

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Facoltà di Psicologia

Corso di laurea magistrale di Neuroscienze e Riabilitazione Neuropsicologica

Elaborato finale

Ruolo delle emozioni nella memoria prospettica basata sul tempo

Role of emotions in time-based prospective memory

Relatrice: **Prof.ssa Giovanna Mioni**

Laureanda : **Elisa Alessandrini**

Matricola: **2017352**

Anno Accademico 2021/2022

INDICE

INTRODUZIONE	1
CAPITOLO 1: LA MEMORIA PROSPETTICA	3
1.1 INTRODUZIONE ALLA MEMORIA PROSPETTICA	3
1.2 NEUROANATOMIA FUNZIONALE	9
1.3 MEMORIA PROSPETTICA EVENT-BASED E TIME-BASED	13
1.4 MEMORIA PROSPETTICA TIME-BASED IN GIOVANI ADULTI E NELL'INVECCHIAMENTO	15
CAPITOLO 2: PERCEZIONE DEL TEMPO. MODELLI E BASI NEURALI	19
2.1 PERCEZIONE TEMPORALE	19
2.2 PERCEZIONE TEMPORALE NELL'INVECCHIAMENTO	24
2.3 BASI NEURALI DELLA PERCEZIONE TEMPORALE	26
2.4 PERCEZIONE DEL TEMPO E MEMORIA PROSPETTICA BASATA SUL TEMPO	30
2.5 MONITORAGGIO E MEMORIA PROSPETTICA BASATA SUL TEMPO	31
CAPITOLO 3: COINVOLGIMENTO DELLE EMOZIONI NELLA MEMORIA PROSPETTICA BASATA SUL TEMPO	35
3.1 TEORIE DELLA COGNIZIONE E DELLE EMOZIONI	35
3.2 INFLUENZA DELLE EMOZIONI NEL RICORDO PROSPETTICO	36
CAPITOLO 4: LO STUDIO	43
4.1 PARTECIPANTI	43
4.2 DESIGN	43
4.3 MATERIALI E COMPITI	44
4.4 PROCEDURA	44
4.5 RISULTATI: ANALISI STATISTICA	45
4.6 DISCUSSIONE	53

BIBLIOGRAFIA	57
IMMAGINI	74
APPENDICE	75

INTRODUZIONE

Il 4 giugno del 2003 Andrea Albanese parcheggiò l'auto, la chiuse ed andò a lavoro. Sembrava una giornata come le altre quando alle 16:00 ricevette quella chiamata; Luca, suo figlio di 2 anni, doveva essere preso alla scuola materna dai nonni ma il bambino a scuola non c'era mai arrivato. Quel giro di chiamate aveva fatto emergere l'errore del genitore. Luca era stato dimenticato nell'auto del padre circa otto ore prima. Il sole battente aveva fatto salire la temperatura all'interno della vettura e quando fu ritrovato per il bambino ormai non c'era più nulla da fare.

Questo tragico esempio, basato su un reale fatto di cronaca, ha a che fare con un errore di memoria, dimenticarsi di eseguire un compito a volte può avere conseguenze fatali. Ricordarsi, o spesso dimenticarsi, di svolgere un compito nel futuro è associato all'utilizzo della memoria prospettica (Dismukes, 2010). Nel periodo di tempo tra la formazione dell'intenzione e la sua attuazione spesso si devono svolgere attività interferenti che rendono necessario un recupero dell'informazione dalla memoria per mettere in atto il comportamento desiderato. A seconda del tipo di cue in letteratura si distinguono compiti di memoria prospettica basati sul tempo o sull'evento.

In questa tesi verranno analizzati i compiti di memoria prospettica basati sul tempo cercando di sottolineare come questi siano influenzati dalle emozioni. Studi in letteratura sostengono che la percezione del tempo sia un fattore centrale nei compiti time-based di memoria prospettica e, a sua volta, che essi risentano dell'influenza delle emozioni. Il seguente elaborato ha perciò l'obiettivo di indagare il legame tra emozioni e compiti di memoria prospettica basati sul tempo.

Nel Capitolo 1 vi è un'introduzione al costrutto, sono descritti i modelli di memoria prospettica in letteratura, i substrati neuroanatomici ed infine è evidenziato il cambiamento e l'evoluzione di questa abilità nel corso della vita.

Nel Capitolo 2 sono presentati i dati scientifici relativi alla percezione temporale evidenziando i modelli in letteratura e le basi neurali. Una parte del capitolo è dedicata al monitoraggio analizzato sotto vari punti di vista.

Nel Capitolo 3 viene indagata l'influenza dell'emozione nella percezione temporale e quindi, di conseguenza, anche nella Memoria Prospettica basata sul tempo. Dopo la presentazione dei modelli più influenti nel panorama scientifico odierno verranno presentati i dati di vari studi.

Nel Capitolo 4 è riportato l'esperimento volto ad esaminare nello specifico il legame tra emozioni e Memoria Prospettica basata sul tempo a livello sperimentale. Dopo la presentazione della metodologia utilizzata ed il campione selezionato saranno presentati i dati ricavati dall'esperimento, i risultati e la loro interpretazione.

CAPITOLO 1: LA MEMORIA PROSPETTICA

1.1 INTRODUZIONE ALLA MEMORIA PROSPETTICA

La Memoria Prospettica (MP) è la funzione cognitiva che permette di ricordarsi di eseguire nel futuro azioni precedentemente pianificate, anche quando si è impegnati in altri compiti. Essa è essenziale per essere autonomi ed incide molto nella qualità della vita (Beaver et al., 2017) infatti è importante ricordarsi di prendere medicinali, pagare delle bollette o passare al supermercato prima di tornare a casa dal lavoro. In sintesi rappresenta una grande parte della vita quotidiana e delle dimenticanze. La MP si contrappone alla Memoria Retrospettiva (MR) che si riferisce al ricordo di eventi passati e che viene evocata con una richiesta esplicita ed esterna (Craik, 1986); nei compiti di MP, al contrario, il richiamo dell'informazione avviene in maniera auto-iniziata. In letteratura alcuni autori hanno costruito modelli di funzionamento per spiegare i meccanismi alla base della Memoria Prospettica. McDaniel e Einstein nel 2000 proposero il "Multiprocess Framework" integrando le evidenze di due teorie: La teoria del monitoraggio e la teoria del recupero spontaneo (Einstein et al., 2000) (Figura 1). La scelta di monitorare o lasciare che il recupero avvenga spontaneamente dipenderebbe, secondo gli autori, da fattori individuali, dal cue prospettico (valenza, salienza), dal compito di MP e da quello ongoing.

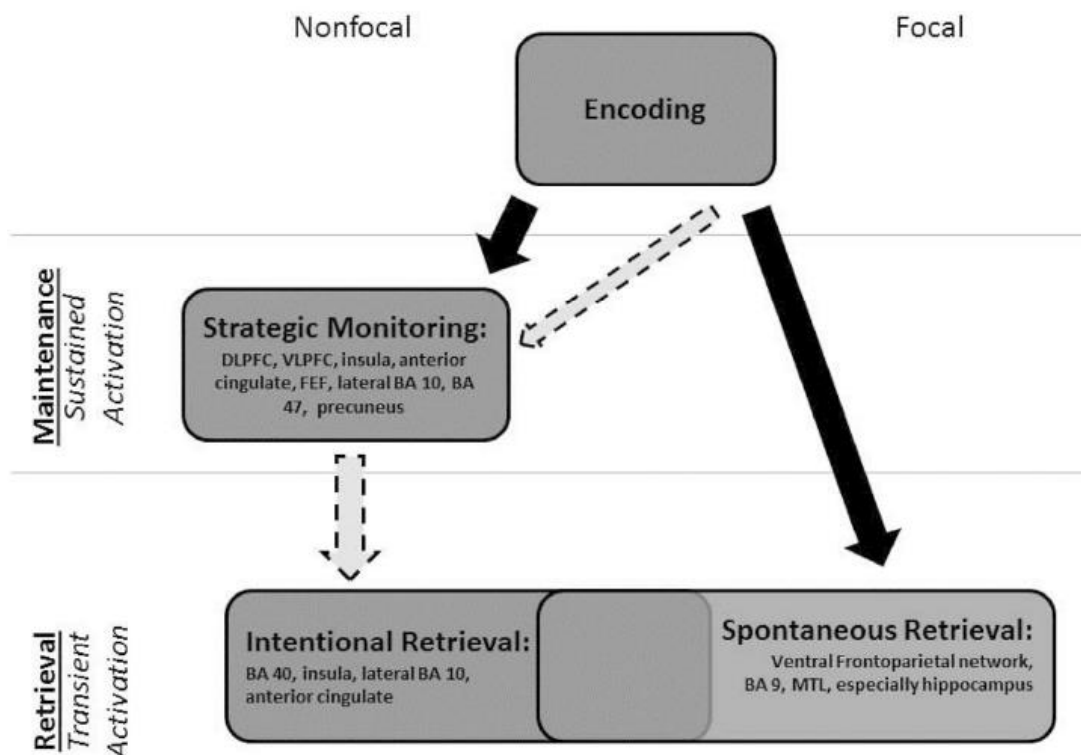


Figura 1. Rappresentazione grafica del "Dual Pathways" basato sul Multiprocess Framework. Le frecce nere indicano la sequenza di elaborazione tra le fasi mentre quelle tratteggiate mostrano che anche in un'attività focale sia possibile attuare un monitoraggio strategico e che le attività non focali potrebbero non coinvolgere sempre il recupero dalla memoria a lungo termine (McDaniel et al., 2015).

La Teoria del Monitoraggio Attentivo assume che per compiere un compito di MP sia necessario monitorare costantemente l'ambiente, questo meccanismo richiede un costo a livello attentivo nella memoria di lavoro (McDaniel et al., 2007). Il Sistema Attentivo Supervisore (SAS) è responsabile dell'allocazione delle risorse attentive (Shallice e Burgess, 1991) e del monitoraggio dell'ambiente fino al riconoscimento del cue. Una volta identificato il cue il compito ongoing deve essere sospeso per portare l'attenzione verso l'azione precedentemente pianificata (Smith e Bayen's, 2004). Il carico di risorse in memoria di lavoro durante il monitoraggio rende questo processo disfunzionale se utilizzato come unico possibile. Secondo McDaniel e Einstein la flessibilità e dinamicità della MP permette di alternare al monitoraggio un meccanismo più automatico per favorire un migliore adattamento ai compiti ed alle richieste ambientali. Il monitoraggio è supportato dall'attivazione della corteccia prefrontale (Burgess et al., 2000) e dalla capacità di memoria di lavoro (Brewer et al., 2010).

Secondo la Teoria del Recupero Spontaneo le persone non monitorano costantemente l'ambiente alla ricerca del target ma semplicemente ricordano di svolgere l'azione precedentemente programmata in presenza del cue (Einstein et al., 2005). Secondo gli autori il recupero avverrebbe in maniera riflessiva associativa, senza l'utilizzo di risorse attentive (Gynn et al., 2001). L'ipotesi è che durante la codifica ci sia un'associazione tra il cue e l'azione da eseguire e quindi, grazie a processi di tipo bottom-up, il recupero dell'intenzione si verificherebbe spontaneamente (Moscovitch 1994). Il recupero spontaneo è supportato dall'attivazione dell'ippocampo e non necessita invece dell'attivazione preparatoria della corteccia prefrontale (Gordon et al., 2011).

McDaniel e colleghi nel 2015 distinsero tra elaborazione focale non focale, nelle quali il compito ongoing rispettivamente favorisce la codifica del target o non la incentiva. Per fare un esempio quando il compito ongoing è di tipo decisionale (chiedere ai partecipanti di determinare se una stringa di lettere formi una parola di senso compiuto) la parola (target prospettico) da identificare è focale perché tale compito facilita la codifica semantica dell'informazione aumentando la probabilità che la parola venga riconosciuta; se il target prospettico fosse invece una parola che inizia con la lettera "r" allora non sarebbe focale perché il compito ongoing non faciliterebbe l'elaborazione della prima lettera (McDaniel et al., 2015). Seguendo il principio di specificità della codifica di Tulving (Tulving, 1983), il recupero spontaneo diventa più probabile quando c'è una forte sovrapposizione tra la codifica ed il recupero di una certa informazione.

Recentemente Cona e colleghi (2015) proposero nuovo modello di MP definito "Attention to Delayed Intention (AtoDI)" in cui MP viene vista come un processo a più fasi caratterizzato da un'iniziale codifica di un'intenzione a cui segue una fase di mantenimento terminando con il recupero dell'intenzione (Cona et al., 2015) (Figura 2). Secondo gli autori del Multiprocess Framework questo schema sottovaluta la complessità della MP, la critica al modello "AtoDI" si

focalizza principalmente su due aspetti (McDaniel et al., 2015). In primo luogo, secondo il modello AtoDI nello stadio di mantenimento della MP vi è un monitoraggio strategico che, di conseguenza, coinvolge il network attentivo frontale mentre per McDaniel e colleghi è più opportuno affermare che il mantenimento attivo può essere presente (in compiti focali) ma non è necessariamente richiesto ed infatti in altri compiti (non focali) potrebbe essere coinvolto minimamente o per niente (McDaniel et al., 2015; Einstein, 2005; Scullin 2010). In secondo luogo il modello “AtoDI” considera la fase di recupero come processo spontaneo di tipo bottom-up mentre nel Multiprocess Framework vi è una distinzione basata sul tipo di compito: il recupero spontaneo è presente per cue focali che non richiedono un monitoraggio attivo mentre per i compiti in cui il controllo è sostenuto nel tempo il recupero è visto come processo di tipo top-down in quanto è utilizzato per comparare il segnale e l’intenzione mantenuta con quelle originariamente elaborati (McDaniel et al., 2015).

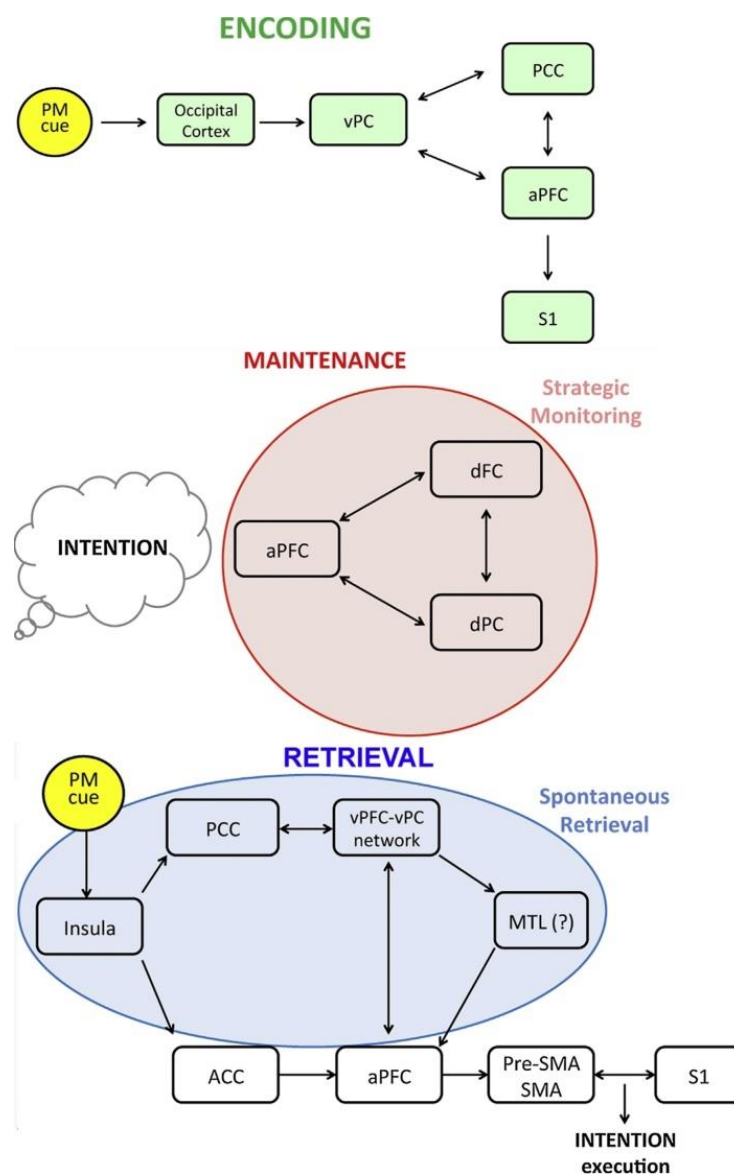


Figura 2. Illustrazione grafica del modello Attention to Delayed Intention (AtoDI). Per ogni fase sono state inserite le aree coinvolte trovate dagli autori. dPC, corteccia parietale dorsale; vPC, corteccia parietale ventrale; PCC, corteccia cingolata posteriore; ACC, corteccia cingolata anteriore; aPFC, corteccia prefrontale anteriore; vPFC, corteccia prefrontale ventrale; dFC, corteccia frontale dorsale; SMA, area motoria supplementare; S1, area somatosensoriale primaria; MTL, lobo temporale mediale. (Adattamento da Cona et al., 2015)

Il modello di McDaniel e Einstein venne sviluppato per predire le variabili associate ai due tipi di processi ma studi successivi realizzati in contesti più naturalistici portarono all'elaborazione del "Dynamic Multiprocess Framework" (Scullin et al., 2013). Durante un compito di MP c'è un'interazione tra il processo di recupero spontaneo e quello di monitoraggio. Uno dei limiti delle ricerche sulla MP svolte in laboratorio è relativo alla durata del compito, nella vita quotidiana l'intervallo di tempo tra la formazione dell'intenzione e l'esecuzione è di gran lunga maggiore e può arrivare a giorni o settimane (Scullin et al., 2013). Il monitoraggio non può essere costante e sempre presente ma è utilizzato solo in un contesto in cui il cue è atteso. Il recupero spontaneo è necessario per dare inizio al controllo attentivo continuo; sono i fattori ambientali o la presenza stessa di una specifica situazione che riescono ad innescare tale recupero (Figura 3).

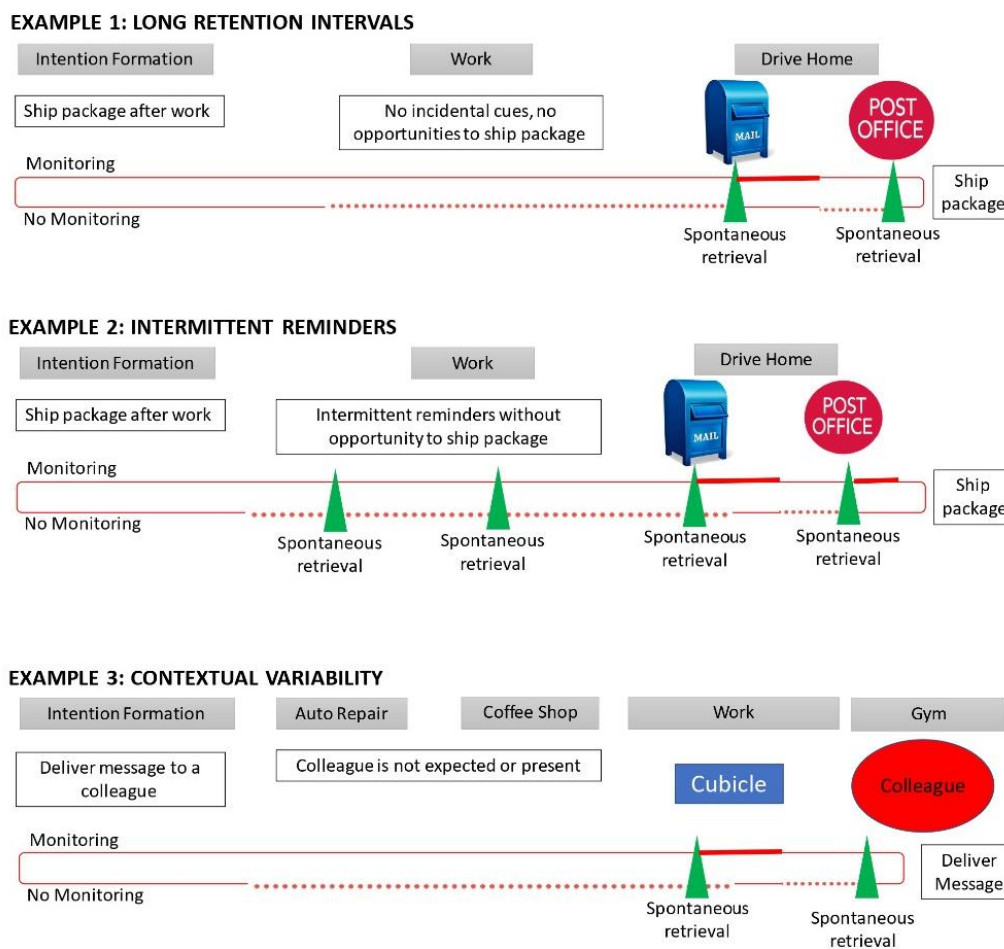


Figura 3 L'esempio 1 riporta un intervallo di ritenzione senza cue/opportunità di spedire il pacco. Durante il tragitto verso casa una cassetta della posta attiva in memoria tale intenzione portando a monitorare l'ambiente in cerca dell'ufficio postale, questo controllo viene abbandonato data l'assenza di uffici postali nelle vicinanze. Più tardi la vista di un ufficio postale innesca il recupero dell'azione che viene portata a termine. Nell'esempio 2 la presenza di saltuari cue (nastro da imballaggio e scatole di spedizione) attiva spontaneamente il recupero dell'intenzione di spedire il pacco ma il monitoraggio non è attivo perché questi recuperi si verificano mentre l'individuo è al lavoro e non ha un'opportunità per eseguire tale azione. All'uscita dal lavoro, l'individuo, recuperando spontaneamente l'intenzione di spedire il pacco, inizia a cercare un ufficio postale ma, non incontrandone nessuno, smette di monitorare. Più tardi, durante il viaggio di ritorno a casa, la casella di posta riattiva l'intenzione e, monitorando fino all'ufficio postale, il pacco viene spedito. L'esempio 3 introduce l'idea di variabilità contestuale. Un individuo forma l'intenzione di consegnare un messaggio a un collega quando lo vedrà quel giorno. Non ci sarà monitoraggio durante i periodi della giornata in cui il collega non è atteso o presente (bar, officina auto), ma l'intenzione verrà recuperata spontaneamente passando davanti al cubicolo del collega. L'individuo cerca il collega sul posto di lavoro ma non lo vede e smette di monitorare. Più tardi va in palestra e incontra fortuitamente il collega, che innesca spontaneamente la memoria del messaggio. (Adattamento da Scullin et al. 2013).

Dai dati in letteratura ci sono varie funzioni cognitive che sottendono compiti di MP come le funzioni esecutive ed attentive (Groot et al., 2002), la memoria di lavoro, la memoria episodica e fattori motivazionali (Carlesimo e Costa, 2011). Sulla specificità del costrutto di MP ci sono diverse considerazioni da fare: alcuni autori sostengono che la memoria prospettica sia intrinsecamente connessa al funzionamento di altre abilità cognitive mentre altri la descrivono come una funzione discreta che però è connessa ad altre abilità per un corretto funzionamento e, proprio per questo, può essere compromessa da danni focali cerebrali (Carlesimo e Costa, 2011).

Secondo il modello di Kliegel e colleghi (Kliegel et al., 2011) la MP dovrebbe essere concettualizzata come un processo a più fasi (Figura 4).

Fase 1: Formazione dell'intenzione. Riflette il momento in cui si crea l'intenzione esplicita di ricordarsi di eseguire, nel futuro, una serie di azioni che vengono quindi codificate in memoria.

Fase 2: Mantenimento dell'obiettivo. La ritenzione in memoria dell'intenzione è essenziale dal momento che, sia nella quotidianità sia nei contesti più artificiali del laboratorio, si esegue contemporaneamente un compito interferente che distoglie l'attenzione. Ciò che viene mantenuto nello specifico è: l'azione (cosa fare), l'intenzione (ricordarsi della decisione di fare qualcosa) e il contesto di recupero (quando recuperare l'informazione) (Brandimonte et al., 2014). Alcuni autori dividerebbero questa fase in due parti: un iniziale intervallo di ritenzione tra la codifica e l'inizio del periodo in cui potenzialmente svolgere l'azione e un successivo intervallo di prestazione che inizia quando l'azione diventa più saliente. Prendendo l'esempio "due giorni fa è stato deciso di andare a trovare un amico l'indomani mattina" ci sarà un primo intervallo di ritenzione di circa 2 giorni ed un altro legato alla performance di circa 3 ore (Brandimonte et al., 2014).

Fase 3: Iniziare l'azione. Si riferisce al momento in cui l'azione viene recuperata dalla memoria per poter essere eseguita, la riuscita di questo stadio dipende dal monitoraggio, flessibilità cognitiva (passare dal compito ongoing all'azione già programmata) e dal controllo inibitorio.

Fase 4: Eseguire l'intenzione. L'esecuzione è influenzata sia dal piano originale che da fattori situazionali. Secondo Kliegel e colleghi la flessibilità cognitiva è la funzione esecutiva che più impatta in questa fase, permettendo di dare priorità all'azione da eseguire (Kliegel et al., 2011). Nel 2003 Marsh e colleghi stilano una lista di processi cognitivi sottostanti al completamento di un'intenzione (Marsh et al., 2003).

- Riconoscimento iniziale del cue associato all'intenzione
- Verifica della presenza di tutti i criteri necessari per la risposta
- Recupero della corretta azione di risposta
- Coordinazione nell'eseguire i due compiti in contemporanea

Le componenti di verifica e recupero dell'azione fanno riferimento alla componente retrospettiva della memoria mentre l'elemento prospettico si riferisce al riconoscimento del cue.

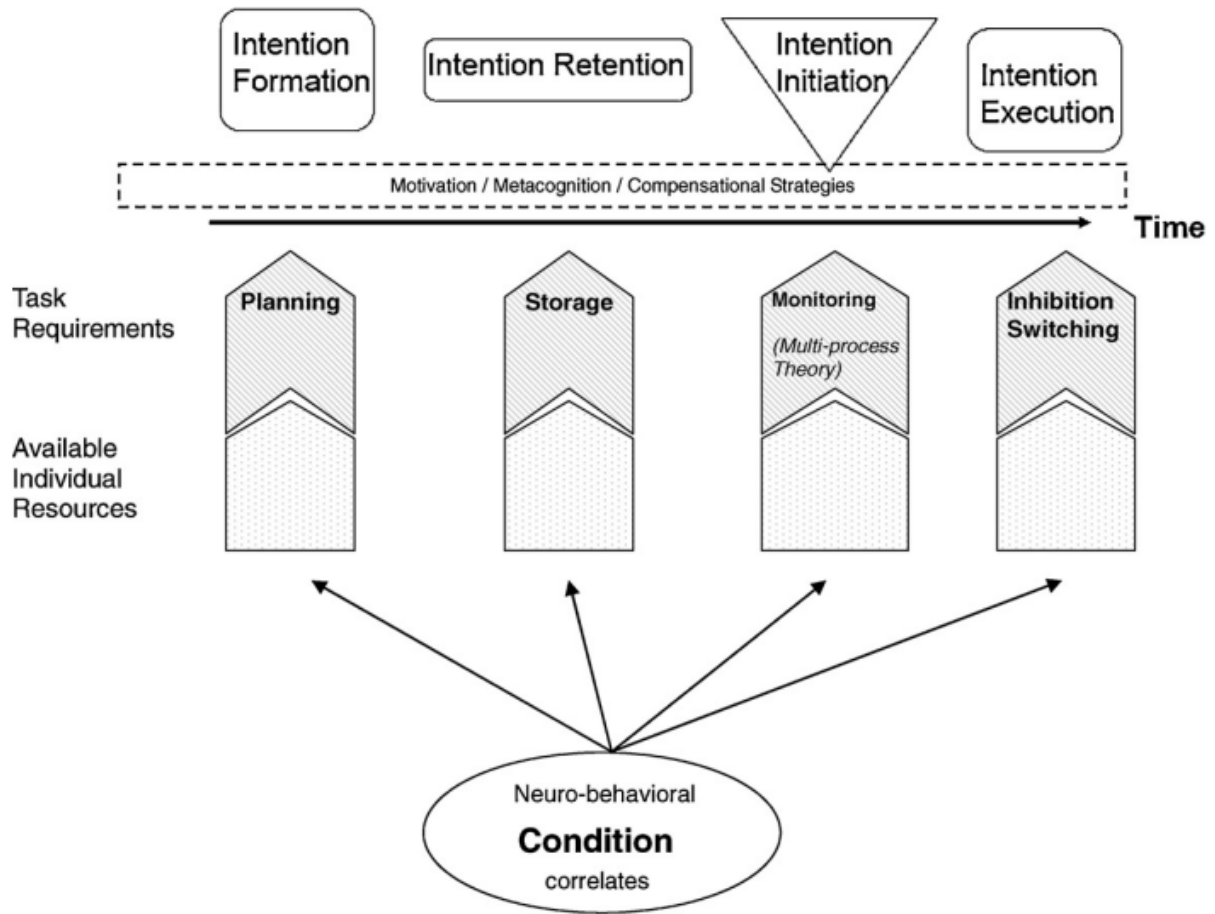


Figura 4. Rappresentazione grafica del modello di Memoria Prospettica con le diverse fasi coinvolte nel ricordo di intenzioni. Vengono inoltre inseriti i processi cognitivi responsabili di ogni fase. (Adattamento da Kliegel et al., 2011)

1.2 NEUROANATOMIA FUNZIONALE

1.2.1 RUOLO DELLA CORTECCIA PREFRONTALE ANTERIORE NELLA MP

A livello neuroanatomico la regione rostrale della corteccia prefrontale (area di Brodmann 10) sembra avere un ruolo importante nel mantenimento e realizzazione di un'intenzione nel futuro elicitata dalla presenza di un cue. Il gruppo di ricerca di Okuda e colleghi utilizzò, nel 2007, la tomografia ad emissione di positroni (PET) per studiare più nel dettaglio l'organizzazione cerebrale durante compiti di memoria prospettica distinguendo quelli basati sul tempo dagli altri basati sull'evento. I dati mostrano un'attivazione maggiore nella parte mediale della corteccia prefrontale in compiti di MP basati sul tempo e maggiore nella parte laterale della corteccia prefrontale per compiti di MP basati sull'evento (Okuda et al., 2007). La "Gateway Theory" presuppone che questa dissociazione tra attivazione laterale e mediale della corteccia prefrontale rostrale sia provocata dalla corteccia prefrontale che agisce come una porta modulando i bias attentivi tra i pensieri interni e indipendenti dallo stimolo e tra le cognizioni esterne orientate dallo stimolo. Più nello specifico la parte laterale è deputata a modulare l'attenzione in risposta ai pensieri interni mentre l'area più mediale orienta l'attenzione verso il mondo esterno (Okuda et al., 2007). Uno studio di Barban e colleghi del 2014 riscontrò un effetto significativo di alta salienza e basso carico in memoria per la corteccia prefrontale mediale mentre per quanto riguarda la corteccia prefrontale laterale sinistra sembra esserci un'interazione significativa tra il compito ed il carico, la massima attivazione è rilevata quando il cue prospettico è presentato in condizioni di elevato carico (Barban et al., 2014). Questi dati supportano la teoria del Gateway in quanto durante un compito di MP l'area mediale della corteccia prefrontale dirige l'attenzione verso la salienza degli stimoli esterni mentre la parte laterale si concentra sulle rappresentazioni mnestiche interne (Barban et al., 2014). Il pattern di attivazione delle varie aree della corteccia prefrontale rende quindi possibile sia mantenere l'intenzione mentre si è impegnati in un diverso compito sia monitorare per la presenza del cue prospettico (Burgess et al., 2001). Risultati coerenti provengono anche dagli studi elettrofisiologici sui potenziali evento-relati (ERPs), gli autori rilevarono un'attivazione sostenuta sui siti prefrontali durante processi di monitoraggio strategico (Cona et al., 2012a; Cona et al., 2012b). La "Gateway theory" non risulta esaustiva nel delineare il ruolo della corteccia prefrontale anteriore nelle altre fasi, non chiarendo distintamente se il coinvolgimento riguardi l'informazione relativa al contenuto o all'intenzione futura (Cona et al., 2015). La meta-analisi di Cona e colleghi infatti riscontra un'attività frontale sia durante la fase di mantenimento dell'intenzione sia nelle altre due relative alla codifica e recupero suggerendo dunque che tale regione sia associata alla codifica del contenuto dell'intenzione. (Cona et al., 2015). Per quanto riguarda invece la corteccia prefrontale

ventrolaterale, Momennejad e Haynes nel 2012 cercarono di capire in che modo essa codificasse le informazioni circa intenzioni future in concomitanza con lo svolgimento di un compito ongoing ed in che modo consentisse di iniziare un'attività memorizzata nell'orario prestabilito (Momennejad e Haynes, 2012). Attraverso la fMRI fu possibile comprendere che la corteccia prefrontale anteriore è responsabile della codifica del “cosa” deve essere fatto e “quando” mettere in atto tale azione nel futuro, questa memorizzazione sembra avvenire durante il mantenimento e recupero auto-iniziato (Momennejad e Haynes, 2012). Questa struttura sembra attivarsi inoltre anche nella fase di codifica (Momennejad e Haynes, 2012) anche se lo studio di Gilbert del 2011 non trovò questo coinvolgimento (Gilbert, 2011). In sintesi sono molti gli studi che dimostrano che lo svolgimento di compiti di MP legati al tempo o all'evento è legato a richieste diverse sulle risorse neurali della corteccia prefrontale rostrale (Burges et al., 2001/2003; den Ouden et al., 2005; Gilbert, 2009; Reynolds et al., 2009; Simons et al. 2005).

1.2.2 NETWORK FRONTOPARIETALE DORSALE E VENTRALE NEI PROCESSI DI MP

Uno studio di Cona e colleghi del 2015 riscontrò una dissociazione nel network fronto-parietale in relazione a due diverse fasi del processo di memoria prospettica: mantenimento e recupero (Cona et al., 2015). Specificatamente per quanto riguarda il mantenimento le aree che hanno mostrato un'attivazione maggiore sono le regioni della corteccia parietale dorsale (dPC) come il lobulo parietale superiore ed il precuneo (BA 7, BA 19) (Cona et al., 2015). Allo stesso tempo durante la fase di recupero dell'intenzione la corteccia parietale ventrale (vPC) ha mostrato più attività, più nello specifico a livello del lobulo parietale inferiore ed il giro sopra-marginale (BA 40). Quando l'attenzione è indirizzata agli stimoli esterni e al contenuto dell'intenzione, rappresentato dalle aree frontali, tale azione viene supportata dall'attivazione delle regioni parietali (Cona et al., 2015). Gli autori ipotizzarono che la dissociazione all'interno del network fronto-parietale fosse da attribuire alla presenza o meno del cue prospettico o dalla facilità di rilevazione di tale indizio. Nei contesti in cui quindi l'indizio non è presente nell'ambiente, come durante il monitoraggio, o non è ben evidente vi è necessità di un controllo top-down attentivo supportato dalle regioni dorsali del network fronto-parietale (Cona et al., 2015). Per i compiti in cui il cue è presente nel contesto oppure è facilmente rintracciabile, il segnale cattura l'attenzione con un processo bottom-up supportato dalle zone più ventrali del network in questione per poi indirizzare tale focus verso il contenuto dell'intenzione di cui sono responsabili regioni più frontali sia laterali sia ventrolaterali (Cona et al., 2015).

1.2.3 COINVOLGIMENTO DI ALTRE REGIONI NEI PROCESSI DI MP

Le analisi delle ricerche presentate precedentemente hanno evidenziato anche l'attivazione di altre aree oltre alla corteccia prefrontale, coerentemente con l'idea che vi sia un network più distribuito a supporto delle prestazioni del MP. La meta-analisi di Cona e colleghi ha trovato una massiccia attivazione della corteccia cingolare e dell'insula durante i processi di MP; la corteccia cingolare si suddivide in una parte anteriore (ACC), la cui attività è stata evidenziata da numerosi studi (Burgess et al., 2010; Okuda et al., 2007; Reynolds et al., 2009; Simons et al., 2006), ed una posteriore (PCC) coinvolte separatamente in diversi networks (Cona et al., 2015). Vi è una co-attivazione della ACC (BA 24/32) con le cortecce prefrontale laterale e parietale posteriore dal momento che queste regioni sono coinvolte nel "Cognitive Control Network" (Burgess et al., 2001; Gilbert et al., 2010); la regione cingolare anteriore ha capacità di risolvere conflitti determinati da stimoli capaci di attivare due processi in competizione tra loro. Secondo Cohen il controllo cognitivo si riferisce "all'abilità di svolgere azioni dirette allo scopo, a fronte di comportamenti altrimenti più abituali o più urgenti. Questa capacità è impegnata da ogni facoltà che distingue le capacità umane da quelle di altre specie, e praticamente in ogni dominio funzionale umano che vada dalla percezione all'azione, processo decisionale, pianificazione e risoluzione dei problemi dovuti al linguaggio" (Cohen, 2017). Questo controllo cognitivo implicato nell'eliminazione del conflitto porta, a sua volta, ad un potenziamento dei processi di regolazione top-down nella corteccia prefrontale dorso-laterale, richiesta appunto per il raggiungimento degli obiettivi del compito (Cona et al., 2015). Nella meta-analisi dei ricercatori l'ACC è stata collegata alla fase di recupero in quanto in un compito prospettico, una volta percepito il cue, si instaura un conflitto tra il compito ongoing e quello di MP che deve essere risolto (Cona et al., 2015). In opposizione a questo network cognitivo ve n'è un altro che invece è attivo quando non si è impegnati in compiti diretti ad uno scopo, questa rete di connessioni prende il nome di "Default Mode Network" che si compone di diverse regioni tra cui la PCC (BA 23/31) (Cona et al., 2015). Gli autori ipotizzano il coinvolgimento della corteccia cingolata posteriore nelle fasi di codifica e recupero, stadi legati alla memoria retrospettiva in cui è richiesto uno spostamento del focus attentivo dagli stimoli esterni verso quelli interni per permettere di codificare l'intenzione o per recuperarla dalla memoria (Cona et al., 2015). L'ipotesi di una co-operazione con le regioni parietali che sono capaci di determinare questo spostamento attentivo si basa anche su lavori presenti in letteratura (Beck et al., 2014; den Ouden et al., 2005) che suggerirono un ruolo della PCC nel processamento delle intenzioni (Cona et al., 2015). Insieme alla corteccia cingolata anteriore anche l'insula ha mostrato una maggiore attività durante i compiti di MP, queste due regioni rivestono un ruolo centrale nel "Salience Network" che è deputato alla recezione di stimoli appunto salienti per guidare intenzioni e comportamenti (Uddin, 2016). L'insula mostra infatti un'attivazione maggiore durante le fasi di

recupero, esplicitando il proprio ruolo nei processi bottom-up di rilevazione dei cue prospettici; allo stesso tempo sembra essere una struttura capace sia di mettere in comunicazione i network su larga scala (Cognitive Control Network e Default Mode Network) sia di coordinare e modulare l'attenzione rivolta verso stimoli esterni o interni (Cona et al., 2015). Burges e colleghi hanno trovato attività nelle aree del Precuneo e del lobo parietale, ossia BA 7 e 40 (Burges et al., 2001), dalle neuroimmagini funzionali è evidente la co-attivazione di queste aree con la corteccia prefrontale durante diversi compiti cognitivi, non solo di memoria prospettica, ma sono necessari ulteriori studi per cogliere il significato di questi dati (Burgess et al., 2001). In uno studio del 2001 Burgess e collaboratori rilevarono una maggiore attivazione del talamo, più a destra che a sinistra, durante compiti di MP ipotizzando che tale associazione fosse relata al riconoscimento del target MP o al recupero della risposta da compiere (Burges et al., 2001). Ci possono essere varie interpretazioni di questi dati dal momento che la struttura è coinvolta in diversi processi cognitivi. Ricerche scientifiche in letteratura sottolineano il ruolo che il talamo ha nell'attenzione (Hager et al., 1998), nel mediare l'interazione tra attenzione e arousal (Portas et al., 1998), nel recupero episodico (Wiggs et al., 1998) oppure nel monitoraggio o azioni auto-generate (Blakemore et al., 1998). Queste ipotesi potrebbero spiegare i risultati dove il cue da riconoscere e recuperare (MP) è probabilmente associato ad un aumento di arousal (significativo), recupero di intenzioni ed esecuzione di nuove risposte auto-generate. Gordon e colleghi nel 2011 esaminarono il link tra performance MP e volume cerebrale trovando una forte correlazione con l'ippocampo (Gordon et al., 2011) ma questi risultati non sono appoggiati da tutta la comunità scientifica in quanto alcuni studi non hanno riscontrato consistenti attivazioni nel lobo temporale mediale (McDaniel et al., 2013). Il ruolo dell'ippocampo è relato al ricordo spaziale, episodico e di riconoscimento (Burges et al., 2002) come anche performance di MP in un contesto naturalistico (Kalpouzos et al 2010); la MP si caratterizza come memoria in cui vengono create molte associazioni, basti pensare al momento di creazione di un'intenzione quando appunto si stabilisce un legame tra il cue prospettico e la risposta da mettere in atto. L'ippocampo è considerato una struttura critica nel momento di formazione e di recupero di tali associazioni, i dati di Gordon e colleghi circa il ruolo di questa struttura sostengono l'ipotesi della "Multiprocess theory" di McDaniel e Einstein (Gordon et al., 2011).

1.3 MEMORIA PROSPETTICA EVENT-BASED E TIME-BASED

I compiti di memoria prospettica si dividono in: compiti basati sul tempo o sull'evento. In letteratura ci sono studi che non ritengono adeguata questa scomposizione in quanto anche la lettura dell'orologio (time-based) può essere paragonata ad un cue esterno (event-based) (Graf e Grondin, 2006). Einstein e McDaniel in diversi esperimenti constatarono che non tutti i cue sono validi in egual misura (Einstein e McDaniel, 1990/1993). Gli indizi più efficaci sono quelli più grandi, più rumorosi, presentati nella regione foveale e percettivamente caratteristici (Graf e Grondin, 2006). Queste evidenze sostengono che la differenza tra compiti basati sul tempo o sull'evento non vada distinta sulla base della presenza o assenza dei cue. A supporto di questa diversificazione vi è la diversa predicibilità o prossimità calcolata del segnale. Consideriamo il seguente esempio: chiamare un amico alle 09:00 della mattina o dare un messaggio ad un collega quando lo si vedrà. Questi casi definiscono una probabilità diversa di conoscere quanto si è vicini all'azione da svolgere, nel primo esempio durante tutto l'intervallo di tempo si avrà un'idea di quante ore/minuti mancano alle 09:00; diverso è invece il caso in cui non si è al corrente di quando si vedrà di nuovo il collega (anche se a volte, conoscendo le abitudini dei soci, si possono fare delle predizioni)(Graf e Grondin, 2006).

1.3.1 MEMORIA PROSPETTICA EVENT-BASED

La MP basata sull'evento si riferisce alla capacità di ricordarsi di svolgere un'azione al verificarsi di un evento come recapitare un messaggio ad un amico quando lo si incontrerà. Secondo Einstein e McDaniel è importante considerare la distinzione tra la componente prospettica e retrospettiva del compito (Einstein e McDaniel, 1990). La peculiarità di questi compiti è data dal fatto che il cue è disponibile nel contesto mentre per i compiti basati sul tempo non ci sono fattori ambientali ad aiutare il ricordo. Quando l'ambiente non fornisce adeguati indizi per ricordare l'azione programmata solitamente si trovano metodi che aumentino tale probabilità come utilizzare dei post-it. Le attività che richiedono un monitoraggio molto complesso peggiorano la performance nei compiti di MP, probabilmente per il lavoro di controllo esecutivo esercitato dalla memoria di lavoro (Marsh e Hicks, 1998). Questi risultati sono in linea con il sistema dell'esecutivo centrale di Baddeley; quando le richieste del compito diventano eccessive per essere svolte in automatico il SAS aumenta la probabilità che certi compiti ricevano più attenzione di altri (Marsh e Hicks, 1998). Ci sono modelli che sostengono un recupero automatico nei compiti di MP basati sull'evento in quanto, durante la codifica dell'intenzione, si creerebbe una rappresentazione in cui sono presenti sia l'evento target sia l'azione da mettere in atto; il recupero avverrebbe in maniera automatica poiché vi è una soglia ridotta o un maggior livello di attivazione (Ellis, 1996). Secondo questa organizzazione la consapevolezza è richiesta durante la formazione dell'obiettivo e dopo che tale intenzione sia recuperata ma non è necessaria fino a che non sopraggiunga l'evento target, questo è

supportato da alcuni studi sulla MP basata sull'evento in cui non sono stati trovati costi nell'attività ongoing fino al momento in cui è stato presentato il target (Smith et al., 2007). Marsh e colleghi sostennero che il livello di elaborazione consapevole è variabile all'interno dei compiti di MP basati sull'evento, ci può essere un'interazione tra i processi che richiedono l'identificazione del cue e le richieste del compito ongoing (Marsh et al., 2002). Dai loro esperimenti si concluse che sia la qualità delle risorse del compito ostacolante sia la loro quantità influenzino la performance di identificazione di segnali prospettici legati agli eventi (Marsh et al., 2002). In sintesi questo tipo di memoria richiede un ottimale livello di risorse (Marsh e Hicks, 1998) poiché coordinare attività richiede risorse esecutive (Baddeley, 1996; Rogers e Monsell, 1995)

1.3.2 MEMORIA PROSPETTICA TIME-BASED

I compiti di memoria prospettica basati sul tempo sono quelli che richiedono di svolgere un'azione in un momento preciso del futuro (es. chiamare un amico alle 5:30 pm) o dopo un certo intervallo di tempo (es. chiamare un amico dopo 20 minuti), questi presuppongono strategie di auto-iniziazione e monitoraggio dell'ambiente (McDaniel e Einstein, 2000). L'esperimento di Ceci e Bronfenbrenner del 1985 indagò lo sviluppo della MP basata sul tempo in bambini di 10 e 14 anni. "Non dimenticarti di togliere i cupcakes dal forno" era il compito che i ricercatori diedero da svolgere per studiare le strategie di monitoraggio del tempo. I risultati mostrarono che un contesto non familiare aumentava le percentuali di successo del compito prospettico (Ceci e Bronfenbrenner, 1985). Un presupposto fondamentale del loro lavoro è che il controllo strategico dell'orologio sia adattivo, che aumenti il tasso di successo dei compiti di MP, che richieda meno controllo e che liberi tempo e risorse per svolgere altre attività in contemporanea (Graf e Grondin, 2006).

Nonostante queste prime ricerche si siano focalizzate sull'output comportamentale altri studi hanno evidenziato il ruolo del comportamento di monitoraggio auto-iniziato nella performance del compito. Nel 1982 Harris e Wilkins proposero il modello TWTE (Test-Wait-Test-Exit) per spiegare le strategie di monitoraggio del tempo in questi compiti; gli autori osservarono infatti che con l'avvicinarsi del tempo target aumentava la frequenza del controllo dell'orologio, l'incremento di tale comportamento correlava con l'accuratezza della risposta (Harris e Wilkins, 1982). I partecipanti inizialmente sincronizzavano il loro orologio interno a quello esterno (Block e Zakay, 1996) e, una volta arrivati a metà del compito, riuscivano a fare affidamento unicamente al loro orologio interiore, quando però il target temporale si avvicinava passavano di nuovo all'utilizzo degli indici esterni per cercare di aumentare l'accuratezza (Mioni e Stablum, 2014). I partecipanti che tengono più sotto controllo il tempo, aumentando la frequenza di monitoraggio, sono quelli che riescono con successo nel compito mentre il fallimento è spesso associato ad un inferiore tasso di controllo dell'orologio nel periodo critico (Atkin e Cohen, 1996).

1.4 MEMORIA PROSPETTICA TIME-BASED IN GIOVANI ADULTI E NELL'INVECCHIAMENTO

Diversi processi cognitivi supportano la capacità di ricordarsi di svolgere azioni nel futuro, la traiettoria di sviluppo di queste funzioni sottende i cambiamenti evolutivi della MP che segue un andamento ad U invertita, il generale declino del controllo inibitorio può essere un fattore responsabile di questo peggioramento (Kliegel et al., 2008). Il corretto funzionamento della MP facilita una vita indipendente, le difficoltà relate a questa funzione sono più frequenti nella popolazione geriatrica e si associano a minor autonomia nello svolgimento delle quotidiane attività strumentali. Lo studio di Woods e colleghi dimostrò come ci sia una forte associazione tra la memoria prospettica e le IADL (Instrumental activities daily living) e che tale connessione abbia un impatto maggiore per i compiti basati sull'evento (Woods et al., 2012). Ci sono dei fattori che facilitano la selezione di informazioni alleggerendo il carico di risorse e assicurando una buona prestazione di memoria prospettica. Una dimenticanza può derivare anche da eccessive attività pianificate nel futuro, quindi verranno ricordate e svolte con più probabilità le attività ritenute soggettivamente più importanti (Walter e Meier, 2014).

Nella MP basata sul tempo i processi sono auto-iniziati e non attivati da indizi esterni dunque gli anziani dovrebbero avere più difficoltà e performance inferiori rispetto ai giovani; questo è quello che una meta-analisi di studi sulla PM ha rilevato (Henry et al., 2004). Nel contesto artificiale del laboratorio i giovani ottengono risultati migliori dei partecipanti più anziani sia per i compiti legati al tempo sia agli eventi (Henry et al., 2004) ma queste differenze scompaiono in contesti più naturalistici dove gli anziani riescono anche meglio dei giovani soprattutto nei compiti time-based, probabilmente perché si affidano maggiormente ai cue ambientali trasformando il compito basato sul tempo in uno basato sull'evento, riducendone il carico di risorse in memoria di lavoro (Einstein et al., 1995; Henry et al., 2004). Il declino cognitivo associato all'età si osserva in compiti di recupero spontaneo ma non in quelli di riconoscimento (Einstein et al., 1995). Per quanto riguarda il monitoraggio i dati in letteratura sono contrastanti; in alcuni studi emerge che i partecipanti più giovani monitorino con più frequenza il tempo rispetto a quelli più anziani (Einstein et al., 1995) mentre lavori più recenti non trovarono differenze tra i due gruppi circa la frequenza di monitoraggio (Gonneaud et al., 2011). Maylor e colleghi nel 2002 confermarono il legame tra comportamento e accuratezza della memoria prospettica, un monitoraggio di successo portava giovani e adulti a rispondere in maniera ottimale al compito prospettico mentre gli adulti che non aumentavano la frequenza di controllo all'avvicinarsi del tempo target non ottenevano tali risultati (Maylor et al., 2002).

Uno studio di Schnitzspahn e collaboratori utilizzò il metodo del "diario" per approfondire le differenze legate all'età nelle prestazioni di MP implicata nella quotidianità e nelle intenzioni di

giovani adulti e anziani. Questo compito naturalistico è stato utilizzato per conoscere se davvero vi fosse un beneficio circa l'età nello svolgimento di queste richieste. I risultati della ricerca confermano tale vantaggio il quale risulta valido unicamente per alcune intenzioni specifiche come quelle sanitarie e sociali (Schnitzspahn et al., 2016). L'importanza di certe intenzioni si basa sui valori, desideri, obiettivi e conseguenze previste (Ellis e Kvavilashvili, 2000), tale valutazione avverrebbe a livello soggettivo.

In un esperimento del 2014, Mioni e Stablum investigarono il coinvolgimento del controllo inibitorio, aggiornamento e percezione del tempo in compiti di MP basati sul tempo su un campione di giovani adulti e giovani anziani. Le ricercatrici osservarono il numero di volte in cui veniva controllato l'orologio in condizioni di monitoraggio libero ed in quelle dove il controllo era fissato in momenti specifici (Figura 5) (Mioni e Stablum, 2014). I risultati mostrano come partecipanti più anziani erano meno accurati nei compiti di MP, confermando i dati di Henry e colleghi (Henry et al., 2004). In relazione alla memoria retrograda, i giovani anziani si dimostrarono in grado di rammentare le istruzioni prospettiche e continuarono a tenere sotto controllo il tempo rievocando ripetutamente in memoria il compito da eseguire (Mioni e Stablum, 2014). Nelle condizioni di monitoraggio libero i partecipanti più grandi mostrarono una frequenza maggiore di controllo dell'orologio, proprio come sostenuto da studi precedenti (vedi Logie et al., 2004) ma nelle condizioni in cui il monitoraggio era fisso non riuscivano a distribuire strategicamente le possibilità di controllare l'orologio come invece facevano i giovani adulti, probabilmente a causa di una sovrastima delle abilità temporali ed esecutive (Mioni e Stablum, 2014). I giovani adulti aumentavano il tasso di controllo dell'orologio all'avvicinarsi del tempo target in entrambe le condizioni dimostrando un'elevata accuratezza nella prestazione di MP. In sintesi i dati dimostrano una forte correlazione tra un elevato monitoring (vicino al tempo target) e l'accuratezza della prestazione, in questo risulta fondamentale avere un buon controllo strategico.

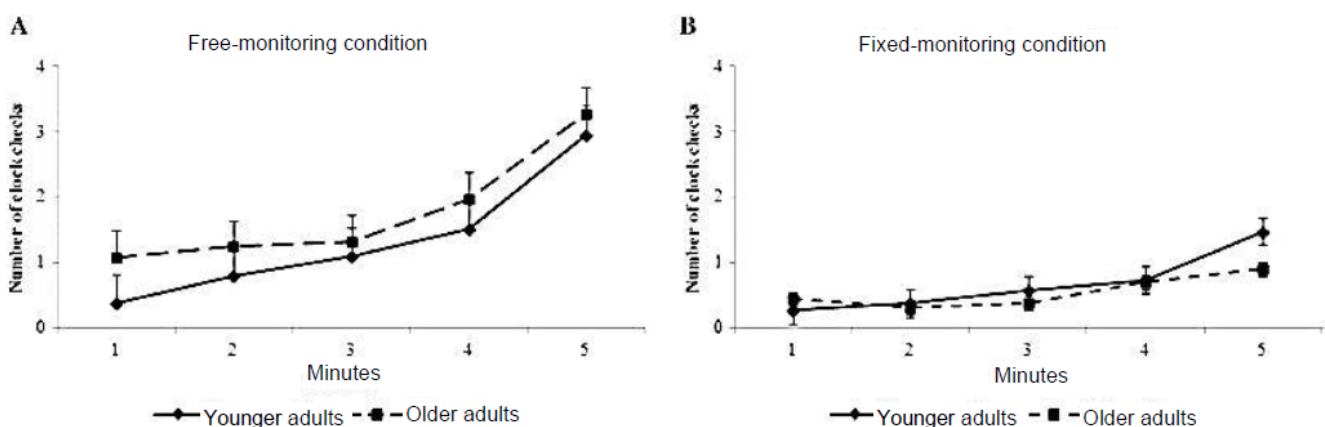


Figura 5. Frequenza di controllo dell'orologio durante quattro intervalli di attività di 5 minuti ciascuno. Vengono presentate le condizioni di: monitoraggio libero (A) monitoraggio fisso (B). (Mioni e Stablum, 2014)

Il controllo dell'orologio è un compito che richiede di passare dal compito ongoing a quello prospettico e, nel fare questo, bisogna spostare il focus attentivo ed utilizzare le risorse in memoria di lavoro per monitorare il tempo facendo un'analisi di costi e benefici (Harris e Wilkins, 1982). Dal momento che i giovani anziani riportano un indebolimento cognitivo relativo a compiti di attenzione divisa e inibizione di informazioni irrilevanti (Göthe et al., 2007) quando rivolgono l'attenzione all'orologio meno risorse vengono dedicate al compito ongoing. Questi partecipanti riescono meglio nella condizione di monitoraggio libero forse perché non sono distratti dal controllo del tempo (Mioni e Stablum, 2014). I partecipanti più giovani, avendo adeguate abilità cognitive ed una memoria retrospettiva ottimale, riuscivano a svolgere in maniera accurata entrambi i compiti anche nella condizione di monitoraggio prestabilito. Dall'analisi della capacità di inibizione, aggiornamento e percezione temporale risulta che nei partecipanti più anziani ci sia un peggioramento di tali abilità esecutive. Per eseguire un'intenzione in un determinato momento nel futuro è importante richiamare in memoria l'informazione precedentemente codificata (Einstein e McDaniel, 1990) e per mantenere la rappresentazione dell'intenzione si fa affidamento alla capacità di aggiornamento (Kliegel et al., 2002). Infine per ottenere un'opportuna prestazione prospettica c'è bisogno di un adeguato controllo inibitorio che freni la codifica di informazioni irrilevanti per spostare il focus attentivo verso la nuova attività target (Mioni et al., 2012). In conclusione lo studio trovò peggiori prestazioni di MP per i partecipanti più anziani soprattutto quando venivano impostati degli intervalli fissi di monitoraggio temporale mentre per le condizioni di monitoraggio libero questi ottennero risultati anche migliori rispetto ai giovani adulti (Mioni e Stablum, 2014). In queste ultime i giovani anziani aumentavano la frequenza di controllo per compensare le scarse abilità temporali, inibitorie e di aggiornamento (Mioni e Stablum, 2014). Per raccogliere nuovi dati circa il monitoraggio in compiti di MP basata sul tempo Cona e colleghi utilizzarono i potenziali evento-relati (ERPs) in un campione di giovani e grandi adulti riscontrando delle differenze nei correlati neurali relate all'età (Cona et al., 2012b). I partecipanti più anziani registrarono una peggiore accuratezza nel compito prospettico nonostante controllassero l'orologio lo stesso numero di volte dei partecipanti più giovani, questo andamento fu riscontrato anche dalla ricerca di Gonneaud e collaboratori (Gonneaud et al., 2011). Secondo l'interpretazione di Mäntylä e colleghi non vi è una differenza assoluta relativa all'età ma essa è visibile solo quando ci sono compiti più impegnativi, infatti i partecipanti più grandi non hanno sufficienti risorse per poter utilizzare le stesse strategie di cui si servono in task più semplici e questo li porta ad ottenere risultati inferiori (Mäntylä et al., 2009). Coerentemente con alcune ricerche (Einstein et al., 1995; Park et al., 1997) i grandi adulti mostrarono una diminuzione della frequenza di monitoraggio dell'orologio portando i ricercatori ad ipotizzare che all'aumentare dell'età vi fosse un declino nei processi di monitoraggio (Cona et al., 2012b). Dai dati elettro-fisiologici in entrambi i gruppi si riscontrarono un primo

potenziale fasico ed un successivo più sostenuto durante il blocco prospettico ma questi vennero riportati con una distribuzione diversa nello scalpo: un'attività più centrale e frontale nei giovani adulti e più posteriore per i grandi adulti (Cona et al., 2012b). L'assenza dell'attività frontale nel gruppo di partecipanti più anziano venne collegata, alla luce di studi precedenti (Cona et al., 2012a; Czernochowski et al., 2012), alla specifica modalità di recupero di queste persone, le difficoltà che mostrano nel mantenimento dell'intenzione potrebbero quindi essere responsabili della performance di MP (Cona et al., 2012b). Soggetti più grandi hanno una diversa distribuzione della P3 (P300, potenziale positivo a circa 300 msec) nello scalpo nella baseline: la P3 è più positiva nei siti frontali e prefrontali e meno positiva nei siti centro-parietali e parietali rispetto ai partecipanti più giovani (Cona et al., 2012b); questo pattern è definito "anterior shift" (Daffner et al., 2006). Alcuni ricercatori suggerirono che questo spostamento anteriore della P3 potesse derivare da un funzionamento inefficiente delle cortecce prefrontali che si rispecchia anche nel declino delle funzioni cognitive in queste persone (Fabiani e Friedman, 1995); più recentemente uno studio con fMRI/EEG portò a supporre che l'aumento di attività nei siti prefrontali potrebbe causare lo spostamento della P3 nello scalpo, tale ipotesi rimarca la tendenza, nei grandi adulti, ad utilizzare le aree prefrontali per eseguire compiti cognitivi (O'Connell et al., 2012). Riguardo questi stessi dati sono state proposte tesi differenti da parte di altri autori che ipotizzarono che individui con un buon potenziale cognitivo riescano a svolgere i compiti prospettici utilizzando risorse neurali e più attività frontale (Daffner et al., 2006; Riis et al., 2008). Quello che però è evidente in entrambe le ipotesi è che ci sia una mancanza di modulazione nelle aree prefrontali nei partecipanti più anziani, il peggioramento dell'efficienza delle funzioni esecutive supportate dalle regioni frontali potrebbe portare queste soggetti ad utilizzare più risorse anche nello svolgimento di semplici task, determinando un costo nei compiti di MP (Cona et al., 2012b).

CAPITOLO 2: PERCEZIONE DEL TEMPO.

MODELLI E BASI NEURALI

2.1 PERCEZIONE TEMPORALE

Nel 1975 Gibson sostenne che il tempo non può essere percepito ma esiste solo la percezione degli eventi e del movimento (Gibson, 1975). Infatti è necessario fare una distinzione tra tempo e timing, il primo si riferisce allo scorrere dei minuti segnato dallo spostamento della lancetta nell'orologio mentre il secondo concetto definisce la percezione fisica umana del passaggio del tempo ossia saper giudicare la durata di un intervallo temporale, queste due stime potrebbero essere molto differenti l'una dall'altra. Nella ricerca psicologica il costrutto del tempo rimane uno dei problemi più complessi in quanto non può essere studiato come altre dimensioni (vista, udito, tatto) perché nel cervello umano non vi sono recettori specializzati per l'elaborazione temporale (Mioni et al., 2020a). L'elaborazione di informazioni temporali è cruciale nella vita di tutti i giorni e ci supporta nelle decisioni da prendere nel futuro, in base alla percezione e anticipazione temporale riusciamo a programmare, ad esempio, quanto tempo durerà una certa conferenza o quanto impiegheremo a studiare un determinato capitolo. Tale percezione ha a che fare con alcune abilità soggettive come giudicare la durata percepita di un certo stimolo e in questo entrano in gioco vari fattori tra cui l'attenzione, la memoria ed altri processi cognitivi (Pöppel, 1997).

Perché in alcune situazioni sembra quasi che il tempo si fermi? È possibile percepire lo scorrere del tempo come un flusso rallentato? La percezione temporale è vittima di illusioni e distorsioni essendo una costruzione generata a livello cerebrale (Eagleman, 2008)

Diversi modelli cognitivi che studiano la percezione temporale ipotizzano il coinvolgimento di un orologio interno responsabile dell'elaborazione delle informazioni temporali (Matell e Meck, 2000). Questi modelli possono essere divisi in tre categorie in relazione alla descrizione del funzionamento dell'orologio: "pacemaker-accumulator models", "process-decay models", "oscillator/coincident-detection models". Secondo i primi l'orologio è composto da un pacemaker che genera impulsi e da un accumulatore che li calcola stimando la durata di uno stimolo. Nel secondo tipo di modelli vi è un monitoraggio del decadimento dell'attività neurale che avviene sin dall'inizio dell'intervallo. Nell'ultimo tipo di modelli l'orologio rileva la combinazione di attività neurale periodica coincidente con la durata di interesse. Le teorie più rinomate sono la Scalar Expectancy Theory (Gibbon 1977), l'Attentional-Gate Model (Zakay e Block, 1995) e lo Striatal Beat-Frequency Model (Matell e Meck, 2000). Ad oggi, quantificare la percezione temporale è difficile in quanto non esiste un gold-standard, ossia un test che misuri in modo affidabile ciò che si vuole valutare, in questo caso la percezione soggettiva del tempo (Coelho et al., 2004).

2.1.1 SCALAR EXPECTANCY THEORY (SET)

Lo Scalar Expectancy Theory prevede l'esistenza di un pacemaker rilasciante segnali regolari, un accumulatore che raccoglie tali informazioni e un interruttore (Figura 6) (Gibbon et al., 1984). Secondo questo modello l'elaborazione delle informazioni avverrebbe in tre fasi consecutive:

1. Fase dell'orologio: quando si deve fare una stima di un intervallo temporale l'interruttore si chiude cosicché gli impulsi prodotti vengano raccolti e contati, la quantità di tali impulsi costituisce il tempo trascorso
2. Fase mnestica: il numero di impulsi è trasferito dalla working memory alla memoria a lungo termine
3. Fase decisionale/di confronto: nel magazzino della memoria a lungo termine il numero di impulsi viene confrontato con rappresentazioni immagazzinate in precedenza. In questa fase avviene una stima circa l'uguaglianza o meno dell'intervallo percepito da quello già presente in memoria

Secondo la SET le rappresentazioni temporali si caratterizzano per l'accuratezza media e la proprietà scalare (la variabilità delle stime temporali è direttamente proporzionale alla durata dell'intervallo, le stime degli intervalli lunghi sono più variabili rispetto alle stime di quelli più corti). Questo modello è stato ampiamente testato e i dati riportano come esso consenta di mappare queste componenti su strutture cerebrali (Mioni et al., 2020a).

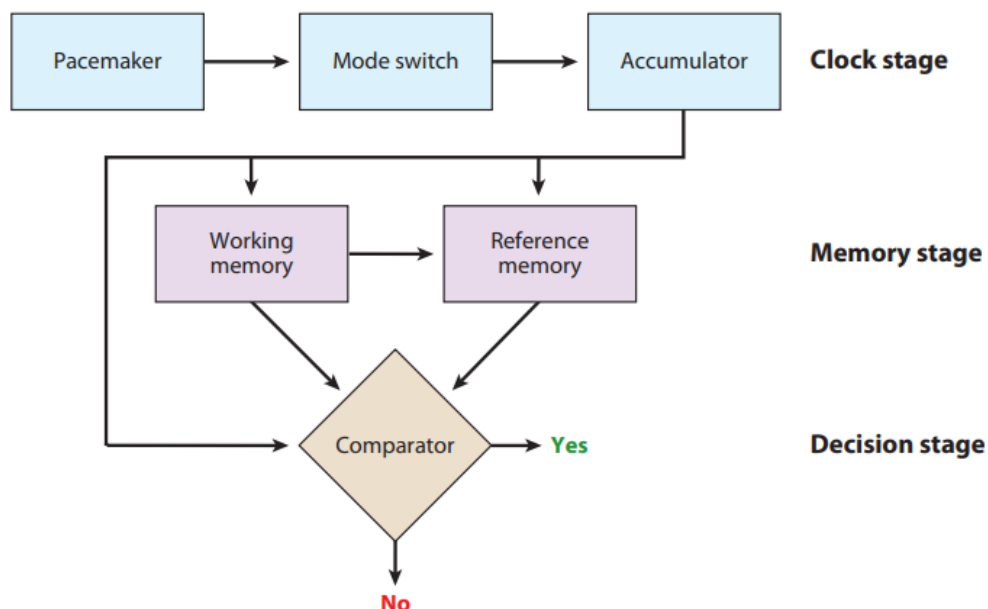


Figura 6: Rappresentazione grafica della SET. Un pacemaker produce segnali che vengono raccolti dall'accumulatore quando l'attenzione viene rivolta alle informazioni temporali. I valori vengono confrontati con quelli di precedenti esposizioni in memoria per capire se l'intervallo appena esaminato abbia durata simile a quella precedente. Se la differenza dei due valori è al di sotto di una soglia gli intervalli verranno definiti equivalenti (Church, 1984).

2.1.2 ATTENTIONAL-GATE (AGM)

Questo modello nasce dalla necessità di utilizzare le proprietà scalari temporali e considerare anche il ruolo di altri fattori cognitivi come l'attenzione (Figura 7) (Zakay e Block, 1995). L'interruttore è un meccanismo controllato cognitivamente dallo spostamento dell'attenzione verso le informazioni temporali infatti quando le risorse attentive vengono dedicate a questo tipo di stimoli il cancello si apre completamente e gli impulsi generati dal pacemaker riescono a passarci attraverso arrivando all'accumulatore per essere conteggiati (Zakay e Block, 1995). In condizioni, come quelle dei compiti di memoria prospettica time-based, in cui il tempo acquisisce un valore prioritario l'interruttore sarà più aperto per permettere il passaggio di più informazioni mentre in altre condizioni, come quelle dei compiti di memoria retrospettiva, il cancello sarà chiuso bloccando il passaggio degli impulsi (Zakay e Block, 1995). Per l'apertura di questo interruttore è necessario assegnare un significato temporale allo stimolo, le informazioni che riferiscono l'inizio di un intervallo ne elicitano l'apertura mentre il segnale di fine permette di chiudere l'interruttore così da trasferire il numero di impulsi conteggiati al magazzino di memoria a breve termine (Zakay e Block, 1995). In letteratura ci sono studi che sostengono che la difficoltà o complessità di compiti concorrenti sia responsabile della diversa prestazione in task di percezione temporale, questi modelli si definiscono di "distrazione/interruzione dell'elaborazione temporale" (Block, 1990). In uno studio di Fortin e colleghi che comprendeva quattro esperimenti venne ipotizzato che compiti ongoing non interferissero a livello di difficoltà del compito quanto più per il coinvolgimento della memoria di lavoro, la competizione per l'attenzione porta alla peggiore performance nella percezione temporale (Fortin et al., 1993).

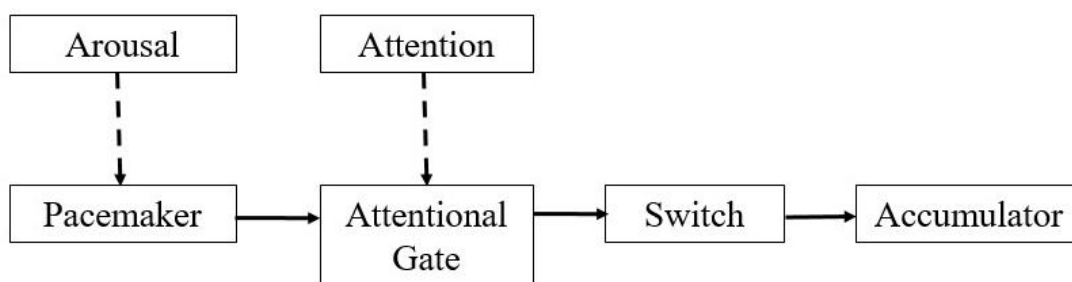


Figura 7. Schema del modello "Attentional Gate". Le risorse attentive sono responsabili dell'apertura e chiusura dell'interruttore. La salienza dell'informazione temporale porta all'apertura del cancello che consente la registrazione degli impulsi generati dal pacemaker, una volta arrivato lo stimolo di fine l'interruttore si chiude permettendo il conteggio degli impulsi ricevuti. (Zakay e Block, 1995)

2.1.3 STRIATAL BEAT-FREQUENCY MODEL (SBF)

Il modello della “Striatal Beat-Frequency” (SBF) venne ipotizzato da Matell e Meck nel 2000, ad oggi è considerato il più convincente a livello biologico (Matell e Meck, 2000/2004) (Figura 8). Secondo il modello la rappresentazione temporale scaturisce dall’attività neurale sincronizzata di diverse aree del cervello. Lo striato integra l’attività di molti oscillatori corticali per produrre battiti casuali con periodi che coprono una gamma di durate molto più ampia rispetto ai periodi intrinseci degli oscillatori corticali (Buhusi e Meck, 2005). Gli oscillatori corticali proiettano nei neuroni striatali spinali medi che paragonano in continuazione l’attuale pattern di attivazione di cellule corticali con quello trovato durante una ricompensa (rilevamento delle coincidenze). Le proiezioni dopaminergiche dalla parte compatta della sostanza nera (SNc) e l’area tegmentale ventrale (VTA) sono molto attive all’inizio della prova assicurando la sincronizzazione degli oscillatori corticali, modulando la trasmissione corticostriatale durante tutto l’intervallo e agendo da codifica degli errori durante fase di attesa della ricompensa, (Buhusi e Meck, 2005). Dalla realizzazione di simulazioni su larga scala è emerso che il modello riesca a rappresentare bene la distribuzione delle risposte per intervalli diversi e che queste distribuzioni si sovrappongano in unità di tempo relative, dimostrando la proprietà scalare degli intervalli temporali (Buhusi e Meck, 2005).

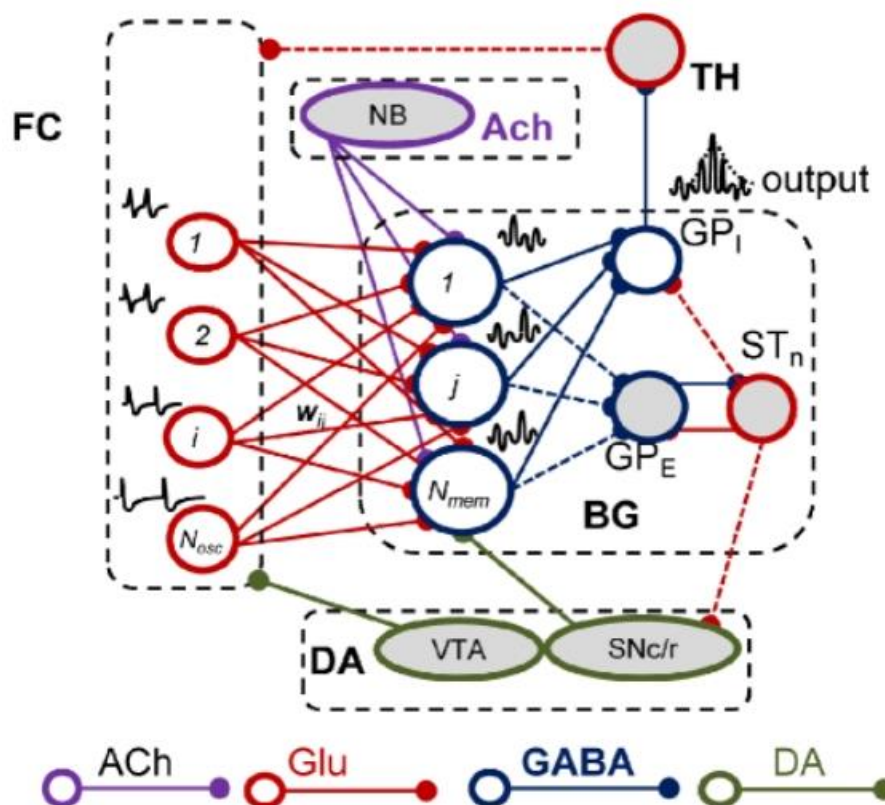


Figura 8: Rappresentazione schematica del Modello dello SBF. Nell’immagine vengono riportate le strutture coinvolte nell’intervallo di timing. Ach rappresenta l’acetilcolina, FC i lobi frontali, BG i gangli della base, DA la dopamina, Glu il glutammato, GPE il globo pallido esterno, GPI il globo pallido interno, STn il nucleo subtalamico, SNc/r la sostanza nera sia nella parte compatta che reticolata, TH il talamo, VTA l’area tegmentale ventrale (Oprisan e Buhusi, 2011).

In questo modello, la sincronizzazione delle oscillazioni corticali nella prima fase del compito ed i cambiamenti legati all'esperienza nella trasmissione cortico-striatale sono imputati ai neuroni dopaminergici nella parte compatta della sostanza nera (SNc) e nell'area tegmentale ventrale (VTA). Nelle condizioni in cui l'arrivo della ricompensa non è certo, l'attività dei neuroni dopaminergici manifesta un pattern caratteristico con una scarica iniziale, una nel momento in cui la ricompensa è attesa e un'attività sostenuta per tutto l'intervallo di tempo. Secondo il modello SBF, l'attività dopaminergica all'inizio della prova potrebbe innescare la sincronizzazione degli oscillatori corticali mentre quella sostenuta potrebbe riflettere l'allocatione delle risorse attentive dei circuiti talamo-cortico-striatali e la scarica dopaminergica nel momento in cui si prevede ci sarà la ricompensa potrebbe riflettere l'aggiornamento di trasmissione cortico-striatale (Buhusi e Meck, 2005). In sintesi l'inizio dell'intervallo temporale da rilevare (attività definita "fasica") o la modifica della frequenza dell'attività corticale (definita tonica) sono determinati dall'arrivo di una scarica di dopamina allo striato (Meck et al., 2008). Il ruolo centrale è quindi dello striato, struttura sotto-corticale, che riceve informazioni dalle varie regioni della corteccia cogliendo la sincronizzazione di neuroni che scaricano con differenti frequenze (Meck et al., 2008)

2.2 PERCEZIONE TEMPORALE NELL'INVECCHIAMENTO

Ci sono evidenze nel panorama scientifico che la percezione temporale cambi con il passare dell'età (Carrasco et al., 2001; Craik e Hay, 1999; Lustig, 2003). Questa elaborazione dipende dall'attenzione e dalla memoria di lavoro dunque l'ipotesi che i ricercatori hanno analizzato è che vi sia un peggioramento dovuto al danneggiarsi di queste funzioni cognitive a causa di processi neuropatologici (e non) propri dell'invecchiamento (Coelho et al., 2004). L'orologio interno degli anziani quindi è più o meno veloce di quello dei giovani?

Uno studio di Coelho e colleghi riportò una modificazione nella produzione e nella stima di intervalli temporali nell'invecchiamento ipotizzando un'accelerazione dell'orologio interno dei partecipanti più anziani (Coelho et al., 2004), questi dati vanno a supporto di quanto trovato da Carrasco e colleghi tre anni prima che evidenziarono una più breve durata delle stime temporali in questa popolazione rispetto a quella più giovane a fronte di nessuna differenza statisticamente significativa nelle percentuali di errori (Carrasco et al., 2001). Un'ipotesi opposta viene invece da una ricerca di Craik e Hay che riscontrarono una decelerazione dell'orologio interno nei soggetti più grandi (Craik e Hay, 1999) ma gli studi non possono essere paragonati a causa di differenze metodologiche. Altre ricerche, come quella di Salthouse, hanno evidenziato un rallentamento dell'orologio dovuto ad un'elaborazione meno veloce delle informazioni temporali nelle persone anziane (Salthouse, 1996). Questa sottostima temporale è causata dal minor numero di impulsi registrati nell'accumulatore comportando la presenza di più rumore nella rappresentazione temporale, infatti soggetti più anziani mostrano una grande variabilità nei giudizi temporali (Lamotte e Droit-Volet, 2017). Nei dati autoriferiti da questa fascia di popolazione sembra che il tempo, per loro, scorra più velocemente, quindi a sostegno di un rallentamento dell'orologio (Lustig, 2003). Un fattore importante nella percezione temporale nell'arco della vita è l'intervallo di tempo considerato, ai partecipanti può essere richiesto di svolgere un compito relativo ad un intervallo di breve durata (secondi/ore) o in un periodo di tempo maggiore (giorni/mesi/anni). Rispetto a questo, Fraisse nel 1963 evidenziò un'accelerazione dell'orologio interno nei partecipanti più anziani ma presente solo per unità temporali di lunga durata (Fraisse, 1963). I deficit di attenzione e memoria di lavoro che caratterizzano la popolazione anziana potrebbero essere responsabili del danneggiamento dell'accumulatore provocando un inadeguato conteggio degli impulsi (Coelho et al., 2004). Gli anziani mostrano una stabilità nella percezione temporale in quanto riescono a completare correttamente compiti di discriminazione temporale come adulti più giovani e questo vale per diversi compiti ma, rispetto al campione di popolazione con età inferiore, i loro giudizi temporali si discostano con grande variabilità dal tempo fisico sottostimando il passare del tempo (Lamotte e Droit-Volet, 2017).

Dall'analisi delle funzioni cognitive nell'arco di vita emerge che la memoria di lavoro ed il controllo attentivo diminuiscono con il passare degli anni (Salthouse e Babcock, 1991; Connelly et al., 1991) anche se gli aspetti automatici dell'attenzione sembrerebbero essere risparmiati ed il declino quindi associato solo alla parte controllata (Jennings e Jacoby, 1993). Nonostante le difficoltà degli anziani nel mantenere l'attenzione focalizzata nel tempo (Lustig, 2003) essi potrebbero beneficiare dell'utilizzo di strategie, per questo essere consapevoli del proprio profilo cognitivo facilita la prestazione in questi compiti (Buckley et al., 2010; Halamish et al., 2011). Lamotte e colleghi ripotarono, nel 2012, una correlazione statisticamente significativa tra la prestazione di soggetti in compiti cognitivi sul tempo ed il loro livello di consapevolezza delle proprie distorsioni temporali, i partecipanti più coscienti ottennero risultati migliori in quanto riuscirono a fare più affidamento su strategie compensatorie (Lamotte et al., 2012). Secondo la "Scaffolding theory of Cognitive Aging (STAC) di Park e Reuter-Lorenz tutte le modificazioni funzionali che si verificano durante l'invecchiamento divengono base per un'impalcatura cognitiva compensatoria che sostiene la persona nelle nuove sfide (Park e Reuter-Lorenz, 2009). Questo è un processo comune in tutte le persone e prevede l'utilizzo di circuiti neurali alternativi nel raggiungere un certo obiettivo quando quelli pre-esistenti non sono più adeguati o efficienti (Park e Reuter-Lorenz, 2009). Nelle condizioni definite, dagli anziani, come più difficili essi potrebbero aver dedicato più attenzione compensando le loro difficoltà e riuscendo ad arrivare ad una performance comparabile a quella dei più giovani, gli autori dello studio infatti sottolinearono come le differenze legate all'età nelle prestazioni dei loro partecipanti fossero determinate dalla diversa abilità di attenzione sostenuta (Lamotte e Droit-Volet, 2017). La domanda che i ricercatori si sono quindi posti è: perché i partecipanti più anziani non utilizzino strategie compensatorie per controbilanciare gli effetti del rallentamento del loro orologio interno? (Lamotte e Droit-Volet, 2017). La risposta a questo interrogativo sembrerebbe essere legata ai cambiamenti strutturali che si verificano nel cervello con il passare degli anni, tra le modificazioni vi sono anche un assottigliamento corticale, atrofie di alcune regioni cerebrali, perdita di materia bianca e diminuzione di dopamina (Dennis e Cabeza, 2008).

2.3 BASI NEURALI DELLA PERCEZIONE TEMPORALE

Non ci sono disturbi neurologici che abbiano come deficit chiave una disfunzione temporale però lesioni focali su alcune specifiche aree sono definite responsabili di peggioramenti nei giudizi temporali (Coull et al., 2011).

CERVELLETTO: Il coinvolgimento del cervelletto nella percezione temporale è comprovato da diversi studi, soprattutto quelli in cui i partecipanti svolgono azioni motorie associate ad aspetti temporali (Harrington et al, 2004; Ivry e Keele, 1988, Spencer et al., 2005). Nel 2018 Breska e Ivry confrontarono un campione di pazienti con lesioni al cervelletto con uno di pazienti con la malattia di Parkinson; i primi si dimostrarono più in difficoltà nei giudizi temporali basati su intervalli singoli mentre i secondi ottennero risultati peggiori unicamente nei contesti ritmici (Breska e Ivry, 2018). Il cervelletto non è quindi coinvolto in ogni forma di previsione temporale ma solo in quelle che richiedono una rappresentazione di un intervallo tra gli eventi (Breska e Ivry, 2018). I dati dei pazienti cerebellari sono caratterizzati da una maggiore variabilità temporale nella produzione di movimenti secondo indici temporali e nel discriminare le durate di diverse azioni oltre ad una scarsa prestazione nella stima temporale dei movimenti che non possono essere messi in atto (Mioni et al., 2020a). In letteratura il ruolo del cervelletto veniva studiato negli intervalli di tempo inferiori al secondo, infatti per la percezione di intervalli maggiori sono utilizzate aree motorie, l'area motoria supplementare (SMA, BA 6) e la memoria di lavoro (corteccia prefrontale dorso-laterale) (Gooch et al., 2010). In due esperimenti condotti nel 2010 il gruppo di ricerca di Gooch e colleghi dimostrò, seppur con un piccolo campione, il coinvolgimento del cervelletto anche nella percezione temporale di intervalli di durata superiore al secondo (Gooch et al., 2010). I risultati non vennero supportati da tutti gli studi, un lavoro di Gironell e colleghi non riportò variazioni significative nel processamento temporale (Gironell et al., 2005), ma ciò potrebbe essere dovuto all'utilizzo di intervalli eccessivamente lunghi (180 sec.)(Mioni et al., 2020a). Gli studi con stimolazione transcranica magnetica (TMS) confermano il coinvolgimento del cervelletto nell'elaborazione temporale di intervalli al di sotto del secondo (Mioni et al., 2020a). Una review di Wiener e colleghi del 2014 ha evidenziato una specializzazione destra per l'elaborazione di intervalli nel range di millisecondi (Wiener et al., 2014) questi risultati non vennero replicati da Gooch e collaboratori che registrarono nei pazienti con lesioni sinistre le performance peggiori (Gooch et al., 2010). L'applicazione della TMS al cervelletto influenza la percezione temporale solo nel range di millisecondi (Fierro et al., 2007; Koch et al., 2007; Lee et al., 2007) mentre stimolando le aree prefrontali destre si agisce su intervalli di tempo maggiori (Jones et al., 2004; Koch et al., 2007). Il cervelletto sembra operare nell'iniziale fase di codifica dell'informazione temporale piuttosto che in quella di riproduzione (Koch et al., 2007). I pazienti con deficit cerebellari non risentono della manipolazione attentiva/mnestica nell'elaborazione di uno stimolo temporale, gli

intervalli di tempo di riferimento sono solitamente brevi e richiedono l'utilizzo di minori risorse (Nichelli et al., 1996), i pazienti con lesioni alla corteccia prefrontale sinistra, al contrario, mostrano deficit per compiti in cui si hanno intervalli di tempo maggiori (Koch et al., 2002) ma questo potrebbe essere dovuto al fatto che tali richieste presuppongono maggiore attenzione sostenuta e memoria di lavoro, abilità supportate dalle regioni prefrontali (Coull et al., 2011). Anche nel cervelletto è stata dimostrata una suddivisione funzionale delle aree, alcuni studi hanno riportato un deficit di timing motorio solo nei pazienti con lesioni più laterali (Ivry et al., 1988; Malapani et al., 1998). La parte laterale del cervelletto è inoltre deputata alla rappresentazione percettiva di stimoli uditivi (Del Olmo et al., 2007) mentre l'area più mediale è responsabile dell'elaborazione di stimoli visivi (Théoret et al., 2001). Nei compiti di timing i partecipanti ottennero prestazioni peggiori solo quando la richiesta di formare delle rappresentazioni temporali era esplicita (Spencer et al., 2003), il gruppo di ricerca di Bo e colleghi non riuscì a ripetere tali risultati trovando invece un deficit sia per i compiti espliciti sia impliciti (Bo et al., 2008). Infine per quanto riguarda l'utilizzo di informazioni temporali, utili ad esempio per percepire la velocità di oggetti in movimento, due gruppi di ricerca trovarono difficoltà maggiori nei pazienti cerebellari (Bares et al., 2007; Beudel et al., 2008)

CORTECCIA OCCIPITALE: Per studiare il ruolo delle aree occipitali nell'elaborazione temporale è stata utilizzata la TMS, due gruppi di ricerca hanno riportato una specializzazione dipendente dalla modalità dello stimolo (Bueti et al., 2008a; Kanai et al., 2011). Con l'utilizzo di stimoli uditivi e visivi si dimostrò il coinvolgimento selettivo della corteccia visiva extra-striata (V5/MT) e della corteccia visiva primaria (V1) nell'elaborazione degli stimoli visivi (Bueti et al., 2008a). Mioni e colleghi utilizzarono la stimolazione transcranica a corrente diretta (tDCS) e stimolazione cerebrale a rumore casuale (tRNS) della V1 avvalorando la tesi della modalità specifica di elaborazione temporale; l'applicazione della tDCS catodica aumentò la variabilità temporale mentre la tRNS provocò una sovrastima temporale diminuendo l'accuratezza della percezione della durata di uno stimolo (Mioni et al., 2020a). L'efficacia della stimolazione avvenne in una precisa finestra temporale, per la V1 tale variabilità si verificò solo quando la stimolazione era applicata all'inizio dell'intervallo di ritenzione mentre per la MT/V5 doveva essere stimolata a metà di tale intervallo (Mioni et al., 2020a). Salvioni e colleghi nel 2013 evidenziarono come le due cortecce visive fossero coinvolte diversamente a seconda dei livelli percettivi dello stimolo (Salvioni et al., 2013) ma tali risultati richiedono nuove ricerche (Mioni et al., 2020a).

CORTECCIA PARIETALE: Il coinvolgimento della corteccia parietale è stato dimostrato attraverso analisi sia funzionali come la risonanza magnetica funzionale (fMRI) (Rao et al., 2001; Bueti et al., 2010; Pouthas et al., 2005) sia elettrofisiologiche (Gontier et al., 2013). Questa regione è deputata necessaria per l'integrazione multisensoriale (McDonald et al., 2001; Rohe et al., 2016).

CORTECCIA TEMPORALE: L'area della corteccia temporale maggiormente studiata nelle ricerche sull'elaborazione temporale è quella del giro temporale superiore (STG) destro data la specializzazione riscontrata negli esperimenti di Coull e colleghi (Coull et al., 2008). Alcuni studi presentarono stimoli nella modalità visiva e /o uditiva (Bueti et al., 2008b; Giovannelli et al., 2014; Kanai et al., 2011) mentre il team di Bolognini nel 2010 utilizzò la modalità tattile riscontrando complicazioni nell'elaborazione temporale quando la stimolazione (TMS) era applicata al STG sinistro 180 msec prima che venisse presentato lo stimolo tattile, da questo si concluse che le aree uditive non fossero responsabili unicamente di elaborare materiali uditivi ma anche di altre modalità come quella somato-sensoriale (Bolognini et al., 2010). Solo due studi evidenziarono un effetto della stimolazione delle cortecce temporali (Bueti et al., 2008b; Kanai et al., 2011), Bueti e colleghi riscontrarono un peggioramento dell'accuratezza dopo la stimolazione del STG destro mentre il gruppo di ricerca di Kanai evidenziò un aumento della soglia di discriminazione dopo la stimolazione della V1 (sia con stimoli visivi sia uditivi); Giovannelli e collaboratori non riportarono alcun effetto della stimolazione (Giovannelli et al., 2014), questo potrebbe essere causato dalla scelta di un intervallo troppo lungo (800-1200 msec) che gli altri non utilizzarono (rimanendo invece sotto il secondo). La struttura del STG sembra quindi avere un ruolo specifico nell'elaborazione temporale che va oltre la modalità degli stimoli, questo è anche confermato da un altro studio più recente, del 2016, in cui i ricercatori applicarono la tDCS catodica e anodica alla corteccia primaria uditiva ottenendo una più alta variabilità temporale sia con modalità uditive che visive (Mioni et al., 2016). Un'interpretazione possibile potrebbe essere che la stima della durata di input con modalità diverse da quella uditiva (quindi visive e tattili) sia convertita in rappresentazioni uditive (Mioni et al., 2020a), questo convaliderebbe anche risultati di precedenti studi in cui si affermò che la stima temporale fosse mediata dalla memoria di lavoro fonologica (Franssen et al., 2006). I deficit nell'elaborazione temporale sarebbero quindi dovuti ad un danneggiamento del network del loop fonologico di cui fanno parte la corteccia uditiva destra e sinistra ed il giro frontale inferiore (Hickok et al., 2003) influenzando la percezione temporale indipendentemente dalla modalità sensoriale utilizzata per elaborare il passare del tempo. Questi studi supportano il ruolo della corteccia uditiva nell'elaborazione somato-sensoriale ed integrazione multisensoriale proprie delle prime fasi di processamento del tempo (Mioni et al., 2020a).

CORTECCIA PREFRONTALE: Per lo studio della corteccia prefrontale vengono spesso utilizzati compiti di riproduzione o produzione temporale con intervalli che vanno da millisecondi a più di 30 secondi (Mioni et al., 2020a). I deficit in questi compiti non sono obbligatoriamente da attribuire a disturbi della percezione temporale ma potrebbero essere causati indirettamente da un'alterazione di altre funzioni cognitive come l'attenzione o la memoria di lavoro secondo l'ipotesi che vi siano sistemi neurali specifici per l'intervallo temporale utilizzato (in millisecondi o in

secondi) (Mioni et al., 2014). Per gli intervalli brevi vi sono sistemi automatici derivati da circuiti motori (Lewis e Miall, 2003) mentre per quelli di durata maggiore i sistemi responsabili sono quelli del controllo cognitivo che dipendono dalle regioni più parietali e prefrontali (Koch et al., 2003). Dalle analisi della corteccia dorso-laterale prefrontale destra (rdlPFC) si osservò una sottostima temporale nei compiti di riproduzione che si presentava solo per intervalli al di sopra del secondo (Koch et al., 2003). Questi stessi dati furono replicati da Jones e colleghi che individuarono la finestra temporale in cui l'area doveva essere stimolata per produrre tali conseguenze, la TMS doveva essere applicata durante la fase di riproduzione e non quella di codifica (Jones et al., 2004). Applicando la stimolazione unicamente alla dlPFC destra si induceva nei partecipanti una sovrastima temporale nella fase di riproduzione, sempre con intervalli nel range di secondi (Koch et al., 2007). Provando ad aumentare la durata degli intervalli (30secondi) la stimolazione della dlPFC non produsse effetti (Gironell et al., 2005) ma questo potrebbe essere attribuito al tipo di compito proposto ai partecipanti (Mioni et al., 2020a). I compiti di riproduzione, utilizzati nello studio, coinvolgono le funzioni cognitive di più alto livello (attenzione, memoria di lavoro, funzioni esecutive) diminuendo le risorse a disposizione mentre quelli di produzione necessitano meno del coinvolgimento di tali abilità (Gironell et al., 2005). Secondo il modello dell' "Attentional gate" il giudizio circa la durata di un intervallo è modulato dal livello di attenzione dedicata al tempo, quando i compiti concorrenti richiedono ingenti risorse viene impiegata meno attenzione alle informazioni temporali che, immagazzinate in minor quantità nell'accumulatore, producono una sottostima della lunghezza di tale intervallo (Zakay e Block, 1996). Questo modello può essere utilizzato per interpretare i dati di Koch e colleghi che diedero ai partecipanti un compito distraente non temporale durante le fasi di codifica e riproduzione inducendo una diminuzione della durata percepita (Koch et al., 2003). In sintesi la dlPFC sembra essere coinvolta nell'elaborazione temporale indipendentemente dalla durata dell'intervallo (sia in millisecondi che in secondi) e questa attivazione è maggiore nella fase di riproduzione (Jonet et al., 2004; Mioni et al., 2018) che richiede una precedente codifica ed immagazzinamento di informazioni.

Alcuni autori si sono concentrati sull'area motoria supplementare (SMA) ma con scarsi risultati (Dusket et al., 2011; Giovannelli et al., 2014), nonostante questa struttura risulti spesso attiva durante compiti di percezione temporale (Wiener et al., 2010; Schwartze et al., 2012). Il motivo per il quale alcuni non hanno riscontrato attivazioni significative potrebbe essere dovuto allo strumento di indagine utilizzato, la TMS non arriva alle strutture profonde che potrebbero essere proprio quelle deputate alla percezione temporale (Mioni et al., 2020a). La SMA sembra inoltre essere divisa, a livello funzionale, in pre-SMA e SMA (Protopapa et al., 2019), la prima è più attivata nei compiti percettivi (Wiener et al., 2014) mentre la seconda in quelli di timing motorio (Wiener et al., 2010)

2.4 PERCEZIONE DEL TEMPO E MEMORIA PROSPETTICA BASATA SUL TEMPO

In letteratura vi sono pochi studi che hanno investigato il coinvolgimento di abilità temporali nella memoria prospettica basata sul tempo (Graf e Grondin, 2006), solitamente gli studi selezionano come target di partecipanti i bambini (Mackinlay et al., 2009), gli studenti (Labelle et al., 2009) e adulti (McFarland & Glisky, 2009). Per capire se i processi temporali implicati nella MP basata sul tempo fossero gli stessi utilizzati nell'anticipazione e previsione temporale Labelle e colleghi chiesero ai partecipanti di svolgere un compito prospettico o un compito di produzione temporale in contemporanea con uno di appartenenza categoriale (Labelle et al., 2009). Quando il compito era di memoria prospettica time-based ai partecipanti veniva detto di poter controllare l'orologio premendo la barra spaziatrice della tastiera senza alcuna precisa limitazione, i risultati non evidenziarono correlazioni significative tra accuratezza in questo compito e la prestazione nel compito di produzione temporale portando alla conclusione che vi siano meccanismi diversi alla base delle due abilità, uno sotto il controllo attentivo e l'altro più automatico (Labelle et al., 2009). Le analisi dei dati riscontrarono una correlazione significativa tra la frequenza di monitoraggio e la percezione temporale quindi le abilità temporali sembrano essere coinvolte più nel controllo dell'orologio che nell'accuratezza del compito prospettico (Labelle et al., 2009). Anche il gruppo di ricerca di Mackinlay studiò la MP basata sul tempo durante lo svolgimento di un compito concorrente 1-back e di stima temporale, i risultati mostrarono una correlazione tra la percezione temporale e l'accuratezza del compito prospettico ma nessuna relazione significativa con il monitoraggio (Mackinlay et al., 2009). Con l'obiettivo di studiare il ruolo del lobo frontale e di quello temporale mediale, concentrandosi sul monitoraggio dell'orologio, sulla pianificazione e sull'accuratezza del compito prospettico, McFarland e Glisky nel 2009 chiesero ad un campione di adulti di premere a turno due pulsanti ogni 5 minuti mentre rispondevano ad un test di cultura generale, inoltre dovevano stimare la durata di un intervallo tra stimoli presentati e produrre una durata di 2 minuti (McFarland e Glisky, 2009). L'analisi dei dati non riporta correlazioni tra accuratezza del compito di MP e frequenza di monitoraggio con la percezione temporale, questi risultati si discostano da quanto trovato in precedenti studi che avevano riportato il coinvolgimento delle funzioni frontali nella stima temporale e nella MP (Glisky, 1996; Kliegel et al., 2007). I risultati potrebbero essere dovuti all'assenza di un compito concorrente durante i compiti di stima e produzione temporale, i partecipanti potrebbero aver dedicato tutte le risorse attentive a questi compiti utilizzando anche ulteriori strategie (Grondin, 2010).

2.5 MONITORAGGIO E MEMORIA PROSPETTICA BASATA SUL TEMPO

Con monitoraggio si intende uno schema in cui si inseriscono delle azioni programmate e richiede un costo per l'elaborazione delle informazioni. Controllare il passaggio del tempo è essenziale durante compiti di memoria prospettica time-based. Il modello TWTE (Test-Wait-Test-Exit) definisce il monitoraggio come una serie di cicli di controlli e pause prima di arrivare all'ultimo check svolto durante il periodo critico (Harris e Wilkins, 1982). Studi mostrano che il monitoraggio autoiniziato è un forte predittore della performance di MP basata sul tempo (Einstein et al., 1995; Henry et al., 2004). Focalizzare l'attenzione solo nel compito prospettico comporterebbe una prestazione carente nel compito ongoing, al contrario concentrarsi solo sul task concorrente potrebbe portare i partecipanti a dimenticarsi di realizzare l'intenzione all'arrivo del tempo target (Mioni e Stablum, 2014). Alcuni studi hanno riportato un ulteriore fattore capace di influenzare la prestazione in questi compiti: la visibilità ed accessibilità dell'orologio (Rendell e Craik, 2000; Mioni & Stablum, 2014). Quando l'orologio è ben visibile il partecipante riesce spontaneamente ad utilizzarlo come promemoria mentre se questo non è presente nell'ambiente allora il soggetto deve utilizzare le funzioni esecutive per inibire ciò che sta facendo e spostare volontariamente l'attenzione nel monitoraggio, oltre a questo le risorse attentive e di memoria di lavoro sono richieste per supportare la rappresentazione in memoria del tempo controllato nell'orologio (Mioni et al., 2020b; Mioni e Stablum, 2014; Harris e Wilkins, 1982).

2.5.1 MONITORAGGIO STRATEGICO

All'avvicinarsi del tempo target i partecipanti iniziano a spostare più volte l'attenzione sull'orologio inibendo il compito ongoing; per ottenere una buona prestazione non basta che il monitoraggio sia frequente, questo deve essere incrementato strategicamente (Harris e Wilkins, 1982). Questi dati sono supportati anche dallo studio di Maylor e colleghi che individuano nel monitoraggio strategico (accelerazione dei controlli durante il periodo critico) la responsabilità dell'efficacia della performance prospettica (Maylor et al., 2002). Nonostante questi dati, controllare eccessivamente lo scorrere del tempo può distogliere troppo dal compito ongoing diminuendo drasticamente le prestazioni dei partecipanti (Mäntylä e Carelli, 2006) quindi il modo più efficace di gestire entrambe le richieste al meglio è organizzare strategicamente le azioni da mettere in atto per bilanciare bene tra i costi del monitoraggio e quelli dell'aver poche informazioni ambientali (Jäger e Kliegel, 2008).

2.5.2 MONITORAGGIO ED EMOZIONI

Schnitzspahn e colleghi testarono per la prima volta l'influenza dell'umore nella prestazione di MP basata sul tempo in due popolazioni di adulti, i giovani adulti avevano un'età tra i 18 e 25 anni mentre i partecipanti più grandi avevano tra i 59 e 84 anni (Schnitzspahn et al., 2014). L'induzione di uno stato emotivo negativo o positivo riduceva la precisione nel compito prospettico ma questo sembrò impattare il gruppo più giovane mentre nell'altro non venne riportata alcuna modificazione dell'umore (Schnitzspahn et al., 2014). Le analisi confermarono i dati in letteratura in riferimento agli effetti dell'umore nel monitoraggio (Kliegel et al., 2005) che è infatti un indice del controllo cognitivo posto nella prova prospettica ed è necessario per una buona performance al tempo target. Indurre uno stato d'animo positivo o negativo porta ad una riduzione di tale controllo con conseguenze nell'accuratezza al tempo target (Schnitzspahn et al., 2014). L'effetto della manipolazione emotiva è influenzato dal carico cognitivo dei compiti in quanto c'è una chiara relazione con l'età dovuta all'associazione con le funzioni esecutive (Gonneaud et al., 2011; Mioni et al., 2020b; Mioni e Stablum, 2014) Ma allora perché, in alcuni studi, l'induzione di emozioni negative e/o positive non influenza la performance di ricordo prospettico nei partecipanti più anziani? La risposta sembrerebbe legata alla loro capacità di regolare le proprie emozioni per mantenersi in uno stato neutro, alla fine del test infatti ripristinano facilmente il loro umore iniziale mentre i più giovani tendono a rimanere nello stato indotto dalla prova (Carstensen et al., 2000); questo processo sembra richiedere meno risorse ai soggetti più grandi (Scheibe e Blanchard-Fields, 2009). La base teorica per chiarire tali evidenze viene dalla teoria della selettività socio-emotiva di Carstensen che spiega bene la priorità data al raggiungimento di obiettivi emotivamente soddisfacenti (Carstensen, 1992). Nonostante sia prevedibile una performance peggiore negli anziani le ricerche non hanno trovato questi risultati, probabilmente gli anziani, che hanno meno risorse dei giovani, controbilanciano utilizzando più attenzione nello svolgimento del compito prospettico non lasciando alcun spazio alle emozioni negative di influenzarli mentre i giovani, che hanno più risorse disponibili, riescono a completare il compito anche facendosi suggestionare emotivamente (Schnitzspahn et al., 2014).

2.5.3 MONITORAGGIO ED ETÀ:

Al momento ci sono risultati conflittuali circa le differenze nella frequenza del monitoraggio del tempo nelle diverse fasce d'età, alcuni studi mostrano che adulti più giovani monitorino più frequentemente di altri adulti (Einstein et al., 1995; McFarland e Glisky, 2009; Park et al., 1997) mentre altri hanno trovato pattern opposti (Logie et al., 2004; Maylor et al., 2002; Mäntylä et al., 2009; Mioni e Stablum, 2014), e altri ancora non hanno riportato differenze tra gruppi (Gonneaud et al., 2011; Jäger & Kliegel, 2008). La correlazione positiva tra l'aumentare dell'età ed il declino delle funzioni esecutive è ben documentata in letteratura (Buckner, 2004, Fisk e Sharp, 2004); si può ipotizzare che il monitoraggio temporale di partecipanti anziani sia meno efficace di quello di partecipanti più giovani soprattutto nelle condizioni in cui vengono utilizzate tali funzioni ossia quando l'orologio non è disponibile direttamente nell'ambiente o quando la prova ongoing richiede molte risorse (Mioni et al., 2020b). Nel 2014 Mioni e Stablum manipolarono l'accessibilità dell'orologio progettando una condizione di monitoraggio libero in cui i partecipanti potevano controllare lo scorrere del tempo senza limitazioni ed una di monitoraggio fisso in cui venivano date solo 6 possibilità di visione dell'orologio (Mioni e Stablum, 2014). I partecipanti più anziani si dimostrarono più in difficoltà nella condizione in cui il numero di controlli era prestabilito dimostrando un comportamento di monitoraggio poco strategico (Mioni e Stablum 2014). Per indagare il legame tra le funzioni esecutive ed il monitoraggio in adulti Schmidt e colleghi testarono partecipanti tra i 62 e gli 85 anni, i risultati mostrarono una correlazione tra l'età ed il monitoraggio, nello specifico i soggetti più anziani controllavano di meno l'orologio soprattutto nei 30 secondi prima di rispondere al tempo target (Schmidt et al., 2022). È importante sottolineare che più si va avanti nel compito e più si monitora perché ci si avvicina al tempo target però nei soggetti più anziani questo incremento risultò meno distintivo e, di conseguenza, meno efficace (Schmidt et al., 2022). Dalle analisi della letteratura è chiaro che vi sia una correlazione positiva tra il monitoraggio e l'accuratezza del compito prospettico (Mioni et al., 2020; Mioni e Stablum, 2014) e che il declino relato all'età porti ad una modificazione del comportamento di controllo dell'orologio (Vanneste et al., 2016). Schmidt e collaboratori specificarono che il declino della capacità di monitoring seguisse un andamento lineare relato all'età e che non diminuisse quindi improvvisamente fissandosi ad un valore stabile (Schmidt et al., 2022). Alcuni autori hanno associato questa maggiore difficoltà degli anziani ai deficit funzionali propri di tale popolazione (Gonneaud et al., 2011; Mioni et al., 2020; Mioni e Stablum, 2014; Yang et al., 2013) ma i risultati di Schmidt non supportano questa ipotesi, i ricercatori avevano infatti inserito nello studio anche le funzioni esecutive per indagarne il legame con la memoria prospettica (Schmidt et al., 2022). Gli autori sostennero che, a fronte di correzioni sull'età, le correlazioni non risultassero essere più significative nonostante la chiara sovrapposizione tra le funzioni esecutive e la memoria prospettica; ai partecipanti infatti era stato richiesto di

spostare più volte l'attenzione dal compito ongoing a quello prospettico inibendo l'azione in atto per spostare l'attenzione sull'altra divenuta prioritaria (Schmidt et al., 2022). All'avvicinarsi del tempo target si è registrato un aumento dei tempi di reazione del compito ongoing in tutti i partecipanti ma solo nei più anziani sono state rilevate difficoltà di monitoraggio, questo significa, secondo gli autori, che a fronte di buone funzioni esecutive qualcosa nella memoria prospettica non funziona correttamente, sono necessarie ulteriori ricerche per individuarne le cause (Schmidt et al., 2022).

2.5.4 MONITORAGGIO E PERCEZIONE TEMPORALE

Secondo Mioni e Stablum nell'accuratezza dei compiti di memoria prospettica time-based è poco influente la percezione temporale che però ha un ruolo nel comportamento e nelle strategie di monitoraggio, analizzando la frequenza dei controlli in prossimità del tempo target si potrebbero reperire informazioni sulla percezione temporale in compiti di MP basata sul tempo (Mioni e Stablum, 2014). Nello studio di Mioni e colleghi del 2012 i partecipanti dovevano riprodurre intervalli temporali, i dati riportarono una correlazione significativa tra la percezione temporale e la frequenza di monitoring, partecipanti sani con ridotte abilità temporali monitorarono più frequentemente di altri con migliori abilità temporali (Mioni et al., 2012). Nei compiti prospettici che coinvolgono indizi temporali i partecipanti utilizzerebbero l'orologio esterno per controllare il passare dei secondi e rispondere al tempo target senza focalizzarsi molto sul proprio orologio interno (Mioni e Stablum, 2014). L'ipotesi è che l'orologio interno si affidi a quello esterno, manipolabile, così da fare nuovi paragoni e stimare il tempo trascorso fino al nuovo controllo (Block e Zakay, 1996).

CAPITOLO 3: COINVOLGIMENTO DELLE EMOZIONI NELLA MEMORIA PROSPETTICA BASATA SUL TEMPO

3.1 TEORIE DELLA COGNIZIONE E DELLE EMOZIONI

In letteratura l'idea che vi potesse essere un legame tra la cognizione e le emozioni ha ispirato molte teorie e modelli. In questo capitolo verranno descritte solo due delle teorie più influenti nel panorama scientifico poiché rappresentano il background generale su cui trarre le ipotesi del coinvolgimento degli stati emotivi nella memoria prospettica basata sul tempo.

3.1.1 “RESOURCE ALLOCATION MODEL” DI ELLIS E ASHBROOK (1988)

Il modello di allocazione delle risorse dell'elaborazione cognitiva nella depressione nasce con l'intenzione di definire il ruolo degli stati emotivi depressivi nella memoria in generale e postula che tali stati possano ridurre le risorse esecutive a disposizione nello svolgimento di compiti cognitivi (Ellis e Ashbrook, 1988). La riduzione delle risorse attentive è dovuta al fatto che queste ultime siano rivolte ai pensieri intrusivi e non relati al compito cognitivo quanto più ai sentimenti depressivi durante lo svolgimento del compito (Ellis, 1991; Hartlage et al., 1993) quindi le prestazioni peggiori si avranno nei compiti che richiedono processi auto-iniziati e controllati come quelli dei compiti di MP basata sul tempo.

3.1.2 “THE PROCESSING EFFICIENCY THEORY” DI EYSENCK E CALVO (1992)

La teoria dell'efficienza elaborativa postula che l'ansia o gli stati ansiosi influenzino la prestazione cognitiva a livello motivazionale ed attentivo provocando, nel soggetto, una preoccupazione che avrà effetti sia positivi sia negativi (Eysenck e Calvo, 1992). A livello motivazionale ci si aspettano conseguenze positive perché l'individuo è portato ad aumentare lo sforzo per raggiungere dei risultati mentre dall'altra parte le risorse impiegate nei pensieri ansiosi sono ingenti e non ne rimangono molte per lo svolgimento del compito (Eysenck e Calvo, 1992). È importante distinguere, per gli autori, l'efficacia della prestazione dall'efficienza di elaborazione poiché la prima è legata all'accuratezza della performance mentre la seconda fa riferimento al legame tra prestazione e sforzo cognitivo. Eysenck e Calvo ipotizzarono che l'ansia riesca a diminuire la capacità di elaborazione piuttosto che la prestazione, chi ha alti livelli d'ansia riuscirebbe, dunque, ad avere risultati migliori nei compiti facili o percepiti come prioritari perché la paura delle conseguenze negative li porterebbe ad utilizzare più risorse per assicurarsi un successo mentre nei task più complessi o percepiti come secondari le prestazioni peggiorerebbero a causa dei pensieri distraenti che richiedono ingenti risorse (Eysenck e Calvo, 1992).

3.2 INFLUENZA DELLE EMOZIONI NEL RICORDO PROSPETTICO

3.2.1 METODI DI STUDIO

La memoria prospettica basata sul tempo può essere influenzata da stati emotivi?

In letteratura sono nati studi volti ad indagare questa relazione molti dei quali ricercarono il ruolo delle emozioni negative sulla MP selezionando, come campione, soggetti con ansia e depressione. Nigro e Cicogna nel 1999 somministrarono compiti di memoria prospettica basata sia sul tempo sia sull'evento a studenti misurando i livelli di ansia con lo State-Trait Anxiety Inventory (STAI; Spielberger et al., 1983). L'ansia di tratto è una disposizione stabile della personalità mentre l'ansia di stato è una rottura dell'equilibrio emotivo della persona e comporta attivazioni fisiologiche. I partecipanti molto ansiosi rispondevano più vicini al tempo target e questa migliore performance prospettica venne interpretata come causata da un monitoraggio più preciso e frequente (Nigro e Cicogna, 1999). Altri studi si sono invece concentrati nella depressione, Rude e colleghi cercarono di indagare l'influenza che tale patologia potesse avere nel ricordo prospettico (Rude et al., 1999). I compiti di MP legata al tempo richiedono, più di quelli basati sull'evento, processi autoiniziati e controllati (Henry et al., 2004) ed infatti, come ipotizzato, i soggetti con depressione ottennero prestazioni peggiori specificatamente nei compiti prospettici time-based in quanto dimenticavano l'intenzione da attuare al tempo target causata anche da un minor monitoraggio dell'orologio (Rude et al., 1999). Nel 2006 Kliegel e Jäger studiarono l'influenza di ansia e depressione in entrambi i tipi di MP, la performance di MP basata sull'evento risultò influenzata selettivamente da alti livelli di ansia al contrario di quella time-based che peggiorò solo nei partecipanti con depressione (Kliegel e Jäger, 2006). Questi risultati sono in linea con il modello descritto precedentemente, secondo Ellis e Ashbrook infatti l'umore depresso devierebbe le risorse attentive che verrebbero dedicate ai pensieri negativi (Ellis e Ashbrook, 1988). Da notare che nei compiti naturalistici di MP i soggetti con livelli più alti di ansia e depressione hanno ottenuto migliori risultati, questo, che sembra contraddire i dati in letteratura, può essere però dovuto ad una serie di variabili che non sono sotto il controllo dello sperimentatore come i fattori di personalità o l'utilizzo di ausili esterni di memoria (es. agende); i soggetti più ansiosi o depressi potrebbero avere una motivazione più alta nel portare a termine correttamente una prova (Eysenck e Calvo, 1992). La relazione tra ansia e MP sembra essere di facilitazione in alcuni casi e di ostacolo in altri, questo può dipendere dalle caratteristiche del compito come la quantità di risorse richieste (Eysenck e Calvo, 1992). Per quanto riguarda la depressione i risultati di Kliegel e Jäger sembrano confermare che essa influenzi i compiti di MP ma soprattutto quelli basati sul tempo probabilmente perché questi richiedono capacità di elaborazione auto-iniziata e controllata che sono selettivamente danneggiate nella depressione (Hartlage et al., 1993)

Un'altra linea di ricerca è quella che utilizza questionari autovalutativi per investigare la percezione delle persone in relazione alla loro capacità di ricordare, nel futuro, intenzioni programmate precedentemente in contesti emotivamente salienti. Meacham e Kushner studiarono nel 1980 l'influenza delle emozioni nel ricordo prospettico cercando di chiarire se un'intenzione programmata emotivamente saliente (come ricordarsi di andare dal dentista per un intervento doloroso) fosse più o meno facile da ricordare e quindi da eseguire (Meacham e Kushner, 1980). Nel panorama scientifico sono due le ipotesi in competizione: la prima, di stampo freudiano, prevedeva una dimenticanza maggiore associata ad un'intenzione etichettata come capace di procurare disagio, basandosi sull'idea che i contenuti dolorosi venissero rimossi in memoria e quindi dimenticati; la seconda ipotizzava che l'intenzione sarebbe stata ricordata maggiormente ma non portata a termine (Meacham e Kushner, 1980). I ricercatori raccolsero questi dati dalle risposte ai questionari, dai risultati sembrò che i partecipanti ricordassero con grande accuratezza l'intenzione, probabilmente per la grande attivazione in memoria, che però poi si dimenticavano di portare a termine (Meacham e Kushner, 1980). L'utilizzo del questionario come metodo d'indagine è presente anche in un'analisi di Schmidt che chiese ad un vasto campione di studenti di riferire se, durante gli attentati terroristici dell'11 Settembre, avessero sperimentato difficoltà nell'esecuzione di compiti prospettici (ad esempio dimenticarsi di un appuntamento) (Schmidt, 2004). Gli studenti riportarono che più erano stati emotivamente attivati dalle notizie degli attacchi e più errori prospettici avevano commesso in quel giorno, Schmidt ne dedusse che stati emotivi di natura fortemente negativa potrebbero avere impatto nella memoria prospettica nella vita di tutti i giorni (Schmidt, 2004).

Nell'ultimo periodo si è sviluppato un ulteriore approccio allo studio di queste dinamiche che consiste nell'induzione di emozioni negative o positive, in maniera transitoria, attraverso l'esposizione a filmati o fotografie emotivamente salienti. Il gruppo di ricerca di Kliegel e colleghi nel 2005 indagò l'influenza della tristezza nella MP in un campione di giovani adulti sani, l'ipotesi era che un tono d'umore negativo causasse un peggioramento nella prestazione del compito prospettico rispetto ad un umore più neutro (Kliegel et al., 2005). I ricercatori provarono a stimolare emozioni negative o neutre nei partecipanti esaminando il loro stato emotivo prima del filmato, subito dopo la visione e dopo il compito (Kliegel et al., 2005). Non tutti i soggetti esposti al cortometraggio furono coinvolti emotivamente però alcuni sperimentarono una diminuzione di piacevolezza e calma (Kliegel et al., 2005), importante è sottolineare che alla fine dell'esperimento tutti i soggetti erano riusciti a ritornare ad un umore stabile e positivo come quello iniziale (Philips et al., 2002). I risultati mostrarono che gli effetti dell'induzione dell'emozione negativa erano presenti solo nel compito prospettico e non in quello concorrente, forse dovuto alla grande facilità di tale task, mentre l'accuratezza al tempo target risultò molto diminuita per coloro che avevano

manifestato un mood negativo, ma solo nella prima fase del compito (Kliegel et al., 2005). Nelle situazioni in cui ai soggetti vengono fatti svolgere più compiti insieme, dopo essere stati suggestionati emotivamente da uno stimolo, la prova considerata dal partecipante come secondaria è quella che risente maggiormente della manipolazione (Eysenck e Calvo, 1992). Nell'interpretazione di questi risultati venne ipotizzato un meccanismo compensatorio iniziale dovuto al fronteggiamento dell'emozione negativa capace di peggiorare la prestazione al compito ongoing, i partecipanti potrebbero avere dei pensieri distraenti focalizzati sull'emozione e non su ciò che stanno facendo (Kliegel et al., 2005). Nel tentativo di ripristinare uno stato emotivo positivo si devono impiegare molte risorse che verrebbero quindi tolte all'esecuzione del compito prospettico, ipotesi supportata dalla linea di ricerca di Muraven e Baumeister in cui gli autori spiegano come l'autoregolazione dei processi emotivi e cognitivi porti a competere per le risorse a disposizione che sono limitate (Muraven e Baumeister, 2000).

Ulteriori studi dovrebbero analizzare il coinvolgimento delle emozioni positive che hanno più probabilità di influenzare la memoria prospettica rispetto a quelle negative (Oaksford et al., 1996) anche perché un recente studio di Pupillo e colleghi dimostrò che un'induzione di umore positivo fu capace di incrementare la prestazione di grandi adulti lasciando invece inalterata quella dei giovani adulti e che tale impatto non era dovuto ad una maggiore regolazione emotiva negli anziani (Pupillo et al., 2021).

3.2.2 EMOZIONI E PERCEZIONE DEL TEMPO

L'esperienza emotiva influenza la percezione temporale rallentandola durante momenti di tristezza o noia e accelerandola nei periodi, per esempio, stressanti (Droit-Volet et al., 2011). Già nei capitoli precedenti si è parlato di questo orologio interno che elabora il passaggio del tempo attraverso un pacemaker capace di generare impulsi ed un accumulatore che raccoglie e conteggia il numero di input, più informazioni sono accumulate e più sarà percepita come lunga la durata di un certo stimolo o intervallo di tempo (Gibbon et al., 1984). Due meccanismi importanti sono alla base di tale percezione: il primo è relativo al controllo attentivo mentre il secondo all'arousal (Droit-Volet e Meck, 2007; Droit-Volet e Gil, 2009, Angrilli et al., 1997). Quando non viene dedicata attenzione alle informazioni temporali l'interruttore, che si trova tra il pacemaker e l'accumulatore, viene aperto causando una perdita di impulsi; di conseguenza la persona percepirà che sia passato meno tempo proprio perché verranno contati meno input (Droit-Volet et al., 2011). Quando invece aumenta il livello di arousal il pacemaker incrementa il numero di impulsi in maniera lineare seguendo l'attivazione fisiologica dell'organismo causando un aumento della durata percepita di un certo stimolo (Droit-Volet et al., 2011). Nel panorama scientifico alcuni studi hanno utilizzato immagini prese dallo IAPS (es. Angrilli et al., 1997), suoni dal magazzino IADS o espressioni facciali (es. Droit-Volet et al., 2004); in questi esperimenti i risultati hanno mostrato che gli stimoli ad alto arousal e valenza negativa venivano giudicati come più duraturi di altri, probabilmente per l'attivazione del sistema nervoso centrale che accelerava i meccanismi dell'orologio interno (Droit-Volet et al., 2011). In laboratorio non si può alterare persistentemente l'umore di un partecipante, questo è possibile solo nelle ricerche con animali che utilizzano il condizionamento alla paura causato dalla somministrazione di stimoli elettrici (Droit-Volet et al., 2011). Con i soggetti umani possono essere utilizzati stimoli uditivi spiacevoli per ottenere l'effetto dato dalla paura, da queste ricerche si evinse che tali suoni erano responsabili di distorcere la percezione temporale dei partecipanti provocando una sovrastima della durata dello stimolo (Droit-Volet et al., 2010). L'aumento di arousal indurrebbe una serie di modificazioni comportamentali e fisiologiche come l'accelerazione del battito cardiaco, la dilatazione pupillare, l'aumento della pressione e la contrazione muscolare in quanto l'organismo deve essere pronto a reagire o scappare (LeDoux, 2000), questo accelererebbe l'orologio interno dei soggetti (Droit-Volet et al., 2011). Droit-Volet e colleghi utilizzarono filmati per elicitar paura e tristezza oltre alla condizione di controllo neutra; la scelta di tali emozioni era giustificata dal fatto che nonostante entrambe siano negative solo la paura è ad alto arousal (Droit-Volet et al., 2011). Valutando lo stato emotivo dei partecipanti all'inizio ed alla fine della sessione sperimentale si notò che la manipolazione andò nella direzione attesa in quanto i filmati avevano davvero influenzato l'umore dei soggetti; la paura risultò essere l'unica ad elicitar una distorsione nella percezione temporale provocando una sovrastima della

durata dell'elemento da valutare (Droit-Volet et al., 2011). Questi dati sono supportati da altre ricerche in letteratura che hanno utilizzato stimoli emotivi negativi ad alto arousal in ogni modalità (suoni, volti, immagini) (vedi Angrilli et al., 1997; Droit-Volet et al., 2004). Dai dati sembra quindi che la sovrastima della percezione temporale di stimoli sia legata all'attivazione del sistema nervoso causata da emozioni negative ad alto arousal come la paura, aumenta quindi il numero impulsi conteggiati nell'accumulatore e di conseguenza la rappresentazione temporale viene giudicata come più duratura (Droit-Volet et al., 2011). Gli autori sostennero che le emozioni negative a basso arousal, come la tristezza, non influenzassero la percezione del tempo infatti i risultati del loro studio non mostrarono alcuna modificazione nella percezione quando i partecipanti erano esposti a filmati tristi (Droit-Volet et al., 2011), in linea con i risultati dello studio di Angrilli (Angrilli, 1997). L'ipotesi di Droit-Volet e colleghi è che i filmati non abbiano avuto un impatto abbastanza forte nello stato emotivo del partecipante non rallentando sufficientemente l'orologio interno (Droit-Volet et al., 2011). È importante sottolineare che non sia chiara la funzione della tristezza che come emozione si presenta solitamente in concomitanza con altre, dipende dalla causa che l'ha scatenata (es dolore, empatia, lutto) e dall'intensità o durata; vi sono inoltre poche conoscenze circa i sistemi neurali che sostengono tale emozione e questo potrebbe spiegare la mancanza di effetti nello studio (Droit-Volet et al., 2011). Nel 2008 Tipples cercò di stabilire se gli errori di natura temporale trovati nelle condizioni in cui venivano utilizzate le espressioni arrabbiate o paurose aumentassero negli individui che di norma avevano livelli di arousal molto alto (Tipples, 2008). I risultati confermarono le ipotesi del ricercatore oltre ad essere in linea con gli studi svolti in tale ambito (Droit-Volet et al., 2004; Effron et al., 2006). Due anni prima un gruppo di ricerca cercava di capire se l'effetto di sovrastima potesse essere riscontrato anche in condizioni di inibizione dell'espressione facciale, l'"embodiment" si riferisce agli stati fisici che insorgono durante l'interazione con l'esterno, gli individui imitano spontaneamente le espressioni facciali alle quali sono esposti e questa mimica gioca un ruolo importante nella percezione delle emozioni (Effron et al., 2006). Nelle condizioni di imitazione libera si registra una sovrastima temporale della durata di volti arrabbiati ed una sottostima quando vengono mostrati volti felici (Effron et al., 2006). I risultati confermarono l'ipotesi che l'imitazione faciliti l'effetto delle emozioni nella percezione temporale (Effron et al., 2006).

3.2.3 EMOZIONI E MEMORIA PROSPETTICA BASATA SUL TEMPO

La teoria del Feedback emotivo sostiene che l'emozione riesca ad influenzare la cognizione attraverso due diverse modalità, un'elaborazione più consapevole e una valutazione emotiva involontaria, queste ultime sembrano avere un impatto nei processi cognitivi di più alto livello come la memoria prospettica (Baumeister et al., 2007). L'influenza della presenza dell'etichetta emotiva associata agli stimoli è sui processi cognitivi alla base del ricordo prospettico come la codifica (formazione dell'intenzione da recuperare) ed il recupero (riconoscimento dell'intenzione e recupero dell'azione da mettere in atto)(Ellis e Freeman, 2008). Gli studi in letteratura trovarono un effetto positivo dell'emozione nei processi di codifica dovuto ad un aumento dell'attenzione ed elaborazione visiva rivolti allo stimolo in questione (Calvo e Lang, 2004; Pilarczyk e Kuniecky, 2014). Sembrerebbe che l'emozione influenzi anche il consolidamento grazie ad un potenziamento a lungo termine dovuto all'attivazione dell'amigdala (Hamman et al., 1999). Anche il recupero sembra essere facilitato da tali cue, gli stimoli emotivi catturano più attenzione di quelli neutri influenzandone la detezione del segnale (Brosch et al., 2010). Questo accade sia per stimoli attesi nei compiti di ricerca visiva sia per quelli inattesi (Brosch et al., 2010). McDaniel e Einstein proposero, infatti, alla base del recupero prospettico dei processi di monitoraggio consapevole e di recupero spontaneo (McDaniel e Einstein, 2000). Gli stimoli con valenza negativa promuovono l'elaborazione percettiva aumentando il ricordo di dettagli intrinseci mentre per quelli con valenza positiva si avrà un'elaborazione più concettuale (Kensinger e Schacter, 2008). Quando viene attribuita la componente emotiva ad uno stimolo si potrebbero avere vantaggi o svantaggi a livello di memoria prospettica ma in letteratura non vi è accordo tra gli studi che indagano tali effetti (Hostler et al., 2018). I risultati però devono tenere conto di alcune differenze metodologiche tra le varie ricerche, ad esempio in alcuni esperimenti sono state utilizzate immagini mentre in altre delle parole riportando una facilitazione per il contenuto visivo di un'immagine in memoria prospettica (Hostler et al., 2018). Houwer e Hermans nel 1994 fecero svolgere un compito di categorizzazione affettiva delle parole che risultò influenzata da immagini emotive incongruenti mentre non si ebbe nessuna influenza dovuta a parole emotivamente incongruenti quando il compito veniva svolto sulle immagini (Houwer e Hermans, 1994). Il beneficio degli effetti emotivi in memoria prospettica è più forte quando vengono utilizzate immagini come stimoli (Hostler et al., 2018). Un altro fattore da considerare è l'utilizzo di un paradigma focale o non focale, i partecipanti solitamente svolgono un compito ongoing in aggiunta a quello prospettico e l'impatto emotivo sembra essere diverso tra segnali che attivano automaticamente la rappresentazione dell'intenzione da eseguire nel futuro o se invece devono essere utilizzate ulteriori risorse (Hostler et al., 2018). Questi due paradigmi riflettono i due tipi di detezione dei segnali descritti nella "Teoria del Multiprocesso" di McDaniel e Einstein in cui i due autori sostennero che per i segnali focali si utilizzerebbero processi di recupero

spontaneo nel rilevare l'intenzione mentre per gli altri un monitoraggio più consapevole (McDaniel e Einstein, 2000). La focalità dei cue potrebbe risultare un importante fattore di moderazione per quanto riguarda l'effetto dell'emozione nel ricordo prospettico (Hostler et al., 2018). L'età è una variabile da non sottovalutare dal momento che è stato riportato un potenziamento in memoria ed attenzione negli anziani per gli stimoli positivi (Ihle et al., 2013) ma non è ancora chiara la relazione tra età ed emozione (Hostler et al., 2018). La meta-analisi di Hostler e colleghi suggerisce che l'influenza dei segnali emotivi nella memoria prospettica sia supportata da diversi meccanismi con effetti diversi a seconda della valenza dei segnali, i cue emotivi sia in codifica che in recupero sembrerebbero aumentare le prestazioni del ricordo prospettico (Hostler et al., 2018). Evidenze giungono anche da studi sulla MP basata sull'evento, May e collaboratori trovarono una migliore performance prospettica nei blocchi emotivi rispetto a quelli neutri ma, allo stesso tempo, un minore monitoraggio durante la presentazione di stimoli emotivi, questi risultati suggeriscono che l'importanza degli stimoli emotivi nei compiti di memoria prospettica non sia una conseguenza di un aumento di vigilanza (May et al., 2012). I cue emotivi attivano spontaneamente l'intenzione prospettica e riducono il carico di risorse deputate al monitoraggio ma questo potrebbe essere valido solo per la MP basata sull'evento che richiede, rispetto a quella investigata in questo studio, meno risorse in quanto il segnale target è presente nell'ambiente.

CAPITOLO 4: LO STUDIO

4.1 PARTECIPANTI

Tutti i partecipanti hanno firmato un consenso informato per prendere parte allo studio. Sono stati testati 45 giovani (range 18-30 anni: F = 16; M = 25; nb = 1; 3 non hanno risposto), 37 partecipanti di età media (range 31-59 anni; F = 12; M = 14, 11 non hanno risposto) e 18 anziani (range > 60 anni; F = 6, M = 10, 2 non hanno risposto). 106 partecipanti hanno preso parte alla ricerca ma non sono stati utilizzati i dati di tutti, sei di loro sono stati esclusi perché si sono dimenticati di svolgere il compito prospettico in un blocco dell'esperimento o più. L'età è stata considerata come variabile categoriale dividendo l'intero campione in tre sezioni: giovani (18-30 anni), età media (31-59 anni) e anziani (> 60 anni). Di questo campione i partecipanti testati da me sono stati 49 (17 giovani, 15 età media e 17 anziani), tutti risiedenti nella regione Marche. I dati demografici del campione complessivo sono riassunti nella Tabella 1. Le funzioni cognitive dei partecipanti con età superiore ai 45 anni sono state testate con il Mini Mental State Examination (Folstein et al., 1975). I risultati oltre i cut-off sono stati considerati criteri di esclusione. Inoltre sono stati esclusi dallo studio partecipanti con patologie che causano un declino cognitivo (tumore al cervello, disturbi neurologici, disturbi psichiatrici).

4.2 DESIGN

Per questo esperimento è stato adottato un design con due fattori a tre livelli ciascuno. La prima variabile considerata è l'età, i partecipanti sono stati selezionati secondo tre categorie: giovani (18-30 anni), età media (31-59) e anziani (> 60 anni). La seconda variabile è rappresentata dalle emozioni ed è stata esplicitata secondo tre livelli (negativo, neutro e positivo) presentati secondo la condizione entro i soggetti, è stato fatto un controllo degli effetti dovuti all'ordine e alla sequenza delle emozioni elicitate.

Gruppo		Giovani (n = 45)	Età Media (n = 37)	Anziani (n = 18)
Sesso	M	25	14	10
	F	16	12	6
	Nb	1	/	/
	Nessuna risposta	3	11	2
Educazione (anni)		M = 13,27 DS = 1,51	M = 13.69 DS = 4.09	M = 12,89 DS = 5,35

Tabella 1: nella tabella sono inseriti i dati demografici dei partecipanti che hanno preso parte allo studio

4.3 MATERIALI E COMPITI

I partecipanti dovevano svolgere due compiti contemporaneamente con la maggior accuratezza possibile, concentrandosi su entrambi allo stesso modo. Per il compito di memoria prospettica basata sul tempo veniva chiesto di premere “INVIO” dopo 3 minuti dall’inizio della prova dando inoltre la possibilità di controllare quanto tempo era passato premendo la barra spaziatrice nella tastiera che faceva comparire in alto a destra sullo schermo, per due secondi, un orologio digitale, la barra poteva essere premuta senza limite di tempo o di volte. L’altro compito da svolgere era quello ongoing rappresentato dal 3-back, i partecipanti vedevano delle immagini in sequenza al centro dello schermo, ogni immagine rimaneva per qualche secondo, ciò che era chiesto loro di fare era premere il tasto “D” nella tastiera quando riconoscevano che l’immagine che vedevano era uguale all’immagine che la precedeva di tre posizioni, in caso contrario non avrebbero dovuto premere nulla. Le immagini sono state prese dal database IAPS (Lang et al., 2005).

4.4 PROCEDURA

I partecipanti sono stati fatti sedere, in una stanza tranquilla, di fronte ad un computer di 15,6 pollici che ha prodotto e registrato eventi sperimentali tramite il software Psychopy (Peirce, 2009). Il compito ongoing proposto era un 3-back (Owen et al., 2005), per elicitarne emozioni neutre, negative e positive sono state presentate foto prese dall’International Affective Picture System (IAPS; Lang et al., 2005), il database di foto validate come capaci di elicitarne risposte emozionali specifiche con l’obiettivo di standardizzare l’esperienza soggettiva della risposta emotiva. Per questo studio sono state selezionate 65 immagini negative, 120 immagini neutre e 61 positive secondo le valutazioni normative di valenza e arousal. Ogni foto rimaneva sullo schermo per 200 msec per poi passare all’immagine dopo, ad ogni partecipante è stato richiesto di svolgere una fase di training in cui il computer forniva feedback circa la correttezza del compito 3-back. Quando il partecipante riconosceva l’immagine come uguale a quella che la precedeva di tre posizioni era chiamato a premere il tasto “D”. Ogni partecipante ha completato un totale di 4 blocchi, per ogni blocco venivano presentate immagini con una specifica valenza e l’ordine dei blocchi è stato controbilanciato tra i soggetti. Il doppio compito poteva concludersi in due modi: il partecipante premeva INVIO entro una specifica finestra temporale oppure, dopo 3 minuti e 50 secondi, la prova si stoppava in automatico, per non permettere di andare avanti ulteriormente a chi si era dimenticato del compito prospettico. Dopo ogni prova veniva richiesto al partecipante di valutare la valenza e l’arousal delle immagini appena viste attraverso l’utilizzo del Self-Assessment Manikin (SAM) (Bradley et al., 1994) di cui sono state utilizzate solo le due scale di valenza ed arousal (vedi Appendice, Figura 16).

4.5 RISULTATI: ANALISI STATISTICA

Per indagare le ipotesi di ricerca di questo studio sono state analizzate le variabili chiave nei diversi compiti. È stato esaminato l'effetto della manipolazione emotiva attraverso le immagini con focus su valenza ed arousal. Per la performance di memoria prospettica basata sul tempo è stata controllata l'accuratezza al tempo target, solo le risposte entro i 10 secondi prima o dopo del tempo target sono state considerate corrette (procedura simile nello studio di Mioni et al., 2012). Per il monitoraggio è stato conteggiato il numero di controlli dell'orologio mentre nel compito ongoing è stata valutata l'accuratezza delle risposte. In tutte le analisi i test post hoc sono stati fatti con la correzione Tukey per confrontare la differenza tra ciascuna coppia di medie con l'adeguamento appropriato per il test multiplo (Olleveant, 1999). Il valore di significatività statistico è stato impostato a $p < .05$.

4.5.1 MANIPOLAZIONE VALENZA E AROUSAL

Per indagare l'impatto delle emozioni nel compito di memoria prospettica basata sul tempo sono state utilizzate 246 immagini prese dall'International Affective Picture System (65 fotografie a valenza negativa, 61 a valenza positiva e 120 neutre). È stato esaminato l'effetto della valenza e dell'arousal di tali immagini prendendo i dati dalle valutazioni che i soggetti hanno dato nel questionario SAM.

È stato trovato un effetto statisticamente significativo della valenza, $F(2, 194) = 89.26, p < .001$ (Figura 9a). I partecipanti hanno valutato il blocco negativo come più negativo rispetto al blocco positivo ed al neutro, sono significative le differenze tra tutti i blocchi: negativo-positivo ($p_{\text{Tukey}} < .001$), negativo-neutro ($p_{\text{Tukey}} < .001$) e positivo-neutro ($p_{\text{Tukey}} = .008$).

Anche per quanto riguarda l'arousal è stato trovato un effetto dell'emozione, $F(2, 194) = 12.97, p < .001$, c'è una maggiore attivazione percepita nel blocco negativo rispetto a quello positivo o neutro (Figura 9b). Dalle analisi post-hoc sono risultate significative solo le differenze tra i blocchi negativo-positivo ($p_{\text{Tukey}} < .001$) e negativo-neutro ($p_{\text{Tukey}} < .001$) mentre non è significativa la differenza positivo-neutro ($p_{\text{Tukey}} = .835$).

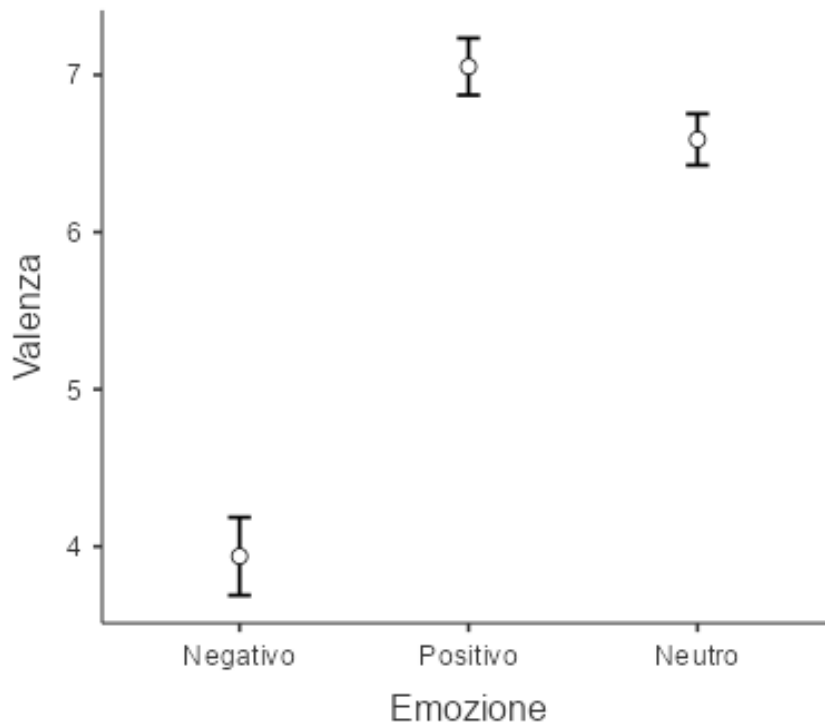


Figura 9a: Effetto della valenza delle immagini, i partecipanti hanno valutato le immagini a valenza negativa come più negative rispetto a quelle neutre, quelle a valenza positiva più positive rispetto alle neutre. Le barre indicano l'errore standard.

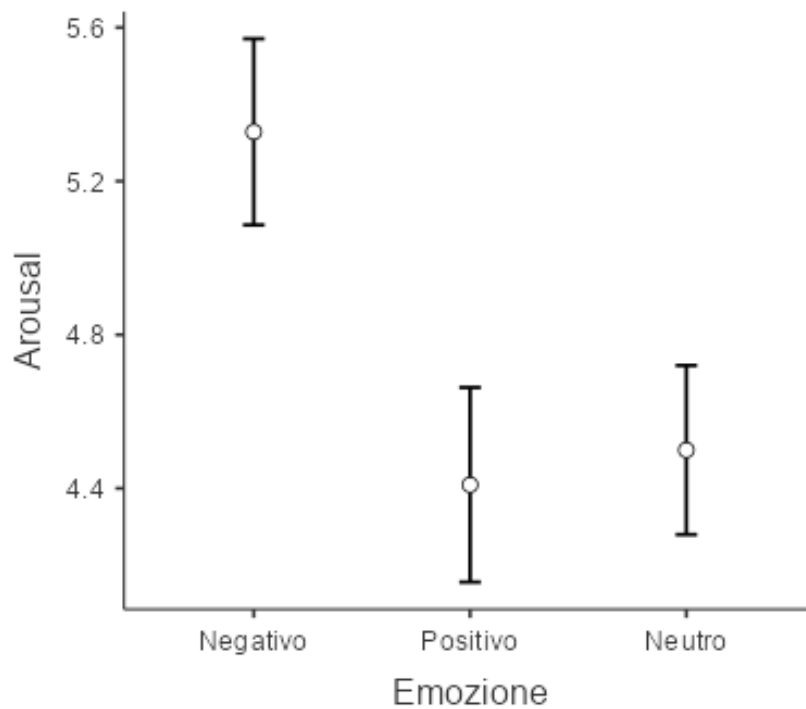


Figura 9b: Effetto dell'arousal delle immagini, i partecipanti hanno ritenuto le immagini negative come più attivanti rispetto agli altri due blocchi (positivo e neutro). Le barre indicano l'errore standard.

4.5.2 PRESTAZIONE AL COMPITO ONGOING

I partecipanti dovevano premere quando riconoscevano l'immagine presentata come l'immagine che la precedeva di tre posizioni. L'accuratezza della performance è stata analizzata in ogni gruppo del campione. I dati sono stati inclusi in un ANOVA a misure ripetute, sono stati trovati effetti del gruppo, $F(2, 97) = 17.5, p < .001$, partial $\eta^2 = .265$ e dell'emozione, $F(2, 194) = 11.24, p < .001$, partial $\eta^2 = .104$ ma non è significativa la loro interazione ($p = .369, \eta^2 = .022$). Il grafico relativo alle emozioni mostra come in generale i partecipanti siano più accurati quando l'emozione è positiva. Le differenze significative sono tra le emozioni positive-negative ($p_{\text{Tukey}} = .008$) e positive-neutre ($p_{\text{Tukey}} < .001$) mentre non sono significative le differenze nei blocchi negativo-neutro ($p_{\text{Tukey}} = .328$). I partecipanti quindi mostrano un effetto delle emozioni per cui sono in generale più accurati nel blocco delle emozioni positive rispetto a quello delle neutre e rispetto a quello delle negative (Figura 10). L'effetto delle emozioni è indipendente dal gruppo.

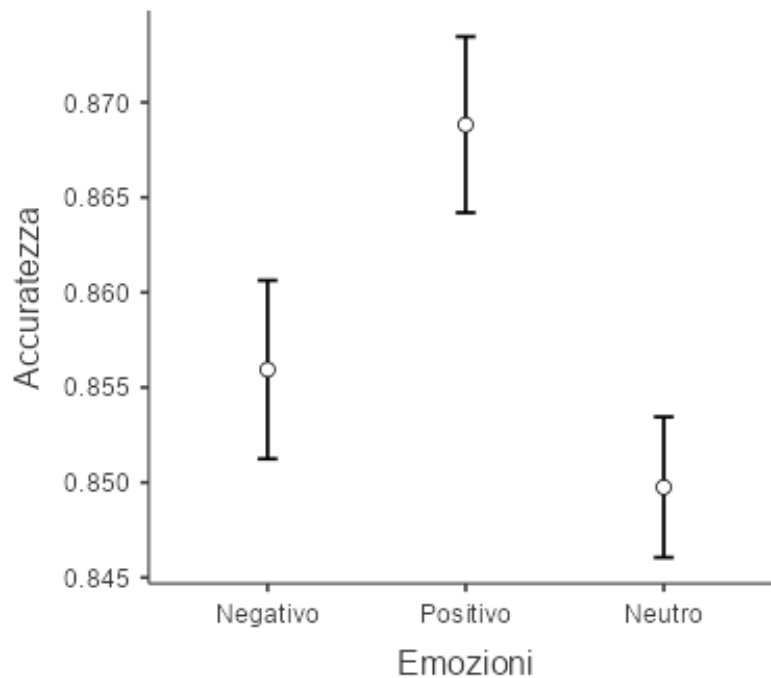


Figura 10: Effetto delle emozioni nella prestazione al compito ongoing. Nel blocco con immagini positive l'accuratezza dei partecipanti al compito ongoing è migliore. Le barre indicano l'errore standard.

Per quanto riguarda le differenze tra i gruppi è stata riscontrata una differenza statisticamente significativa tra tutti i gruppi: età media-anziani ($p_{\text{Tukey}} = .033$), età media-giovani ($p_{\text{Tukey}} < .001$), anziani-giovani ($p_{\text{Tukey}} < .001$). I meno accurati sono gli anziani (Mean = .832) mentre i più accurati sono i giovani (Mean = .885), dal grafico è possibile vedere come all'aumentare dell'età diminuisca l'accuratezza dei partecipanti al compito ongoing indipendentemente dalle emozioni (Figura 11).

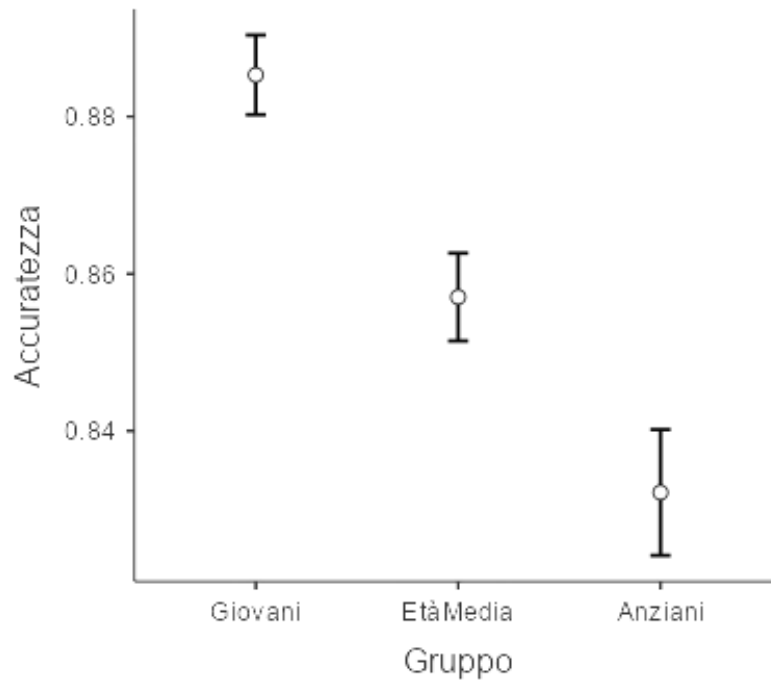


Figura 11: Differenze tra i gruppi circa l'accuratezza al compito ongoing, i giovani hanno performance maggiori degli Anziani e dei partecipanti con età media. Le barre indicano l'errore standard.

4.5.3 PRESTAZIONE NEL COMPITO DI MEMORIA PROSPETTICA BASATA SUL TEMPO

ACCURATEZZA AL TEMPO TARGET

I partecipanti dovevano premere il tasto “INVIO” nella tastiera dopo 3 minuti dall’inizio della prova (per un totale di 4 prove: due blocchi con immagini neutre, un blocco con immagini negative ed uno con immagini positive). I sei partecipanti che non hanno premuto “INVIO” entro 3 minuti e 50 secondi in almeno uno dei blocchi emotivi o in entrambi i blocchi con immagini neutre sono stati esclusi dallo studio. I dati sono stati esaminati con un ANOVA a misurazioni ripetute. I dati utilizzati per indagare l’accuratezza al tempo target sono relativi alla distanza assoluta tra la risposta e la scadenza temporale impostata a 3 minuti. Questo delta mostra infatti la differenza in valore assoluto tra il momento in cui i partecipanti avrebbero dovuto premere “INVIO” e quando effettivamente hanno premuto il tasto. Non è stato trovato nessun effetto del gruppo ($p = .118$, $\eta^2 = .043$) ma è stato invece trovato un effetto delle emozioni $F(2, 194) = 5.744$, $p = .004$, $\text{partial } \eta^2 = .056$. L’emozione dunque ha un effetto sull’accuratezza al tempo target che è significativo. I partecipanti mostrano un’accuratezza al tempo target maggiore per i blocchi emotivi (sia quello negativo sia il positivo), nelle analisi post-hoc non sono state riscontrate differenze tra positivo-negativo ma differenze significative sono state riscontrate tra positivo-neutro ($p_{\text{Tukey}} = .030$) e negativo-neutro ($p_{\text{Tukey}} = .026$)(Figura 12).

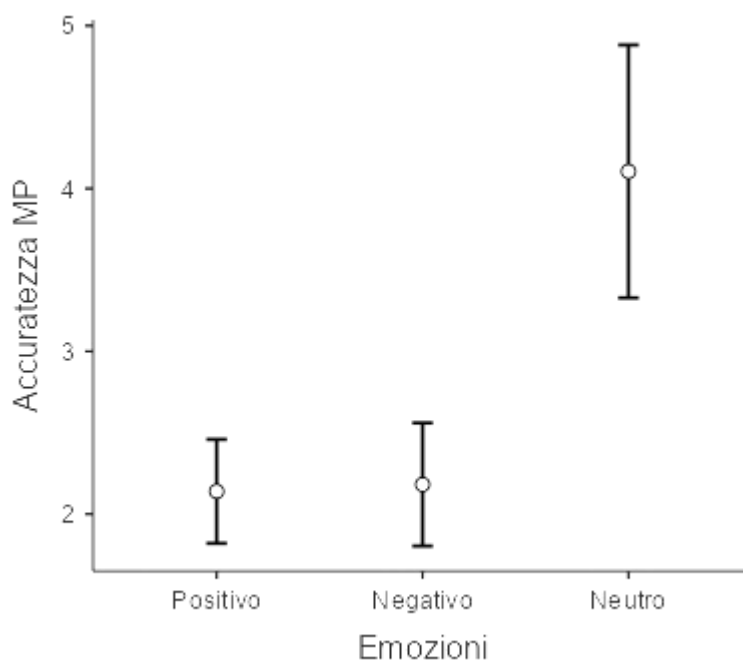


Figura 12. Accuratezza al tempo target. I partecipanti sono più accurati a rispondere nei blocchi emotivi rispetto ai blocchi neutri. Le barre indicano l’errore standard.

COMPORTAMENTO DI MONITORAGGIO

Per studiare il comportamento di monitoraggio è stato calcolato il numero di volte in cui i partecipanti hanno premuto la barra spaziatrice nella tastiera del computer che permetteva loro di vedere, in alto a destra sullo schermo per due secondi, un orologio digitale utile per tenere sotto controllo il passaggio del tempo. Nei compiti di memoria prospettica basati sul tempo infatti è possibile capire quando l'attenzione dei partecipanti viene spostata dal compito ongoing verso quello prospettico perché il comportamento di monitoraggio è esplicito. I dati sono stati esaminati con una ANOVA 3 x 3 x 3 che includeva fattori tra soggetti per quanto riguarda i gruppi (giovani, età media e anziani), fattori entro i soggetti in relazione alle emozioni (positivo, neutro e negativo) ed ai minuti (1°, 2°, 3°). È stato rilevato un effetto delle emozioni nel comportamento di monitoraggio, $F(2, 194) = 10.670, p < .001, \text{partial } \eta^2 = .099$ (Figura 13).

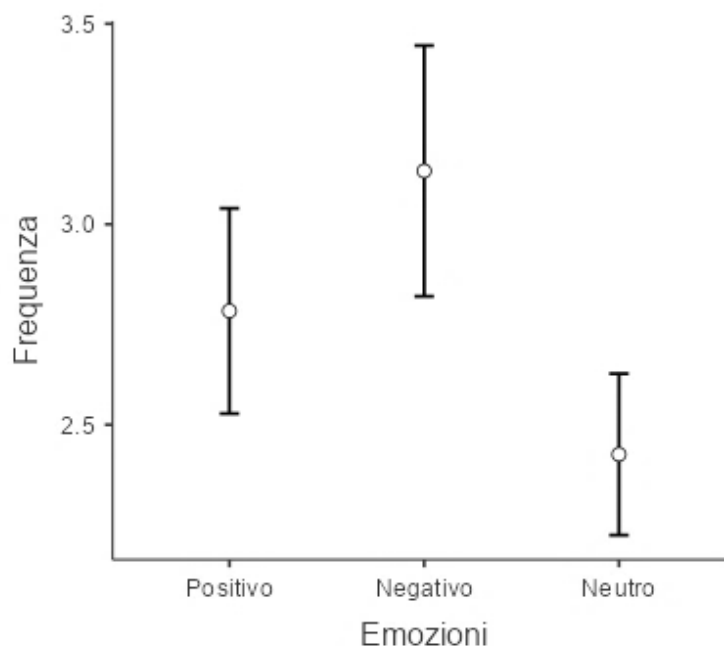


Figura 13: Comportamento di monitoraggio nei vari blocchi: neutri, negativo e positivo. Il comportamento di monitoraggio è svolto con una frequenza maggiore nei blocchi emotivi. Le barre indicano l'errore standard.

Le analisi post-hoc evidenziano una differenza significativa tra positivo-neutro ($p_{\text{Tukey}} = .018$) e negativo-neutro ($p_{\text{Tukey}} < .001$), questo significa che i partecipanti monitorano di più nei blocchi emotivi rispetto a quelli neutri. Il trascorrere del tempo ha mostrato un effetto significativo, $F(2,194) = 298.011, p < .001, \text{partial } \eta^2 = .754$, i partecipanti controllano con frequenza maggiore il tempo con il passare dei minuti (Figura 14).

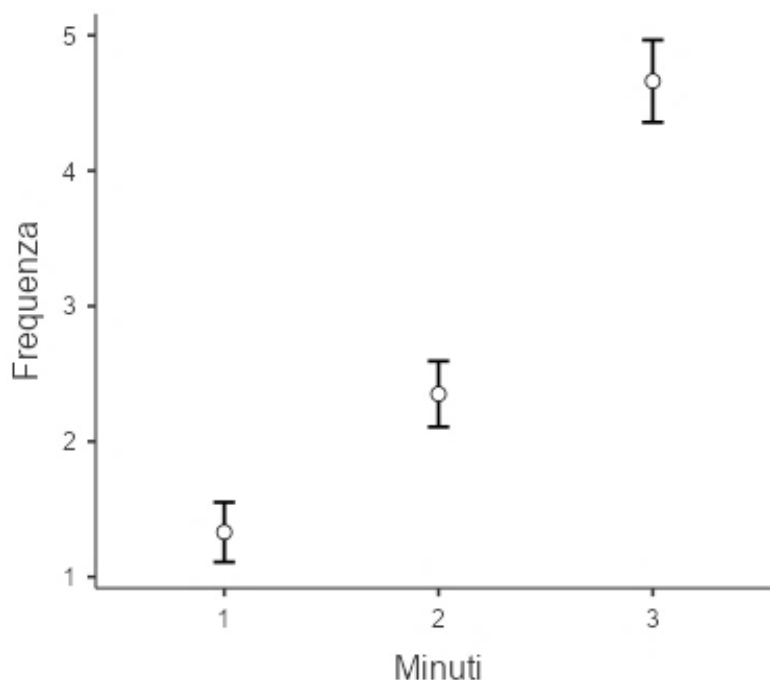


Figura 14: Comportamento di monitoraggio durante i tre minuti di prova. I partecipanti aumentano la frequenza del controllo dell'orologio all'avvicinarsi del tempo target. Le barre indicano l'errore standard.

Non è stata trovata alcuna interazione tra le emozioni ed i minuti trascorsi ($p = .059$) ma l'interazione è molto vicina al valore della significatività. Dalle analisi risulta essere significativo anche l'effetto del gruppo, $F(2, 97) = 3.26$, $p = .043$, $\text{partial } \eta^2 = .063$ (Figura 15). Le analisi post-hoc evidenziano un comportamento di monitoraggio maggiore nel gruppo degli anziani rispetto agli altri due gruppi di partecipanti. L'unica differenza significativa è quella tra il gruppo di anziani e quello dei giovani ($p_{\text{Tukey}} = .044$) mentre i confronti tra gli altri gruppi non raggiungono la soglia della significatività (età media-giovani, $p_{\text{Tukey}} = .988$; età media-anziani, $p_{\text{Tukey}} = .069$).

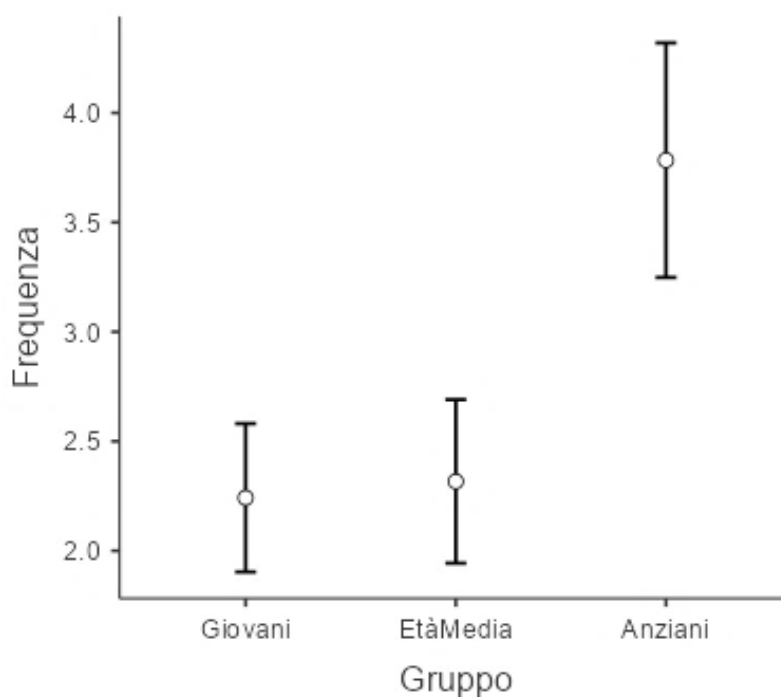


Figura 15: Comportamento di monitoraggio nei vari gruppi. Il gruppo dei partecipanti anziani ha mostrato un comportamento di monitoraggio maggiore rispetto agli altri due gruppi. Le barre indicano l'errore standard.

4.5.4 LIMITI DELLO STUDIO

Nella ricerca presentata sono stati individuati alcuni limiti.

Per indurre uno stato emotivo negativo/neutro e positivo nei partecipanti sono state utilizzate alcune immagini prese dall'International Affective Picture System (IAPS; Lang et al., 2005), il database di foto standardizzate. Nello studio sono state utilizzate 65 immagini con contenuto negativo, 120 con rappresentazioni neutre e 61 positive secondo le valutazioni normative di valenza e arousal. Nonostante lo IAPS sia stato validato in realtà è stato testato su un campione di partecipanti ben definito e denominato WEIRD (White- Educated- Industrialized- Rich- Democratic), portando ad interrogarsi sull'universalità di questi dati (Farnsworth, 2020). Il motivo per il quale sono state utilizzate queste immagini nello studio è dovuto alla grandezza del magazzino virtuale che ha permesso di attuare una selezione tale da poter mostrare molte fotografie diverse senza che esse si ripresentassero tra i vari blocchi.

Nello studio sono stati testati 106 partecipanti, la variabile età è stata considerata come categoriale, dividendo il campione in giovani, adulti di età media ed anziani. I dati provenienti dal gruppo di partecipanti di età tra i 18 e 30 anni è quello più numeroso mentre sono stati testati solamente 18 anziani rendendo il campione più sbilanciato a favore dei giovani. Ulteriori ricerche su questo progetto dovrebbero ampliare il numero di partecipanti e bilanciare bene la numerosità dei gruppi che, anche a causa del periodo storico odierno, non è stato possibile

4.6 DISCUSSIONE

Il presente studio ha investigato il ruolo delle emozioni in compiti di memoria prospettica basata sul tempo. La maggior parte delle ricerche in letteratura ha utilizzato, come stimoli, dei filmati per indurre uno stato emotivo nel partecipante (Kliegel et al., 2005; Philips et al., 2002; Mioni et al., 2012) mentre sono poche quelle che si sono servite di immagini o fotografie (vedi Angrilli et al., 1997). In questo esperimento sono state utilizzate immagini prese dal magazzino dell'International Affective Picture System (IAPS; Lang et al., 2005) per manipolare lo stato emotivo dei partecipanti. Sono state scelte sia fotografie a contenuto emotivo negativo, sia neutro che positivo, degli esempi sono mostrati in Appendice (Figura 17a, 17b, 17c). Ai soggetti è stato richiesto di svolgere due compiti simultaneamente cercando di essere il più accurati possibile in entrambi, il compito ongoing era un 3-back, le immagini emotivamente salienti (o neutre) scorrevano in sequenza al centro dello schermo rimanendo presenti per qualche secondo, i partecipanti dovevano premere il tasto "D" quando riconoscevano che l'immagine era uguale a quella che la precedeva di tre posizioni, altrimenti non avrebbero dovuto premere nulla. Al termine di ogni blocco sperimentale è stata indagata l'efficienza della manipolazione emotiva utilizzando il Self-Assessment Manikin (SAM) (Bradley et al., 1994) per misurare valenza ed arousal delle immagini percepiti da ogni partecipante. La prova di MP basata sul tempo consisteva nel premere il tasto "INVIO" sulla tastiera dopo 3 minuti dall'inizio del compito 3-back con la possibilità di controllare il passaggio dei secondi premendo la barra spaziatrice che faceva apparire sullo schermo un orologio digitale. La scelta di un compito ongoing 3-back si distanzia dalle precedenti ricerche che hanno utilizzato invece un 1-back in quanto i risultati di tali studi hanno mostrato che la prova 1-back fosse troppo facile e richiedesse poche risorse ai partecipanti (Kliegel et al., 2005). Come atteso i risultati dimostrano che la manipolazione emotiva abbia ottenuto l'effetto desiderato infatti i partecipanti hanno valutato le immagini negative come più negative rispetto a quelle positive o neutre e c'è una differenza statistica tra tutti e tre i gruppi di fotografie. Per quanto riguarda l'arousal elicitato c'è una maggiore attivazione percepita durante l'esposizione a contenuti negativi.

Nonostante i dati in letteratura non abbiano evidenziato un effetto delle emozioni nelle performance dei compiti ongoing proposti ai partecipanti (Kliegel et al., 2005) in questo studio è stato rilevato un effetto significativo di tale manipolazione. È bene specificare che l'utilizzo di immagini si discosta da alcuni paradigmi che invece hanno utilizzato parole per il compito ongoing (es Kliegel et al., 2005) poichè dalla letteratura è emerso un effetto di facilitazione delle prime sulle seconde (Hostler et al., 2018). Nei blocchi positivi di questo studio è stato registrato un aumento dell'accuratezza nel task 3-back. Ipotizziamo che questi risultati si discostino da quelli presenti nel panorama scientifico per due motivazioni differenti. La prima è il tipo di compito proposto, in alcuni studi infatti il compito concorrente da far svolgere ai partecipanti era un 1-back che quindi ha

richiesto meno risorse ai partecipanti. La seconda è che quasi tutti gli studi si sono focalizzati su emozioni negative e quindi il vantaggio dato da quelle positive non è stato registrato perché non utilizzato nel design della maggior parte delle ricerche (vedi Kliegel et al., 2005). Oltre all'effetto legato agli stimoli emotivi le prestazioni al compito concorrente sono risultate peggiori nel gruppo dei partecipanti anziani rispetto agli altri due. Il compito n-back è cognitivamente complesso, il primo studio che pubblicò tale prova fu di Kirchner del 1958 (Kirchner, 1958). A livello cognitivo sembra coinvolgere molte funzioni esecutive: mantenimento attivo degli stimoli in memoria, aggiornamento degli item, associazione degli stimoli in base al loro ordine nella serie; gli studi a livello biologico, di neuroimmagine, farmacologici e del polimorfismo genetico indicano che la performance dei compiti n-back sia legata ad un network in cui sono coinvolti siti frontali, parietali e striatali (Owen et al., 2005). Queste evidenze suggeriscono una difficoltà maggiore in questo compito con l'aumentare dell'età anche a causa dell'indebolimento della memoria di lavoro.

Per lo studio della memoria prospettica basata sul tempo sono stati presi in considerazione l'accuratezza al tempo target ed il monitoraggio. I dati relativi all'accuratezza si riferiscono alla distanza in valore assoluto tra la risposta data dal partecipante ed il target temporale impostato a 3 minuti. Dai risultati si può notare che non vi siano differenze significative tra i gruppi ma che tutti i partecipanti abbiano mostrato una facilitazione per i blocchi emotivi rispetto a quelli neutri. Nonostante, come detto in precedenza, l'unico effetto delle emozioni riscontrato sulla manipolazione di valenza e arousal fosse nel blocco negativo in realtà i partecipanti hanno riportato una migliore prestazione nelle condizioni emotive sia positive sia negative rispetto a quelle neutre. Questi risultati si discostano da quanto presente in alcuni studi nel panorama scientifico, in molti dei quali l'induzione di emozioni negative nei partecipanti produceva un calo della prestazione prospettica basata sul tempo, almeno nella prima parte dei compiti (es. Kliegel et al., 2005). È bene sottolineare le differenze tra lo studio di Kliegel e colleghi del 2005 e quello proposto in questa ricerca sono relative al tipo di compito ongo in proposto, agli stimoli utilizzati (filmati vs immagini) per elicitarne degli stati emotivi e, soprattutto, alla durata delle prove. Kliegel e colleghi proposero un compito con una durata di 10 minuti e 10 secondi massimo (Kliegel et al., 2005) mentre in questa ricerca ogni blocco aveva il limite impostato a 3 minuti e 50 secondi (durata raggiunta solo dai partecipanti che si sono dimenticati di premere "INVIO" al tempo target). In letteratura sono stati utilizzati compiti più lunghi e l'effetto delle emozioni è risultato solo nella prima parte mentre in questo non c'è stato bisogno di dividere a metà il compito durante la fase di analisi perché la durata proposta permetteva già di determinare gli effetti della manipolazione utilizzata. Inoltre da una recente meta-analisi di Hostler e colleghi venne sottolineato un vantaggio dovuto all'impatto delle emozioni in questi compiti, gli stimoli emotivi sembrano avere una maggiore salienza e ricevono di conseguenza più attenzione (Hostler et al., 2018).

Per monitoraggio si intende uno schema in cui si inseriscono delle azioni programmate, esso richiede un costo per l'elaborazione delle informazioni. I partecipanti dello studio avevano la possibilità di tenere sotto controllo il passaggio del tempo premendo la barra spaziatrice della tastiera che faceva visualizzare un orologio per due secondi, la condizione a cui tutti i partecipanti sono stati sottoposti è di monitoraggio libero quindi non c'erano limiti al numero di volte in cui il tasto poteva essere premuto né quando farlo. Dalle analisi della letteratura ci si aspettava di trovare un peggioramento nel monitoraggio nei blocchi emotivi in quanto alcuni ricercatori hanno ritenuto che, a causa di un monitoraggio non strategico, molti partecipanti nelle condizioni di emozioni negative avessero ottenuto delle performance scadenti al compito prospettico (Schnitzspahn et al., 2014). Nelle analisi di questa ricerca, studiando la relazione tra monitoraggio ed emozione, è stato trovato invece un miglioramento nei blocchi emotivi; i partecipanti hanno aumentato la frequenza dei controlli dell'orologio nelle condizioni in cui sono stati indotti stati emotivi positivi o negativi rispetto ai blocchi con immagini emotivamente neutre. La letteratura di riferimento infatti riconosce un forte legame tra monitoring e accuratezza al tempo target, è chiaro quindi che in questi blocchi la prestazione nel compito prospettico sia risultata migliorata (Mioni et al., 2020; Mioni e Stablum, 2014).

Nel presente studio non è stato trovato alcun effetto di interazione tra emozione e gruppo, questo significa che, indipendentemente dall'età dei partecipanti, il monitoraggio è risultato maggiore nei blocchi emotivi. La letteratura di riferimento non riporta risultati concordi, alcuni studi trovarono un maggior coinvolgimento emotivo nei giovani che, di conseguenza, ottenevano una più bassa prestazione a fronte di una performance degli anziani meno compromessa (vedi "Teoria della selettività socio-emotiva", Carstensen et al., 2000). Schmidt e colleghi invece riferirono una correlazione significativa tra età e monitoraggio nel loro studio del 2022, nel loro campione di riferimento i partecipanti più anziani esibirono un comportamento di monitoraggio meno strategico ed efficiente, soprattutto nei 30 secondi prima dell'arrivo del tempo target (Schmidt et al., 2022). In questo studio non è stato indagato unicamente il numero di volte in cui la barra spaziatrice è stata premuta ma è stato analizzato il comportamento di monitoraggio in generale focalizzando l'attenzione sulla presenza o no di un controllo strategico. Nel panorama scientifico è ormai chiaro che non basta solamente aumentare la frequenza dei controlli dell'orologio per raggiungere un alto livello di accuratezza nella prova prospettica ma questi devono essere distribuiti efficacemente all'interno del compito portando più attenzione al comportamento di monitoraggio solo in una finestra temporale critica che corrisponde circa ai 30 secondi prima del raggiungimento tempo target (Harris e Wilkins, 1982; Maylor et al., 2002; Jäger e Kliegel, 2008). Questo andamento è definito monitoraggio strategico; tutti i partecipanti che hanno preso parte a questa ricerca hanno riportato un incremento di monitoring nell'ultimo minuto del compito mostrando un

chiaro effetto legato al passaggio dei secondi. Vanneste e colleghi riportarono un cambiamento nel comportamento di controllo dell'orologio nelle diverse fasce d'età (Vanneste et al., 2016) ed anche il gruppo di ricerca di Schmidt e collaboratori trovò un declino in questa abilità direttamente proporzionale all'aumentare dell'età dei partecipanti (Schmidt et al., 2022). Nel loro esperimento non sono stati evidenziati deficit nell'aumento del monitoraggio nel periodo critico precedente all'arrivo del tempo target quindi la peggiore performance di accuratezza prospettica trovata nel gruppo di anziani non sembrerebbe essere relata a deficit delle funzioni esecutive, ulteriori studi dovrebbero indagare le cause di questi risultati (Schmidt et al., 2022). Non è stata registrata, in questo esperimento, alcuna interazione tra il gruppo dei partecipanti ed il monitoraggio nei vari minuti nonostante dai dati in letteratura si poteva ipotizzare un monitoraggio meno strategico nel gruppo degli anziani (Schmidt et al., 2022). In aggiunta a questo, dalle analisi è risultato un chiaro effetto di gruppo, i partecipanti più anziani hanno controllato più volte l'orologio rispetto ai partecipanti giovani. In letteratura non vi è un accordo circa la relazione tra il comportamento di monitoraggio ed età, ci sono alcuni studi che hanno riportato un controllo maggiore nei partecipanti adulti rispetto ai più giovani (Einstein et al., 1995; McFarland e Glisky, 2009; Park et al., 1997), altri in cui il gruppo dei giovani ha mostrato una maggiore frequenza di monitoraggio (Logie et al., 2004; Maylor et al., 2002; Mäntylä et al., 2009; Mioni e Stablum, 2014) e studi in cui tali differenze non sono state registrate (Gonneaud et al., 2011; Jäger & Kliegel, 2008). Infine non è risultata significativa nemmeno l'interazione tra il monitoraggio nel corso dei 3 minuti e l'emozione elicitata anche se il p value riportato è 0.059 quindi molto vicino alla soglia di significatività. Ulteriori ricerche su questo progetto potrebbero riscontrare un'interazione significativa ampliando il campione di partecipanti testati, soprattutto con età maggiore di 60 anni.

BIBLIOGRAFIA

*Articoli in cui è stato letto unicamente l'abstract

Angrilli, A., Cherubini, P., Pavese, A., & Manfredini, S. (1997). The influence of affective factors on time perception. *Perception & psychophysics*, 59(6), 972-982.

Atkin, M. S., & Cohen, P. R. (1996). Monitoring strategies for embedded agents: Experiments and analysis. *Adaptive Behavior*, 4(2), 125-172.

Barban, F., Carlesimo, G. A., Macaluso, E., Caltagirone, C., & Costa, A. (2014). Functional interplay between stimulus-oriented and stimulus-independent attending during a prospective memory task. *Neuropsychologia*, 53, 203-212.

*Bares, M., Lungu, O., Liu, T., Waechter, T., Gomez, C. M., & Ashe, J. (2007). Impaired predictive motor timing in patients with cerebellar disorders. *Experimental brain research*, 180(2), 355-365.

*Baumeister, R. F., Vohs, K. D., Nathan DeWall, C., & Zhang, L. (2007). How emotion shapes behavior: Feedback, anticipation, and reflection, rather than direct causation. *Personality and social psychology review*, 11(2), 167-203.

Beaver, J., & Schmitter-Edgecombe, M. (2017). Multiple types of memory and everyday functional assessment in older adults. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 32(4), 413-426.

*Beudel, M., Galama, S., Leenders, K. L., & de Jong, B. M. (2008). Time estimation in Parkinson's disease and degenerative cerebellar disease. *Neuroreport*, 19(10), 1055-1058.

*Blakemore, S. J., Rees, G., & Frith, C. D. (1998). How do we predict the consequences of our actions? A functional imaging study. *Neuropsychologia*, 36(6), 521-529.

Block, R. A. (1990). *Cognitive models of psychological time*. Hillsdale, NJ: Lawrence ErlbaumAssociates.

Block, R. A., & Zakay, D. (1996). Models of psychological time revisited. *Time and mind*, 33(9), 171-195.

*Bo, J., Block, H. J., Clark, J. E., & Bastian, A. J. (2008). A cerebellar deficit in sensorimotor prediction explains movement timing variability. *Journal of neurophysiology*, 100(5), 2825-2832.

*Bolognini, N., Papagno, C., Moroni, D., & Maravita, A. (2010). Tactile temporal processing in the auditory cortex. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(6), 1201-1211.

- Bradley, M. M., & Lang, P. J. (1994). Measuring emotion: the self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of behavior therapy and experimental psychiatry*, 25(1), 49-59.
- Brandimonte, M. A., Einstein, G. O., & McDaniel, M. A. (2014). *Prospective memory: Theory and applications*. Psychology Press.
- Breska, A., & Ivry, R. B. (2018). Double dissociation of single-interval and rhythmic temporal prediction in cerebellar degeneration and Parkinson's disease. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(48), 12283-12288.
- Brosch, T., Pourtois, G., & Sander, D. (2010). The perception and categorisation of emotional stimuli: A review. *Cognition and emotion*, 24(3), 377-400.
- *Buckley, T., Norton, M. C., Deberard, M. S., Welsh-Bohmer, K. A., & Tschanz, J. T. (2010). A brief metacognition questionnaire for the elderly: comparison with cognitive performance and informant ratings the Cache County Study. *International journal of geriatric psychiatry*, 25(7), 739-747.
- *Buckner, R. L. (2004). Memory and executive function in aging and AD: multiple factors that cause decline and reserve factors that compensate. *Neuron*, 44(1), 195-208.
- *Bueti, D., Bahrami, B., & Walsh, V. (2008a). Sensory and association cortex in time perception. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(6), 1054-1062.
- Bueti, D., Bahrami, B., Walsh, V., & Rees, G. (2010). Encoding of temporal probabilities in the human brain. *Journal of Neuroscience*, 30(12), 4343-4352.
- Bueti, D., van Dongen, E. V., & Walsh, V. (2008b). The role of superior temporal cortex in auditory timing. *PLoS One*, 3(6), e2481.
- Buhusi, C. V., & Meck, W. H. (2005). What makes us tick? Functional and neural mechanisms of interval timing. *Nature reviews neuroscience*, 6(10), 755-765.
- Burgess, P. W., Quayle, A., & Frith, C. D. (2001). Brain regions involved in prospective memory as determined by positron emission tomography. *Neuropsychologia*, 39(6), 545-555.
- Burgess, P. W., Scott, S. K., & Frith, C. D. (2003). The role of the rostral frontal cortex (area 10) in prospective memory: a lateral versus medial dissociation. *Neuropsychologia*, 41(8), 906-918.
- *Calvo, M. G., & Lang, P. J. (2004). Gaze patterns when looking at emotional pictures: Motivationally biased attention. *Motivation and Emotion*, 28(3), 221-243.

- *Carrasco, M. C., Bernal, M. C., & Redolat, R. (2001). Time estimation and aging: a comparison between young and elderly adults. *The International Journal of Aging and Human Development*, 52(2), 91-101.
- Carstensen, L. L. (1992). Social and emotional patterns in adulthood: support for socioemotional selectivity theory. *Psychology and aging*, 7(3), 331.
- Carstensen, L. L., Pasupathi, M., Mayr, U., & Nesselroade, J. R. (2000). Emotional experience in everyday life across the adult life span. *Journal of personality and social psychology*, 79(4), 644.
- Ceci, S. J., & Bronfenbrenner, U. (1985). Don't forget to take the cupcakes out of the oven: Strategic time-monitoring, prospective memory and context. *Child Development*, 56(1), 75-190.
- Coelho, M., Ferreira, J. J., Dias, B., Sampaio, C., Martins, I. P., & Castro-Caldas, A. (2004). Assessment of time perception: The effect of aging. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 10(3), 332-341.
- Cohen, J. D. (2017). Cognitive control: Core constructs and current considerations. *The Wiley handbook of cognitive control*, 1-28.
- Cona, G., Arcara, G., Tarantino, V., & Bisiacchi, P. S. (2012a). Electrophysiological correlates of strategic monitoring in event-based and time-based prospective memory. *PLoS One*, 7(2), e31659.
- Cona, G., Arcara, G., Tarantino, V., & Bisiacchi, P. S. (2012b). Age-related differences in the neural correlates of remembering time-based intentions. *Neuropsychologia*, 50(11), 2692-2704.
- Cona, G., Scarpazza, C., Sartori, G., Moscovitch, M., & Bisiacchi, P. S. (2015). Neural bases of prospective memory: a meta-analysis and the "Attention to Delayed Intention"(AtoDI) model. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 52, 21-37.
- *Connelly, S. L., Hasher, L., & Zacks, R. T. (1991). Age and reading: the impact of distraction. *Psychology and aging*, 6(4), 533.
- Coull, J. T., Cheng, R. K., & Meck, W. H. (2011). Neuroanatomical and neurochemical substrates of timing. *Neuropsychopharmacology*, 36(1), 3-25
- *Coull, J. T., Nazarian, B., & Vidal, F. (2008). Timing, storage, and comparison of stimulus duration engage discrete anatomical components of a perceptual timing network. *Journal of cognitive neuroscience*, 20(12), 2185-2197.

- * Craik, F. I., & Hay, J. F. (1999). Aging and judgments of duration: Effects of task complexity and method of estimation. *Perception & Psychophysics*, 61(3), 549-560.
- Craik, F. I., Klix, F., & Hagendorf, H. (1986). A functional account of age differences in memory. *Memory, attention, and aging: Selected works of Fergus IM Craik*, 409-422.
- Czernochowski, D., Horn, S., & Bayen, U. J. (2012). Does frequency matter? ERP and behavioral correlates of monitoring for rare and frequent prospective memory targets. *Neuropsychologia*, 50(1), 67-76.
- Daffner, K. R., Ryan, K. K., Williams, D. M., Budson, A. E., Rentz, D. M., Wolk, D. A., & Holcomb, P. J. (2006). Age-related differences in attention to novelty among cognitively high performing adults. *Biological Psychology*, 72(1), 67-77.
- * Del Olmo, M. F., Cheeran, B., Koch, G., & Rothwell, J. C. (2007). Role of the cerebellum in externally paced rhythmic finger movements. *Journal of neurophysiology*, 98(1), 145-152.
- Den Ouden, H. E., Frith, U., Frith, C., & Blakemore, S. J. (2005). Thinking about intentions. *Neuroimage*, 28(4), 787-796.
- Dennis, N. A., & Cabeza, R. (2008). Neuroimaging of healthy cognitive aging.
- Dismukes, R. K. (2010). Remembrance of things future: Prospective memory in laboratory, workplace, and everyday settings. *Reviews of human factors and ergonomics*, 6(1), 79-122.
- * Droit-Volet, S., Brunot, S., & Niedenthal, P. (2004). BRIEF REPORT Perception of the duration of emotional events. *Cognition and emotion*, 18(6), 849-858.
- Droit-Volet, S., Fayolle, S. L., & Gil, S. (2011). Emotion and time perception: effects of film-induced mood. *Frontiers in integrative neuroscience*, 5, 33.
- Droit-Volet, S., & Gil, S. (2009). The time–emotion paradox. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1525), 1943-1953.
- Droit-Volet, S., & Meck, W. H. (2007). How emotions colour our perception of time. *Trends in cognitive sciences*, 11(12), 504-513.
- * Droit-Volet, S., Mermillod, M., Cocenas-Silva, R., & Gil, S. (2010). The effect of expectancy of a threatening event on time perception in human adults. *Emotion*, 10(6), 908.
- * Eagleman, D. M. (2008). Human time perception and its illusions. *Current opinion in neurobiology*, 18(2), 131-136.

- Effron, D. A., Niedenthal, P. M., Gil, S., & Droit-Volet, S. (2006). Embodied temporal perception of emotion. *Emotion*, 6(1), 1.
- Einstein, G. O., & McDaniel, M. A. (1990). Normal aging and prospective memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16(4), 717-726.
- Einstein, G. O., McDaniel, M. A., Richardson, S. L., Guynn, M. J., & Cunfer, A. R. (1995). Aging and prospective memory: examining the influences of self-initiated retrieval processes. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21(4), 996.
- Einstein, G. O., McDaniel, M. A., Thomas, R., Mayfield, S., Shank, H., Morrisette, N., & Breneiser, J. (2005). Multiple processes in prospective memory retrieval: factors determining monitoring versus spontaneous retrieval. *Journal of Experimental Psychology: General*, 134(3), 327.
- Ellis, H. C. (1991). Focused attention and depressive deficits in memory.
- Ellis, J. (1996). Prospective memory or the realization of delayed intentions: A conceptual framework for research. *Prospective memory: Theory and applications*, 1-22.
- Ellis, H. C. & Ashbrook, P. W. (1988). Resource allocation model of the effects of depressed mood states on memory. In K. Fiedler & J. Forgas, *Affect, cognition, and social behaviour* (pp. 25-43). Toronto: Hogrefe.
- Ellis, J. A., & Freeman, J. E. (2008). Ten years on: Realizing delayed intentions.
- Ellis, J., & Kvavilashvili, L. (2000). Prospective memory in 2000: Past, present, and future directions. *Applied Cognitive Psychology: The Official Journal of the Society for Applied Research in Memory and Cognition*, 14(7), S1-S9.
- Eysenck, M. W., & Calvo, M. G. (1992). Anxiety and performance: The processing efficiency theory. *Cognition & emotion*, 6(6), 409-434.
- Fabiani, M., & Friedman, D. (1995). Changes in brain activity patterns in aging: the novelty oddball. *Psychophysiology*, 32(6), 579-594.
- Farnsworth, B. *The International Affective Picture System [Explained and Alternatives]*(2020).
- *Fierro, B., Palermo, A., Puma, A., Francolini, M., Panetta, M. L., Daniele, O., & Brighina, F. (2007). Role of the cerebellum in time perception: a TMS study in normal subjects. *Journal of the neurological sciences*, 263(1-2), 107-112.

- *Fisk, J. E., & Sharp, C. A. (2004). Age-related impairment in executive functioning: Updating, inhibition, shifting, and access. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 26(7), 874-890.
- Folstein, M. E. (1975). A practical method for grading the cognitive state of patients for the children. *J Psychiatr res*, 12, 189-198.
- Fortin, C., Rousseau, R., Bourque, P., & Kirouac, E. (1993). Time estimation and concurrent nontemporal processing: Specific interference from short-term-memory demands. *Perception & Psychophysics*, 53(5), 536-548.
- *Franssen, V., Vandierendonck, A., & Van Hiel, A. (2006). Duration estimation and the phonological loop: Articulatory suppression and irrelevant sounds. *Psychological research*, 70(4), 304-316.
- Gibbon, J. (1977). Scalar expectancy theory and Weber's law in animal timing. *Psychological review*, 84(3), 279.
- Gibbon, J., Church, R. M., & Meck, W. H. (1984). Scalar timing in memory. *Annals of the New York Academy of sciences*, 423(1), 52-77.
- Gibson, J. J. (1975). Events are perceivable but time is not. In *The study of time II* (pp. 295-301). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Gilbert, S. J. (2011). Decoding the content of delayed intentions. *Journal of Neuroscience*, 31(8), 2888-2894.
- Gilbert, S. J., Gollwitzer, P. M., Cohen, A. L., Oettingen, G., & Burgess, P. W. (2009). Separable brain systems supporting cued versus self-initiated realization of delayed intentions. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 35(4), 905.
- *Giovannelli, F., Ragazzoni, A., Battista, D., Tarantino, V., Del Sordo, E., Marzi, T., ... & Cincotta, M. (2014). "... the times they aren't a-changin'..." rTMS does not affect basic mechanisms of temporal discrimination: A pilot study with ERPs. *Neuroscience*, 278, 302-312.
- *Gironell, A., Rami, L., Kulisevsky, J., & García-Sánchez, C. (2005). Lack of prefrontal repetitive transcranial magnetic stimulation effects in time production processing. *European journal of neurology*, 12(11), 891-896.
- *Glisky, E. L. (1996). Prospective memory and the frontal lobes. *Prospective memory: Theory and applications*, 249-266.

- Gonneaud, J., Kalpouzos, G., Bon, L., Viader, F., Eustache, F., & Desgranges, B. (2011). Distinct and shared cognitive functions mediate event-and time-based prospective memory impairment in normal ageing. *Memory*, 19(4), 360-377.
- *Gontier, E., Hasuo, E., Mitsudo, T., & Grondin, S. (2013). EEG investigations of duration discrimination: The intermodal effect is induced by an attentional bias. *PLoS One*, 8(8), e74073.
- Gooch, C. M., Wiener, M., Wencil, E. B., & Coslett, H. B. (2010). Interval timing disruptions in subjects with cerebellar lesions. *Neuropsychologia*, 48(4), 1022-1031.
- Gordon, B. A., Shelton, J. T., Bugg, J. M., McDaniel, M. A., & Head, D. (2011). Structural correlates of prospective memory. *Neuropsychologia*, 49(14), 3795-3800.
- Göthe, K., Oberauer, K., & Kliegl, R. (2007). Age differences in dual-task performance after practice. *Psychology and Aging*, 22(3), 596.
- Graf, P., & Grondin, S. (2006). Time perception and time-based prospective memory. *Timing the future: The case for a time-based prospective memory*, 1-24.
- *Grondin, S. (2010). Timing and time perception: A review of recent behavioral and neuroscience findings and theoretical directions. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 72(3), 561-582.
- Groot, Y. C., Wilson, B. A., Evans, J., & Watson, P. (2002). Prospective memory functioning in people with and without brain injury. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 8(5), 645-654.
- Guynn M. J., McDaniel M. A., & Einstein, G. O. (2001). Remembering to perform actions: A different type of memory? In H. D. Zimmer et al. (Eds.), *Memory for action: A distinct form of episodic memory?* (pp.25–48). New York: Oxford University Press.
- *Häger, F., Volz, H. P., Gaser, C., Mentzel, H. J., Kaiser, W. A., & Sauer, H. (1998). Challenging the anterior attentional system with a continuous performance task: a functional magnetic resonance imaging approach. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*, 248(4), 161-170.
- *Halamish, V., McGillivray, S., & Castel, A. D. (2011). Monitoring one's own forgetting in younger and older adults. *Psychology and aging*, 26(3), 631.
- *Harrington, D. L., Lee, R. R., Boyd, L. A., Rapcsak, S. Z., & Knight, R. T. (2004). Does the representation of time depend on the cerebellum? Effect of cerebellar stroke. *Brain*, 127(3), 561-574.

- Harris, J. E., & Wilkins, A. J. (1982). Remembering to do things: A theoretical framework and an illustrative experiment. *Human Learning*, 1(2), 123-136.
- Hartlage, S., Alloy, L. B., Vázquez, C., & Dykman, B. (1993). Automatic and effortful processing in depression. *Psychological bulletin*, 113(2), 247.
- Henry, J. D., MacLeod, M. S., Phillips, L. H., & Crawford, J. R. (2004). A meta-analytic review of prospective memory and aging. *Psychology and aging*, 19(1), 27.
- *Hickok, G., Buchsbaum, B., Humphries, C., & Muftuler, T. (2003). Auditory–motor interaction revealed by fMRI: speech, music, and working memory in area Spt. *Journal of cognitive neuroscience*, 15(5), 673-682.
- Hostler, T. J., Wood, C., & Armitage, C. J. (2018). The influence of emotional cues on prospective memory: A systematic review with meta-analyses. *Cognition and Emotion*, 32(8), 1578-1596.
- *Houwer, J. D., & Hermans, D. (1994). Differences in the affective processing of words and pictures. *Cognition & Emotion*, 8(1), 1-20.
- Ihle, A., Hering, A., Mahy, C. E., Bisiacchi, P. S., & Kliegel, M. (2013). Adult age differences, response management, and cue focality in event-based prospective memory: a meta-analysis on the role of task order specificity. *Psychology and Aging*, 28(3), 714.
- *Ivry, R. B., Keele, S. W., & Diener, H. C. (1988). Dissociation of the lateral and medial cerebellum in movement timing and movement execution. *Experimental brain research*, 73(1), 167-180.
- *Jager, T., & Kliegel, M. (2008). Time-based and event-based prospective memory across adulthood: Underlying mechanisms and differential costs on the ongoing task. *The Journal of general psychology*, 135(1), 4-22.
- *Jennings, J. M., & Jacoby, L. L. (1993). Automatic versus intentional uses of memory: aging, attention, and control. *Psychology and aging*, 8(2), 283.
- *Jones, C. R., Rosenkranz, K., Rothwell, J. C., & Jahanshahi, M. (2004). The right dorsolateral prefrontal cortex is essential in time reproduction: an investigation with repetitive transcranial magnetic stimulation. *Experimental Brain Research*, 158(3), 366-372.
- Kalpouzos, G., Eriksson, J., Sjölie, D., Molin, J., & Nyberg, L. (2010). Neurocognitive systems related to real-world prospective memory. *PloS one*, 5(10), e13304.

- *Kanai, R., Lloyd, H., Buetti, D., & Walsh, V. (2011). Modality-independent role of the primary auditory cortex in time estimation. *Experimental Brain Research*, 209(3), 465-471.
- *Kensinger, E. A., & Schacter, D. L. (2008). Neural processes supporting young and older adults' emotional memories. *Journal of cognitive neuroscience*, 20(7), 1161-1173.
- *Kirchner, W. K. (1958). Age differences in short-term retention of rapidly changing information. *Journal of experimental psychology*, 55(4), 352.
- Kliegel, M., Altgassen, M., Hering, A., & Rose, N. S. (2011). A process-model based approach to prospective memory impairment in Parkinson's disease. *Neuropsychologia*, 49(8), 2166-2177.
- Kliegel, M., & Jäger, T. (2006). The influence of negative emotions on prospective memory: A review and new data. *International Journal of Computational Cognition*, 4(1), 1-17.
- Kliegel, M., Jäger, T., Phillips, L., Federspiel, E., Imfeld, A., Keller, M., & Zimprich, D. (2005). Effects of sad mood on time-based prospective memory. *Cognition & Emotion*, 19(8), 1199-1213.
- Kliegel, M., Mackinlay, R., & Jäger, T. (2008). Complex prospective memory: development across the lifespan and the role of task interruption. *Developmental psychology*, 44(2), 612.
- *Kliegel, M., Martin, M., McDaniel, M. A., & Einstein, G. O. (2002). Complex prospective memory and executive control of working memory: A process model. *Psychological Test and Assessment Modeling*, 44(2), 303.
- *Kliegel, M., McDaniel, M. A., & Einstein, G. O. (2007). *Prospective memory: Cognitive, neuroscience, developmental, and applied perspectives*. Psychology Press.
- *Koch, G., Oliveri, M., Carlesimo, G. A., & Caltagirone, C. (2002). Selective deficit of time perception in a patient with right prefrontal cortex lesion. *Neurology*, 59(10), 1658-1658.
- *Koch, G., Oliveri, M., Torriero, S., & Caltagirone, C. (2003). Underestimation of time perception after repetitive transcranial magnetic stimulation. *Neurology*, 60(11), 1844-1846.
- * Koch, G., Oliveri, M., Torriero, S., Salerno, S., Gerfo, E. L., & Caltagirone, C. (2007). Repetitive TMS of cerebellum interferes with millisecond time processing. *Experimental brain research*, 179(2), 291-299.
- Labelle, M. A., Graf, P., Grondin, S., & Gagné-Roy, L. (2009). Time-related processes in time-based prospective memory and in time-interval production. *European Journal of Cognitive Psychology*, 21(4), 501-521.

- Lamotte, M., & Droit-Volet, S. (2017). Aging and time perception for short and long durations: A question of attention?. *Timing & Time Perception*, 5(2), 149-167.
- Lamotte, M., Izaute, M., & Droit-Volet, S. (2012). Awareness of time distortions and its relation with time judgment: A metacognitive approach. *Consciousness and cognition*, 21(2), 835-842
- Lang, P. J. (2005). International affective picture system (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual. Technical report.
- *LeDoux, J. E. (2000). Emotion circuits in the brain. *Annual review of neuroscience*, 23(1), 155-184.
- *Lee, K. H., Egleston, P. N., Brown, W. H., Gregory, A. N., Barker, A. T., & Woodruff, P. W. (2007). The role of the cerebellum in subsecond time perception: evidence from repetitive transcranial magnetic stimulation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(1), 147-157.
- *Lewis, P. A., & Miall, R. C. (2003). Distinct systems for automatic and cognitively controlled time measurement: evidence from neuroimaging. *Current opinion in neurobiology*, 13(2), 250-255.
- Logie, R., Maylor, E., Della Sala, S., & Smith, G. (2004). Working memory in event-and time-based prospective memory tasks: Effects of secondary demand and age. *European Journal of cognitive psychology*, 16(3), 441-456.
- Lustig, C. (2003). Grandfather's clock: Attention and interval timing in older adults. *Functional and neural mechanisms of interval timing*, 19, 261-293.
- Mackinlay, R. J., Kliegel, M., & Mäntylä, T. (2009). Predictors of time-based prospective memory in children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 102(3), 251-264.
- *Malapani, C., Dubois, B., Rancurel, G., & Gibbon, J. (1998). Cerebellar dysfunctions of temporal processing in the seconds range in humans. *Neuroreport*, 9(17), 3907-3912.
- *Mäntylä, T., & Carelli, M. G. (2006). Time monitoring and executive functioning: Individual and developmental differences. *Timing the future: The case for a time-based prospective memory*, 191-211.
- Mäntylä, T., Missier, F. D., & Nilsson, L. G. (2009). Age differences in multiple outcome measures of time-based prospective memory. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 16(6), 708-720.
- Marsh, R. L., Hancock, T. W., & Hicks, J. L. (2002). The demands of an ongoing activity influence the success of event-based prospective memory. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(3), 604-610.

- Marsh, R. L., & Hicks, J. L. (1998). Event-based prospective memory and executive control of working memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 24(2), 336.
- Marsh, R. L., Hicks, J. L., Cook, G. I., Hansen, J. S., & Pallos, A. L. (2003). Interference to ongoing activities covaries with the characteristics of an event-based intention. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 29(5), 861.
- *Matell, M. S., & Meck, W. H. (2000). Neuropsychological mechanisms of interval timing behavior. *Bioessays*, 22(1), 94-103.
- *Matell, M. S., & Meck, W. H. (2004). Cortico-striatal circuits and interval timing: coincidence detection of oscillatory processes. *Cognitive brain research*, 21(2), 139-170.
- May, C., Owens, M., & Einstein, G. O. (2012). The impact of emotion on prospective memory and monitoring: no pain, big gain. *Psychonomic bulletin & review*, 19(6), 1165-1171.
- Maylor, E. A., Smith, G., Sala, S. D., & Logie, R. H. (2002). Prospective and retrospective memory in normal aging and dementia: An experimental study. *Memory & Cognition*, 30(6), 871-884.
- McDaniel, M. A., & Einstein, G. O. (1993). The importance of cue familiarity and cue distinctiveness in prospective memory. *Memory*, 1(1), 23-41.
- McDaniel, M. A., & Einstein, G. O. (2000). Strategic and automatic processes in prospective memory retrieval: A multiprocess framework. *Applied Cognitive Psychology: The Official Journal of the Society for Applied Research in Memory and Cognition*, 14(7), S127-S144.
- McDaniel, M. A., & Einstein, G. O. (2007). Monitoring in prospective memory. *Prospective memory: An overview and synthesis of an emerging field*, 13-28.
- McDaniel, M. A., Umanath, S., Einstein, G. O., & Waldum, E. R. (2015). Dual pathways to prospective remembering. *Frontiers in human neuroscience*, 9, 392.
- *McDonald, J. J., Teder-Sälejärvi, W. A., & Ward, L. M. (2001). Multisensory integration and crossmodal attention effects in the human brain. *Science*, 292(5523), 1791-1791.
- McFarland, C. P., & Glisky, E. L. (2009). Frontal lobe involvement in a task of time-based prospective memory. *Neuropsychologia*, 47(7), 1660-1669.
- *Meacham, J. A., & Kushner, S. (1980). Anxiety, prospective remembering, and performance of planned actions. *The Journal of General Psychology*, 103(2), 203-209.

- *Meck, W. H., Penney, T. B., & Pouthas, V. (2008). Cortico-striatal representation of time in animals and humans. *Current opinion in neurobiology*, 18(2), 145-152.
- Mioni, G., Grondin, S., Bardi, L., & Stablum, F. (2020a). Understanding time perception through non-invasive brain stimulation techniques: A review of studies. *Behavioural brain research*, 377, 112232.
- Mioni, G., Grondin, S., Forgiione, M., Fracasso, V., Mapelli, D., & Stablum, F. (2016). The role of primary auditory and visual cortices in temporal processing: A tDCS approach. *Behavioural Brain Research*, 313, 151-157.
- Mioni, G., Grondin, S., Mapelli, D., & Stablum, F. (2018). A tRNS investigation of the sensory representation of time. *Scientific reports*, 8(1), 1-10.
- Mioni, G., Grondin, S., McLennan, S. N., & Stablum, F. (2020b). The role of time-monitoring behaviour in time-based prospective memory performance in younger and older adults. *Memory*, 28(1), 34-48.
- Mioni, G., Grondin, S., & Stablum, F. (2014). Temporal dysfunction in traumatic brain injury patients: primary or secondary impairment?. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 269.
- Mioni, G., & Stablum, F. (2014). Monitoring behaviour in a time-based prospective memory task: The involvement of executive functions and time perception. *Memory*, 22(5), 536-552.
- 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.
- Momennejad, I., & Haynes, J. D. (2012). Human anterior prefrontal cortex encodes the ‘what’ and ‘when’ of future intentions. *Neuroimage*, 61(1), 139-148.
- Moscovitch, M. (1994). 9 Memory and Working with Memory: Evaluation of and Comparisons with Other Models. *Memory systems 1994*, 269.
- *Muraven, M., & Baumeister, R. F. (2000). Self-regulation and depletion of limited resources: Does self-control resemble a muscle?. *Psychological bulletin*, 126(2), 247.
- *Nichelli, P., Alway, D., & Grafman, J. (1996). Perceptual timing in cerebellar degeneration. *Neuropsychologia*, 34(9), 863-871.

- *Nigro, G., & Cicogna, P. C. (1999). Comparison between time-based and event-based prospective memory tasks. *Ricerche di Psicologia*, 23(3), 55-70.
- Oaksford, M., Morris, F., Grainger, B., & Williams, J. M. G. (1996). Mood, reasoning, and central executive processes. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22(2), 476.
- O'Connell, R. G., Balsters, J. H., Kilcullen, S. M., Campbell, W., Bokde, A. W., Lai, R., ... & Robertson, I. H. (2012). A simultaneous ERP/fMRI investigation of the P300 aging effect. *Neurobiology of aging*, 33(10), 2448-2461.
- Okuda, J., Fujii, T., Ohtake, H., Tsukiura, T., Yamadori, A., Frith, C. D., & Burgess, P. W. (2007). Differential involvement of regions of rostral prefrontal cortex (Brodmann area 10) in time- and event-based prospective memory. *International journal of psychophysiology*, 64(3), 233-246.
- *Ollevent, N. A. (1999). Tukey multiple comparison test. *Journal of clinical Nursing*, 8, 299-304.
- Oprisan, S. A., & Buhusi, C. V. (2011). Modeling pharmacological clock and memory patterns of interval timing in a striatal beat-frequency model with realistic, noisy neurons. *Frontiers in integrative neuroscience*, 5, 52.
- Owen, A. M., McMillan, K. M., Laird, A. R., & Bullmore, E. (2005). N-back working memory paradigm: A meta-analysis of normative functional neuroimaging studies. *Human brain mapping*, 25(1), 46-59.
- Park, D. C., Hertzog, C., Kidder, D. P., Morrell, R. W., & Mayhorn, C. B. (1997). Effect of age on event-based and time-based prospective memory. *Psychology and aging*, 12(2), 314.
- Park, D. C., & Reuter-Lorenz, P. (2009). The adaptive brain: aging and neurocognitive scaffolding. *Annual review of psychology*, 60, 173.
- Peirce, J. W. (2009). Generating stimuli for neuroscience using PsychoPy. *Frontiers in neuroinformatics*, 2, 10.
- Phillips, L. H., Smith, L., & Gilhooly, K. J. (2002). The effects of adult aging and induced positive and negative mood on planning. *Emotion*, 2(3), 263.
- *Pilarczyk, J., & Kuniecki, M. (2014). Emotional content of an image attracts attention more than visually salient features in various signal-to-noise ratio conditions. *Journal of Vision*, 14(12), 4-4.

- Pöppel, E. (1997). A hierarchical model of temporal perception. *Trends in cognitive sciences*, 1(2), 56-61.
- *Portas, C. M., Rees, G., Howseman, A. M., Josephs, O., Turner, R., & Frith, C. D. (1998). A specific role for the thalamus in mediating the interaction of attention and arousal in humans. *Journal of Neuroscience*, 18(21), 8979-8989.
- *Pouthas, V., George, N., Poline, J. B., Pfeuty, M., VandeMoortele, P. F., Hugueville, L., ... & Renault, B. (2005). Neural network involved in time perception: an fMRI study comparing long and short interval estimation. *Human brain mapping*, 25(4), 433-441.
- *Protopapa, F., Hayashi, M. J., Kulashekhar, S., van der Zwaag, W., Battistella, G., Murray, M. M., ... & Bueti, D. (2019). Chronotopic maps in human supplementary motor area. *PLoS biology*, 17(3), e3000026.
- *Pupillo, F., Phillips, L., & Schnitzspahn, K. (2021). The detrimental effects of mood on prospective memory are modulated by age. *Emotion*, 21(3), 569.
- *Rao, S. M., Mayer, A. R., & Harrington, D. L. (2001). The evolution of brain activation during temporal processing. *Nature neuroscience*, 4(3), 317-323.
- Rendell, P. G., & Craik, F. I. (2000). Virtual week and actual week: Age-related differences in prospective memory. *Applied Cognitive Psychology: The Official Journal of the Society for Applied Research in Memory and Cognition*, 14(7), S43-S62.
- Reynolds, J. R., West, R., & Braver, T. (2009). Distinct neural circuits support transient and sustained processes in prospective memory and working memory. *Cerebral cortex*, 19(5), 1208-1221.
- Riis, J. L., Chong, H., Ryan, K. K., Wolk, D. A., Rentz, D. M., Holcomb, P. J., & Daffner, K. R. (2008). Compensatory neural activity distinguishes different patterns of normal cognitive aging. *Neuroimage*, 39(1), 441-454.
- Rogers, R. D., & Monsell, S. (1995). Costs of a predictable switch between simple cognitive tasks. *Journal of experimental psychology: General*, 124(2), 207.
- *Rohe, T., & Noppeney, U. (2016). Distinct computational principles govern multisensory integration in primary sensory and association cortices. *Current Biology*, 26(4), 509-514.
- *Rude, S. S., Hertel, P. T., Jarrold, W., Covich, J., & Hedlund, S. (1999). Depression-related impairments in prospective memory. *Cognition & Emotion*, 13(3), 267-276.

- *Salthouse, T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological review*, 103(3), 403.
- *Salthouse, T. A., & Babcock, R. L. (1991). Decomposing adult age differences in working memory. *Developmental psychology*, 27(5), 763.
- *Salvioni, P., Murray, M. M., Kalmbach, L., & Bueti, D. (2013). How the visual brain encodes and keeps track of time. *Journal of Neuroscience*, 33(30), 12423-12429.
- *Scheibe, S., & Blanchard-Fields, F. (2009). Effects of regulating emotions on cognitive performance: what is costly for young adults is not so costly for older adults. *Psychology and aging*, 24(1), 217.
- *Schmidt, S. R. (2004). Autobiographical memories for the September 11th attacks: Reconstructive errors and emotional impairment of memory. *Memory & cognition*, 32(3), 443-454.
- Schmidt, N., Haas, M., Krebs, C., Klöppel, S., Kliegel, M., & Peter, J. (2022). Clock monitoring is associated with age-related decline in time-based prospective memory. *Current psychology*, 1-8.
- Schnitzspahn, K. M., Scholz, U., Ballhausen, N., Hering, A., Ihle, A., Lagner, P., & Kliegel, M. (2016). Age differences in prospective memory for everyday life intentions: A diary approach. *Memory*, 24(4), 444-454.
- Schnitzspahn, K. M., Thorley, C., Phillips, L., Voigt, B., Threadgold, E., Hammond, E. R., ... & Kliegel, M. (2014). Mood impairs time-based prospective memory in young but not older adults: The mediating role of attentional control. *Psychology and Aging*, 29(2), 264.
- *Schwartz, M., Rothermich, K., & Kotz, S. A. (2012). Functional dissociation of pre-SMA and SMA-proper in temporal processing. *Neuroimage*, 60(1), 290-298.
- Scullin, M. K., McDaniel, M. A., & Einstein, G. O. (2010). Control of cost in prospective memory: evidence for spontaneous retrieval processes. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 36(1), 190.
- Scullin, M. K., McDaniel, M. A., & Shelton, J. T. (2013). The Dynamic Multiprocess Framework: Evidence from prospective memory with contextual variability. *Cognitive psychology*, 67(1-2), 55-71.
- Shallice, T., & Burgess, P. (1996). The domain of supervisory processes and temporal organization of behaviour. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 351(1346), 1405-1412.

- Simons, J. S., Gilbert, S. J., Owen, A. M., Fletcher, P. C., & Burgess, P. W. (2005). Distinct roles for lateral and medial anterior prefrontal cortex in contextual recollection. *Journal of Neurophysiology*, 94(1), 813-820.
- Simons, J. S., Owen, A. M., Fletcher, P. C., & Burgess, P. W. (2005). Anterior prefrontal cortex and the recollection of contextual information. *Neuropsychologia*, 43(12), 1774-1783.
- Simons, J. S., Schölvink, M. L., Gilbert, S. J., Frith, C. D., & Burgess, P. W. (2006). Differential components of prospective memory?: Evidence from fMRI. *Neuropsychologia*, 44(8), 1388-1397.
- Smith, R. E., & Bayen, U. J. (2004). A multinomial model of event-based prospective memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 30(4), 756.
- Smith, R. E., Hunt, R. R., McVay, J. C., & McConnell, M. D. (2007). The cost of event-based prospective memory: salient target events. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 33(4), 734.
- *Spencer, R. M., & Ivry, R. B. (2005). Comparison of patients with Parkinson's disease or cerebellar lesions in the production of periodic movements involving event-based or emergent timing. *Brain and cognition*, 58(1), 84-93.
- *Spencer, R. M., Zelaznik, H. N., Diedrichsen, J., & Ivry, R. B. (2003). Disrupted timing of discontinuous but not continuous movements by cerebellar lesions. *science*, 300(5624), 1437-1439.
- Spielberger, C. D., Gorsuch, R. L., Lushene, R., Vagg, P. R., & Jacobs, G. A. (1983). State-trait anxiety inventory (form Y). Redwood City, CA: Mind Garden, 77(10.1037).
- *Théoret, H., Haque, J., & Pascual-Leone, A. (2001). Increased variability of paced finger tapping accuracy following repetitive magnetic stimulation of the cerebellum in humans. *Neuroscience letters*, 306(1-2), 29-32.
- Tipples, J. (2008). Negative emotionality influences the effects of emotion on time perception. *Emotion*, 8(1), 127.
- Tulving, E. (1983). *Elements of episodic memory*.
- Uddin, L. Q. (2016). *Saliency network of the human brain*. Academic press.

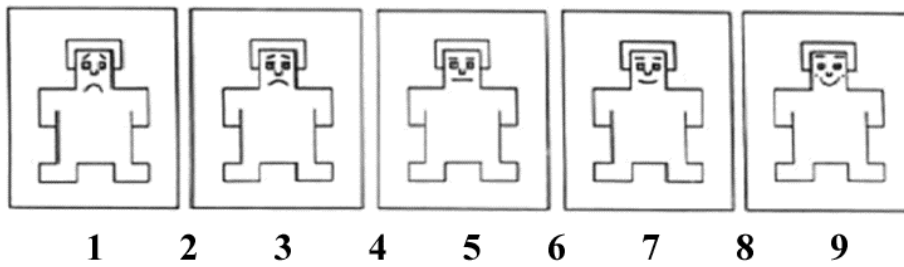
- * Vanneste, S., Baudouin, A., Bouazzaoui, B., & Tacconat, L. (2016). Age-related differences in time-based prospective memory: The role of time estimation in the clock monitoring strategy. *Memory*, 24(6), 812-825.
- Walter, S., & Meier, B. (2014). How important is importance for prospective memory? A review. *Frontiers in psychology*, 5, 657.
- *Wiener, M. (2014). Transcranial magnetic stimulation studies of human time perception: a primer. *Timing & Time Perception*, 2(3), 233-260.
- *Wiener, M., Turkeltaub, P., & Coslett, H. B. (2010). The image of time: a voxel-wise meta-analysis. *Neuroimage*, 49(2), 1728-1740.
- *Wiggs, C. L., Weisberg, J., & Martin, A. (1998). Neural correlates of semantic and episodic memory retrieval. *Neuropsychologia*, 37(1), 103-118.
- Woods, S. P., Weinborn, M., Velnoweth, A., Rooney, A., & Bucks, R. S. (2012). Memory for intentions is uniquely associated with instrumental activities of daily living in healthy older adults. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 18(1), 134-138.
- Zakay, D., & Block, R. A. (1995). An attentional-gate model of prospective time estimation. *Time and the dynamic control of behavior*, 5, 167-178.
- Zakay, D., & Block, R. A. (1996). The role of attention in time estimation processes. In *Advances in psychology* (Vol. 115, pp. 143-164). North-Holland.

IMMAGINI

- Church, R. M. (1984). Properties of the internal clock. *Annals of the New York Academy of sciences*.
- Cona, G., Scarpazza, C., Sartori, G., Moscovitch, M., & Bisiacchi, P. S. (2015). Neural bases of prospective memory: a meta-analysis and the “Attention to Delayed Intention”(AtoDI) model. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 52, 21-37.
- Kliegel, M., Altgassen, M., Hering, A., & Rose, N. S. (2011). A process-model based approach to prospective memory impairment in Parkinson's disease. *Neuropsychologia*, 49(8), 2166-2177.
- McDaniel, M. A., Umanath, S., Einstein, G. O., & Waldum, E. R. (2015). Dual pathways to prospective remembering. *Frontiers in human neuroscience*, 9, 392.
- Mioni, G., & Stablum, F. (2014). Monitoring behaviour in a time-based prospective memory task: The involvement of executive functions and time perception. *Memory*, 22(5), 536-552.
- Oprisan, S. A., & Buhusi, C. V. (2011). Modeling pharmacological clock and memory patterns of interval timing in a striatal beat-frequency model with realistic, noisy neurons. *Frontiers in integrative neuroscience*, 5, 52.
- Scullin, M. K., McDaniel, M. A., & Shelton, J. T. (2013). The Dynamic Multiprocess Framework: Evidence from prospective memory with contextual variability. *Cognitive psychology*, 67(1-2), 55-71.
- Zakay, D., & Block, R. A. (1995). An attentional-gate model of prospective time estimation. *Time and the dynamic control of behavior*, 5, 167-178.

APPENDICE

SPIACEVOLEZZA/PIACEVOLEZZA



CALMA/ATTIVAZIONE

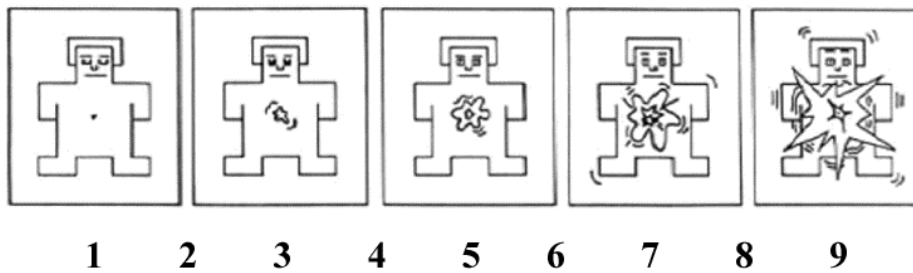


Figura 16: Self Assessment Manikin (SAM), in alto è mostrata la scala 1-9 di valenza e in basso la scala di arousal (Bradley et al., 1994; Lang et al., 2005)



Figura 17a: esempio di immagine a valenza negativa presa dal magazzino dell'International Affective Picture System (IAPS; Lang et al., 2005)



Figura 17b: esempio di immagine di carattere emotivo neutro presa dal magazzino dell'International Affective Picture System (IAPS; Lang et al., 2005)



Figura 17c: esempio di immagine a valenza positiva presa dal magazzino dell'International Affective Picture System (IAPS; Lang et al., 2005)