



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Psicologia Generale

**Corso di Laurea Magistrale in Neuroscienze e
Riabilitazione Neuropsicologica**

Tesi di Laurea Magistrale

**Gli effetti a breve termine del gioco
sull'attenzione visiva**

The short-term effects of game on visual attention

Relatore

Prof. Andrea Facoetti

Correlatori

Dott.ssa Giovanna Puccio

Dott.ssa Sara Bertoni

Dott. Sandro Franceschini

Laureanda: Francesca Guarrera

Matricola: 2020958

Anno Accademico 2021/22

INDICE

Introduzione	3
1. L'attenzione: un sistema multi-componenziale di meccanismi per la selezione ed elaborazione degli stimoli	4
1.1 L'attenzione: definizione e modelli teorici	4
1.2 L'attenzione visiva: modelli teorici e basi neurali	10
1.3 L'attenzione condivisa: l'abilità cognitiva di coordinare l'attenzione con l'altro	13
1.4 Spatial Cueing e Gaze Cueing: un paradigma per indagare l'attenzione visiva	14
1.5 Il gioco: un possibile strumento di implementazione delle funzioni cognitive?	16
2. Gli effetti a breve termine del gioco sull'attenzione visiva	20
2.1 Metodo	20
2.1.1 Partecipanti	20
2.1.2 Materiali e procedura	21
3. Risultati	24
3.1 Gli effetti del gioco sulle emozioni percepite	24
3.2 Gli effetti del gioco sulla variabile temporale dell'attenzione visiva	24
3.3 Gli effetti del gioco sulla variabile spaziale dell'attenzione visiva	26
3.4 Gli effetti del gioco sull'accuratezza della risposta	27
4. Discussione e conclusioni	30
Bibliografia	35

Introduzione

In questo elaborato si cercherà di indagare gli effetti a breve termine del gioco sull'attenzione visiva, in relazione alle numerose evidenze scientifiche degli ultimi anni. Il primo capitolo si concentrerà sull'esplorazione sintetica dei principali modelli teorici riguardanti l'attenzione in quanto sistema multi-componenziale di processi cognitivi per la selezione ed elaborazione degli stimoli. Il focus dell'elaborato verterà, però, sui processi di attenzione prettamente visiva e le relative strutture neurali coinvolte nella loro implementazione. È presente un riferimento particolare in relazione all'attenzione condivisa, abilità cognitiva comprendente anche l'attenzione visiva e implicata nella coordinazione dell'attenzione con l'altro, che sottende diverse funzionalità attentive (Posner, 1985). Queste ultime possono essere indagate attraverso un paradigma, ideato da Posner (1980), che rende possibile la valutazione di diversi meccanismi attentivi. Al termine di questa rassegna è stato preso in considerazione il ruolo del gioco come possibile strumento di influenza sulle funzioni cognitive, in particolar modo a livello attentivo. L'assunto di base è proprio che il gioco, in quanto stato di attivazione positivo a livello emotivo (Klasen, Weber, Kircher, Mathiak e Mathiak, 2012; Fredrickson, 2004), possa generare degli effetti a livello cognitivo. Questo per esporre le basi teoriche su cui si fonda lo studio empirico condotto su un campione di bambini prescolari, negli spazi messi a disposizione dalla Scuola dell'Infanzia Statale "L'Aquilone" di Padova e dall'Istituto "Sacra Famiglia" di Verona.

Il secondo capitolo verterà, infatti, sull'esposizione del disegno sperimentale di questa ricerca, sui materiali e i metodi utilizzati. L'obiettivo della ricerca è stato quello di comprendere gli effetti a breve termine del gioco sulle componenti spaziali e temporali dell'attenzione visiva.

Infine, il terzo capitolo riporta i risultati dello studio empirico condotto. Le variabili prese in considerazione sono quella temporale (effetto di *warning*), spaziale (effetto di *cuing*) e la variabile in riferimento all'accuratezza della risposta del nostro campione. Tutto partendo dal presupposto teorico che è necessario indagare anche lo stato emotivo del bambino in quanto fattore rilevante di influenza sulle funzioni cognitive (Franceschini, Bertoni, Lulli, Pievani e Facoetti, 2022).

1. L'attenzione: un sistema multi-componenziale di meccanismi per la selezione ed elaborazione degli stimoli

1.1 L'attenzione: definizione e modelli teorici

Nell'esperienza quotidiana ogni essere umano è immerso in una molteplicità di stimoli provenienti dal mondo esterno. Sono numerose le informazioni che sopraggiungono all'individuo e che devono essere selezionate per essere elaborate o escluse dalla persona stessa, altrimenti l'esito sarebbe quello di trovarsi di fronte ad una serie complessa di stimoli che non possono essere processati. Difatti, come affermava Zammuner (1998), l'individuo è un sistema a capacità limitata per l'elaborazione delle informazioni, ma comunque in grado di usare queste ultime in modo flessibile e integrarle con le vecchie. Di fronte a tale assunto è possibile introdurre quella funzione cognitiva che permette all'individuo di processare gli stimoli in modo efficace. Questa funzione cognitiva è l'attenzione. Una prima descrizione dell'attenzione è stata fornita da William James (1890), il quale evidenziò gli aspetti principali di questa funzione, fra cui la sua pervasività, il suo carattere volontario e la capacità di mantenere attiva la concentrazione su più stimoli: *“Ognuno di noi sa cos'è l'attenzione. L'attenzione è la mente che si impossessa, in modo chiaro e vivido, di uno solo tra quelli che ci appaiono come oggetti, o collegamenti di idee, tutti ugualmente possibili. La focalizzazione, la concentrazione della coscienza sono suoi aspetti essenziali. Essa comporta il ritrarsi della mente da alcune cose per poter operare su altre, con grande efficienza”*. Essa non rappresenta un fenomeno unitario, bensì una classe di processi qualitativamente diversi caratterizzati da una dimensione di selettività e di intensità (Mazzucchi, 2020). Nel primo caso si fa riferimento alla possibilità di poter selezionare una specifica informazione o stimolo da elaborare escludendo possibili distrattori presenti. A seguito della selezione è il processo di modulazione a subentrare e determinare l'elaborazione stessa dello stimolo. Inoltre, la distinzione tra questi due elementi riguarda il fatto che la selezione implica che ci siano altri oggetti in competizione, mentre la modulazione si riferisce a ciò che accade all'oggetto selezionato, in modo che l'attenzione influenzi l'elaborazione dell'oggetto in assenza di competizione evidente (Chun, Golomb, e Turk Browne, 2011). La dimensione dell'intensità riguarda, invece, l'allerta fasica (capacità di prontezza di fronte ad un

segnale di allarme) e la capacità di mantenere un livello adeguato di risposta per periodi anche prolungati nel tempo (Mazzucchi, 2020). Queste risultano essere capacità fondamentali all'interno della quotidianità dell'individuo, favorendone anche la salvaguardia. Tenendo in considerazione le modalità da cui prende avvio il processamento degli stimoli o delle informazioni, è possibile parlare della differenziazione tra processi attentivi automatici o esogeni (*bottom-up*) e processi attentivi volontari o endogeni (*top-down*). I primi hanno origine a partire proprio dagli stimoli esterni, i quali possiedono caratteristiche fisiche ben definite che catturano l'attenzione in modo abbastanza veloce come determinati colori, luci o suoni improvvisi (Katsuki e Constantinidis, 2014). L'elaborazione dello stimolo prende avvio a partire dalle cortecce sensoriali primarie, ognuna delle quali si attiva in presenza di uno stimolo rilevante della modalità sensoriale corrispondente (uditiva, tattile, gustativa, olfattiva, visiva). Inoltre, possono esserci elementi di influenza a livello culturale o di sviluppo che influiscono sull'attenzione e sugli elementi oggetto di interesse (Kardan et al., 2017). I processi endogeni o volontari, invece, riguardano tutti i processi *top-down* che possono essere ricondotti ad una sorta di guida interna dell'attenzione basata su conoscenze precedenti, piani intenzionali e obiettivi attuali (Katsuki e Constantinidis, 2014). Si tratta di un processo attentivo che prende avvio a partire da una ricerca attiva e volontaria nell'ambiente in riferimento alla motivazione del soggetto, in cui un ruolo centrale è svolto dal lobo frontale e dalle aree corticali superiori (Corbetta e Shulman 2002; Itti e Koch 2001). Anche se i due processi sono chiaramente distinti, i correlati neurali dell'attenzione automatica e volontaria rivelano coattivazione della stessa rete di aree corticali parietali e prefrontali, dando credito all'idea di una rete neurale modulata simultaneamente da entrambi i tipi di attenzione (Katsuki e Constantinidis 2012b) e ad un'interazione volta all'ottimizzazione dei processi attenzionali.

Qualsiasi processo cognitivo necessita di meccanismi attentivi. Difatti, è possibile affermare la pervasività di tale abilità cognitiva, tanto che una ricerca condotta da Posner e Rothbart (2007) ha dimostrato come l'attenzione non sia un processo unitario, ma una varietà di processi interconnessi che operano in diversi network neurali. È possibile considerare tre costrutti primari a livello attentivo, ossia l'allerta, l'orientamento e il monitoraggio ad opera controllo esecutivo (Geva, Zivan, Warsha e Olchik, 2013). Essi

sono implementati dall'azione di differenti aree cerebrali organizzate in network: il network dell'orientamento, dell'allerta e il network esecutivo (Petersen e Posner, 2012). L'allerta è un costrutto che riguarda la vigilanza, ossia la capacità di elaborare e rispondere ai segnali con una priorità elevata. Può essere assimilato alla prontezza che detiene l'individuo rispetto a stimoli imminenti ed è il sistema responsabile del mantenimento dello stato di allerta individuale o attivazione (*arousal*) al fine di ricevere gli stimoli in entrata (Baghdadi, Towhidkhah, e Rajabi, 2021). Questo network comprende: il locus coeruleus (insieme ad altre strutture della formazione reticolare rappresenta il substrato neurale dell'*arousal*), talamo e corteccie parietali e frontali (Tracy, Faro, Mohamed, Pinski e Pinus, 2020). L'orientamento è un processo cognitivo coinvolto in funzioni quali spostamento del focus attentivo, disancoraggio e ancoraggio ad uno stimolo (Mezzecappa, 2004). A livello neurale è considerato come il prodotto di una distribuita rete neurale che include: i campi oculari frontali (regione specifica del lobo frontale) (Wardak, Ibos, Duhamel e Olivier, 2006), il lobo parietale superiore e la giunzione temporo-parietale (Fuentes e Campoy, 2008), collicolo superiore e il pulvinar (Shipp, 2004). Infine, il controllo esecutivo svolge processi di pianificazione ed esecuzione di comportamenti volti verso uno specifico obiettivo, di anticipazione di possibili conseguenze, di selezione tra stimoli e monitoraggio del comportamento (Mezzecappa, 2004). Il network responsabile di tali processi comprende: corteccia prefrontale ventrale laterale, corteccia cingolata anteriore e nuclei della base (Baghdadi, Towhidkhah, e Rajabi, 2021). Queste regioni operano una serie di processi di regolazione *top-down* rispetto all'attivazione della formazione reticolare (Steinhauer, Siegle, Condray e Pless, 2004). Le diverse tipologie di attenzione, come l'attenzione sostenuta, selettiva, divisa e alternata dipendono proprio dal funzionamento di questi tre network (Posner, Petersen, Fox, e Raichle, 1988). Scendendo nel dettaglio il network dell'allerta è collegato all'attenzione sostenuta, il network esecutivo riguarda l'attenzione selettiva, il network dell'orientamento riguarda l'attenzione alternata (Pozuelos et al., 2014), e l'attenzione divisa richiede il funzionamento di ognuno di questi network (Commodari, 2017). Nello specifico l'attenzione selettiva entra in gioco in molteplici situazioni della quotidianità, in quanto rende possibile la restrizione del focus attentivo su uno o alcuni oggetti o elementi, ignorando ciò che risulta irrilevante (Treisman, 1969). L'attenzione selettiva

rappresenta il modello fondamentale dell'attenzione, in quanto il termine attenzione è assimilabile al termine selezione dato che nel momento in cui prestiamo attenzione ad un evento lo selezioniamo per ulteriori elaborazioni (Baghdadi, Towhidkhah, e Rajabi, 2021). Questo tipo di attenzione si trova in rapporto con il livello di attivazione o *arousal*, anche se non coincide perfettamente con esso. Se il livello di attivazione è troppo basso la distraibilità aumenta ed entrano troppi elementi di distrazione che comportano una prestazione inferiore; allo stesso modo, se il livello è troppo alto le informazioni in entrata risultano elevate e questo porta allo stesso esito, ossia ad una prestazione scadente (Làdavas e Berti, 2020). La deduzione è che l'*arousal*, collegato all'attenzione selettiva, debba essere presente secondo un livello adeguato ed equilibrato. A seguito di studi condotti su pazienti con cerebrolesione è stato riscontrato un coinvolgimento della corteccia frontale e del lobo parietale inferiore nei processi di attenzione selettiva (Rueckert e Grafman, 1998). L'attenzione sostenuta riguarda quel processo attentivo attraverso cui gli individui mantengono la concentrazione su un particolare stimolo per un prolungato periodo di tempo. Grazie alle moderne tecniche di neuroimmagine sono stati svolti degli studi che prevedevano l'esecuzione di compiti in cui era coinvolta l'attenzione sostenuta, rintracciando un'attivazione delle aree corticali frontali e parietali, maggiormente nell'emisfero destro (Sarter, Givens, e Bruno, 2001). La prestazione dell'individuo nei compiti di attenzione sostenuta peggiora con il passare del tempo e tale peggioramento può dipendere sia da una diminuita sensibilità del sistema sensoriale, sia da un innalzamento della soglia critica di intensità oltre la quale il segnale viene dato come presente (Làdavas e Berti, 2020). L'emisfero destro risulta essere coinvolto anche nella funzione di mediatore del livello di attivazione (*arousal*), rispondendo anche in modo più veloce agli stimoli se questi vengono preceduti da un segnale di allerta (Heilman, Watson e Valenstein, 1985). Un altro filone di ricerca si è concentrato, invece, sull'utilizzo di tecniche di neuroimmagine funzionale per indagare le strutture attive durante compiti di attenzione sostenuta. In accordo con i precedenti, è stato riportato come vi sia l'attivazione del cingolato anteriore, della corteccia prefrontale dorsolaterale, della corteccia parietale non esclusivamente nell'emisfero destro e a prescindere dalla tipologia di stimoli presenti (Sarter et al. 2001). L'attenzione alternata consiste nella capacità di spostare l'attenzione da un compito o stimolo in modo alternato e non simultaneo

(Mazzucchi, 2020). L'attenzione alternata richiede uno spostamento attentivo da un compito ad un altro che non avviene molto velocemente, può essere eseguito in modo conscio o inconscio, richiede differenti risorse cognitive e necessita di un certo grado di flessibilità (Baghdadi, Towhidkhah, e Rajabi, 2021). Lo spostamento dell'attenzione ha un costo in termini di riduzione della velocità di performance dell'individuo e tra stimoli cross-modali comporta un costo ancora più elevato rispetto a quando vengono coinvolti nel compito stimoli appartenenti alla stessa modalità sensoriale (Turatto, Galfano, Bridgeman e Umiltà, 2004). Infine, con il termine attenzione divisa si fa riferimento alla capacità di prestare attenzione a più compiti contemporaneamente, considerata come immagine speculare dell'attenzione selettiva (Làdavas e Berti, 2020). I processi di attenzione divisa richiedono costi di prestazione considerevoli (Perry e Hodges, 1999), in termini di riduzione dell'attenzione ad ogni oggetto o costo del passaggio da un oggetto all'altro (Baghdadi, Towhidkhah, e Rajabi, 2021). L'attivazione neurale che si presenta in compiti in cui il soggetto deve eseguire due compiti simultaneamente non risulta essere maggiore rispetto alla somma delle attivazioni che si verificano quando vengono eseguiti i compiti in modo separato, non supportando quindi la presenza di un'attività funzionale cerebrale specifica per l'attenzione divisa (Hahn, Wolkenberg, Ross, Myers, Heishman, Stein, Kurup, Stein, 2008). È il sistema attenzionale anteriore (sistema di controllo del comportamento ed elaborazione consapevole elaborato da Posner e Petersen nel 1990) ad entrare in gioco proprio in condizioni di attenzione divisa, includendo l'attivazione di aree della corteccia prefrontale mediale, della corteccia cingolata anteriore e dell'area supplementare motoria (Làdavas e Berti, 2020).

Un'ulteriore classificazione dell'attenzione è stata proposta in base alle caratteristiche sensoriali degli stimoli che giungono ai differenti organi di senso. È possibile, quindi, distinguere: attenzione visiva, uditiva, olfattiva, tattile e gustativa (Baghdadi, Towhidkhah, e Rajabi, 2021).

Andando nel dettaglio delle basi neurali dell'attenzione, vanno considerati sia le diverse aree cerebrali, sia i diversi neurotrasmettitori che sono coinvolti. Innanzitutto, fondamentale è l'elaborazione degli stimoli ad opera delle aree sensoriali primarie. La possibilità di dirigere l'attenzione verso una specifica modalità di elaborazione incrementa il risultato di elaborazione della stessa area e l'attività di queste regioni

influenza l'orientamento dell'attenzione *bottom-up* (Baghdadi, Towhidkhah, e Rajabi, 2021). Infatti, gli autori appena citati hanno affermato che in un secondo momento le regioni di livello superiore possono influenzare regioni di livello inferiore, sopprimendo la risposta ai distrattori e potenziando la risposta rispetto agli stimoli target. In ogni caso sono molteplici le regioni cerebrali e i network coinvolti nei processi attentivi. Il primo che è possibile citare è il default mode network (DMN), attivo quando si pensa in relazione a sé stessi ma non quando siamo impegnati in altri compiti o siamo focalizzati su stimoli esterni (Hudak, Rosenbaum, Barth, Fallgatter e Ehrlis, 2018). Le regioni coinvolte sono: la corteccia prefrontale mediale, il precuneo, la corteccia cingolata posteriore, giro prefrontale superiore, corteccia parietale, e la corteccia cingolata anteriore (Venuti, Simonelli e Rigo, 2018). Nel momento in cui prende avvio un'azione o un compito il DMN si disattiva e il network di controllo fronto-parietale (FPCN), diviso in due sotto network, si attiva (Marek e Dosenbach, 2018). Esso comprende molte regioni che svolgono funzioni di supporto al controllo cognitivo e ai processi decisionali, tra queste vi sono la corteccia prefrontale laterale, la corteccia cingolata anteriore e il lobulo parietale inferiore (Vincent, Kahn, Snyder, Raichle e Buckner, 2008). Esso presenta connessioni con altre aree del cervello sempre a livello frontale, parietale, motorio e nel corpo striato (Baghdadi, Towhidkhah, e Rajabi, 2021). Anche il network della salienza è coinvolto nei processi attentivi, infatti uno stimolo saliente, che presenta delle caratteristiche che lo distinguono dai restanti stimoli, cattura l'attenzione. Questo stimolo saliente viene elaborato proprio da un network specifico costituito dalla corteccia cingolata anteriore dorsale e dall'insula anteriore (Baghdadi, Towhidkhah, e Rajabi, 2021). Esso regola l'attivazione del DMN e il network del controllo esecutivo, quest'ultimo teorizzato da Posner nel 1985 e che monitora i conflitti ed elabora soluzioni in relazione alle risposte comportamentali (Baghdadi, Towhidkhah, e Rajabi, 2021). Inoltre, il network della salienza svolge un ruolo importante nei processi di spostamento dell'attenzione (Menon e Uddin, 2010).

Data la molteplicità di strutture cerebrali coinvolte nei meccanismi attentivi, diversi sono i neurotrasmettitori che agiscono all'interno delle regioni interessate da questi processi. Essi sono: dopamina, glutammato, noradrenalina, GABA, acetilcolina e

serotonina. Essi svolgono funzioni di inibizione e di attivazione, quindi risulta fondamentale una loro ottimale interazione (Baghdadi, Towhidkhah, e Rajabi, 2021).

1.2 L'attenzione visiva: modelli teorici e basi neurali

L'attenzione visiva agisce in ogni istante della quotidianità, permettendo che la scena visiva venga ridotta rispetto alla quantità di informazioni che essa contiene. Ciò è determinato dall'azione sia di processi attentivi *bottom-up* che *top-down*, inoltre autori come Evans, Wolfe, Võ e Greene (2011) riportano come l'attenzione visiva non svolga solo questa funzione di riduzione/selezione degli stimoli, ma anche una funzione di valorizzazione e miglioramento dello stimolo in termini di riduzione dell'ambiguità dell'informazione in ingresso, associazione delle caratteristiche scomposte nelle prime fasi di processamento visivo e riconoscimento dello stimolo. Inoltre, possiamo distinguere due diverse vie di elaborazione spaziale, una via visiva del *what* (via ventrale) ed una del *where* (via dorsale) deputate all'elaborazione rispettivamente delle caratteristiche dell'oggetto e della sua posizione spaziale (Goodale e Milner, 1992). L'orientamento dell'attenzione sarebbe reso possibile dal sistema attenzionale posteriore (PAS; Posner e Peterson, 1990), il quale riceverebbe informazioni dalla via dorsale (Làdavas e Berti, 2020) e a ciò seguirebbe uno spostamento o meno dell'attenzione su nuove porzioni spaziali grazie all'azione del lobo parietale posteriore che rende possibile il disancoraggio del focus attentivo dalla posizione iniziale (Colombo, 2001). Il disancoraggio, accompagnato dal movimento dell'attenzione e contemporaneamente a movimenti saccadici, è eseguito dal collicolo superiore (Làdavas e Berti, 2021). La fase di ancoraggio all'oggetto in una particolare posizione spaziale è definita dall'azione del nucleo talamico del pulvinar (Colombo, 2001). Gli spostamenti attenzionali possono essere anche valutati attraverso paradigmi in cui l'attenzione visiva dell'individuo è pre-orientata verso una determinata posizione spaziale grazie ad un indizio (*cue*) presentato prima che appaia uno stimolo target in quella posizione (Posner, 1980). Selezionato l'oggetto di interesse, il sistema ventrale può analizzarlo in tutte le sue caratteristiche. Il secondo sistema teorizzato è il sistema attenzionale anteriore (AAS) che comprende la

corteccia frontale dorsale, corteccia prefrontale associativa, corteccia orbitale frontale e la corteccia cingolata anteriore (Baghdadi, Towhidkhah, e Rajabi, 2021). Esso è coinvolto nel processamento degli stimoli in modo volontario e diretto ad uno scopo (Mundy e Newell, 2007). Sono attribuite a tale sistema anche il prestare attenzione alle caratteristiche semantiche delle parole, elaborazione di alto livello degli stimoli (Nakagawa, 1991) e l'innescare di processi di attenzione condivisa (Mundy e Newell, 2007).

L'attenzione visiva permette di focalizzarsi su un oggetto considerando tutte le sue caratteristiche oppure le peculiarità dell'oggetto stesso e questo focus attentivo può modificarsi in relazione ai processi attentivi top-down che accentuano o inibiscono il processamento di determinate informazioni appartenenti agli stimoli esterni in relazione a propri obiettivi o conoscenze (Baghdadi, Towhidkhah, e Rajabi, 2021). Oltre le caratteristiche fisiche anche quelle temporali, come il tempo di presentazione dello stimolo, possono influenzare l'attenzione visiva (Moon, Choe, Lee, Kwon, 2019). In relazione alle caratteristiche spaziali è possibile affermare come la posizione dello stimolo sia rilevante in quanto il soggetto disloca tutte le risorse attentive sulla posizione attesa e allontanandosi da queste esse iniziano a decrescere (Downing, 1988). Per esempio, LaBerge e Brown (1989) notarono come il tempo di reazione per determinare se uno stimolo sia apparso o meno, è minore se questo si trova in posizione centrale piuttosto che periferica.

Riassumendo è possibile affermare come vi sia una complessa rete di componenti corticali e sottocorticali che si attivano di fronte a compiti di attenzione visiva spaziale: la corteccia parietale posteriore, i campi visivi frontali, la corteccia cingolata posteriore, nuclei talamici, gangli della base, il collicolo superiore e la formazione reticolare del mesencefalo (responsabile dell'attivazione e degli stati di vigilanza dell'individuo, oltre ad essere un'importante struttura di integrazione delle informazioni viscerali). Lesioni all'interno di queste strutture appartenenti alla rete descritta possono causare diversi deficit nell'orientamento spaziale e all'interno delle funzioni rese possibili dall'attenzione visiva (Stablum, 2002).

È facile dedurre come l'attenzione sia quindi un processo cognitivo pervasivo nell'individuo e indispensabile nella quotidianità. Per questo negli ultimi anni hanno

preso avvio numerose ricerche proprio per comprenderne il suo sviluppo fin dall'infanzia e l'efficacia di interventi precoci che possano influire su questa capacità cognitiva considerata fondamentale per successive abilità cognitive complesse (Colombo e Mitchell, 1990; Rose e Feldman, 1990). Grazie alle conoscenze accumulate, è stato possibile individuare quattro elementi rilevanti in relazione all'attenzione visiva. Facendo riferimento alla *review* di Colombo (2001), l'autore riporta quattro funzioni attentive egualmente rilevanti durante il periodo di sviluppo precoce. Esse sono: l'orientamento spaziale, l'attenzione alle caratteristiche dell'oggetto, l'allerta e il controllo endogeno. Tutti questi detengono un'influenza essenzialmente bidirezionale considerando la schematizzazione proposta da Colombo (2001). Lo stato di allerta si definisce a partire da un'influenza ascendente che prende avvio a partire dal livello sottocorticale fino ad arrivare alle aree frontali, ma anche a strutture limbiche (Robbins e Everitt, 1995). Le varie vie ascendenti sono ognuna caratterizzata da proprie specifiche funzionali e identificate attraverso uno specifico e predominante neurotrasmettitore, anche se nella realtà il sistema di interazione risulta più complesso (Doty, 1995). È il sistema ascendente noradrenergico ad essere maggiormente collegato alla funzione di allerta (Colombo, 2001). Il primo nucleo del tronco dell'encefalo, fondamentale per la sintesi della noradrenalina, è il locus coeruleus la cui attività subisce un incremento quando si è in uno stato di anticipazione dello stimolo esterno e l'attività inizia a diminuire quando vi è un alto *arousal* (Marrocco e Davidson, 1998). L'allerta, presente nel neonato fin dalla nascita, è suscitata essenzialmente da una stimolazione esogena e con il passare del tempo subisce un incremento notevole anche in termini di durata (Colombo, 2001). Secondo l'autore appena citato, l'orientamento spaziale presenta uno sviluppo altamente differenziato e intorno ai 6 mesi esso dovrebbe già stabilizzarsi. Gli studi condotti attraverso il paradigma ideato da Posner (1980), hanno permesso di affermare come le capacità di orientamento valutate in termini di tempi di risposta alle condizioni valide e invalide subiscano cambiamenti fino alla tarda infanzia (Schul, Townsend e Stiles, 2003; Waszak, Li, e Hommel, 2010). Il controllo endogeno, mediato da strutture frontali, presenta uno sviluppo anch'esso graduale con processi di sinaptogenesi più lenti rispetto alle altre aree della corteccia (Denes, 2016), come lo stesso processo di mielinizzazione (Lenroot, Giedd, 2006). La presenza di funzioni attentive con caratteristiche di modularità

ha un chiaro impatto all'interno della ricerca, spingendo verso la necessità di valutarle precocemente nei molteplici aspetti che le definiscono in prospettiva di una loro influenza futura a livello di *outcome* cognitivo (Colombo, 2001).

1.3 L'attenzione condivisa: l'abilità cognitiva di coordinare l'attenzione con l'altro

Scaife e Bruner (1975) hanno affermato come gli infanti seguano la direzione dello sguardo delle altre persone già nel primo anno di vita, ossia verso i 6 mesi. Questa abilità, legata all'attenzione visiva, si sviluppa anche prima del linguaggio, e viene definita con il termine *joint attention* o attenzione condivisa. Il bambino può seguire lo sguardo altrui e condividere l'attenzione con l'altro (*Responding to Joint Attention* o RJA), ma anche usare i gesti e il contatto oculare per influenzare l'altro e catturarne l'attenzione (*Initiating Joint Attention* o IJA) (Mundy e Newell, 2007). L'interazione con l'altro rappresenta la base per i futuri apprendimenti e per lo sviluppo di abilità cognitive e sociali. Mundy, Card e Fox (2000) suggerirono come l'attenzione condivisa fosse il risultato dei due sistemi attenzionali, proposti da Posner e colleghi nel 2007. Nel 2007, Mundy e Newell, riportarono come il primo fosse il PAS che inizia a svilupparsi nel primo mese di vita e permette di orientare l'attenzione verso stimoli biologicamente rilevanti ed è coinvolto nei processi di attenzione condivisa che hanno origine a partire da elementi esterni. Esso è supportato dalle cortecce parietali e temporali superiori coinvolte nello sviluppo di aspetti rappresentazionali, di imitazione e di percezione degli occhi che celano l'orientamento altrui. Il secondo, è l'AAS che sulla base degli obiettivi e delle intenzioni personali, regola i processi di attenzione condivisa attuando un'autovalutazione del comportamento in relazione alla ricompensa. Poi, l'azione di questi due sistemi è regolata e integrata, dando luogo all'attenzione condivisa e all'emergere di questo sistema socio-cognitivo funzionale.

1.4 Spatial Cuing e Gaze Cuing: un paradigma per indagare l'attenzione visiva

Data l'importanza delle funzioni attentive, negli ultimi anni si è assistito ad un aumento di ricerche sulle competenze attentive negli infanti, utilizzando strumenti non invasivi come l'eye-tracker che consente di analizzare i movimenti degli occhi e le strategie visive adottate per l'esplorazione dell'ambiente (Valenza e Turati, 2019). Di fronte ad un individuo di età maggiore è possibile indagare l'attenzione congiunta utilizzando un paradigma di Posner (1980), in cui viene presentato un *cue* sociale, come lo sguardo di una persona, che influenza l'orientamento dell'attenzione a destra o sinistra e permette di misurare la velocità con cui il partecipante ha orientato la sua attenzione verso uno stimolo che compare alla periferia del campo visivo. In generale, come riporta Posner (1980), l'attenzione visiva spaziale può essere influenzata mediante un *cue* che pre-orienta l'attenzione del partecipante verso la posizione in cui comparirà il target. Manipolando la validità spaziale tra la posizione del *cue* e la posizione del target, il *cuing task* fornisce una misura dell'attenzione valutando la prestazione dell'individuo quando il target è presentato nella posizione indicata dal *cue* (condizione valida) rispetto a quando un target è presentato in un'altra posizione (condizione invalida) (Hayward e Ristic, 2013). Ci sono anche condizioni neutre, in cui il target non è preceduto da alcun *cue* oppure è preceduto da un *cue* non informativo, come nel caso di una freccia a doppia indicazione (Posner, Nissen e Ogden, 1978). Ciò che viene considerato in questo paradigma è il tempo di reazione del soggetto, che risulta essere più breve nelle condizioni valide e più rallentato nelle invalide (Posner, 1980). Questo viene definito effetto *cuing* o effetto validità, e indica il meccanismo di attenzione spaziale. Secondo Posner (1980) la migliore prestazione nelle condizioni valide è data dal fatto che il *focus* attentivo è orientato verso la direzione dello spazio in cui il target comparirà. Mentre quando esso compare in un'altra posizione, sarà necessario uno spostamento dell'attenzione ed un maggior dispendio di risorse cognitive che si traduce in tempi di reazione più lunghi. L'individuo deve disancorare l'attenzione rispetto al luogo in cui precedentemente si era ancorata, spostarsi e ancorarsi nuovamente al bersaglio che non si trova nella posizione spaziale attesa (Posner, Walker, Friedrich e Rafal, 1984). La presenza del *cue* (considerato come un segnale di *warning*) produce un cambiamento fasico nell'allerta e un orientamento

dell'attenzione più veloce verso il target (Petersen e Posner, 2012). Grazie ad alcuni studi condotti su umani e scimmie (Marocco e Davidson, 1998), è stato possibile affermare come l'effetto di *warning* fosse mediato dalla noradrenalina, il cui rilascio influenza proprio lo stato di allerta dell'individuo. Nel 1997 Fernandez-Duque e Posner affermarono come fosse presente un'indipendenza tra la funzione di allerta e di orientamento. Tuttavia, successivamente venne riportato come questi due sistemi solitamente lavorino insieme in molte delle situazioni di vita quotidiana, soprattutto quando un singolo evento fornisce informazioni su quando e dove un target apparirà (Fan, Gu, Guise, Liu, Fossella, Wang e Posner, 2009). Durante l'intervallo tra l'avvertimento fornito e la comparsa del target vi è una soppressione dei pensieri in corso per preparare il sistema ad una rapida risposta (Petersen e Posner, 2012). Quando l'individuo si prepara ad una rapida risposta nel sistema nervoso centrale compare un potenziale elettrico evento-relato dopo il segnale di allarme, ossia la *contingent negative variation* (Walter, 1964), in corrispondenza della corteccia cingolata che può rimanere anche dopo la comparsa del target. Attraverso studi con tecniche di neuroimmagine è stato mostrato come il segnale di allerta abbia effetti maggiori sui processi che avvengono a livello dell'emisfero cerebrale sinistro (Coull et al. 2000, Fan et al. 2005). Ciò conferma le evidenze circa la lateralizzazione dell'allerta fasica in questo emisfero (Ivry e Robertson, 1997). È possibile, quindi, che un segnale di allerta possa pre-orientare l'attenzione dell'individuo causando un'attivazione e uno stato di preparazione dell'organismo. Tuttavia, se l'intervallo di tempo tra il bersaglio e il *cue* è esteso, la risposta al bersaglio sarà più lenta rispetto al luogo indicato e potremmo parlare della cosiddetta inibizione di ritorno (Posner et al., 1985). Secondo le ipotesi dell'autore questo avviene perché l'attenzione visiva si sposta verso il target indicato, durante il lungo intervallo si sposta nuovamente verso la linea mediana e quando il bersaglio riappare il tempo di risposta sarà più lento perché il sistema posteriore dell'attenzione tende a resistere allo spostamento dell'attenzione visiva verso luoghi già esplorati.

1.5 Il gioco: un possibile strumento di implementazione delle funzioni cognitive?

Il gioco ha sempre caratterizzato la vita dell'essere umano, soprattutto durante il periodo dell'infanzia. Esso rappresenta un'opportunità fondamentale di sviluppo dal punto di vista cognitivo e sociale, in cui il bambino può trovarsi da solo, interagire con altri simili o utilizzare oggetti diversi sempre da solo o con altri (Graham e Burghardt, 2010). Il gioco permette di migliorare lo stato fisico, questo incrementando la capacità cardiovascolare e lo sviluppo della muscolatura corporea (Graham e Burghardt, 2010). Oltre gli aspetti fisici, il gioco porta con sé numerosi benefici anche a livello cognitivo e sociale. Molteplici autori hanno parlato di questi benefici in termini di sviluppo di competenze sociali, apprendimento di comportamenti cooperativi, condivisione, reciprocità, altruismo e sentimenti di equità (Fagen, 1981; Lee, 1983; Bekoff, 2001; Sussman et al., 2005; Bekoff e Pierce, 2009; Pellis e Pellis, 2009). Il gioco è una condizione in cui stimoli diversi, provenienti dal mondo esterno, raggiungono il bambino offrendo occasioni di sviluppo e ciò avviene a prescindere dall'ambiente culturale. Grazie alle nuove tecnologie, si sono diffusi, per lo più in tutto il mondo, anche i videogiochi (d'azione, di strategia, di ruolo, di simulazione, sport) ed è grazie all'evoluzione grafica e di *software* che si sono diffuse architetture grafiche sempre più iper-reali, con la possibilità di coinvolgere più persone dislocate in varie parti del mondo (Pares, 2006). Inoltre, è come se il gioco, a prescindere dalle sue caratteristiche e dai contesti in cui viene esperito, generasse uno stato positivo di attivazione (Franceschini et al, 2021). Riportando le conclusioni presenti nel lavoro della Fredrickson (2004), le emozioni positive permettono di ampliare l'attenzione, il pensiero delle persone e la loro creatività, di annullare l'attivazione data da emozioni negative, di alimentare la resilienza psicologica, di generare risorse personali e maggiore benessere individuale. Il gioco, strettamente legato al divertimento e al senso di appagamento, potrebbe rappresentare il miglior strumento per determinare effetti rilevanti all'interno del funzionamento cognitivo (Posner, Russell e Peterson, 2005). Il gioco veicola proprio queste emozioni positive, attivando diversi circuiti e neurotrasmettitori come riportato da Bateman e Nacke (2010). Essi affermano come in momenti di gioco si attivi il sistema dopaminergico della ricompensa a livello limbico. La dopamina, il maggior neurotrasmettitore coinvolto nel sistema appena citato,

svolge un ruolo chiave nell'orientare la persona verso la ricompensa nei giochi digitali e non (Koepp et al, 1998). Il gioco rappresenta anche una condizione in cui il giocatore stesso deve prendere delle decisioni, tanto che si attiva così il centro decisionale a livello nervoso (corteccia orbito-frontale), abbastanza vicino al sistema limbico e al sistema della ricompensa, difatti quando prendiamo delle ottime decisioni si genera un'emozione descritta da Lazzaro (2003) come *Hard Fun* e a questa corrisponde un largo rilascio di dopamina dal centro del piacere o nucleo accumbens (Bateman, 2009). Ciò avviene anche quando il giocatore si trova vicino alla possibilità di vincere o vicino all'obiettivo che intende raggiungere (Clark et al., 2009), in cui tuttavia esperisce un senso di frustrazione dato dalla perseverazione indotta dal centro del piacere che punta a rinforzare il comportamento in corso (Bateman e Nacke, 2010). Il sistema della ricompensa si attiva anche nelle situazioni di incertezza, quando è necessario prendere delle decisioni in cui possono esservi delle perdite o delle vincite e in questo caso il centro del piacere si attiva in modo preventivo per promuovere l'apprendimento e la focalizzazione su elementi predittivi della ricompensa (Shizgal, 2003). Bateman e Nacke (2010) considerano la risposta allo stress (risposta lotta o fuga) come un elemento collegato all'esperienza del gioco ed in questa risposta sono coinvolti due neurotrasmettitori in particolar modo. Il primo è l'epinefrina o adrenalina, mentre nel caso della lotta, importante risulta anche il rilascio della norepinefrina o noradrenalina. L'epinefrina, prodotta dalla midollare del surrene, è associata a stati di eccitazione in quanto mobilita l'attivazione del sistema nervoso simpatico. In condizioni di stress viene prodotto anche il cortisolo, che agisce in sinergia con i neurotrasmettitori prima citati o influenzando processi cognitivi come la memoria a breve termine di eventi emotivi (McAuley, Kenny, Kirkwood, Wilkingson, Jones e Miller, 2009). Rispetto alla persistenza mostrata da un giocatore durante le sessioni di gioco, Andrew e Rogers (1972) hanno ipotizzato come il testosterone sia implicato nella tenacia esperita e proprio alti livelli di testosterone sono stati riscontrati nei giocatori di fronte a situazioni di competizione. Questo soprattutto in casi in cui la vittoria fosse considerata importante (Mazur e Lamb, 1980). Tale aspetto, tuttavia, è stato per lo più indagato nel genere maschile (Kemper, 1990).

Avendo appena descritto le varie componenti neurobiologiche che riguardano il

gioco, è possibile comprendere come questo sia molto complesso data la sua azione su molteplici livelli, soprattutto nel caso dei videogiochi d'azione (AVG) che presentano delle caratteristiche specifiche. Essi detengono una straordinaria velocità nella transizione degli eventi e velocità di movimento degli oggetti, alto grado di carico percettivo, cognitivo e motorio, imprevedibilità ed enfasi sull'elaborazione periferica (Green et al., 2009). È stato mostrato come gli AVG porterebbero ad effetti benefici sul controllo attenzionale, sulla memoria di lavoro (Dale et al, 2020; Bavelier & Green, 2019), sulle funzioni sensorimotorie (Granek et al, 2010) e sulle funzioni cognitive superiori. In riferimento all'attenzione, i giochi possono essere usati per poter sviluppare le abilità attentive, anche se le varie componenti dell'attenzione non sono equamente coinvolte dagli effetti degli AVG (Cardoso-Leite e Bavelier, 2014). Difatti, considerando alcuni studi appare evidente come il controllo attentivo sembri incrementare, mentre l'attenzione esogena non subisca variazioni nonostante le stimolazioni apportate da *training* con AVG (Dye, Green e Bavelier, 2009; Hubert Wallender et al., 2011). I giocatori stessi detengono delle migliori capacità di ricerca visiva, misurate in termini di tempo di reazione o abilità oculomotorie (Dye, Green e Bavelier, 2009). Vi è un miglioramento in termini di distribuzione flessibile dell'attenzione nello spazio (Dale et al., 2020), nel monitorare e seguire gli oggetti e monitorare e selezionare informazioni nel tempo (Dye e Bavelier, 2010). Numerosi studi hanno permesso di affermare come avvengano cambiamenti dell'attività a livello parietale piuttosto che occipitale, smentendo l'ipotesi secondo cui il gioco influenzerebbe i sistemi sensoriali primari piuttosto che i processi attentivi (Föcker, Morazavi, Khoe, Hillyard e Bavelier, 2019; Wu, Cheng, Feng, D'Angelo, Alain e Spence, 2012). Inoltre, in uno studio condotto da Castel, Pratt e Drummond (2005), è stata riscontrata una differenza tra giocatori di videogiochi e non giocatori in termini di efficienza nell'esplorazione visiva anche in presenza di distrattori, misurata attraverso la registrazione dei tempi di reazione. Infine, è possibile riportare i risultati emersi dagli studi di Green e Bavelier (2006), i quali affermarono come i AVG incrementino l'attenzione visuo-spaziale centrale e periferica, le risorse attenzionali e facilitino l'attenzione selettiva. Quest'ultima viene potenziata grazie all'AVG per mezzo di un incremento della connettività tra il network della salienza e il network dell'esecutivo centrale (Gong, He, Ma, Liu, Huang, Dong, Gong, Li, Luo e Yao, 2016). È importante

sottolineare come per ottenere tali effetti non siano necessarie sessioni di gioco prolungate, risultano infatti sufficienti piccole sessioni giornaliere di gioco per indurre cambiamenti positivi a lungo termine, visibili anche dopo anni dalla fine del trattamento (Cardoso-Leite e Bavelier, 2014).

Facendo riferimento alla differenza tra AVG e videogiochi non d'azione (NAVG), è possibile riportare come vi siano delle differenze a livello di effetti riscontrati. Facendo ricorso agli AVG sono stati riscontrati degli effetti a breve termine sull'incremento delle risorse attentive, sul campo visivo e sull'elaborazione temporale (Brodbeck e Dupuis, 2020). Oei e Patterson (2013) hanno condotto delle ricerche nell'ambito dei NAVG, riscontrando un miglioramento solo in alcuni aspetti dell'attenzione, mentre velocità e controllo dello spostamento del *focus* attentivo subiscono miglioramenti nei giocatori di AVG. È utile soffermarsi anche sul fatto che per ottenere degli effetti sia necessario disporre sessioni di gioco di almeno 20 minuti, in quanto solo 10 minuti di gioco non porterebbero ad alcun effetto (Brodbeck e Dupuis, 2020). Le caratteristiche del gioco influenzano anche il risultato del *training*, difatti gli effetti differenti riscontrati tra AVG e NAVG potrebbero essere dovuti anche alle caratteristiche e alla complessità dei primi. Per comprendere gli effetti a breve termine dei videogiochi sull'attenzione sono necessarie ulteriori inferenze per comprendere quali variabili manipolare al fine di creare un maggior effetto su tale funzione cognitiva. Rimane, quindi, un campo d'indagine ancora abbastanza aperto.

2. Gli effetti a breve termine del gioco sull'attenzione visiva

All'interno di questo elaborato verrà trattata una parte specifica di una ricerca più ampia condotta al fine di valutare gli effetti a breve termine del gioco sui meccanismi cognitivi considerati prerequisiti dell'apprendimento. In particolare, l'oggetto di interesse dell'elaborato è l'attenzione visiva e gli effetti a breve termine del gioco su quest'ultima in un gruppo di bambini prescolari. Data l'estrema importanza dell'attenzione in quanto funzione cognitiva pervasiva ed elemento di influenza rispetto a molteplici processi cognitivi, risulta interessante indagare la possibilità che l'attenzione visiva nelle sue diverse componenti possa essere influenzata a breve termine attraverso sessioni di gioco visuo-percettivo da tavolo o mediante un AVG. È stata anche ipotizzata la possibile influenza delle emozioni scaturite dal gioco sulla funzione cognitiva considerata, data l'importanza del fattore emotivo nell'ambito dell'apprendimento e non solo (Fredrickson, 2004; Posner, 2005).

2.1 Metodo

2.1.1 Partecipanti

Hanno preso parte allo studio 33 bambini prescolari: 16 femmine e 17 maschi, con età pari a 5 anni ($M=5.38$ anni; $DS=0.38$). Sono stati esclusi dal campione bambini con diagnosi specifiche, in quanto l'obiettivo della ricerca era quello di indagare gli effetti a breve termine del gioco sulle funzioni cognitive e in particolare, per quanto riguarda il seguente elaborato, sull'attenzione visiva in bambini a sviluppo tipico. Il campione ha infatti riportato punteggi ponderati nelle prove di disegno con i cubi nella norma ($M=11.73$; $DS=3.76$), come anche nel caso delle prove di vocabolario ($M=14.64$; $DS=4.18$) tratte dalla WPPSI-III (Wechsler, 1967).

La partecipazione alla ricerca è stata su base volontaria, previa firma del consenso informato, da parte del genitore o tutore del minore, in cui sono state esplicitate le modalità e gli obiettivi generali dello studio.

2.1.2 Materiali e Procedura

La partecipazione all'esperimento ha previsto tre incontri individuali della durata di circa un'ora ad una distanza di una settimana l'uno dall'altro. Le prove cartacee, quelle computerizzate e le sessioni di gioco sono state svolte negli spazi messi a disposizione dalla Scuola dell'Infanzia Statale "L'Aquilone" di Padova e dall'Istituto "Sacra Famiglia" di Verona.

- Nel primo incontro (T1/baseline) veniva svolta una valutazione iniziale del funzionamento cognitivo generale attraverso prove cartacee e computerizzate. Nello specifico sono stati raccolti dati attraverso due sub-test della WPPSI-III (Wechsler, 1967), scala d'intelligenza Wechsler utilizzata per ottenere una misura dell'intelligenza per bambini piccoli di età compresa fra i 2 anni e 6 mesi e 7 anni e 3 mesi (Gordon, 2004). I due subtest sono: prova di disegno con i cubi (DC) e prova di vocabolario (VC). Nella prova di disegno con i cubi il bambino doveva usare dei cubetti (rossi, bianchi o rossi e bianchi) per ricreare modelli che l'esaminatore presentava sulla base di un protocollo ed entro un preciso limite di tempo (60s). Avanzando con i vari modelli il bambino doveva poi ricreare con i cubetti il modello presentato attraverso una figura posta sul tavolo, sempre entro un preciso limite di tempo (90s). Questa prova permette di misurare l'abilità di analisi e sintesi degli stimoli visivi, sulla base di una corretta percezione o organizzazione visiva e la coordinazione motoria (Giunti O.S., 2008). La prova di vocabolario consiste in una prima parte in cui vengono presentati item illustrati a cui il bambino deve rispondere nominando le figure rappresentate. Per quanto riguarda gli item verbali il bambino deve rispondere fornendo una definizione di alcune parole che l'esaminatore presenta a voce alta. Questa prova valuta la conoscenza di parole e la formazione di concetti verbali, includendo la memoria a lungo termine (Giunti O.S., 2008).

Oltre a tale valutazione è stato svolto un *Cuing Task* al fine di indagare l'attenzione visiva e le abilità di attenzione condivisa. Il compito veniva svolto dal bambino posto di fronte allo schermo di un computer. Il paradigma utilizzato

all'interno della ricerca condotta prevedeva un iniziale punto di fissazione della durata di 995 millisecondi. Seguiva la comparsa di un *cue* non orientato (sguardo o barretta) per una durata di 995 millisecondi e dopo tale intervallo temporale compariva il *cue* (sguardo o freccia) orientato verso destra o sinistra. Sono stati predisposti due *Interstimulus Interval* (ISI) diversi, ossia due periodi diversi per la comparsa del target a seguito del *cue* (280 o 780 millisecondi). Il tempo massimo per rispondere era pari a 1500 millisecondi e il target rimaneva visibile fino ad avvenuta risposta. Sullo schermo compariva anche un feedback giusto/sbagliato mediante un puntino rosso o verde posto al centro dello schermo, la cui permanenza sullo schermo era pari a 500 millisecondi. Inizialmente venivano presentati dei *trial* di prova al bambino perché potesse fare pratica col compito. Successivamente veniva fatto eseguire il compito reale. Al bambino veniva chiesto di premere la barra spaziatrice della tastiera quando vedeva comparire lo stimolo target (un pulcino).

- Il secondo incontro (T2) prevedeva una sessione di gioco della durata di 30 minuti. Le sessioni di gioco potevano prevedere l'uso di un gioco da tavolo (Tangram, in cui vi sono numerosi pezzi di legno colorati con un magnete che devono essere combinati tra loro per formare una figura definita attraverso le varie schede fornite) o di un AVG (Super Mario Kart De-Luxe) utilizzando la console Nintendo Switch. Tutti i bambini giocavano a entrambi i giochi (disegno within-subject), ma in ordine diverso (disegno cross-over), per cui i bambini venivano fatti giocare con il Tangram durante il secondo incontro e con l'AVG durante il terzo incontro o viceversa. La scelta di somministrazione dei due giochi è avvenuta mediante randomizzazione all'interno dell'intero campione. Nel caso del Tangram, venivano registrati i tempi impiegati per completare le diverse costruzioni e la correttezza della stessa. Nel caso dell'AVG venivano registrati il numero di gare che era riuscito a fare e i punteggi ottenuti dal bambino al termine di ciascuna gara. Al termine del tempo stabilito per il gioco, veniva presentato al bambino un questionario sulle emozioni provate durante il gioco. Si chiedeva quanto il gioco fosse stato difficile e quanto fosse stato divertente. Poi, veniva chiesto di indicare

come si sentisse subito dopo il gioco, cioè quanto fosse agitato, allegro ed energico. Sia per la valutazione del gioco che per lo stato emotivo del bambino vi era una scala Likert che andava da 1 (per nulla) a 9 (molto). La fase successiva comprendeva la presentazione e lo svolgimento del *Cuing Task* secondo le stesse modalità esposte precedentemente (T1).

- Il terzo incontro (T3) prevedeva una sessione di gioco della durata di 30 minuti con Tangram o AVG, seguendo l'ordine di randomizzazione precedentemente stabilito. Al termine del gioco, veniva somministrato il questionario delle emozioni post gioco prima descritto e poi veniva presentato il *Cuing Task*.

3. Risultati

3.1 Gli effetti del gioco sulle emozioni percepite

In relazione ai dati ottenuti attraverso i questionari sulle emozioni, sono state effettuate cinque analisi della varianza (ANOVA), una per ogni variabile facente parte del questionario, in cui vengono confrontate le risposte date dopo la sessione di gioco con AVG o Tangram da parte del bambino. In questo campione non vi è nessuna differenza significativa (tutti i $p > .36$) rispetto alle cinque variabili considerate: difficoltà (AVG: $M=4.33$, $DS=3.09$; TANGRAM: $M=4.42$, $DS=2.68$), divertimento (AVG: $M=7.97$, $DS=1.86$; TANGRAM: $M=7.56$, $DS=1.97$), agitato (AVG: $M=4.09$, $DS=3.05$; TANGRAM: $M=4.03$, $DS=3.04$), allegro (AVG: $M=6.73$, $DS=1.97$; TANGRAM: $M=6.52$, $DS=2.36$) ed energico (AVG: $M=6.24$, $DS=2.50$; TANGRAM: $M=6.42$, $DS=2.56$).

Per le analisi sui tempi di reazione al *Cuing Task* sono stati considerati i dati riguardanti le sole risposte accurate e che erano comprese in un intervallo temporale compreso tra i 150 e i 1500 millisecondi. La scelta di questo filtro imposto sui tempi di reazione deriva dal fatto che le risposte date prima dei 150ms sarebbero stati degli anticipi di risposta non legati all'elaborazione dello stimolo target. Lo stesso filtro sui tempi di reazione è stato utilizzato per l'analisi dell'accuratezza.

3.2 Gli effetti del gioco sulla variabile temporale dell'attenzione visiva

Tramite un'analisi della varianza (ANOVA) con disegno $3 \times 2 \times 2 \times 2$, quindi sono stati considerati i tre tempi di valutazione (T1, post-AVG, post-Tangram), \times due tipi di *cue* (freccia o sguardo), \times due ISI (280 o 780 millisecondi) e \times due possibili condizioni (valide e invalide). Data una significatività $\alpha < .05$, emerge un effetto principale significativo dell'ISI ($F(1,32)=17.707$, $p=.0001$). Inoltre, anche l'interazione tra i tre tempi di valutazione e l'ISI risulta significativa ($F(1,32)=6.238$, $p=.018$; se veda la Figura 1).

Per comprendere l'interazione riscontrata sono stati condotti dei confronti a coppie tra le diverse medie. Non è emersa una differenza significativa tra i due ISI in T1 ($p=.171$) e nel post-AVG ($p=.057$), mentre emerge una differenza tra i due ISI nel post-Tangram

($p=.0001$). Nello specifico, i bambini mostravano tempi di reazione più lunghi nella condizione con ISI breve, sebbene nessuna differenza fosse statisticamente significativa (le medie sono riportate in Tabella 1).

Tempo di valutazione	ISI	Media	Errore Standard	Sig.
T1	280	839.823	22.044	.171
	780	826.115	23.352	
post-AVG	280	836.586	22.797	.057
	780	808.629	27.418	
post-Tangram	280	871.213	29.286	.0001
	780	824.581	28.200	

Tabella 1. In tabella sono riportate le medie ed gli errori standard dei tempi di reazione (in millisecondi) e le significatività nei tre tempi di valutazione, ai due diversi intervalli tra presentazione del cue e del target (ISI).

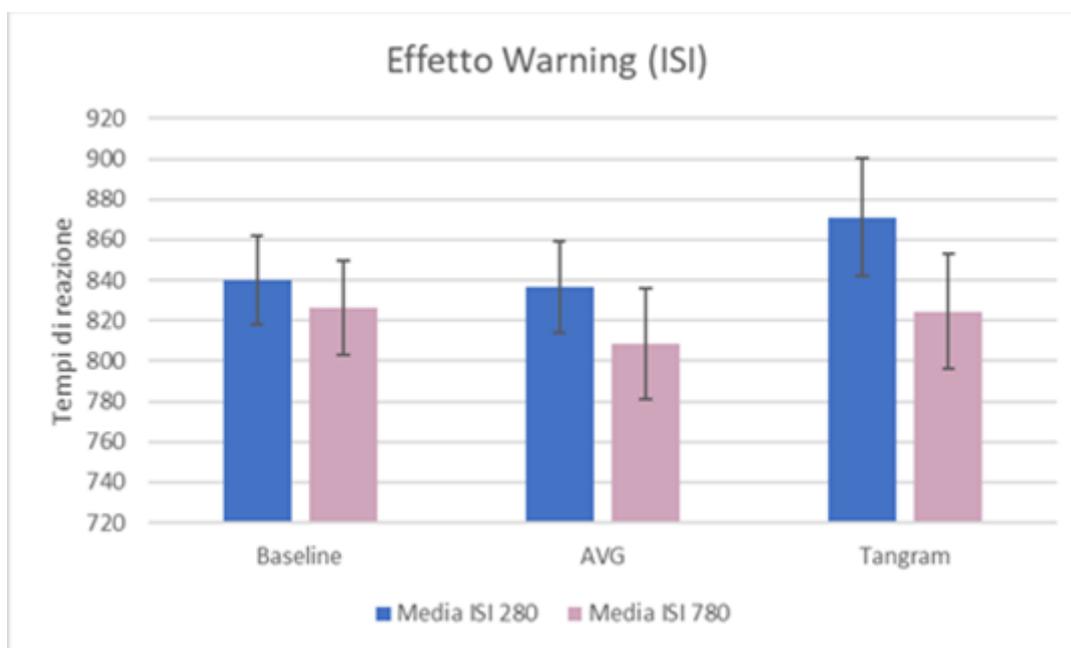


Figura 1. Sono riportate le medie dei tempi di reazione al *Cuing Task* nei tre tempi di valutazione e nelle due condizioni con ISI breve (280) e ISI lungo (780). Le barre d'errore rappresentano l'errore standard. Sebbene non significativa si noti che nella valutazione post-Tangram emergono tempi di reazione più lenti nella condizione con ISI breve.

3. 3 Gli effetti del gioco sulla variabile spaziale dell'attenzione visiva

Dalla stessa ANOVA descritta in precedenza, è risultata significativa anche l'interazione tra i tempi di valutazione e la condizione di validità ($F(1,32)=5.174$, $p=.030$). Grazie all'analisi di confronto a coppie è emersa in T1 una differenza significativa ($p=.005$) tra i tempi di reazione nella condizione Valida rispetto a quella Invalida (le medie sono riportate in Tabella 2), indicando il classico effetto di facilitazione indotto da un indizio valido rispetto ad uno invalido, indipendentemente dall'ISI (breve o lungo) e dal tipo di indizio spaziale (i.e., freccia) o sociale (i.e., sguardo). Da notare che questa differenza, ovvero la facilitazione spaziale dell'indizio non è più presente negli stessi partecipanti sia nel post-AVG che nel post-Tangram (tutti i $p > .51$), indicando che l'attività del gioco sembra annullare questo l'effetto di orientamento dell'attenzione visuo-spaziale.

Tempo di valutazione	Condizione	Media	Errore Standard	Sig.
T1	Invalide	846.818	21.697	.005
	Valide	819.820	23.551	
post-AVG	Invalide	818.391	25.551	.611
	Valide	826.825	25.547	
post-Tangram	Invalide	842.117	30.136	.511
	Valide	853.677	29.100	

Tabella 2 In tabella sono riportate le medie e gli errori standard dei tempi di reazione al bersaglio visivo, e le significatività nei tre tempi di valutazione, nelle due condizioni di validità (valide e invalide).

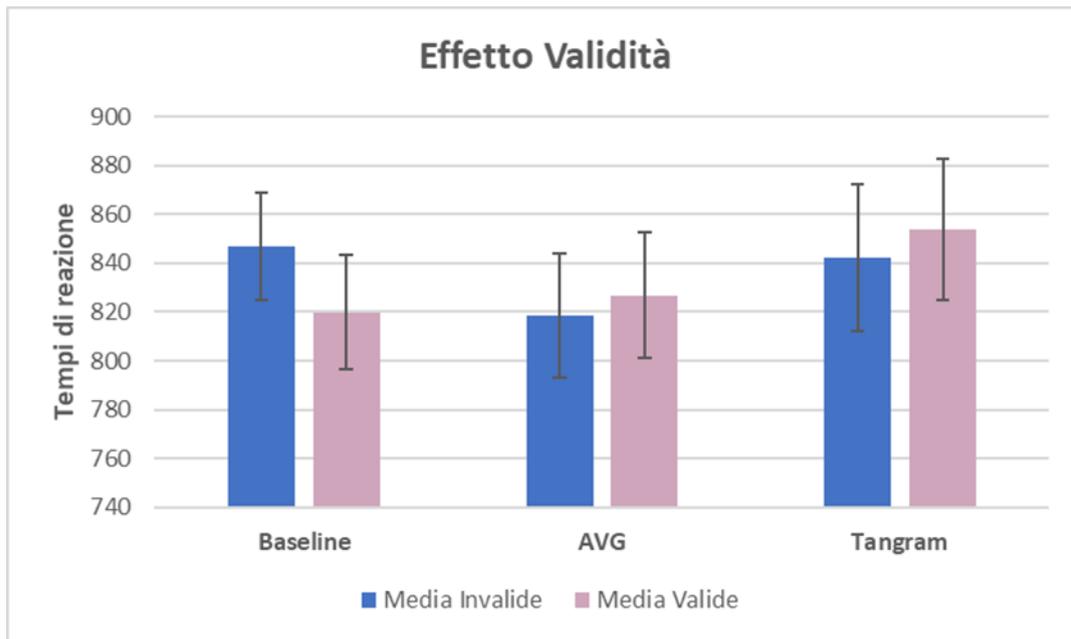


Figura 2. Nel grafico sono riportate le medie dei tempi di reazione al *Cuing Task* nei tre tempi di valutazione e nelle due condizioni valide e invalide. Le barre d'errore rappresentano l'errore standard. Alla baseline è presente una differenza significativa tra le due condizioni, mentre questa non era presente nella valutazione post-AVG e post-Tangram.

3.4 Gli effetti del gioco sull'accuratezza della risposta

È stata condotta una ANOVA anche sull'accuratezza delle risposte al bersaglio visivo, dalla quale emerge, un effetto principale significativo in relazione al tempo di valutazione ($F(1,32)=17.379$, $p=.0001$). Dalle analisi a coppie, emerge una differenza significativa ($p=.013$) tra T1 ($M=.845$, $ES=.019$) e il post-AVG (post-AVG: $M=.774$, $ES=.027$) e tra T1 e il post-Tangram ($p=.0001$, post-Tangram: $M=.734$; $ES=.033$) con una riduzione dell'accuratezza dopo le sessioni di gioco. Inoltre, non vi è alcuna differenza significativa tra post-AVG e post-Tangram.

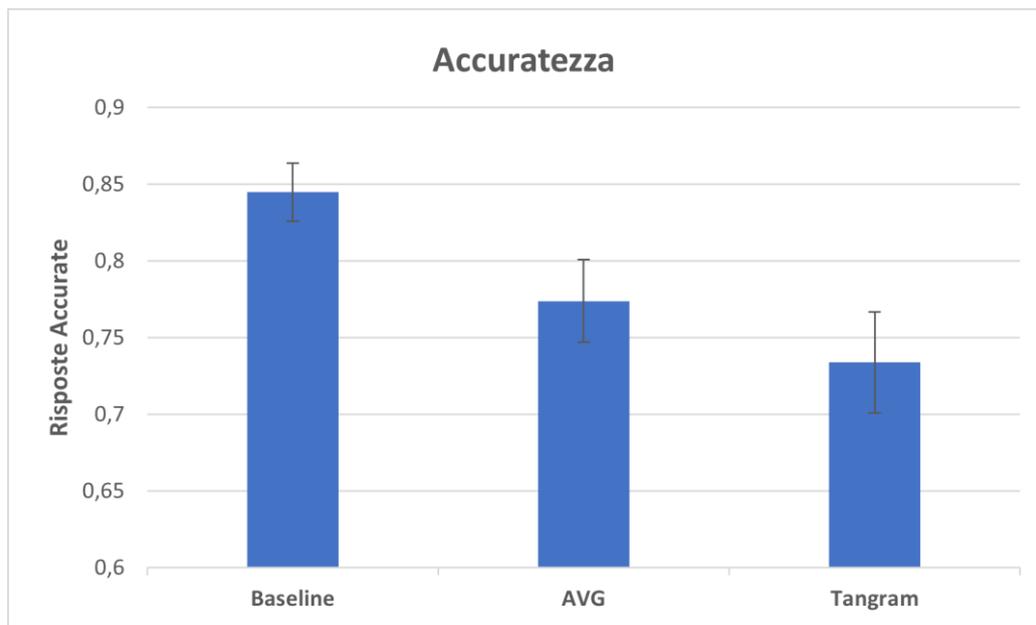


Figura 3. Nel grafico sono riportate le medie dell'accuratezza al *Cuing Task* nei tre tempi di valutazione. Le barre d'errore rappresentano l'errore standard.

Infine, dall'ANOVA condotta sui *catch trial*, ovvero le prove in cui il bersaglio non era presentato dopo l'indizio (inseriti nel compito per evitare che il bambino premesse la barra spaziatrice in modo automatico a prescindere dalla presenza del bersaglio), è emerso un effetto principale del tempo di valutazione ($F(2,64)=4.26$, $p=.018$). Dai confronti a coppie si è osservata una riduzione significativa dell'accuratezza in queste "false prove" solo nel post-AVG rispetto a T1 ($p=.013$; T1: $M=.924$; $DS=.023$; post-AVG: $M=.867$; $DS=.026$), indicando che solo post-AVG si assiste ad una riduzione nelle capacità di inibizione alle risposte automatizzate al bersaglio che tipicamente segue la presentazione dell'indizio.

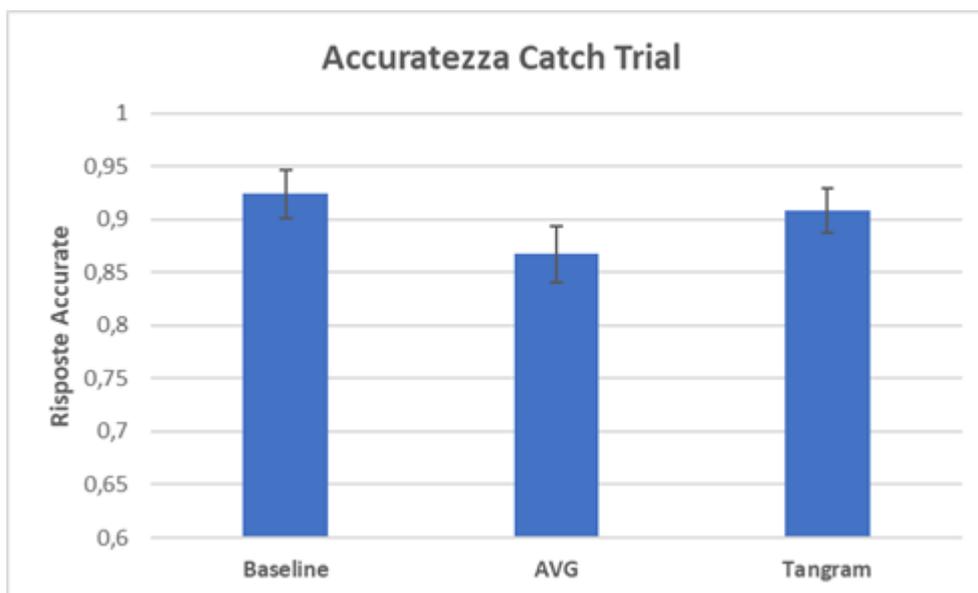


Figura 4. Nel grafico è riportata l'accuratezza (misurata in frequenza) nei tre tempi di valutazione ai *catch trial*. Le barre d'errore indicano gli errori standard.

4. Discussione e conclusioni

Alla luce dei risultati riportati possiamo affermare come i due giochi siano stati considerati dai bambini difficili e divertenti allo stesso modo. Inoltre, erano agitati, allegri ed energici in eguale misura dopo entrambi i giochi. Quindi i due giochi non influenzano in modo differente le emozioni percepite dei nostri giovanissimi partecipanti, tanto da non rintracciare alcuna significatività a seguito delle analisi effettuate nelle condizioni post-AVG e post-Tangram. I bambini riportano punteggi in relazione al divertimento percepito molto alti, suggerendo quindi che i due diversi giochi non abbiano effetti diversi per quanto riguarda l'intensità delle emozioni positive indotte, e potenzialmente neppure sul possibile stato mentale di flow (Csikszentmihályi, 2000), definito come stato di completo assorbimento rispetto ad un'attività accompagnato da sensazioni positive (Klasen, Weber, Kircher, Mathiak e Mathiak, 2012).

La presenza di differenti tempi di reazione in T1, tra le condizioni valide e invalide, risulta in linea con quanto atteso nel *cuing task*. Infatti, i tempi di reazione attesi nelle condizioni valide sono più brevi rispetto a quelli attesi nelle condizioni invalide. Tuttavia, dopo entrambe le attività di gioco (post-AVG e post-Tangram) l'effetto di *cuing* sempre scomparso, portando il bambino ad avere gli stessi tempi di reazione nelle condizioni valide e invalide. In effetti, l'effetto iniziale da facilitazione spaziale sembra quasi andare in direzione opposta dopo la condizione di gioco, con tempi di reazione al bersaglio più veloci dopo gli indizi invalidi rispetto a quelli validi. Tuttavia, questa potenziale inibizione di ritorno (si veda Klein, 2000 per una rassegna) non risulta statisticamente significativa, suggerendo che lo stato più focalizzato indotto dagli indizi nella condizione di baseline si è trasformato in uno stato più distribuito del dispiegamento dell'attenzione visuo-spaziale indotto dai due diversi tipi di giochi. Possiamo interpretare tale risultato attribuendo al gioco, inteso come (i) o condizione combinata di stimolazione psicofisiologica e divertimento oppure, (ii) come semplice evento che induce uno stress acuto (comunque vissuto positivamente dai nostri giovani partecipanti), un effetto di allargamento della distribuzione del *focus* attentivo (Dale et al., 2020), oppure un aumento della quantità di risorse attenzionali disponibili nella condizione invalida ma solo nel post-AVG (si veda la Figura 2 e Green e Bavelier, 2003), oppure un implemento delle

abilità di ricerca visiva in termini di tempi di reazione (tuttavia nel post-Tangram si veda la Figura 2 e Dye, Green e Bavelier, 2009). Questi potenziali effetti del gioco spiegherebbero l'annullamento della differenza nei tempi di reazione tra le due condizioni (valide e invalide) riscontrato dopo le sessioni con AVG e Tangram. Una possibile spiegazione neurofisiologica di tale dato, suggerisce il rilascio di neurotrasmettitori e la conseguente attivazione di determinati circuiti cerebrali e la contemporanea inibizione di altri circuiti cerebrali che interagiscono tra di loro (Bateman e Nacke, 2010). Il gioco, grazie alle sue peculiari caratteristiche, permetterebbe una maggiore integrazione a livello funzionale del circuito della salienza e del circuito esecutivo centrale, e questo potrebbe rappresentare la base neurale per una maggiore capacità nel dispiegamento dell'attenzione automatica visuo-spaziale (Gong et al., 2015). Facendo riferimento agli AVG, studi condotti su bambini dislessici hanno riportato come il loro utilizzo possa influenzare l'attivazione del circuito visivo dorsale (Gori, Seitz, Ronconi, Franceschini e Facoetti, 2016), che riceve proiezioni dalla corteccia striata e termina in corrispondenza della regione parietale posteriore (Goodale e Milner, 1992). Il circuito visivo dorsale crea un'interfaccia tra le reti sensoriali e motorie, creando possibili corrispondenze tra risultati previsti ed eventi reali (Rauschecker, 2011). Secondo diversi autori, questo circuito svolgerebbe un ruolo essenziale nell'esecuzione di meccanismi preattentivi, in cui la coerenza dello stimolo non risulta rilevante (Pammer, Hansen, Holliday e Cornelissen, 2006). Oltretutto, è coinvolto in processi attentivi che hanno origine a partire dalle caratteristiche degli stimoli, influenzando non solo i processi automatici ma anche quelli top-down e di controllo volontario dell'attenzione (Baghdadi, Towhidkhah, Rajabi, 2021). Questo differisce dal circuito ventrale, le cui proiezioni pur originando sempre dalla corteccia striata, successivamente raggiungono la corteccia temporale inferiore (Goodale e Milner, 1992). A livello funzionale il circuito ventrale è coinvolto in processi riguardanti l'elaborazione delle caratteristiche degli stimoli, ad esempio il colore o la forma (Ungerleider e Mishkin, 1982). Infine, il circuito ventrale e dorsale convergono e interagiscono con una terza componente: la corteccia prefrontale (Rauschecker, 2012). Uno studio condotto da Lawton (2016) ha evidenziato come agendo sul circuito dorsale sia possibile implementare le abilità attentive, confermando il ruolo svolto da questo circuito all'interno di tali processi cognitivi. Nello specifico è stato riportato come gli

AVG agiscono a livello della corteccia parietale, facente parte proprio del circuito dorsale (Föcker et al., 2019; Wu et al., 2012) ed essendo un'area specifica per l'attenzione spaziale (Posner, Walker, Friedrich e Rafal, 1984). Sulla base della letteratura considerata e dei risultati ottenuti dallo studio condotto, è possibile affermare come il gioco abbia causato un'attivazione del sistema dorsale e un'implementazione delle abilità attentive coinvolte nell'esecuzione del compito. Ipotizzando tale attivazione, sarebbe possibile rintracciare un maggior rilascio di acetilcolina, neurotrasmettitore che viene liberato a livello dei neuroni colinergici che originano nel tronco encefalico per poi agire in corteccia cerebrale e in ippocampo (Baghdadi, Towhidkhah, Rajabi, 2021). Come sostengono gli autori appena citati (2021), l'acetilcolina è coinvolta in molteplici funzioni cognitive, tra cui quelle attentive. In particolare, alcuni studi psicofarmacologici nei topi, nelle scimmie e nell'uomo hanno dimostrato che l'azione della nicotina sui recettori nicotinergici dell'acetilcolina sembrano proprio ridurre gli effetti dell'indizio spaziale e alcuni studi di neuroimmagine funzionale localizzano questo effetto nelle regioni fronto-parietali e nella corteccia cingolata anteriore (Philips et al., 2000; Murphy & Klein, 1998; Thiel et al., 2005; Vossel et al., 2008)

Tuttavia, il Tangram ha portato i bambini ad una minore reattività, nonostante l'effetto *cuing* riscontrato. L'interpretazione avanzata consiste nella possibilità che entrambi i giochi svolgano un effetto sulla variabile spaziale, ampliando il *focus* attentivo come precedentemente affermato. A livello temporale, invece dalle analisi condotte emerge un effetto *warning* solamente dopo il Tangram. Dalla letteratura, si sa che in presenza di un ISI breve la risposta dell'individuo si presenta con tempi di reazione maggiori, mentre in condizioni in cui vi è un ISI lungo i tempi di reazione sono minori (Peterson e Posner, 2011). L'effetto di *warning* visibile dopo il Tangram evidenzia come i bambini rallentino i tempi di reazione nella condizione di ISI breve. Ciò potrebbe significare che dopo il Tangram i bambini erano meno attivati, rallentando le risposte in condizione di ISI breve, nonostante il questionario delle emozioni non indichi alcuna differenza tra le due condizioni di gioco. Mentre, dalla tendenza che emerge da questa analisi, sembrerebbe che l'AVG renda i tempi di reazione dei bambini più rapidi all'ISI lungo; tuttavia, ricordiamo che nessuna differenza raggiunge la significatività statistica, richiedendo ulteriori sperimentazioni in questo settore di ricerca. Questi risultati possono

essere interpretati considerando il ruolo svolto dal gioco in questione (Tangram), che sembra comportare un peggioramento dell'allerta. La noradrenalina è un neurotrasmettitore implicato proprio nei processi di allerta ed una riduzione dei livelli di noradrenalina potrebbe portare ad un deficit nei meccanismi di allerta (Baghdadi, Towhidkhah, Rajabi, 2021). Uno studio condotto da Skosnik, Chatterton, Swisher e Park (2000) ha evidenziato come condizioni di stress possono ridurre l'abilità di filtraggio delle informazioni irrilevanti a seguito di cambiamenti nella concentrazione di noradrenalina. Tuttavia, i tempi di reazione diminuiscono e questo porterebbe ad affermare come non vi sia un deterioramento generale dell'attenzione visiva.

In ultima istanza sono stati analizzati i dati riguardanti l'accuratezza delle risposte dei bambini nell'esecuzione del *Cuing Task*. L'accuratezza era inferiore nel post-AVG e nel post-Tangram rispetto a T1. Inoltre, essi premevano la barra più volte quando il target non era presente, in maggior misura dopo l'AVG rispetto a quanto facessero in T1 e dopo il Tangram. Una possibile interpretazione di tale risultato è che i bambini dopo l'AVG presentavano uno stato di attivazione maggiore (non confermato dal questionario compilato dal partecipante stesso), effetto riscontrato a seguito del gioco in diversi studi condotti (Baumgartner et al., 2008; Jäncke et al., 2009). Probabilmente erano più impulsivi e con meno inibizione tanto da essere meno accurati, premendo la barra spaziatrice anche quando il bersaglio non veniva presente. L'attivazione è riscontrata a seguito dell'esposizione al gioco (Klasen et al., 2012; Csikszentmihályi, 2000) e la conseguenza a livello neurale sarebbe una minore attivazione della corteccia prefrontale e frontale, che moderano l'attività della corteccia temporale superiore e inferiore e influenzano il controllo esecutivo dell'attenzione (Brennan e Arnsten, 2008), l'allerta fasica (Bartolomeo, 2013), l'inibizione e la regolazione in riferimento a distrattori (Brennan e Arnsten, 2008) e l'attenzione selettiva spaziale (Bartolomeo, 2013). In ogni caso sarebbero necessarie ulteriori analisi sui dati ottenuti anche in riferimento alle risposte anticipate, per confermare l'ipotesi di impulsività e mancato controllo delle regioni frontali durante lo svolgimento del compito.

Complessivamente, quanto è emerso in questa ricerca conduce ad interpretazioni confermate dalla letteratura esistente ma sicuramente ancora da indagare soprattutto in riferimento alle attivazioni dei diversi sistemi neurali e dei diversi neurotrasmettitori. Gli

effetti a breve termine del gioco sono evidenti grazie all'analisi dei dati effettuate, soprattutto in relazione all'annullamento dell'effetto di *cuing* e al rallentamento nell'esecuzione del task in condizione di ISI breve.

In sintesi: (i) la modulazione dell'effetto di *cuing* spaziale dei due diversi tipi di giochi sembra avvalorare l'ipotesi che l'emozione positiva del divertimento, così come l'attivazione psicofisiologica (associata ad uno stress acuto divertente) che caratterizza il gioco in generale, possa spiegare la maggiore distribuzione dell'attenzione visuo-spaziale, principalmente legata a un potenziale effetto dell'acetilcolina sui recettori nicotinici e plausibilmente relata ad una attivazione del circuito della salienza; (ii) in contrasto, la modulazione dell'effetto di *warning* appare diversa nei due giochi, ottimizzando l'effetto di preparazione dopo l'AVG (rilascio ideale di noradrenalina?), disturbandolo invece dopo il Tangram (ridotto o eccessivo rilascio di noradrenalina?); (iii) la riduzione dell'accuratezza alla rilevazione del bersaglio visivo dopo i due giochi sembra suggerire ancora una volta un effetto generale del gioco o dello stress acuto, compatibile con una riduzione dell'efficienza del sistema di controllo prefrontale associata ad una eccessiva e quindi non ottimale attivazione del circuito della salienza; ed infine; (iv) l'effetto specifico post-AVG sul numero delle risposte impulsive dopo l'indizio in assenza del bersaglio sembra avvalorare una significativa riduzione dei meccanismi di controllo dell'inibizione delle risposte a livello prefrontale, probabilmente associato ad una iperattivazione non funzionale del circuito della salienza.

Sicuramente gli studi condotti ad oggi sugli effetti a breve termine del gioco sono ancora poco esaurienti. Seguendo tale direzione di ricerca risultano auspicabili maggiori studi condotti su animali con tecniche di microdialisi, soprattutto sulla scia di quelli già condotti sui ratti (Trezza, 2016) proprio perché essi rappresentano dei modelli particolarmente vicini all'uomo su cui determinate analisi non sono possibili.

Bibliografia

- Andrew, R.J. and Rogers, L.J. Testosterone, Search Behaviour and Persistence. *Nature* 237, 5354 (1972), 343-346
- Andrews-Hanna, J. R. (2012). The brain's default network and its adaptive role in internal mentation. *Neuroscientist*, 18(3), 251 e 270.
- Baghdadi, G., Towhidkhah, F., & Rajabi, M. (2021). *Neurocognitive Mechanisms of Attention: Computational Models, Physiology, and Disease States*. Academic Press.
- Bartolomeo, P. (2013). Attention disorders after right brain damage: Living in halved worlds (pp. 1e19). Springer Science & Business Media.
- Bateman, C. (2009). *Beyond game design: Nine steps toward creating better videogames*. Cengage Learning.
- Bateman, C., & Nacke, L.E. (2010). The neurobiology of play. *Future Play*.
- Bavelier, D., & Green, C. S. (2019). Enhancing attentional control: Lessons from action video games. *Neuron*, 104(1), 147–163.
- Bekoff M. 2001. Social play behaviour: cooperation, fairness, trust, and the evolution of morality. *Journal of Consciousness Studies* 8(2):81–90.
- Bekoff M., Pierce J. 2009. *Wild Justice: The Moral Lives of Animals*. Chicago (IL): University of Chicago Press
- Brennan, A. R., & Arnsten, A. F. T. (2008). Neuronal mechanisms underlying attention deficit hyperactivity disorder: The influence of arousal on prefrontal cortical function. In *Annals of the New York academy of sciences* (Vol. 1129, pp. 236e245). Blackwell Publishing Inc.. <https://doi.org/10.1196/annals.1417.007>.
- Brodbeck, M. I., & Dupuis, P. (2020). The Short-Term Effects of Action and Non Action Videogame Play on Attention. *Intersect: The Stanford Journal of Science, Technology, and Society*, 14(1).
- Castel, A. D., Pratt, J., & Drummond, E. (2005). The effects of action video game experience on the time course of inhibition of return and the efficiency of visual search. *Acta psychologica*, 119(2), 217–230.

- Chun, M. M., Golomb, J. D., & Turk-Browne, N. B. (2011). A taxonomy of external and internal attention. *Annual review of psychology*, 62(1), 73-101.
- Clark, L., Lawrence, A. J., Astley-Jones, F., & Gray, N. (2009). Gambling near-misses enhance motivation to gamble and recruit win-related brain circuitry. *Neuron*, 61(3), 481-490.
- Colombo J, Mitchell DW. 1990. Individual and developmental differences in infant visual attention. See Colombo & Fagen 1990, pp. 193–227
- Colombo J. (2001). The development of visual attention in infancy. *Annu Rev Psychol.*;52:337-67
- Commodari, E. (2017). Novice Readers: The Role of Focused, Selective, Distributed and Alternating Attention at the First Year of the Academic Curriculum. *I-Perception*.
- Connor CE, Egeth HE, Yantis S. (2004). Visual attention: bottom-up versus top-down. *Curr Biol* 14(19):R850–2
- Corbetta M, Shulman GL. (2002). Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nat Rev Neurosci* 3(3):201–15.
- Coull, J. T., Frith, C. D., Büchel, C., & Nobre, A. C. (2000). Orienting attention in time: behavioural and neuroanatomical distinction between exogenous and endogenous shifts. *Neuropsychologia*, 38(6), 808-819.
- Csikszentmihályi, M. (2000). *Beyond Boredom and Anxiety. Experiencing Flow in Work and Play. 25th Anniversary Edition.* San Francisco: Jossey-Bass.
- Dale, G., Joessel, A., Bavelier, D., & Green, C. S. (2020). A new look at the cognitive neuroscience of video game play. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1464(1), 192–203
- Denes, G. (2016). *Plasticità cerebrale: come cambia il cervello nel corso della vita.* Carocci.
- Diego Fernandez-Duque & Michael I. Posner (2001) Brain Imaging of Attentional Networks in Normal and Pathological States, *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 23:1, 74-93
- Doty RW. 1995. Brainstem influences on forebrain processes, including memory. In *Neurobehavioral Plasticity: Learning, Development, and the Response to Brain*

Insults, ed. NE Spear, LP Spear, ML Woodruff, pp. 349– 70. Hillsdale, NJ: Erlbaum

- Downing, C. J. (1988). Expectancy and visual-spatial attention: effects on perceptual quality. *Journal of Experimental Psychology: Human perception and performance*, *14*(2), 188.
- Dye W. G. Matthew, Bavelier. 2010. Differential development of visual attention skills in school-age children. *Vision Res.* **50**: 452–459.
- Dye, M. W., Green, C. S., & Bavelier, D. (2009). Increasing Speed of Processing With Action Video Games. *Current directions in psychological science*, *18*(6), 321–326. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2009.01660.x>
- Dye, M. W., Green, C. S., & Bavelier, D. (2009). The development of attention skills in action video game players. *Neuropsychologia*, *47*(8-9), 1780–1789.
- Fagen R. M. 1981. *Animal Play Behavior*. Oxford (UK) and New York: Oxford University Press.
- Fan, J., Gu, X., Guise, K. G., Liu, X., Fossella, J., Wang, H., & Posner, M. I. (2009). Testing the behavioral interaction and integration of attentional networks. *Brain and cognition*, *70*(2), 209-220.
- Fan, J., Gu, X., Guise, K. G., Liu, X., Fossella, J., Wang, H., & Posner, M. I. (2009). Testing the behavioral interaction and integration of attentional networks. *Brain and cognition*, *70*(2), 209–220. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2009.02.002>
- Fan, J., McCandliss, B. D., Fossella, J., Flombaum, J. I., & Posner, M. I. (2005). The activation of attentional networks. *Neuroimage*, *26*(2), 471-479.
- Fernandez-Duque, D., & Posner, M. I. (1997). Relating the mechanisms of orienting and alerting. *Neuropsychologia*, *35*(4), 477–486. [https://doi.org/10.1016/s0028-3932\(96\)00103-0](https://doi.org/10.1016/s0028-3932(96)00103-0)
- Föcker, J., Mortazavi, M., Khoe, W., Hillyard, S. A., & Bavelier, D. (2019). Neural Correlates of Enhanced Visual Attentional Control in Action Video Game Players: An Event-Related Potential Study. *Journal of cognitive neuroscience*, *31*(3), 377–389. https://doi.org/10.1162/jocn_a_01230

- Franceschini, S., Bertoni, S., Lulli, M., Pievani, T., & Facoetti, A. (2022). Short-term effects of video-games on cognitive enhancement: The Role of positive emotions. *Journal of Cognitive Enhancement*, 6(1), 29-46.
- Fredrickson, B. L. (2004). The broaden-and-build theory of positive emotions. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 359(1449), 1367–13
- Fuentes, L., and Campoy, G. (2008). The time course of alerting effect over orienting in the attention network test. *Exp. Brain Res.* 185, 667–672. doi: 10.1007/s00221-007-1193-8
- Geva, R., Zivan, M., Warsha, A., & Olchik, D. (2013). Alerting, orienting or executive attention networks: differential patterns of pupil dilations. *Frontiers in behavioral neuroscience*, 7, 145.
- Girotto, V., & Zorzi, M. (Eds.). (2016). *Manuale di psicologia generale*. Società editrice il Mulino, Spa., Bologna, 125-139
- Gong, D., He, H., Ma, W., Liu, D., Huang, M., Dong, L., ... & Yao, D. (2016). Functional integration between salience and central executive networks: a role for action video game experience. *Neural Plasticity*, 2016.
- Goodale, M. A., & Milner, A. D. (1992). Separate visual pathways for perception and action. *Trends in neurosciences*, 15(1), 20–25. [https://doi.org/10.1016/0166-2236\(92\)90344-8](https://doi.org/10.1016/0166-2236(92)90344-8)
- Gordon, B. (2004). Test Review: Wechsler, D. (2002). *The Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence, Third Edition (WPPSI-III)*. San Antonio, TX: The Psychological Corporation. *Canadian Journal of School Psychology*, 19(1–2), 205–220.
- Gori, S., Seitz, A. R., Ronconi, L., Franceschini, S., & Facoetti, A. (2016). Multiple causal links between magnocellular–dorsal pathway deficit and developmental dyslexia. *Cerebral Cortex*, 26(11), 4356-4369.
- Graham, K. L., & Burghardt, G. M. (2010). Current perspectives on the biological study of play: signs of progress. *The Quarterly review of biology*, 85(4), 393–418.

- Granek, J. A., Gorbet, D. J., & Sergio, L. E. (2010). Extensive videogame experience alters cortical networks for complex visuomotor transformations. *Cortex*, 46(9), 1165–1177.
- Green, C. S., & Bavelier, D. (2006). Effect of action video games on the spatial distribution of visuospatial attention. *Journal of experimental psychology. Human perception and performance*, 32(6), 1465–1478. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.32.6.1465>
- Green, C. S., Li, R., & Bavelier, D. (2010). Perceptual learning during action video game playing. *Topics in Cognitive Science*, 2(2), 202–216.
- Hahn, B., Wolkenberg, F. A., Ross, T. J., Myers, C. S., Heishman, S. J., Stein, D. J., ... & Stein, E. A. (2008). Divided versus selective attention: evidence for common processing mechanisms. *Brain research*, 1215, 137-146.
- Hayward, D. A., & Ristic, J. (2013). Measuring attention using the Posner cuing paradigm: the role of across and within trial target probabilities. *Frontiers in human neuroscience*, 7, 205. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00205>
- Heilman, K.M., Watson, R.T. and Valenstein, E. (1985) Neglect and Related Disorders. In: Heilman, K.M., et al., Eds., *Clinical Neuropsychology*, 2nd Edition, Oxford University Press, New York, 243-293.
- Hubert-Wallander, B., Green, C. S., Sugarman, M., & Bavelier, D. (2011). Changes in search rate but not in the dynamics of exogenous attention in action videogame players. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 73(8), 2399-2412.
- Hubert-Wallander, B., Green, C.S., Sugarman, M.A., & Bavelier, D. (2011). Changes in search rate but not in the dynamics of exogenous attention in action videogame players. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 73, 2399-2412.
- Hudak, J., Rosenbaum, D., Barth, B., Fallgatter, A. J., & Ehlis, A. C. (2018). Functionally disconnected: A look at how study design influences neurofeedback data and mechanisms in attention-deficit/hyperactivity disorder. *PloS one*, 13(8), e0200931.
- Itti, L., & Koch, C. (2001). Computational modelling of visual attention. *Nature reviews neuroscience*, 2(3), 194-203.

- Ivry, R. B., Robertson, L. C., & Robertson, L. C. (1998). *The two sides of perception*. MIT press.
- James, W., Burkhardt, F., Bowers, F., & Skrupskelis, I. K. (1890). *The principles of psychology* (Vol. 1, No. 2). London: Macmillan.
- Kardan, O., Shneidman, L., Krogh-Jespersen, S., Gaskins, S., Berman, M. G., & Woodward, A. (2017). Cultural and developmental influences on overt visual attention to videos. *Scientific reports*, 7(1), 1-16.
- Katsuki F, Constantinidis C. 2012b. Unique and shared roles of the posterior parietal and dorsolateral prefrontal cortex in cognitive functions. *Front Integr Neurosci* 6:17.
- Katsuki, F., & Constantinidis, C. (2014). Bottom-up and top-down attention: different processes and overlapping neural systems. *The Neuroscientist*, 20(5), 509-521.
- Klasen, M., Weber, R., Kircher, T. T., Mathiak, K. A., & Mathiak, K. (2012). Neural contributions to flow experience during video game playing. *Social cognitive and affective neuroscience*, 7(4), 485-495.
- Klein, R. M. (2000). Inhibition of return. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(4), 138-147.
- LaBerge, D., & Brown, V. (1989). Theory of attentional operations in shape identification. *Psychological review*, 96(1), 101.
- Ládavas, E., & Berti, A. (2020). *Neuropsicologia*. Società editrice il Mulino, Spa., p. 125
- Lawton, T. (2016). Improving dorsal stream function in dyslexics by training figure/ground motion discrimination improves attention, reading fluency, and working memory. *Frontiers in human neuroscience*, 10, 397.
- Lazzaro, N. (2009). Why we play: affect and the fun of games. *Human-computer interaction: Designing for diverse users and domains*, 155, 679-700.
- Lee P. C. 1983. Play as a means for developing relationships. Pages 82– 89 in *Primate Social Relationships: An Integrated Approach*, edited by R. A. Hinde. Sunderland (MA): Sinauer

- Lenroot, R. K., & Giedd, J. N. (2006). Brain development in children and adolescents: insights from anatomical magnetic resonance imaging. *Neuroscience & biobehavioral reviews*, 30(6), 718-729.
- Marek, S., & Dosenbach, N. U. (2018). The frontoparietal network: Function, electrophysiology, and importance of individual precision mapping. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 20
- Marrocco, R. T., & Davidson, M. C. (1998). Neurochemistry of attention. In R. Parasuraman (Ed.), *The attentive brain* (pp. 35–50). The MIT Press.
- Mazur, A. and Lamb, T.A. Testosterone, status, and mood in human males. *Horm Behav* 14, 3 (1980), 236-246.
- McAuley, M. T., Kenny, R. A., Kirkwood, T. B., Wilkinson, D. J., Jones, J. J., & Miller, V. M. (2009). A mathematical model of aging-related and cortisol induced hippocampal dysfunction. *BMC neuroscience*, 10(1), 1-14.
- Menon, V., & Uddin, L. Q. (2010). Saliency, switching, attention and control: A network model of insula function. *Brain Structure and Function*, 214(5e6), 655e667. [https:// doi.org/10.1007/s00429-010-0262-0](https://doi.org/10.1007/s00429-010-0262-0).
- Mezzacappa, E. (2004). Alerting, orienting and executive attention. Developmental properties and sociodemographic correlated in and epidemiological sample of young, urban children. *Child Development*, 75, 1373–1386.
- Michael I. Posner, Robert D. Rafal, Lisa S. Choate & Jonathan Vaughan (1985) Inhibition of return: Neural basis and function, *Cognitive Neuropsychology*, 2:3, 211-228, DOI: [10.1080/02643298508252866](https://doi.org/10.1080/02643298508252866)
- Mishkin, M., Ungerleider, L. G., & Macko, K. A. (1983). Object vision and spatial vision: two cortical pathways. *Trends in neurosciences*, 6, 414-417.
- Moon, J., Choe, S., Lee, S., & Kwon, O. S. (2019). Temporal dynamics of visual attention allocation. *Scientific reports*, 9(1), 1-11.
- Morrison, J. H., & Foote, S. L. (1986). Noradrenergic and serotonergic innervation of cortical, thalamic, and tectal visual structures in Old and New World monkeys. *Journal of Comparative Neurology*, 243(1), 117-138.

- Mundy, P., & Newell, L. (2007). Attention, Joint Attention, and Social Cognition. *Current Directions in Psychological Science*, 16(5), 269–274. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2007.00518.x>
- Mundy, P., Card, J., & Fox, N. (2000). Fourteen-month cortical activity and different infant joint attention skills. *Developmental Psychobiology*, 36, 325–338
- Murphy, F. C., & Klein, R. M. (1998). The effects of nicotine on spatial and non-spatial expectancies in a covert orienting task. *Neuropsychologia*, 36(11), 1103–1114.
- Nakagawa, A. (1991). Role of anterior and posterior attention networks in hemispheric asymmetries during lexical decisions. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 313e321. <https://doi.org/10.1162/jocn.1991.3.4.313>
- Pammer, K., Hansen, P., Holliday, I., & Cornelissen, P. (2006). Attentional shifting and the role of the dorsal pathway in visual word recognition. *Neuropsychologia*, 44(14), 2926–2936.
- Pares, E., (2006), Videogiochi. Enciclopedia dei ragazzi. Inc. *treccani.it*. Consultato il 09/06/2022, da https://www.treccani.it/enciclopedia/videogiochi_%28Enciclopedia-dei-ragazzi%29/
- Pellis S., Pellis V. 2009. *The Playful Brain: Ventures to the Limits of Neuroscience*. Oxford (UK): Oneworld Press.
- Perry, R. J., & Hodges, J. R. (1999). Attention and executive deficits in Alzheimer’s disease. A critical review. *Brain*, 122(3), 383e404.
- Petersen, S. E., & Posner, M. I. (2012). The attention system of the human brain: 20 years after. *Annual review of neuroscience*, 35, 73–89. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-062111-150525>
- Phillips, J. M., McAlonan, K., Robb, W. G., & Brown, V. J. (2000). Cholinergic neurotransmission influences covert orientation of visuospatial attention in the rat. *Psychopharmacology*, 150(1), 112-116.
- Posner, J., Russell, J. A., & Peterson, B. S. (2005). The circumplex model of affect: An integrative approach to affective neuroscience, cognitive development, and psychopathology. *Development and Psychopathology*, 17(3), 715

- Posner, M. I. (1978). *Chronometric explorations of mind*. Lawrence Erlbaum.
- Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly journal of experimental psychology*, 32(1), 3-25.
- Posner, M. I., & Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13, 25e42. <https://doi.org/10.1146/annurev.ne.13.030190.000325>
- Posner, M. I., & Rothbart, M. K. (2007). Research on attention networks as a model for the integration of psychological science. *Annual review of psychology*, 58, 1.
- Posner, M. I., Nissen, M. J., & Ogden, W. C. (1978). Attended and unattended processing modes: The role of set for spatial location. *Modes of perceiving and processing information*, 137(158), 2.
- Posner, M. I., Petersen, S. E., Fox, P. T., & Raichle, M. E. (1988). Localization of cognitive operations in the human brain. *Science*, 240, 1627–1631.
- Posner, M. I., Rafal, R. D., Choate, L. S., & Vaughan, J. (1985). Inhibition of return: Neural basis and function. *Cognitive neuropsychology*, 2(3), 211-228.
- Posner, M. I., Walker, J. A., Friedrich, F. J., & Rafal, R. D. (1984). Effects of parietal injury on covert orienting of attention. *Journal of neuroscience*, 4(7), 1863-1874.
- Pozuelos, J. P., Paz-Alonso, P. M., Castillo, A., Fuentes, L. J., & Rueda, M. R. (2014). Development of attention networks and their interactions in childhood. *Developmental Psychology*, 50, 2405–2415.
- Rauschecker, J. P. (2011). An expanded role for the dorsal auditory pathway in sensorimotor integration and control. *Hear. Res.* 271, 16–25.
- Rauschecker, J.P. (2012). Ventral and dorsal streams in the evolution of speech and language. *Frontiers in Evolutionary Neuroscience*, 4.
- Robbins TW, Everitt BJ. 1995. Arousal systems and attention. See Gazzaniga, 1995, pp. 703– 20
- Rose SA, Feldman J. 1990. Infant cognition: individual differences and developmental continuities. See Colombo & Fagen 1990, pp. 229–45

- Rueckert, L., & Grafman, J. (1996). Sustained attention deficits in patients with right frontal lesions. *Neuropsychologia*, 34(10), 953-963.
- Sarter, M., Givens, B., & Bruno, J. P. (2001). The cognitive neuroscience of sustained attention: where top-down meets bottom-up. *Brain research reviews*, 35(2), 146-160.
- Scaife, M., & Bruner, J. (1975). The capacity for joint visual attention in the infant. *Nature*, 253, 265–266.
- Schul, R., Townsend, J., & Stiles, J. (2003). The development of attentional orienting during the schoolage years. *Developmental Science*, 6, 262–272
- Shipp, S. (2004). The brain circuitry of attention. *Trends Cogn. Sci.* 8, 223–230. doi: 10.1016/j.tics.2004.03.004
- Shipp, S. (2004). The brain circuitry of attention. *Trends in cognitive sciences*, 8(5), 223-230.
- Shizgal, P., & Arvanitogiannis, A. (2003). Gambling on dopamine. *Science*, 299(5614), 1856-1858.
- Skosnik, P. D., Chatterton Jr, R. T., Swisher, T., & Park, S. (2000). Modulation of attentional inhibition by norepinephrine and cortisol after psychological stress. *International Journal of Psychophysiology*, 36(1), 59-68.
- Stablum, F. (2002). *L'attenzione*. Carocci., p.54
- Steinhauer, S. R., Siegle, G. J., Condray, R., and Pless, M. (2004). Sympathetic and parasympathetic innervation of pupillary dilation during sustained processing. *Int. J. Psychophysiol.* 52, 77–86. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2003.12.005
- Sussman, R. W., Garber, P. A., & Cheverud, J. M. (2005). Importance of cooperation and affiliation in the evolution of primate sociality. *American journal of physical anthropology*, 128(1), 84-97.
- Thiel, C. M., Zilles, K., & Fink, G. R. (2005). Nicotine modulates reorienting of visuospatial attention and neural activity in human parietal cortex. *Neuropsychopharmacology*, 30(4), 810-820.
- Tracy, J. L., Faro, S. H., Mohamed, F. B., Pinsk, M., and Pinus, A. (2000). Functional localization of a time keeper function separate from attentional

resources and task strategy. *Neuroimage* 11, 228–242. doi: 10.1006/nimg.2000.0535

- Treisman, A. M. (1969). Strategies and models of selective attention. *Psychological Review*, 76(3), 282 e 299.
- Turatto, M., Galfano, G., Bridgeman, B., & Umiltà, C. (2004). Space-independent modality-driven attentional capture in auditory, tactile and visual systems. *Experimental Brain Research*, 155(3), 301e310. <https://doi.org/10.1007/s00221-003-1724-x>
- Valenza E., Turati C., (2019), Promuovere lo sviluppo della mente. Un approccio neurocostruttivista. Il Mulino, Bologna
- Vanderschuren, L. J., Achterberg, E. M., & Trezza, V. (2016). The neurobiology of social play and its rewarding value in rats. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 70, 86-105.
- Vincent, J. L., Kahn, I., Snyder, A. Z., Raichle, M. E., & Buckner, R. L. (2008). Evidence for a frontoparietal control system revealed by intrinsic functional connectivity. *Journal of neurophysiology*, 100(6), 3328–3342.
- Vossel, S., Thiel, C. M., & Fink, G. R. (2008). Behavioral and neural effects of nicotine on visuospatial attentional reorienting in non-smoking subjects. *Neuropsychopharmacology*, 33(4), 731-738
- Walter, W. (1964). The convergence and interaction of visual, auditory and tactile responses in human nonspecific cortex. *Annals of the New York Academy of Sciences*.
- Wardak, C., Ibos, G., Duhamel, J.-R., and Olivier, E. (2006). Contribution of the monkey frontal eye field to covert visual attention. *J. Neurosci.* 26, 4228–4235. doi: 10.1523/JNEUROSCI.3336-05.2006
- Waszak, F., Li, S.-C., & Hommel, B. (2010). The development of attentional networks: cross-sectional findings from a life span sample. *Developmental Psychology*, 46, 337–349.

- Wolfe, J. M., Võ, M. L. H., Evans, K. K., & Greene, M. R. (2011). Visual search in scenes involves selective and nonselective pathways. *Trends in cognitive sciences*, 15(2), 77-84.
- Wu, S., Cheng, C. K., Feng, J., D'Angelo, L., Alain, C., & Spence, I. (2012). Playing a first-person shooter video game induces neuroplastic change. *Journal of cognitive neuroscience*, 24(6), 1286–1293. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00192
- Zammuner, V. L. (1998). *Tecniche dell'intervista e del questionario*. Il Mulino.