



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Psicologia Generale (DPG)

Corso di laurea in Scienze psicologiche cognitive e psicobiologiche

Elaborato finale

**Effetti impliciti della sinestesia giorno-colore in L1 e L2: uno studio con Stroop
sinestetico**

Implicit effects of day-color synesthesia in L1 and L2: a study using the synesthetic Stroop

Relatrice

Prof.ssa Mariagrazia Ranzini

Laureando: Aaron Ariselli

Matricola: 2115763

Anno accademico 2025/2026

INDICE

PREMESSA.....	1
1.INQUADRAMENTO DELLA RICERCA	2
1.1 Panoramica sulla sinestesia.....	2
1.2 Neuroanatomia della sinestesia.....	4
1.3 Le teorie.....	6
1.4 Classificazione per modalità sensoriale.....	7
1.5 Pupillometria.....	9
1.6 Perché studiare la sinestesia.....	10
1.7 Obiettivi ed ipotesi sperimentali.....	12
2. METODOLOGIA DELLA RICERCA.....	15
2.1 Partecipanti.....	15
2.2 Materiali e procedura della sessione di screening.....	16
2.3 Preparazione stimoli	19
2.4 Materiali e procedura della sessione sperimentale.....	21
3. RISULTATI.....	26
3.1 Descrizione dei risultati.....	26
3.2 Discussione.....	29
3.3 Limiti dello studio.....	30
3.4 Sviluppi futuri.....	31
3.5 Conclusioni	32
4.RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	33

PREMESSA

Il presente elaborato descrive uno studio volto a esplorare gli effetti impliciti della sinestesia giorno-colore nella lingua madre e le eventuali differenze nella seconda lingua, utilizzando come paradigma un compito di Stroop sinestetico.

La ricerca si colloca all'interno di un progetto avviato nel 2025; nel corso del testo si farà più volte riferimento a tale studio preliminare, per il cui approfondimento si rimanda all'elaborato di F. Sammartano e M. Meneghello.

La prima parte dell'elaborato fornisce un'introduzione teorica sulla sinestesia, con l'obiettivo di rendere lo studio comprensibile a tutti i lettori. Segue la descrizione degli obiettivi e delle ipotesi della ricerca.

Il secondo capitolo presenta la metodologia adottata, che comprende la selezione dei partecipanti, gli strumenti utilizzati, la creazione e la somministrazione degli stimoli, nonché la gestione di eventuali situazioni atipiche.

Il terzo e ultimo capitolo riporta i risultati, seguiti da un'analisi e da un confronto con quelli ottenuti nello studio del 2025. In particolare, vengono analizzati i dati relativi alla fenomenologia e alle caratteristiche di manifestazione della sinestesia, ottenuti attraverso le risposte comportamentali dei partecipanti.

Vengono infine discussi i risultati, i limiti dello studio e i possibili sviluppi futuri.

1 INQUADRAMENTO DELLA RICERCA

1.1 Panoramica sulla sinestesia

Il cervello umano rappresenta uno dei sistemi biologici più complessi conosciuti, capace di integrare informazioni multisensoriali, generare comportamenti adattivi e sostenere funzioni cognitive di elevata complessità. Nonostante i notevoli progressi delle neuroscienze, molti dei meccanismi che sottendono tali processi rimangono ancora parzialmente compresi, in particolare per quanto riguarda le modalità con cui l'esperienza soggettiva emerge dall'attività neurale. All'interno di questo quadro, alcuni fenomeni percettivi si distinguono per la loro natura atipica e per la loro distribuzione non uniforme nella popolazione. Si tratta di condizioni in cui l'elaborazione sensoriale devia dai pattern comunemente osservati, offrendo al contempo una finestra privilegiata per indagare l'organizzazione funzionale del cervello. Tra questi fenomeni, la sinestesia occupa un ruolo di particolare interesse.

Lo studio della sinestesia ha avuto inizio oltre due secoli fa, precisamente nel 1812 grazie ai lavori di Georg Tobias Ludwig Sachs (Jewanski et al, 2009).

Non è possibile descrivere la sinestesia limitandosi alla dicitura "fenomeno caratterizzato da un'anomala percezione sensoriale" (Simner & Ward, 2006) o come un'esperienza "consistente nel tempo" (Brang & Ramachandran, 2010). Queste definizioni, sebbene utili, catturano solo parzialmente la natura di questa condizione e non ne esiste ancora una definizione univoca, data la complessità e la varietà delle sue manifestazioni.

In questo elaborato la sinestesia è considerata come un fenomeno neuropsicologico raro e non patologico, caratterizzato dall'integrazione involontaria, automatica e costante fra due categorie sensoriali. Tale condizione si verifica quando, in seguito alla percezione di uno stimolo definito "induttore", si manifesta, secondo le caratteristiche sopra descritte, un secondo stimolo "concorrente", appartenente ad un diverso canale sensoriale, senza che quest'ultimo venga effettivamente stimolato (Grossenbacher, 1997).

Per molto tempo, la consistenza è stata l'unica proprietà fondamentale per identificare un individuo come sinesteta (Ovalle et al 2019), attraverso test standardizzati detti test della genuinità (Eagleman, 2007). Solo recentemente questo paradigma è stato messo in discussione e alla consistenza è stata affiancata la forza (misurata attraverso l'Implicit

Association Test, IAT) come marker oggettivo della sinestesia (Lacey et al, 2021). In particolare, questo test valuta la velocità con cui il sinesteta associa gli stimoli induttori ai concorrenti rispetto a stimoli di controllo: un'associazione più rapida e automatica indica una maggiore forza sinestetica.

Il fenomeno sinestetico presenta una grande variabilità interindividuale, esistono infatti diverse proprietà che caratterizzano il fenomeno sinestetico. La classificazione maggiormente diffusa è adottata anche in questo elaborato, essa si basa sulle caratteristiche dello stimolo induttore e del concorrente (vedi capitolo “I diversi tipi di sinestesia”).

Una diversa proprietà che può presentare il fenomeno sinestetico riguarda il rapporto tra i due canali sensoriali, esso può essere unidirezionale, quando vi è una corrispondenza fissa tra induttore e concorrente, oppure bidirezionale, quando l'integrazione delle due modalità sensoriali è reciproca.

Ulteriore distinzione, proposta da Ramachandran e Hubbard (2001), si basa sulle caratteristiche dell'evento induttore: si parla di lower synesthesia quando l'evento concorrente viene esperito in funzione di specifiche proprietà sensoriali dell'induttore. Nel caso della sinestesia grafema-colore, per esempio, si riesce a percepire il colore associato ad una lettera solo se questa è scritta in un determinato font. Si parla, invece, di higher synesthesia quando il concorrente viene esperito in funzione di caratteristiche concettuali o semantiche dell'induttore; per esempio nella sinestesia grafema colore viene percepito un colore quando l'induttore rappresenta concettualmente una quantità o un periodo, come un mese o un giorno.

Vi è la possibilità anche di categorizzare il fenomeno sinestetico in base al luogo dove l'evento concorrente viene percepito dal sinesteta. Esistono, infatti, sinesteti definiti “proiettori”, i quali localizzano l'evento in una porzione dello spazio reale, e sinesteti “associatori”, che, invece, lo localizzano all'interno della propria mente (Dixon et al, 2004).

Un ulteriore criterio distintivo riguarda l'origine della sinestesia. Infatti, oltre alle forme congenite, esistono casi di sinestesia acquisita, questo accade quando il fenomeno sinestetico inizia ad essere esperito in seguito ad una patologia, un trauma o dopo l'assunzione di sostanze allucinogene (Afra et al, 2009). È inoltre possibile sviluppare

uno stato temporaneo di sinestesia attraverso determinate pratiche, come la danza o le arti meditative (Havsteen-Franklin & Perboni, 2025)

Riguardo la sinestesia sviluppata esistono diverse teorie che provano a spiegare il fenomeno. Queste teorie verranno discusse nel capitolo dedicato alle teorie sull'origine e sullo sviluppo della sinestesia, dopo aver esaminato il funzionamento cerebrale e le basi neurali del fenomeno.

1.2 Neuroanatomia della sinestesia

1.2.1 Il cervello

A livello microscopico, il cervello è costituito da un'immensa rete di neuroni in comunicazione tra loro. I neuroni sono cellule alla base del sistema nervoso e responsabili della trasmissione ed elaborazione informazioni. Un neurone si può suddividere in soma, assone e dendriti. Soma e dendriti formano la materia grigia, responsabile dell'elaborazione delle informazioni. Gli assoni, invece, formano la sostanza bianca, ovvero l'insieme dei canali che permettono il passaggio dell'informazione tra diverse regioni cerebrali.

La comunicazione neuronale non è esclusivamente unidirezionale. Dopo che l'informazione viene trasmessa da un'area cerebrale ad un'altra, si verifica un feedback dall'area ricevente verso quella che ha inviato il segnale. Questo meccanismo trova utilità in diversi contesti, tra cui la selezione di informazioni rilevanti in un ambiente rumoroso, o l'inibizione di informazioni irrilevanti.

A livello macroscopico, il cervello è organizzato in quattro lobi, parietale, occipitale, frontale e temporale, ciascuno implicato in diverse funzioni. A loro volta, questi sono suddivisi in diverse specifiche aree. Le aree maggiormente coinvolte nella sinestesia grafema-colore sono l'area visiva, la quale permette di vedere i colori o leggere i grafemi, e le aree associative.

L'area visiva primaria (V1) è situata nel lobo occipitale e rappresenta il primo stadio dell'elaborazione dell'informazione visiva. Le informazioni vengono trasmesse alle aree visive secondarie (V2, V3, V4, V5), le quali elaborano caratteristiche via via più complesse. L'area V5 è, per esempio, coinvolta nella percezione del movimento, mentre l'area V4 è specializzata nell'elaborazione del colore.

L'informazione visiva segue poi due diverse vie di elaborazione. La via dorsale (detta anche "via del dove") è diretta verso il lobo parietale e permette l'elaborazione spaziale dell'informazione. La via ventrale (detta "via del cosa") è invece diretta verso il lobo temporale e consente il riconoscimento di oggetti e forme astratte, come le lettere.

Le aree associative visive sono localizzate nel lobo temporale e parietale. Esse permettono l'integrazione delle informazioni con conoscenze pregresse e memorie, facendo sì che lo stimolo non sia una semplice sensazione, ma diventi dotato di significato. In particolare, la lettura e riconoscimento dei grafemi risulta possibile grazie alla VWFA (Visual Word Form Area), dove le lettere vengono riconosciute come unità ortografiche astratte. Attraverso la collaborazione con le aree temporali e frontali del linguaggio, i grafemi vengono infine associati ai suoni e al significato appropriato.

1.2.2 Basi neurali della sinestesia

Lo studio della sinestesia può avvenire secondo diversi paradigmi: comportamentali, fisiologici e neurofisiologici. In particolare, questi ultimi si avvalgono di strumenti come l'elettroencefalogramma (EEG) o la risonanza magnetica funzionale (fMRI). Grazie a queste tecniche è stato possibile localizzare le aree cerebrali attive durante l'esperienza sinestetica.

Le regioni cerebrali maggiormente attive durante l'esperienza sinestetica variano in funzione del tipo di sinestesia. Secondo uno studio recente (Ogut, 2025), l'area maggiormente correlata alla sinestesia grafema-colore sarebbe il giro fusiforme. Questa struttura, responsabile del riconoscimento degli oggetti, svolge un ruolo cruciale nell'elaborazione visiva dei grafemi e della successiva associazione con i colori.

Un altro tipo di sinestesia relativamente diffuso è quella suono-colore. In questo caso, l'area maggiormente correlata è la corteccia parietale posteriore (PPC), coinvolta nell'integrazione multimodale uditivo-visiva. Infine, in una variante meno comune, la sinestesia lessico-gustativa (in cui le parole evocano sapori), è stata rilevata una moderata attivazione dell'insula, regione implicata nella percezione gustativa e nell'elaborazione emotiva.

Emergono differenze neuroanatomiche anche tra sinesteti proiettori e associatori. Nei proiettori, che sperimentano il percetto sinestetico nello spazio reale, l'attivazione

coinvolge direttamente il giro fusiforme e V4, così che l'esperienza venga vissuta come più simile ad una vera e propria percezione. Negli associatori, invece, risultano maggiormente coinvolte la corteccia parietale posteriore (PPC), le aree associative parietali e i lobi temporali. Queste regioni sono implicate nell'integrazione multisensoriale di ordine superiore, nell'attenzione e nella memoria semantica, piuttosto che nell'elaborazione sensoriale primaria (Rouw & Scholte, 2007).

1.3 Teorie

Come già sottolineato, la sinestesia è un fenomeno molto variegato e complicato da definire. Di conseguenza, anche le teorie che provano a spiegarne l'origine e il funzionamento sono molteplici e talvolta concorrenti.

Attualmente sono tre i modelli teorici maggiormente accreditati.

1.3.1 Teoria dell'iperconnettività strutturale

La teoria dell'iperconnettività strutturale è stata proposta da Hubbard e Ramachandran (2001), sostiene che l'esperienza sinestetica sia dovuta ad un numero eccessivo e anomalo di connessioni neurali tra diverse aree cerebrali. In particolare, si ipotizza che tale iperconnettività sia dovuta a ciò che viene definito “relitto neonatale” (Maurer & Mondloch, 2005). Secondo questa teoria tutti i neonati possiedono un cervello iperconnesso. Buona parte di queste connessioni dovrebbe venire eliminata durante il normale processo di potatura sinaptica a cui è soggetto il cervello nel periodo infantile. Nei sinesteti, invece, alcune di queste connessioni persistono, dando origine alle atipiche esperienze multisensoriali. Nella sinestesia grafema colore saranno quindi le connessioni tra le aree visive e con altre aree associative a determinare il fenomeno sinestetico.

Questa teoria trova sostegno principalmente in studi di neuroimaging condotti su pazienti con sinestesia grafema-colore. Tuttavia, altri tipi di sinestesia non sembrano supportare pienamente questa ipotesi.

1.3.2 Teoria del feedback disinibito

Mentre la prima teoria cercava di spiegare la sinestesia attraverso aspetti strutturali del cervello, questa propone una spiegazione di tipo funzionale. La teoria del “Feedback disinibito”, infatti, afferma che la sinestesia sarebbe dovuta a meccanismi di integrazione

cross-modale, presenti in tutti gli individui. La differenza fondamentale nei sinesteti risiede nel fatto che il feedback proveniente dalle aree associative multisensoriali sarebbe iperattivo o disinibito, provocando quindi un'esperienza percettiva cosciente e automatica (Grossenbacher e Lovelace, 2001; Neufeld et al., 2012).

1.3.3 Teoria del vuoto semantico

Un terzo interessante modello teorico, proposto da Mroczko-Wąsowicz e Nikolić (2014), è noto come "*semantic vacuum hypothesis*", letteralmente "ipotesi del vuoto semantico". Questa teoria cerca di spiegare questo fenomeno a partire dal suo sviluppo in età infantile. Durante questo periodo, il cervello apprende nuovi concetti, alcuni dei quali sono particolarmente astratti e difficili da definire e comprendere per i bambini, come i giorni della settimana, i mesi o le lettere dell'alfabeto. Per rendere tali concetti più rappresentabili e accessibili, il cervello creerebbe delle associazioni tra questi e sensazioni maggiormente concrete, come i colori, dando così origine al fenomeno sinestetico. La sinestesia rappresenterebbe dunque una strategia neurale per "riempire" concetti semanticamente vuoti con esperienze sensoriali più solide. L'ipotesi del vuoto semantico trova inoltre un sostegno indiretto in studi di neuroimaging che mostrano una maggiore connettività strutturale tra aree visive e associative nei sinesteti grafema-colore, suggerendo che il "riempimento" del vuoto semantico possa avere un correlato anatomico specifico (Rouw & Scholte, 2007)

Queste tre teorie, sebbene differenti per il livello di spiegazione (strutturale, funzionale e cognitivo-evolutivo), non sono necessariamente mutualmente esclusive. Potrebbero anzi operare a livelli diversi nel determinare l'esperienza sinestetica.

1.4 Classificazione per modalità sensoriale

La classificazione per modalità sensoriale si basa sull'identificazione dei sensi e delle modalità sensoriali coinvolte nel fenomeno sinestetico. Essa rappresenta la tassonomia più comunemente utilizzata in letteratura e consente di distinguere le diverse forme di sinestesia in funzione della natura dell'evento induttore e dell'evento concorrente.

All'interno di tale classificazione è possibile operare un'ulteriore distinzione. La sinestesia può essere intra-sensoriale, quando l'evento induttore e l'evento concorrente coinvolgono il medesimo canale sensoriale: è il caso della sinestesia grafema-colore, in cui il canale

sensoriale attivato è esclusivamente quello visivo. In alternativa, la sinestesia può essere inter-sensoriale, come si osserva nella sinestesia visivo-tattile o uditivo-visiva, dove vengono coinvolte modalità sensoriali differenti.

Quanto alla tipologia degli eventi, gli induttori risultano più frequentemente di natura linguistica, gustativa, uditiva, olfattiva e tattile, mentre i concorrenti tipici sono rappresentati da colore, tatto e olfatto (Rogowska, 2011). Sebbene la letteratura meno recente stimasse l'esistenza di circa 60-80 tipi di sinestesia, studi più aggiornati riportano che sono state documentate fino a 150 forme distinte (Cytowic and Eagleman, 2009). È inoltre frequente che un medesimo individuo presenti simultaneamente diverse forme di sinestesia.

Studi epidemiologici condotti su ampi campioni hanno stimato che circa il 4% della popolazione generale manifesta almeno una forma di sinestesia. La prevalenza complessiva risulta di molto superiore rispetto a quanto ipotizzato in precedenza, quando si riteneva che il fenomeno interessasse solamente lo 0,05% della popolazione (Simner et al., 2006).

1.4.1 Sinestesia grafema-colore

La sinestesia grafema-colore rappresenta la forma maggiormente studiata e documentata in ambito scientifico, sebbene non costituisca la variante più comune nella popolazione generale. Essa è definita come la capacità di percepire una lettera o un numero specifico in associazione a un determinato colore. In termini più precisi, si tratta di un fenomeno per cui grafemi acromatici evocano in modo automatico e involontario l'esperienza di colori altamente specifici.

L'evento concorrente viene definito fotismo, termine che indica una sensazione visiva o un'esperienza sensoriale involontaria in cui vengono percepiti colori, luci o forme in associazione a stimoli di altra natura (acustici, tattili, olfattivi) o alla semplice visione di lettere e numeri.

Non rientrano in questa definizione la sinestesia giorno-colore e quella mese-colore. Esse costituiscono infatti tipologie indipendenti di sinestesia, in cui la percezione di un colore viene evocata rispettivamente dalla visione o dal pensiero di un giorno della settimana o

di un mese. La sinestesia giorno-colore rappresenta la variante più comune nella popolazione generale, con una prevalenza stimata intorno al 2,8% (Simner et al., 2006).

1.5 Pupillometria

La pupilla è un orifizio circolare situato al centro dell'iride, attraverso il quale penetrano i raggi luminosi. Il suo diametro varia in funzione delle condizioni ambientali grazie all'azione di due muscoli: il muscolo sfintere della pupilla, responsabile della costrizione, e il muscolo dilatatore della pupilla, responsabile della dilatazione. Questi sono controllati rispettivamente dal sistema nervoso parasimpatico e simpatico e permettono di ottimizzare la visione al variare della luminosità (Sirois & Brisson, 2014).

Oltre alla sua funzione ottica, la pupilla è strettamente collegata all'attività del sistema LC-NE (locus coeruleus-noradrenalina), coinvolto in processi quali attenzione, arousal e memoria. Di conseguenza, le variazioni del diametro pupillare possono riflettere cambiamenti nell'attività cognitiva. In particolare, è stata osservata una dilatazione pupillare in condizioni di aumento del carico cognitivo, dell'attenzione o dell'arousal emotivo (Sirois & Brisson, 2014).

La pupillometria è lo studio delle variazioni del diametro della pupilla in funzione dell'elaborazione cognitiva. Si tratta di una tecnica non invasiva ampiamente utilizzata nelle scienze cognitive e impiegata anche nello studio di fenomeni legati alla sinestesia (Paulsen & Laeng, 2006).

In linea con questi presupposti, diversi studi hanno dimostrato che la dilatazione pupillare rappresenta un indice sensibile del carico attentivo e delle risorse cognitive impiegate durante un compito. In particolare, lo studio di Lisi e colleghi (2015) ha mostrato che la dilatazione pupillare aumenta sistematicamente all'aumentare delle richieste del compito, riflettendo il carico attentivo "top-down" anche in condizioni in cui la stimolazione sensoriale rimane costante. Inoltre, l'ampiezza della dilatazione pupillare risulta correlata alla performance comportamentale, evidenziando una relazione tra carico cognitivo e accuratezza nel compito. Questi risultati supportano l'idea che la pupillometria costituisca un indice affidabile delle risorse cognitive impiegate durante l'elaborazione dell'informazione.

Nel presente studio, tale indice è stato utilizzato per indagare se la sinestesia possa rappresentare un vantaggio o un ostacolo nel riconoscimento di diversi stimoli, considerando l'elevata affidabilità del percetto sinestetico.

Nonostante i suoi vantaggi, la pupillometria presenta alcune limitazioni metodologiche. In primo luogo, la pupilla è fortemente influenzata dalle variazioni di luminosità, che producono effetti di ampiezza maggiore rispetto a quelli legati alla cognizione; è quindi necessario un rigoroso controllo della luminanza nell'ambiente sperimentale. Inoltre, la presenza di ammiccamenti (blink), inevitabili durante la registrazione, comporta la perdita di dati. Infine, fattori come la fatica possono influenzare il diametro pupillare nel corso dell'esperimento, introducendo potenziali variazioni non legate alle variabili di interesse (Sirois & Brisson, 2014).

1.6 Perché studiare la sinestesia

Al di là del suo valore intrinseco per le neuroscienze cognitive, la comprensione dei meccanismi sinestetici presenta ricadute applicative concrete e misurabili. L'analisi di come il cervello sinestetico integri spontaneamente i sensi fornisce un modello operativo per potenziare l'integrazione sensoriale nel cervello tipico. Questo capitolo esplora tre ambiti in cui tale modello si sta rivelando particolarmente fruttuoso.

1.6.1 Apprendimento

Un ambito applicativo della sinestesia nel contesto educativo riguarda la progettazione di didattiche inclusive che, pur nascendo per supportare studenti sinestetici, si rivelano efficaci per l'intera classe. La revisione sistematica di Sewell et al. (2025) evidenzia come strategie come una didattica facente utilizzo dell'integrazione multimodale (visiva, uditiva, tattile) e l'attenzione alla congruenza percettiva nei materiali didattici (Berger et al, 2021) migliorino la memoria di lavoro e l'apprendimento associativo non solo nei sinestetici, ma in tutti gli studenti. In particolare, la possibilità di associare liberamente colori a numeri o lettere e l'insegnamento esplicito di tecniche mnemoniche cross-modalità rappresentano strategie universali che riducono il carico cognitivo e favoriscono un apprendimento più profondo. Questi risultati supportano un approccio neurodiverso e universale alla didattica, in cui le peculiarità percettive di una minoranza diventano spunto per innovazioni a beneficio dell'intero gruppo classe.

1.6.2 Human Computer Interaction

Un ulteriore ambito applicativo della ricerca sulla sinestesia riguarda l'Interazione Uomo-Macchina (HCI). I principi di integrazione multisensoriale che caratterizzano il cervello sinestetico offrono infatti un modello progettuale per sviluppare interfacce più intuitive, immersive e accessibili, traducendo le associazioni cross-modalità spontanee in soluzioni tecnologiche a beneficio dell'utente. La revisione sistematica condotta da Corciulo e Bochicchio (2024) evidenzia come i principi sinestetici possano essere applicati per sviluppare interfacce multisensoriali capaci di integrare in modo coerente diverse modalità percettive, come vista, udito e tatto. Tra i principali ambiti applicativi emergono le tecnologie immersive, come la realtà virtuale e aumentata, in cui le associazioni sinestetiche contribuiscono a rafforzare il senso di presenza e coinvolgimento dell'utente. Un secondo ambito rilevante riguarda l'accessibilità, dove la traduzione tra canali sensoriali differenti consente di progettare soluzioni inclusive per utenti con disabilità, ad esempio convertendo informazioni sonore in stimoli visivi o tattili. Ulteriori applicazioni possibili riguardano l'ambito della presentazione dei dati, in cui l'uso combinato di più modalità sensoriali facilita la comprensione di informazioni complesse. Infine, l'approccio sinestetico si rivela utile anche per il design di interfacce più intuitive, in quanto permette di ridurre il carico cognitivo attraverso associazioni percettive ritenute naturali

1.6.3 Comorbidità

Diversi studi hanno mostrato come la sinestesia sia associata a pattern atipici di connettività cerebrale, caratterizzati da una maggiore integrazione tra aree sensoriali e regioni associative (Hubbard & Ramachandran, 2005). Tali configurazioni neurali risultano condivise con diversi disturbi, tra cui i disturbi dello spettro autistico (ASD), suggerendo l'esistenza di meccanismi comuni legati all'elaborazione multisensoriale. Studi empirici hanno evidenziato una maggiore prevalenza della sinestesia nella popolazione autistica, con percentuali significativamente superiori rispetto ai gruppi di controllo (Baron-Cohen, 2013). Ricerche successive hanno sottolineato come i sinesteti mostrino tratti cognitivi e percettivi tipici dell'autismo, quali ipersensibilità sensoriale e bias verso l'elaborazione dei dettagli (Van Leeuwen et al., 2020). Studi empirici hanno inoltre evidenziato una maggiore prevalenza di esperienze sinestetiche in popolazioni con ASD, suggerendo la presenza di basi genetiche e neurocognitive comuni (Bouvet et al.,

2019). Inoltre, la letteratura riporta associazioni tra specifiche forme di sinestesia e condizioni psichiatriche quali depressione, ansia e schizofrenia, indicando che particolari configurazioni cross-modali possano riflettere vulnerabilità cognitive condivise (Tilot et al., 2019). Nel complesso, questi risultati supportano l'ipotesi che la sinestesia non costituisca un fenomeno isolato, ma si collochi all'interno di uno spettro più ampio di neurodiversità, caratterizzato da variazioni nei processi di integrazione sensoriale e nella connettività cerebrale.

1.7 Obiettivi e ipotesi sperimentali

1.7.1 Obiettivi della ricerca

Il presente studio si propone il conseguimento dei seguenti obiettivi:

Individuazione e caratterizzazione del campione sinestetico: individuare un gruppo di soggetti che manifestino sinestesia di tipo grafema-colore o forme analoghe di associazione cross-modale. Tale fase è propedeutica a una comprensione approfondita della manifestazione fenomenologica dell'esperienza sinestetica e delle sue varianti individuali. Si auspica, inoltre, di instaurare con i partecipanti una collaborazione duratura che consenta, in prospettiva futura, di condurre ulteriori approfondimenti sul medesimo fenomeno.

Rilevazione degli effetti cognitivi e fisiologici della sinestesia: mira a verificare se e in quale misura il fenomeno sinestetico eserciti un'influenza misurabile sia sul piano comportamentale, in termini di tempi di reazione e accuratezza delle risposte, sia sul piano fisiologico, attraverso la registrazione delle variazioni del diametro pupillare. L'intento è quello di fornire un contributo empirico alla validazione dei dati già presenti nella letteratura di riferimento.

Analisi dell'effetto della lingua di presentazione degli stimoli: esplorare se la variazione della lingua in cui gli stimoli vengono presentati (L1 vs L2) produca una modulazione significativa degli effetti comportamentali e fisiologici associati alla sinestesia. Attraverso tale indagine si intende offrire un contributo originale allo studio del rapporto tra elaborazione linguistica ed esperienza sinestetica.

1.7.2 Fasi

Al fine di perseguire gli obiettivi sopra delineati, la ricerca è stata articolata in due fasi operative distinte.

Raccolta dei dati qualitativi: è stata condotta una prima sessione di screening mediante la somministrazione di un questionario preliminare, finalizzato all'individuazione di soggetti sinesteti disponibili a partecipare allo studio. I potenziali partecipanti così selezionati sono stati successivamente incontrati individualmente e sottoposti a un secondo questionario (Hubbard et al., 2009), volto a caratterizzare in modo approfondito la loro esperienza sinestetica soggettiva.

Raccolta dei dati quantitativi: sono state raccolte le associazioni sinestetiche riferite dai partecipanti in risposta a una serie di stimoli presentati. Sulla base di tali associazioni è stato progettato un compito cognitivo ispirato al paradigma dello Stroop sinestetico (Sammartano, 2025), in cui sono stati manipolati due fattori sperimentali: la lingua di presentazione degli stimoli (L1 vs L2) e il livello di congruenza degli stimoli rispetto alle associazioni sinestetiche individuali. Durante l'esecuzione del compito sono stati registrati sia dati comportamentali (tempi di reazione e accuratezza delle risposte) sia correlati fisiologici, rappresentati dalla variazione del diametro pupillare. Per una descrizione dettagliata del disegno sperimentale, degli stimoli impiegati e delle procedure adottate si rimanda al capitolo dedicato ai metodi.

1.7.3 Ipotesi sperimentali

Sulla base della letteratura esaminata e degli obiettivi sopra definiti, sono state formulate le seguenti ipotesi sperimentali.

Nella condizione di incongruenza tra stimolo e associazione sinestetica individuale, si ipotizza che i partecipanti sinesteti, rispetto al gruppo di controllo, manifestino:

- tempi di reazione significativamente più lunghi;
- un'accuratezza inferiore;
- un incremento del diametro pupillare.

Queste variabili sono indicatrici di un maggiore carico cognitivo e interferenza attentiva.

I medesimi effetti sono attesi anche nel confronto entro-soggetti, ovvero confrontando la prestazione dei sinesteti nella condizione incongruente con la loro prestazione nella condizione neutra. Tale pattern di risultati sarebbe attribuibile all'effetto interferenziale tipicamente osservato nel paradigma di Stroop sinestetico.

Nella condizione di congruenza, si ipotizza un effetto di facilitazione per il gruppo dei sinesteti, rilevabile attraverso:

- una riduzione dei tempi di reazione;
- un aumento dell'accuratezza;
- una riduzione del diametro pupillare rispetto alla condizione neutra.

Infine si ipotizza che gli effetti sopra descritti, sia di interferenza che di facilitazione, risultino più marcati nella condizione di presentazione in lingua madre (L1) rispetto alla condizione in seconda lingua (L2). Questa previsione è coerente con l'ipotesi dell'esistenza di una finestra temporale critica per l'acquisizione delle associazioni sinestetiche (Barnett et al., 2009), secondo cui gli stimoli appartenenti alla lingua appresa nella prima infanzia evocherebbero esperienze sinestetiche di maggiore intensità rispetto a quelli veicolati da una lingua acquisita in fasi successive dello sviluppo.

2. METODOLOGIA

La ricerca si è articolata in quattro fasi: reclutamento dei partecipanti, sessione di screening qualitativo, sessione sperimentale quantitativa e analisi dei dati. Di seguito vengono descritti i partecipanti, gli strumenti e la procedura delle prime tre fasi; l'analisi dei dati verrà esposta nelle sezioni successive.

2.1 Partecipanti

2.1.1 Reclutamento e criteri di inclusione

L'obiettivo di questa fase era la ricerca di un gruppo di sinesteti che manifestassero una forma sviluppata di sinestesia grafema-colore, con particolare attenzione alla variante giorno-colore, essendo la più comune. Il reclutamento è avvenuto attraverso un questionario di screening¹, costruito a partire dal Synesthesia Questionnaire² di Hubbard (Hubbard et al., 2009). Esso comprendeva: domande per rilevare la presenza di forme comuni di sinestesia, richieste di informazioni generali ed è stato aggiunto una sezione finale per il consenso a essere ricontattati, con relativa acquisizione dei dati di contatto.

Il criterio di inclusione per far parte del gruppo di sinesteti era rispondere affermativamente a entrambi i seguenti quesiti:

1. "Hai delle associazioni tra grafemi (lettere o numeri) e colori? In altre parole, quando vedi o pensi una lettera o una cifra, la vedi – o la immagini – colorata?"
2. "Hai associazioni tra giorni della settimana o i mesi dell'anno e i colori?"

¹Per prendere visione del questionario consultare il link:

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfQoLL92MCXd5XKXaAf31fpbN7IgHS78jd9maFsJKfopbTtgw/viewform>

²Per prendere visione del questionario consultare il link:

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScxG9vhqT46j6q8QY3wPxcpuaXywhMOOho5LU3ZD3aAl2FHkw/viewform?usp=dialog>

Il questionario di screening è stato creato tramite Google Moduli e condiviso via WhatsApp per un periodo di circa quattro mesi, a partire dal 10 febbraio. Sono state raccolte 209 risposte. Alla prima domanda hanno risposto affermativamente 97 persone (46%), alla seconda 152 (72%). I rispondenti che soddisfacevano entrambi i criteri e avevano acconsentito a essere contattati sono stati 87 (41%).

2.1.2 Composizione del campione finale

Dei 87 potenziali sinesteti, 12 hanno accettato di partecipare alla successiva sessione di screening, costituendo il gruppo di sinesteti. Per ciascun sinesteta è stato selezionato un partecipante di controllo, tratto dal medesimo campione di rispondenti, che non presentasse sinestesia grafema-colore. L'appaiamento è stato realizzato in base a manualità, sesso, età anagrafica, conoscenza della L1 e della L2 e livello di scolarizzazione, in modo tale che ogni coppia risultasse omogenea rispetto a queste variabili.

Il campione sperimentale finale è pertanto composto 12 sinesteti (età: range 19–26 anni, $M = 21,8$, $DS = 2,29$; 2 maschi, 10 femmine). Il livello di scolarizzazione è omogeneo, essendo tutti studenti universitari o laureati da non più di un anno. La totalità dei partecipanti è destrimane, a eccezione di un sinesteta. L'inglese costituisce la L2 per tutti, con competenze comprese tra il livello B1 e C2 del QCER; due partecipanti riportano lo spagnolo come L3 (entrambi livello B2). La L1 di ogni partecipante è l'italiano. Riguardo i tratti specifici della sinestesia il campione è caratterizzato come segue: 6 partecipanti sembrano possedere un tipo di sinestesia di tipo proiettivo, gli altri 3 sembrano invece sinesteti associatori.

Il gruppo di controllo è composto da 9 partecipanti, poiché solo 9 sinesteti dei 12 che hanno eseguito la prima sessione, hanno successivamente accettato di partecipare alla seconda sessione sperimentale, unica sessione svolta dal gruppo di controllo.

2.2 Materiali e procedura della sessione di screening

Una volta contattati i partecipanti si chiedeva un incontro ai laboratori di Psicologia Generale dell'Università di Padova, dove avveniva la sessione di screening, solo i partecipanti sinesteti prendevano parte a questa sessione.

La sessione durava circa 50 minuti e poteva iniziare solo dopo che i partecipanti avevano letto e firmato il modulo informativo e di consenso alla partecipazione e al trattamento dei dati.

La sessione si componeva di due compiti, finalizzati a ottenere una descrizione qualitativa approfondita della sinestesia e a misurare le associazioni cromatiche specifiche di ciascun sinesteta, propedeutiche alla costruzione degli stimoli per il successivo compito di Stroop sinestetico.

2.2.1 Questionario di Hubbard

È stato somministrato in formato digitale tramite Google Moduli. Rispetto alla versione di screening, il questionario completo includeva 51 domande (40 a risposta aperta e 11 a risposta multipla, tutte facoltative), suddivise in 6 sezioni. Le prime due riproponevano, con maggior dettaglio, i quesiti già posti in fase di reclutamento; le restanti quattro indagavano rispettivamente: fenomenologia di base della sinestesia, sviluppo, relazione tra sinestesia e mondo esterno, e percezione cosciente del fenomeno.

2.2.2 Compito di associazione cromatica

Per determinare il colore sinestetico associato a una serie di stimoli linguistici, è stata predisposta una presentazione PowerPoint. Ciascuno stimolo appariva al centro di uno schermo nero, scritto in colore bianco (font Aptos Bold, dimensione 170; si veda la Figura 1). Ai partecipanti veniva chiesto di colorare gli stimoli secondo il proprio fotismo, attraverso gli strumenti forniti dal software, il più accuratamente possibile.



Figura 1 Esempio di diapositiva da colorare secondo il proprio fotismo

Gli stimoli presentati sono stati: i sette giorni della settimana, i dodici mesi dell'anno, le 26 lettere dell'alfabeto inglese e le cifre da 0 a 9. Tutti gli stimoli, a eccezione delle cifre, sono stati presentati sia in lettere maiuscole sia in minuscole, allo scopo di verificare l'eventuale influenza del formato tipografico sulla percezione cromatica. Due sinesteti hanno riportato colori differenti in funzione di questo. Ogni stimolo era presentato nella L1 dei partecipanti, l'italiano (le associazioni cromatiche raccolte sono disponibili nella si veda la Figura 2). I dati ottenuti da questo compito sono stati utilizzati per impostare gli stimoli congruenti e incongruenti dello Stroop sinestetico somministrato nella successiva sessione sperimentale.

Figura 2 Tabella associazioni giorno-colore

1072	#fafa23	#56e212	#ff0001	#274e14	#ffff01	#ffffff	#f307cc
1105	#e06666	#b6d7a8	#e69138	#ff00ff	#38ad10	#1155cc	#fff2cc
1100	#222300	#efbe48	#db1eac	#2e5a26	#c72d2d	#d1943e	#3977ab
1151	#082e79	#d93b07	#0e3617	#785d4a	#520084	#f4bdbd	#efef90
1219	#5edef6	#f3bedf	#843091	#f08437	#274e14	#f3d55e	#cc0001
1177	#b60102	#aadae10	#045831	#f17410		#0af1ec	#e53d3d
1244	#ff9900	#f6b26b	#fff2cc		#cc0000	#412a2a	#d5d1d1
1246	#ff0001	#ffff01	#e5733a	#4ea72e	#0000ff	#ffff01	#ff0001
1275	#0000ff	#e378c1	#6aa84f	#ffff01	#00ffff	#ff9901	#ff0001

2.3 Preparazione stimoli

Dopo aver raccolto le associazioni giorno-colore di ciascun sinesteta, sono stati preparati gli stimoli per il compito di Stroop sinestetico. Il disegno sperimentale ha previsto due variabili indipendenti entro i soggetti: la *congruenza* (congruente, incongruente, neutra) e la *modalità di presentazione* (parola corretta, parola invertita). La lingua di somministrazione è stata trattata come fattore supplementare, manipolato tra esperimenti separati.

A partire dalle diapositive colorate da ciascun sinesteta, sono state create versioni sperimentali con dimensione dei caratteri ridotta da 170 pt a 98 pt, mantenendo il font Aptos Bold e la posizione centrale su sfondo nero. La riduzione è stata adottata per contenere l'area di emissione luminosa, condizione più adatta alla registrazione pupillometrica, e per garantire che la parola rimanesse pienamente riconoscibile senza richiedere spostamenti dello sguardo .

Ciascun giorno della settimana è stato scritto in tre colori, corrispondenti ad altrettante condizioni sperimentali (Si vedano le Figure 3,4,5):

Congruente: il giorno è colorato con l'esatta tonalità del fotismo riportato dal partecipante (ad esempio, se lunedì = rosso, la parola "lunedì" appare in rosso).

Incongruente: il giorno è colorato con il fotismo del giorno immediatamente precedente. Così, se lunedì è visto rosso e martedì verde, lo stimolo incongruente per "martedì" sarà scritto in rosso.

Neutra: il giorno è scritto in grigio, equidistante dal bianco e dal nero.

Per la variabile *modalità di presentazione*, ogni stimolo è stato duplicato tramite capovolgimento orizzontale (ad es. "lunedì" → "idenul"). In questo modo, i partecipanti erano impegnati in un semplice giudizio percettivo (parola dritta o invertita) mentre l'elaborazione del colore e l'eventuale interferenza sinestetica agivano in modo del tutto implicito.

Per ogni partecipante sono stati costruiti stimoli nella lingua madre (L1) e nella seconda lingua (L2). Per i sinesteti che possedeva una terza lingua, è stato aggiunto un esperimento

anche in L3. Gli stimoli venivano presentati un esperimento per volta, ciascuno interamente in una lingua, con svolgimento separato.

Tutti gli stimoli sono stati presentati in minuscolo poiché due sinesteti presentavano variazioni del fotismo a seconda della presentazione maiuscolo/minuscolo. Alcuni partecipanti associavano inoltre ad alcuni giorni il colore nero, in tali casi lo stimolo corrispondente è stato escluso, ciò ha comportato una lieve riduzione del numero di prove per alcuni partecipanti. Un sinesteta presentava l'associazione al medesimo colore per giorni consecutivi, in questo caso la condizione incongruente è stata soggetta a un necessario cambiamento, non è stato infatti associato il colore del giorno immediatamente precedente, ma quello ancora precedente (il colore del martedì sarà quindi quello della domenica e non quello del lunedì in questo caso).

Figura 3 Stimolo nella condizione congruente

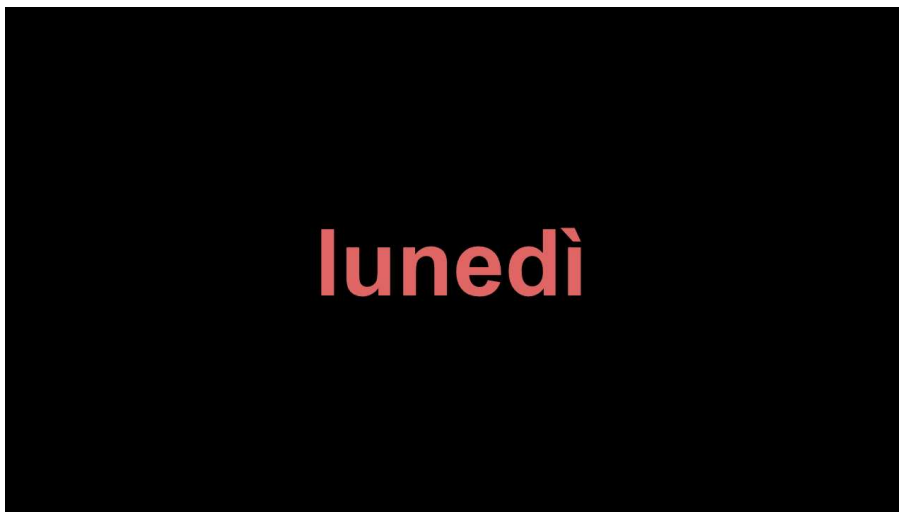


Figura 4 Stimolo nella condizione incongruente

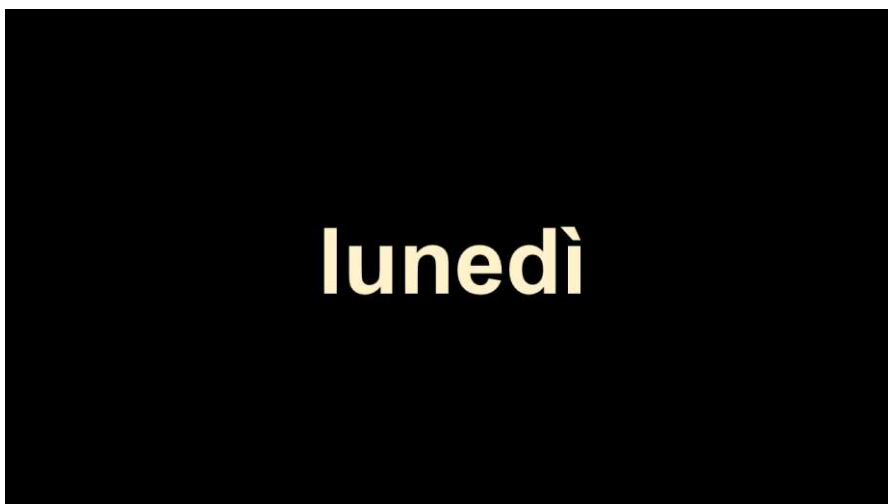
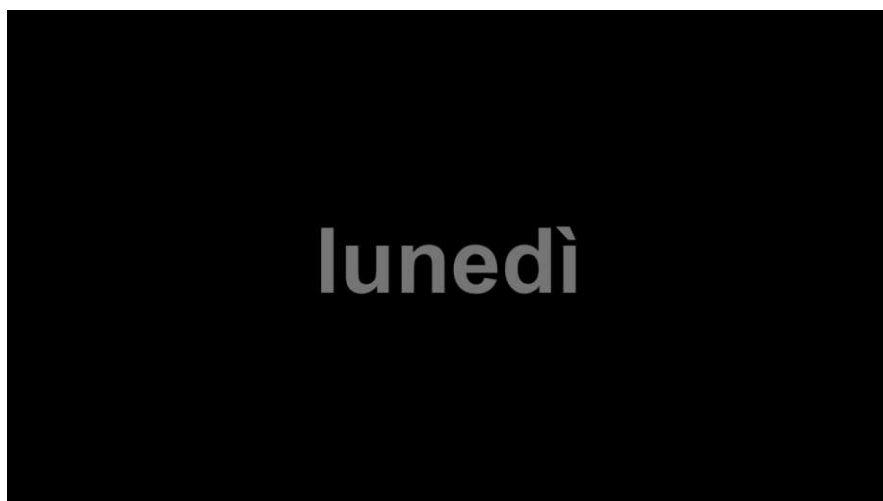


Figura 5 Stimolo nella condizione neutra



Il numero di stimoli per partecipante era dato da: 7 giorni $\times$ 3 condizioni di congruenza $\times$ 2 orientamenti (dritto, invertito), per un totale di 84 prove a esperimento per ciascuna lingua. Per il partecipante a cui sono state somministrate tre lingue, il totale complessivo è stato di 252 prove.

2.4 Materiali e procedura della sessione sperimentale

La seconda sessione si svolgeva nel laboratorio C12 del Dipartimento di Psicologia Generale dell'Università degli Studi di Padova. In questa sede, i partecipanti del gruppo di controllo firmavano il consenso informato, non avendolo fatto in precedenza. La sessione prevedeva due diversi compiti: l'esecuzione del compito sperimentale e, al termine, la compilazione di un questionario volto a indagare la competenza linguistica nella L2 ed eventualmente nella L3 di ciascun partecipante.

2.4.1 Il compito sperimentale

Il compito sperimentale è stato progettato e somministrato tramite il software PsychoPy (versione 2022.2.5). Il computer utilizzato era un ASUS con processore 13th Gen Intel(R) Core(TM) i7-13700K, 3400 MHz, 16 core, 24 processori logici, con sistema operativo Microsoft Windows 10 Pro. Gli stimoli sono stati presentati su un monitor Acer con risoluzione 1920×1080 pixel. Per la registrazione delle risposte comportamentali è stata impiegata una tastiera Acer di tipo QWERTY. I movimenti oculari e le variazioni del diametro pupillare sono stati rilevati tramite l'eye-tracker Tobii Pro Spectrum (firmware versione 2.6.1, display setup EIZO FlexScan EV2451, prodotto da Tobii Corporate). La

frequenza di campionamento è stata impostata a 120 Hz, al fine di ottenere una risoluzione temporale ottimale per le analisi pupillometriche.

Conclusa la calibrazione, aveva inizio il compito vero e proprio. Si trattava di un compito di natura implicita (una procedura di ricerca progettata per valutare processi mentali come memoria, apprendimento, atteggiamenti o pregiudizi, che avvengono al di fuori della consapevolezza del soggetto), basato sul paradigma dello Stroop sinestetico. Il compito consisteva nell'indicare la modalità di presentazione della parola apparsa sullo schermo, che poteva essere scritta in forma corretta oppure invertita. Per fornire la risposta, il partecipante doveva premere il tasto "n" con l'indice della mano destra se la parola era presentata correttamente, oppure il tasto "v" con l'indice della mano sinistra se la parola appariva invertita. Le dita venivano posizionate sui rispettivi tasti prima dell'inizio del compito.

Il partecipante eseguiva questo compito in due (o tre, nel caso in cui possedesse una L3) sessioni separate, ciascuna contenente stimoli appartenenti a una lingua diversa. L'associazione tasti-risposta veniva controbilanciata tra le varie prove: in una sessione il tasto "n" corrispondeva alla forma corretta e "v" a quella invertita, mentre nella sessione successiva l'associazione veniva invertita. Tale accorgimento aveva lo scopo di controllare eventuali effetti legati alla manualità e alla lateralizzazione della risposta. Anche l'ordine di presentazione delle lingue è stato controbilanciato: alcuni partecipanti hanno iniziato con gli stimoli in L1 e proseguito con quelli in L2, mentre per altri l'ordine era inverso, in modo da evitare effetti confondenti dovuti alla sequenza di somministrazione. In ogni momento, il partecipante era libero di interrompere l'esperimento.

Prima dell'inizio, le istruzioni venivano presentate su schermo e successivamente riassunte a voce dallo sperimentatore, il quale si accertava che il compito fosse stato compreso e si rendeva disponibile per eventuali chiarimenti. Lo sperimentatore raccomandava inoltre al partecipante di mantenere lo sguardo il più possibile al centro dello schermo e di restare fermo e stabile durante tutta la prova.

Dopo la lettura delle istruzioni, veniva proposta una breve prova pratica, utile a familiarizzare con il compito. In questa fase venivano presentati esclusivamente stimoli neutri, sia in forma corretta sia invertita. Ciascuna prova iniziava con un punto di fissazione, indicato da un pallino bianco al centro del monitor (Fig. 6), della durata di un

secondo. Subito dopo, lo stimolo compariva per 250 millisecondi (Fig. 7). A questo punto, il partecipante doveva premere il tasto "n" o "v" in base alla modalità di presentazione. Immediatamente dopo la risposta, veniva fornito un feedback: a schermo appariva la scritta "Corretto" se il tasto premuto era adeguato, oppure "Sbagliato" in caso contrario.

Terminate le 14 prove pratiche, un messaggio su schermo informava il partecipante che da quel momento avrebbe avuto inizio il test vero e proprio, nel quale non sarebbe più stato fornito alcun feedback. Al suo posto, tra una prova e l'altra, sarebbe comparso uno schermo nero della durata di 2,5 secondi (intervallo inter-trial, ITI; Fig. 8). Questo intervallo permetteva al diametro pupillare di tornare a una condizione di baseline prima della presentazione dello stimolo successivo.

Quando si sentiva pronto, il partecipante premeva la barra spaziatrice per avviare il compito. L'esperimento era suddiviso in due blocchi, separati da una schermata che informava il partecipante di essere a metà dell'esperimento e gli consentiva di riprendere premendo la barra spaziatrice. All'interno di ciascun blocco, venivano presentati in ordine casuale gli stimoli corrispondenti a tutte le condizioni sperimentali (congruenza × modalità di presentazione), per un totale di 42 stimoli unici per blocco. Ciascuno stimolo veniva ripetuto due volte all'interno di ogni blocco.

Al termine del blocco, si chiedeva al partecipante se desiderasse fare una pausa e staccarsi dal poggiatesta prima di procedere con la sessione successiva. In caso affermativo, prima di riprendere veniva eseguita nuovamente la calibrazione dell'eye-tracker. L'esperimento proseguiva quindi con la presentazione del secondo compito, nel quale gli stimoli appartenevano alla L2 del partecipante. Lo stesso schema veniva ripetuto nel caso in cui il partecipante possedesse anche una L3.

Figura 6 Punto di fissazione, durata 1s

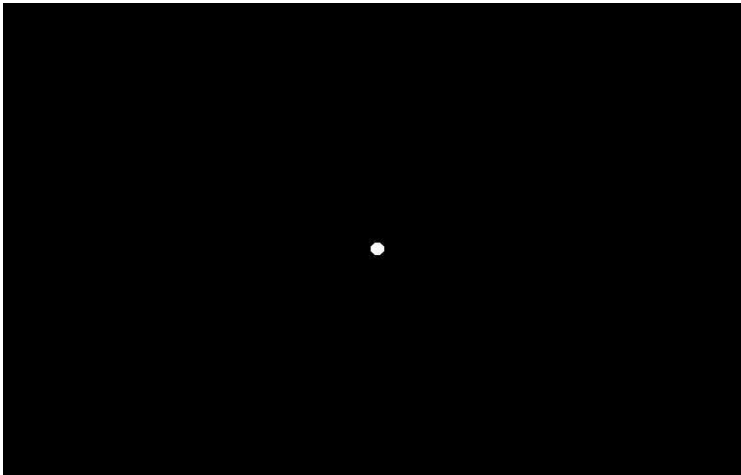


Figura 7 Stimolo, durata di 250 ms

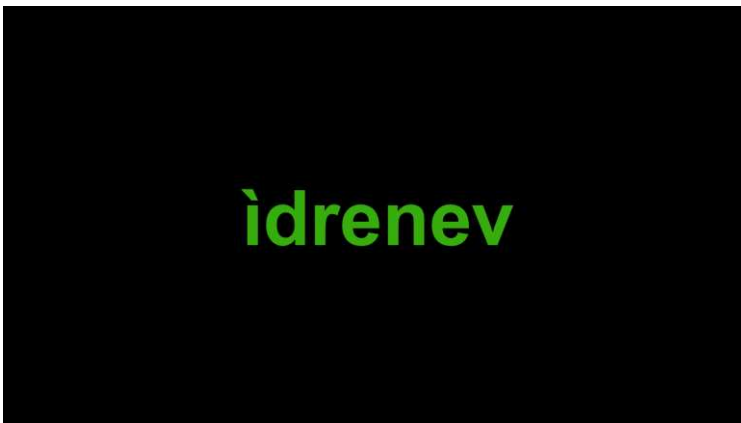
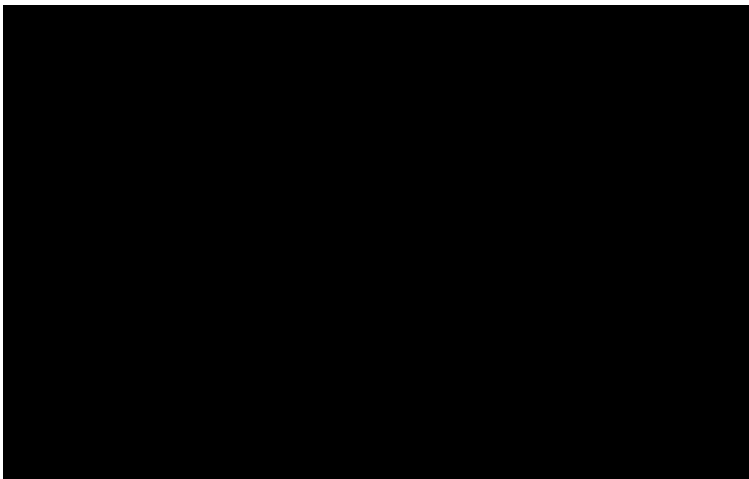


Figura 8 intervallo inter-trial, durata di 2,5 s



2.4.2 Questionario sulla competenza linguistica

Al termine del compito sperimentale, a ciascun partecipante veniva chiesto di compilare un breve questionario, realizzato tramite Google Moduli, volto a indagare il livello di competenza nella seconda lingua³ e, quando presente, nella terza lingua⁴. Il questionario comprendeva: 5 domande sulla competenza auto-percepita nella propria L2 (o L3), con risposta su scala Likert a 9 punti (da "Fortemente in disaccordo" a "Fortemente in accordo"); una domanda sulla frequenza d'uso della L2 (o L3), con risposta su scala Likert a 5 punti (da "Mai" a "Sempre"); una domanda a risposta aperta sull'eventuale possesso di certificazioni linguistiche e sul relativo livello; infine, una domanda a risposta chiusa in cui si chiedeva se il partecipante avesse mai vissuto per un periodo continuativo di almeno sei mesi in un Paese in cui viene utilizzata la propria L2 (o L3).

³Per prendere visione del questionario consultare il link:

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfLY9wZeiQ8WYF-neEaXSq5R8GQDOrszusok0eHC83YbrVqpw/viewform?usp=dialog>

⁴Per prendere visione del questionario consultare il link:

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSejo423VHEQkTZAXdsM6nw3_BZQ1_ZPyglIiAqRXLgDw7e0cA/viewform?usp=dialog

RISULTATI

3.1 Descrizione dei risultati

Le analisi comportamentali sono state condotte separatamente per ciascuna lingua di presentazione degli stimoli (L1 e L2). Le variabili dipendenti considerate sono state i tempi di reazione e l'accuratezza delle risposte. Non sono state effettuate analisi per la L3 a causa della ridotta numerosità del campione

Per i confronti entro i gruppi è stato utilizzato il test di Wilcoxon per campioni appaiati, equivalente non parametrico del t-test per dati appaiati, per valutare le differenze nei tempi di reazione e nell'accuratezza nelle diverse condizioni sperimentali. Lo stesso test è stato utilizzato per confrontare l'accuratezza generale tra L1 e L2 separatamente per ciascun gruppo.

Per i confronti tra gruppi è stato impiegato il test di Friedman, si è scelto di utilizzare tale test, poiché i dati non presentavano una distribuzione normale.

È stato rimosso dal dataset un partecipante del gruppo di controllo i cui dati di accuratezza in L1 si discostavano in modo marcato dalla media del gruppo (accuratezza media del 18%), configurandosi come outlier tale da compromettere la validità delle analisi.

Per i tempi di reazione, sono stati invece eliminati i valori inferiori a 250 ms, ritenuti espressione di anticipazioni della risposta piuttosto che di effettiva elaborazione dello stimolo.

Le analisi relative agli indici pupillometrici non sono qui riportate, poiché ancora in fase di elaborazione.

3.1.1 Accuratezza

Per la lingua madre, il gruppo sperimentale ha riportato un'accuratezza media dell' 89,9% con un errore standard del 7,5, mentre il gruppo di controllo ha riportato un'accuratezza del 94,2% con un errore standard di 2,63.

In L2, il gruppo sperimentale ha riportato un'accuratezza del 96,9% con errore standard di 3,49, il gruppo di controllo ha riportato un'accuratezza del 96,1% con un errore standard di 2,47. I dati sono illustrati nei grafici riportati di seguito.

Grafico 1 Media dell'accuratezza in L1 del gruppo di controllo (CTRL) e del gruppo di sinesteti (SYN)

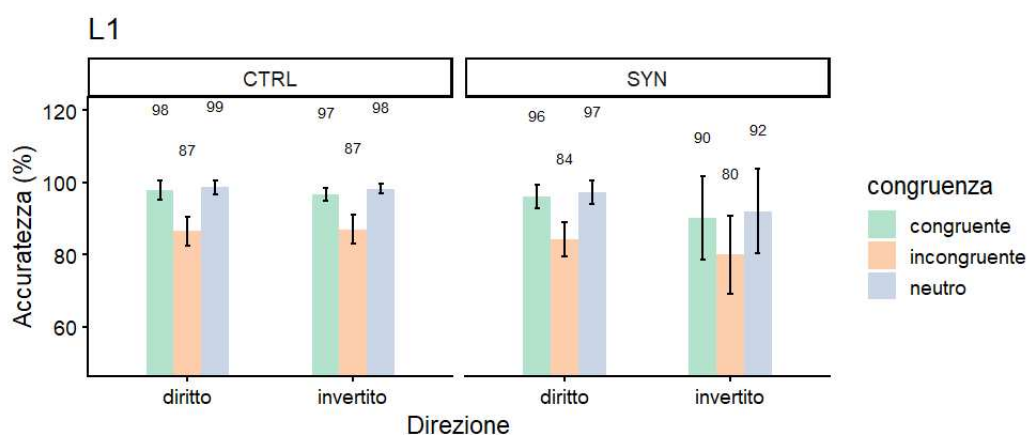
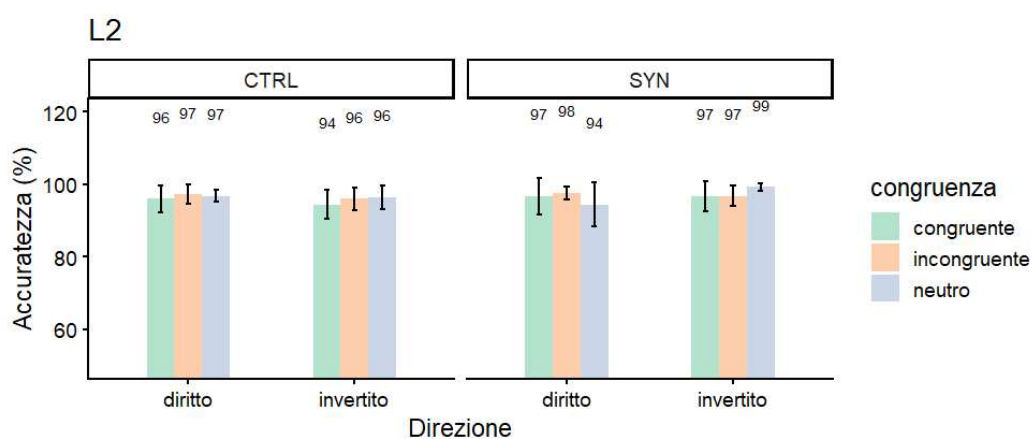


Grafico 2 Media dell'accuratezza in L2 del gruppo di controllo (CTRL) e del gruppo di sinesteti (SYN)



Attraverso i test sono emersi diversi risultati significativi rispetto all'accuratezza nelle seguenti condizioni:

- L1, congruente vs incongruente (parola dritta) nel gruppo sperimentale ($p=0.0136$)
- L1, congruente vs incongruente (parola dritta) nel gruppo di controllo ($p=0.0179$)
- L1, congruente vs incongruente (parola invertita) nel gruppo sperimentale ($p=0.0125$)
- L1, congruente vs incongruente (parola invertita) nel gruppo di controllo ($p=0.0122$)
- L1, incongruente vs neutro (parola dritta) nel gruppo sperimentale ($p=0.0137$)
- L1, incongruente vs neutro (parola dritta) nel gruppo di controllo ($p=0.0213$)
- L1, incongruente vs neutro (parola invertita) nel gruppo sperimentale ($p=0.0086$)

- L1, incongruente vs neutro (parola invertita) nel gruppo di controllo ($p=0.0120$)

Il test di Wilcoxon sull'accuratezza in L1 vs L2 ha inoltre rilevato una differenza significativa sia per il gruppo dei sinesteti ($p = 0.0395$) che per il gruppo di controllo ($p=0.007$).

3.1.2 Tempi di reazione

Per la lingua madre, il gruppo sperimentale ha riportato tempo di reazione medio dell' 610ms con un errore standard di 138ms. Il gruppo di controllo ottenuto una media di 604ms con un errore standard di 106ms.

In L2, il gruppo sperimentale ha riportato un tempo di reazione medio di 614ms con errore standard di 105ms, mentre il gruppo di controllo ha ottenuto una media di 629ms, con un errore standard di 103ms. I dati sono illustrati nei grafici riportati di seguito.

Grafico 3 Media dei tempi di risposta in L1 nel gruppo di controllo (CTRL) e nel gruppo sperimentale (SYN).

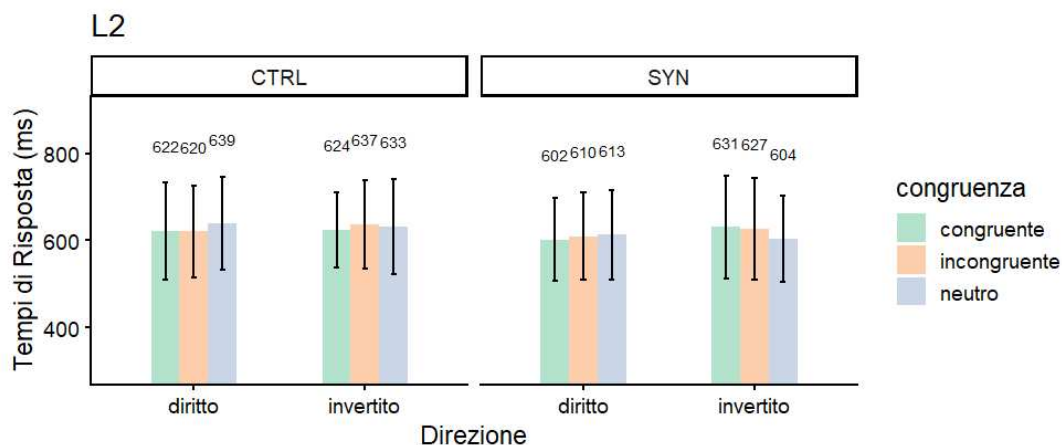
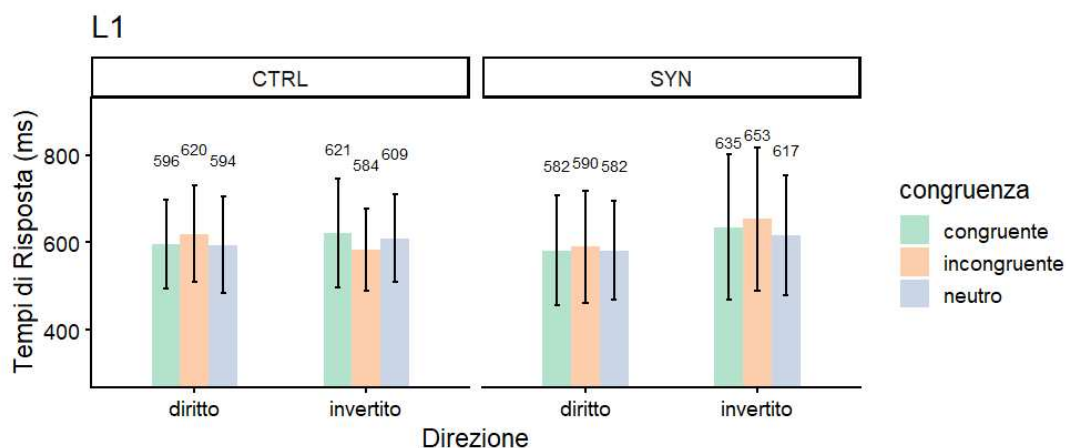


Grafico 4 Media dei tempi di risposta in L2 nel gruppo di controllo (CTRL) e nel gruppo sperimentale (SYN).



Attraverso i test sono emersi alcuni risultati significativi rispetto ai tempi di reazione, questi non sono stati però oggetto di approfondimento poiché isolati e privi di una chiara coerenza interna, non sono perciò stati inclusi in questo elaborato.

3.1.3 Confronto con risultati 2025

Si procede ora a un confronto con i risultati ottenuti nello studio preliminare condotto nell'anno accademico 2024-2025, al fine di verificare la coerenza e l'eventuale replicabilità degli effetti osservati.

Nello studio del 2025 era emerso che *“l’accuratezza in L1 nel gruppo di controllo risulta significativamente maggiore ($M = 98\%$) rispetto al gruppo sperimentale ($M = 84\%$)”* (Sammartano, 2025). Tale risultato è stato replicato anche nelle analisi del presente studio. Il gruppo di sinesteti ($M=89\%$) ha mostrato una difficoltà significativamente maggiore nel riconoscimento degli stimoli presentati in L1 ($p=0,0395$), tale effetto è stato riscontrato anche nel gruppo di controllo nello studio di quest’anno ($p=0,007$).

Un secondo effetto riportato nello studio del 2025 riguardava alcune differenze tra i gruppi in specifiche condizioni di L1 (si rimanda alla tesi di Sammartano, per una descrizione più dettagliata). Le analisi del presente studio, invece, non hanno rilevato alcuna differenza significativa tra il gruppo di sinesteti e il gruppo di controllo.

Infine, lo studio del 2025 aveva evidenziato una maggiore variabilità nell'accuratezza e nei tempi di risposta all'interno del campione di sinesteti rispetto al gruppo di controllo. Anche nello studio attuale tale risultato è stato osservato, sia per i tempi di reazione sia per l'accuratezza. Come già riportato nella tesi precedente, *“questo risultato è facilmente interpretabile come il riflesso delle differenti caratteristiche di manifestazione dell'evento sinestetico nei partecipanti”* (Sammartano, 2025). Non sono state condotte analisi statistiche per verificare la significatività di questa differenza di variabilità.

3.2 Discussione

I risultati ottenuti offrono spunti di riflessione interessanti, sebbene non tutti in linea con le ipotesi iniziali.

Riguardo alla prima ipotesi, è stato effettivamente riscontrato un effetto di interferenza nella condizione di incongruenza, limitatamente all'accuratezza. Tuttavia, questo effetto

è emerso non solo nel gruppo dei sinesteti, ma anche in quello di controllo, suggerendo che le associazioni tra giorni della settimana e colori non siano esclusive dei sinesteti, ma riflettano piuttosto meccanismi più ampi, probabilmente radicati in esperienze culturali e linguistiche condivise. Questo risultato trova una spiegazione coerente nell'ipotesi, sostenuta da Simner (2012), secondo cui sinesteti e non-sinesteti si collocherebbero lungo uno stesso continuum di associazioni cross-modali, piuttosto che appartenere a categorie nettamente distinte.

In linea con la seconda ipotesi, l'effetto di interferenza è risultato presente esclusivamente nella lingua madre (L1), mentre nella seconda lingua (L2) non è emerso alcun effetto significativo. Questo dato è coerente con la letteratura sull'argomento (Barnett et al., 2009), che suggerisce l'esistenza di un periodo critico per l'acquisizione delle associazioni sinestetiche, parallelamente all'apprendimento della lettura e della scrittura.

Un ulteriore risultato degno di nota è che sia i sinesteti che i controlli hanno mostrato una maggiore difficoltà nel riconoscimento degli stimoli in L1 rispetto alla L2. Questo dato, oltre a confermare il ruolo delle esperienze precoci nell'influenzare i processi cognitivi attuali, suggerisce che l'esperienza sinestetica possa costituire uno svantaggio piuttosto che un vantaggio. Nessun effetto di facilitazione è stato infatti osservato, mentre gli effetti di interferenza erano chiaramente presenti.

Complessivamente, i risultati delineano un quadro coerente in cui gli effetti di interferenza, la modulazione linguistica e la difficoltà in L1 convergono nel suggerire che le associazioni cromatiche siano influenzate da meccanismi culturali e precoci, piuttosto che da una specifica condizione sinestetica. L'assenza di effetti di facilitazione, unita alla presenza di interferenza, indica che il fotismo sinestetico, quando presente, costituisce un costo cognitivo piuttosto che un vantaggio.

3.3 Limiti dello studio

Lo studio presenta alcuni limiti. Il primo, e più evidente, è la ridotta numerosità del campione (9 sinesteti e 9 controlli). La sinestesia è una condizione rara, e reclutare un numero di partecipanti sufficiente a garantire un'adeguata potenza statistica risulta particolarmente complesso. La presente ricerca si configura proprio come continuazione dello studio dell'anno precedente, con l'obiettivo di incrementare progressivamente la numerosità campionaria.

A ciò si aggiunge una limitata eterogeneità demografica: tutti i partecipanti sono studenti universitari o laureati da poco, con età compresa tra i 19 e i 26 anni, di origine italiana e residenti a Padova. Il campione è inoltre prevalentemente femminile (7 femmine, 2 maschi). Tale omogeneità limita la generalizzabilità dei risultati.

Parallelamente, il campione sinestetico si è rivelato estremamente eterogeneo nella manifestazione del fenomeno. La sinestesia grafema-colore presenta infatti una grande variabilità interindividuale, che nel presente campione si è tradotta in differenze sostanziali nelle modalità di esperienza del fotismo. 2 partecipanti riportano associazioni cromatiche diverse in funzione della lingua; 4 descrivono variazioni legate all'umore o all'attenzione; infine, 1 partecipante dichiara di poter interrompere volontariamente l'esperienza sinestetica. Questa variabilità, pur essendo intrinseca al fenomeno, rende complessa l'interpretazione dei dati aggregati e suggerisce la necessità di analisi separate per sottogruppi (ad esempio, proiettori vs associatori) in studi futuri con campioni più ampi.

Infine, l'impiego di questionari self-report, che costituiscono lo strumento principale per l'identificazione e la caratterizzazione dei sinesteti, introduce potenziali distorsioni legate all'auto-valutazione. Tuttavia, essi costituiscono lo strumento più diffuso nella ricerca in psicologia cognitiva e, nel presente studio, sono stati affiancati da misure comportamentali e fisiologiche per garantire una caratterizzazione più robusta del fenomeno.

3.4 Sviluppi futuri

Il primo e più naturale sviluppo della ricerca consiste nell'aumentare la numerosità del campione, integrando i dati raccolti con quelli dello studio precedente e con eventuali future rilevazioni, al fine di ottenere un campione rappresentativo della popolazione.

Sarebbe inoltre auspicabile incrementare l'eterogeneità del campione, reclutando sinesteti con diversi livelli di scolarizzazione, fasce d'età più ampie e, se possibile, differenti basi culturali, ad esempio attraverso uno studio cross-culturale o in collaborazione con altri centri di ricerca.

Un ulteriore miglioramento riguarderebbe una più attenta considerazione dell'eterogeneità della manifestazione sinestetica, conducendo analisi separate per

proiettori e associatori, dato che questo fattore influisce significativamente su compiti come lo Stroop (Dixon et al, 2004) e tenendo conto della possibile modulazione dell'esperienza sinestetica in funzione della lingua di presentazione degli stimoli.

Uno sviluppo già in corso è rappresentato dall'implementazione delle analisi pupillometriche. La pupillometria costituisce un importante indice dello sforzo cognitivo e si auspica che possa fornire risultati significativi per una comprensione più approfondita del fenomeno.

Infine, un ulteriore obiettivo futuro è l'inclusione della L3 nelle analisi, condizione che richiede, ancora una volta, un ampliamento del campione di partecipanti.

3.5 Conclusioni

Dai risultati ottenuti in questo studio non è possibile trarre conclusioni definitive sulla sinestesia, poiché tutti gli effetti significativi osservati nel gruppo sperimentale sono stati replicati anche dal gruppo di controllo.

Questo dato suggerisce che la sinestesia potrebbe non essere una condizione distinguibile in modo strettamente categoriale, ma piuttosto un fenomeno distribuito lungo un continuum, in cui ciascun individuo può manifestare, con intensità diverse, esperienze di tipo cross-modale. I risultati invitano inoltre a riflettere su quanto la cultura e le esperienze condivise nei primi anni di vita possano influenzare tali associazioni. I controlli, infatti, hanno mostrato lo stesso effetto osservato nei sinesteti per i colori associati ai giorni della settimana.

Inoltre, non sono emersi effetti di facilitazione associati alla sinestesia, ma soltanto effetti di interferenza. Sia i sinesteti sia i controlli hanno mostrato maggiori difficoltà nella lingua madre rispetto alla seconda lingua, evidenziando il possibile ruolo delle esperienze precoci nella formazione di tali associazioni.

Si auspica che la ricerca possa proseguire con un campione più ampio, per comprendere meglio questa affascinante condizione.

4. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Afra, Pegah. «Acquired Auditory-Visual Synesthesia: A Window to Early Cross-Modal Sensory Interactions». *Psychology Research and Behavior Management*, gennaio 2009, 31. <https://doi.org/10.2147/PRBM.S4481>.

Barnett, K. J., Feeney, J., Gormley, M., & Newell, F. N. (2009). An exploratory study of linguistic-colour associations across languages in multilingual synaesthetes. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 62(7), 1343–1355. <https://doi.org/10.1080/17470210802483461>.

Baron-Cohen, Simon, Donielle Johnson, Julian Asher, et al. «Is Synaesthesia More Common in Autism?» *Molecular Autism* 4, fasc. 1 (2013): 40. <https://doi.org/10.1186/2040-2392-4-40>.

Baron-Cohen, Simon, Lucy Burt, Fiona Smith-Laittan, John Harrison, e Patrick Bolton. «Synaesthesia: Prevalence and Familiality». *Perception* 25, fasc. 9 (1996): 1073–79. <https://doi.org/10.1068/p251073>.

Berger, Joshua J., Irina M. Harris, Karen M. Whittingham, Zoe Terpening, e John D. G. Watson. «Sharing the Load: How a Personally Coloured Calculator for Grapheme-Colour Synaesthetes Can Reduce Processing Costs». *PLOS ONE* 16, fasc. 9 (2021): e0257713. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0257713>.

Bouvet, Lucie, Frédérique Amsellem, Anna Maruani, et al. «Synesthesia & Autistic Features in a Large Family: Evidence for Spatial Imagery as a Common Factor». *Behavioural Brain Research* 362 (aprile 2019): 266–72. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2019.01.014>.

Brang, David, e V. S. Ramachandran. «Visual Field Heterogeneity, Laterality, and Eidetic Imagery in Synesthesia». *Neurocase* 16, fasc. 2 (2010): 169–74. <https://doi.org/10.1080/13554790903339645>.

Corciulo, Simona, e Mario Alessandro Bochicchio. «Sinesthesia as a model for HCI: a Systematic Review». Versione 1. Preprint, arXiv, 2024. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2404.09303>.

Cytowic, Richard E., and David Eagleman. *Wednesday is indigo blue: Discovering the brain of synesthesia*. Mit Press, 2009.

Dixon, Mike J., Daniel Smilek, e Philip M. Merikle. «Not All Synaesthetes Are Created Equal: Projector versus Associator Synaesthetes». *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience* 4, fasc. 3 (2004): 335–43. <https://doi.org/10.3758/CABN.4.3.335>.

Eagleman, D. M., Kagan, A. D., Nelson, S. N., Sagaram, D., & Sarma, A. K. (2007). A standardized test battery for the study of synesthesia. *Journal of Neuroscience Methods*, 159(1), 139–145. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2006.07.012>.

Grossenbacher, P. G. (1997). Perception and sensory information in synaesthetic experience. In S. Baron-Cohen & J. E. Harrison (a cura di), *Synaesthesia: Classic and contemporary readings* (pp. 148–172). Blackwell Publishing.

Grossenbacher, Peter G., e Christopher T. Lovelace. «Mechanisms of Synesthesia: Cognitive and Physiological Constraints». *Trends in Cognitive Sciences* 5, fasc. 1 (2001): 36–41. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01571-0](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01571-0).

Havsteen-Franklin, Dominik, e Valeria Perboni. «Synaesthetic Emergence: A Scoping Review of Factors Facilitating Synaesthetic States in Non-Synaesthetes through Arts Engagement». *Cogent Arts & Humanities* 12, fasc. 1 (2025): 2454113. <https://doi.org/10.1080/23311983.2025.2454113>.

Hubbard, Edward M., e V. S. Ramachandran. «Neurocognitive Mechanisms of Synesthesia». *Neuron* 48, fasc. 3 (2005): 509–20. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2005.10.012>.

Jewanski, Jörg, Sean A. Day, e Jamie Ward. «A Colorful Albino: The First Documented Case of Synaesthesia, by Georg Tobias Ludwig Sachs in 1812». *Journal of the History of the Neurosciences* 18, fasc. 3 (2009): 293–303. <https://doi.org/10.1080/09647040802431946>.

Lacey, Simon, Margaret Martinez, Nicole Steiner, Lynne C. Nygaard, e K. Sathian. «Consistency and Strength of Grapheme-Color Associations Are Separable Aspects of Synesthetic Experience». *Consciousness and Cognition* 91 (maggio 2021): 103137. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2021.103137>.

Lisi, Matteo, Mario Bonato, e Marco Zorzi. «Pupil Dilation Reveals Top-down Attentional Load during Spatial Monitoring». *Biological Psychology* 112 (dicembre 2015): 39–45. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2015.10.002>.

Maurer, Daphne, e Catherine J. Mondloch. «Neonatal synesthesia: A reevaluation». In *Synesthesia: Perspectives from cognitive neuroscience*, 193-213. 2005.

Meneghello, M. «L'impatto della lingua sulla sinestesia grafema-colore: uno studio con eye-tracker», 2025. <https://thesis.unipd.it/handle/20.500.12608/91127>.

Mroczko-Wąsowicz, Aleksandra, e Danko Nikolić. «Semantic mechanisms may be responsible for developing synesthesia». *Frontiers in Human Neuroscience* 8 (agosto 2014). <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00509>.

Neufeld, J., C. Sinke, M. Zedler, et al. «Disinhibited Feedback as a Cause of Synesthesia: Evidence from a Functional Connectivity Study on Auditory-Visual Synesthetes». *Neuropsychologia* 50, fasc. 7 (2012): 1471–77. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.02.032>.

Ogut, Eren. «Cross-Modal Perception and Neurodevelopmental Convergence in Synesthesia: Neural and Clinical Insights». *Current Behavioral Neuroscience Reports* 12, fasc. 1 (2025): 23. <https://doi.org/10.1007/s40473-025-00317-x>.

Ovalle-Fresa, R., & Rothen, N. (2019). Development of synaesthetic consistency: Repeated autonomous engagement with graphemes and colours leads to consistent associations. *Consciousness and Cognition*. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2019.102764>.

Paulsen, H., e B. Laeng. «Pupillometry of Grapheme-Color Synaesthesia». *Cortex* 42, fasc. 2 (2006): 290–94. [https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(08\)70354-X](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(08)70354-X).

Ramachandran, V. S., e E. M. Hubbard. *Synaesthesia — A Window Into Perception, Thought and Language*. s.d.

Rogowska, Aleksandra. «Categorization of Synaesthesia». *Review of General Psychology* 15, fasc. 3 (2011): 213–27. <https://doi.org/10.1037/a0024078>.

Rouw, Romke, e H. Steven Scholte. «Increased Structural Connectivity in Grapheme-Color Synesthesia». *Nature Neuroscience* 10, fasc. 6 (2007): 792–97. <https://doi.org/10.1038/nn1906>.

Sammartano, F. «Lingua e sinestesia giorno-colore: studio sulle differenze fenomenologiche della sinestesia tra L1 e L2», 2025. <https://hdl.handle.net/20.500.12608/91147>.

Sewell, Alexandra, Alison Kington, e Samantha Davies. «The Impact of Synaesthesia on Inclusive Teaching and Learning: A Systematic Literature Review». *British Journal of Special Education*, 7 gennaio 2026, 1467-8578.70083. <https://doi.org/10.1111/1467-8578.70083>.

Simner, Julia, Catherine Mulvenna, Noam Sagiv, et al. «Synaesthesia: The Prevalence of Atypical Cross-Modal Experiences». *Perception* 35, fasc. 8 (2006): 1024–33. <https://doi.org/10.1068/p5469>.

Simner, Julia. «Defining Synaesthesia». *British Journal of Psychology* 103, fasc. 1 (2012): 1–15. <https://doi.org/10.1348/000712610X528305>.

Sirois, Sylvain, e Julie Brisson. «Pupillometry». *WIREs Cognitive Science* 5, fasc. 6 (2014): 679–92. <https://doi.org/10.1002/wcs.1323>.

Tilot, Amanda K., Arianna Vio, Katerina S. Kucera, et al. «Investigating Genetic Links between Grapheme–Colour Synaesthesia and Neuropsychiatric Traits». *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 374, fasc. 1787 (2019): 20190026. <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0026>.

Van Leeuwen, Tessa M., Eline Van Petersen, Floor Burghoorn, Mark Dingemans, e Rob Van Lier. «Autistic Traits in Synaesthesia: Atypical Sensory Sensitivity and Enhanced Perception of Details». *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 374, fasc. 1787 (2019): 20190024. <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0024>.

Ward, Jamie, e Julia Simner. «How Do Different Types of Synesthesia Cluster Together? Implications for Causal Mechanisms». *Perception* 51, fasc. 2 (2022): 91–113. <https://doi.org/10.1177/03010066211070761>.