



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Psicologia

Corso di laurea in “Scienze psicologiche cognitive e psicobiologiche”

Elaborato finale

Attenzione selettiva volontaria e controllo inibitorio in fascia prescolare: dalla  
ricerca teorica alla pratica clinica

(Voluntary selective attention and inhibitory control in the preschool age group:  
from theoretical research to clinical practice)

Relatrice

Prof.ssa Eloisa Valenza

Laureanda: Martina Franceschin

Matricola:1191078

Anno Accademico 2022/2023



## Indice

Introduzione .....	1
1. Attenzione .....	3
1.1 L'inibizione dei distrattori .....	5
2. Funzioni Esecutive .....	7
2.1 Il controllo inibitorio .....	8
3. Lo sviluppo di selezione e inibizione delle informazioni .....	11
3.1 Le traiettorie di sviluppo .....	11
3.2 Network cerebrali .....	13
3.3 Ruolo dell'esperienza in ottica " <i>Embodied Cognition</i> " .....	16
4. Sostenere lo sviluppo dell'attenzione selettiva e del controllo inibitorio .....	19
4.1 Età scolare e prescolare: un confronto .....	19
4.2 Interventi ambientali .....	20
4.3 Interventi sulla persona .....	23
5. Discussione conclusiva e possibili linee di ricerca futura .....	27
Bibliografia .....	31



## **Introduzione**

Il presente elaborato ha lo scopo di approfondire il tema dello sviluppo delle competenze attentive correlate con lo sviluppo cognitivo e le funzioni esecutive nella fascia d'età prescolare. L'attenzione selettiva, ossia la capacità di selezionare gli stimoli di interesse filtrando quelli non necessari (Posner, 1988), è un prerequisito indispensabile per qualsiasi forma di apprendimento; in particolare quando è richiesto di inibire la risposta agli stimoli non rilevanti, mantenendo il focus attentivo sugli stimoli rilevanti. In qualità di terapeuta della neuro e psicomotricità dell'età evolutiva, frequentemente mi trovo di fronte a richieste di valutazioni di sviluppo, dove (al di là della presenza di un disturbo del neurosviluppo) spesso vengono segnalate difficoltà comportamentali e un elevato grado di distraibilità, con particolare riferimento all'incapacità dei bambini in età prescolare (4-6 anni) di prestare attenzione alle insegnanti, al compito richiesto e alla sua esecuzione. Tali preoccupazioni si manifestano soprattutto a ridosso dell'inserimento alla scuola primaria e talora anche successivamente, quando l'incremento delle richieste ambientali evidenzia maggiormente queste fragilità.

La letteratura conferma che i processi inibitori, collegati ai processi attentivi e comportamentali, sono coinvolti in diversi aspetti dello sviluppo del bambino come, ad esempio, la regolazione comportamentale, la teoria della mente, l'internalizzazione dei codici sociali di condotta (Gandolfi et al., 2014); diversi disturbi del neurosviluppo sono stati collegati ad un'alterata efficienza nel funzionamento di tali processi (Gandolfi et al., 2014).

A partire da questa letteratura il mio elaborato finale ha lo scopo di analizzare quali dati scientifici siano presenti rispetto alle possibili strategie di potenziamento della capacità di ignorare le informazioni non rilevanti, controllando il proprio comportamento. Il lavoro si articola in una prima parte teorica dove verrà riportata la definizione di attenzione e di funzioni esecutive, analizzando in particolare gli aspetti comuni tra questi due costrutti durante lo sviluppo e le basi neuronali implicate. La seconda parte riguarda invece l'analisi della ricerca applicativa rispetto al potenziamento di tali competenze in età prescolare.



## 1. Attenzione

Ogni essere umano è costantemente inserito in un ambiente ricco di stimoli sensoriali di vario tipo, siano essi visivi, uditivi, tattili o cinestesici. La capacità del cervello umano di elaborare le informazioni provenienti dall'esterno, in un dato momento, al fine di coordinare una determinata azione o espletare una qualsiasi intenzione, si dimostra limitata (Broadbent, 1958). Solo alcune delle informazioni in entrata risultano rilevanti alla realizzazione del compito, i sistemi sensoriali e il cervello devono quindi disporre di meccanismi adatti ad effettuare una selezione; tale selezione avviene ad opera dei processi attentivi che appartengono a tre principali sistemi distinti: il sistema di allerta, quello di orientamento dell'attenzione e quello esecutivo (Fan et al., 2002; Breckenridge et al., 2013, Petersen and Posner, 2012). Il primo sistema permette di mantenere un'attivazione sufficiente per reagire ad eventuali imprevisti (Petersen et al., 2012), il secondo sistema permette di orientare le risorse attentive verso gli stimoli rilevanti (Petersen et al., 2012) ed il terzo di monitorare gli eventi *on-line* per individuare dove sia meglio indirizzare le risorse (Petersen et al., 2012). L'attenzione funge quindi da filtro, permette di selezionare gli stimoli percepiti dai nostri organi di senso che verranno in seguito elaborati, anche a livello di coscienza. Le competenze attentive ottimizzano l'utilizzo delle risorse mentali e permettono una migliore elaborazione cognitiva del compito: si rivelano dunque un prerequisito fondamentale al fine dell'apprendimento.

In letteratura sono stati proposti anche altri modi per categorizzare le abilità attentive. Uno di questi, ad esempio, fa riferimento al sistema sensoriale implicato (Razon et al., 2009): si parlerà dunque di attenzione visiva se interessa la vista, uditiva se interessa l'udito e così via. L'attenzione visiva, a sua volta, può essere riferita ad una porzione di spazio limitata perciò focale oppure distribuita su tutto il campo visivo e quindi diffusa (Facoetti et al., 2000). L'attenzione può essere attivata da stimoli esterni, si parla in questo caso di attenzione automatica, oppure può essere attivata volontariamente, ossia può essere orientata consapevolmente secondo uno scopo (Posner, 1980). L'attenzione può anche essere categorizzata in relazione alla distribuzione delle risorse allocate (Santrock, 2017), si parlerà in questo caso di: attenzione selettiva o focalizzata,

divisa, sostenuta ed esecutiva. L'attenzione selettiva si riferisce all'abilità di focalizzarsi su un aspetto specifico escludendone altri non rilevanti all'obiettivo; l'attenzione sostenuta fa riferimento alla capacità di mantenere il focus attentivo per un tempo prolungato; quella divisa permette di distribuire le risorse attentive per concentrarsi su più aspetti contemporaneamente ed infine quella esecutiva permette il monitoraggio continuo dell'azione svolta, consentendo di scegliere se mantenere il focus attentivo, ridistribuirlo e pianificare le azioni migliori da effettuare al fine di raggiungere lo scopo.

L'attenzione rappresenta dunque una capacità primaria, strettamente collegata allo sviluppo di molti altri processi cognitivi come la memoria, la percezione, il linguaggio ecc. Questo elaborato si focalizza in particolare sullo sviluppo dell'attenzione selettiva, ovvero come abbiamo già visto, la capacità di selezionare in modo privilegiato le informazioni rilevanti ad uno scopo preciso per elaborarle in modo più efficace, ignorando le informazioni non rilevanti per quello scopo. Esistono diverse teorie rispetto al momento in cui si attua questa selezione. Secondo alcuni autori la selezione è precoce, poiché avviene prima dell'elaborazione semantica (Broadbent, 1958), mentre secondo altri autori la selezione è tardiva, nel senso che la selezione avviene solo dopo che tutti gli stimoli siano stati elaborati semanticamente. Un esempio della selezione precoce è individuabile nella teoria di Broadbent (1958), secondo la quale l'attenzione fungerebbe precocemente da filtro, escludendo dal processamento gran parte dell'informazione esterna con una discriminazione già a livello sensoriale. Il sistema sensoriale procederebbe con un'analisi in parallelo di tutte le informazioni e dopo il filtraggio il sistema percettivo proseguirebbe con un'analisi seriale di ciò che deve passare alla coscienza. Tale teoria si è delineata sulla scorta del paradigma dell'ascolto dicotico, ove il soggetto deve fare attenzione solo alle informazioni provenienti ad un orecchio, ignorando quelle che arrivano all'altro. Un esempio di selezione tardiva invece è offerto dalla teoria di Deutsch e Deutsch (1963) secondo cui l'attenzione selettiva entrerebbe in gioco solo in seguito all'elaborazione semantica degli stimoli, nella fase di selezione della risposta da emettere, controllando quindi l'accesso dell'informazione alla coscienza. Il paradigma sperimentale di riferimento è quello dello Stroop, in cui

al soggetto è richiesto di denominare il colore con cui la parola è scritta e non il nome del colore scritto in lettere (informazione dominante e più difficile da inibire). Altri studi (Eriksen & Eriksen, 1974) analizzando i tempi di reazione nel riconoscimento di una lettera target posta al centro di una stringa di 5 lettere, hanno identificato l'effetto interferenza dei "*flankers*", le lettere immediatamente adiacenti. L'effetto appena nominato può essere interpretato come prova a sostegno di una selezione tardiva degli stimoli.

Una teoria intermedia tra le due sopracitate, è la "teoria del filtro attenuato" di Treisman (1964). Il filtro dell'attenzione non eliminerebbe completamente l'informazione non rilevante ma manterrebbe la sua elaborazione sottosoglia, in modo da poter essere attivata ed elaborata se le condizioni cambiassero e divenissero rilevanti. L'informazione rilevante invece mantiene un livello di attivazione maggiore e raggiunge più facilmente la consapevolezza (Treisman, 1964). Questa teoria utilizza il paradigma della ricerca visiva: al soggetto viene richiesto di cercare attivamente uno stimolo bersaglio (*target*) fra un numero variabile di stimoli distrattori, e permette ad esempio, di studiare come gli stimoli si differenzino tra loro, quali attraggano maggiormente l'attenzione e come si sposti l'attenzione tra i diversi stimoli. Secondo un'elaborazione successiva della propria teoria, detta "Teoria dell'integrazione", tutte le caratteristiche dell'oggetto vengono elaborate ad uno stadio pre-attentivo e vengono integrate solo in seguito ad uno stadio attentivo (Treisman, 1978). Tra queste caratteristiche ne esistono alcune con maggiore salienza e che possono catturare l'attenzione, in modo esogeno, ossia automatico e possono risultare più difficoltose da inibire. L'attenzione, infatti, può essere orientata in modo esogeno o automatico, cioè attivata da uno stimolo esterno e dalle sue caratteristiche, con regolazione dal basso verso l'alto (*bottom-up*) oppure in modo endogeno o volontario, guidata dai processi mentali e dai bisogni della persona attraverso meccanismi dall'alto verso il basso (*top-down*).

### 1.1 L'inibizione dei distrattori

La capacità di focalizzare la propria attenzione sulle informazioni rilevanti è strettamente collegata alla capacità di ignorare o inibire gli stimoli non rilevanti, ossia distraenti. Nel processo di lettura, ad esempio, la capacità di ignorare i

distrattori visivi (ad es. le lettere nelle altre righe) è ugualmente importante a quella di focalizzarsi sulle informazioni rilevanti (la sequenza di lettere nella parola). Oppure ancora, la capacità di concentrarsi sulla voce dell'insegnante ignorando il rumore di sottofondo prodotto dal movimento o dalle parole dei compagni, si dimostra fondamentale per cogliere ed eseguire correttamente la consegna. La capacità di focalizzare l'attenzione e di ignorare i distrattori, inibendo le informazioni non rilevanti si rivelano strettamente interdipendenti (Hanania & Smith, 2010). La forza dei distrattori dipende dalla loro salienza, ovvero dalle loro caratteristiche fisiche che possono, ad esempio tramite l'imprevedibilità o la cromaticità ad alto contrasto, catturare la nostra attenzione in modo esogeno (involontario). Anche le caratteristiche legate alla valenza emozionale dei distrattori hanno un ruolo importante sui meccanismi di controllo cognitivo dell'attenzione selettiva: gli stimoli che suscitano reazioni emotive tendono a catturare l'attenzione e ad essere elaborati in modo preferenziale rispetto ad altri (Petrucci e Pecchinenda, 2016).

Tradizionalmente la capacità di inibire i distrattori visivi è stata associata ad un meccanismo di controllo diretto e volontario come la selezione dell'obiettivo *target* nell'ambiente. Lo studio effettuato da Dirk Van Moorselaar e Heleen A. Slagter (2020) ha recentemente dimostrato che la soppressione dei distrattori visivi non avviene esclusivamente tramite un meccanismo *top-down*, ma dipende da molti fattori, sia legati alle precedenti esperienze che alle caratteristiche del *target* (*bottom-up*). L'aspettativa che il soggetto si crea in relazione alle caratteristiche del distrattore si manifesta attraverso la modifica delle onde alfa e ne denota una precisa rappresentazione (Moorselaar et al., 2020). Il filtraggio dei distrattori risente dunque del fenomeno dell'abituazione e le risposte ad uno stimolo ripetuto, invariato e non minaccioso si riducono gradualmente; il fenomeno, tuttavia, scoppia spontaneamente se questo viene sospeso per un dato periodo di tempo e poi reinserito. Lo studio conclude che le capacità di selezionare e di sopprimere le informazioni distraenti si dimostrano quindi strettamente collegate, ovvero il cervello utilizza un sistema pre-attentivo che agisce tramite l'integrazione delle informazioni in entrata (*bottom-up*) e di quelle immagazzinate, richiamate e mantenute attive in memoria (*top-down*).

## 2. Funzioni esecutive

Il processo che consente l'inibizione dei distrattori ci conduce inevitabilmente ad affrontare, seppur velocemente, il costrutto di funzioni esecutive. Questo ampio costrutto raggruppa i processi che rendono possibile la pianificazione di un'azione in prospettiva futura, in relazione ad uno scopo e il monitoraggio della stessa durante il suo svolgimento (Diamond, 2013). Nello specifico si parla di abilità riguardanti la memoria di lavoro, l'inibizione, la flessibilità cognitiva o *shifting*, il ragionamento, il *problem solving* (risoluzione dei problemi) e la pianificazione. La memoria di lavoro si riferisce ad un sistema temporaneo e dinamico che permette di mantenere in memoria e manipolare le informazioni nell'immediato e in tempo reale (Baddeley, 2010); i processi inibitori rappresentano la capacità di non rispondere a stimoli non pertinenti allo scopo (Diamond, 2013), mentre la flessibilità cognitiva permette di modificare il proprio *set* di risposta in relazione alle modifiche del contesto ambientale (Miyake et al., 2000). Secondo questo modello multicomponentiale, le abilità di base (*low-level*) appena descritte si combinano e si integrano nelle capacità di ordine superiore (*high-level*) come il ragionamento, la programmazione delle azioni e il *problem solving*. Le funzioni esecutive si dimostrano fondamentali soprattutto in situazioni nuove, dove risulta indispensabile la manipolazione di strategie apprese nel passato per elaborarne di nuove in funzione del raggiungimento di uno scopo. Nel loro studio Gazzely e Nobre (2012) dimostrano la forte relazione esistente tra memoria di lavoro e attenzione selettiva: per selezionare le informazioni necessarie serve mantenere attiva una buona rappresentazione dello scopo e del piano d'azione. Altri autori identificano i processi del controllo attentivo, la memoria di lavoro e l'inibizione come fondamentali per lo sviluppo delle funzioni esecutive (Best e Miller, 2010).

Il dominio esecutivo non fa riferimento solo alle abilità cognitive sopracitate, ma viene esteso anche alle abilità di regolazione emotivo-comportamentale e alla motivazione. In riferimento a questo Zelazo et al. (2012) raggruppano le funzioni esecutive in processi "freddi" (*cool*) che fanno riferimento al dominio cognitivo e si attivano quando l'individuo manipola informazioni astratte e decontestualizzate e processi "caldi" (*warm*) che si riferiscono al dominio emotivo e si attivano in

termini di capacità di auto-regolazione e motivazione, utili per mantenere l'impegno in un compito anche se faticoso o frustrante.

Le differenti funzioni operano in modo sinergico e vanno incontro ad una complessa integrazione attraverso un processo esecutivo dinamico. Questo "sistema esecutivo" permette quindi di controllare l'azione e il pensiero, ignorando i distrattori e inibendo le risposte in relazione al proprio scopo, permettendo un adeguamento flessibile alle novità, modulando l'emotività e promuovendo l'integrazione di informazioni spazio-temporalmente non contigue per costruire la strategia d'azione più efficace (Risoli, 2019).

## 2.1 Il controllo inibitorio

Il controllo inibitorio è considerato uno degli aspetti del costrutto multi-componenziale delle funzioni esecutive ed è alla base dell'incremento delle capacità di attenzione selettiva. Buone capacità di controllo inibitorio permettono di non cedere alle distrazioni e resistere al forte impulso di fare qualcosa di poco adeguato al contesto; uno sviluppo inadeguato di tali competenze è invece collegato alla mancanza di autocontrollo, all'incapacità di gerarchizzare gli stimoli e alla distraibilità nei confronti di stimoli interferenti e non rilevanti. Nel loro studio, Gandolfi et al. (2014) portano alla luce la difficoltà nel trovare una definizione e descrizione univoca del concetto di "controllo inibitorio". All'interno della ricerca riportano i dati del lavoro proposto da Friedman et al. (2004) che individua tre forme diverse di inibizione: la capacità di prevenire intenzionalmente una risposta automatica e dominante (inibizione della risposta prepotente), la resistenza ai distrattori esterni irrilevanti per il compito (resistenza all'interferenza) e la resistenza all'interferenza dei compiti precedenti (resistenza all'interferenza proattiva). Da ricerche più recenti (Diamond, 2013) emerge una struttura tri-compartimentale del controllo inibitorio così ripartita: una componente cognitiva costituita da pensieri e memorie, una esecutiva a livello di attenzione selettiva e l'inibizione di risposta a livello comportamentale. Le prime due componenti si riferirebbero in particolare al controllo delle interferenze sia in termini di soppressione delle interferenze mentali che alla capacità di ignorare gli stimoli irrilevanti esterni, mentre la terza al controllo della risposta motoria. Riprendendo lo studio di Gandolfi et al. (2014) sopracitato, si precisa anche che il controllo

inibitorio si può quindi riferire principalmente a due ambiti: un cognitivo e uno comportamentale. Nell'ultimo caso si parlerà di inibizione di risposta: la capacità di controllare risposte prepotenti ma inappropriate; nel primo caso, di soppressione dell'interferenza: la gestione delle informazioni provenienti dall'esterno o dall'interno che presentano caratteristiche complesse e ambivalenti. La capacità di sopprimere le interferenze corrisponde dunque all'abilità di ignorare gli aspetti non rilevanti delle informazioni in entrata in funzione del proprio scopo, fondamentale nel processo di attenzione selettiva.



### **3. Lo sviluppo di selezione e inibizione delle informazioni**

#### **3.1 Le traiettorie di sviluppo**

Nelle persone adulte generalmente i meccanismi descritti nei capitoli precedenti agiscono in modo economico ed efficace, tuttavia si deve considerare che l'attenzione selettiva e la capacità di ignorare i distrattori possono rivelarsi molto difficili quando l'informazione competitiva è più appetibile dell'evento di interesse (Heim & Keil, 2012). Lo sviluppo di queste abilità si dimostra un prerequisito importante per l'acquisizione di altre competenze cognitive e avviene secondo un processo maturativo graduale e dipendente sia dall'evoluzione genetica che dall'esperienza. Durante i primi anni di vita le capacità attentive del bambino incrementano notevolmente in termini di capacità di orientamento, mantenimento, divisione dell'attenzione e se ne osserva un progressivo maggior controllo consapevole (Santrock, 2017; Heim & Keil, 2012). I bambini più grandi sono in grado di processare le informazioni in modo più selettivo e la suscettibilità alle distrazioni decresce con gli anni. Una serie di studi raccolti da Lane & Pearson (1982) confermano che la presenza di informazioni irrilevanti condiziona la prestazione dei bambini in modo inversamente proporzionale alla loro età. Altri autori hanno indagato maggiormente lo sviluppo del controllo attenzionale in età prescolare e scolare, come ad esempio Robinson et al. (2018): in questo studio che ha indagato lo sviluppo dell'attenzione selettiva visiva e uditiva nella fascia d'età compresa tra i tre anni e mezzo e gli undici e mezzo, il compito utilizzato richiedeva una ricerca visiva in associazione a distrattori visivi o uditivi compatibili o incompatibili. I risultati dello studio mettono in evidenza differenze nelle caratteristiche di risposta per età, che in caso di affollamento visivo associato a distrattori visivi si identifica non tanto per l'accuratezza ma per la velocità di risposta, mentre in associazione ai distrattori uditivi la differenza si osserva sia per l'accuratezza che per i tempi di reazione. L'analisi del compito e l'organizzazione della risposta in riferimento ad una componente sensoriale unimodale o multimodale si dimostrano differenti e caratterizzate da tempi evolutivi distinti. L'integrazione di informazioni sensoriali multimodali richiede un processamento più complesso e lo sviluppo di vie cerebrali di connessione. Questo tipo di maturazione è sostenuta anche da studi più recenti (Pedale et al.,

2021), i quali hanno tracciato una precisa traiettoria di sviluppo della resistenza endogena (volontaria) a distrattori spaziali crossmodali: suoni presentati come distrattori in un compito di ricerca visiva, compatibili o incompatibili sul piano spaziale. Il gruppo di bambini più giovani (5-7 anni), come quello di anziani (62-86 anni) si sono dimostrati altamente suscettibili ai distrattori spaziali esogeni, mentre le *performance* dei gruppi di ragazzi (10-11 anni) e giovani adulti (20-27 anni) non si sono dimostrate significativamente alterate.

Numerosi studi confermano che le prestazioni dei bambini nei diversi compiti attentivi e di controllo inibitorio, come quelli di *Stroop* e dei *Flankers* sopracitati o in compiti *go/no go* (compiti di detezione semplice in cui il soggetto deve segnalare la presenza di un *target* premendo un pulsante), migliorano progressivamente con l'età e raggiungono la maturità solo dopo i 12 anni circa (Durston et al., 2002).

Pur sostenendo questa traiettoria evolutiva, lo studio di Gandolfi et al. (2014) mette in luce una sostanziale differenza di sviluppo tra l'abilità di inibizione di risposta e la soppressione dell'interferenza. Tali competenze possono essere analizzate come due componenti distinte solo dalla fascia 36-48 mesi e non ad età precedenti quando la struttura alla base, ancora in via di sviluppo, si dimostra di tipo unitario. I cambiamenti rispetto alla natura dei processi inibitori, secondo gli autori, possono essere attribuiti sia a cambiamenti quantitativi che qualitativi nel processamento cognitivo delle informazioni, come risultato sia della maturazione delle strutture che delle esperienze educative introdotte con l'inserimento scolastico. Con l'avanzare dell'età i bambini diventano quindi maggiormente capaci di gestire il numero di stimoli in entrata e più abili nel distinguere ciò che è rilevante da ciò che non lo è. Generalmente tutte le componenti delle funzioni esecutive seguono una traiettoria di sviluppo simile: iniziano a svilupparsi lentamente dopo la nascita, subiscono una crescita importante tra i 3 e i 5 anni, continuano fino all'adolescenza e alla giovane età adulta. Le modifiche di sostanza grigia e bianca in relazione all'esperienza rendono possibile la maturazione e l'integrazione dei processi esecutivi. L'aumento della sostanza bianca e delle connessioni con il lobo frontale e la

maturazione del lobo frontale dipendono da diversi fattori, sia genetici che esperienziali, legati all'ambiente (Risoli, 2019).

### 3.2 *Network* cerebrali

Le recenti ricerche nell'ambito delle neuroscienze hanno dimostrato come i processi cognitivi siano operati non tanto da singole aree ma dalla loro connessione, in un'attività dinamica e sinergica; queste reti di comunicazione prendono il nome di *network* cerebrali (Yeo et al., 2011). Lo sviluppo delle competenze attentive è legato all'incremento della connettività funzionale in diversi di questi *network*, che rivestono funzioni separate ma complementari. La capacità di mantenere volontariamente il *focus* attentivo in relazione all'obiettivo, orienta l'elaborazione delle informazioni sensoriali rilevanti attraverso un controllo di tipo *top-down* ed è strettamente collegata all'attivazione del circuito attentivo dorsale (DAN). La ricerca di Rohr et al. (2018) condotta in un gruppo di bambini di età compresa tra i 4 e i 7 anni rileva una correlazione positiva tra lo sviluppo delle capacità di attenzione selettiva e l'aumento della connettività funzionale in questo circuito. Mentre il circuito attentivo ventrale (VAN) correla con il ri-orientamento dell'attenzione e risponde alla salienza degli stimoli con attivazione di tipo *bottom-up*. Esiste inoltre un terzo circuito: il *Default Mode Network* (DMN), un sistema più diffuso e collegato al pensiero. Questo *network* coinvolge una rete molto ampia di connessioni, la cui integrità interna e la connessione con VAN e DAN condizionano la capacità di sopprimere i distrattori. Lo studio di Poole et al. (2016), svolto su un campione di veterani dimostra che una connessione interna integra in DNM è predittiva di una miglior capacità di sopprimere i distrattori mentre una maggior connettività con le altre reti dell'attenzione è correlata ad una prestazione peggiore. DNM riveste un ruolo opposto a DAN, maggiori interconnessioni implicherebbero quindi una minor efficacia nel mantenimento dell'attenzione diretta all'obiettivo, mentre una sua connessione interna integra e funzionale è collegata ad una sua attivazione ridotta e più specifica, con conseguente minor distraibilità. Tali studi (Poole et al., 2016; Rohr et al, 2018) evidenziano quanto siano fondamentali gli equilibri di attivazione e la funzionalità delle connessioni tra le diverse aree cerebrali ai fini di una *performance* più

raffinata. Altri studi (Rohr et al., 2018) specificatamente svolti su un campione di soggetti in età evolutiva, più precisamente dai 4 ai 7 anni, dimostrano come le capacità d'attenzione nella prima infanzia rispondano ad un'attivazione più distribuita ed interconnessa tra i tre circuiti sopracitati. I dati rispetto allo sviluppo della connettività funzionale, dunque, sostengono quanto descritto dalle traiettorie di sviluppo rispetto all' incremento dell'abilità di sopprimere i distrattori in relazione diretta con età.

La risposta a distrattori salienti risponde al meccanismo appena descritto, mentre la gestione dei distrattori contingenti (i quali possiedono caratteristiche simili al *target*) appare maggiormente connessa alla memoria di lavoro e allo sviluppo della corteccia prefrontale. Per quanto riguarda la cattura dell'attenzione sulla base del valore invece, sono importanti i circuiti legati all'apprendimento e alla ricompensa comprendenti i gangli della base, le aree fronto-striatali e prefrontali mediali (Poole et al., 2016). L'apprendimento rispetto ai distrattori dipende inoltre dall'ippocampo e dalle regioni subcorticali, in particolare in riferimento ai gangli della base e al talamo. I gangli della base e il pulvinar precisamente si dimostrano associati all'apprendimento implicito e al filtraggio dei distrattori (Nakajima et al., 2019).

Le regioni del "controllo" dunque comprendono la corteccia prefrontale, la corteccia parietale e regioni subcorticali. Alcuni studi in soggetti non umani, suggeriscono che anche l'apprendimento legato all'esperienza dei distrattori potrebbe essere codificato in mappe di priorità sulla corteccia frontale e parietale (Zelinsky et al., 2015). Lo sviluppo cerebrale della corteccia dei lobi frontali, comprendenti la corteccia motoria primaria, quella premotoria, l'area di Broca deputata al linguaggio e quella prefrontale legata alla programmazione e alle funzioni esecutive subiscono una forte maturazione in termini di densità sinaptica dalla nascita fino ai due anni, quando sarà pari a circa la metà di quella adulta e continuerà a maturare fino all'adolescenza. Nello specifico delle aree prefrontali si osserverà una progressiva maggior connessione con le aree associative nei lobi temporale, parietale, occipitale e con il cervelletto. Questa maturazione è osservabile parallelamente anche sul piano comportamentale in termini di

sviluppo del linguaggio, delle funzioni esecutive e dell'autoregolazione (Poletti, 2009).

Riagganciandosi al concetto di interconnessione tra le abilità attentive e le funzioni esecutive, non sorprende che i meccanismi neurali che si occupano della modulazione attentiva *top-down*, intervengano in *network* comuni sia per quanto riguarda il processamento sensoriale dell'attenzione selettiva che per i diversi stadi operativi della memoria di lavoro (FE). Esistono delle analogie fra questi costrutti sia per attivazione della corteccia sensoriale sia di quella delle aree corticali di controllo del segnale *top-down* (Gazzely e Nobre, 2012). Lo sviluppo del controllo inibitorio, una componente delle funzioni esecutive, è connesso nello specifico alla maturazione dei circuiti ventrali fronto-striatali. I bambini dai 4 ai 12 anni ad esempio, mostrano un'attivazione di tale circuito diversa rispetto agli adulti rilevabile nell'ambito di compiti di tipo "go/no go", ove si osserva una minore accuratezza dipendente dal numero di prove "go" che precedono le prove "no go", sia nei bambini che negli adulti, con una percentuale di errore globalmente maggiore nei bambini. La differenza si evidenzia in particolare nell'attivazione della corteccia associativa, generalmente elevata nei bambini, sia per le prove valide che per quelle invalide e solo nel caso di prove invalide negli adulti. I bambini dunque non manifestano l'"effetto di contesto" come i soggetti adulti, ossia il livello di attivazione non si riduce in relazione alle prove "go" consecutive e si dimostrano maggiormente suscettibili alle interferenze. Nello sviluppo tipico al crescere dell'età tuttavia le performance dei bambini si avvicinano sempre di più a quelle dell'adulto. Anche questo risultato conferma l'importante relazione tra la maturazione della connettività cerebrale tra aree e lo sviluppo dell'abilità inibitoria (Durston et al., 2002). Come emerge dalla breve descrizione di alcuni dei circuiti cerebrali coinvolti nei sistemi di attenzione selettiva e controllo inibitorio, questi processi sono molto complessi, diffusi e non ancora del tutto conosciuti. Ciò che è chiaro però è l'aumento di connettività delle aree frontali, prefrontali e associative dall'infanzia all'adolescenza e fino alla giovane età adulta, e che a ciò corrisponde un incremento delle abilità di inibizione.

### 3.3 Ruolo dell'esperienza in ottica "*Embodied Cognition*"

Nei capitoli precedenti è stato più volte sottolineato che lo sviluppo dell'attenzione e del controllo inibitorio fanno riferimento sia ad una maturazione genetica sia alle esperienze ambientali che agiscono attivamente nella strutturazione dei circuiti cerebrali ad essi deputati. In quest'ottica la teoria dell'*Embodied Cognition* (cognizione incarnata) sostiene che lo sviluppo avviene in uno scambio continuo tra funzioni cognitive superiori e il sistema sensorimotorio che interagisce con l'ambiente. Lo sviluppo delle funzioni cognitive si fonda sull'esperienza corporea ed è profondamente dipendente dal contesto (Risoli, 2019). Alcuni autori all'interno di questo filone di pensiero utilizzano la metafora del "mattone" rappresentato dal sistema motorio, con cui si costruiscono gradualmente le abilità sociali e cognitive più elevate. Gli studi neurofisiologici a sostegno della teoria hanno inoltre evidenziato il ruolo attivo e non solo passivo ed esecutivo del sistema motorio, e le nuove ricerche ne sostengono l'importanza all'interno delle moderne neuroscienze (Hauk e Tschentscher, 2013). Le recenti scoperte scientifiche forniscono un forte fondamento all'idea che alcune strutture cerebrali coinvolte nella locomozione e nell'azione corporea siano cruciali per lo sviluppo dei processi cognitivi superiori. Ad esempio, Fincher-Kiefer (2019) attraverso una raccolta di esperienze scientifiche a sostegno della teoria dell'*Embodied Cognition* mette in evidenza come concetti di ordine superiore quali il libero arbitrio, la numerosità e il tempo emergano a partire da una dimensione spaziale corporea con conseguenze sia a livello comportamentale che nell'attività neuronale. Nello specifico dello sviluppo delle FE, Gottwald et al. (2016) ipotizzano che alcune di queste funzioni, usate per controllare le azioni mentali devono prima svilupparsi in connessione con le abilità di controllare le azioni motorie. Lo studio di Murder et al. (2022) evidenzia, ad esempio, una relazione positiva tra le precoci esperienze infantili nell'acquisizione del cammino e lo sviluppo dell'attenzione selettiva, con un incremento progressivo della capacità di gestione delle informazioni percettive afferenti.

Come già descritto, tra i 5 e i 7 anni, i bambini imparano a gestire le competenze attentive importanti per il successo degli apprendimenti. Diversi studi sostengono e dimostrano l'importante legame tra attività fisica e lo sviluppo delle competenze

cognitive in età prescolare (Zakharova & Zakharova, 2018; McClelland et al., 2019, Reigal et al., 2019): esercizi fisici e giochi motori sviluppano la capacità di agire secondo le istruzioni, di concentrarsi e di esercitare sforzi volitivi. L'attività fisica favorisce un maggior apporto sanguigno che migliora la memoria e aumenta il livello di proteine necessarie alla crescita e allo sviluppo dei neuroni, in particolare in ippocampo e corteccia, favorendo i processi di memoria e di apprendimento (Erickson et al., 2011). Non solo esiste una relazione definita tra l'attività fisica e lo sviluppo dell'attività cognitiva, ma lo sviluppo di tali abilità è ulteriormente influenzato dalle specificità dell'ambiente socioculturale in cui il bambino è inserito, sia a livello familiare che a livello di microsocietà. Uno stile di vita attivo e l'impegno nello sport influenzano l'attività mentale dei bambini in età prescolare ma il loro approccio ad essi dipende dallo stile di vita dei genitori, a loro volta più o meno attivi e dal contesto socioculturale, dove la vita nei villaggi rurali, ad esempio, richiede naturalmente un livello di attività motoria maggiore rispetto ai centri urbani (Zakharova et al., 2018). Altre ricerche inoltre dimostrano l'influenza globale del fattore socioeconomico sullo sviluppo dell'attenzione selettiva. Ad esempio, secondo lo studio di Stevens et al. (2009), i bambini provenienti da ambienti socioculturali medio-bassi, ossia con madri non laureate, dimostrano limiti nello sviluppo di alcuni aspetti dell'attenzione selettiva, soprattutto in relazione all'abilità di filtrare le informazioni non rilevanti. Attraverso l'analisi dei potenziali evocati uditivi (ERP) gli autori hanno rilevato una risposta neurale differente già ai primi stadi dell'elaborazione percettiva e tali aspetti appaiono collegati maggiormente alla capacità di filtrare le informazioni distraenti, alla gestione del conflitto di risposta e di conseguenza alla regolazione comportamentale. L'esperienza diretta che il bambino fa del mondo condiziona quindi il suo sviluppo cerebrale e l'acquisizione di abilità cognitive di alto livello. Nel recente studio condotto da Roth et al. (2022), che ha analizzato lo sviluppo dell'attenzione selettiva di bambini di un anno di vita in risposta alla ridondanza intersensoriale e alla variazione prosodica del linguaggio in un compito audiovisivo, viene dimostrato che i bambini sono precocemente abili nel collegare informazioni provenienti da due vie sensoriali diverse e che la prestazione non è inizialmente dipendente dalla natività o meno della lingua usata. Al crescere del

tempo di esposizione alla lingua madre tuttavia i bambini diventano meno sensibili agli stimoli non nativi, un processo denominato “restringimento percettivo”. La ricerca conclude individuando sia nella salienza del linguaggio diretto al bambino sia nella ridondanza intersensoriale un ruolo importante nel processamento percettivo audiovisivo; a cui si aggiungono tuttavia fattori multipli, come la familiarità con la lingua, la prosodia e la direzione del cambiamento degli stimoli, i quali giocano un importante ruolo nel reclutamento dell’attenzione selettiva. A margine si segnala inoltre che altri ricercatori sostengono come la ricerca in laboratorio debba essere meglio adattata al mondo reale che si presenta come multimodale, integrando maggiormente la ricerca sull’attenzione e ampliando le ricerche classiche che frequentemente si occupano di una sola modalità per volta (Bahrick, 2004).

Dall’analisi dei processi di sviluppo risulta cruciale il periodo prescolare per la promozione di esperienze che favoriscano l’attenzione selettiva e il controllo inibitorio. Numerosi studi inoltre suggeriscono anche che l’attenzione e le FE possono effettivamente essere allenate e che esistono interventi efficaci per migliorare tali abilità in bambini di tutte le fasce d’età (Rueda et al., 2005; Stevens et al., 2008).

## **4. Sostenere lo sviluppo dell'attenzione selettiva e del controllo inibitorio**

### **4.1 Età scolare e prescolare: un confronto**

Numerosi studi dimostrano un'importante maturazione della capacità di ignorare i distrattori durante l'infanzia (Lane & Pearson, 1982; Robinson et al., 2018); Ridderinkhof et al. (2000), ad esempio, hanno rilevato un forte incremento delle capacità di controllo attentivo nell'esecuzione di un compito visivo in presenza di un distrattore sonoro inaspettato tra i 4 e i 6 anni, situazione per altro frequentemente riscontrabile nell'ambiente scolastico. Wetzel et al. (2019) indagando lo sviluppo dell'attenzione audio-visiva in età prescolare, denunciano il ridotto numero di dati relativo a questo periodo dello sviluppo: la maggior parte degli studi, infatti, ha indagato come promuovere le competenze di controllo inibitorio o attentive in bambini più grandi e adolescenti (Hogan et al., 2013; Tomporowski et al., 2008). La fascia prescolare, tuttavia, è un periodo sensibile ed utile per la promozione dello sviluppo del controllo inibitorio che si dimostra correlato al futuro sviluppo intellettuale, al rendimento scolastico e allo stato generale di salute dell'individuo (Donnelly et al., 2016; Moffitt et al., 2011). La promozione dello sviluppo delle capacità attentive in epoca precoce è sostenuta anche dalla ricerca di Friedman et al. (2007), i quali rilevano una correlazione positiva tra le difficoltà attentive rilevate durante l'infanzia e l'efficacia delle FE misurate durante l'adolescenza.

L'età prescolare, dunque, che si caratterizza per un elevato grado di plasticità cerebrale, per il rapido sviluppo dei processi neurocognitivi e per l'accesso ai contesti educativi extra-familiari, appare una finestra di opportunità di lavoro per lo sviluppo delle FE (Zelazo, 2015).

Esistono diversi studi che dimostrano l'efficacia di un *training* dedicato a queste funzioni in età scolare (Stevens et al., 2008) e prescolare (Gunzenhauser et al., 2021; Zhang et al., 2018). L'intervento di supporto al loro sviluppo in età prescolare, nello specifico, può essere eseguito a diversi livelli: 1) a livello ambientale, aumentando i fattori protettivi e diminuendo quelli di rischio, nei contesti scolastici e familiari, oppure 2) agendo a livello personale attraverso *training* rivolti alla funzione specifica con l'utilizzo di materiale carta e matita o

con il supporto di strumenti tecnologici. Di seguito alcune esperienze a testimonianza degli esiti positivi di tali interventi.

#### 4.2 Interventi ambientali

Analizzando quali aspetti ambientali promuovono lo sviluppo dell'attenzione selettiva e del controllo inibitorio, riportiamo lo studio di Francesca Federico (2020), il quale mette in evidenza come l'ambiente naturale possa influenzare lo sviluppo dell'attenzione diretta e come l'uso di minori risorse per il controllo delle informazioni *bottom up* sia collegato ad uno sforzo minore nell'orientare l'attenzione e concorra a promuovere il pensiero creativo. L'autore aggiunge anche l'importanza del coinvolgimento in relazioni sociali significative, a cui le reti del controllo inibitorio e dell'orientamento attentivo sono molto sensibili (Francesca, 2020). In tale direzione, un'importante variabile ambientale che può favorire lo sviluppo della capacità di autoregolazione in età prescolare (di cui fanno parte anche le competenze di attenzione selettiva e controllo inibitorio) è riconosciuta dalla ricerca di Acar et al. (2022) nel ruolo moderatore dell'insegnante. I ricercatori hanno preso in esame sia gli aspetti "freddi", a supporto della cognizione, che quelli "caldi", a supporto dell'aspetto motivazionale in bambini tra i 3,5 e 6,4 anni e hanno individuato il ruolo della qualità della relazione insegnante-bambino nella disposizione all'apprendimento. I risultati della ricerca dimostrano l'associazione dei comportamenti di apprendimento al livello di vicinanza della relazione, in particolare il controllo inibitorio si dimostra legato a migliori comportamenti di apprendimento e a maggiori competenze accademiche; emerge inoltre come i bambini con maggiori competenze di autoregolazione "calde" abbiano una maggior disposizione all'apprendimento all'interno di ambienti con maggiore risonanza relazionale. Anche altri studi sostengono l'influenza della relazione insegnante-bambino e delle strategie di gestione del comportamento possedute dall'insegnante sullo sviluppo delle competenze di controllo inibitorio e prescolari degli alunni (Raver et al., 2008, 2011).

Sempre in ambito educativo, lo studio di Zelazo et al. (2018) si è occupato di verificare il ruolo di un training di Mindfulness, centrato sulla riflessione,

confrontato con un metodo di alfabetizzazione su un gruppo di controllo. Con il termine Mindfulness ci si riferisce al prestare attenzione a ciò che sta accadendo nella propria esperienza immediata con cura e discernimento (Shapiro et al., 2009). La sperimentazione ha coinvolto i bambini in età prescolare, i quali hanno sostenuto 30 sessioni di allenamento in piccoli gruppi per 6 settimane; dai risultati emerge una pari efficacia per gli effetti a breve termine e una maggiore efficacia a lungo termine, ovvero a 4 settimane dall'intervento (Zelazo et al., 2018). Altri studi dimostrano l'efficacia dell'implementazione di una formazione che sostenga lo sviluppo delle FE in contesto prescolare, non solo da specialisti ma anche da parte di insegnanti ordinari. Traverso et al. (2015), ad esempio, hanno misurato il miglioramento nel punteggio in alcuni test sulla soppressione dell'interferenza dopo un *training* specifico in piccoli gruppi in cui sono state proposte attività di gioco che sollecitavano gradualmente maggiori competenze di memoria di lavoro e controllo inibitorio. I risultati si sono confermati anche nella verifica del trasferimento a lungo termine con conseguenti ripercussioni sul miglioramento delle competenze pre-accademiche sia per le competenze matematiche che per le abilità di alfabetizzazione (Traverso et al., 2015).

Proseguendo, è stata dimostrata un'associazione significativa tra l'attività fisica correlata alla salute e allo sviluppo del controllo inibitorio nei bambini in età prescolare (Li et al., 2022). È stato dimostrato che dopo l'esercizio fisico (30 minuti a seduta) aumenta la possibilità di mantenere l'attenzione: i bambini più grandi della fascia prescolare svolgono compiti che richiedono uno sforzo mentale in modo più efficace. È stato anche notato che i bambini che giocano a giochi attivi sono più concentrati di quelli che giocano a giochi passivi (Palmer, Miller e Robinson, 2013). Allo stesso tempo, i ricercatori sottolineano che non tutta l'attività fisica porta a tali risultati, ma solo quella che richiede concentrazione e attenzione (es. lanciare una palla, saltare da una porta all'altra), in contrasto con attività più semplici come il correre, il saltare o il gattonare (Li et al., 2022). Lo studio di Jarraya et al. (2019) entra più nello specifico e si propone di valutare gli effetti di un *training* di *yoga* svolto per 12 settimane, confrontandolo con l'attività fisica generica e l'assenza di attività del gruppo di controllo, sullo sviluppo di competenze di attenzione visiva, coordinazione oculo-motoria e sui

comportamenti di disattenzione e iperattività. I risultati emersi supportano l'efficacia di questa pratica a sostegno dello sviluppo delle funzioni cognitive sulla base di una migliore regolazione comportamentale. Altri studi dimostrano inoltre, come l'allenamento sensorimotorio e lo yoga inseriti in programmi preventivi nella scuola dell'infanzia, migliorino l'attenzione e il rendimento scolastico (Mak et al., 2018; Gothe et al., 2013). Dalla raccolta dati del presente elaborato, come sostenuto anche dalla ricerca di Zakharova et al. (2018), si evince come l'integrazione di attività mentali, fisiche e interattivo-sociali all'interno del ciclo scolastico della scuola dell'infanzia, rappresenti un mezzo efficace per sostenere lo sviluppo dell'attenzione volontaria e dei processi cognitivi. Secondo una metanalisi sull'efficacia degli interventi a sostegno dello sviluppo delle FE condotta da Diamond e Ling (2016), i programmi di intervento efficienti dovrebbero comprendere proposte di alta qualità, contenuti stimolanti, dovrebbero avere una durata adeguata, coinvolgere componenti cognitive ed essere ampiamente trasferibili tra i diversi contesti. Lo studio di Shen et al. (2019), propone un allenamento musicale all'interno di classi naturali, al fine di garantirne la validità ecologica. Questo allenamento musicale integrato (comprendente teoria musicale, canto, danza e giochi di ruolo) coinvolge più sensi, inclusi l'udito, il sistema visivo, il sistema somato-sensoriale, l'attenzione, la memoria e le FE e prevede il riconoscimento e il ricordo, dell'utilizzo di regole e simboli musicali attraverso lo studio della teoria musicale; esso integra inoltre anche l'allenamento attraverso canto, attività ritmiche, giochi di ruolo e apprezzamento della musica, richiedendo un alto grado di regolazione, di controllo inibitorio, di memoria di lavoro e di flessibilità cognitiva. I risultati hanno mostrato che l'allenamento musicale può promuovere efficacemente tutte le sottocomponenti delle FE (controllo inibitorio, memoria di lavoro e flessibilità cognitiva) sia a breve termine che dopo 12 settimane. I risultati ad oggi disponibili suggeriscono che gli interventi in piccoli gruppi realizzati nella scuola dell'infanzia possono dunque favorire lo sviluppo della memoria di lavoro, del controllo delle interferenze e della flessibilità cognitiva (Röthlisberger et al., 2012). Lo sviluppo delle FE risulta favorito anche da sessioni di *Circle Time* implementate con giochi

sull'inibizione comportamentale al fine di sostenere lo sviluppo delle competenze auto-regolative in età prescolare (Tominey et al., 2011).

Diamond e Ling (2016) suggeriscono, inoltre, l'importanza delle modalità in cui un'attività viene proposta e condotta al fine del guadagno effettivo in termini di incremento prestazionale, per tale motivo, come sostenuto anche da altre ricerche (Gunzenhauser et al., 2021), appare auspicabile ed indicata l'introduzione di una formazione specifica del personale docente sullo sviluppo e sostegno di tali abilità, base di processi cognitivi più complessi e relativi apprendimenti.

### 4.3 Interventi sulla persona

Come introdotto precedentemente, la ricerca conferma l'efficacia degli interventi individuali mirati al sostegno delle competenze autoregolative, attentive e inibitorie, ma quale strategia di intervento risulta maggiormente efficace? Numerosi studi dimostrano che l'allenamento basato sui processi, attraverso ad esempio prove computerizzate ripetute, migliora le competenze attentive, con cambiamenti sia a livello di attivazione elettrica che per topografia di connettività funzionale (Astle et al., 2015; Jolles et al., 2013; Olesen et al., 2004; Rueda et al., 2012). Esiste un numero più contenuto di studi sugli effetti di *training* basati sul rinforzo delle strategie metacognitive alla base dei compiti, ossia in relazione al sostegno della capacità di ragionamento sulle strategie da applicare al compito al fine della riuscita; tuttavia, le ricerche presenti confermano un conseguente miglioramento sul controllo cognitivo, esecutivo e globalmente sulla qualità dell'istruzione scolastica (Kramarski et al., 2003; Lillard et al., 2006; Diamond et al., 2007). È doveroso, tuttavia, segnalare che frequentemente gli studi relativi all'applicazione delle strategie sopradescritte si riferiscono a campioni di soggetti in età scolare (Kramarski et al., 2003). Pozuelos et al. (2018) hanno analizzato, invece, un campione di bambini in età prescolare e hanno verificato quale strategia risulti maggiormente efficace in questa fascia d'età. I partecipanti sono stati testati in due distinte condizioni. Nella prima si è testata l'efficacia della strategia che prevede una pratica ripetitiva di uno o più compiti legati a specifici processi cognitivi. Nella seconda condizione è stata utilizzata una strategia metacognitiva, che utilizza il dialogo con un adulto in associazione ad un compito

di *shape-flanker*, fornendo ai partecipanti le istruzioni per sviluppare e migliorare la loro conoscenza sulle procedure e sulle strategie rilevanti per il compito. A fronte di pari benefici per lo sviluppo dell'intelligenza fluida e del controllo inibitorio, osservabili nel cambiamento degli indici cerebrali elettrici, i risultati mostrano maggiori benefici nella strategia di allenamento combinato, piuttosto che basato su un unico processo, in particolare per la componente correlata alla gestione del conflitto. I cambiamenti osservati seguono, inoltre, la direzione dei cambiamenti prodotti dallo sviluppo. L'interpretazione dei risultati depone, quindi, a favore dell'importanza dell'impalcatura metacognitiva ai fini della generalizzazione delle competenze e di un miglior uso delle rappresentazioni mentali astratte rilevanti per l'obiettivo, come dimostrato anche da altri studi (Chevalier et al., 2015; Braver, 2012). Le rappresentazioni astratte nominate, supportano l'efficacia dei meccanismi di controllo cognitivo e la capacità di ragionamento (Pozuelos et al., 2018).

Sempre in relazione alla stimolazione visiva, lo studio di Sun et al. (2019) valutando i processi di attenzione visiva attraverso uno strumento di *eye-tracker*, ha esaminato il ruolo dell'uso di storie animate in *e-book* nell'apprendimento del mandarino in bambini di 4-5 anni. Gli autori rilevano un effettivo miglioramento nel vocabolario produttivo, nell'integrazione contestuale e nell'attenzione visiva attribuibile all'impiego dello strumento. Anche altri studi dimostrano l'efficacia di *training* computerizzati a sostegno dello sviluppo delle FE, in particolare riguardo la Memoria di lavoro (Bergman et al., 2011; Blakey et al., 2015). Lo studio di Thorell et al. (2009), uno tra i primi a concentrarsi specificamente sull'allenamento dell'inibizione e della memoria di lavoro in bambini al di sotto dell'età scolare, ha indagato l'effetto di *training* computerizzati, dimostrando la rilevanza dell'allenamento delle competenze di memoria di lavoro, anche per domini non allenati, piuttosto che di controllo inibitorio. L'efficacia dei *training* computerizzati appare dunque controversa e necessita della considerazione di diversi fattori: la ricerca esistente evidenzia, infatti, un aumento dell'esposizione dei bambini in età prescolare ai mezzi multimediali ed effetti contrastanti conseguenti ad essa in relazione all'organizzazione cerebrale, all'attenzione, al controllo cognitivo e ad altre funzioni cognitive complesse e di base (Vedechkina

et al., 2021). La ricerca di Bali et al. (2023) dimostra, inoltre, come le performance di bambini con difficoltà nell'attenzione selettiva e sostenuta, peggiorino con l'utilizzo di strumentazioni multimediali e interattive rispetto alla condizione di ascolto semplice. Secondo questo studio i benefici degli *storybook* elettronici sono evidenti solo in bambini che hanno buone capacità di controllo attentivo.



## 5. Discussione conclusiva e possibili linee di ricerca futura

Il presente elaborato si è posto l'obiettivo di analizzare quali dati scientifici siano presenti rispetto alle possibili strategie di potenziamento della capacità di ignorare le informazioni non rilevanti, controllando il proprio comportamento, al fine di favorire lo sviluppo dell'attenzione selettiva e del controllo inibitorio in età prescolare. Attraverso l'analisi bibliografica, si è evidenziato come le competenze di attenzione selettiva e controllo inibitorio siano estremamente connesse e come il loro sviluppo sia importante ai fini degli apprendimenti e abbia ripercussioni anche sulla qualità di vita in età adulta. Seguendo una coorte di 1.000 bambini dalla nascita fino all'età di 32 anni, Moffit e collaboratori (2011) hanno dimostrato che l'autocontrollo infantile predice proporzionalmente la qualità della salute fisica, la possibile dipendenza da sostanze, la quantità di finanze personali e gli eventuali esiti di reati penali in età adulta e che gli effetti dell'autocontrollo dei bambini potrebbero essere indipendenti dalla loro intelligenza e classe sociale (). La capacità di selezionare ciò che è rilevante da ciò che non lo è, risulta un prerequisito fondamentale per poter inibire la risposta, sopprimere i distrattori, inibire il pensiero, ovvero per attuare un controllo cognitivo sulla propria attenzione e sul proprio comportamento. Queste abilità si riuniscono all'interno del costrutto di FE, l'insieme delle competenze che permettono di programmare e organizzare il proprio comportamento in modo adattivo e in funzione di uno scopo. Come abbiamo visto tali capacità non risultano innate, ma vanno incontro ad un complesso processo maturativo, dipendente sia da spinte genetiche che ambientali, osservabili nei comportamenti ma anche nella maturazione dei *network* cerebrali sottostanti le funzioni. Tali abilità, pur essendo già precocemente presenti in forma rudimentale, subiscono un forte sviluppo durante l'infanzia, per raffinarsi sempre di più in adolescenza e nella prima età adulta. La traiettoria evolutiva mostra un importante incremento in età prescolare, quando lo sviluppo dei *network* cerebrali stessi risulta fortemente condizionato dagli interventi educativi effettuati, con particolare riferimento all'epoca tra i 4 e 6 anni (Rueda et al., 2005). Gli effetti di una buona stimolazione ambientale, conseguente ad una condizione socialmente avvantaggiata, sono dimostrati dallo studio di Mezzacappa (2004) con la rilevazione di maggiori competenze

nell'accuratezza, nella velocità di risposta, nella risposta a segnali di allerta e nella resistenza all'interferenza di richieste concorrenti. Documentata l'alta sensibilità alle esperienze ambientali, la fascia prescolare appare dunque una finestra utile di lavoro per il loro potenziamento. Un primo livello di intervento dovrebbe essere attuato a stadio preventivo, sfruttando gli ambienti educativi e formulando proposte ecologiche, legate ad esperienze concrete quotidiane con sperimentazione attiva di sé stessi. A questo proposito potrebbe essere utile l'inserimento di attività musicali, giochi corporei, yoga e attività di *mindfulness* all'interno del contesto educativo, per sua natura un ambito sociale e relazionale. Questi aspetti, tuttavia, possono essere ricondotti anche alle caratteristiche dell'intervento psicomotorio educativo e neuropsicomotorio specifico. Nella pratica clinica, l'ambiente neuropsicomotorio permette di beneficiare di esperienze individuali o di piccolo gruppo, mirate al sostegno dello sviluppo attentivo e autoregolativo, in un ambiente relazionale protetto in cui il bambino può sperimentare e sviluppare attivamente le proprie abilità. L'organizzazione del setting neuropsicomotorio, vero e proprio strumento terapeutico, permette di attuare le strategie descritte, attraverso sia interventi ambientali che specifici sulla persona; tramite la definizione di spazi dedicati e l'organizzazione della seduta, si individuano e strutturano momenti di lavoro distinti: il primo, connotato da materiale poco strutturato, consente e facilita l'accesso del bambino ad esperienze di tipo sensoriale, cinestesiche, motorie e senso-motorie in interazione con un adulto formato, che può sostenere il processo metacognitivo; il secondo momento, maggiormente strutturato, consente l'investimento di attività simboliche, prassiche, costruttive, con la possibilità di inserire un *training* specifico a tavolino attraverso materiale classico di tipo carta-matita o di tipo multimediale. Il lavoro di potenziamento potrebbe, dunque, essere l'integrazione tra un lavoro psicomotorio classico, che fa riferimento alle esperienze ambientali, e un lavoro specifico attraverso supporti multimediali qual ora sia necessario un *training* sulla funzione. Sulla base dell'esperienza clinica, una delle modalità che si è rivelata funzionale nel promuovere lo sviluppo delle competenze regolative, ad esempio, è quella di usare una sequenza per immagini nella programmazione e definizione degli obiettivi di lavoro, strategia che potrebbe essere compresa all'interno del

potenziamento delle strategie metacognitive sopradescritte. Gli studi citati nell'elaborato dimostrano l'efficacia dell'utilizzo di strumenti multimediali nel sostegno della memoria di lavoro, componente delle FE, anch'essa correlata allo sviluppo di attenzione selettiva e controllo inibitorio, come evidenziato nella sezione di analisi teorica. L'utilizzo di immagini statiche volte a programmare e organizzare l'attività potrebbe rivelarsi utile, rafforzando l'immagine mentale e mantenendo attiva in memoria la traccia della sequenza di azioni, favorendo il processo maturativo che prevede il passaggio da un controllo reattivo, tipico dei bambini più piccoli che assumono il controllo nella contingenza del momento, a un controllo proattivo, che presuppone il mantenimento prolungato e anticipatorio delle informazioni rilevanti per l'obiettivo, in previsione di averne bisogno (Braver, 2012); questo può essere interpretato come un segnale di sviluppo di una maggiore consapevolezza sulle caratteristiche delle richieste cognitive e di miglior controllo del proprio comportamento adattivo. L'efficacia delle strategie descritte dovrebbe tuttavia essere testata e verificata scientificamente, e potrebbe essere utile approfondire la correlazione tra il grado di affollamento sensoriale tollerabile in un ambiente controllato, con l'eventuale esposizione graduale alla quantità di stimoli, in relazione all'efficienza di quei processi di attenzione selettiva e controllo inibitorio atti a sostenere la padronanza nella gestione della quantità di informazioni in entrata prima di procedere con richieste superiori. Come evidenziato più volte all'interno del presente elaborato, a fronte di un'ampia ricerca sulla valutazione e sul potenziamento di attenzione selettiva e controllo inibitorio in fascia scolare e recentemente, sugli importanti processi di sviluppo di tali competenze in età prescolare, la ricerca conta un minor numero di dati sul loro supporto in quest'epoca di sviluppo. Sarebbe auspicabile, dunque, che ulteriori ricerche future consolidassero i dati relativi alle strategie di potenziamento di tali abilità con particolare attenzione alla possibilità di una loro applicazione ad ampio spettro in termini preventivi prima che abilitativi.



## Bibliografia

Acar, H.I., Verizoglu-Celik, M., Rudasill, K.M., & Sealy M.A. (2022). Preschool Children's Self-regulation and Learning Behaviors: The Moderating Role of Teacher-Child Relationship. *Child and Youth Care Forum*, 55, 1-18. <https://doi.org/10.1007/s10566-021-09615-3>.

Astle, D.E., Barnes, J.J., Baker, K., Colclough, G.L., & Woolrich, M.W. (2015). Cognitive training enhances intrinsic brain connectivity in childhood. *Journal of Neuroscience*, 35(16), 6277–6283. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4517-14.2015>.

Baddeley, A. (2010). Working memory. *Current Biology*, 20(4), 136-140.

Bahrack, L.E., Lickliter, R., & Flom, R. (2004). Intersensory Redundancy Guides the Development of Selective Attention, Perception, and Cognition in Infancy. *American Psychological Society*, 13(3), 99-102.

Bali, C., Matuz-Budai, T., Arato, N., Labadi, B., & Zsido, A.N. (2023). Executive attention modulates the facilitating effect of electronic storybooks on information encoding in preschoolers. *Heliyon*, 9(1), 2405-8440, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e12899>.

Best, J.R., & Miller, P.H. (2010). A developmental prospective on executive function. *Child Development*, 81(6), 1641-1660.

Braver, T.S. (2012). The variable nature of cognitive control: A dual mechanisms framework. *Trends in Cognitive Sciences*, 16, 2, 106-113. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.12.010>.

Breckenridge, K., Braddick, O., & Atkinson, J. (2013). The organization of attention in typical development: a new preschool attention test battery. *Br. J. Dev. Psychol.*, 31, 271-288.

Broadbent, D.E. (1958). *Perception and communication*. Oxford: Pergamon Press.

Chevalier, N., Martis, S.B., Curran, T., & Munakata, Y. (2015). Metacognitive processes in executive control development: The case of reactive and proactive control. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 27(6), 1125–1136. [https://doi.org/10.1162/jocn\\_a\\_00782](https://doi.org/10.1162/jocn_a_00782).

Diamond, A., Barnett, W.S., Thomas, J., & Munro, S. (2007). Preschool Program Improves Cognitive Control. *Science*, 318(5855), 1387–1388. <https://doi.org/10.1126/science.1151148>.

Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annu. Rev. Psychol.*, 64,135-168. doi: 10.1146/annurev-psych-113011-143750.

Deutsch, J.A., & Deutsch, D. (1963). Attention: some theoretical considerations. *Psychol. Rev.*, 70, 80-90.

Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, 64(1), 135-168.

Diamond, A., & Ling, D.S. (2016). Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. *Dev. Cogn. Neurosci.* 18, 34–48. doi: 10.1016/j.dcn.2015.11.005.

Donnelly, J.E., Hillman, C.H, Castelli, D., Etnier, J.L., Lee, S., Tomporowski, P., Lambourne, K., & Szabo-Reed, A.N. (2016). Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children: A Systematic Review. *Med Sci Sports Exerc.*, 48(6), 1197–222. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000901>.

Durstun, S., Thomas, K.M., Yang, Y., Ulu, A.M, Zimmerman, R.D. & Casey, B.J. (2002). A neural basis for the development of inhibitory control. *Developmental Science* 5(4), F9-F16.

Eriksen, B.A., & Eriksen, C.W. (1974). *Perception and psychophysics*. Springer.

Erickson, K.I., Voss, M.W., Prakash, R.S., Basak, C., Szabo, A., Chaddock, L. (2011). Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 108, 3017–3022. doi: 10.1073/pnas.1015950108.

Facoetti, A., Paganoni, P., Lorusso, M.L. (2000). The spatial distribution of visual attention in developmental dyslexia. *Experimental Brain Research*, 132(4), 531-538.

Fan, J., McCandliss, B.D., Sommer, T., Raz, A., & Posner, M.I. (2002). Testing the efficiency and independence of attentional networks. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(3), 340-347.

Fincher-Kiefer R. (2019). *How the body shapes knowledge: empirical support for embodied cognition*. American Psychological Association. Washington, DC.

Francesca Federico (2020). Natural Environment and Social Relationship in the Development of Attentional Network. *Front. Psychol.*, 26(11), 1345. doi: 10.3389/fpsyg.2020.01345.

Friedman, N.P., & Miyake, A. (2004). The relations among inhibition and interference control functions: a latent-variable analysis. *J. Exp. Psychol. Gen.* 133, 101-135. doi:10.1037/0096-3445.133.1.101.

Friedman, N.P., Haberstick, B.C., Willcutt, E.G., Miyake, A., Young, S.E., & Corley, R.P. (2007). Greater attention problems during childhood predict poorer executive functioning in late adolescence. *Psychol. Sci.*, 18, 893–900. doi: 10.1111/j.1467-9280.2007.01997.x.

Gandolfi, E., Viterbori, P., Traverso, L., & Usai, M., C. (2014). Inhibitory process in toddler: a latent-variable approach. *Frontiers in psychology*, 5, 381.

Gazzaley, A., e Nobre, A.C. (2012). Top-Down modulation: bridging selective attention and working memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 16(2), 129-135. doi:10.1016/j.tics.2011.11.014.

Gothe, N., Pontifex, M.B., Hillman, C., & McAuley, E. (2013). The acute effects of yoga on executive function. *J. Phys. Act. Health*, 10, 488–495. doi: 10.1123/jpah.10.4.488.

Gottwald, J.M., Achermann, S., Marciszko, C., Lindskog, M., & Gredeback, G. (2016). An embodied account of early executive-function development: Prospective motor control in infancy is related to inhibition and working memory. *Psychological Science*, 27, 1600-1610.

Gunzenhauser, C. and Nückles, M. (2021). Training Executive Functions to Improve Academic Achievement: Tackling Avenues to Far Transfer. *Front. Psychol.*, 12, 624008. doi: 10.3389/fpsyg.2021.624008.

Hanania, R. & Smith, I.B. (2010). Selective attention and attentional switching: towards a unified developmental approach. *Developmental Science*, 13(4), 622-635.

Hauk, O., & Tschentscher, N. (2013). The body of evidence: What can neuroscience tell us about embodied semantics? *Frontiers in Psychology*, 4 (50), 1-14.

Heim, S. & Keil, A. (2012). Developmental trajectories of regulating attentional selection over time. *Frontiers in Psychology*, 3 (277).

Hogan, M., Kiefer, M., Kubesch, S., Collins, P., Kilmartin, L., & Brosnan, M. (2013). The inter- active effects of physical fitness and acute aerobic exercise on electro- physiological coherence and cognitive performance in adolescents. *Exp Brain Res.*, 229(1), 85–96. <https://doi.org/10.1007/s00221-013-3595-0>.

Jarraya, S., Wagner, M., Jarraya, M., & Engel, F.A. (2019). 12 Weeks of Kindergarten-Based Yoga Practice Increases Visual Attention, Visual-Motor Precision and Decreases Behavior of Inattention and Hyperactivity in 5-Year-Old Children. *Front. Psychol.*, 10(796). doi: 10.3389/fpsyg.2019.00796.

Jolles, D.D., van Buchem, M.A., Crone, E.A., & Rombouts, S.A. (2013). Functional brain connectivity at rest changes after working memory training. *Human Brain Mapping*, 34(2), 396–406. <https://doi.org/10.1002/hbm.21444>.

Kramarski, B., & Mevarech, Z.R. (2003). Enhancing mathematical reasoning in the classroom: The effects of cooperative learning and metacognitive training. *American Educational Research Journal*, 40(1), 281–310. <https://doi.org/10.3102/00028312040001281>.

Lane, D.M. and Pearson, D.A. (1982). The Development of Selective Attention. *Merrill-Parlmer Quarterly*, 28(3), 317-337.

Li, Y., Zhou, T., Lu, Y., Sang, M., Liu, J., He, X., & Quan, M. (2022). The association between the health-related physical fitness and inhibitory control in preschool children. *BMC Pediatrics*, 22(106). <https://doi.org/10.1186/s12887-022-03163-y>.

Lillard, A., & Else-Quest, N. (2006). The early years. Evaluating Montessori education. *Science (New York, N.Y.)*, 313(5795), 1893–1894. <https://doi.org/10.1126/science.1132362>.

Mak, C., Whittingham, K., Cunnington, R., & Boyd, R.N. (2018). Effect of mindfulness yoga programme on attention, behavior, and physical outcomes in cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Dev. Med. Child Neurol.*, 60, 922–932. doi: 10.1111/dmcn.13923.

McClelland, M.M., Cameron, C.E. (2019). Developing together: The role of executive function and motor skills in children's early academic lives. *Early Childhood Research Quarterly*, 46, 142–151.

Mezzacappa, E. (2004). Alerting, Orienting, and Executive Attention: Developmental Properties and Sociodemographic Correlates in an Epidemiological Sample of Young, Urban Children. *Child Development*, 75, 5, 1373-1386. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2004.00746.x>.

Miyake, A., Friedman, N.P., Emerson, M.J., Witzel A.H., Howerter A., & Wager T.D. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Task: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49-100.

Moffitt, T.E., Arseneault, L., Belsky, D., Dickson, N., Hancox, R.J., Harrington, H., Houts, R., Poulton, R., Roberts, B.W., Ross, S., Sears, M.R., Thomson, W.M., & Caspi, A. (2011). A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108, 7, 2693-2698. <https://doi.org/10.1073/pnas.1010076108>.

Moorselaar, D.V. & Slagter, H.A. (2020). Inhibition in selective attention. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1464, 204-221.

Mulder H., Oudgenoeg-Paz O., Verhagen J., Van Der Ham I.J.M., & Van Der Stigchel S. (2022). Infant walking experience is related to the development of selective attention. *Journal of Experimental Child Psychology*, 220, 105425.

Nakajima, M., Schmitt, L., I., & Halassa, M. (2019). Prefrontal cortex regulates sensory filtering through a basal ganglion to thalamus pathway. *Neuron*, 103, 445-458.

Olesen, P.J., Westerberg, H., & Klingberg, T. (2004). Increased prefrontal and parietal activity after training of working memory. *Nature Neuroscience*, 7(1), 75–79. doi: <https://doi.org/10.1038/nn1165>.

Palmer, K.K., Miller, M.W. & Robinson, L.E. (2013). Acute Exercise Enhances Preschoolers’ Ability to Sustain Attention. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 34(4), 433-437. doi: <https://doi.org/10.1123/jsep.35.4.433>.

Pedale, T., Mastroberardino, S., Capurso, M., Bremner, A.J., Spence, C., & Santangelo, V. (2021). Crossmodal spatial distraction across the lifespan. *Cognition*, 210:104617. doi: 10.1016/j.cognition.2021.104617.

Petersen, S.E., & Posner, M.I. (2012). The attentional system of human brain: 20 years after. *Ann. Rev. Neurosci.* 35, 73-89.

Petrucci, M., & Pecchinenda, A. (2016). The role of cognitive control mechanism in selective attention towards emotional stimuli. *Cognition and Emotion*, 31, 1480-1492.

Poletti, M. (2009). Sviluppo cerebrale, funzioni esecutive e capacità decisionali in adolescenza, *Giornale italiano di psicologia*, 3, 535-564.

Poole V.N., Robinson M.E., Singleton O., DeGutis J., Milberg W.P., McGlinchey R.E., Salat D.H. & Esterman M. (2016). Intrinsic functional connectivity predicts individual differences in distractibility. *Elsevier-Neuropsychologia* 86,176-182.

Posner, M.I. (1980). Orienting of attention. *Quat. J. Exper. Psych.*, 32, 2-25.

Posner, M.I. (1988). Structures and function of selective attention. In T. Boll & B. K. Bryant (Eds.), *Clinical neuropsychology and brain function: Research, measurement, and practice* (173–202). American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/10063-005>.

Pozuelos, J.P., Combita, L.M., Abundis, A., Paz-Alonso P.M., Conejero A., Guerra S., Rueda M.R. (2018). Metacognitive scaffolding boosts cognitive and neural benefits following executive attention training in children. *Developmental Science*, 22:e12756. <https://doi.org/10.1111/desc.12756>.

Raver, C.C., Jones, S.M., Li-Grining, C., Zhai, F., Bub, K., & Pressler, E. (2011). CSRP's impact on low-income preschoolers' preacademic skills: self-regulation as a mediating mechanism. *Child Dev.* 82, 362–378. doi: 10.1111/j.1467-8624.2010.01561.x.

Raver, C.C., Jones, S.M., Li-Grining, C.P., Metzger, M., Smallwood, K., & Sardin, L. (2008). Improving preschool classroom processes: preliminary findings from a randomized trial implemented in Head Start settings. *Early Child. Res. Q.* 23, 10–26. doi: 10.1016/j.ecresq.2007.09.001.

Razon, S., Basevitch, I., Land, W., Thompson, B., & Tenenbaum, G. (2009). Perception of exertion and attention allocation as a function of visual and auditory conditions. *Psychology of Sport and Exercise*, 10(6), 636-643.

Reigal, R.E., Barrero, S., Martín, I., Morales-Sánchez, V., Juárez-Ruiz de Mier, R. & Hernández-Mendo, A. (2019). Relationships Between Reaction Time, Selective Attention, Physical Activity, and Physical Fitness in Children. *Front. Psychol.*, 10:2278. doi: 10.3389/fpsyg.2019.02278.

Ridderinkhof, K.R., & Van der Stelt, O. (2000). Attention and selection in growing child: View derived from developmental psychophysiology. *Biological Psychology*, 54, 55-106.

Risoli, A. (2019). *Intervento neuropsicologico embodied. Il metodo SaM: manuale operativo*. Roma: Carrocci Faber.

Robinson, C.W., Hawthorn, A.M., & Rahman, A.N. (2018). Developmental Differences in Filtering Auditory and Visual Distractors During Visual Selective Attention. *Frontiers in Psychology*, 9:2564. doi:10.3389/fpsyg.2018.02564.

Rohr, C.S., Arora, A., Cho, I.Y.K., Katlariwala, P., Dimond, D., Dewey, D., & Bray, S. (2018). Functional network integration and attention skills in young children. *Dev. Cogn. Neurosci.*, 30, 200-211.

Roth, K.C., Clayton, K.R.H., & Reynolds, G.D. (2022). Infant selective attention to native and non-native audio-visual speech. *Scientific Reports* 12(1), 15781.

Röthlisberger, M., Neuenschwander, R., Cimeli, P., Michel, E., & Roebbers, C.M. (2012). Improving executive functions in 5- and 6-year-olds: Evaluation of a small group intervention in prekindergarten and kindergarten children. *Infant and Child Development Inf. Child Dev.* 21: 411–429. DOI: 10.1002/icd.752.

Rueda, M.R., Checa, P., & Combita, L.M. (2012). Enhanced efficiency of the executive attention network after training in preschool children: immediate and after two months effects. *Dev. Cogn. Neurosci.* 2, 192–204. doi: 10.1016/j.dcn.2011.09.004.

Rueda, M.R., Rothbart, M., McCandliss, B., Saccomanno, L., & Posner, M.I. (2005). Training, maturation, and genetic influences on the development of

executive attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.A.*, 102, 14931–14936.

Santrock, J.W. (2017). *Psicologia dello sviluppo*. Terza Edizione. Milano: Mc Graw Hill Education, 202-207.

Shapiro, S.L., & Carlson, L.E. (2009). *The art and science of mindfulness: Integrating mindfulness into psychology and the helping professions*. Washington, DC: APA.

Shen, Y., Lin, Y., Liu, S., Fang, L., & Liu, G. (2019). Sustained Effect of Music Training on the Enhancement of Executive Function in Preschool Children. *Front. Psychol.*, 10,1910. doi: 10.3389/fpsyg.2019.01910.

Stevens, C., Fanning, J., Coch, D., Sanders, L., & Neville, H. (2008). Neural mechanisms of selective auditory attention are enhanced by computerized training: electrophysiological evidence from language-impaired and typically developing children. *Brain Research*, 1205, 55–69.

Stevens C., Lauinger B. & Neville H. (2009). Differences in the neural mechanisms of selective attention in children from different socioeconomic backgrounds: an event-related brain potential study. *Developmental Science*, 12(4), 634-646.

Thorell, L.B., Lindqvist, S., Bergman Nutley, S., Bohlin, G., & Klingberg, T. (2009). Training and transfer effects of executive functions in preschool children. *Dev. Sci.*, 12, 106–113. doi: 10.1111/j.1467-7687.2008.00745.x.

Tominey, S.L., & McClelland, M.M. (2011). Red light, purple light: findings from a randomized trial using circle time games to improve behavioral self-regulation in preschool. *Early Educ. Dev.* 22, 489–519. doi: 10.1080/10409289.2011.574258.

Tomprowski, P.D., Davis, C.L., Miller, P.H., & Naglieri, J.A. (2008). Exercise and Children's Intelligence, Cognition, and Academic Achievement. *Educ. Psychol. Rev.*, 20(2), 111–131. <https://doi.org/10.1007/s10648-007-9057-0>.

Traverso, L., Viterbori, P., & Usai, M.C. (2019). Effectiveness of an Executive Function Training in Italian Preschool Educational Services and Far Transfer Effects to Pre-academic Skills. *Front. Psychol.* 10:2053. doi: 10.3389/fpsyg.2019.02053

Treisman, A.M. (1964). Selective attention in man, *Brit. Med. Bull.*, 20, 12-6.

Treisman, A.M. (1988). Features and objects: The fourteenth Bartlett memorial lecture. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 40A, 201-237.

Vedechkina, M., & Borgonovi, F. (2021). A Review of Evidence on the Role of Digital Technology in Shaping Attention and Cognitive Control in Children. *Front. Psychol.*, 12:611155. doi: 10.3389/fpsyg.2021.611155

Wetzel, N., Scharf, F., & Widmann, A. (2019). Can't ignore distraction by Task-Irrrelevant Sound in early and middle childhood. *Child Development*, 90(6), 819-830.

Yeo, B.T.T., Krienen, F.M., Sepulcre, J., Sabuncu, M.R., Lashkari, D., Hollinshead, M., Roffman, J.L., Smoller, J.W., Zöllei, L., Polimeni, J.R., Fischl, B., Liu, H., & Buckner R.L. (2011). The organization of the human cerebral cortex estimated by intrinsic functional connectivity. *American physiological society- Journal of Neurophilology*, 106(3), 1125-1165.

Zakharova L.M., & Zakharova V. (2018). Influence of Motor Activity on the Development of Voluntary Attention in Children Aged 6-7 Years in Rural and Urban Micro-Community. *International Education Studies*, 11(4), 126-131.

Zelazo, P.D., & Carlson, S.M. (2012). Hot and cool executive function in childhood and adolescence: Development and plasticity. *Child development perspectives*, 6(4), 354-360.

Zelazo, P.D. (2015). Executive function: reflection, iterative reprocessing, complexity, and the developing brain. *Dev. Rev.*, 38, 55–68. doi: 10.1016/j.dr.2015.07.001.

Zelazo, P.D., Forston, J.L., Masten, A.S., & Carlson, S.M. (2018). Mindfulness Plus Reflection Training: Effects on Executive Function in Early Childhood. *Front. Psychol.*, 9:208. doi: 10.3389/fpsyg.2018.0020.

Zelinsky, G.J., & Bisley J.W. (2015). The what, where, and why of priority maps and their interaction with visual working memory. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 1339, 154-164.

Zhang, Q., Wang, C., Zhao, Q., Yang, L., Buschkuehl, M., & Jaeggi, S.M. (2018). The malleability of executive function in early childhood: Effects of schooling and targeted training. *Developmental Science*, 22(2). <https://doi.org/10.1111/desc.12748>.