



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

**Dipartimento di Psicologia Generale
Dipartimento di Neuroscienze**

**Corso di Laurea Triennale in Scienze Psicologiche
Cognitive e Psicobiologiche**

Elaborato finale

**Stroop spaziale: studio sull'evoluzione temporale e il controllo
cognitivo dell'interferenza cinematografica attraverso l'uso del mouse
tracker**

**Spatial stroop: study on the temporal evolution and cognitive control of cinematic interference
using mouse tracking**

Relatore

Prof. Ettore Ambrosini

Laureanda: Micol Savastano

Matricola: 2046279

Anno Accademico 2023/2024

Capitolo I - Introduzione	3
1.1 Controllo cognitivo	3
1.1.1 Definizione.....	3
1.1.2 Correlati anatomo funzionali	4
1.1.3 Modelli del controllo cognitivo.....	4
1.1.4 Valutazione del controllo esecutivo	6
1.2 Stroop test.....	6
1.2.1 Tipologie di Stroop test.....	7
1.3. Gradiente di congruenza nello Stroop test.....	9
1.3.1 Mouse tracker.....	11
1.4 Obiettivo dello studio.....	11
 Capitolo II - Studio sperimentale	 13
2.1 Metodo.....	13
2.1.1 Partecipanti.....	13
2.1.2 Procedura sperimentale.....	14
2.1.3 Analisi dei dati	17
2.2 Risultati	18
 Capitolo III - Discussione e conclusioni	 24
3.1 Discussione.....	24
3.2 Conclusioni	27
 Bibliografia	 29

CAPITOLO 1 - Introduzione

1.1 Controllo cognitivo

Il controllo cognitivo è un concetto chiave nelle neuroscienze cognitive, indicante la capacità del cervello di gestire e regolare i processi mentali al fine di conseguire obiettivi specifici o adattarsi in situazioni mutevoli, soprattutto se nuove, complesse o ambigue. Questa capacità è fondamentale per il funzionamento quotidiano e può influire su una vasta gamma di attività, tra cui il problem solving, la pianificazione, la presa di decisione e la regolazione del comportamento. È spesso equiparato alle funzioni esecutive (FE), secondo quanto sostenuto da diversi autori (Friedman e Robbins, 2022; Menon e D'Esposito, 2022).

1.1.1 Definizione

Le funzioni esecutive si occupano della gestione volontaria del comportamento finalizzato. Sono processi cognitivi direttamente responsabili della selezione e dell'organizzazione delle altre abilità cognitive aventi l'obiettivo di raggiungere uno specifico scopo.

Negli anni molti studiosi e ricercatori hanno tentato di raggiungere una definizione completa e univoca di funzioni esecutive, ma date le numerose capacità coinvolte, è pratico e vantaggioso adottare una definizione ampia, che considera le funzioni esecutive come un insieme di capacità essenziali nel guidare il comportamento al fine di raggiungere un obiettivo, che entrano in gioco quando la risposta comportamentale automatica risulta inadeguata per rispondere agli stimoli esterni (Banich, 2009).

Le FE possono essere divise in due tipologie di processi cognitivi, quelli che agiscono a un livello più basso, come il controllo attentivo, la resistenza all'interferenza, la memoria del lavoro e l'updating, la flessibilità cognitiva (switching), monitoring e checking delle regole (ecc.), e quelli che, invece, agiscono a un livello più elevato, tra cui: la pianificazione, la risoluzione dei problemi, il ragionamento e l'intelligenza fluida.

1.1.2 Correlati anatomo funzionali

L'attività delle FE è stata spesso associata al funzionamento della corteccia prefrontale (Gläscher et al., 2012, Stuss, D. T., 2011), ovvero quella parte di corteccia che ricopre la parte anteriore del lobo frontale, situata davanti alla corteccia motoria primaria (e alla corteccia premotoria (anche se oggi è risaputo che le funzioni esecutive non dipendono solamente dalla corteccia prefrontale, ma anche da network di aree che includono regioni sottocorticali e altre regioni corticali, situate soprattutto nel lobo parietale.

Tra i diversi network che sostengono l'attivazione delle FE due sono i principali: il primo, noto come network cingolato anteriore, regola il mantenimento del goal e del task-set (ie. l'insieme di regole) in modo prolungato, facilita l'attivazione di altri processi e si occupa del monitoraggio continuo degli errori e dei conflitti. Questo network è essenziale per l'attenzione sostenuta e, in termini di funzioni esecutive, è coinvolto in processi a lungo termine o tonici. Le aree cerebrali coinvolte in questo network sono la corteccia cingolata anteriore e l'insula/opercolo frontale. Il secondo network, noto come network fronto parietale di controllo, gestisce il controllo attentivo e la resistenza all'interferenza, la memoria di lavoro e il suo aggiornamento, la flessibilità cognitiva, lo switch di attenzione, e il monitoraggio e la verifica delle regole. Questo network include specificamente regioni della corteccia parietale posteriore. È un network fondamentale delle funzioni esecutive, poiché si attiva in tutti i compiti che richiedono l'attivazione delle FE.

1.1.3 Modelli del controllo cognitivo

Diversi modelli hanno provato a spiegare il funzionamento del controllo cognitivo, tra i più influenti troviamo Dual Mechanism of Control Framework (Braver, 2012) secondo il quale il controllo cognitivo agisce attraverso due diverse modalità, il controllo proattivo e il controllo reattivo, che differiscono tra di loro in termini temporali (K. Irlbacher et al. 2014). Il primo si configura come un meccanismo di selezione anticipata, in cui le informazioni rilevanti per l'obiettivo sono mantenute attive costantemente, anche prima che si verifichino gli eventi che ne richiedono l'elaborazione, al fine di influenzare l'elaborazione ottimale del compito. Il controllo reattivo, al contrario, opera in maniera tardiva, solo conseguente all'individuazione di una possibile interferenza nell'esecuzione del compito. Nel primo caso, quindi,

abbiamo un'attivazione delle rappresentazioni degli obiettivi, prima ancora che queste debbano essere usate, che vengono sostenute per tutta la durata del loro utilizzo. Questo meccanismo mira a ridurre al minimo l'interferenza da fonti di distrazione esterne o interne e a massimizzare la preparazione all'esecuzione del compito (Braver, 2012), permettendo l'agevolazione del completamento del compito grazie all'aggiustamento continuo del comportamento; ma, allo stesso tempo, ha lo svantaggio di consumare le risorse cognitive disponibili richiedendo il mantenimento costante dell'obiettivo. Mediante l'impiego di una strategia di controllo reattivo, invece, le rappresentazioni dell'obiettivo vengono riattivate solo quando sono necessarie (Braver, 2012). L'approccio ha il vantaggio di essere efficiente sotto un punto di vista computazionale, consentendo l'elaborazione e il mantenimento di altre informazioni, ma ha lo svantaggio di necessitare di un evento che funga da innesco per la successiva riattivazione delle rappresentazioni dell'obiettivo (Braver, 2012). Entrambi i meccanismi presentano dunque vantaggi e svantaggi, e un efficace controllo cognitivo è il risultato della loro collaborazione sinergica.

Un altro modello molto influente sul funzionamento del Controllo Cognitivo, e in particolare per ciò che riguarda la risoluzione dell'interferenza, è il Cascade of Control Model (Banich, 2009, 2019). Secondo questo modello, l'interferenza si sviluppa lungo una serie di fasi interconnesse, ciascuna con un ruolo specifico. Il primo processo coinvolge regioni posteriori della corteccia prefrontale laterale e favorisce l'elaborazione delle informazioni rilevanti per l'obiettivo, scoraggiando quelle irrilevanti. Il secondo processo, associato a regioni prefrontali dorsolaterali, riguarda il mantenimento nella memoria di lavoro delle informazioni cruciali per il compito attuale. Il terzo processo, collegato a regioni cingolate medio-caudali, si occupa della selezione tardiva della risposta. Infine, le regioni della corteccia cingolata anteriore valutano l'appropriatezza della risposta e forniscono un feedback alla corteccia prefrontale laterale. Il modello suggerisce che il grado di interferenza e l'efficacia del controllo cognitivo dipendono dall'interazione di questi processi lungo la "cascata del controllo", creando condizioni ottimali per l'elaborazione delle informazioni rilevanti e per fornire risposte a situazioni ad alta interferenza.

1.1.4 Valutazione del controllo esecutivo

Le diverse teorie sul Controllo Cognitivo hanno cercato di suddividere questa complessa funzione in vari sottocomponenti (Gratton et al., 2018). Seguendo la tassonomia proposta da Miyake e collaboratori (2000), possiamo dividere il controllo cognitivo in tre componenti funzionali: l'updating, il quale fa riferimento alla costante revisione e aggiornamento delle informazioni rilevanti per lo svolgimento del compito in corso; lo shifting, che garantisce una buona flessibilità cognitiva permettendoci di passare da un compito ad un altro senza particolari difficoltà; e l'inibizione, che è quella capacità che ci permette di mantenere l'attenzione sugli stimoli che riguardano il raggiungimento del nostro obiettivo inibendo le distrazioni e le informazioni non rilevanti. Questa funzione entra in atto perché gli individui sono costantemente esposti a cambiamenti ambientali che richiedono una risposta cognitiva per generare una reazione adeguata. Tuttavia, le risorse cognitive sono limitate rendendo necessario filtrare le informazioni irrilevanti e distraenti per concentrarci su quelle pertinenti al compito in svolgimento. In particolare, questa funzione è nota come "resistenza all'interferenza", ed è la capacità di filtrare informazioni irrilevanti o distrattive al fine di concentrarsi sul compito principale, consentendoci di adattare in modo flessibile il nostro comportamento (Miller e Cohen, 2001).

Queste molteplici componenti possono essere esaminate attraverso approcci metodologici specifici. Essendo l'inibizione la funzione su cui ci concentreremo in questo studio, dedicheremo particolare attenzione a questo aspetto.

1.2 Stroop test

Il test più conosciuto per valutare le funzioni esecutive, in particolare la capacità di inibizione cognitiva, è lo Stroop test (Stroop, 1935). Nella sua forma classica, i partecipanti devono identificare il colore dell'inchiostro con cui sono stampate una serie di parole ignorando il significato della parola stessa (Figura 1.1). Il colore dell'inchiostro con cui è stampata la parola e il significato della parola possono essere congruenti e dunque coincidere (ad esempio, "verde" stampata in verde) oppure incongruenti (ad esempio, "verde" stampato in rosso). Il compito del partecipante è quello di sopprimere l'istinto automatico di leggere la parola e di

concentrarsi sulla percezione del colore dell'inchiostro, dimostrando così la propria capacità di inibizione cognitiva.



Figura 1.1. Stroop parola-colore

Esempio di stimoli di un compito di Stroop classico; a sinistra una serie di trial congruenti, a destra una serie di trial incongruenti.

Un risultato robusto che emerge nel test di Stroop è il cosiddetto "effetto Stroop"; con questa definizione ci si riferisce a una diminuzione delle prestazioni nelle prove incongruenti rispetto a quelle congruenti causata dal conflitto tra il processo di lettura e quello di denominazione del colore dell'inchiostro (MacLeod, 1991; Stroop, 1935). Per resistere alla tentazione di leggere la parola, anziché identificare il colore dell'inchiostro, dobbiamo adattare i nostri pensieri e azioni per allinearli con i nostri obiettivi. Il processo coinvolge l'intervento del controllo inibitorio, che ci aiuta a risolvere il conflitto tra la lettura automatica e l'identificazione del colore. Ne consegue che l'attivazione di una forma di controllo cognitivo diventa necessaria (C. Cohen et al., 1990). È per questo motivo che lo Stroop test è uno dei paradigmi sperimentali più utilizzati per esaminare la risoluzione del conflitto e l'interferenza.

1.2.1 Tipologie di Stroop test

Con l'avanzare degli studi, la versione classica dello Stroop è stata soggetta a varie modifiche, dando origine a una serie di paradigmi sperimentali come il compito immagine-parola (Figura 1.2) in cui viene presentata un'immagine sovrapposta a una parola e ai partecipanti viene chiesto di identificare ciò che è rappresentato nell'immagine, ignorando la parola sovrapposta (Rosinski et al., 1975). La ricerca condotta da Rosinski e colleghi ha evidenziato che una parola incongruente

sovrapposta a un'immagine genera un'interferenza significativa nell'identificare quest'ultima, mentre un'immagine incongruente ha un effetto di interferenza minore nella lettura della parola. La scoperta riflette un'asimmetria simile a quella osservata nel tradizionale test di Stroop.

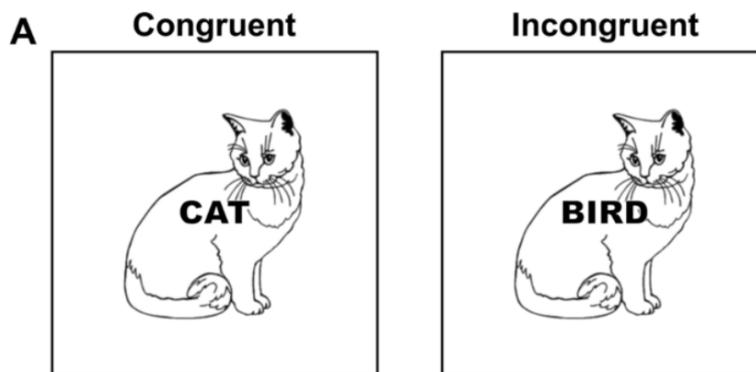


Figura 1.2. Stroop parola-immagine
A sinistra trial congruente, a destra trial incongruente

Un'altra variante del classico test di Stroop è lo Stroop spaziale (Figura 1.3), il quale esplora l'interferenza o la facilitazione prodotta da informazioni spaziali irrilevanti. Nel test, vengono utilizzati stimoli verbali o simbolici che combinano un attributo semantico, che indica una posizione spaziale, con un attributo che designa una posizione fisica. Come nella versione classica, gli stimoli possono essere congruenti o incongruenti, a seconda che la posizione fisica corrisponda o meno con l'attributo semantico (la direzione della freccia), producendo interferenza nel secondo caso. Questo tipo di test consente di esaminare come la percezione spaziale influenzi la risposta del partecipante, offrendo un'alternativa al tradizionale Stroop verbale. Inoltre, l'utilizzo di questa tipologia di paradigma sperimentale comporta il vantaggio di evitare i processi linguistici presenti nella versione classica, riducendo l'influenza del controllo linguistico e offrendo una ricerca più generale sul controllo cognitivo. In aggiunta l'uso di materiali linguistici rende più difficile adattare queste varianti ad altre lingue e limita la generalizzabilità dei risultati e delle conclusioni ottenuti. È quindi (anche) per questi motivi che la variante spaziale rappresenta una valida alternativa per evitare questi potenziali svantaggi ed è la variante di Stroop da noi utilizzata per questo progetto di tesi.

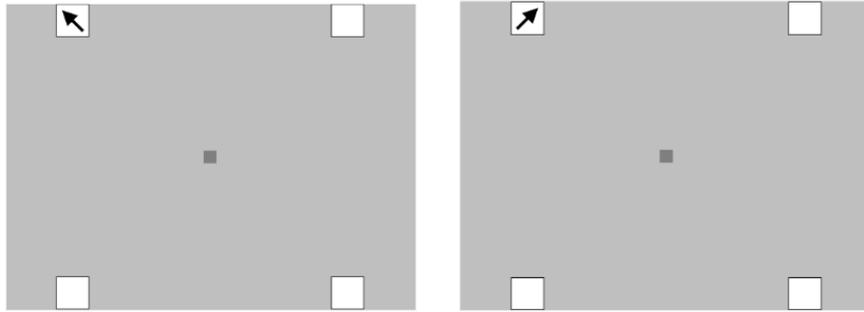


Figura 1.3. Stroop spaziale
a sinistra trial congruente, a destra trial incongruente.

1.3. Gradiente di congruenza nello Stroop test

In passato, si è considerata la congruenza come una variabile dicotomica, dove gli stimoli sono suddivisi in due categorie principali, come parole che indicano o meno lo stesso concetto indicato dall'immagine, generando una discrepanza o incongruenza tra le loro caratteristiche. Nel test di Stroop, ad esempio, la congruenza dicotomica si manifesta quando il significato della parola e il colore in cui è scritta coincidono (congruenti) o non coincidono (incongruenti). Tuttavia, studi più recenti suggeriscono di considerare l'incongruenza come una variabile continua, ed uno dei nostri obiettivi, con questo studio, è verificare la validità di questa assunzione.

In questo approccio, anziché suddividere gli stimoli in due categorie nettamente contrastanti, si valuta il grado di discrepanza tra le caratteristiche degli stimoli presentati. Ad esempio, nel test di Stroop, anziché limitarsi a valutare se la parola e il colore in cui è scritta coincidono o meno, si considera anche il grado di differenza tra di essi. Questa visione consente una maggiore sensibilità nell'analizzare gli effetti dell'incongruenza e può fornire una comprensione più approfondita dei processi cognitivi coinvolti nelle situazioni di conflitto di informazioni.

Un esempio di variabile continua può essere la correlazione semantica tra due parole e questa può essere analizzata attraverso la variante sperimentale Stroop immagine-parola. Nella variante Stroop immagine-parola si è andati ad analizzare l'incongruenza come distanza semantica dimostrando che influisce significativamente sugli effetti in questa variante: quando gli stimoli provengono dalla

stessa categoria semantica, si osservano effetti simili a quelli classici (Starreveld e La Heij, 2017).

La correlazione semantica tra due parole è stata operazionalizzata come variabile continua. Questo approccio offre un vantaggio evidente, poiché permette di riflettere in modo più accurato la complessa struttura del lessico mentale, dimostrandosi particolarmente rilevante considerando che i modelli recenti della memoria semantica concepiscono i significati delle parole come rappresentazioni distribuite che popolano uno spazio mentale continuo.

Questo metodo ha però dei difetti.

La similarità semantica tra immagine e parola è un elemento critico che può influenzare i risultati del compito. Spesso questa dimensione, tuttavia, non è adeguatamente controllata nelle ricerche esistenti, compromettendo potenzialmente le conclusioni. È fondamentale che i ricercatori prestino maggiore attenzione a questo aspetto per assicurare la validità dei risultati. L'effetto Stroop, inoltre, può essere influenzato non solo dalle manipolazioni semantiche, ma anche da quelle fonetiche, grafemiche, ortografiche e lessicali, rendendo quindi necessario controllare attentamente le componenti linguistiche nel progettare il compito Stroop immagine-parola poiché potrebbero andare ad influenzarne l'effetto. L'utilizzo di stimoli linguistici complica poi l'adattamento di tali compiti a diverse lingue e limita la generalizzazione delle conclusioni tratte dagli studi che li utilizzano (Viviani e al., 2023).

Considerando i limiti di questo paradigma sperimentale, intendiamo esplorare la congruenza come una variabile continua mediante l'utilizzo di un'altra variante dello Stroop test, nello specifico quella spaziale, menzionata in precedenza.

Prevediamo di impiegare un tipo particolare di Stroop spaziale che si differenzia dalle altre forme utilizzate finora (che sarebbero: 1-compiti parola-posizione dove le parole che indicano posizioni spaziali vengono visualizzate in posizioni congruenti o incongruenti sullo schermo, 2-freccia-parola dove vengono presentate parole che si riferiscono a direzioni, incorporate o affiancate da frecce, e l'ultima variante 3-freccia-posizione dove i partecipanti vengono istruiti a rispondere alla direzione di una freccia indipendentemente dalla sua posizione sullo schermo) per poter utilizzare il mouse tracker.

1.3.1 Mouse tracker

Il mouse tracker permette di registrare e analizzare i movimenti del mouse del computer. Questo strumento è utilizzato principalmente nella ricerca psicologica e comportamentale per studiare le decisioni e i processi cognitivi degli individui durante l'interazione con il computer attraverso la registrazione dei movimenti del cursore sullo schermo mentre gli individui eseguono compiti specifici, come risolvere problemi, prendere decisioni o compiere scelte. Questi movimenti possono fornire informazioni dettagliate sulle strategie cognitive utilizzate, sulle preferenze e sulle oscillazioni di attenzione durante l'esecuzione del compito.

Classicamente, le risposte motorie venivano viste come il risultato finale di un percorso unidirezionale (dalla percezione alla cognizione all'azione) e si pensava che non rilevassero molto sui processi cognitivi. Si è scoperto, in realtà, che il movimento viene continuamente aggiornato dal processo cognitivo nel tempo (Goodale et al., 1986)

Ciò ci suggerisce che le dinamiche manuali sono collegate intrinsecamente con le dinamiche mentali.

L'adozione di questa nuova metodologia di ricerca ha quindi aperto nuove prospettive di studio su una vasta gamma di fenomeni psicologici. Le traiettorie registrate attraverso un mouse del computer si sono infatti dimostrate capaci di seguire con precisione i processi decisionali dei partecipanti, verso diverse alternative di scelta, per centinaia di millisecondi. Di conseguenza, è possibile campionare l'emergere di una risposta comportamentale da 40 a 120 volte al secondo, consentendo, così, una comprensione approfondita delle dinamiche temporali dettagliate e fornendo tracce motorie in tempo reale straordinariamente fedeli della mente (Freeman et al., 2011).

Un altro vantaggio è che per effettuare questo tipo di analisi si necessita solo di un computer e di un mouse, rendendo la disponibilità di questo paradigma paragonabile a quella dei comuni tempi di risposta.

1.4 Obiettivo dello studio

Abbiamo quindi scelto il mouse tracker come strumento per condurre questo studio non solo per la sua efficacia e convenienza come paradigma di misurazione dei processi mentali, ma soprattutto perché permette di registrare l'evoluzione nel tempo

della risposta reale e l'attivazione di potenziali risposte alternative, che riflettono l'interferenza nell'effetto Stroop.

Questo ci interessa perché la maggior parte degli studi esistenti si sono concentrati sull'effetto Stroop come esito finale, come il tempo di risposta (RT), ma ha senso ipotizzare che l'interferenza si crei e si risolva nel tempo. L'ipotesi suggerisce che ci potrebbero essere fasi diverse nei processi decisionali in cui l'interferenza può aumentare o diminuire. Ad esempio, potrebbe esserci un periodo iniziale in cui l'interferenza è massima, mentre il cervello elabora e confronta le informazioni conflittuali, seguito da una fase in cui l'interferenza diminuisce, mentre si prende una decisione e si emette una risposta. Esplorare questa dinamica temporale della risposta potrebbe portare a una comprensione più dettagliata dei meccanismi sottostanti all'interferenza di Stroop. Secondo questa prospettiva l'interferenza potrebbe manifestarsi e risolversi nel corso del tempo, anziché essere un fenomeno istantaneo.

Fino ad ora nessuno ha indagato questo aspetto. Esso rappresenta l'obiettivo principale di questo studio: indagare l'evoluzione temporale (le traiettorie) e il controllo cognitivo (la risoluzione) dell'interferenza cinematica durante un compito Stroop spaziale. Ci proponiamo, inoltre, di esplorare se e come questi fattori variano in relazione al livello di incongruenza presente nel compito.

CAPITOLO II - Studio sperimentale

Come detto alla fine del precedente capitolo, il presente elaborato si propone l'obiettivo di analizzare l'evoluzione temporale e il controllo cognitivo dell'interferenza cinematica durante l'esecuzione di un compito di Stroop spaziale e di investigare come questi fattori variano in relazione al livello di incongruenza presente nel compito. Per raggiungere questo obiettivo, è stato impiegato un paradigma specifico di Stroop spaziale, sviluppato appositamente da questo laboratorio. Tale paradigma incorpora l'utilizzo dello strumento del mouse tracker, il quale consente monitorare in modo dettagliato e continuo i movimenti del cursore del mouse. In questa maniera è possibile raccogliere dati precisi e di analizzare come i soggetti gestiscono l'interferenza spaziale nel tempo e di osservare come essa varia nel corso del compito, offrendo una visione più approfondita dei processi cognitivi coinvolti. Inoltre, per conseguire questo obiettivo, il compito sperimentale è stato strutturato includendo sia trial congruenti che incongruenti, che sono però stati ulteriormente suddivisi in diversi livelli di interferenza, con l'intento di esaminare come le variazioni graduali nell'intensità dell'interferenza potessero andare ad influenzare il processo decisionale dei partecipanti.

2.1 Metodo

2.1.1 Partecipanti

Il campione sperimentale era strutturato nel seguente modo: 62 partecipanti di cui 24 di sesso maschile e 38 di sesso femminile. L'età media era pari a 21.6 anni (SD = 5.4 anni).

Prima dell'inizio della prova i partecipanti hanno dato il consenso informato, assicurando così di aver compreso pienamente lo scopo dello studio e le procedure che sarebbero state eseguite. Sono stati poi somministrati due brevi questionari: il primo era volto ad indagare alcune informazioni personali, mentre il secondo questionario rilevava la dominanza manuale nell'eseguire delle semplici azioni quali usare il mouse, il cellulare e scrivere. Due partecipanti sono risultati essere ambidestri, 5 mancini e 55 destrimani, ma tutti hanno indicato di usare il mouse con la mano destra.

2.1.2 Procedura sperimentale

Il compito era così strutturato: all'inizio di ogni prova veniva presentata al partecipante una schermata composta da un cerchio grigio e otto cerchi bianchi più piccoli posti in 8 posizioni situate a distanza angolare di 45° gradi l'una dall'altra attorno ad esso (figura 2.1A). I cerchi bianchi rappresentano le possibili risposte da dare. All'inizio della prova compariva al centro del cerchio grigio un piccolo cerchio giallo con al suo interno un ulteriore cerchio rosso.

Per iniziare la prova ai partecipanti era chiesto di posizionarsi con la freccia del mouse sopra il cerchietto rosso e cliccarci con il tasto sinistro del mouse (figura 2.1B).

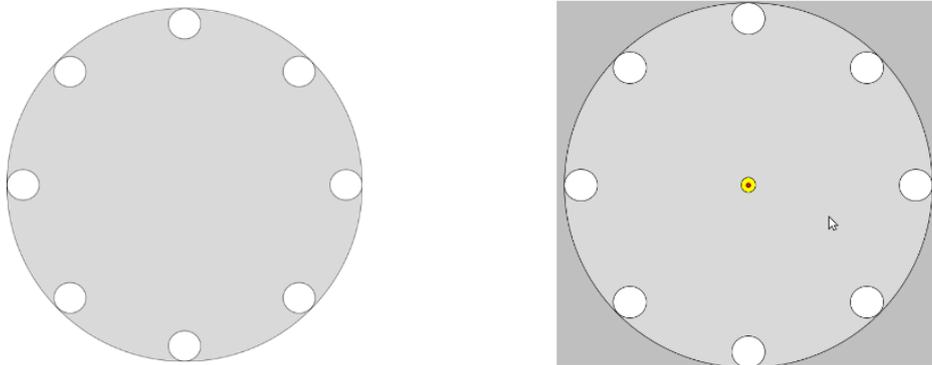


Figura 2.1A e 2.1B. Struttura del compito.

Un cerchio grigio e otto cerchi bianchi più piccoli posti in 8 posizioni situate a distanza angolare di 45° gradi l'una dall'altra attorno ad esso, al centro del cerchio un cerchio più piccolo rosso su cui posizionarsi per iniziare la prova.

Una volta posizionato il cursore al centro del cerchio rosso apparivano due frecce al posto dei due cerchietti centrali: una freccia grigio scuro contenente una freccia più piccola di colore grigio chiaro (Figura 4). Queste frecce potevano puntare verso una delle otto possibili alternative di risposta indicate dai cerchi bianchi. Si potevano quindi verificare due possibili situazioni: una situazione di congruenza, quando entrambe le frecce puntavano nella stessa direzione, ed una di incongruenza, quando le due direzioni indicate dalle frecce non coincidevano.

Le situazioni di incongruenza potevano essere suddivise in tre diverse tipologie, a seconda dell'angolo di differenza tra la freccia grande e quella piccola. In particolare, l'angolo di discrepanza tra le due frecce poteva essere di 45, 90 o 135 gradi (Figura 2.2). Questa variazione angolare determinava il livello di incongruenza percepita, influenzando potenzialmente le decisioni e le risposte dei partecipanti durante l'esperimento.

Ogni tipologia rappresentava quindi una diversa condizione sperimentale, progettata per analizzare come le differenze angolari potessero andare ad influenzare il processo decisionale.

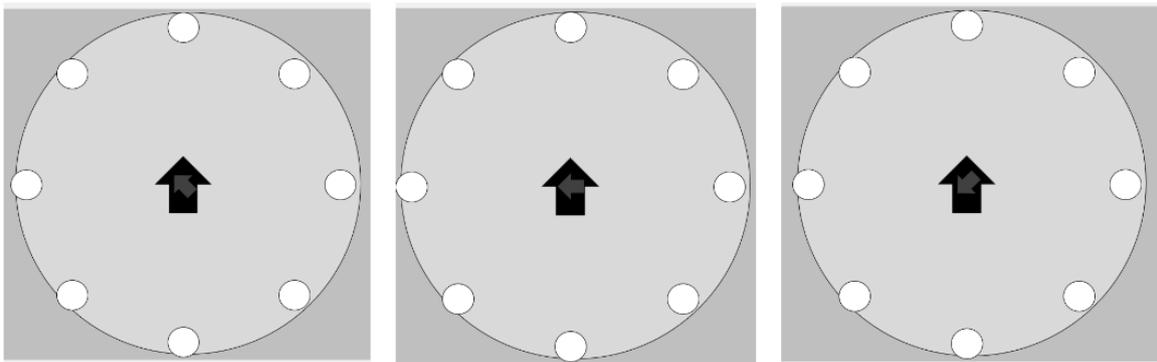


Figura 2.2. Esempi di incongruenza possibili.

A sinistra 45°, al centro 90° e a destra 135°.

Il compito del partecipante consisteva nell'ignorare il verso della freccia nera (di dimensioni maggiori e di conseguenza più facile da elaborare) e di indicare invece il verso della freccia grigia, andando quindi a raggiungere con il mouse il cerchietto bianco indicato da essa. Inoltre, era fondamentale che il partecipante iniziasse a muovere il mouse appena comparivano le frecce, anche se non era ancora sicuro della sua scelta sulla direzione da prendere. Nel caso il partecipante impiegasse troppo tempo per iniziare la risposta, ossia oltre 500 ms., la prova veniva automaticamente interrotta e mostrata una schermata di avviso della durata di 4 s che includeva un messaggio specifico, progettato per ricordare al partecipante la necessità di rispondere più rapidamente nelle prove successive.

A seguito dell'entrata della freccia del mouse all'interno dell'area del cerchio bianco corretto il compito si interrompeva e si passava al trial successivo (non era dunque necessario cliccare sul cerchio ma per passare alla prova successiva bastava che la

freccia lo raggiungesse), dove il partecipante doveva nuovamente posizionarsi sopra il cerchio rosso per farlo partire.

Il compito sperimentale era suddiviso in 3 blocchi, ciascuno composto da 140 prove per blocco. Tra un blocco e l'altro, veniva mostrata una schermata di pausa, che offriva ai partecipanti la possibilità di decidere autonomamente la durata del proprio riposo prima di procedere con il blocco successivo. Questa pausa era pensata per consentire ai partecipanti di recuperare e prepararsi adeguatamente in modo da poter gestire il proprio livello di affaticamento e mantenere un alto livello di attenzione durante l'intero esperimento.

Il compito è stato svolto online tramite la piattaforma PsyToolkit (Stoet, 2017; Stoet, 2010; www.psytoolkit.org) e i partecipanti sono stati reclutati sia tramite le reti sociali degli sperimentatori sia tramite un link condiviso online.

Prima di iniziare il compito, ai partecipanti venivano fornite dettagliate informazioni e raccomandazioni per garantire un ambiente di lavoro ottimale. Tra le istruzioni, si sottolineava l'importanza di ridurre al minimo qualsiasi possibile fonte di disturbo, come rumori di fondo, notifiche dei dispositivi elettronici o interruzioni da parte di altre persone. Inoltre, veniva consigliato di scegliere un luogo tranquillo e confortevole per eseguire l'esperimento, assicurando così una maggiore concentrazione e accuratezza nelle risposte. In modo da ottenere dati il più possibilmente accurati.

Successivamente venivano fornite informazioni sull'esperimento e indicati gli strumenti necessari per il suo svolgimento (un desktop collegato ad un mouse) e veniva consigliato di assumere una postura comoda per evitare dolori ed affaticamento, di mantenere il braccio appoggiato stabilmente e di assicurarsi di avere abbastanza spazio di movimento per il mouse.

I partecipanti avevano la facoltà di interrompere la propria partecipazione all'esperimento in qualsiasi momento, senza alcuna penalità o conseguenza.

In seguito, erano presenti delle istruzioni dettagliate per lo svolgimento del compito e alla fine era presente una fase di addestramento supervisionato seguito da feedback sulla prestazione prima dell'inizio del compito effettivo.

2.1.3 Analisi dei dati

Attraverso il software PsyToolkit è stato possibile registrare la traiettoria tracciata dal mouse in ogni prova, dalla comparsa dello stimolo fino alla risposta, con una frequenza di campionamento di circa 60 Hz, registrando sia il tempo di campionamento che le traiettorie grezze tracciate dai partecipanti come posizioni sugli assi x e y sullo schermo.

Prima di tutto i dati sono stati interpolati nel tempo e portati tutti alla stessa risoluzione temporale di 1 ms. per consentire il confronto delle traiettorie nel tempo tra le diverse condizioni, poiché ogni risposta (traiettoria) ha una durata originaria diversa. Dopodiché queste traiettorie grezze sono state pre-processate in maniera da renderle più fluide eliminando il rumore di misurazione. Infine, le traiettorie sono state ruotate e/o capovolte orizzontalmente per avere tutte le traiettorie che terminavano sul cerchio bianco in alto con la risposta distraente (quella indicata dalla direzione della freccia nera più grande) posizionata a destra. Questo passaggio è infatti fondamentale per permettere la successiva analisi statistica delle traiettorie nelle diverse condizioni. Quindi la traiettoria ideale, ossia quella in assenza di interferenza, era una linea retta verticale dal punto di partenza al cerchio bianco posto in alto, mentre le deviazioni dovute all'interferenza della risposta irrilevante erano a destra rispetto alla traiettoria ideale.

Successivamente, sono state calcolate varie misure di prestazione che rappresentano l'effetto dell'interferenza durante l'evoluzione della risposta. Questo elaborato di tesi fa riferimento principalmente a 3 misure: 1) i tempi di risposta (TR), ovvero la misura che si riferisce al periodo di tempo che intercorre tra la presentazione di uno stimolo e (il completamento de) la risposta del partecipante a quello stimolo; 2) l'angolo di partenza, che riflette appunto l'angolo iniziale del movimento del cursore rispetto alla traiettoria ideale; le diverse variazioni dell'angolo di partenza indicano le incertezze o conflitti iniziali tra le opzioni di risposta, offrendo

informazioni sulle prime fasi del processo di scelta del partecipante; 3) l'area sotto la curva (AUC), la quale misura la deviazione totale del percorso effettuato dal cursore del mouse rispetto alla traiettoria ideale; un valore basso di AUC indica una scelta più sicura e diretta mentre un valore più elevato indicare maggiore indecisione ed interferenza.

Dalle analisi statistiche sono state escluse le prove in cui la risposta iniziava successivamente ai 500 ms. (1,4%) e i trial con risposta non completata o errata (4,2%).

L'analisi statistica è stata eseguita tramite il software Excel e il software Jamovi
2.3.28.

Per esplorare la modulazione dell'effetto Stroop nelle diverse condizioni sperimentali e verificare le nostre ipotesi di ricerca, abbiamo progettato un approccio metodologico che consente un'analisi dettagliata delle variabili coinvolte. Questo ci permette di comprendere come i diversi livelli d'incongruenza influenzino l'intensità e la direzione dell'effetto Stroop, ovvero la capacità del partecipante di filtrare le informazioni rilevanti e ignorare quelle irrilevanti.

Per prima cosa è stata eseguita un'ANOVA a misure ripetute ad un solo fattore (la congruenza) con 4 livelli (C = trial congruenti, I_45 = trial incongruenti di 45°, I_90 = trial incongruenti di 90° e I_135 = trial incongruenti di 135°) sulle tre misure calcolate. In un secondo momento abbiamo effettuato dei T test per andare a verificare la presenza di un effetto Stroop nei tre livelli di incongruenza, confrontandoli ognuno con la condizione C, e per verificare se esso aumentasse con l'aumentare dell'incongruenza degli stimoli, confrontandoli tra loro a coppie, ovvero I_90 contro I_45 e I_135 contro I_90.

Queste analisi sono state eseguite per le tre misure (TR, angolo di partenza e AUC).

2.2 Risultati

Come già detto nel precedente paragrafo le misure prese in considerazione riguardavano i TR, misura che serve per valutare l'efficienza generale con cui un partecipante esegue il compito, l'angolo di partenza, misura importante negli

esperimenti di mouse tracker poiché rappresenta il livello di interferenza prima che sia possibile mettere in atto il controllo cognitivo, e l'AUC, ovvero l'area sotto la curva, la quale viene utilizzata per quantificare la deviazione totale della traiettoria del mouse, rispetto a un percorso ideale, e riflette quindi l'interferenza totale durante la prova.

Partendo dai TR, l'ANOVA ha mostrato l'effetto significativo della congruenza, con dei TR maggiori per i trial incongruenti rispetto a quelli congruenti (Figura 2.3).

ANOVA a Misure Ripetute

Effetti Entro i Sggetti					
	Somma dei Quadrati	gdl	Media Quadratica	F	p
CON	628628	3	209543	250	< .001
Residuo	153495	183	839		

Nota. Somma dei quadrati Tipo 3

[3]

Effetti Tra Soggetti					
	Somma dei Quadrati	gdl	Media Quadratica	F	p
Residuo	2.21e+6	61	36268		

Nota. Somma dei quadrati Tipo 3

Medie Marginali Stimate

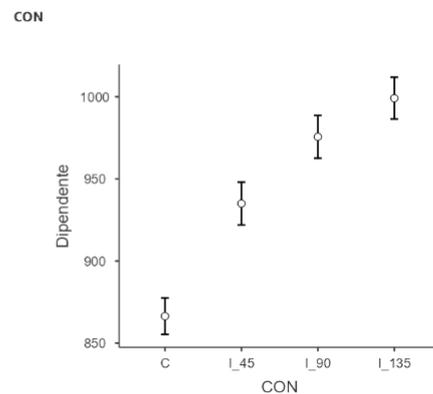


Figura 2.3. Tabella risultati ANOVA su TR con grafico

Riguardo invece i T test effettuati per andare a verificare la possibile presenza di un effetto Stroop e determinare se l'effetto stesso aumenti con l'aumento del livello di incongruenza degli stimoli presentati, le analisi hanno mostrato i seguenti risultati:

-Confronti tra I_45, I_90, I_135 e la condizione di controllo (C):

I confronti tra le condizioni incongruenti (I_45, I_90, I_135) e la condizione di controllo (C) mostrano valori di statistica t molto alti (14,42, 19,96 e 23,61 rispettivamente) e un p-value molto basso (<0,001 in tutti i casi), indicando che le differenze sono altamente significative.

Le dimensioni dell'effetto (d di Cohen) per questi confronti sono elevate (1,831, 2,534 e 2,999), suggerendo un effetto di grande entità. Questo indica che l'effetto

Stroop è presente e robusto, in quanto le condizioni incongruenti influenzano significativamente i tempi di risposta rispetto alla condizione di controllo.

-Confronti tra diverse condizioni incongruenti (I_90 vs. I_45 e I_135 vs. I_90):
 Il confronto tra I_90 e I_45 mostra una statistica t di 7,81 e una dimensione dell'effetto di 0,992, mentre il confronto tra I_135 e I_90 mostra una statistica t di 4,89 e una dimensione dell'effetto di 0,621. Anche in questi casi, i p-value sono <0,001, indicando differenze significative tra le condizioni incongruenti di diverso grado.

Questi risultati indicano che l'effetto Stroop aumenta con l'aumentare dell'incongruenza degli stimoli. Ad esempio, passando da una incongruenza moderata (I_45) a una più marcata (I_90 e I_135), l'effetto diventa più forte, come evidenziato dalle dimensioni dell'effetto che, sebbene ridotte rispetto ai confronti con il controllo, rimangono comunque significative.

Risultati simili sono evidenziabili anche per quanto riguarda i risultati dell'ANOVA dell'angolo di partenza cui dati permettono di evidenziare un effetto significativo della congruenza ed un aumento dell'angolo all'aumentare del grado di incongruenza dello stimolo (Figura 2.4).

ANOVA a Misure Ripetute

Effetti Entro i Soggetti					
	Somma dei Quadrati	gdl	Media Quadratica	F	p
MR Fattore 1	95841	3	31947	176	<.001
Residuo	33225	183	182		

Nota. Somma dei quadrati Tipo 3

[3]

Effetti Tra Soggetti					
	Somma dei Quadrati	gdl	Media Quadratica	F	p
Residuo	28032	61	460		

Nota. Somma dei quadrati Tipo 3

Medie Marginali Stimate

MR Fattore 1

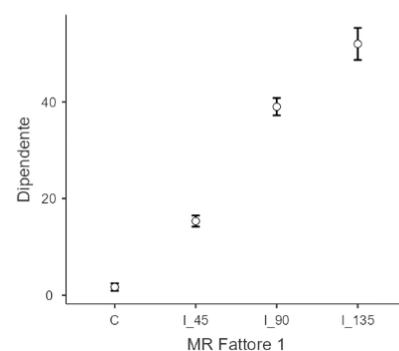


Figura 2.4. Risultati ANOVA per l'angolo di partenza con grafico.

Per quanto riguarda invece i T-test eseguiti sui dati relativi all'angolo di partenza:

-Confronti tra condizioni incongruenti (I_45, I_90, I_135) e la condizione di controllo (C):

I_45 vs. C: la statistica t è 10,16 con 61 gradi di libertà (gdl) e un valore di $p < 0,001$. La dimensione dell'effetto (d di Cohen) è 1,290.

I_90 vs. C: la statistica t è 19,30 con 61 gdl e un valore di $p < 0,001$. La dimensione dell'effetto è 2,451.

I_135 vs. C: la statistica t è 19,30 con 61 gdl e un valore di $p < 0,001$. La dimensione dell'effetto è 2,451.

Questi risultati indicano che l'effetto Stroop è presente in tutte e tre le condizioni incongruenti (I_45, I_90, I_135) rispetto alla condizione di controllo (C). Le dimensioni dell'effetto sono grandi (superiori a 1), suggerendo che la differenza tra le condizioni congruenti e incongruenti per quanto riguarda l'angolo di partenza è marcata e statisticamente significativa.

-Confronti tra diverse condizioni incongruenti:

I_90 vs. I_45: la statistica t è 15,94 con 61 gdl e un valore di $p < 0,001$. La dimensione dell'effetto è 2,024. Questo confronto mostra che c'è una differenza significativa tra le condizioni I_90 e I_45, con una dimensione dell'effetto abbastanza grande, suggerendo che l'incongruenza più marcata (I_90 rispetto a I_45) aumenta l'effetto Stroop.

I_135 vs. I_90: la statistica t è 4.47 con 61 gdl e un valore di $p < 0,001$. La dimensione dell'effetto è 0,568. Questi risultati indicano che passando da una incongruenza moderata (I_45) a una più marcata (I_90 e I_135), l'effetto diventa più forte ma il passaggio ad un'incongruenza più marcata fa sì aumentare l'effetto, ma in maniera statisticamente più debole rispetto a i dati riportati per quanto riguarda i TR.

Per quanto riguarda invece i dati emersi dall'ANOVA effettuata sui dati riguardanti l'area sotto la curva (AUC) invece otteniamo sì, un effetto significativo per quanto riguarda la congruenza ma con dei dati che non aumentano in maniera lineare all'aumentare dell'AUC (Figura 2.5). Infatti, se l'area sotto la curva è effettivamente minore in casi di congruenza dei trial attraverso i dati raccolti rileviamo un aumento

dell'AUC maggiore in casi di incongruenza di 90° e, invece, minore in casi di incongruenza di 135°.

ANOVA a Misure Ripetute

Effetti Entro i Soggetti					
	Somma dei Quadrati	gdl	Media Quadratica	F	p
MR Fattore 1	9.79e+9	3	3.26e+9	139	< .001
Residuo	4.28e+9	183	2.34e+7		

Nota. Somma dei quadrati Tipo 3

(3)

Effetti Tra Soggetti					
	Somma dei Quadrati	gdl	Media Quadratica	F	p
Residuo	1.69e+10	61	2.77e+8		

Nota. Somma dei quadrati Tipo 3

Medie Marginali Stimate

MR Fattore 1

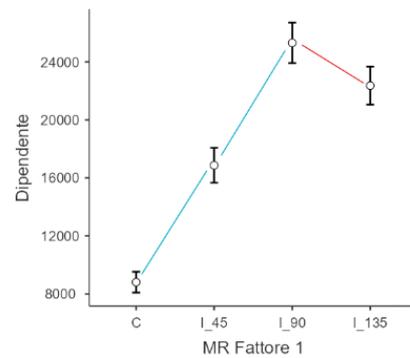


Figura 2.5. risultati ANOVA per l'AUC con grafico.

Per quanto riguarda invece i T-test eseguiti sui dati relativi all'AUC:

-Confronti tra condizioni incongruenti (I_45, I_90, I_135) e la condizione di controllo (C):

I_45 vs. C: La statistica t è 10,63 con 61 gradi di libertà (gdl) e un valore di $p < 0,001$. La dimensione dell'effetto (d di Cohen) è 1,350.

I_90 vs. C: La statistica t è 14,17 con 61 gdl e un valore di $p < 0,001$. La dimensione dell'effetto è 1,799.

I_135 vs. C: La statistica t è 13,82 con 61 gdl e un valore di $p < 0,001$. La dimensione dell'effetto è 1,755.

Anche questi risultati indicano che l'effetto Stroop è presente in tutte e tre le condizioni incongruenti (I_45, I_90, I_135) rispetto alla condizione di controllo (C). Le dimensioni dell'effetto sono grandi (tutte e tre > 1), suggerendo anche qui che la differenza tra le condizioni congruenti e incongruenti per quanto riguarda l'area sotto la curva è marcata e statisticamente significativa.

-Confronti tra diverse condizioni incongruenti:

I_90 vs. I_45: la statistica t è 9,94 con 61 gdl e un valore di $p < 0,001$. La dimensione dell'effetto è 1,263. Questo confronto mostra che c'è una differenza significativa tra le condizioni I_90 e I_45, con una dimensione dell'effetto abbastanza grande, suggerendo che l'incongruenza più marcata (I_90 rispetto a I_45) aumenta l'effetto Stroop.

I_135 vs. I_90: La statistica t è -3,79 con 61 gdl e un valore di $p = 1,000$. La dimensione dell'effetto è -0,481. Questo confronto ha un valore di p che non è significativo (1,000) e una dimensione dell'effetto negativa, indicando che non c'è una differenza significativa tra le condizioni I_135 e I_90.

CAPITOLO III - Discussione e conclusioni

3.1 Discussione

Gli obiettivi di questo studio erano diversi: in primo luogo, confermare la validità del paradigma dello Stroop spaziale come strumento efficace per misurare l'interferenza cognitiva. In secondo luogo, esplorare come la manipolazione del grado di incongruenza influisca sul controllo cognitivo adottato dai partecipanti. Nello specifico, lo studio mirava a dimostrare che, aumentando il livello di incongruenza tra gli angoli degli stimoli presentati (45°, 90° e 135°), i partecipanti sarebbero stati spinti a utilizzare livelli maggiori di controllo cognitivo, in particolare: il controllo reattivo.

Come descritto nel primo capitolo, il controllo reattivo è una forma di controllo cognitivo che si attiva in risposta a un conflitto o a una difficoltà imprevista che emerge durante l'esecuzione di un compito. Nel caso del test Stroop classico, il controllo reattivo interviene quando il partecipante incontra una parola cui colore dell'inchiostro non corrisponde al significato della parola stessa. Davanti a questa incongruenza il nostro cervello rileva la presenza di un conflitto tra le informazioni, e tra le due risposte da loro elicitate, ed è a questo punto che entra in gioco il controllo reattivo che si attiva per cercare di risolvere il conflitto permettendo al partecipante di ignorare il significato della parola e concentrarsi sul colore dell'inchiostro, e dare la risposta corretta. Nel nostro caso il controllo reattivo entra in gioco quando davanti al partecipante si presenta un trial di tipo incongruente con un distrattore che può essere di 45°, 90° o 135°, facendo sì che venga ignorato il distrattore e corretta la traiettoria del mouse verso il target finale corretto.

Il controllo proattivo è invece una forma di controllo cognitivo che si basa sulla preparazione anticipata. Dunque, in questo caso, il cervello usa le informazioni presenti nell'ambiente (solitamente indicanti una qualche forma di regolarità statistica negli eventi relativi al compito da eseguire) per preparare ed attivare in maniera anticipata le risorse cognitive per cercare di prevenire o diminuire l'interferenza prima che essa si manifesti. Nel nostro esperimento, però, non erano disponibili fonti di informazioni che potessero far mettere in atto il controllo proattivo, quindi, il partecipante poteva solamente mettere in atto una forma di controllo

cognitivo reattivo una volta che lo stimolo è comparso, e soprattutto durante l'esecuzione della risposta errata, per correggerla.

L'obiettivo però principale dello studio era esaminare in modo approfondito se e come l'effetto Stroop cambiava in relazione al grado di incongruenza degli stimoli presentati ai partecipanti. In altre parole, il nostro intento era quello di capire se l'intensità dell'interferenza cognitiva, misurata come l'effetto Stroop, aumentava, diminuiva o rimaneva costante a seconda della discordanza tra il la freccia piccola (target) e quella più grande (distrattore).

Grazie all'impiego della tecnica del mouse-tracking, che consente di esplorare in dettaglio l'evoluzione dinamica del processo decisionale e l'aggiornamento in tempo reale della risposta motoria, è stato possibile ottenere una visione più completa dei meccanismi sottostanti alla risoluzione dell'interferenza cognitiva. Questa metodologia avanzata permette di monitorare in modo continuo il movimento del mouse, offrendo un'analisi dettagliata di come le decisioni vengono formulate e modificate durante l'esecuzione del compito. In particolare, lo studio ha preso in considerazione una serie di misure chiave per valutare questi processi: i tempi di risposta, che indicano la velocità con cui i partecipanti rispondono agli stimoli; l'angolo di partenza, che rivela l'iniziale direzione di inclinazione del cursore e può suggerire l'esistenza di conflitti cognitivi o incertezze nelle prime fasi del processo decisionale, e l'area sotto la curva, una misura complessa che cattura la deviazione totale del movimento del mouse dalla traiettoria ideale, fornendo indizi preziosi sulla natura del conflitto e sul grado di difficoltà incontrato durante la risoluzione dell'interferenza.

Queste misure congiunte offrono una panoramica dettagliata non solo delle tempistiche di risposta, ma anche delle strategie cognitive e motorie adottate dai partecipanti per gestire e risolvere i conflitti cognitivi.

Per tutte le misure abbiamo rilevato delle differenze significative tra i trial congruenti e quelli incongruenti nelle varie condizioni di incongruenza da noi proposte (ovvero di 45°, 90° e 135°). Analizzando i diversi trial sperimentali, abbiamo notato un chiaro peggioramento delle prestazioni nei trial incongruenti rispetto a quelli congruenti (sia in termini di TR, che di angolo di partenza e di AUC) andando quindi a confermare

l'ipotesi che quando l'incongruenza è alta la prestazione ne risente a causa di un'elevata interferenza.

L'effetto Stroop viene calcolato come la differenza di prestazioni tra le prove congruenti e quelle incongruenti e, come abbiamo potuto vedere dai risultati ottenuti (riportati nel capitolo precedente), l'andamento dell'effetto Stroop riflette il cambiamento nel grado di incongruenza.

In altre parole, un maggiore livello di incongruenza porta a un incremento dell'effetto Stroop, indicando un aumento dell'interferenza cognitiva.

Per rafforzare ulteriormente le nostre ipotesi e ottenere una comprensione più approfondita della relazione tra incongruenza e interferenza cognitiva, abbiamo condotto confronti pianificati.

Il primo confronto ha preso in esame le condizioni a 45° e 90°, focalizzandosi su come l'effetto Stroop vari tra questi due gradi di incongruenza. Analizzando tutte e tre le misure considerate (tempi di reazione, angolo di partenza, e area sotto la curva) abbiamo potuto osservare un chiaro incremento dell'effetto nel passaggio da un'incongruenza meno pronunciata (45°) a una più evidente (90°), dunque il passaggio da una condizione di incongruenza minore a una maggiore ha determinato un aumento significativo dell'interferenza cognitiva, come evidenziato dai dati raccolti. Questo risultato suggerisce che un livello più elevato di incongruenza amplifica la difficoltà nel processo decisionale, richiedendo un coinvolgimento più intenso del controllo cognitivo per gestire e risolvere il conflitto che si presenta durante lo svolgimento della prova. Nello specifico, l'aver osservato un minor effetto Stroop per la condizione 45°, caratterizzata da un grado di incongruenza minore, suggerisce che i partecipanti sono stati in grado di esercitare un controllo più efficace.

Per quanto riguarda invece il secondo confronto, tra la condizione 90° e 135° non abbiamo rilevato risultati così univoci tra le tre misure come invece nel primo confronto a causa dell'effetto di attrazione orizzontale esercitato dall'AUC per le risposte errate.

Quindi per quanto riguarda i TR e l'angolo di partenza possiamo pensare ad un ragionamento simile a quello effettuato per il confronto tra 45° e 90°, andando

dunque a suggerire anche in questo caso che un livello più elevato di incongruenza amplifica la difficoltà nel processo decisionale richiedendo un coinvolgimento più intenso del controllo cognitivo per gestire e risolvere il conflitto, andando a confermare ciò riportato sopra. Per quanto riguarda i dati riportati dall'area sotto alla curva, i risultati non sono significativi a causa dell'effetto di attrazione orizzontale esercitato dall'AUC sulle risposte errate. Questo fenomeno accade perché l'AUC (insieme anche ad altre misure di attrazione della risposta sbagliata come ad esempio la deviazione massima) assume questi valori specifici perché la risposta posizionata a 90° si trova più lontana orizzontalmente rispetto alle altre due opzioni. In altre parole, l'area sotto la curva è essenzialmente una misura di deviazione orizzontale delle risposte, che tende a riflettere un allontanamento verso destra rispetto alla posizione centrale. In questa maniera la distanza maggiore della risposta a 90° influisce in maniera significativa sui calcoli dell'AUC, evidenziando una maggiore attrazione orizzontale nelle risposte errate. Questa argomentazione sostiene quindi che la risposta a 90° sia posizionata più lontano orizzontalmente rispetto alle altre opzioni, e che questa distanza influisca sui valori dell' AUC, tuttavia per confermare questa ipotesi, sarebbe fondamentale condurre ulteriori studi per verificare se la posizione della risposta a 90° abbia relativamente un impatto significativo sull'AUC tenendo in considerazione anche altre variabili che potrebbero andare ad influenzare l'area sotto la curva.

3.2 Conclusioni

In generale, le nostre ipotesi iniziali sono state confermate dai risultati riportati. Il nostro scopo era quello di andare a verificare la validità di questo paradigma sperimentale nella rilevazione dell'effetto Stroop e dimostrare che le prestazioni tra le prove congruenti e quelle incongruenti differiscono significativamente. In particolare, ci interessava determinare se le prestazioni dei soggetti miglioravano o peggioravano in relazione all'aumento dell'incongruenza degli stimoli.

I dati raccolti hanno supportato le nostre ipotesi, mostrando che un aumento del livello di interferenza causa un aumento dell'interferenza cognitiva, e quindi un peggioramento delle prestazioni.

In conclusione, possiamo affermare che la nostra manipolazione sperimentale si è dimostrata efficace nel rilevare e manipolare il conflitto di tipo Stroop, mostrando in modo chiaro l'impatto di tale conflitto nelle prestazioni dei partecipanti. Grazie a questo paradigma siamo stati in grado non solamente di rilevare l'effetto Stroop ma anche di osservare come le prestazioni e il comportamento dei partecipanti variassero al variare dei livelli di incongruenza degli stimoli. Questi risultati ci hanno permesso di ottenere una maggiore comprensione dei meccanismi con cui i soggetti gestiscono e risolvono il conflitto a livello cognitivo.

BIBLIOGRAFIA

Banich, M. T. (2009). Executive Function: The Search for an Integrated Account. *Current Directions in Psychological Science*, 18(2), 89-94.

<https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2009.01615.x>

Banich, M. T. (2019). The Stroop effect occurs at multiple points along a cascade of control: Evidence from cognitive neuroscience approaches. *Frontiers in Psychology*, 10, 2164.

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

<https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.12.010>

Cohen, J. D., Dunbar, K., & McClelland, J. L. (1990). On the control of automatic processes: A parallel distributed processing account of the Stroop effect. *Psychological Review*, 97(3), 332–361. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.97.3.332>

Freeman, J. B., Dale, R., & Farmer, T. A. (2011). Hand in motion reveals mind in motion. *Frontiers in psychology*, 2, 59.

Friedman, N.P., Robbins, T.W. The role of prefrontal cortex in cognitive control and executive function. *Neuropsychopharmacol.* 47, 72–89 (2022).

<https://doi.org/10.1038/s41386-021-01132-0>

Goodale, M. A., Pelisson, D., & Prablanc, C. (1986). Large adjustments in visually guided reaching do not depend on vision of the hand or perception of target displacement. *Nature*, 320(6064), 748-750.

Gratton, G., Cooper, P., Fabiani, M., Carter, C. S., & Karayanidis, F. (2018). Dynamics of cognitive control: Theoretical bases, paradigms, and a view for the future. *Psychophysiology*, 55(3), e13016.

Irlbacher, K., Kraft, A., Kehrer, S., & Brandt, S. A. (2014). Mechanisms and neuronal networks involved in reactive and proactive cognitive control of interference in working memory. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 46, 58-70.

MacLeod, C. M. (1991). Half a century of research on the Stroop effect: An integrative review. *Psychological Bulletin*, 109(2), 163–203.

<https://doi.org/10.1037/0033-2909.109.2.163>

Menon, V., D'Esposito, M. The role of PFC networks in cognitive control and executive function. *Neuropsychopharmacol.* 47, 90–103 (2022).

<https://doi.org/10.1038/s41386-021-01152-w>

Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual review of neuroscience*, 24(1), 167-202.

Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive psychology*, 41(1), 49-100.

Rosinski, R. R., Golinkoff, R. M., & Kukish, K. S. (1975). Automatic Semantic Processing in a Picture-Word Interference Task. *Child Development*, 46(1), 247–253. <https://doi.org/10.2307/1128859>

Starreveld, P. A., & La Heij, W. (2017). Picture-word interference is a Stroop effect: A theoretical analysis and new empirical findings. *Psychonomic bulletin & review*, 24, 721-733.

Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of experimental psychology: General*, 18, 643-662.

Viviani, G., Visalli, A., Montefinese, M., Vallesi, A., & Ambrosini, E. (2023). The Stroop legacy: A cautionary tale on methodological issues and a proposed spatial solution. *Behavior Research Methods*, 1-28.