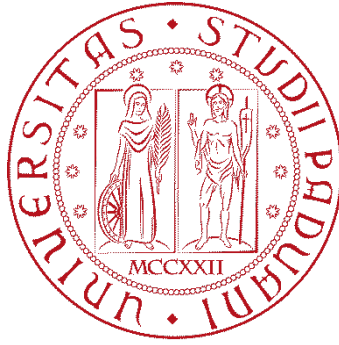




UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Psicologia Generale, DPG

Corso di Laurea Triennale in Scienze Psicologiche Cognitive e Psicobiologiche

Elaborato finale

Stress e Controllo cognitivo: gli effetti del carico cognitivo sulle componenti della Memoria di lavoro

Stress and Cognitive control: the effects of cognitive load on Working memory components

Relatore:
Prof. Nicola Cellini

Correlatore:
Dott.ssa Margherita Calderan

Laureanda: Sofia De Faveri
Matricola: 1223457

Anno Accademico 2021/2022

INDICE

1. INTRODUZIONE	1
1.1. Il Controllo cognitivo	1
1.1.2. Il Controllo cognitivo e le situazioni di stress	2
1.2. La Memoria di Lavoro	5
1.2.1. Stress e WM.....	6
1.3. Paradigmi che indagano la WM	9
1.3.1. Reference-back task	10
 2. LA RICERCA	 14
2.1. Metodo	14
2.1.1. Partecipanti	14
2.1.2. Stimoli e materiali	15
2.1.3. Procedura sperimentale.....	17
2.2. Analisi Statistiche	18
2.2.1 Caratteristiche di tratto del campione	19
2.3. Risultati	21
2.4. Discussione e Limiti	24
 BIBLIOGRAFIA	 27

1. INTRODUZIONE

1.1. Il Controllo cognitivo

Nella letteratura scientifica con “controllo cognitivo” ci si riferisce a una famiglia di processi mentali “*top-down*” il cui utilizzo si rivela necessario in circostanze in cui è di fondamentale importanza l’attenzione, poiché procedere in modo automatico, basandosi sull’intuito o sull’istinto, potrebbe essere sconsiderato, insufficiente o impossibile (Diamond 2013).

“Controllo cognitivo” è un termine ombrello che racchiude in sé molteplici funzioni. Tra le più importanti ritroviamo l’attenzione, l’inibizione (definibile come la cancellazione deliberata di risposte prepotenti o dominanti), la memoria di lavoro (ovvero il monitoraggio costante e il rapido aggiornamento/cancellazione dei contenuti in memoria) e la flessibilità cognitiva (ossia il passaggio flessibile tra compiti o set mentali) (Plieger & Reuter, 2020). Grazie a questi processi cognitivi l’essere umano è in grado di pianificare, di fare ragionamenti complessi e risolvere problemi (Collins & Koechlin 2012, Lunt et al. 2012; Diamond 2013), di adattarsi efficacemente alle richieste ambientali e raggiungere i propri obiettivi (Braver, 2012).

Data la natura complessa e multiforme di queste funzioni, l’implementazione del controllo cognitivo, in un ambiente in continua evoluzione, dipende dall’organizzazione di più reti distinte della corteccia pre-frontale (PFC) e dalle sue connessioni con il resto del cervello. In particolare, le evidenze riportano che le abilità cognitive sono supportate dall’interazione dinamica della PFC con la corteccia Parietale, Temporale e Cingolata (Menon e D’Esposito, 2020). L’adattabilità di tali reti, è resa possibile da *hub* flessibili: regioni cerebrali che aggiornano rapidamente il loro modello di connettività funzionale in base alle richieste del compito (Cole et al., 2014). A tal proposito, una teoria recente, “il duplice meccanismo di controllo” (DMC), postula che questo equilibrio tra il prestare attenzione al comportamento diretto all’obiettivo e il rispondere a stimoli importanti nell’ambiente, si basi su due diversi meccanismi, il controllo proattivo e il controllo reattivo (Braver, 2012). Se il controllo proattivo è concettualizzato come un sistema guidato dall’obiettivo, che mantiene le informazioni relative al compito al fine di indirizzare l’attenzione e guidare i sistemi di percezione e azione, per prepararsi al

verificarsi imminente di un evento, al contrario, il controllo reattivo è definito come controllo guidato dallo stimolo che viene mobilitato solo se necessario.

Il controllo cognitivo include la varietà di processi psicologici più evoluti dell'essere umano. Oltre agli aspetti più squisitamente cognitivi, comprende funzioni che giocano un ruolo chiave nella regolazione di emozioni, motivazioni e comportamenti (Cantagallo, Spintoni & Antonucci, 2010); Permette l'acquisizione delle abilità sociali complesse e l'integrazione degli aspetti emotivi, consentendo all'uomo di sviluppare e mantenere l'autoregolazione (Riggs et al., 2006). In questo senso le abilità del controllo cognitivo sono funzioni essenziali per la salute mentale e fisica, per un normale sviluppo cognitivo, sociale e psicologico (Diamond, 2013). Deficit del controllo cognitivo, sono stati osservati in molti disturbi psichiatrici e neurologici come ad esempio l'autismo, i disturbi d'ansia, i disturbi dell'umore, la schizofrenia, le lesioni cerebrali traumatiche, gli ictus e la demenza frontotemporale (Menon, 2020; Szczepanski & Knight, 2014).

1.1.2. Il Controllo cognitivo e le situazioni di stress

Lo stress, definitosi come “la risposta non specifica del corpo a qualsiasi disturbo dall'equilibrio omeostatico” (Selye & Fortier, 1950), coordina la reazione adattativa dell'individuo a diversi stimoli ambientali o interni all'organismo, al fine di massimizzare le possibilità di sopravvivenza in una situazione pericolosa o impegnativa (Plieger & Reuter, 2020). La risposta di adattamento dell'individuo all'ambiente viene innescata da una reazione emozionale da parte dell'uomo, il quale non subisce passivamente lo stimolo esterno, bensì, attraverso una valutazione cognitiva, gli attribuisce un significato; ne derivano pertanto valutazioni e risposte fisiologiche differenziate per ogni individuo (Lazarus, 1993).

Durante l'esposizione a fattori stressanti si realizzano cambiamenti anche negli stati emotivi e cognitivi: gli effetti dello stress sulla cognizione sono svariati. Per quanto riguarda la funzione dell'attenzione selettiva per esempio, Beste e colleghi nel 2013 riportano prestazioni migliori in un paradigma a doppio compito a seguito dell'induzione dello stress tramite il protocollo Socially Evaluated Cold Pressor Test (SECPT; RT più veloci in entrambi i compiti in competizione e accuratezza mantenuta; Beste et al., 2013). Questi risultati sono in linea con quelli di Chajut e Algom (2003), che nel loro studio hanno presentato ai partecipanti diverse varianti del compito Stroop, riscontrando

prestazioni migliori nella condizione stressante (Chajut & Algom, 2003). Relativamente all'abilità di flessibilità cognitiva invece, molti studi (es. Shields et al., 2016), hanno presentato risultati diversi, a volte anche contraddittori, suggerendo che gli effetti dello stress sulla flessibilità cognitiva (indagata mediante una variante del *Wisconsin Card Sorting Test*; WCST (Milner, 1982, Stuss et al. 2000)) dipendono dalla percepita incontrollabilità del fattore di stress (Gabrys, et al., 2019) e dal carico delle richieste dei compiti (Goldfarb et al., 2016).

Nel complesso, l'evidenza suggerisce che gli effetti dello stress sul funzionamento del controllo cognitivo possono essere fortemente dipendenti sia dalla funzione cognitiva valutata, che dal livello di difficoltà del compito oltre che dalle differenze individuali (Plieger & Reuter, 2020).

Così come sono svariate le reazioni alle condizioni stressanti, molteplici sono i marker utilizzati per misurare i livelli di eccitazione, i quali a loro volta riflettono gli altrettanti protocolli utilizzati di induzione dello stress. Tra gli indicatori più comuni che valutano la reazione allo stress troviamo i livelli di cortisolo salivare e l'ACTH, oppure, anche se non sufficienti a misurare l'effettivo stress ma solo un possibile stato di eccitazione fisiologica, sono spesso utilizzati i marker cardiovascolari (es. frequenza cardiaca), l'attività elettrodermica (o risposta galvanica cutanea (GSR)), l'enzima γ -amilasi salivare (sAA). Lo stress può essere valutato anche da parametri come il rating soggettivo dei partecipanti che può essere indagato utilizzando questionari standardizzati (Diamond, 2013).

Relativamente alle procedure sperimentali più utilizzate per indurre una reazione sostanziale allo stress, si riscontrano Il *Trierer Social Stress Test* (TSST; Kirschbaum, Wüst, & Hellhammer, 1992, 1993), il *Socially Evaluated Cold Pressor Test* (SECPT) (Schwabe, Haddad e Schächinger, 2008) il quale è un adattamento del *Cold Pressor Test* (CPT; Hines & Brown, 1936). Un altro test di stress standardizzato è il *Mannheim Multicomponent Stress Test* (MMST; Kolotylova et al., 2010), che utilizza una combinazione di fattori di stress cognitivo, emotivo, motivazionale e fisico (Diamond, 2013).

È importante evidenziare come anche l'ansia può essere un'invalidante fonte di stress (Vytal et al., 2013). Caratterizzata da un pregiudizio verso informazioni minacciose, preoccupazione, concentrazione interrotta ed eccitazione/emotività, l'ansia

interferisce sulla prestazione delle capacità cognitive (Vytal et al., 2016). L'ansia di stato è stata dimostrata aumentare l'allocazione delle risorse attentive verso stimoli correlati alla minaccia, con conseguente compromissione delle prestazioni cognitive (Sarason, 1988). Risultati empirici riportano che i soggetti con ansia elevata hanno prestazioni cognitive peggiori rispetto a soggetti meno ansiosi (Darke, 1988; Stout e Rokke, 2010; Moran, 2016). Tuttavia, ci sono prove che l'ansia non pregiudichi sempre le prestazioni: secondo la *Teoria del Controllo Attentivo* (ACT; Eysenck et al., 2007), l'ansia colpisce specificatamente determinati processi esecutivi, come per esempio, l'inibizione, lasciando inalterate altre funzioni. In modo analogo alle condizioni di stress in generale, gli autori hanno indagato come il controllo cognitivo possa subire degli effetti dominio-specifici a causa dell'ansia indotta e specificatamente, si sono interrogati in riferimento al fatto che l'ansia di stato possa avere un impatto differenziale sul controllo proattivo e reattivo. A tal proposito Yang e colleghi (2018) hanno indagato l'effetto dell'ansia di stato, attraverso la somministrazione di compiti specifici, rispettivamente l'AX Continuous Performance Task (AX-CPT) per il controllo proattivo e lo Stroop per il controllo reattivo. I risultati di questa ricerca hanno evidenziato come l'ansia abbia un effetto differenziale sulle due componenti: mentre il controllo proattivo risente di situazioni stressanti, il controllo reattivo nelle medesime condizioni, diventa più efficiente (Yang et al., 2018).

Come sopra riportato, l'ansia spesso interferisce con la capacità di controllo cognitivo. Tuttavia, non è escluso che possa esserci anche un percorso causale inverso: un controllo cognitivo insufficiente potrebbe fungere da base affinché l'ansia si manifesti quando insorgono fattori stressanti (Bishop, 2009). Recenti studi empirici suggeriscono infatti che persone con ansia di tratto elevata hanno la tendenza a reclutare il controllo cognitivo più sporadicamente e brevemente rispetto alle persone con ansia bassa (Bardeen et al. 2015; Birk et al. 2017; Richey et al. 2012). In quest'ottica, lo sviluppo di interventi per allenare il controllo cognitivo e in particolare il controllo proattivo, potrebbe fungere da componente non poco rilevante per aumentare l'efficacia degli attuali interventi per l'ansia, specialmente tra persone con alti livelli di ansia di tratto (Birk et al., 2018).

1.2. La Memoria di Lavoro

Una delle funzioni di Controllo Cognitivo più indagate in letteratura è la memoria di lavoro (WM, dall'inglese *Working Memory*). Secondo Baddely (1992), la WM è un magazzino a capacità limitata che mantiene ed elabora vari tipi di informazione per un breve periodo di tempo. È una funzione cognitiva complessa, sostenuta dall'interazione tra PFC e gangli della base (Frank et al., 2001), che supporta processi cognitivi di alto livello come la comprensione, il ragionamento e la risoluzione dei problemi (Baddeley, 1992).

La WM è stata descritta da diversi modelli psicologici. Tra i più famosi, vi è il modello multicomponentiale (Baddeley e Hitch, 1974), che suddivide la WM in una componente di controllo, l'esecutivo centrale, ovvero un sistema attentivo flessibile responsabile della regolazione del flusso informativo e della coordinazione delle altre componenti della WM, e due sottoinsiemi: il loop fonologico e il taccuino visuo-spaziale. Nello specifico, mentre il primo è un magazzino adibito al mantenimento e alla manipolazione dell'informazione linguistica, il secondo svolge la funzione analoga per l'informazione visiva e spaziale. Successivamente Baddley (2000) rivede il modello, inserendo una quarta componente: il buffer episodico, ossia un sistema che si occupa di assemblare le informazioni provenienti dagli altri servosistemi e dalla memoria a lungo termine (LTM, dall'inglese *Long Term Memory*; Figura 1.1).

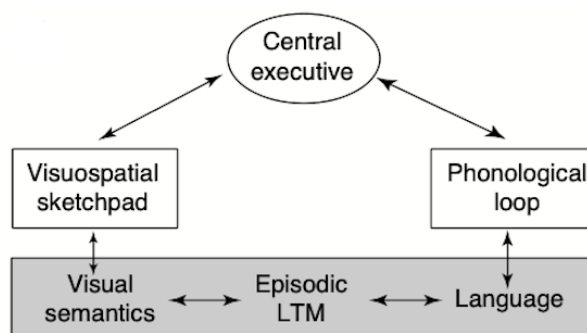


Figura 1.1. La memoria di lavoro (WM) multicomponentiale. (tratto da Baddley, 2000).

La WM gioca un ruolo cruciale nella quotidianità dell'individuo. La maggior parte delle nostre attività abituali, dalla preparazione del caffè all'attraversamento della strada,

ci richiedono infatti di tenere a mente delle informazioni, di usarle per guidare le azioni future e di aggiornarle ogni volta che ne arrivano di nuove (Kessler, 2017). Questa capacità della WM di conservare le informazioni e, allo stesso tempo di mantenersi aggiornata, implica un efficace sistema di controllo che filtra le informazioni in entrata, facendo in modo che il contenuto già presente in memoria venga costantemente aggiornato e allo stesso tempo rimanga protetto da informazioni irrilevanti o distraenti.

Secondo il modello *Prefrontal Cortex – Basal Ganglia – Working Memory* (PBWM) questo tipo di controllo avviene grazie a un meccanismo di *input-gating* implementato dalla dopamina nei gangli della base. In particolare, è stata proposta la presenza di un “cancello” (*gate*) tra la WM e la LTM (Rac-Lubashevsky e Kessler, 2016). Quando il *gate* è chiuso, il contenuto già presente in WM viene protetto sia da interferenze interne che esterne; al contrario, quando il *gate* si apre, questo consente un aggiornamento flessibile dell’informazione con il nuovo input pertinente e la rimozione delle informazioni obsolete. Ciò consente all’individuo di performare con successo in ambienti dinamici in cui la pertinenza delle informazioni cambia spesso e le distrazioni sono frequenti (Frank et al. 2001).

L’idea che il *gating* avvenga tra WM e LTM, piuttosto che tra WM e percezione, ha permesso di distinguere tra LTM e WM in base alla natura dei processi di aggiornamento che hanno luogo in questi sistemi (Rac-Lubashevsky e Kessler, 2016). Nello specifico, mentre l’aggiornamento delle rappresentazioni LTM viene definito “automatico”, in quanto dipende solo dalla prima selezione delle informazioni (ad esempio, la selezione degli input visivi/uditivi), ma non dalla selezione tardiva (che avviene in base al contenuto o alla rilevanza del compito delle informazioni), l’aggiornamento di WM è selettivo, diretto all’obiettivo; esso dipende dalla selezione tardiva ed è controllato (dal meccanismo di *gating*). Inoltre, l’idea che LTM sia costantemente aggiornata, mentre l’aggiornamento di WM avvenga meno frequentemente, implica che i due sistemi siano composti da insiemi paralleli di rappresentazioni.

1.2.1. Stress e WM

Come per le funzioni di controllo cognitivo in generale, anche il rapporto tra lo stress e la WM è controverso. Diversi studi che manipolano sperimentalmente l’ansia

attraverso tecniche quali “la minaccia di shock” e “la minaccia dell'ego”, hanno riscontrato che alcune forme di induzione dell'ansia sembrano influenzare in modo affidabile le prestazioni della WM.

Per esempio, in uno studio di Moldawsky e Moldawsky (1952) gli autori hanno osservato che le prestazioni dei soggetti in un compito di Digit Span, sottoposti a una condizione di minaccia dell'ego, peggioravano rispetto a una prima valutazione eseguita in condizioni neutrali: i soggetti sotto minaccia ricordavano un minor numero di serie di cifre corrette durante la seconda valutazione; per contro, il gruppo di controllo non mostrava alterazioni tra la prima e la seconda valutazione nel Digit Span.

Un'altra serie di studi, che induce l'ansia attraverso il metodo della “minaccia dell'ego”, questa volta più specificatamente in termini di minaccia alla propria immagine sociale, ha osservato risultati simili. Schoofs e colleghi (2008) utilizzando il metodo TSST, in cui i partecipanti completano un discorso videoregistrato e un compito aritmetico mentale di fronte a un pubblico valutativo (Kirschbaum et al., 1993), in un compito n-back, hanno scoperto che i partecipanti nella condizione di minaccia dell'ego erano meno accurati su compiti 2-back e 3-back (fonologici) rispetto ai controlli.

Oei e colleghi (2006) hanno utilizzato un'induzione di ansia simile, ma hanno richiesto ai partecipanti di completare un'attività differente: il compito di memoria di Sternberg (Sternberg, 1966). In questo paradigma, i partecipanti devono memorizzare una serie da 1 a 4 elementi target. Dopo un breve intervallo, viene presentata una nuova serie di elementi e i partecipanti devono determinare se uno degli elementi target osservati precedentemente è presente anche nella nuova serie. Questo studio ha rilevato che le prestazioni erano compromesse in condizioni di stress, ma solo per alti livelli di carico (cioè, con 4 elementi). Questi risultati suggeriscono che l'ansia indotta a livello sperimentale può compromettere le prestazioni di WM anche in compiti che richiedono attività differenti (es. N-Back e Sternberg); inoltre, è interessante notare che questi studi differivano per quanto riguarda la condizione di carico cognitivo.

Altre evidenze hanno dimostrato come livelli elevati di ansia sono associati a prestazioni peggiori anche in compiti complessi che coinvolgono la WM; livelli elevati di ansia intaccano attività quali la comprensione nella lettura (Calvo et al., 1992) e la risoluzione di problemi matematici (ad es. Ashcraft & Kirk, 2001).

Sempre a supporto dell'idea per cui l'ansia interferisca con la funzione di WM, è stato dimostrato che la capacità e le prestazioni della funzione esecutiva, sono significativamente ridotte non solo in ricerche con soggetti sani ma anche in quelle con popolazioni di pazienti (Lucas et al., 1991; Boldrini et al., 2005) e con individui con ansia di tratto (Darke, 1988). I risultati di uno studio di Vytal e colleghi del 2016 riportano che le prestazioni dei pazienti con disturbo d'Ansia Generalizzato (GAD) erano compromesse sotto minaccia indipendentemente dalla difficoltà del compito e dunque dal carico di WM (Vytal et al., 2016).

Tuttavia, non si può dire che le situazioni stressanti intacchino sempre negativamente le capacità della WM; In merito, si riscontrano risultati incoerenti. Alcuni studi non hanno trovato associazioni tra ansia e la capacità della WM (WMC; Johnson & Gronlund, 2009; Moritz et al., 2002; Salthouse, 2012), altri invece hanno addirittura riscontrato un miglioramento della WM nelle condizioni di ansia (ad es. Moriya & Sugiura nel 2013 trovano che l'ansia sia positivamente associata alla WM visiva). Ad aggiungersi a questo complesso ventaglio di risultati, una ricerca di Vytal e colleghi (2016) ha evidenziato come l'ansia indotta influisce negativamente sulla WM, ma che all'aumentare delle richieste del compito questo effetto svanisce. Questo permette di concludere che l'ansia intacchi l'abilità di WM non solo producendo effetti opposti ma che questi effetti possono variare in funzione del carico del compito (vedi ad es., Oei et al., 2006; Moran, 2016).

Inoltre, in letteratura si sono accumulate evidenze contrastanti anche relativamente al fatto che l'ansia non sia correlata ugualmente a tutti i domini della WM (ad esempio, fonologica vs. spaziale). Per esempio, i risultati del lavoro di Vytal e colleghi del 2013 dimostrano che l'ansia indotta ha un impatto differenziale sulla WM verbale e spaziale: le prestazioni dei soggetti nei compiti che coinvolgevano la WM verbale erano compromesse durante la condizione di minaccia rispetto alla condizione di controllo quando i partecipanti erano impegnati in compito a basso carico (1-back e 2-back), ma non nei compiti ad alto carico (3-back). Al contrario, le prestazioni nei compiti di WM spaziale erano compromesse nella condizione di minaccia rispetto a quella di controllo indipendentemente dal carico cognitivo (ovvero, sia nel compito 1-back che in 2-back e 3-back).

Nonostante le evidenze riportate, ci sono modelli clinici di grande rilievo che riportano anche l'assunto opposto, ovvero che deficit cognitivi fungano da fattori causali nello sviluppo dell'ansia (per es. Beck & Clark, 1997). La relazione tra ansia/stress e WM rimane quindi materia di investigazione. L'eterogeneità dei risultati in letteratura non permette di concludere una direzione ferma sugli effetti delle condizioni stressanti e/o ansiose sulla WM, ma senza dubbio fa riflettere sulla complessità dell'interazione di tale abilità di controllo cognitivo con lo stress/ansia. Gli obiettivi per la ricerca futura potrebbero considerare l'analisi approfondita di questo rapporto al fine di comprendere meglio la WM a livello neurale, cognitivo e comportamentale ma anche con lo scopo di sviluppare nuovi interventi terapeutici per il trattamento dei disturbi da stress e ansia (Gärtner et al., 2014).

1.3. Paradigmi che indagano la WM

I paradigmi che in letteratura hanno indagato il funzionamento della WM sono molteplici, così come sono numerose le evidenze che questi hanno riportato circa le sue capacità e i suoi limiti.

Per studiare la WM, i ricercatori usano spesso task di span complessi, chiamati anche WM span task, come il *counting span* e il *reading span* (Barrouillet et al. 2009; Conway et al. 2005; Daneman & Carpenter 1980; Diamond, 2013). Uno dei paradigmi più ampiamente utilizzato per misurare nello specifico la componente visuo-spaziale della WM è il test di Corsi (Kessels et al., 2000). In questo task, in un primo momento il soggetto osserva lo sperimentatore toccare una serie di blocchi, successivamente gli si chiede di ripetere ciò che ha visto, dunque di toccare i blocchi nello stesso ordine.

Questi paradigmi hanno permesso di concludere importanti evidenze relativamente alla WM e alle sue peculiarità ma, nessuno è riuscito ad analizzare le diverse componenti che la caratterizzano. Nel caso dei task a span complessi, per esempio, si evince il limite per cui spesso l'esecuzione dell'attività richiede più sottocomponenti del controllo cognitivo piuttosto che la sola funzione di WM di mantenere e contemporaneamente elaborare le informazioni presenti nel magazzino, quindi non si può affermare che questi siano paradigmi specifici per l'analisi della WM (Diamond, 2013). Il test di Corsi, si focalizza su una singola componente della WM non considerando altri aspetti di rilevante importanza di tale abilità.

Altri protocolli usati per valutare la WM e la WMC nell'ansia sono l'n-back (es. Jonides et al., 1997), AX-CPT (es. Lopez-Garcia et al., 2016) e i protocolli sul cambio di attività (es. Kim et al., 2012). Anche questi però non si focalizzano in modo assoluto sulla funzione di WM poiché ugualmente ai precedenti, richiedono livelli elevati di attenzione selettiva e sostenuta. Inoltre, in questi paradigmi, più operazioni sono confuse in ogni prova: combinano la codifica degli elementi, l'aggiornamento, la sostituzione e altri processi.

Per tali motivi, questi tipi di task non forniscono un mezzo in grado di differenziare i vari processi che caratterizzano la WM e più precisamente il meccanismo di *input-gating* della WM (Nir-Cohen et al., 2020). Nello specifico, l'n-back task è uno dei paradigmi più utilizzati nelle ricerche che esaminano l'aggiornamento della WM e che meglio si predispone per eventuali esperimenti che indagano il rapporto tra stress e WM. Questo task è popolare nello studio delle variazioni nel funzionamento della WM associate all'invecchiamento (ad es. Oberauer, 2005; Schmiedek et al., 2009), alla psicopatologia (ad es. Harvey et al., 2005; Segal et al., 2015; Schoofs et al. al., 2008) e intelligenza (Pereg et al., 2013; Price et al., 2014); è spesso impiegato anche nei training cognitivi (es. Dahlin, et al., 2008; Jaeggi, et al., 2010). Durante l'esecuzione del compito, i partecipanti sono tenuti a decidere in ogni prova se l'elemento presentato è uguale o diverso da quello mostrato n prove prima. Tipicamente, n varia tra 1 e 3 per manipolare sia la domanda di immagazzinamento (*storage*) che la complessità delle operazioni di aggiornamento, spesso denominate “carico di elaborazione” (Rac-Lubashevsky e Kessler, 2016). Questo tipo di task però, permette di indagare la WM solo in maniera generale. Poiché ogni stimolo presentato serve in seguito come riferimento per il confronto, l'aggiornamento della WM è richiesto in ogni prova; la mancanza di una *baseline*, insieme alla complessità computazionale complessiva del compito, non consente di estrarre il solo processo di aggiornamento. Inoltre, non è chiaro quali prove dell'attività n-back attivano l'apertura e la chiusura del *gate* della WM (Kessler, 2017).

1.3.1. Reference-back task

Riferendosi al modello PBWM, il *Reference-back* è un task che permette di catturare precisamente i costi cognitivi dovuti alle differenti componenti della WM (Rac-lubashevsky e Kessler, 2016). Nello specifico, questo task è suddiviso in due tipi di trial:

i trial di confronto, durante i quali il partecipante deve valutare se la lettera presentata sia diversa o uguale alla referenza, e i trial referenza in cui avviene sia il confronto sia l'aggiornamento della rappresentazione nella WM. Gli stimoli presentati ai partecipanti, sono una sequenza casuale di "X" e "O" che possono apparire all'interno di una cornice rossa (trial referenza) o di una cornice blu (trial di confronto). I partecipanti devono valutare se la lettera presentata sullo schermo sia uguale o differente dall'ultima lettera apparsa dentro una cornice rossa. Lo stimolo "referenza" con cui confrontare le lettere presentate è quindi ogni volta aggiornato con l'ultima lettera apparsa dentro una cornice rossa. Il *gate* è aperto durante i trial referenza mentre è chiuso durante i trial di confronto. Dunque, il passaggio da un trial referenza a un trial di confronto implica la chiusura del *gate*; viceversa si ha l'apertura del *gate*. La sostituzione invece avviene quando la nuova referenza non è identica alla precedente. In tutti i trial avviene il processo di confronto tra la lettera presentata e la referenza (Figura 1.2).

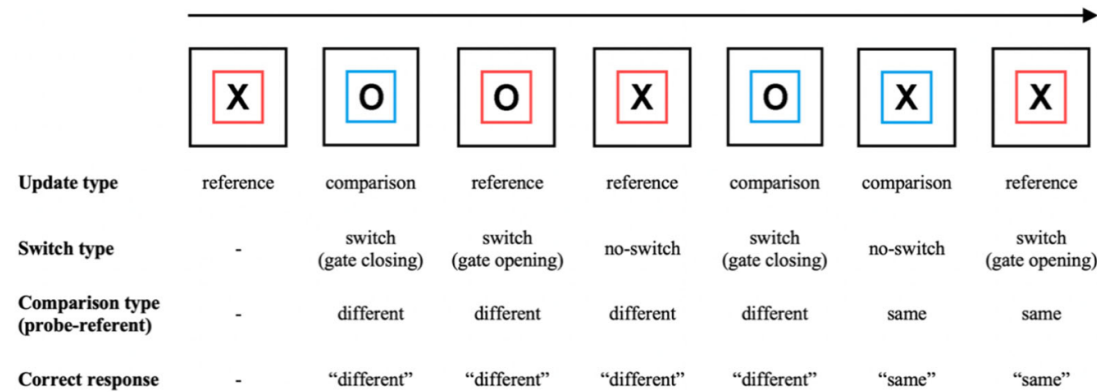


Figura 1.2. Viene descritto un esempio di *Reference-back task*. I titoli tra virgolette rappresentano la risposta corretta nel determinato trial. I trial si distinguono in trial referenza (*reference trial*) e trial di confronto (*comparison trial*) oltre che in base al fatto che il *gate* si apra o chiuda: per l'effettivo aggiornamento delle informazioni, è necessaria la preventiva apertura del *gate* alla WM. Si delineeranno dunque trial di commutazione (*switch trials*) e trial di ripetizione (*no-switch trials* o *repeat trials*). Mentre nei primi, il segnale di aggiornamento (ovvero il colore della cornice) differisce da quello del trial precedente, nei *no-switch trial*, il segnale di aggiornamento rimane lo stesso (tratto da Rac-lubashevsky e Kessler, 2016).

Con l'implementazione di questo task, mettendo a confronto diversi tipi di trial, è possibile calcolare i costi cognitivi delle differenti componenti della WM: (1) apertura del cancello (*gate opening*), (2) confronto del nuovo stimolo in input con l'item di

riferimento (*matching*), (3) aggiornamento delle informazioni (*updating*), (4) sostituzione (*substitution*), (5) chiusura del cancello (*gate closing*). Nello specifico, i vari costi associati ad ogni componente della WM vengono a definirsi e a calcolarsi nel seguente modo (Rac-lubashevsky e Kessler, 2016):

a) Costo di *Updating*

L'aggiornamento avviene solo nei *reference trial* e indipendentemente dalla condizione di corrispondenza (*match*) o mancata corrispondenza (*mismatch*). L'*updating* infatti, non si verifica solo in situazioni in cui vengono presentate nuove informazioni, ma può avere luogo anche quando i contenuti immessi nella WM sono identici alle informazioni già presenti. Di conseguenza, la durata dell'aggiornamento (costo di *Updating*) è misurata come la differenza nelle prestazioni tra i *reference trials* e *comparison trials* (indipendentemente dalla condizione di corrispondenza).

Dunque: $Updating = reference\ trials - comparison\ trials$

b) Costo di *Substitution*

La sostituzione riflette il tempo aggiuntivo richiesto per aggiornare la WM con nuove informazioni. Nello specifico: $Substitution = (Mismatch[reference\ trials] - Match[reference\ trials]) - (Mismatch[comparison\ trials] - Match[comparison\ trials])$

c) Costo di *Matching*

Questo è il processo mediante il quale lo stimolo presentato viene confrontato con l'item di riferimento: ne risulta una risposta *match* (una risposta "uguale") o *mismatch* (risposta "diverso"). Il costo di *matching* è stato calcolato confrontando il tempo necessario per raggiungere una decisione *mismatch* rispetto alla decisione *match*. Questo costo è calcolato indipendentemente dal tipo di prova.

Quindi: $Matching = Mismatch - Match$

d) Costo di *Gate opening*

Come riportato in precedenza, per l'effettivo aggiornamento delle informazioni è necessaria l'apertura del *gate*. Nello specifico il costo di *gate opening* è misurato

come la differenza nelle prestazioni tra *reference trials* che sono preceduti da *comparison trials* (chiamati *reference switch*), e *reference trials* che sono preceduti da *reference trials* (*repeat reference repeat*). Considerando che entrambe le situazioni richiedono di tenere il *gate* aperto, solo i *switch trials* implicano il processo aggiuntivo di *gate opening*. Come si può leggere in letteratura, lo stato “attuale” del *gate* non cambia lungo trial successivi, a meno che tale cambiamento non sia necessario (Kessler e Oberauer, 2014; Kessler e Oberauer, 2015).

Dunque: $Gate\ Opening = Switch[reference\ trials] - Repeat[reference\ trials]$

e) Costo di *Gate closing*

Allo stesso modo il costo di *gate closing* viene calcolato come la differenza di prestazioni tra *comparison trials* preceduti da *reference trials*, e *comparison trials* preceduti da *comparison trials*, dunque come: $Gate\ Closing = Switch[comparison\ trials] - Repeat[comparison\ trials]$

Come hanno osservato gli autori di studi precedenti che utilizzano *Reference-back task*, ogni costo è associabile a una minore accuratezza (cioè, errori più frequenti) e tempi di risposta più lenti (RTs) (Rac-Lubashevsky e Frank, 2021). Negli studi che utilizzano il *Reference-back task* si ipotizza che i costi riflettano il tempo impiegato dalle operazioni della WM (ad es. *updating*, *gate opening*, ...) quando agiscono al di là del processo di confronto. Un'altra interpretazione suggerisce che i processi aggiuntivi modulino o interferiscano con la decisione: per esempio, potrebbero innescarsi processi di controllo reattivo che inibiscono la preparazione e l'esecuzione di risposte prepotenti. Infine, un'altra opzione ipotizzata considera il fatto che determinati costi possano derivare da aggiustamenti *top-down* più strategici al processo decisionale (Boag et al., 2021).

E' importante sottolineare che grazie all'introduzione del paradigma *Reference-back*, sia stato possibile indagare diverse caratteristiche della WM, per esempio come la dopamina influenzi in modo differenziale i suoi vari sotto-processi (Jongkess, 2020) e le basi neurali delle specifiche componenti (Boag et al., 2021; Nir-Cohen, 2020). Tuttavia, il paradigma *Reference-back* non è ancora stato implementato in ambito stress, dunque dato il complesso background, in questa ricerca si è deciso di utilizzare tale task per esplorare propriamente la relazione tra stress e WM, con l'obiettivo di esaminare se e in che misura lo stress influenzi in modo differenziale le varie componenti.

2. LA RICERCA

Con la presente ricerca abbiamo voluto investigare se e in che misura lo stress influenzi i processi componenti la WM. Questo è stato possibile attraverso l'utilizzo del compito Reference Back.

Come paradigma stressogeno abbiamo deciso di utilizzare una versione modificata del *Paced Auditory Serial Addition Task* (PASAT, Gronwall, 1977), un compito di addizione seriale cadenzata. Essendo richiesto ai partecipanti di rispondere in maniera accurata, poiché lo sperimentatore avrebbe valutato la loro performance, questo paradigma ci ha permesso di indurre non solo un'attivazione fisiologica e un aumento del carico cognitivo, ma anche una componente di stress psicosociale.

2.1. Metodo

2.1.1. Partecipanti

Alla ricerca hanno preso parte 89 partecipanti, tuttavia 9 partecipanti sono stati rimossi dalle analisi: 4 a causa del non superamento dei blocchi di pratica, e 5 a causa di problemi alla connessione internet. Le analisi sono state condotte quindi su un totale di 80 partecipanti (di cui 62 femmine e 18 maschi), i quali sono stati suddivisi in due gruppi: il gruppo Controllo (40 partecipanti di cui 30 femmine e 10 maschi) e il gruppo Stress (40 partecipanti di cui 32 femmine e 8 maschi).

Tutti i partecipanti avevano un'età compresa tra i 18 e i 40 anni (media Controllo = 24.02, SD Controllo = 2.40; media Stress = 22.99, SD Stress = 2.44). I due gruppi non differivano a livello di età ($t = 1.902$, $df = 77.976$, $p\text{-value} = 0.061$) né di genere ($\chi^2 = 0.072$, $df = 1$, $p\text{-value} = 0.7889$).

I partecipanti sono stati reclutati attraverso l'utilizzo di piattaforme social. I criteri di inclusione prevedevano: avere un'età compresa tra i 18 ed i 40 anni, essere madrelingua italiano, avere una vista normale o corretta, non essere daltonico, non far uso di sostanze stupefacenti e non avere alcun disturbo psichiatrico né disabilità intellettiva diagnosticati da un professionista.

Lo studio è stato approvato dal Comitato Etico dell'Università di Padova ed il consenso informato è stato ottenuto da tutti i partecipanti. La ricerca non prevedeva retribuzione.

2.1.2. Stimoli e materiali

Questo studio è stato svolto interamente online attraverso l'utilizzo di Google Form (Google Drive), Zoom (Barbu, 2013) e Pavlovia (<https://pavlovia.org/>, versione online di PsychoPy, Peirce, 2019).

Questionari

Sono stati utilizzati 6 questionari di autovalutazione per raccogliere informazioni di tratto. Nello specifico: il *Multidimensional assessment of Interoceptive awareness, version 2* (MAIA-2; Mehling et al., 2018), il *Depression Anxiety Stress Scales Short Version* (DASS-21; Henry & Crawford, 2005), il *Penn State Worry Questionnaire* (PSWQ; Meyer, Miller, Metzger e Borkovec, 1990), il *Ruminative Response Scale-short Brooding* (RRS-B; Schoofs, Hermans, Raes, 2010), e il *Cognitive Control and Flexibility Questionnaire* (CCFQ; Gabrys et al., 2018), IUS-12 (Carleton, 2012). Per l'interesse di questo elaborato sono stati considerati solo il DASS-21 e il PSWQ. Il DASS-21 è un questionario di autovalutazione composto da 21 item, che consente di rilevare tre costrutti: depressione, ansia e stress (Henry & Crawford, 2005). Il PSWQ indaga il costrutto di preoccupazione, attraverso 16 item, i quali non fanno riferimento al contenuto delle preoccupazioni ma alle caratteristiche del fatto in sé, indipendentemente dalla causa della preoccupazione (Morani, Pricci, Sanavio, 1999).

Reference Back

Il compito è stato sviluppato sulla piattaforma PsychoPy/Pavlovia, e veniva svolto sotto la supervisione dello sperimentatore via Zoom. Ogni prova iniziava con una schermata grigia vuota (500 ms), dopodiché appariva una croce di fissazione per una durata variabile da 900-1200 ms. Dopo questo tempo appariva una lettera "X" o una "O" all'interno di una cornice rossa (*reference*) o blu (*comparison*). Il partecipante aveva 1800 ms per rispondere attraverso la tastiera del suo computer, premendo "s" nel caso in cui la lettera fosse diversa dalla referenza oppure "l" nel caso contrario. I partecipanti venivano

istruiti a rispondere più accuratamente e velocemente possibile. I pulsanti di risposta e il colore delle cornici sono stati controbilanciati tra i partecipanti. Questo ha portato alla creazione di 8 compiti (4 versioni per il gruppo Stress e 4 per il gruppo di Controllo).

Sono state create 50 liste di stimoli per ciascuno degli 8 compiti, le quali comprendevano un totale di 49 prove (compresa la prima prova, che serviva da lettera di riferimento per la prova a seguire). Queste liste venivano assegnate ai blocchi in maniera casuale. L'identità di ciascuna prova, cioè il colore della cornice e la lettera presentata, è stata definita in maniera pseudo-randomizzata: ogni prova poteva essere *reference* o *comparison* (50%), *switch* o *repeat* (50%), *match* o *mismatch* (50%).

Il partecipante aveva la possibilità di svolgere fino a 3 blocchi di pratica. Nel caso in cui non arrivasse mai ad una accuratezza del 80%, il partecipante non poteva proseguire con il compito. L'esperimento era suddiviso in due parti: una prima parte costituita da 6 blocchi, intervallati da brevi pause autogestite dal partecipante; una seconda parte in cui avveniva la manipolazione sperimentale, costituita invece da 12 blocchi, intervallati ogni 2 dal PASAT (Stress), o da una versione non stressante di questo compito (Controllo). Il partecipante poteva prendersi una breve pausa dopo ogni 2 blocchi. In totale il compito richiedeva circa 1 ora per il suo completamento.

Manipolazione dello Stress

Nella seconda parte dell'esperimento, il gruppo sperimentale ha svolto una versione modificata del PASAT (Gronwall, 1977): i partecipanti dovevano sommare uno dopo l'altro i numeri presentati in forma visiva, e riportare ad alta voce il risultato della somma. Ai partecipanti veniva detto che lo sperimentatore avrebbe monitorato le loro risposte ed avrebbe tenuto conto della loro performance. Al gruppo di controllo veniva invece richiesto di ripetere ad alta voce i numeri presentati. Questi due compiti, pur richiedendo una simile attivazione fisiologica, data dalla veloce presentazione degli stimoli e dalla risposta vocale, differiscono nel carico cognitivo richiesto e nello stress psicosociale indotto (alto vs basso).

Questi compiti sono stati ripetuti per un totale di 7 volte all'intero di questa seconda parte dell'esperimento; Ciascun numero appariva sullo schermo per una durata di 1500 ms (ISI 50 ms).

2.1.3. Procedura sperimentale

I questionari riguardanti le caratteristiche di tratto venivano compilati in maniera autonoma dal partecipante prima dello svolgimento della sessione sperimentale, attraverso Google Forms.

La sessione sperimentale veniva svolta attraverso le piattaforme Zoom e Pavlovia, ed iniziava con la registrazione dello stato d'animo del partecipante. Questa valutazione avveniva tramite una griglia 9x9 il cui perimetro era circondato da *emoji*, identificative di stati d'animo differenti (*EmojiGrid*, Toet 2018). Al partecipante veniva chiesto di cliccare il punto della griglia che meglio si addiceva al suo stato d'animo attuale (il centro della griglia indicava uno stato d'animo neutro). In una schermata successiva si chiedeva inoltre se lo stato d'animo fosse accompagnato da una sensazione corporea localizzata. Si richiedeva dunque, di cliccare l'etichetta, corrispondente alla zona corporea interessata, in un'immagine di un uomo stilizzato o, in caso di assenza di sensazione localizzata, di premere il tasto "n" della tastiera.

Dopo questa valutazione iniziale, al partecipante venivano presentate le istruzioni del compito *Reference Back*. Successivamente il partecipante doveva eseguire la pratica del compito, durante la quale riceveva un feedback per ogni risposta data. Nel caso del raggiungimento dell'80% di accuratezza, il partecipante poteva proseguire nell'esperimento ed iniziare la prima parte. Al termine dei 6 blocchi, al partecipante veniva chiesto nuovamente di valutare il suo stato d'animo e, tramite una barra dal cursore mobile, di stimare l'accuratezza della sua prestazione in percentuale da 0 a 100. Prima di iniziare la seconda parte, al partecipante veniva richiesto di prendersi almeno 2 minuti di pausa. Dopodiché iniziava la seconda parte, durante la quale al partecipante veniva richiesto di alternare tra lo svolgimento del *Reference Back* e il compito numerico assegnatoli a seconda del gruppo di appartenenza. Al termine dei 12 blocchi, il

partecipante doveva valutare nuovamente il proprio stato d'animo e stimare l'accuratezza della prestazione al compito di WM da 0% a 100% (Figura 2.1).

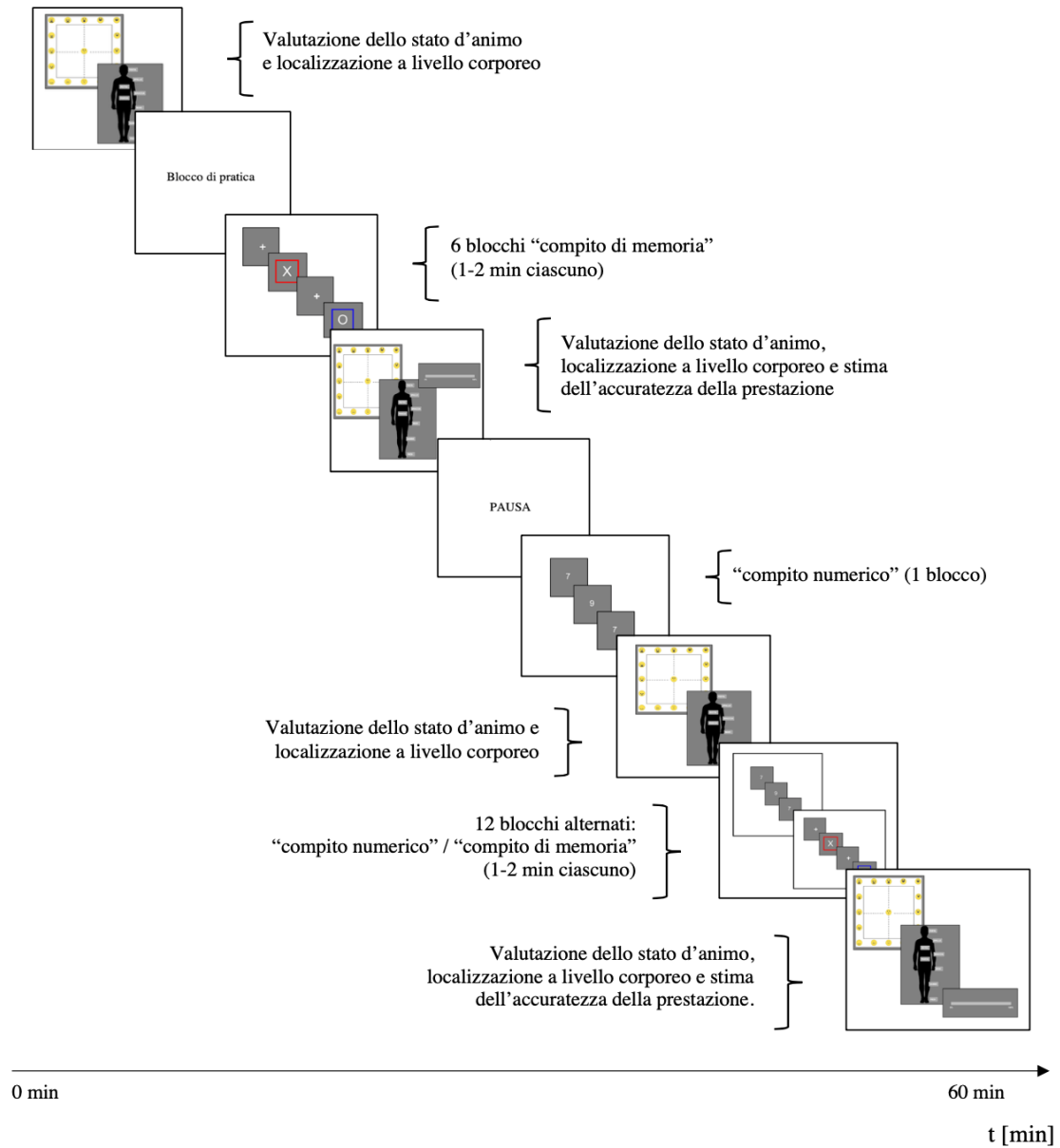


Figura 2.1. Rappresentazione schematica della procedura sperimentale.

2.2. Analisi Statistiche

La preparazione ed analisi dei dati è stata effettuata attraverso il software R (R Core Team, 2021), con l'utilizzo dei pacchetti *tidyverse* (Wickham et al., 2019), *readxl*

(Wickham e Bryan, 2019), *lme4* (Bates et al., 2015), *performance* (Lüdtke et al., 2021), MuMIn (Baruzzi et al., 2022), *emmeans* (Wieduwilt et al., 2022), *ggplot2* (Wickham, 2016), *sjPlot* (Lüdtke et al., 2021).

2.2.1 Caratteristiche di tratto del campione

Per accertarsi che i gruppi (Controllo e Stress) fossero omogenei, sono stati confrontati i punteggi ottenuti dai questionari DASS-21 e PSWQ. Sono stati effettuati dei t-test ed il livello di significatività è stato fissato a $p < 0.05$. Rispettivamente: PSWQ: $t = -0.667$, $df = 77.821$, $p\text{-value} = 0.507$; DASS Stress: $t = 1.346$, $df = 77.373$, $p\text{-value} = 0.182$; DASS Ansia: $t = 1.202$, $df = 71.322$, $p\text{-value} = 0.233$; DASS Depressione: $t = 1.033$, $df = 77.91$, $p\text{-value} = 0.305$. L'analisi dei dati ottenuti non ha rilevato differenze significative tra i due gruppi; entrambi i gruppi riportano moderati livelli di preoccupazione, stress, ansia e depressione (Tabella 2.1.4).

Tabella 2.1 La tabella riporta media e tra parentesi deviazione standard per i due gruppi.

Gruppo	PSWQ	Stress	Ansia	Depressione
<i>Controllo</i>	53(12)	21(10)	15(10)	15(9)
<i>Stress</i>	55(11)	19(9)	13(7)	13(9)

2.2.2 Reference Back

L'analisi ha riguardato solamente i tempi di reazione (RTs), poiché la percentuale di errore per gruppo per la prima e la seconda parte non ha superato il 7% (Pre Controllo: 6%, Pre Stress: 6%; Post Controllo: 5%, Post Stress: 7%). Per la preparazione dei dati sono stati selezionati i seguenti criteri: sono state escluse le prove con RTs minori di 200 ms, è stata esclusa dall'analisi la prima prova di ogni blocco e i partecipanti con un'accuratezza minore del 80%, calcolata separatamente per la prima e la seconda parte (nessun partecipante è stato escluso).

I RTs sono stati analizzati attraverso un modello lineare generalizzato misto (GLMM). Questo tipo di analisi permette di tener conto della non indipendenza delle misurazioni (come nel caso di disegni a misure ripetute in cui la variabile d'interesse viene misurata più di una volta nello stesso partecipante), e della variabilità a loro associata (Dean, & Nielsen, 2007). Inoltre i GLMM permettono di analizzare dati non

normalmente distribuiti, attraverso la possibilità di impostare la distribuzione e la link function più adatta a modellare i dati. Quest'ultima permette di non dover trasformare a priori i dati per rispettare le assunzioni di normalità altrimenti richieste dalla regressione lineare. La *link function* collega infatti l'intervallo dei valori adattati prodotti dal predittore lineare sulla metrica trasformata, all'intervallo dei valori osservati sulla metrica originale (Lo, & Andrews, 2015).

La scelta della distribuzione e della link function per il nostro GLMM è stata effettuata attraverso la comparazione degli *Akaike weights* (AIC; Akaike 1974), che rappresentano la probabilità condizionata a ciascun modello (Wagenmakers, & Farrell, 2004). Per l'analisi dei tempi di reazione è stata quindi scelta una distribuzione gaussiana inversa con una link function logaritmica.

I seguenti fattori sono stati utilizzati come predittori categoriali: TrialType, con due livelli *reference* e *comparison*; Switching, con due livelli *repetition* e *switch*; Matching, con due livelli *match* e *mismatch*; Tempo, con due livelli *Pre* e *Post*; Gruppo, con due livelli *Stress* e *Controllo* (fattore tra i soggetti).

È stata impostata un'intercetta variabile per ogni partecipante, e una pendenza variabile per il fattore Tempo, ammettendo così che le rette di regressione per i soggetti non siano necessariamente parallele, e quindi il predittore abbia un effetto differente per ogni partecipante. Le assunzioni di normalità dei residui e degli effetti random, e omogeneità, sono state ispezionate e rispettate.

Per questo modello verranno riportate le stime sui coefficienti, gli intervalli di confidenza al 95% e i p-value associati calcolati attraverso il t-test. Le stime sono state poi trasformate sulla scala della risposta (millisecondi) per analizzare i contrasti di interesse attraverso la statistica z. Verranno riportati i risultati dei contrasti per il calcolo dei costi tipici del *Reference Back*:

- *Updating cost*: reference repeat – comparison repeat;
- *Substitution cost*: (reference mismatch – reference match) – (comparison mismatch – comparison match);
- *Gate opening cost*: reference switch – reference repeat;
- *Gate closing cost*: comparison switch – comparison repeat;

Inoltre verrà analizzato come i costi varino in funzione del fattore tempo e gruppo. Nello specifico sono stati impostati i seguenti contrasti:

- *Updating cost*: (Pre Stress – Post Stress) – (Pre Controllo – Post Controllo)
- *Substitution cost*: (Pre Stress – Post Stress) – (Pre Controllo – Post Controllo)
- *Gate opening cost*: (Pre Stress – Post Stress) – (Pre Controllo – Post Controllo)
- *Gate closing cost*: (Pre Stress – Post Stress) – (Pre Controllo – Post Controllo)

2.3. Risultati

I coefficienti ricavati dal modello sulla scala del predittore (logaritmica) sono presentati nella Tabella 2.3.

Tabella 2.3. Coefficienti stimati, intervalli di confidenza al 95%, statistica t e p-value associato.

<i>Predittori</i>	<i>Stime</i>	<i>CI</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
TrialType	0.077	0.071 – 0.082	27.383	<0.001
Matching	-0.203	-0.209 – -0.198	-72.568	<0.001
Switching	-0.056	-0.061 – -0.050	-20.109	<0.001
Time	0.188	0.175 – 0.201	27.710	<0.001
Gruppo	0.017	-0.013 – 0.047	1.121	0.262
TrialType * Switching	0.020	0.009 – 0.031	3.553	<0.001
TrialType * Time	0.017	0.006 – 0.028	3.000	0.003
Switching * Time	-0.013	-0.024 – -0.002	-2.370	0.018
TrialType * Gruppo	-0.010	-0.021 – 0.001	-1.846	0.065
Switching * Gruppo	0.002	-0.009 – 0.013	0.300	0.764
Time * Gruppo	-0.013	-0.040 – 0.014	-0.963	0.336
TrialType * Matching	-0.133	-0.144 – -0.122	-23.665	<0.001
Matching * Time	0.025	0.014 – 0.036	4.547	<0.001
Matching * Gruppo	-0.028	-0.039 – -0.017	-4.981	<0.001
TrialType * Switching * Time	0.009	-0.013 – 0.031	0.814	0.416
TrialType * Switching * Gruppo	-0.001	-0.023 – 0.020	-0.121	0.904
TrialType * Time * Gruppo	0.002	-0.020 – 0.024	0.200	0.842
Switching * Time * Gruppo	-0.012	-0.034 – 0.009	-1.113	0.266
TrialType * Matching * Time	-0.024	-0.046 – -0.002	-2.183	0.029
TrialType * Matching * Gruppo	0.021	-0.001 – 0.043	1.872	0.061
Matching * Time * Gruppo	0.022	-0.000 – 0.044	1.933	0.053

TrialType * Switching * Time * Gruppo	0.043	-0.001 – 0.086	1.917	0.055
TrialType * Matching * Time * Gruppo	0.045	0.001 – 0.089	2.012	0.044

Note: in grassetto i p-value < 0.05.

Updating Cost

Nel complesso, i partecipanti sono stati più lenti nelle prove *reference repeat* rispetto che nelle prove *comparison repeat* (60ms, SE = 2, CIs = [55;66], z.ratio = 22.665, $p < .001$; Figura 2.2).

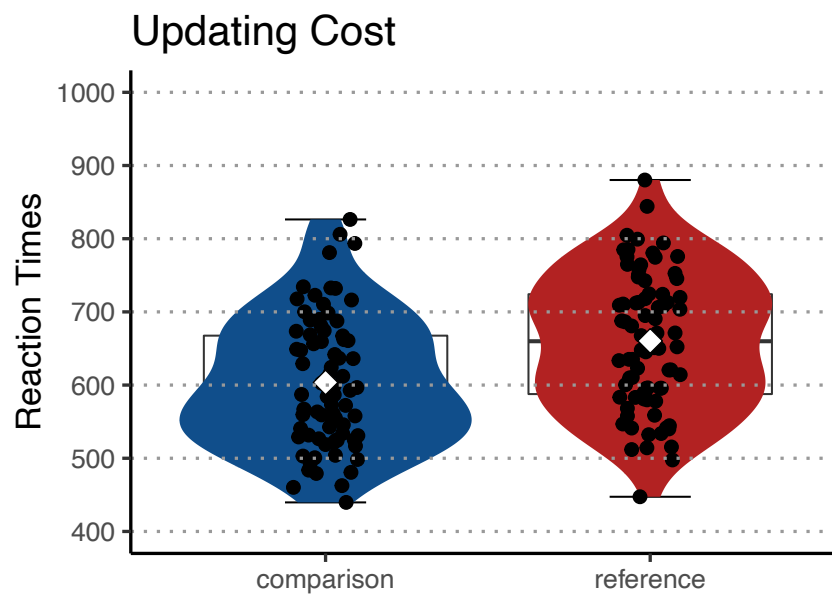


Figura 2.2. Sull'asse delle ordinate sono riportati i tempi di reazione in millisecondi; sull'asse delle ascisse il tipo di prova (entrambi nel caso in cui Switching = repeat). Il rombo bianco rappresenta la media.

I due gruppi non differiscono tra di loro (11ms, SE = 10, CIs = [-9;32], z.ratio = 1.075; $p = 0.28$), ma in entrambi i gruppi, l'*Updating Cost* si riduce dal Pre al Post (Stress = -32ms; Controllo = -19ms).

Substitution Cost

Nel complesso la sostituzione della referencia ha causato un aumento dei tempi di reazione di 98ms (SE = 4; CIs = [91;107], z.ratio = 24.508, $p < .0001$). Dal Pre e Post, in entrambi i gruppi vi è una riduzione del costo (Stress = -18ms; Controllo = -52ms). Inoltre

il gruppo stressato ha una riduzione del costo significativamente minore (-34ms, SE = 16; CIs = [-65;-2], z.ratio = -2.115, p = 0.034; Figura 2.3).

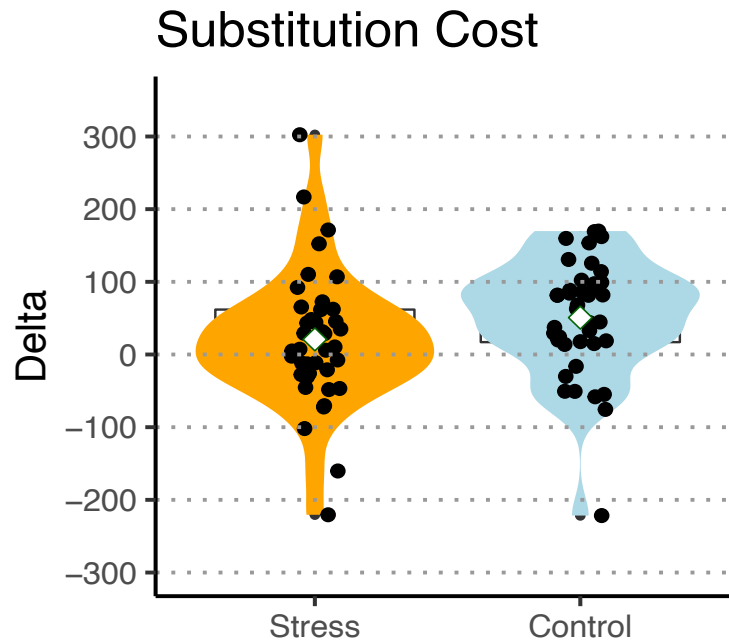


Figura 2.3. Sull’asse delle ordinate sono riportate le differenze nei tempi di reazione in millisecondi dal Pre al Post; sull’asse delle ascisse il Gruppo, il rombo bianco rappresenta la media.

Gate Opening

L’apertura del cancello causa un aumento dei tempi di reazione di 32ms (SE = 2, CIs = [26;38], z.ratio = 11.018, p <.001). In entrambi i gruppi vi è una riduzione nei costi al passare dal Pre al Post (Stress = -8ms; Controllo = -16ms), ma non vi è differenza tra i due gruppi (-7ms ; SE = 12; CIs = [-29; 16], z.ratio = -0.571; p = 0.568).

Gate Closing

La chiusura del cancello causa un aumento dei tempi di reazione di 42ms (SE = 2, CIs = [37;47], z.ratio = 16.455, p <.001). In entrambi i gruppi vi è una riduzione nei costi al passare dal Pre al Post (Stress = -30ms; Controllo = -9ms). Rispetto al gruppo di controllo, il gruppo stressato ha una riduzione del costo significativamente maggiore (21ms, SE = 10; CIs = [0;41], z.ratio = 2.054, p = 0.040; Figura 2.4).

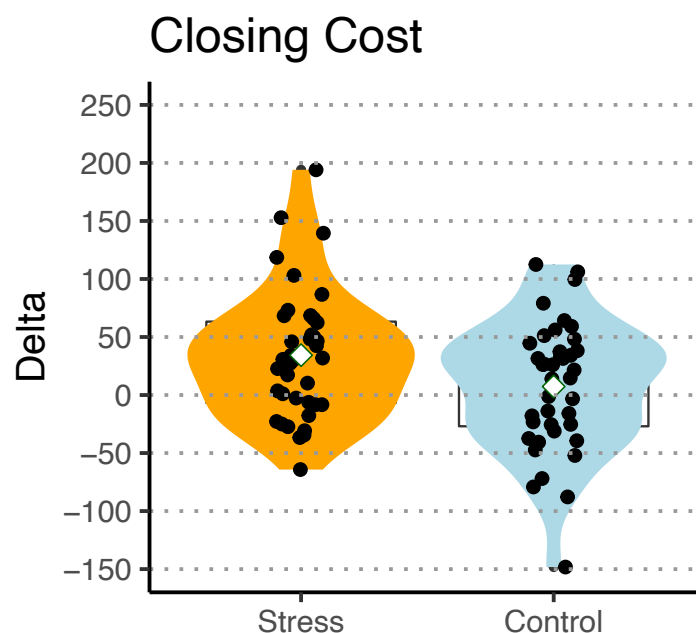


Figura 2.4. Sull’asse delle ordinate sono riportate le differenze nei tempi di reazione in millisecondi dal Pre al Post; sull’asse delle ascisse il Gruppo, il rombo bianco rappresenta la media.

2.4. Discussione e Limiti

Con la presente ricerca si è voluto indagare il contributo dei processi di *Updating*, *Substitution Matching*, *Gate opening* e *Gate closing* della WM. In aggiunta si è voluto esaminare come la componente di stress psicosociale di un’attività ad alto carico cognitivo, quale il PASAT, intaccasse la WM.

I risultati della presente ricerca sono in linea con la letteratura precedente, relativa agli studi che hanno utilizzato il *Reference-back task*, la quale ha riscontrato come la WM implichi una gerarchia di processi di *gating* selettivi ai quali sono associati dei costi specifici (Rac-Lubashaevsky & Kessler, 2016). Anche in questo studio sono stati riscontrati costi di *Updating*, descritti in termini di RTs più lenti per i *reference trial* rispetto ai *comparison trial*, considerati solo nella loro componente *repeat*, e costi di *Substitution*: la sostituzione della referenza ha causato un aumento significativo degli RTs. Sono poi stati osservati i consueti costi di *Gate Opening* e *Gate Closing*, coerentemente all’idea per cui vi sono delle correlazioni positive tra gli RTs e i tempi di *gating*: questo a dimostrazione del fatto che indipendentemente dal tipo di trial (*reference trial* o *comparison trial*) lo *switch* richiede del tempo, ovvero il tempo necessario a gestire

il conflitto decisionale sul fatto che l'aggiornamento sia rilevante o meno (Rac-Lubashevsky & Kessler, 2016). In aggiunta è stato poi osservato come il tempo di *gate closing* sia comunque maggiore del tempo di *gate opening*.

Analizzando più nello specifico i gruppi considerati, sono state osservate delle differenze interessanti. Se infatti il processo di *Updating* non risente tanto del fattore gruppo, e quindi dello stress, quanto più del fattore Tempo (in entrambi i gruppi il costo si riduce dal Pre al Post), la *Substitution* invece risente di entrambi i fattori; sia il gruppo Stress che il Controllo nel passaggio tra Pre e Post hanno aumentato i loro RTs riflettendo una riduzione del costo di sostituzione. In aggiunta il gruppo stressato ha riportato una riduzione del costo molto maggiore rispetto al controllo e questo a sostegno del fatto che lo stress intacca il processo di sostituzione della referenza in modo significativo. Ciò è poi associabile a una più veloce chiusura del gate. È stato riscontrato infatti che mentre per il *gate opening* non vi è una differenza tra i gruppi, per il *gate closing* si osserva una riduzione del costo significativamente maggiore per il gruppo stressato rispetto al gruppo di controllo.

È importante sottolineare comunque come in tutti i costi calcolati vi sia un effetto del tempo. Indipendentemente dall'operazione di WM in atto e dal gruppo considerato, nel passaggio dal livello Pre al Post vi è una riduzione dei costi. Questo è spiegabile in termini di tempi di risposta più rapidi dei partecipanti: col passare delle prove e dunque del tempo, i partecipanti diventano sempre più efficienti nello svolgimento del compito. Inoltre, va considerato che nonostante non siano state osservate differenze tra i gruppi alla baseline, entrambi riportano moderati livelli di preoccupazione, stress, ansia e depressione. Ciò implica che il campione già in partenza possiede livelli leggermente alterati.

Nonostante i risultati riscontrati, lo studio in questione presenta una serie di limiti. Per esempio, il fatto di condurre la ricerca online ha di fatto limitato l'effetto stressante che il PASAT può provocare nel partecipante. Inoltre va evidenziato come l'effetto dello stress indotto dal PASAT non sia ugualmente efficace in tutti i blocchi del compito. A causa della ripetizione del compito infatti, i partecipanti diventano allenati e questo si riflette non solo in termini di risposte più veloci ma anche in termini di minor suscettibilità alla componente stressante del compito.

Infine, è interessante notare ed è importante sottolineare come il PASAT sia un compito di WM in cui vi è un *updating* continuo come il *Reference-back*. Sarebbe quindi logico pensare che dopo lo svolgimento di un blocco di un compito WM, i partecipanti allenati ottengano delle prestazioni migliori in un successivo compito WM. Ciò che si osserva invece è che i partecipanti risultano meno prestanti nel *Reference-back task* dopo aver eseguito il PASAT.

Ricerche future dovrebbero mirare a replicare i risultati ottenuti mediante l'utilizzo di una strumentazione più sofisticata, per esempio in laboratorio andando a rilevare il livello di stress attraverso indicatori fisiologici specifici.

BIBLIOGRAFIA

Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19(6), 716-723.

Ashcraft, M. H., & Kirk, E. P. (2001). The relationships among working memory, math anxiety, and performance. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(2), 224.

Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory?. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417-423.

Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255(5044), 556-559.

Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working memory. In *Psychology of learning and motivation* (Vol. 8, pp. 47-89). Academic press.

Bardeen, J. R., Fergus, T. A., & Orcutt, H. K. (2015). Attentional control as a prospective predictor of posttraumatic stress symptomatology. *Personality and Individual Differences*, 81, 124-128.

Barrouillet, P., Gavens, N., Vergauwe, E., Gaillard, V., & Camos, V. (2009). Working memory span development: a time-based resource-sharing model account. *Developmental Psychology*, 45(2), 477.

Baruzzi, C., Barton, B. T., Cove, M. V., & Lashley, M. A. (2022). Mass mortality events and declining obligate scavengers in the Anthropocene: Social feeders may be critical. *Biological Conservation*, 269, 109527.

Bates, D., Kliegl, R., Vasishth, S., & Baayen, H. (2015). Parsimonious mixed models. *arXiv preprint arXiv:1506.04967*.

Beck, A. T., & Clark, D. A. (1997). An information processing model of anxiety: Automatic and strategic processes. *Behaviour Research and Therapy*, 35(1), 49-58.

Beste, C., Yildiz, A., Meissner, T. W., & Wolf, O. T. (2013). Stress improves task processing efficiency in dual-tasks. *Behavioural Brain Research*, 252, 260-265.

Braver, T. S. (2012). The variable nature of cognitive control: a dual mechanisms framework. *Trends in Cognitive Sciences*, 16(2), 106-113.

Bishop, S. J. (2009). Trait anxiety and impoverished prefrontal control of attention. *Nature Neuroscience*, 12(1), 92-98.

Birk, J. L., Opitz, P. C., & Urry, H. L. (2017). Distractibility as a precursor to anxiety: Preexisting attentional control deficits predict subsequent autonomic arousal during anxiety. *Biological Psychology*, 122, 59-68.

- Birk, J. L., Rogers, A. H., Shahane, A. D., & Urry, H. L. (2018). The heart of control: Proactive cognitive control training limits anxious cardiac arousal under stress. *Motivation and Emotion*, 42(1), 64-78.
- Boag, R. J., Stevenson, N., van Dooren, R., Trutti, A. C., Sjoerds, Z., & Forstmann, B. U. (2021). Cognitive Control of Working Memory: A Model-Based Approach. *Brain Sciences*, 11(6), 721.
- Boldrini, M., Del Pace, L., Placidi, G. P. A., Keilp, J., Ellis, S. P., Signori, S., ... & Cappa, S. F. (2005). Selective cognitive deficits in obsessive-compulsive disorder compared to panic disorder with agoraphobia. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 111(2), 150-158.
- Barbu, C. (2013). zoom: A spatial data visualization tool (Version 2.0. 4).
- Calvo, M. G., Ramos, P. M., & Estevez, A. (1992). Test anxiety and comprehension efficiency: The role of prior knowledge and working memory deficits. *Anxiety, Stress, and Coping*, 5(2), 125-138.
- Cantagallo, A., Spintoni, G., & Antonucci, G. (2010). Le funzioni esecutive. *Valutazione e riabilitazione. Roma: Carocci*.
- Carleton, R. N., Mulvogue, M. K., Thibodeau, M. A., McCabe, R. E., Antony, M. M., & Asmundson, G. J. (2012). Increasingly certain about uncertainty: Intolerance of uncertainty across anxiety and depression. *Journal of Anxiety Disorders*, 26(3), 468-479.
- Chajut, E., & Algom, D. (2003). Selective attention improves under stress: implications for theories of social cognition. *Journal of Personality and Social Psychology*, 85(2), 231.
- Cole, M. W., Bassett, D. S., Power, J. D., Braver, T. S., & Petersen, S. E. (2014). Intrinsic and task-evoked network architectures of the human brain. *Neuron*, 83(1), 238-251.
- Collins, A., & Koechlin, E. (2012). Reasoning, learning, and creativity: frontal lobe function and human decision-making. *PLoS Biology*, 10(3), e1001293.
- Conway, A. R., Kane, M. J., Bunting, M. F., Hambrick, D. Z., Wilhelm, O., & Engle, R. W. (2005). Working memory span tasks: A methodological review and user's guide. *Psychonomic Bulletin & Review*, 12(5), 769-786.
- Dahlin, E., Neely, A. S., Larsson, A., Backman, L., & Nyberg, L. (2008). Transfer of learning after updating training mediated by the striatum. *Science*, 320(5882), 1510-1512.
- Daneman, M., & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19(4), 450-466.
- Darke, S. (1988). Effects of anxiety on inferential reasoning task performance. *Journal of Personality and Social Psychology*, 55(3), 499.

- Dean, C. B., & Nielsen, J. D. (2007). Generalized linear mixed models: a review and some extensions. *Lifetime Data Analysis*, 13(4), 497-512.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135-168.
- Eysenck, M. W., Derakshan, N., Santos, R., & Calvo, M. G. (2007). Anxiety and cognitive performance: attentional control theory. *Emotion*, 7(2), 336.
- Frank, M. J., Loughry, B., & O'Reilly, R. C. (2001). Interactions between frontal cortex and basal ganglia in working memory: a computational model. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 1(2), 137-160.
- Gabrys, R. L., Howell, J. W., Cebulski, S. F., Anisman, H., & Matheson, K. (2019). Acute stressor effects on cognitive flexibility: Mediating role of stressor appraisals and cortisol. *Stress*, 22(2), 182-189.
- Gabrys, R. L., Tabri, N., Anisman, H., & Matheson, K. (2018). Cognitive control and flexibility in the context of stress and depressive symptoms: The cognitive control and flexibility questionnaire. *Frontiers in Psychology*, 2219.
- Gärtner, M., Rohde-Liebenau, L., Grimm, S., & Bajbouj, M. (2014). Working memory-related frontal theta activity is decreased under acute stress. *Psychoneuroendocrinology*, 43, 105-113.
- Goldfarb, E. V., Froböse, M. I., Cools, R., & Phelps, E. A. (2017). Stress and cognitive flexibility: cortisol increases are associated with enhanced updating but impaired switching. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 29(1), 14-24.
- Gronwall, D. M. A. (1977). Paced auditory serial-addition task: a measure of recovery from concussion. *Perceptual and Motor Skills*, 44(2), 367-373.
- Harvey, P. O., Fossati, P., Pochon, J. B., Levy, R., LeBastard, G., Lehericy, S., ... & Dubois, B. (2005). Cognitive control and brain resources in major depression: an fMRI study using the n-back task. *Neuroimage*, 26(3), 860-869.
- Henry, J. D., & Crawford, J. R. (2005). The short-form version of the Depression Anxiety Stress Scales (DASS-21): Construct validity and normative data in a large non-clinical sample. *British Journal of Clinical Psychology*, 44(2), 227-239.
- Hines Jr, E. A., & Brown, G. E. (1936). The cold pressor test for measuring the reactivity of the blood pressure: data concerning 571 normal and hypertensive subjects. *American Heart Journal*, 11(1), 1-9.
- Jaeggi, S. M., Studer-Luethi, B., Buschkuhl, M., Su, Y. F., Jonides, J., & Perrig, W. J. (2010). The relationship between n-back performance and matrix reasoning—implications for training and transfer. *Intelligence*, 38(6), 625-635.

Johnson, D. R., & Gronlund, S. D. (2009). Individuals lower in working memory capacity are particularly vulnerable to anxiety's disruptive effect on performance. *Anxiety, Stress, & Coping*, 22(2), 201-213.

Jongkees, B. J. (2020). Baseline-dependent effect of dopamine's precursor L-tyrosine on working memory gating but not updating. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 20(3), 521-535.

Jonides, J., Schumacher, E. H., Smith, E. E., Lauber, E. J., Awh, E., Minoshima, S., & Koepp, R. A. (1997). Verbal working memory load affects regional brain activation as measured by PET. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9(4), 462-475.

Kessler, Y., (2017). The role of working memory gating in task switching: A procedural version of the reference-back paradigm. *Frontiers in Psychology*, 8, 2260.

Kessels, R. P., Van Zandvoort, M. J., Postma, A., Kappelle, L. J., & De Haan, E. H. (2000). The Corsi block-tapping task: standardization and normative data. *Applied Neuropsychology*, 7(4), 252-258.

Kessler, Y., & Oberauer, K. (2014). Working memory updating latency reflects the cost of switching between maintenance and updating modes of operation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 40(3), 738.

Kessler, Y., & Oberauer, K. (2015). Forward scanning in verbal working memory updating. *Psychonomic Bulletin & Review*, 22(6), 1770-1776.

Kim, C., Cilles, S. E., Johnson, N. F., & Gold, B. T. (2012). Domain general and domain preferential brain regions associated with different types of task switching: A meta-analysis. *Human Brain Mapping*, 33(1), 130-142.

Kirschbaum, C., Pirke, K. M., & Hellhammer, D. H. (1993). The 'Trier Social Stress Test'—a tool for investigating psychobiological stress responses in a laboratory setting. *Neuropsychobiology*, 28(1-2), 76-81.

Kolotylova, T., Koschke, M., Bär, K. J., Ebner-Priemer, U., Kleindienst, N., Bohus, M., & Schmah, C. (2010). Entwicklung des „Mannheimer Multikomponenten-Stress-Test“(MMST). *PPmP-Psychotherapie· Psychosomatik· Medizinische Psychologie*, 60(02), 64-72.

Lazarus, R. S. (1993). From psychological stress to the emotions: A history of changing outlooks. *Annual Review of Psychology*, 44(1), 1-22.

Lo, S., & Andrews, S. (2015). To transform or not to transform: Using generalized linear mixed models to analyse reaction time data. *Frontiers in Psychology*, 6, 1171.

Lopez-Garcia, P., Lesh, T. A., Salo, T., Barch, D. M., MacDonald, A. W., Gold, J. M., ... & Carter, C. S. (2016). The neural circuitry supporting goal maintenance during cognitive

control: a comparison of expectancy AX-CPT and dot probe expectancy paradigms. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 16(1), 164-175.

Lucas, J. A., Telch, M. J., & Bigler, E. D. (1991). Memory functioning in panic disorder: a neuropsychological perspective. *Journal of Anxiety Disorders*, 5(1), 1-20.

Lüdtke, D., Ben-Shachar, M. S., Patil, I., Waggoner, P., & Makowski, D. (2021). performance: An R package for assessment, comparison and testing of statistical models. *Journal of Open Source Software*, 6(60).

Lunt, L., Bramham, J., Morris, R. G., Bullock, P. R., Selway, R. P., Xenitidis, K., & David, A. S. (2012). Prefrontal cortex dysfunction and ‘Jumping to Conclusions’: Bias or deficit?. *Journal of Neuropsychology*, 6(1), 65-78.

Mehling, W. E., Acree, M., Stewart, A., Silas, J., & Jones, A. (2018). The multidimensional assessment of interoceptive awareness, version 2 (MAIA-2). *PloS One*, 13(12), e0208034.

Menon, V. (2020). Brain networks and cognitive impairment in psychiatric disorders. *World Psychiatry*, 19(3), 309.

Menon, V., & D’Esposito, M. (2022). The role of PFC networks in cognitive control and executive function. *Neuropsychopharmacology*, 47(1), 90-103.

Meyer, T. J., Miller, M. L., Metzger, R. L., & Borkovec, T. D. (1990). Development and validation of the penn state worry questionnaire. *Behaviour Research and Therapy*, 28(6), 487-495.

Milner, B. A. (1982). Some cognitive effects of frontal-lobe lesions in man. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*, 298(1089), 211-226.

Moldawsky, S., & Moldawsky, P. C. (1952). Digit span as an anxiety indicator. *Journal of Consulting Psychology*, 16(2), 115.

Moran, T. P. (2016). Anxiety and working memory capacity: A meta-analysis and narrative review. *Psychological Bulletin*, 142(8), 831.

Morani, S., Pricci, D., & Sanavio, E. (1999). Penn State Worry Questionnaire e Worry Domains Questionnaire. Presentazione delle versioni italiane ed analisi della fedeltà. *Psicoterapia Cognitiva e Comportamentale*, 5(3), 13-34.

Moritz, S., Birkner, C., Kloss, M., Jahn, H., Hand, I., Haasen, C., & Krausz, M. (2002). Executive functioning in obsessive-compulsive disorder, unipolar depression, and schizophrenia. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 17(5), 477-483.

Moriya, J., & Sugiura, Y. (2013). Socially anxious individuals with low working memory capacity could not inhibit the goal-irrelevant information. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 840.

Nir-Cohen, G., Kessler, Y., & Egner, T. (2020). Neural substrates of working memory updating. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 32(12), 2285-2302

Oberauer, K. (2005). Binding and inhibition in working memory: individual and age differences in short-term recognition. *Journal of experimental psychology: General*, 134(3), 368.

Oei, N. Y., Everaerd, W. T., Elzinga, B. M., van Well, S., & Bermond, B. (2006). Psychosocial stress impairs working memory at high loads: an association with cortisol levels and memory retrieval. *Stress*, 9(3), 133-141.

Pereg, M., Shahar, N., & Meiran, N. (2013). Task switching training effects are mediated by working-memory management. *Intelligence*, 41(5), 467-478.

Peirce, J., Gray, J. R., Simpson, S., MacAskill, M., Höchenberger, R., Sogo, H., ... & Lindeløv, J. K. (2019). PsychoPy2: Experiments in behavior made easy. *Behavior Research Methods*, 51(1), 195-203.

Plieger, T., & Reuter, M. (2020). Stress & executive functioning: A review considering moderating factors. *Neurobiology of Learning and Memory*, 173, 107254.

Price, J. M., Colflesh, G. J., Cerella, J., & Verhaeghen, P. (2014). Making working memory work: The effects of extended practice on focus capacity and the processes of updating, forward access, and random access. *Acta Psychologica*, 148, 19-24.

Rac-Lubashevsky, R., & Frank, M. J. (2021). Analogous computations in working memory input, output and motor gating: Electrophysiological and computational modeling evidence. *PLoS Computational Biology*, 17(6), e1008971.

Rac-Lubashevsky, R., & Kessler, Y. (2016). Decomposing the n-back task: An individual differences study using the reference-back paradigm. *Neuropsychologia*, 90, 190-199.

Richey, J. A., Keough, M. E., & Schmidt, N. B. (2012). Attentional control moderates fearful responding to a 35% CO₂ challenge. *Behavior Therapy*, 43(2), 285-299.

Riggs, N. R., Jahromi, L. B., Razza, R. P., Dillworth-Bart, J. E., & Mueller, U. (2006). Executive function and the promotion of social-emotional competence. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 27(4), 300-309.

Salthouse, T. A. (2012). How general are the effects of trait anxiety and depressive symptoms on cognitive functioning?. *Emotion*, 12(5), 1075.

Sarason, I. G. (1988). Anxiety, self-preoccupation and attention. *Anxiety Research*, 1(1), 3-7.

Schwabe, L., Haddad, L., & Schachinger, H. (2008). HPA axis activation by a socially evaluated cold-pressor test. *Psychoneuroendocrinology*, 33(6), 890-895.

- Shields, G. S., Sazma, M. A., & Yonelinas, A. P. (2016). The effects of acute stress on core executive functions: A meta-analysis and comparison with cortisol. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 68, 651-668.
- Schmiedek, F., Li, S. C., & Lindenberger, U. (2009). Interference and facilitation in spatial working memory: age-associated differences in lure effects in the n-back paradigm. *Psychology and Aging*, 24(1), 203.
- Schoofs, D., Preuß, D., & Wolf, O. T. (2008). Psychosocial stress induces working memory impairments in an n-back paradigm. *Psychoneuroendocrinology*, 33(5), 643-653.
- Schoofs, H., Hermans, D., & Raes, F. (2010). Brooding and reflection as subtypes of rumination: Evidence from confirmatory factor analysis in nonclinical samples using the Dutch Ruminative Response Scale. *Journal of Psychopathology and Behavioral Assessment*, 32(4), 609-617.
- Segal, A., Kessler, Y., & Anholt, G. E. (2015). Updating the emotional content of working memory in social anxiety. *Journal of Behavior Therapy and Experimental psychiatry*, 48, 110-117.
- Selye, H., & Fortier, C. (1950). Adaptive reaction to stress. *Psychosomatic Medicine*, 12(3), 149-57..
- Sternberg, S. (1966). High-speed scanning in human memory. *Science*, 153(3736), 652-654.
- Stout, D. M., & Rokke, P. D. (2010). Components of working memory predict symptoms of distress. *Cognition and Emotion*, 24(8), 1293-1303.
- Stuss, D. T., Levine, B., Alexander, M. P., Hong, J., Palumbo, C., Hamer, L., ... & Izukawa, D. (2000). Wisconsin Card Sorting Test performance in patients with focal frontal and posterior brain damage: effects of lesion location and test structure on separable cognitive processes. *Neuropsychologia*, 38(4), 388-402.
- Szczepanski, S. M., & Knight, R. T. (2014). Insights into human behavior from lesions to the prefrontal cortex. *Neuron*, 83(5), 1002-1018.
- Toet, A., Kaneko, D., Ushijima, S., Hoving, S., De Kruijf, I., Brouwer, A. M., ... & Van Erp, J. B. (2018). EmojiGrid: A 2D pictorial scale for the assessment of food elicited emotions. *Frontiers in Psychology*, 2396.
- Vytal, K. E., Arkin, N. E., Overstreet, C., Lieberman, L., & Grillon, C. (2016). Induced-anxiety differentially disrupts working memory in generalized anxiety disorder. *BMC Psychiatry*, 16(1), 1-9.

Vytal, K. E., Cornwell, B. R., Arkin, N. E., Letkiewicz, A. M., & Grillon, C. (2013). The complex interaction between anxiety and cognition: insight from spatial and verbal working memory. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 93.

Wagenmakers, E. J., & Farrell, S. (2004). AIC model selection using Akaike weights. *Psychonomic Bulletin & Review*, 11(1), 192-196.

Wickham, H., Averick, M., Bryan, J., Chang, W., McGowan, L. D. A., François, R., ... & Yutani, H. (2019). Welcome to the Tidyverse. *Journal of Open Source Software*, 4(43), 1686.

Wickham, H., Bryan, J., Kalicinski, M., Valery, K., Leittenne, C., Colbert, B., ... & Bryan, M. J. (2019). Package 'readxl'.

Wickham, H., Chang, W., & Wickham, M. H. (2016). Package 'ggplot2'. *Create Elegant Data Visualisations Using the Grammar of Graphics. Version*, 2(1), 1-189.

Wieduwilt, F., Grünewald, J., Ctistis, G., Lenth, C., Perl, T., & Wackerbarth, H. (2022). Exploration of an Alarm Sensor to Detect Infusion Failure Administered by Syringe Pumps. *Diagnostics*, 12(4), 936.

Yang, Y., Miskovich, T. A., & Larson, C. L. (2018). State anxiety impairs proactive but enhances reactive control. *Frontiers in Psychology*, 9, 2570.