Cognitive, neuroscience, developmental, and applied perspectives, *Taylor & Francis Group*
- Kopec, C. D., Brody, C. D. (2010) Human performance on temporal bisection task, *Brain and Cognition*, 74, 262-272
- Kurti, A. N., Matell, M. S., Nucleus accumbens dopamine modulates response rate but not response timing in an interval timing task, *Behavioral Neuroscience*, 125, 215-25
- Light, L. L. (1991) Memory and aging: Four hypotheses in search of data, *Annual Review of Psychology*, 42, 44–50
- Lim, I., van Wegen, E., de Goede, C., Deutekom, M., Nieuwboer, A., Willems, A. (2005) Effects of external rhythmical cueing on gait in patients with Parkinson's disease: A systematic review, *Clinical Rehabilitation*, 19(7), 695–713
- Livesey, A. C., Wall, M. B., Smith, A. T. (2007) Time perception: manipulation of task difficulty dissociates clock functions from other cognitive demands, *Neuropsychologia*, 45, 321-331
- Lewis, P. A., Wing, A. M., Pope, P. A., Praamstra, P., Miall, R. C. (2004) Brain activity correlates differentially with increasing temporal complexity of rhythms during initialisation, synchronisation, and continuation phases of paced finger tapping, *Neuropsychologia*, 42, 1301-1312

- Macar, F., Vidal, F. (2009) Timing processes: An outline of behavioural and neural indices not systematically considered in timing models, *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 63, 227-239
- Macar, F., Vidal, F., Casini, L. (1999) The supplementary motor area in motor and sensory timing: Evidence from slow brain potential changes, *Experimental Brain Research*, 135, 271-280
- Macar, F., Grondin, S., Casini, L. (1994) Controlled attention sharing influences time estimation, *Memory & Cognition*, 22, 673-686
- Malapani, C., Rakitin, B., Levy, R., Meck, W.H., Deweer, B., Dubois, B., Gibbon, J. (1998) Coupled temporal memories in Parkinson's disease: A dopamine-related dysfunction, *J. Cogn. Neurosci*, 10, 316-331
- 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
- Matell, M. S., Meck, W. H. (2004) Cortico-striatal circuits and interval timing: coincidence detection of oscillatory processes, *Brain Res Cogn Brain Res*, 21, 139-170
- Matell, M. S., Shea-Brown, E., Gooch, C., Wilson, A. G., Rinzel, J. (2011) A heterogeneous population code for elapsed time in rat medial agranular cortex, *Behav. Neurosci.*, 125, 54-73
- Meck, W. H. (2006) Temporal memory in mature and aged rats is sensitive to choline acetyltransferase inhibition, *Brain Res*, 1108, 168-175
- Meck, W. H. (2002) Choline uptake in the frontal cortex is proportional to the absolute error of a temporal memory translation constant in mature and aged rats, *Learn. Motiv*, 33, 88-104

- Meck, W. H. (2002) Distortions in the content of temporal memory: neurobiological correlates, *Animal Cognition and Sequential Behavior: Behavioral, Biological, and Computational Perspectives*, 175–200
- Mioni, G., Grondin, S., Bardi, L., Stablum, F. (2020) Understanding time perception through non-invasive brain stimulation techniques: a review of studies, *Behavioural Brain Research*, 377
- Mioni, G., Capizzi, M., Stablum, F. (2018a) Age-related changes in time production and reproduction tasks: involvement of attention and working memory processes, *Aging, Neuropsychology and Cognition*, 27(3), 412-429
- Mioni, G., Capizzi, M., Vallesi, A., Correa, A., Di Giacopo, R., Stablum, F. (2018) Dissociating Explicit and Implicit Timing in Parkinson’s Disease Patients: Evidence from Bisection and Foreperiod Tasks, *Frontiers in Human Neuroscience*, 12 (17)
- Mioni, G., Meligrana, L., Grondin, S., Perini, F., Bartolomei, L. & Stablum, F. (2016) Effects of Emotional Facial Expression on Time Perception in Patients with Parkinson’s Disease, *Journal of the International Neuropsychological Society*, 22(9), 890-899
- Mioni, G., Stablum, F., McClintock, S. M., Grondin, S. (2014) Different methods for reproducing time, different results, *Atten Percept Psychophys*, 76, 675-681
- Mioni, G., Mattalia, G., Stablum, F. (2013) Time perception in severe traumatic brain injury patients: A study comparing different methodologies, *Brain and Cognition*, 81(3), 305–312
- Mioni, G., Stablum, F., McClintock, S. M., Cantagallo, A. (2012) Time-based prospective memory in severe traumatic brain injury patients: The involvement of executive functions and time perception, *Journal of the International Neuropsychological Society*, 18(4), 697–705

- Naccache, L., Blandin, E., Dehaene, S. (2002) Unconscious masked priming depends on temporal attention, *Psychological Science*, 13(5), 416–424
- Nakano, K., Kayahara, T., Tsutsumi, T., & Ushiro, H. (2000) Neural circuits and functional organization of the striatum, *Journal of Neurology*, 247, 1-15
- Nani, A., Manuello, J., Liloia, D., Duca, S., Costa, T., Cauda, F. (2019) The Neural Correlates of Time: A Meta-analysis of Neuroimaging Studies, *J Cogn Neurosci.*, 31(12), 1796-1826
- Neugarten, B. L. (1968) Middle age and aging, *University of Chicago press.*, 10
- Nichelli, P., Venneri, A., Molinari, M., Tavani, F., Grafman, J. (1993) Precision and accuracy of subjective time estimation in different memory disorders, *Brain Res Cogn*, 1, 87-93
- O'Reilly, J. X., Mesulam, M. M., Nobre, A. C. (2008) The cerebellum predicts the timing of perceptual events, *J Neurosci*, 28, 2252-2260
- Papagno, C., Allegra, A., Cardaci, M. (2004) Time estimation in Alzheimer's disease and the role of the central executive, *Brain Cogn*, 54, 18-23
- Park, D. C., Farrel, M. E. (2016) The aging mind in transition: amyloid deposition and progression toward Alzheimer's Disease, *Handbook of the Psychology of Aging*, cap. 5
- Pastor, M. A., Artieda, J., Jahanshahi, M., Obeso, J. A. (1992) Time estimation and reproduction is abnormal in Parkinson's disease, *Brain*, 115(1), 211-225
- Paton J. J., Buonomano D. V. (2018) The Neural Basis of Timing: Distributed Mechanisms for Diverse Functions, *Neuron*, 98(4), 687-705
- Perbal, S., Deweer, B., Pillon, B., Vidailhet, M., Dubois, B., Pouthas, V. (2005) Effects of internal clock and memory disorders on duration reproduction and duration productions in patients with Parkinson's disease, *Brain and Cognition*, 58, 35-48

- Perbal, S., Droit-Volet, S., Isingrini, M., Pouthas, V. (2002) Relationships between age-related changes in time estimation and age-related changes in processing speed, attention and memory, *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 9(3), 201–216
- Petersen, R. C., Parisi, J. E., Dickson, D. W., et al. (2006) Neuropathologic features of amnesic mild cognitive impairment, *Arch. Neurol.*, 63(5), 665–72
- Petersen, R. C., Smith, G. E., Waring, S. C., Ivnik, R. J., Tangalos, E. G., Kokmen, E. (1999) Mild cognitive impairment: clinical characterization and outcome, *Arch. Neurol.*, 56 (3), 303-308
- Petersen, R. C. (1995) Normal aging, mild cognitive impairment, and early Alzheimer's disease, *Neurologist*, 1, 326-344
- Piras, F., Coull, J. T. (2011) Implicit, Predictive Timing Draws upon the same representation of time as explicit timing, *PloS One*, 6(3)
- Pronin, E. (2013) When the mind races: effects of thought speed on feeling and actions, *Perspect. Psychol. Sci.*, 3, 461-485
- Pouthas, V., George, N., Poline, J. B., Pfeuty, M., VandeMoortele, P. F., Hugueville, L. (2005) Neural network involved in time perception: An fMRI study comparing long and short interval estimation, *Human Brain Mapping*, 25, 433-441
- Pouthas, V. & Perbal, S. (2004) Time perception depends on accurate clock mechanism as well as unimpaired attention and memory process, *Acta Neurobiol Exp*, 64, 367-385
- Rammsayer, T. H. (2008) Neuropharmacological approaches to human timing, *Psychology of time*, 295-320
- Rao, S. M., Mayer, A. R., Harrington D. L. (2001) The evolution of brain activation during temporal processing, *Nat. Neuroscience*, 4, 539-560

- Raz, N., Lindenberger, U., Rodrigue, K. M., Kennedy, K. M., Head, D., Williamson, A., Dahle, C., Gerstorf, D., Acker, J. D. (2005) Regional Brain Changes in Aging Healthy Adults: General Trends, Individual differences and Modifiers, *Cerebral Cortex*, 15(11), 1676-1689
- Raz, N. (2000) Aging of the brain and its impact on cognitive performance: Integration of structural and functional findings, *The handbook of aging and cognition*, 1–90
- Reitan, R. M. (1958) Validity of the Trail Making Test as an indicator of organic brain damage, *Perceptual and Motor Skill*, 8, 271-276
- Rey, A. (1958) L'examen clinique en psychologie, *Presses Universitaires De France*
- Roberts, J. S., Karlawish, J. H., Uhlmann, W. R., Petersen, R. C., Green, R. C. (2010) Mild cognitive impairment in clinical care: A survey of American Academy of Neurology members, *Neurology*, 75(5), 425–431
- Rose, N. S., Rendell, P. G., McDaniel, M. A., Aberle, I., Kliegel, M. (2010) Age and individual differences in prospective memory during a "Virtual Week": The roles of working memory, vigilance, task regularity, and cue focality, *Psychology and Aging*, 25(3), 595–605
- Rueda, A. D., Schmitter-Edgecombe, M. (2009) Time estimation abilities in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease, *Neuropsychology*, 23, 178-188
- Spaulding, S. J., Barber, B., Colby, M., Cormack, B., Mick, T., Jenkins, M. E. (2013) Cueing and gait improvement among people with Parkinson's disease: A meta-analysis, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 94(3), 562–570
- Sperling, R. A., Aisen, P. S., Beckett, L. A., Bennett, D. A., Craft, S., Fagan, A. M., et al. (2011), Toward defining the preclinical stages of Alzheimer's disease: Recommendations

from the National Institute on Aging-Alzheimer's Association workgroups on diagnostic guidelines for Alzheimer's disease, *Alzheimer's & Dementia*, 7(3), 280–292.

Spinnler, H., Tognoni, G. (1987) Taratura e Standardizzazione Italiana di Test Neuropsicologici, *Italian Journal of Neurological Science*, 6(8), 8-120

Soares, S., Atallah, B. V., Paton, J. J. (2016) Midbrain dopamine neurons control judgment of time, *Science*, 354, 1273–1277

Stanford, A. M. (2018) Lewy Body Dementia, *Clinics in Geriatric Medicine*, 34(4), 603-615

Stern, Y. (2012) Cognitive reserve in aging and Alzheimer's disease, *Lancet Neurol*, 11(11), 1006–1012

Ströhle, A., Schmidt, D. K., Schultz, F., et al. (2015) Drug and exercise treatment of Alzheimer disease and mild cognitive impairment: a systematic review and meta-analysis of effects on cognition in randomized controlled trials, *Am J Geriatr Psychiatry*, 23(12), 1234–1249

Tabert, M. H., Manly, J. J., Liu, X., et al. (2006) Neuropsychological prediction of conversion to Alzheimer disease in patients with mild cognitive impairment, *Arch. Gen. Psychiatry*, 63(8), 916–24

Taconnat, L., Baudouin, A., Fay, S., Clarys, D., Vanneste, S., Tournell, L., Isingrini, M. (2006) Aging and implementation of encoding strategies in the generation of rhymes: The role of executive functions, *Neuropsychology*, 20(6), 658–665

Takahashi, Y. K., Langdon, A. J., Niv, Y., Schoenbaum, G. (2016) Temporal specificity of reward prediction errors signaled by putative dopamine neurons in rat VTA depends on ventral striatum, *Neuron*, 91, 182–193

- Taylor, J. P., McKeith, I. G., Burn, D. J., Boeve, B. F., Weintraub, D., Bamford, C., Allan, L. M., Thomas, A. J., O'Brien, J. T. (2020) New evidence on the management of Lewy Body dementia, *Neurology*, 19(2), 157-169
- Thomae, H. (1970) Theory of aging and cognitive theory of personality, *Human development*, 13(1), 1-16
- Tregellas, J. R., Davalos, D. B., Rojas, D. C. (2006) Effect of task difficulty on the functional anatomy of temporal processing, *NeuroImage*, 32, 307-315
- Treisman, M., Faulkner, A., Naish, P. L. N., Brogan, D. (1990) The internal clock: Evidence for a temporal oscillation underlying time perception with some estimates of its characteristic frequency, *Perception*, 19, 705-743
- Turgeon, M., Lustig, C., Meck, W. M. (2016) Cognitive aging and time perception: Roles of bayesian optimization and degeneracy, *Frontiers in Aging Neuroscience*, 8, 102
- Üstün S., Kale, E. H., Çiçek, M. (2017) Neural Networks for Time Perception and Working Memory, *Front. Hum. Neurosci*, 11(83)
- Van Ede, F., Niklaus, M., Nobre, A. C. (2017) Temporal expectations guide dynamic prioritization in visual working memory through attenuated a oscillations, *Journal of Neuroscience*, 37 (2), 437–445
- Van Rijn, H., Kononowicz, T. W., Meck, K. H., Ng, K. K., Penney, T. B. (2011) Contingent Negative Variation and its relation to time estimation: a theoretical evaluation, *Frontiers in integrative neuroscience*, 5(9)
- Vieira, R. T., Caixeta, L., Machado, S., Silva, A. C., Nardi, A. E., Arias-Carrion, O., Carta, M. G. (2013) Epidemiology of early-onset dementia: a review of the literature, *Clinical Practice & Epidemiology in Mental Health*, 9, 88-95

- Wise, S. P., Boussaoud, D., Johnson, P. B., Caminiti, R. (1997) Premotor and parietal cortex: corticocortical connectivity and combinatorial computations, *Annu Rev Neurosci*, 20, 25-42
- Wittmann, M., Lehnhoff, S. (2005) Age effects in perception of time, *Psychol Rep*, 97(3), 921-935
- Woodrow, H. (1914) The measurement of attention, *Psychological Monographs*, 17, 158
- Yankner, B. A., Lu, T., Loerch, P. (2008) The Aging Brain, *Annu. Rev. Pathol. Mech. Dis.*, 3, 41-66
- Zakay, D. & Block, R. A. (2004) Prospective and retrospective duration judgments: an executive-control perspective, *Acta Neurobiol Exp*, 64, 319-328
- Zakay, D., Block, R. A. (1997) Temporal Cognition, *Current Direction in Psychological Science*, 6(1), 12-16
- Zélanti, P. S., Droit-Volet, S. (2011) Cognitive abilities explaining age-related changes in time perception of short and long durations, *Journal of Experimental Child Psychology*, 109 (2), 143–157
- Zelaznik, H. N., Spencer, R. M. C., Ivry, R. B. (2008) Behavioral analysis of human movement timing, *Psychology of time*, 233-260