



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Psicologia Generale DPG

Corso di laurea in Scienze Psicologiche Cognitive e Psicobiologiche

**EFFETTI DELLA CAFFEINA SULLA VELOCITÀ DI LETTURA DI TESTI:
UNO STUDIO IN DOPPIO CIECO**

Effects of caffeine on text reading speed: a double-blind study

Relatore:

Prof. Andrea Facoetti

Correlatori:

Giovanna Puccio

Sara Bertoni

Sandro Franceschini

Laureanda: Caterina Padreddii

Matricola: 1221488

Anno accademico 2021/2022

INDICE

INTRODUZIONE	5
1. LETTURA	7
1.1 Processi percettivi pre-lettura: elaborazione percettiva della scena visiva	7
1.2 Lettura ad alta voce: il modello DRC	7
1.3 Processi lessico-semantic	8
1.4 Correlati neurali dei processi di lettura e specializzazioni emisferiche	9
1.4.1 Lateralizzazione dei campi semantici	10
1.4.2 Lateralizzazione della creazione di inferenze e dell'estrazione del significato globale	11
1.4.3 Lateralizzazione dell'elaborazione del contesto linguistico	12
1.4.4 Lateralizzazione della comprensione della lettura	12
1.4.5 Lateralizzazione delle abilità di lettura contestuale (velocità e accuratezza)	13
1.5 Ipotesi: miglioramento delle abilità di lettura contestuale dovuto al miglioramento di processi di lettura di alto livello	13
1.6 Lateralizzazione destra di percezione/elaborazione globale e ipotesi di associazione con i processi riguardanti la lettura contestuale	14
2. CAFFEINA	16
2.1 Meccanismi d'azione	16
2.1.1 Adenosina e antagonismo della caffeina	17
2.2 Arousal: aumento puro dovuto alla caffeina e lateralizzazione destra	17
2.3 Lateralizzazione destra dei sistemi neurotrasmettitoriali influenzati dalla caffeina e dei suoi effetti generali sul cervello	18
2.4 Caffeina e percezione/elaborazione globale	18
2.5 Caffeina e lettura contestuale	19
3. CAFFEINA E PROVA DI LETTURA DEL BRANO: UNO STUDIO SPERIMENTALE IN DOPPIO CIECO	20
3.1 Metodo	21
3.1.1 Partecipanti	21
3.1.2 Procedura	21
3.2 Risultati	23
3.3 Discussione e conclusioni	25
BIBLIOGRAFIA	30

INTRODUZIONE

Nella nostra società è estremamente comune l'utilizzo quotidiano di sostanze contenenti caffeina. Tante persone sorseggiano un caffè la mattina per affrontare al meglio la giornata e dopo pranzo per riprendersi dal torpore indotto dal pasto, alcuni invece bevono un tè caldo o una coca cola per riprendere le energie. Sebbene questi possano sembrare atteggiamenti naïve, essi si rifanno invece agli effetti acuti provocati dall'assunzione di caffeina, sostanza presente in tutte le bevande sopracitate. L'effetto più noto della caffeina è la generale diminuzione della sonnolenza tramite l'inibizione dell'adenosina, che porta a un aumento temporaneo di arousal e vigilanza, e quindi a un miglioramento cognitivo temporaneo.

Il presente studio ha cercato di indagare come la caffeina influisca su un'abilità estremamente importante per la società odierna, ovvero l'abilità di lettura. In particolare, sono stati testati gli effetti associati all'assunzione di 200 mg di caffeina (circa due tazzine e mezzo di caffè) sulla lettura contestuale in un campione composto da 52 giovani-adulti volontari. L'esperimento è stato somministrato in doppio cieco e ha utilizzato un disegno a misure ripetute.

|

1. LETTURA

La lettura è il processo per cui diamo senso e significato a segni scritti come lettere o simboli tramite l'uso dei nostri sensi (Cambridge English Dictionary, n.d.; Merriam-Webster, n.d.). Essa è ad oggi una capacità fondamentale dell'essere umano, sia per le basilari operazioni richieste dalla vita quotidiana e dal vivere in una comunità, sia per l'apprendimento di nuove conoscenze a vantaggio dello sviluppo della società. Sebbene la lettura sembri un processo così naturale e semplice, i meccanismi cognitivi e cerebrali che vi stanno dietro sono variegati e molto complessi (Baha, 2017; Coltheart, 2006; Rayner & Reichle, 2010), infatti tra gli studiosi non vi è ancora un accordo interamente condiviso su come effettivamente la lettura avvenga. Date queste premesse, di seguito ci sarà comunque un tentativo di spiegare alcuni tra i processi di lettura, sia da un punto di vista cognitivo che cerebrale, concentrandosi principalmente sui processi sottostanti alla lettura complessa, ovvero la lettura di brani.

1.1 Processi percettivi pre-lettura: elaborazione percettiva della scena visiva

Prima dell'avvio dei processi di più alto livello implicati nella lettura, come processi di elaborazione ortografica, fonologica e semantica, il cervello deve analizzare visivamente lo stimolo che si trova di fronte. Come descritto ad esempio da Martinez e colleghi (1997) e Weissman e Banich (1999) l'analisi percettiva di stimoli visivi avviene in maniera gerarchica: la prima elaborazione dello stimolo è globale ed è guidata dall'emisfero destro; la successiva elaborazione è invece quella dei dettagli dello stimolo, dunque un'elaborazione locale, questa guidata invece dall'emisfero sinistro.

1.2 Lettura ad alta voce: il modello DRC

Per descrivere come si arrivi all'effettiva lettura ad alta voce verrà successivamente descritto il modello a due vie per la lettura ad alta voce o Dual Route Cascaded model (DRC) (Coltheart, Rastle, Perry, Langdon, e Ziegler, 2001). Sebbene un recente studio (Staples & Graves, 2020) sulle relative componenti neurali ne abbia descritto le limitazioni nella replica di alcuni meccanismi che avvengono durante lettura, il modello DRC rimane uno dei modelli cognitivi ad oggi più utilizzati e consolidati (come trovato ad esempio da Rapsak, Henry, Teague, Carnahan, e Beeson, 2007).

Successivamente all'elaborazione visiva dello stimolo e al riconoscimento di questo come una parola o una frase, per il modello DRC le strade che possiamo intraprendere per arrivare all'effettiva pronuncia della parola sono due: una via lessicale e una sublessicale o fonologica. La scelta della via da "percorrere" dipende dal fatto che la parola che si intende leggere sia conosciuta o meno: se la parola è conosciuta, una sua rappresentazione ortografica sarà contenuta nel lessico ortografico (Coltheart, 2006), la rappresentazione verrà dunque attivata e il processo di lettura proseguirà per la via lessicale. Se invece la parola non è conosciuta, il lettore non ne avrà una rappresentazione nel lessico e dovrà dunque utilizzare la via sublessicale, che converte i grafemi della parola nei fonemi che più frequentemente sono associati ad essi, utilizzando le cosiddette regole di conversione grafema-fonema della lingua in questione (Coltheart et al., 2001). Se la via sublessicale arriva all'effettiva pronuncia della parola attraverso le regole di conversione grafema-fonema, il modo in cui la via lessicale arriva alla pronuncia della parola è dibattuto all'interno del modello. Molti studiosi del modello DRC si sono chiesti se la via lessicale funzioni tramite un collegamento diretto tra il riconoscimento della forma visiva di una parola e la sua pronuncia, oppure se il percorso seguito sia più indiretto, passando quindi dal riconoscimento della forma visiva della parola al sistema semantico in cui ne è contenuto il significato, e da questo alla pronuncia della parola (Coltheart, Curtis, Atkins, e Haller, 1993). Queste due vie sono state chiamate rispettivamente via lessicale diretta e via lessicale-semantica, molti studi del modello DRC le comprendono entrambe (ad esempio Coltheart et al., 2001; Wu, Martin, e Damian 2002)

1.3 Processi lessico-semantici

Il presente studio si concentra appunto sui processi di lettura che coinvolgono principalmente quella che nel modello DRC è la via lessicale semantica, ovvero i processi lessico-semantici. La lessico-semantica si riferisce sia al significato delle parole che al modo in cui le parole fanno da mediatori tra la propria forma linguistica e i nostri concetti (Pustejovsky, 2005) e riguarda ad esempio il modo in cui le parole di una frase sono collegate a un evento denotato da un verbo (Lee & Watson, 2012). Individui che presentano una compromissione specifica dei processi lessico-semantici presentano deficit in produzione e comprensione di parole (Hillis, Rapp, Romani, e Caramazza, 1990), fluenza verbale e denominazione di immagini (Ackermann & Brendel, 2015). I processi lessico-semantici sono inoltre strettamente collegati al contesto, in quanto per

capire il significato di una parola in una frase devono essere fatte spesso delle inferenze a partire dalle altre parole che sono incluse all'interno di quella frase.

I processi lessico-semantiche si possono distinguere dunque dai processi prettamente lessicali e sublessicali soprattutto perché permettono la comprensione non solo di singole parole ma del linguaggio complesso, come ad esempio un testo. La comprensione del linguaggio comprende processi di lettura di diverso livello: ad esempio sono inclusi sia processi di più basso livello come l'elaborazione locale di informazioni lessicali, sia processi di più alto livello che si rifanno a un'elaborazione globale più pragmatica e inerente al contesto in cui è inserita la frase che deve essere compresa (Brunyé, Mahoney, Rapp, Ditman, e Taylor, 2012). Quest'ultima elaborazione di più alto livello porta all'estrazione di un messaggio globale di ciò che si sta leggendo, permettendo per questo di comprendere forme di linguaggio naturale e complesso (come un testo) in un modo che va al di là delle singole parole che lo compongono. Da queste definizioni emerge che i processi che sono definiti come di basso livello siano processi più "analitici" in cui l'individuo ha un ruolo maggiormente passivo, mentre i processi di più alto livello coinvolgono più attivamente l'individuo. Una separazione tra i processi di più alto e basso livello, che potremmo riassumere come rispettivamente i processi semantico-lessicali coinvolti nella lettura di un testo, e dall'altra parte i processi prettamente lessicali e sublessicali coinvolti ad esempio nella lettura di singole parole, risulta evidente nello studio di Horowitz-Kraus e colleghi (2014b): i ricercatori hanno scoperto una dissociazione tra il livello di lettura di frasi o testi e il livello di lettura di singole parole, rinvenendo solamente durante una prova di comprensione di frasi/testi, e non in una prova di lettura di singole parole, un'attivazione del giro frontale inferiore (GFI) destro e della connettività strutturale del fascicolo arcuato (FA) destro. Questa dissociazione evidenzia dunque una possibile lateralizzazione dei processi di più alto (lessico-semantiche) e basso livello (semantiche e sublessicali), rispettivamente nell'emisfero destro e sinistro.

1.4 Correlati neurali dei processi di lettura e specializzazioni emisferiche

In accordo con il risultato rinvenuto dallo studio appena citato, vi è grande consenso in letteratura sul fatto che nella maggior parte degli individui l'emisfero sinistro giochi una parte molto più importante del destro nei processi di lettura che sono stati qua definiti come di basso livello, ovvero i processi più passivi tra cui ad esempio il riconoscimento di parole (Jasińska & Petitto, 2014; Katzir, Christodoulou, e de Bode, 2016; Ossowski

& Behrmann, 2015) e i processi maggiormente connessi al sistema fonologico (Horowitz-Kraus et al., 2014b; Jasińska & Petitto, 2014; Staples & Graves, 2020). Per quanto riguarda i processi lessico-semantic, connessi alla comprensione di forme di linguaggio anche naturali e complesse, la loro locazione risulta controversa. Vari studi neuropsicologici hanno rinvenuto in individui con deficit lessico-semantic lesioni focali in determinate zone dell'emisfero sinistro, tra cui la parte posteriore del giro temporale superiore, il giro angolare, e la parte posteriore del giro temporale medio (Hillis et al., 2001a; Hillis et al., 2001b; Leff et al., 2002). Lo studio di Horowitz-Kraus e colleghi (2014b), tuttavia, mostra un sorprendente coinvolgimento dell'emisfero destro in processi complessi di lettura quali la comprensione di frasi e testi.

1.4.1 Lateralizzazione dei campi semantic

Queste controversie sulla lateralizzazione dei processi di lettura collegati alla comprensione del linguaggio sono stati interpretati e sintetizzati dal modello Bilateral Activation, Integration and Selection (BAIS) (Jung-Beeman, 2005). Il modello spiega che entrambi gli emisferi sono importanti e collaborano nella comprensione del linguaggio, ma hanno ruoli diversi. Quando vengono presentate alcune parole di input da leggere, l'emisfero sinistro attiva fortemente campi semantic piccoli e focalizzati, riguardanti dunque il significato dominante e letterale delle determinate parole (Jung-Beeman, 2005). I campi semantic nell'emisfero destro sono invece attivati con una forza minore ma sono più larghi e diffusi, in questo modo possono includere informazioni da parole che sono lontanamente legate alla parola target, provocando un'interpretazione più globale del suo significato (Jung-Beeman, 2005). Infatti, più i campi semantic sono larghi, più è possibile che si sovrappongano, permettendo la somma delle deboli attivazioni provocate nell'emisfero destro (Jung-Beeman, 2005). Per esempio, se come parole input abbiamo "piede", "dolore", "vetro" e come parola target, ovvero quella a cui il soggetto deve arrivare, abbiamo "taglio". L'utilizzo del solo emisfero sinistro non potrebbe portare all'attivazione della parola target perché i campi semantic delle tre parole input sono troppo piccoli e non riescono a sovrapporsi. Nell'emisfero destro i campi semantic delle tre parole sono invece più larghi e riescono dunque a sovrapporsi, riuscendo quindi ad attivare la parola target. L'emisfero destro risulta quindi più implicato del sinistro nel *coarse semantic coding*, ovvero codifica il significato di una parola in un modo più globale, sfruttando questi campi semantic più larghi e diffusi (Beeman et al., 1994). L'emisfero sinistro sembra quindi implicato

maggiormente in processi più automatici e di livello più basso e locale come l'elaborazione di lettere, parole e il loro significato letterale, oltre a processi passivi di elaborazione della sintassi, che non riguardano quindi una valutazione da parte dell'individuo; mentre l'emisfero destro sembra essere più implicato in processi complessi di livello più alto e globale che richiedono un'elaborazione più attiva, come l'elaborazione valutativa di informazioni sintattiche e la derivazione del significato globale (Brunyé et al., 2012).

1.4.2 Lateralizzazione della creazione di inferenze e dell'estrazione del significato globale

A ragione del maggiore coinvolgimento dell'emisfero destro in processi di lettura globali e di più alto livello, molti studi di *imaging* e lesioni cerebrali hanno riconosciuto l'importante ruolo dell'emisfero destro nell'estrazione di un significato globale sia dal linguaggio in generale che dalla lettura. Ad esempio, St George, Kutas, Martinez, e Sereno (1999) hanno rinvenuto una maggiore attivazione del solco temporale medio destro durante la lettura di paragrafi senza titolo. Il fatto che quest'area si sia attivata maggiormente proprio per la mancanza del titolo per i ricercatori ha significato che essa sottostia al processo che porta al raggiungimento di una coerenza e dunque di un messaggio o significato globale estrapolato dal testo. Questa interpretazione è supportata da una serie di studi che riguardano il maggiore coinvolgimento dell'emisfero destro nella creazione di inferenze. I priming relativi alle inferenze predittive, ovvero quelle usate per predire le conseguenze implicite di una qualsiasi affermazione, sono stati mostrati solamente per le parole target presentate nell'emisfero destro, mentre per quelle presentate nel sinistro mostrano inferenze di coerenza, ovvero quelle che risolvono una contraddizione tra una premessa e il suo cambiamento (Jung-Beeman, Bowden, e Gernsbacher, 2000). Individui con danni all'emisfero destro presentano difficoltà nel trarre inferenze di coerenza e non mostrano priming relativi alle inferenze (Beeman, 1993). Inoltre, durante la comprensione di narrazioni, i priming connessi alle inferenze sono ugualmente forti in entrambi gli emisferi, mentre durante la comprensione di conversazioni sono maggiormente forti per le parole target presentate nell'emisfero destro (Powers, Bencic, Horton, e Beeman, 2012). L'interpretazione data a questi risultati è che le informazioni che supportano le inferenze predittive e di coerenza siano inizialmente attivate nell'emisfero destro, e solo successivamente le inferenze di coerenza siano completate nel sinistro; l'emisfero destro ha quindi un ruolo

più vantaggioso nella comprensione del linguaggio naturale, aiutando a raggiungere una comprensione piena del discorso, in linea con la teoria che l'emisfero destro sia implicato nel *coarse semantic coding*.

1.4.3 Lateralizzazione dell'elaborazione del contesto linguistico

L'emisfero destro sembra inoltre maggiormente implicato anche nell'elaborazione del contesto linguistico. Lam, Schoffelen, Uddén, Hultén, e Hagoort (2016) hanno rinvenuto che durante la lettura di frasi, i partecipanti mostrano un'ampiezza (*power*) maggiore delle onde cerebrali alfa, beta e theta per le ultime parole della frase rispetto alle prime nelle regioni frontali e parietali destre. È da considerare che le onde beta sono state associate con uno stato di veglia attiva, più precisamente i ritmi beta frontali sono osservati durante i compiti "go, no-go", dunque quando il cervello è impegnato in una presa di decisione (Kropotov, 2016). Nelle regioni fronto-parietali e fronto-temporali è stato osservato che la sincronizzazione delle onde theta, in cui l'ampiezza aumenta ma la frequenza diminuisce, potrebbe invece comportare un miglioramento nel funzionamento della memoria di lavoro (Kawasaki, Kitajo, e Yamaguchi, 2014). Un'ampiezza theta maggiore lateralizzata a destra nelle regioni centro-parietali per le ultime parole della frase rispetto alle prime è stata mostrata anche da Bastiaansen, Magyar, e Hagoort (2010). È supposto che le ultime parole della frase siano quelle che richiedono un maggiore mantenimento attivo delle informazioni lette fino a quel momento, ovvero la rappresentazione del contesto linguistico. Alcuni studi hanno rinvenuto in individui con danni all'emisfero destro un uso compromesso del contesto semantico per l'interpretazione di nuove informazioni (Roman, Brownell, Potter, Seibold, e Gardner, 1987), questi individui non riuscivano perciò a comprendere un testo (Delis, Wapner, Gardner, e Moses, 1983; Hough, 1990). Da questi studi sembrerebbe quindi che l'emisfero destro sia maggiormente implicato nell'elaborazione del contesto linguistico.

1.4.4 Lateralizzazione della comprensione della lettura

La presenza di campi semantici più larghi e diffusi nell'emisfero destro, oltre che al suo maggiore coinvolgimento in processi come la creazione di inferenze e l'elaborazione del contesto linguistico, avvalorano l'idea che l'emisfero destro sia particolarmente importante per la comprensione del linguaggio, soprattutto del linguaggio naturale come

un testo. Vi sono molti studi a supporto di questa affermazione. Horowitz-Kraus e colleghi (2014a) hanno individuato una correlazione robusta tra il fascicolo arcuato (FA) destro e il Woodcock-Johnson III Reading Comprehension subtest, ovvero una prova di comprensione globale della lettura che utilizza il contesto semantico; questa correlazione era maggiore per il FA destro rispetto al sinistro. Questo risultato supporta il ruolo dell'emisfero destro nei processi più alti di comprensione della lettura. Horowitz-Kraus, Grainger, DiFrancesco, Vannest, e Holland (2015), hanno trovato che anche il fascicolo longitudinale inferiore (FLI) destro ed altre regioni del fascicolo longitudinale superiore (FLS) destro (di cui fa parte il FA) correlavano significativamente con la stessa prova di comprensione della lettura utilizzata da Horowitz-Kraus e colleghi (2014a); anche in questo studio le aree dell'emisfero destro avevano una correlazione significativamente maggiore con questa prova rispetto alle stesse aree nell'emisfero sinistro. Questi risultati estendono l'area dell'emisfero destro coinvolta nella comprensione della lettura e ci fanno capire che il ruolo dell'emisfero destro nella comprensione della lettura inizia già dai 7 anni, dato che questi risultati sono stati ottenuti in bambini di 7-9 anni.

1.4.5 Lateralizzazione delle abilità di lettura contestuale (velocità e accuratezza)

Nello studio di Horowitz-Kraus e colleghi (2014b) è stato inoltre trovato che successivamente al training di lettura Reading Acceleration Program (RAP) vi è una maggiore attivazione nell'emisfero destro in alcune prove di lettura contestuale, ovvero prove di lettura di un testo narrativo, in cui le parole sono legate tra loro in modo da formare un messaggio comune e un contesto. Più precisamente, sono stati rinvenuti un aumento nella velocità di lettura contestuale che è stato correlato a una maggiore attivazione del giro frontale medio (GFM) destro e del lobulo parietale inferiore (LPI) destro, e un aumento nell'accuratezza della lettura contestuale, correlato alla maggiore attivazione del pars triangularis destro (nel GFI destro) e del LPI destro.

1.5 Ipotesi: miglioramento delle abilità di lettura contestuale dovuto al miglioramento di processi di lettura di alto livello

Da questi studi può essere ipotizzato che il miglioramento nelle abilità di lettura di un testo (Horowitz-Kraus et al., 2014b), ovvero di lettura contestuale contrapposta alla lettura di singole parole, sia dovuto a un miglioramento dei processi di comprensione di

più alto livello, ovvero quelli che portano all'estrazione di un significato globale da un linguaggio complesso come un testo (Delis et al., 1983; Horowitz-Kraus et al., 2015; Horowitz-Kraus et al., 2014a; Hough, 1990; Roman et al., 1987) dato che entrambi sottostanno a una maggiore attivazione di determinate aree dell'emisfero destro che sono vicine tra loro. Può essere inoltre supposto che queste aree facciano parte di un circuito lateralizzato a destra di cui fanno parte alcune regioni del lobo frontale connesse, tramite il fascicolo arcuato, ad aree del linguaggio temporo-parietali posteriori (Horowitz-Kraus et al., 2014a); questo circuito sarebbe dunque specializzato per quei processi che sottostanno alle abilità di lettura contestuale, dunque per i processi di lettura che sono stati qui definiti di più alto livello.

1.6 Lateralizzazione destra di percezione/elaborazione globale e ipotesi di associazione con i processi riguardanti la lettura contestuale

La distinzione tra il diverso contributo dato dai due emisferi nei processi di elaborazione di lettura di più alto livello (emisfero destro) e di più basso livello (emisfero sinistro) possono riflettere i risultati di molti studi che dimostrano una specializzazione dell'emisfero destro per l'elaborazione globale della forma di un qualsiasi stimolo visivo non linguistico, e dell'emisfero sinistro per l'elaborazione locale dei dettagli dello stesso stimolo (Bardi, Kanai, e Walsh, 2010; Gable, Poole, e Cook, 2013; Lamb, Robertson, e Knight., 1990; Lux et al., 2004; Robertson, Lamb, e Knight, 1988; Volberg & Hübner, 2004). Dato che entrambi i processi complessi che riguardano la lettura di testi e di elaborazione globale sembrerebbero lateralizzati nell'emisfero destro, si può supporre che questi possano essere in qualche modo associati.

In linea con la supposizione di un'associazione tra elaborazione globale e abilità di lettura, Franceschini, Bertoni, Giancesini, Gori, e Facoetti (2017) hanno rinvenuto in bambini con dislessia una mancanza del bias di percezione globale, ovvero il processo che avviene normalmente durante l'elaborazione di una qualsiasi scena visiva per cui viene prima percepita la forma globale dello stimolo e successivamente ne vengono percepiti i dettagli (come descritto anche all'inizio del capitolo); i ricercatori hanno perciò dimostrato una connessione causale tra la mancanza della precedenza della percezione del globale rispetto al locale e alcuni deficit di lettura. Nello stesso studio è stato inoltre dimostrato che la mancanza del bias di percezione globale in bambini che non hanno ancora imparato a leggere ne predice le scarse abilità di lettura a distanza di

un anno, inoltre training specifici con lo scopo di dare la precedenza alla percezione globale rispetto a quella locale migliorano le abilità di lettura nei bambini affetti da dislessia.

In uno studio di Marsicano e colleghi (2021) i ricercatori hanno trovato che un training che utilizza videogiochi d'azione ha migliorato sia la percezione globale che la velocità di lettura in bambini con dislessia evolutiva. Nello studio di Franceschini e colleghi (2020), i partecipanti sono stati testati su una serie di prove cognitive successivamente all'assunzione di caffeina; i risultati hanno mostrato che la caffeina non ha migliorato le performance dei partecipanti nelle prove di velocità di lettura di parole e pseudoparole, memoria fonologica, denominazione rapida di parole, *alerting*, *orienting* e funzioni esecutive attentive, migliorando unicamente le prestazioni nelle prove di velocità di lettura del brano e percezione globale. Il fatto che queste due abilità non siano state le uniche testate nell'esperimento e siano comunque risultate le uniche significative, ne corrobora ancora di più una possibile associazione. È importante sottolineare che unicamente la velocità di lettura del brano, una prova che coinvolge maggiormente processi lessico-semantiche, è stata migliorata dalla caffeina e non la velocità di lettura di singole parole e pseudoparole, prove che invece coinvolgono maggiormente processi puramente lessicali e sublessicali. Questi risultati sono in linea con la dissociazione rinvenuta da Horowitz-Kraus e colleghi (2014b) per cui unicamente nella prova di lettura del brano è stata trovata una maggiore attivazione del GFI destro e della connettività strutturale del FA destro, non nella prova di lettura di singole parole. Questo rafforza l'idea che non siano le abilità di lettura in generale ad essere associate alla percezione globale, ma bensì specificamente le abilità di lettura più complesse, associate maggiormente ai processi lessico-semantiche e di comprensione di livello più alto e globale.

2. CAFFEINA

La caffeina può essere considerata come la più consumata sostanza psicoattiva agente sul sistema nervoso centrale (Nehlig, Daval, e Debry, 1992), basti considerare ad esempio la grande popolarità e diffusione di tè, caffè e bevande a base di cola, tutte contenenti caffeina. La European Food Safety Association (EFSA) stima che in Europa gli adulti consumino giornalmente tra i 37 e i 319 mg di caffeina. Considerando ad esempio che in un espresso sono contenuti circa 80 mg di caffeina, ciò vorrebbe dire che vengono consumate giornalmente tra la mezza tazzina e le 4 tazzine di caffè. Ciò è probabilmente dovuto al fatto che la caffeina, a differenza di molte altre sostanze psicoattive, non comporta gravi rischi per la salute se non assunta in quantità estremamente elevate: un rapporto dell'EFSA dichiara che l'assunzione abituale di caffeina non comporta rischi per la salute se assunta in quantità massime di 400 mg per la popolazione generale e 200 mg per le donne in stato di gravidanza (EFSA, 2015). Gli effetti probabilmente più conosciuti della caffeina sono la riduzione della sonnolenza e l'aumento della lucidità mentale, che avvengono entrambi successivamente all'assunzione di dosi moderate della sostanza.

2.1 Meccanismi d'azione

La caffeina ha diversi meccanismi d'azione tra cui l'antagonismo dei recettori di adenosina e benzodiazepine, l'inibizione della fosfodiesterasi e il rilascio di calcio dai magazzini intracellulari (Committee on Military Nutrition Research, Food and Nutrition Board, e Institute of Medicine 2001). Gli ultimi due meccanismi d'azione della caffeina hanno comunque effetti molto deboli dato che servirebbe una grande quantità della sostanza perché essi si presentino. Anche gli effetti sui recettori delle benzodiazepine sembrano essere deboli, e alcuni studi suggeriscono che essi siano comunque derivati dagli effetti che la caffeina ha sui recettori adenosinici (Nehlig et al., 1992). Il meccanismo che risulta quindi più importante per spiegare gli effetti della normale assunzione di caffeina, quindi gli effetti che si presentano anche a dosi basse, è principalmente l'effetto antagonistico sui recettori dell'adenosina (Ribeiro & Sebastião, 2010).

2.1.1 Adenosina e antagonismo della caffeina

L'adenosina è un nucleoside naturale presente in varie forme in ogni cellula del corpo (Mahler, 1998). È dunque comprensibile che essa agisca in praticamente ogni area del cervello, avendo effetti ad esempio sul sonno, sul livello generale di arousal, sulla cognizione e sulla memoria (Ribeiro & Sebastião, 2010). I recettori adenosinici che hanno la maggiore affinità con la sostanza sono i recettori A1 e A2A; essi sottostanno agli effetti modulatori dell'adenosina su vari mediatori sinaptici, ovvero effetti coordinatori e di controllo sulla sincronizzazione del rilascio e dell'azione di questi mediatori. L'adenosina può essere vista in questo senso come una sorta di “modulatore universale”, avendo principalmente effetti inibitori.

La caffeina agisce come antagonista non-selettivo dell'adenosina, avendo dunque effetti su qualsiasi tipo di recettore adenosinico. Essendone un antagonista, l'azione della caffeina è dunque opposta all'attivazione dei recettori per l'adenosina. La caffeina ridurrà quindi la funzione inibitoria dell'adenosina e per quanto discusso in precedenza, la caffeina, contrastando gli effetti dell'adenosina, può potenzialmente influire su qualsiasi zona del cervello (Ribeiro & Sebastião, 2010). Infatti, sebbene non siano stati individuati effetti diretti della caffeina su altri recettori che non siano quelli dell'adenosina, sono stati individuati molti effetti indiretti della caffeina dovuti al blocco dei recettori adenosinici sul rilascio di norepinefrina, dopamina, acetilcolina, serotonina, glutammato, acido gamma-aminobuterico e forse neuropeptidi (Daly, Shi, Nikodijevic, e Jacobson 1994).

2.2 Arousal: aumento puro dovuto alla caffeina e lateralizzazione destra

Gli effetti stimolanti della caffeina scaturiti dalla sua azione indiretta sui sistemi neurotrasmettitoriali sopracitati riguardano principalmente un aumento di veglia, vigilanza e arousal (Brunyé et al., 2012). In uno studio di Barry e colleghi (2005), i ricercatori hanno trovato che la caffeina ha effetti “puri” sull'aumento dell'arousal: hanno rinvenuto un aumento del livello di conduttanza cutanea e della frequenza alfa globale, e una diminuzione dell'alfa *power* globale (tutte misure di un aumento psicofisiologico dell'arousal) nel *resting state*, ovvero uno stato in cui i partecipanti non stavano svolgendo alcun compito, erano ad occhi chiusi, e perciò il loro arousal e la loro attivazione erano al livello più basso ottenibile in laboratorio. L'aumento di arousal è quindi dovuto puramente agli effetti che la caffeina ha sull'adenosina e quindi sugli altri sistemi neurotrasmettitoriali.

Una serie di studi ha inoltre riportato una maggiore attivazione dell'emisfero destro per quanto riguarda l'arousal non connesso alla caffeina. Ad esempio Kheirkhah e colleghi (2021) hanno trovato che stimoli emotivi che suscitano un arousal molto alto attivavano maggiormente la zona temporo-parietale destra rispetto a tutte le altre aree del cervello. Altri studi mostrano una connessione tra lesioni all'emisfero destro e compromissioni ad alcuni indici di arousal come la risposta elettrodermica e la frequenza cardiaca (Morrow, Vrtunski, Kim, e Boller, 1981; Zoccolotti, Valtagirone, Benedetti, e Gainotti 1986).

2.3 Lateralizzazione destra dei sistemi neurotrasmettitoriali influenzati dalla caffeina e dei suoi effetti generali sul cervello

È interessante notare come gli stessi sistemi neurotrasmettitoriali che comportano un aumento generale dell'arousal dopo l'assunzione di caffeina (tramite i suoi effetti sull'adenosina) risultino in alcuni studi come almeno parzialmente lateralizzati nell'emisfero destro. Per esempio, è stato rinvenuto che il legame tra il recettore dopaminergico D2 e il suo ligando è maggiore nello striato destro rispetto al sinistro (Larisch et al., 1998), indici serotoninergici come il metabolita 5HIAA e l'imipramina sono maggiori nell'emisfero destro (Arato et al., 1991), come anche la norepinefrina risulta maggiore in determinate regioni dell'emisfero destro (Oke, Keller, Mefford, e Adams, 1978). È dunque possibile che la caffeina abbia un effetto maggiore nell'emisfero destro. A corroborare questa affermazione Brunyé e colleghi (2012) riportano due studi da cui è risultata una maggiore attivazione dell'emisfero destro dopo l'assunzione di caffeina come la maggiore attivazione della corteccia cingolata anteriore destra (Koppelstaetter et al., 2008) e la maggiore attivazione cerebrale nell'emisfero destro (Lorist & Snel, 1997).

2.4 Caffeina e percezione/elaborazione globale

Vi sono inoltre molti studi che riguardano l'effetto migliorativo che la caffeina ha sull'elaborazione globale di informazioni, come ad esempio sull'elaborazione globale spaziale (Giles, Mahoney, Brunyé, Taylor, e Kanarek, 2013) e sull'aumento della performance di percezione globale in un compito Navon (Franceschini et al., 2020; Mahoney, Brunyé, Giles, Lieberman, e Taylor 2011). È importante notare che, come

descritto nel precedente capitolo, vi è anche per l'elaborazione globale di stimoli una specializzazione dell'emisfero destro.

2.5 Caffaina e lettura contestuale

Ma i risultati più interessanti per gli scopi del presente studio sono i risultati della caffeina sulla lettura, e più precisamente sulla lettura di testi. Da alcuni studi è risultato che la caffeina migliora l'accuratezza (Haskell, Kennedy, Wesnes, e Scholey, 2005) e anche la velocità (Warburton, Bersellini, e Sweeney, 2001) nel *sentence verification* task, una prova di comprensione verbale in cui i partecipanti devono giudicare velocemente la veridicità di alcune frasi. Brunyé e colleghi (2012) hanno rinvenuto che la caffeina sembra migliorare l'analisi della forma globale delle frasi dato che i partecipanti hanno migliorato la loro abilità di detezione di violazioni morfosintattiche in un compito di revisione, mentre l'abilità di rilevare singole parole scritte male è rimasta inalterata. Inoltre, come già descritto in precedenza, Franceschini e colleghi (2020) hanno rinvenuto un aumento di percezione globale e di velocità di lettura di un testo successivo all'assunzione di caffeina, mentre altre abilità non risultavano influenzate.

Il presente studio ha lo scopo di replicare il risultato unico in letteratura rinvenuto da Franceschini e colleghi (2020), ovvero l'aumento della velocità di lettura di un testo successivo all'assunzione di caffeina. Questa aspettativa è basata sui sopracitati effetti della sostanza sull'aumento dell'arousal generale e sull'aumento dell'elaborazione globale di informazioni sia non-linguistiche (che sono connesse a un aumento delle abilità di lettura) che linguistiche. Queste abilità aumentate dalla caffeina sembrano inoltre lateralizzate nell'emisfero destro, in cui sono lateralizzati anche i processi che sottostanno unicamente alla lettura contestuale (e non alla lettura di singole parole) come la creazione di inferenze, la comprensione del linguaggio, i processi lessico-semantiche di alto livello e le reti semantiche più diffuse e allargate. Si ipotizza dunque che la caffeina aumenti le abilità di lettura contestuale dalla possibile attivazione di meccanismi neurali che probabilmente si sovrappongono nell'emisfero destro.

3. CAFFEINA E PROVA DI LETTURA DEL BRANO: UNO STUDIO SPERIMENTALE IN DOPPIO CIECO

La caffeina è una delle più diffuse sostanze psicoattive e viene usata quotidianamente a livello mondiale. Uno dei suoi più chiari effetti sull'organismo è l'aumento dell'arousal generale, dovuto principalmente all'antagonismo verso l'adenosina, sostanza che avrebbe normalmente effetti di inibizione generale sull'organismo. Da alcuni studi sono emersi interessanti effetti che la caffeina potrebbe avere maggiormente sull'emisfero destro, zona a cui sono stati associati maggiormente i processi di lettura contestuale come la creazione di inferenze, la comprensione del linguaggio, i processi lessico-semantiche di alto livello e la presenza di reti semantiche più diffuse e allargate. Data l'ipotesi che la caffeina agisca su aree cerebrali che potrebbero essere sovrapposte a quelle che si attivano durante la lettura contestuale, segue l'ipotesi che la somministrazione di caffeina aumenti le abilità di lettura contestuale. Questo risultato è stato testato e riscontrato per la prima volta in letteratura da Franceschini e colleghi (2020), in cui i ricercatori hanno somministrato 200 mg di caffeina prima di far svolgere ai partecipanti una serie di test cognitivi, tra cui una prova per la lettura contestuale, ovvero le Prove di velocità di lettura brani (Judica & de Luca, 2005). Il presente esperimento vuole dunque tentare di replicare il risultato riguardante la lettura contestuale ottenuto nell'esperimento sopracitato, somministrando a un diverso campione di partecipanti 200 mg di caffeina e utilizzando la stessa prova di lettura in uno studio in doppio cieco.

3.1 Metodo

3.1.1 Partecipanti

Hanno partecipato all'esperimento 52 giovani adulti volontari di età compresa tra i 21 e i 28 anni ($M = 23.75$, $DS = 1.80$). I partecipanti erano prevalentemente di sesso femminile (femmine: 37, 71.15%; maschi 15, 28.85%). Inoltre, tra i partecipanti 46 erano destrimani (88,46%), gli altri 6 mancini (11,54%).

La media di caffè che il campione ha dichiarato di assumere abitualmente in una giornata è di circa 2 tazzine, che equivalgono circa a 161.5 mg di caffeina ($DS = 91.7$). È stata inoltre calcolata la media delle ore che i partecipanti hanno dormito la notte prima di ciascuna condizione: prima della condizione caffeina i partecipanti hanno dormito una media di 6.98 ore ($DS = 0.90$), nella condizione placebo invece i partecipanti hanno dormito una media di 6.96 ore ($DS = 1.08$); un test- t per campioni appaiati ha rivelato che non vi erano differenze significative tra le ore di sonno spese a dormire dai partecipanti prima di ciascuna condizione ($t(51) = 0.11$, $p = .92$).

Tramite le prove di "Vocabolario" e "Disegno con cubi", due dei sub-test facenti parte della Wechsler Adult Intelligence Scale (WAIS-IV), sono stati calcolati rispettivamente il QI Verbale ($M = 8.87$, $DS = 2.63$) e il QI di Performance ($M = 10.83$, $DS = 2.87$).

3.1.2 Procedura

I partecipanti hanno preso parte all'esperimento su base volontaria, essendo stati informati precedentemente degli obiettivi e modalità generali dello studio. La partecipazione all'esperimento richiedeva la firma del consenso informato, conforme alle direttive del Comitato Etico del Centro HIT del Dipartimento di Psicologia Generale dell'Università di Padova, e la consegna di un certificato medico che confermasse che il partecipante poteva effettivamente assumere 200 mg di caffeina in una sola somministrazione. Precedentemente alla conferma della partecipazione all'esperimento venivano inoltre richiesti alcuni dati anamnestici per escludere partecipanti potenzialmente a rischio, come ad esempio donne in un possibile stato di gravidanza o partecipanti con diagnosi e/o familiarità con l'epilessia.

L'esperimento è stato interamente svolto nei laboratori del Dipartimento di Psicologia Generale dell'Università di Padova ed è stato suddiviso in due sessioni sperimentali distanziate da 1 settimana, della durata di circa 1 ora e 40 ciascuna. È stato utilizzato un disegno sperimentale a misure ripetute, per cui ogni partecipante veniva testato in entrambe le sessioni alla stessa ora della mattina. In ogni sessione il partecipante assumeva o la sostanza contenente caffeina o quella contenente placebo in ordine controbilanciato tra le sessioni. Sebbene sia il somministratore che il partecipante sapessero che in una delle due sessioni sarebbe stata somministrata caffeina e nell'altra placebo, né l'uno né l'altro erano a conoscenza di quale sostanza fosse somministrata in quale sessione, per questo motivo l'esperimento è da considerarsi in doppio cieco. Questo fa in modo che i risultati dello studio siano meno soggetti a bias, aumentando quindi il controllo sperimentale. La condizione a cui il partecipante veniva assegnato non era infatti etichettata come "caffeina" o "placebo" ma come "oro" o "rosso", e il somministratore non conosceva a quale sostanza corrispondesse ciascuna condizione. La caffeina utilizzata nell'esperimento era contenuta in capsule "XTRAZE- BE STRONG" da 200 mg, e per mascherarne il gusto amaro è stata utilizzata una gazzosa con cui veniva preparata anche la sostanza placebo: in questo modo le due sostanze erano simili sia per il gusto che per la vista.

La randomizzazione è stata dunque eseguita tra le due sessioni per la condizione sperimentale (caffeina o placebo, quindi condizione oro o rosso) e per il protocollo cartaceo somministrato al partecipante, che poteva essere AB o BA: i due protocolli differivano unicamente per il diverso ordine in cui venivano svolte le Prove di velocità di lettura brani, di cui sarà trattato successivamente. La somministrazione della sostanza avveniva all'inizio dell'esperimento. Per fare in modo che la caffeina eventualmente assunta avesse il tempo di entrare nel flusso sanguigno e raggiungere i livelli di picco, e dunque di poter presentare i propri effetti stimolanti, prima di svolgere i test cognitivi rilevanti per l'esperimento venivano fatti passare 30 minuti, che corrispondono al periodo medio di assorbimento della caffeina (es., Wickham & Spriet, 2018). Per la maggior parte di questi 30 minuti, ogni partecipante svolgeva il Tangram, ovvero un gioco da tavolo in cui deve essere riprodotta una figura attraverso alcuni pezzi di varie forme geometriche.

La prova di lettura del brano era una delle ultime prove somministrate in ogni sessione e avveniva dunque abbondantemente dopo 30 minuti dall'assunzione della sostanza. Per valutare l'abilità di lettura sono state usate le "Prove di velocità di lettura brani" (Judica

& de Luca, 2005). I brani di cui è composta la prova sono due: “Funghi in città” e “Un viaggio con le mucche”, entrambi sono parti di racconti tratti da “Marcovaldo” di Italo Calvino (1993) e hanno una lunghezza simile. L’ordine dei testi ricevuti è stato controbilanciato tra i partecipanti nelle due sessioni.

Prima dell’inizio della prova i partecipanti sono stati istruiti a leggere un brano ad alta voce avendo cura di velocità e accuratezza. Il somministratore ha consegnato quindi il foglio al partecipante, il quale ha iniziato la lettura. L’intera prova, oltre ad essere registrata, veniva cronometrata dal momento esatto in cui il partecipante iniziava la lettura al momento esatto in cui la finiva.

L’abilità di lettura del brano è stata indagata tramite gli indici di velocità di lettura, misurata attraverso la quantità di sillabe lette in un secondo, e accuratezza, indicata tenendo conto della quantità e qualità degli errori compiuti durante la lettura. Nella Tabella 1 viene approfondita la modalità di calcolo degli errori.

Tabella 1. Tipologia e calcolo degli errori nella Prova di lettura del brano

1 punto	0.5 punti
Ogni parola letta in modo errato, indipendente dal numero di errori commessi sulla stessa parola (tipologie di errore: elisione, sostituzione, inserzioni, inversione)	Spostamento di accento
	Auto-correzione
	Errore che non modifica il significato del testo
	Stesso errore ripetuto su una stessa parola presentata più volte nel testo
	Esitazione

Tabella 1. In questa tabella sono indicate le tipologie di errore che il partecipante poteva commettere durante la lettura del brano. È anche indicato il punteggio relativo a ciascuna tipologia di errore, indicato nella prima riga. Il punteggio di tutti gli errori commessi dai partecipanti durante la prova veniva sommato.

3.2 Risultati

Come riportato in precedenza, gli indici analizzati per indagare l’abilità di lettura sono due: velocità di lettura e accuratezza. Entrambi gli indici sono stati analizzati tramite un test *t* di Student per campioni appaiati. È stato dunque possibile constatare che la velocità di lettura (misurata tramite le sillabe lette in un secondo) è aumentata

significativamente in seguito all'assunzione dei 200 mg di caffeina ($M = 5.92$, $DS = .67$) rispetto all'assunzione della sostanza placebo ($M = 5.80$, $DS = .66$; $t_{(51)} = 2.05$, $p = .045$). Per quanto riguarda l'accuratezza di lettura, anche se dopo l'assunzione di caffeina i partecipanti commettevano lievemente più errori ($M = 3.06$, $DS = 2.54$) rispetto a quando veniva assunta la sostanza placebo ($M = 3.00$, $DS = 2.89$), questa differenza non è però significativa ($t_{(51)} = .15$, $p = .88$); dunque, la caffeina non ha prodotto effetti significativi sull'accuratezza. Nelle sottostanti Figura 1 e Figura 2 sono riportati graficamente i risultati dell'esperimento.

Figura 1. Risultati per l'indice di velocità di lettura

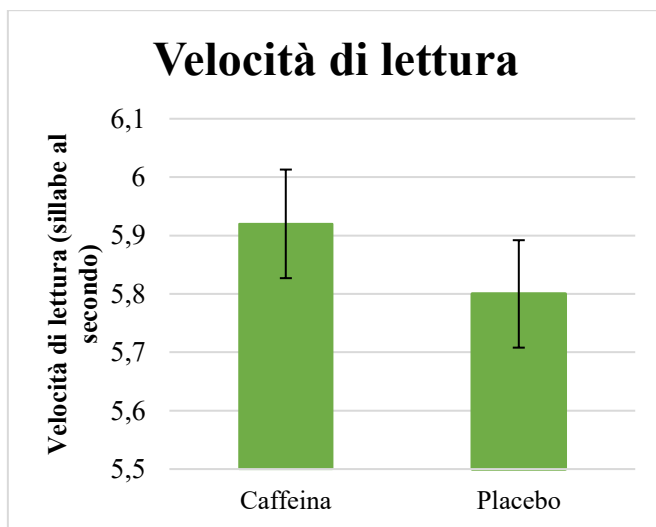
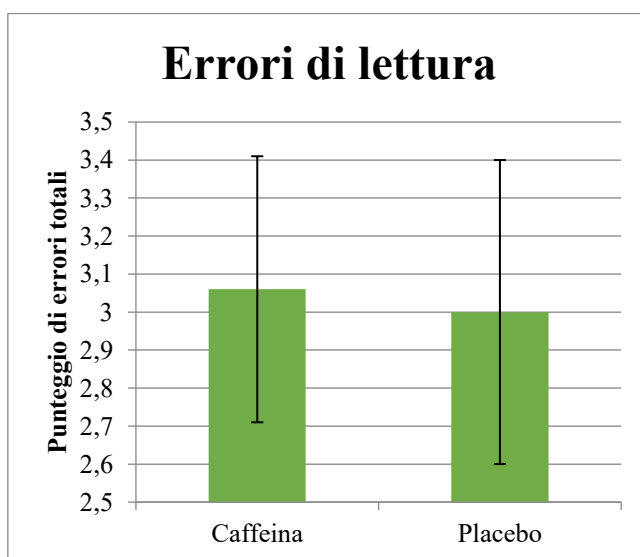


Figura 2. Risultati per l'indice di errori di lettura



3.3 Discussione e conclusioni

Dai risultati dello studio è emerso che la velocità di lettura contestuale è significativamente aumentata in seguito all'assunzione di 200 mg di caffeina, avvalorando maggiormente l'ipotesi che la caffeina aumenti tale abilità. Il risultato ha replicato quello di Franceschini e collaboratori (2020), ovvero la prima prova in letteratura dell'aumento della velocità di lettura contestuale successivo all'assunzione di caffeina. Entrambi gli studi hanno seguito lo stesso disegno e procedura sperimentale e sono stati eseguiti su due campioni simili ma composti da partecipanti diversi, aumentando la validità dell'effetto trovato.

L'accuratezza di lettura non ha invece subito alterazioni significative: i partecipanti hanno ottenuto un punteggio di errore di lettura simile in entrambe le condizioni di assunzione di caffeina e placebo. Ciò potrebbe essere dovuto al fatto che il campione sperimentale era composto per la maggior parte da studenti universitari, che si suppone abbiano già un'accuratezza di lettura alta. Per l'effetto soffitto sarebbe difficile percepire un aumento dovuto a una qualsiasi sostanza che in condizioni normali è già molto simile al valore massimo possibile.

Di seguito sono avanzate alcune possibili spiegazioni dell'effetto rinvenuto sull'aumento della velocità di lettura contestuale dovuto all'assunzione di caffeina. La prima spiegazione data è che la caffeina aumenti la velocità di lettura del brano tramite un aumento di tutte le altre capacità che sottostanno alla lettura contestuale, ovvero un aumento della comprensione del testo e dunque della capacità di fare inferenze sul significato di ciò che si legge tramite una maggiore elaborazione del contesto, e un coinvolgimento di campi semantici più larghi e diffusi. Come descritto in precedenza ad esempio, la caffeina migliora la performance in compiti di comprensione verbale (Haskell et al., 2005; Warburton et al., 2001).

Un'altra spiegazione possibile è che la caffeina migliori la velocità di lettura di testi tramite il miglioramento delle abilità di percezione ed elaborazione globale. Infatti, oltre alla descrizione delle implicazioni di processi globali durante la lettura, è stato descritto come in bambini con dislessia evolutiva sia stata rinvenuta una connessione causale tra la mancanza della precedenza della percezione del globale rispetto al locale e alcuni deficit di lettura (Franceschini et al., 2017), e training specifici per il miglioramento della percezione globale abbiano migliorato anche le abilità di lettura (Franceschini et al., 2017; Marsicano et al., 2021). È stato descritto inoltre come la caffeina migliori

alcuni processi globali (Brunyé et al., 2012; Franceschini et al., 2020; Giles et al., 2013; Mahoney et al., 2011). Si suppone dunque che i processi di percezione ed elaborazione globale siano stati migliorati dalla caffeina ed abbiano provocato il rinvenuto miglioramento della velocità di lettura del testo. Si ricorda che nello studio di Franceschini e colleghi (2020), che ha utilizzato la stessa prova di lettura del brano con lo stesso disegno sperimentale del presente studio, è stato rinvenuto sia un miglioramento della velocità di lettura del brano che della percezione globale successivamente all'assunzione di caffeina.

Un'ulteriore interpretazione fornita per l'effetto trovato è quella della possibile lateralizzazione destra comune ai processi che sottostanno alla lettura contestuale, ai processi di elaborazione e percezione globale, e agli effetti neurali e cerebrali risultanti dall'assunzione di caffeina. Per quanto riguarda la lettura contestuale, il contesto linguistico sembra essere elaborato in zone fronto-parietali maggiormente destre (Bastiaansen et al., 2010; Lam et al., 2016; Roman et al., 1987). Nell'emisfero destro sono inoltre presenti campi semantici più larghi e diffusi di quelli presenti nell'emisfero sinistro (teoria BAIS; Jung-Beeman, 2005), per cui è maggiore la possibilità che si sovrappongano semanticamente molti concetti diversi che potrebbero essere attivi per più tempo, spiegando il ruolo nell'elaborazione del contesto. L'emisfero destro potrebbe dunque presentare una maggiore capacità di integrazione del significato globale da attribuire al materiale letto (St George et al., 1999). Quest'ultimo è possibile tramite l'utilizzo di inferenze, di cui è stato riconosciuto un importante ruolo dell'emisfero destro (Beeman, 1993; Jung-Beeman et al., 2000; Powers et al., 2012). La comprensione della lettura è legata a tutti i processi appena citati e prove che la riguardano sono state associate all'emisfero destro (Horowitz-Kraus et al., 2015; Horowitz-Kraus et al., 2014a; Horowitz-Kraus et al., 2014b). Negli stessi studi è stato ipotizzato un circuito lateralizzato a destra che sottostà alle abilità di lettura contestuale: è stato formulato data la maggiore attivazione di aree fronto-temporo-parietali dell'emisfero destro (in sintesi: GFI, GFM, LPI, FA, FLS, FLI) durante prove connesse alla lettura contestuale. Oltre alle abilità strettamente connesse alla lettura contestuale, molti studi hanno rinvenuto una lateralizzazione destra anche per le abilità di percezione ed elaborazione globale (Bardi et al., 2010; Gable et al., 2013; Lamb et al., 1990; Lux et al., 2004; Robertson et al., 1988; Volberg & Hübner, 2004). Infine, sembra che anche alcuni tra i processi che sono maggiormente aumentati dalla caffeina presentino una maggiore lateralizzazione destra, come l'arousal generale (non connesso alla caffeina)

(Heller et al., 1995; Kheirkhah et al., 2021; Morrow et al., 1981; Zoccolotti et al., 1986) e l'attività dei sistemi neurotrasmettitoriali di noradrenalina, serotonina e dopamina (Arato et al., 1991; Larisch et al., 1998; Oke et al., 1978). Vi sono inoltre alcuni studi che riportano una maggiore attivazione dell'emisfero destro dopo l'assunzione di caffeina (Koppelstaetter et al., 2008; Lorist & Snel, 1997). Può essere dunque supposto che nel presente esperimento l'assunzione di caffeina abbia provocato una maggiore attivazione dell'emisfero destro tramite l'aumento dei sistemi neurotrasmettitoriali di noradrenalina, serotonina e dopamina, e quindi anche l'aumento di arousal. La maggiore attivazione dell'emisfero destro può aver portato alla maggiore attivazione delle aree che sottostanno a percezione ed elaborazione globale; l'aumento di queste abilità può aver portato all'aumento della velocità di lettura del testo. La maggiore attivazione dell'emisfero destro può aver aumentato anche l'attività delle aree che sottostanno a tutti quei processi che contribuiscono alle abilità di lettura contestuale, ovvero l'elaborazione del contesto linguistico, la creazione di inferenze, l'attivazione di reti semantiche larghe e diffuse e la comprensione del linguaggio, portando dunque all'aumento della velocità di lettura del testo.

È possibile che le sopracitate aree che sono state ipotizzate come maggiormente attivate dalla caffeina coincidano o siano in parte sovrapposte alle aree del circuito fronto-temporo-parietale ventrale destro ipotizzato e descritto dal modello Corbetta e Shulman (2002). Nel modello i ricercatori postulano che l'attenzione visiva sia controllata da due network parzialmente segregati. Un network è bilaterale e localizzato dorsalmente, sottostà all'*orienting* endogeno, dunque a processi di attenzione volontaria guidata da obiettivi e stimoli interni tramite processi *top-down*. L'altro network è localizzato ventralmente e lateralizzato a destra; sottostà all'*orienting* esogeno, dunque alla cattura automatica dell'attenzione guidata dagli stimoli sensoriali tramite processi *bottom-up* e serve alla detezione di stimoli sensorialmente rilevanti, quindi importanti e salienti per il compito che si sta svolgendo. È possibile che la caffeina, tramite i suoi effetti stimolanti sull'emisfero destro, abbia provocato una maggiore attivazione di quest'ultimo network. È possibile che alcune aree del network appena descritto si sovrappongano al network fronto-temporo-parietale destro ipotizzato per le abilità di lettura contestuale (Horowitz-Kraus et al., 2015; Horowitz-Kraus et al., 2014a; Horowitz-Kraus et al., 2014b), dunque l'assunzione di caffeina può aver provocato una maggiore cattura automatica dell'attenzione da parte del testo, ovvero lo stimolo sensoriale che era maggiormente rilevante per lo svolgimento del compito di lettura del brano. Inoltre, come citato da

Corbetta e Shulman (2002), la detezione e discriminazione degli stimoli è facilitata e dunque più rapida per i *cues* sensoriali rispetto a quelli cognitivi (Müller & Rabbitt, 1989; Posner & Cohen, 1984), ovvero gli stimoli a cui si rivolge l'attenzione non a causa di qualcosa che avviene nell'ambiente ma tramite processi interni di più alto livello (*top-down*). La facilitazione della cattura automatica dell'attenzione da parte del testo, aumentata dall'assunzione di caffeina, potrebbe essere dunque uno dei motivi per cui si è verificato l'aumento della velocità di lettura. È da considerare che in questo stesso esperimento è stata svolta la prova di "gaze e freccia cuing", indagante l'attenzione endogena o volontaria. I *cue* forniti erano infatti una freccia o un viso che apparivano al centro dello schermo e indicavano la sinistra o la destra, avendo dunque una relazione solamente simbolica con il punto in cui sarebbe comparso il target (Posner, 2016). Dalla prova non sono state identificate differenze significative tra le condizioni di caffeina o placebo. La caffeina non sembrerebbe quindi intaccare l'abilità di attenzione endogena, corroborando l'ipotesi per cui la caffeina intacchi solo il network ventrale destro per l'attenzione automatica del modello Corbetta e Shulman (2002). Sarebbe interessante implementare in un futuro esperimento una prova come il "Posner cuing task", misurante la velocità di detezione di un target sia tramite attenzione endogena che tramite attenzione esogena (Posner, 2016).

È da tenere in considerazione che ad oggi non vi siano prove che possano confermare direttamente le ipotesi riguardanti la maggiore lateralizzazione destra degli effetti della caffeina. Dovrebbero essere ottenute immagini fMRI durante la lettura contestuale, durante prove di percezione ed elaborazione globale, dopo 30 minuti dall'assunzione di caffeina sia in condizioni di resting state che durante la lettura di un brano, durante prove riguardanti le abilità connesse alla lettura contestuale, e durante prove di percezione ed elaborazione globale. Sarebbe inoltre interessante capire se l'eventuale attivazione destra coincida o sia in qualche modo sovrapposta al circuito fronto-temporo-parietale ventrale destro del modello Corbetta e Shulman (2002), in modo da poter avere un'ulteriore prospettiva di studio che riguardi gli effetti della caffeina sull'attenzione esogena e involontaria.

In conclusione, il presente studio ha utilizzato un disegno in doppio cieco e a misure ripetute rinvenendo un significativo aumento della velocità di lettura di un testo successivo all'assunzione di 200 mg di caffeina, replicando quindi lo stesso risultato che era al tempo unico in letteratura trovato da Franceschini e colleghi (2020). Sebbene l'effetto migliorativo della caffeina sulla velocità di lettura sia stato corroborato, il

motivo di questo miglioramento può essere solo ipotizzato. Nelle ipotesi che sono state avanzate è stato speculato che il miglioramento della velocità di lettura possa essere dovuto all'aumento da parte della caffeina: a) di tutte le abilità connesse alla lettura contestuale, dunque della creazione di inferenze, dell'attivazione di reti semantiche larghe e diffuse, di processi lessico-semantic, dell'estrazione di un significato globale dal testo, della comprensione del linguaggio e dell'elaborazione del contesto; b) delle abilità di elaborazione e percezione globale che sembrano essere legate causalmente all'aumento di abilità di lettura; c) dell'attivazione specifica di alcune aree dell'emisfero destro che sottostanno alle abilità sopraelencate connesse alla lettura contestuale e/o alle abilità di elaborazione e percezione globale. Un'ulteriore ipotesi avanzata nella discussione è che tali aree dell'emisfero destro (ipotesi c) potrebbero sovrapporsi o coincidere con il circuito fronto-temporo-parietale ventrale destro del modello Corbetta e Shulman (2002), viene dunque ipotizzato un miglioramento dell'attenzione esogena da parte della caffeina che potrebbe aver contribuito all'aumento della velocità di lettura. Sono suggerite alcune prospettive di studio per verificare tali ipotesi.

BIBLIOGRAFIA

- Ackermann, H., & Brendel, B. (2015). Cerebellar Contributions to Speech and Language. In *Neurobiology of Language* (pagg. 73–84). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407794-2.00007-9>
- Arato, M., Frecska, E., MacCrimmon, D. J., Guscott, R., Saxena, B., Tekes, K., & Tothfalusi, L. (1991). Serotonergic interhemispheric asymmetry: neurochemical and pharmaco-EEG evidence. *Progress in Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry*, *15*(6), 759–764. [https://doi.org/10.1016/0278-5846\(91\)90004-K](https://doi.org/10.1016/0278-5846(91)90004-K)
- Baha, Dr. O. A. (2017). Reading Models: A Review of the Current Literature. *International Journal of English Literature and Social Sciences*, *2*(3), 44–49. https://www.academia.edu/34069516/Reading_Models_A_Review_of_the_Current_Literature
- Bardi, L., Kanai, R., & Walsh, V. (2010). Parietal asymmetry in local/global and salience-based selection: a tDCS study. *Neuropsychological Trends*, *8*, 107–110. <http://www.ledonline.it/neuropsychologicaltrends/>
- Barry, R. J., Rushby, J. A., Wallace, M. J., Clarke, A. R., Johnstone, S. J., & Zlojutro, I. (2005). Caffeine effects on resting-state arousal. *Clinical Neurophysiology*, *116*(11), 2693–2700. <https://doi.org/10.1016/J.CLINPH.2005.08.008>
- Bastiaansen, M., Magyari, L., & Hagoort, P. (2010). Syntactic unification operations are reflected in oscillatory dynamics during on-line sentence comprehension. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *22*(7), 1333–1347. <https://doi.org/10.1162/JOCN.2009.21283>
- Beeman, M. (1993). Semantic processing in the right hemisphere may contribute to drawing inferences from discourse. *Brain and Language*, *44*(1), 80–120. <https://doi.org/10.1006/BRLN.1993.1006>
- Beeman, M., Friedman, R. B., Grafman, J., Perez, E., Diamond, S., & Lindsay, M. B. (1994). Summation Priming and Coarse Semantic Coding in the Right Hemisphere. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *6*(1), 26–45. <https://doi.org/10.1162/JOCN.1994.6.1.26>
- Brunyé, T. T., Mahoney, C. R., Rapp, D. N., Ditman, T., & Taylor, H. A. (2012). Caffeine enhances real-world language processing: evidence from a proofreading task. *Journal of Experimental Psychology. Applied*, *18*(1), 95–108. <https://doi.org/10.1037/A0025851>
- Cambridge English Dictionary. (s.d.). Read. In *Dictionary.Cambridge.org*. Recuperato 25 agosto 2022, da <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/read>

- Coltheart, M. (2006). Dual route and connectionist models of reading: an overview. *London Review of Education*, 4(1), 5–17. <https://doi.org/10.1080/13603110600574322>
- Coltheart, M., Curtis, B., Atkins, P., & Haller, M. (1993). Models of Reading Aloud: Dual-Route and Parallel-Distributed-Processing Approaches. *Psychological Review*, 100(4), 589–608. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.100.4.589>
- Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Langdon, R., & Ziegler, J. (2001). DRC: A dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review*, 108(1), 204–256. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.108.1.204>
- Committee on Military Nutrition Research, Food and Nutrition Board, & Institute of Medicine. (2001). Pharmacology of Caffeine. In *Caffeine for the Sustainment of Mental Task Performance: Formulations for Military Operations* (pagg. 25–31). National Academies Press.
- Corbetta, M., & Shulman, G. L. (2002). Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nature Reviews. Neuroscience*, 3(3), 201–215. <https://doi.org/10.1038/NRN755>
- Daly, J. W., Shi, D., Nikodijevic, O., & Jacobson, K. A. (1994). The role of adenosine receptors in the central action of caffeine. *Pharmacopsychologia*, 7(2), 201. <https://doi.org/10.4324/9780429271038-1>
- Delis, D. C., Wapner, W., Gardner, H., & Moses, J. A. (1983). The Contribution of the Right Hemisphere to the Organization of Paragraphs. *Cortex*, 19(1), 43–50. [https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(83\)80049-5](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(83)80049-5)
- di Tore, S., Maffei, S., & Sibilio, M. (2016). A Typical Development of Reading Skills in the Italian Primary School: Educational and Technological Perspectives. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 7(4), 141–149. <https://doi.org/10.5901/MJSS.2016.V7N4P141>
- Franceschini, S., Bertoni, S., Giancesini, T., Gori, S., & Facoetti, A. (2017). A different vision of dyslexia: Local precedence on global perception. *Scientific Reports 2017 7:1*, 7(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-17626-1>
- Franceschini, S., Lulli, M., Bertoni, S., Gori, S., Angrilli, A., Mancarella, M., Puccio, G., & Facoetti, A. (2020). Caffeine improves text reading and global perception. *Journal of Psychopharmacology*, 34(3), 315–325. <https://doi.org/10.1177/0269881119878178>
- Gable, P. A., Poole, B. D., & Cook, M. S. (2013). Asymmetrical hemisphere activation enhances global–local processing. *Brain and Cognition*, 83(3), 337–341. <https://doi.org/10.1016/J.BANDC.2013.09.012>

- Giles, G. E., Mahoney, C. R., Brunyé, T. T., Taylor, H. A., & Kanarek, R. B. (2013). Caffeine promotes global spatial processing in habitual and non-habitual caffeine consumers. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7(694), 1–12.
<https://doi.org/10.3389/FNHUM.2013.00694>
- Haskell, C. F., Kennedy, D. O., Wesnes, K. A., & Scholey, A. B. (2005). Cognitive and mood improvements of caffeine in habitual consumers and habitual non-consumers of caffeine. *Psychopharmacology*, 179(4), 813–825. <https://doi.org/10.1007/S00213-004-2104-3>
- Heller, W., Etienne, M. A., & Miller, G. A. (1995). Patterns of Perceptual Asymmetry in Depression and Anxiety: Implications for Neuropsychological Models of Emotion and Psychopathology. *Journal of Abnormal Psychology*, 104(2), 327–333.
<https://doi.org/10.1037/0021-843X.104.2.327>
- Hillis, A. E., Barker, P. B., Beauchamp, N. J., Winters, B. D., Mirski, M., & Wityk, R. J. (2001a). Restoring blood pressure reperfused Wernicke’s area and improved language. *Neurology*, 56(5), 670–672. <https://doi.org/10.1212/WNL.56.5.670>
- Hillis, A. E., Rapp, B., Romani, C., & Caramazza, A. (1990). Selective impairment of semantics in lexical processing. *Cognitive Neuropsychology*, 7(3), 191–243.
<https://doi.org/10.1080/02643299008253442>
- Hillis, A. E., Wityk, R. J., Tuffiash, E., Beauchamp, N. J., Jacobs, M. A., Barker, P. B., & Selnes, O. A. (2001b). Hypoperfusion of Wernicke’s area predicts severity of semantic deficit in acute stroke. *Annals of Neurology*, 50(5), 561–566.
<https://doi.org/10.1002/ANA.1265>
- Horowitz-Kraus, T., Grainger, M., DiFrancesco, M., Vannest, J., & Holland, S. K. (2015). Right is not always wrong: DTI and fMRI evidence for the reliance of reading comprehension on language-comprehension networks in the right hemisphere. *Brain Imaging and Behavior*, 9(1), 19–31. <https://doi.org/10.1007/S11682-014-9341-9/TABLES/3>
- Horowitz-Kraus, T., Vannest, J. J., Kadis, D., Cicchino, N., Wang, Y. Y., & Holland, S. K. (2014b). Reading acceleration training changes brain circuitry in children with reading difficulties. *Brain and Behavior*, 4(6), 886. <https://doi.org/10.1002/BRB3.281>
- Horowitz-Kraus, T., Wang, Y., Plante, E., & Holland, S. K. (2014a). Involvement of the right hemisphere in reading comprehension: A DTI study. *Brain Research*, 1582, 34–44. <https://doi.org/10.1016/J.BRAINRES.2014.05.034>

- Hough, M. S. (1990). Narrative comprehension in adults with right and left hemisphere brain-damage: Theme organization. *Brain and Language*, *38*(2), 253–277.
[https://doi.org/10.1016/0093-934X\(90\)90114-V](https://doi.org/10.1016/0093-934X(90)90114-V)
- Jasińska, K. K., & Petitto, L. A. (2014). Development of neural systems for reading in the monolingual and bilingual brain: New insights from functional near infrared spectroscopy neuroimaging. *Developmental Neuropsychology*, *39*(6), 421–439.
<https://doi.org/10.1080/87565641.2014.939180>
- Judica, A., & de Luca, M. (2005). *Prova di Velocità di Lettura Brani per la Scuola Media Superiore*. Fondazione Santa Lucia.
- Jung-Beeman, M. (2005). Bilateral brain processes for comprehending natural language. *Trends in Cognitive Sciences*, *9*(11), 512–518.
<https://doi.org/10.1016/J.TICS.2005.09.009>
- Jung-Beeman, M., Bowden, E. M., & Gernsbacher, M. A. (2000). Right and left hemisphere cooperation for drawing predictive and coherence inferences during normal story comprehension. *Brain and Language*, *71*(2), 310–336.
<https://doi.org/10.1006/BRLN.1999.2268>
- Katzir, T., Christodoulou, J. A., & de Bode, S. (2016). When left-hemisphere reading is compromised: Comparing reading ability in participants after left cerebral hemispherectomy and participants with developmental dyslexia. *Epilepsia*, *57*(10), 1602–1609. <https://doi.org/10.1111/EPI.13507>
- Kawasaki, M., Kitajo, K., & Yamaguchi, Y. (2014). Fronto-parietal and fronto-temporal theta phase synchronization for visual and auditory-verbal working memory. *Frontiers in Psychology*, *5*(200), 1–7. <https://doi.org/10.3389/FPSYG.2014.00200/BIBTEX>
- Kheirkhah, M., Baumbach, P., Leistritz, L., Witte, O. W., Walter, M., Gilbert, J. R., Zarate, C. A., & Klingner, C. M. (2021). The Right Hemisphere Is Responsible for the Greatest Differences in Human Brain Response to High-Arousing Emotional versus Neutral Stimuli: A MEG Study. *Brain Sciences*, *11*(8), 1–15.
<https://doi.org/10.3390/BRAINSCI11080960>
- Koppelstaetter, F., Poeppel, T. D., Siedentopf, C. M., Ischebeck, A., Verius, M., Haala, I., Mottaghy, F. M., Rhomberg, P., Golaszewski, S., Gotwald, T., Lorenz, I. H., Kolbitsch, C., Felber, S., & Krause, B. J. (2008). Does caffeine modulate verbal working memory processes? An fMRI study. *NeuroImage*, *39*(1), 492–499.
<https://doi.org/10.1016/J.NEUROIMAGE.2007.08.037>

- Kropotov, J. D. (2016). Beta and Gamma Rhythms. In *Functional Neuromarkers for Psychiatry* (pagg. 107–119). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-410513-3.00009-7>
- Lam, N. H. L., Schoffelen, J. M., Uddén, J., Hultén, A., & Hagoort, P. (2016). Neural activity during sentence processing as reflected in theta, alpha, beta, and gamma oscillations. *NeuroImage*, *142*, 43–54. <https://doi.org/10.1016/J.NEUROIMAGE.2016.03.007>
- Lamb, M. R., Robertson, L. C., & Knight, R. T. (1990). Component Mechanisms Underlying the Processing of Hierarchically Organized Patterns: Inferences From Patients With Unilateral Cortical Lesions. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *16*(3), 471–483. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.16.3.471>
- Larisch, R., Kehren, F., Vosberg, H., Muller-Gartner, H. W., Klimke, A., & Meyer, W. (1998). Left-right asymmetry of striatal dopamine D2 receptors. *Nuclear Medicine Communications*, *19*(8), 781–788. <https://doi.org/10.1097/00006231-199808000-00009>
- Laudanna, Alessandro., & Voghera, Miriam. (2006). *Il linguaggio : strutture linguistiche e processi cognitivi*. Laterza.
- Lee, E. K., & Watson, D. G. (2012). Sentence Processing. In *Encyclopedia of Human Behavior: Second Edition* (pagg. 387–395). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375000-6.00321-9>
- Leff, A., Crinion, J., Scott, S., Turkheimer, F., Howard, D., & Wise, R. (2002). A physiological change in the homotopic cortex following left posterior temporal lobe infarction. *Annals of Neurology*, *51*(5), 553–558. <https://doi.org/10.1002/ANA.10181>
- Lorist, M. M., & Snel, J. (1997). Caffeine effects on perceptual and motor processes. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, *102*(5), 401–413. [https://doi.org/10.1016/S0921-884X\(97\)95729-5](https://doi.org/10.1016/S0921-884X(97)95729-5)
- Lux, S., Marshall, J. C., Ritzl, A., Weiss, P. H., Pietrzyk, U., Shah, N. J., Zilles, K., & Fink, G. R. (2004). A functional magnetic resonance imaging study of local/global processing with stimulus presentation in the peripheral visual hemifields. *Neuroscience*, *124*(1), 113–120. <https://doi.org/10.1016/J.NEUROSCIENCE.2003.10.044>
- Mahler, G. S. (1998). Adenosine. In *Analytical Profiles of Drug Substances and Excipients* (Vol. 25, Issue C, pagg. 1–37). Elsevier Inc. [https://doi.org/10.1016/S0099-5428\(08\)60751-0](https://doi.org/10.1016/S0099-5428(08)60751-0)
- Mahoney, C. R., Brunyé, T. T., Giles, G., Lieberman, H. R., & Taylor, H. A. (2011). Caffeine-induced physiological arousal accentuates global processing biases.

- Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 99(1), 59–65.
<https://doi.org/10.1016/J.PBB.2011.03.024>
- Marsicano, G., Bertoni, S., Franceschini, S., Puccio, G., Gori, S., Ronconi, L., & Facchetti, A. (2021). Action video-games improves reading and global perception in children with dyslexia: An electroencephalographic study. *Perception*, 50, 130–130.
- Martinez, A., Moses, P., Frank, L., Buxton, R., Wong, E., & Stiles, J. (1997). Hemispheric asymmetries in global and local processing: evidence from fMRI. *Neuroreport*, 8(7), 1685–1689. <https://doi.org/10.1097/00001756-199705060-00025>
- Merriam-Webster. (s.d.). Read. In *Merriam-Webster.com dictionary*. Recuperato 25 agosto 2022, da <https://www.merriam-webster.com/dictionary/read>
- Morrow, L., Vrtunski, P. B., Kim, Y., & Boller, F. (1981). Arousal responses to emotional stimuli and laterality of lesion. *Neuropsychologia*, 19(1), 65–71.
[https://doi.org/10.1016/0028-3932\(81\)90045-2](https://doi.org/10.1016/0028-3932(81)90045-2)
- Müller, H. J., & Rabbitt, P. M. (1989). Reflexive and voluntary orienting of visual attention: time course of activation and resistance to interruption. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 15(2), 315–330.
<https://doi.org/10.1037//0096-1523.15.2.315>
- Nehlig, A., Daval, J. L., & Debry, G. (1992). Caffeine and the central nervous system: mechanisms of action, biochemical, metabolic and psychostimulant effects. *Brain Research Reviews*, 17(2), 139–170. [https://doi.org/10.1016/0165-0173\(92\)90012-B](https://doi.org/10.1016/0165-0173(92)90012-B)
- Oke, A., Keller, R., Mefford, I., & Adams, R. N. (1978). Lateralization of norepinephrine in human thalamus. *Science (New York, N.Y.)*, 200(4348), 1411–1413.
<https://doi.org/10.1126/SCIENCE.663623>
- Ossowski, A., & Behrmann, M. (2015). Left hemisphere specialization for word reading potentially causes, rather than results from, a left lateralized bias for high spatial frequency visual information. *Cortex*, 72, 27–39.
<https://doi.org/10.1016/j.cortex.2014.12.013>
- Posner, M. I. (2016). Orienting of Attention: Then and Now. *Quarterly Journal of Experimental Psychology (2006)*, 69(10), 1864–1875.
<https://doi.org/10.1080/17470218.2014.937446>
- Posner, M. I., & Cohen, Y. (1984). Components of Visual Orienting. *Attention and Performance X: Control of Language Processes*, 32, 531–556.

- Powers, C., Bencic, R., Horton, W. S., & Beeman, M. (2012). Hemispheric inference priming during comprehension of conversations and narratives. *Neuropsychologia*, *50*(11), 2577–2583. <https://doi.org/10.1016/J.NEUROPSYCHOLOGIA.2012.07.008>
- Pustejovsky, J. (2005). Lexical Semantics: Overview. In *Encyclopedia of Language & Linguistics - Second Edition*.
- Rapcsak, S. Z., Henry, M. L., Teague, S. L., Carnahan, S. D., & Beeson, P. M. (2007). Do Dual-Route Models Accurately Predict Reading and Spelling Performance in Individuals with Acquired Alexia and Agraphia? *Neuropsychologia*, *45*(11), 2519-2524. <https://doi.org/10.1016/J.NEUROPSYCHOLOGIA.2007.03.019>
- Rayner, K., & Reichle, E. D. (2010). Models of the Reading Process. *Wiley Interdisciplinary Reviews. Cognitive Science*, *1*(6), 787-799. <https://doi.org/10.1002/WCS.68>
- Ribeiro, J. A., & Sebastião, A. M. (2010). Caffeine and Adenosine. *Journal of Alzheimer's Disease*, *20*, 3–15. <https://doi.org/10.3233/JAD-2010-1379>
- Robertson, L. C., Lamb, M. R., & Knight, R. T. (1988). Effects of lesions of temporal-parietal junction on perceptual and attentional processing in humans. *Journal of Neuroscience*, *8*(10), 3757–3769. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.08-10-03757.1988>
- Roman, M., Brownell, H. H., Potter, H. H., Seibold, M. S., & Gardner, H. (1987). Script knowledge in right hemisphere-damaged and in normal elderly adults. *Brain and Language*, *31*(1), 151–170. [https://doi.org/10.1016/0093-934X\(87\)90066-6](https://doi.org/10.1016/0093-934X(87)90066-6)
- Scientific Opinion on the safety of caffeine. (2015). *EFSA Journal*, *13*(5). <https://doi.org/10.2903/J.EFSA.2015.4102>
- St George, M., Kutas, M., Martinez, A., & Sereno, M. I. (1999). Semantic integration in reading: engagement of the right hemisphere during discourse processing. *Brain : A Journal of Neurology*, *122* (Pt 7)(7), 1317–1325. <https://doi.org/10.1093/BRAIN/122.7.1317>
- Staples, R., & Graves, W. W. (2020). Neural Components of Reading Revealed by Distributed and Symbolic Computational Models. *Neurobiology of Language*, *1*(4), 381–401. https://doi.org/10.1162/NOL_A_00018
- Volberg, G., & Hübner, R. (2004). On the role of response conflicts and stimulus position for hemispheric differences in global/local processing: an ERP study. *Neuropsychologia*, *42*(13), 1805–1813. <https://doi.org/10.1016/J.NEUROPSYCHOLOGIA.2004.04.017>
- Warburton, D. M., Bersellini, E., & Sweeney, E. (2001). An evaluation of a caffeinated taurine drink on mood, memory and information processing in healthy volunteers

without caffeine abstinence. *Psychopharmacology*, 158(3), 322–328.

<https://doi.org/10.1007/S002130100884>

Weissman, D. H., & Banich, M. T. (1999). Global-local interference modulated by communication between the hemispheres. *Journal of Experimental Psychology. General*, 128(3), 283–308. <https://doi.org/10.1037//0096-3445.128.3.283>

Wickham, K. A., & Spriet, L. L. (2018). Administration of Caffeine in Alternate Forms. *Sports Medicine*, 48(1), 79–91. [https://doi.org/10.1007/S40279-017-0848-](https://doi.org/10.1007/S40279-017-0848-2/FIGURES/4)

[2/FIGURES/4](https://doi.org/10.1007/S40279-017-0848-2/FIGURES/4)

Wu, D. H., Martin, R. C., & Damian, M. F. (2002). A Third Route for Reading? Implications from a Case of Phonological Dyslexia. *Neurocase*, 8(4), 274–295.

<https://doi.org/10.1076/NEUR.8.3.274.16198>

Zoccolotti, P., Caltagirone, C., Benedetti, N., & Gainotti, G. (1986). [Disorders of autonomic responses to emotional stimuli in patients with unilateral hemispherical lesions].

L'encephale, 12(5), 263–268. <https://europepmc.org/article/med/3816675>