



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Psicologia dello Sviluppo e della Socializzazione -
DPSS

Corso di laurea Magistrale in Psicologia dello Sviluppo e dell'Educazione

Tesi di Laurea Magistrale

**Funzionamento esecutivo nel contesto scolastico:
implicazioni per l'apprendimento e l'intervento psicologico**

**Executive functioning in the school context:
implications for learning and psychological intervention**

Relatrice:
Prof.ssa Lucia Mason

Laureando: Fabio Iacuone
Matricola: 2114642

Anno Accademico 2024-2025

INDICE

INTRODUZIONE	5
CAPITOLO I	8
LE FUNZIONI ESECUTIVE: DEFINIZIONI E MODELLI TEORICI	8
1.1 Approccio strutturale e approccio sequenziale	11
1.2 Il modello tripartito: le funzioni esecutive fondamentali	15
CAPITOLO II	21
FUNZIONAMENTO ESECUTIVO NELL'APPRENDIMENTO SCOLASTICO	21
2.1 Il ruolo delle funzioni esecutive nell'apprendimento matematico	23
2.2 Il ruolo delle funzioni esecutive nei compiti di comprensione del testo	26
2.3 Il ruolo delle funzioni esecutive nell'apprendimento scientifico	28
2.4 La connessione tra emozioni, funzioni esecutive e apprendimento scolastico	29
CAPITOLO III	34
FUNZIONAMENTO ESECUTIVO NELLO SVILUPPO ATIPICO	34
3.1 Funzioni esecutive nei Disturbi Specifici dell'Apprendimento	35
3.2 Funzioni esecutive nel Disturbo da Deficit di Attenzione e Iperattività	40
CAPITOLO IV	45
VALUTARE LE FUNZIONI ESECUTIVE	45
4.1 Test per misurare l'aggiornamento della memoria di lavoro	46
4.2 Test per misurare la flessibilità cognitiva.....	49
4.3 Test per misurare l'inibizione.....	53
CAPITOLO V	58
POTENZIARE LE FUNZIONI ESECUTIVE.....	58

5.1 Un esempio di intervento: potenziare la lettura in bambini dislessici	66
5.2 Il pensiero computazionale	68
CONCLUSIONE	73
BIBLIOGRAFIA	76

INTRODUZIONE

In tempi recenti le funzioni esecutive hanno assunto un ruolo centrale nella Psicologia dello Sviluppo e il loro impatto nei processi di apprendimento scolastico è sempre più dimostrato dalla ricerca scientifica. Il modello tripartito elaborato da Miyake e collaboratori (2000) individua come nucleo principale di questo dominio le tre componenti esecutive fondamentali su cui la presente tesi si baserà. Verrà mostrato come bambini con un buon funzionamento esecutivo sviluppino maggiori competenze scolastiche, intese come successo nelle prestazioni e migliori capacità di adattamento al contesto. Verranno anche trattate le situazioni opposte, quelle cioè nelle quali il soggetto va incontro a difficoltà di apprendimento dovute ad alterazioni nello sviluppo del profilo cognitivo. L'elaborato intende approfondire il forte legame che esiste tra funzionamento esecutivo e apprendimento scolastico, illustrando le varie implicazioni nei contesti di insegnamento ed evidenziando la necessità di protocolli clinici per la valutazione e il potenziamento delle varie componenti cognitive.

Nel primo capitolo viene fornito un inquadramento teorico del costrutto, segnalando come la concettualizzazione delle funzioni esecutive risulti ad oggi ancora troppo ambigua. Viene promosso a punto di riferimento il modello tripartito e ne segue un'analisi dettagliata di ciascuna componente compresa. Per ognuna di queste vengono illustrate caratteristiche, operazioni conseguenti e traiettorie evolutive.

Il secondo capitolo esplora il ruolo delle funzioni esecutive nei processi di apprendimento scolastico. Viene descritto come ciascuna unità risulti coinvolta in specifiche abilità accademiche quali lettura, scrittura e risoluzione di problemi. Vengono trattate in particolare aree disciplinari legate a matematica, comprensione del testo e apprendimento scientifico. Si forniscono spiegazioni sul perché una particolare tipologia di testo si è dimostrata facilitare l'apprendimento di concetti negli studenti. Si sottolinea poi come le differenze individuali nel funzionamento esecutivo possano rappresentare un possibile fattore predittivo della prestazione scolastica. In conclusione,

viene approfondito il ruolo delle emozioni nel dominio cognitivo, mostrando il loro forte impatto sulle componenti esecutive *calde*.

Il terzo capitolo è dedicato alla relazione tra alterazioni nelle funzioni esecutive e disturbi del neurosviluppo, con particolare attenzione ai disturbi dell'apprendimento (DSA) e al disturbo da deficit di attenzione e/o iperattività (ADHD). Il capitolo descrive i profili di funzionamento cognitivo frequentemente osservati in queste condizioni, e approfondisce come tali circostanze possano contribuire alle difficoltà scolastiche, comportamentali e relazionali.

Nel quarto capitolo viene discusso il ruolo della valutazione neuropsicologica come mezzo per la comprensione del profilo esecutivo e la progettazione di interventi personalizzati. Si evince l'importanza di un'integrazione dei vari strumenti clinici che tenga conto dei limiti di ciascuno strumento.

Per ultimo, il quinto capitolo mostra una rassegna di protocolli mirati al potenziamento delle funzioni esecutive in ambito scolastico. Sono presentati gli approcci tradizionali più riconosciuti a livello internazionale ma anche strumenti clinici più contemporanei e digitali. Tra questi trova spazio l'introduzione di una metodologia emergente dalle grandi potenzialità ma che, per il momento, richiede maggiori studi di conferma: la teleriabilitazione.

Attraverso l'esposizione di letteratura scientifica e modelli di intervento clinico, questa tesi intende offrire un quadro aggiornato sul forte legame che esiste tra funzionamento esecutivo e prestazione scolastica. L'obiettivo è quello di stimolare una maggiore consapevolezza dell'impatto di questo dominio nei contesti educativi: coltivare adeguate pratiche di insegnamento potrebbe infatti favorire lo sviluppo e il successo formativo di giovani studenti.

CAPITOLO I

LE FUNZIONI ESECUTIVE: DEFINIZIONI E MODELLI TEORICI

Le funzioni cognitive rappresentano un dominio centrale per la psicologia. Lezak (1983) utilizzò per la prima volta il termine funzioni esecutive, riferendosi alla capacità di eseguire comportamenti indipendenti, adattivi e finalizzati a scopi specifici. Questo contributo fornirà i presupposti per una cornice teorica più specifica, che sottintende tutti quei processi e attività mentali implicati nei processi di apprendimento. Attualmente non esiste una definizione univoca che ne sappia riassumere la complessità: molti autori si sono espressi sull'argomento. Vi è però un accordo generale sui contenuti principali. Le funzioni esecutive sono abilità altamente adattive che permettono di inibire interferenze interne ed esterne. Dopo un'adeguata valutazione sulle possibili conseguenze, esse consentono la corretta esecuzione di un'azione verbale o motoria, adattandola sulla base del contesto in cui si agisce. Shallice (1991) utilizzò il termine per indicare una serie di processi cognitivi che interagiscono tra loro al fine di avviare pensieri e di organizzare azioni funzionali al raggiungimento di uno scopo. L'autrice evidenziò poi l'importanza del ruolo: fornire al soggetto le abilità necessarie per gestire il proprio comportamento

Per Diamond (2013) queste funzioni intervengono quando il soggetto è posto davanti a una situazione nuova o sfidante. In circostanze di questo tipo le funzioni esecutive consentono di manipolare mentalmente le idee, di adattarsi rapidamente e in modo flessibile, di ragionare e di rimanere concentrati. Permettono poi di prendere delle decisioni ed esercitare il controllo su ciò che si compie (Diamond, 2013). In relazione al contesto, questo tipo di abilità sono deputate ad avviare l'azione, sostenendo nel tempo la quantità di attenzione necessaria. Controllano inoltre pensieri, sensazioni ed emotività. Sono necessarie per i repentini cambiamenti di compito, garantendo all'individuo la possibilità di rielaborare continuamente le informazioni nella memoria di lavoro (Sabbadini, 2013). Questa serie di operazioni mentali comporta capacità precise e approfondite in letteratura. Adoperando le funzioni esecutive il soggetto è in grado di praticare attività quali l'organizzazione di input esterni e la verifica di processi interni, nonché la risoluzione di sfide (*problem solving*). Abilità cognitive come simulazione anticipatoria e astrazione permettono poi all'individuo di proiettare il

proprio operato nel tempo futuro, applicando strategie adeguate di pianificazione (Sabbadini, 2013). Un corretto sviluppo esecutivo si traduce in capacità di verifica delle ipotesi, autocontrollo e fluency verbale. Risulta inoltre fortemente correlato anche al dominio operativo, permettendo all'individuo di interagire con l'ambiente tramite l'esecuzione di corrette ed appropriate sequenze motorie (Valeri & Stievano, 2007).

Più in generale questi processi si dimostrano particolarmente influenti per lo sviluppo cognitivo, sociale e psicologico. Approfondendo eventuali correlazioni nel quotidiano, Diamond (2013) definì le funzioni esecutive come capacità essenziali per la salute mentale, fisica e per il successo scolastico e lavorativo.

Ambiti di vita influenzati	Ruolo delle funzioni esecutive
Salute mentale	Le funzioni esecutive risultano compromesse in numerosi disturbi mentali, tra cui: dipendenze, disturbo da deficit di attenzione/iperattività (ADHD), disturbo della condotta, depressione, disturbo ossessivo-compulsivo (OCD), schizofrenia.
Salute fisica	Un peggior funzionamento esecutivo è associato a obesità, alimentazione eccessiva, abuso di sostanze e scarsa aderenza ai trattamenti medici.
Qualità della vita	Le persone con migliori funzioni esecutive godono di una qualità della vita più elevata.
Preparazione scolastica	Le funzioni esecutive sono più importanti del quoziente intellettivo (QI) o delle competenze iniziali in lettura e matematica per la preparazione scolastica.
Successo scolastico	Le funzioni esecutive predicono la competenza sia in matematica che in lettura durante tutto il percorso scolastico.
Successo lavorativo	Deficit nelle funzioni esecutive portano a bassa produttività e difficoltà nel trovare e mantenere un lavoro.
Armonia coniugale	Un partner con scarse funzioni esecutive può risultare meno affidabile, più impulsivo e più difficile con cui convivere.
Sicurezza pubblica	Carenze nelle funzioni esecutive sono correlate a problemi sociali quali criminalità, comportamenti spericolati, violenza ed esplosioni emotive.

Figura 1. Domini influenzati dalle funzioni esecutive

Adattato da Diamond (2013, p.42)

Il tema delle funzioni esecutive non è da intendersi in un quadro operativo privo di fattori incidenti e alteranti. E' importante sottolineare come le componenti emotive e

motivazionali giocano un ruolo cruciale. Per questa ragione la definizione riportata nel volume di Marzocchi e Valagussa (2011) sembra essere la più esaustiva: “Le funzioni esecutive sono una serie di operazioni mentali che interagiscono con le emozioni e la motivazione per l’esecuzione di comportamenti complessi, in cui la pianificazione e l’applicazione di strategie hanno un ruolo centrale e determinante per il buon adattamento della persona nel proprio ambiente di vita” (p.72).

A livello evolutivo, le traiettorie di sviluppo di queste abilità sono state oggetto di numerose ricerche. E’ emerso che le funzioni cognitive maturano a partire dall’infanzia, per poi raffinarsi durante tutto il ciclo di vita. Lo sviluppo assume una natura gerarchica. Prima compaiono le abilità basilari (controllo attentivo e memoria di lavoro) e successivamente le abilità più complesse e multifattoriali (Best & Miller, 2010). Studi su neonati mostrano che tra gli 8 e i 12 mesi si possono osservare segnali di controllo cognitivo. Questi studi sono basati sullo svolgimento di prove che richiedono specifici sforzi mentali. Ne sono un esempio i compiti di ricerca nascosta degli oggetti (Valeri & Stievano, 2007).

Diversi autori si sono interessati alla trattazione della maturazione cognitiva delle funzioni esecutive, suggerendo una multiforme ma ordinata progressione di sviluppo: un processo a stadi con tempi diversi. Tra questi vi sono sicuramente Zelazo e collaboratori (2008). Il loro modello prevede tre fasi principali, di complessità crescente. La prima fase è detta *fase dell’immagine mentale*. Si verifica nei primi anni di vita e si basa sulla capacità di formare e mantenere un’immagine mentale di un oggetto o di un evento. Manipolando queste immagini, il soggetto guida il proprio comportamento. La seconda fase, o *fase del controllo attivo*, si verifica tra i quattro e i cinque anni. Tramite abilità di mantenimento dell’attenzione, inibizione di risposte inappropriate e pianificazione, l’individuo acquisisce la capacità di controllare attivamente le proprie intenzioni. La terza fase prende il nome di *fase del controllo flessibile* e avviene intorno ai sette e gli otto anni. Il bambino impara ad adattare il proprio pensiero e il proprio comportamento. Viene sviluppata la capacità di cambiare le proprie strategie in seguito alle nuove informazioni fornite dal contesto. Per risolvere problemi sempre più complessi, il soggetto è obbligato a considerare diverse prospettive (Zelazo et al., 2008).

All'interno del volume *Funzioni esecutive e disturbi dello sviluppo* di Vicari e Di Vara (2017) viene chiarita la stretta correlazione tra funzioni esecutive ed altre abilità cognitive, quali linguaggio e memoria. Vengono inoltre prese in considerazione ulteriori linee di sviluppo. Autori come Welsh, Groisser e Pennington (cit. in Valeri & Stievano, 2007) studiarono, con una batteria di test, la maturazione di queste abilità in bambini di età compresa tra i 3 e i 12 anni. Più precisamente sembrano essere acquisite:

- a sei anni una semplice pianificazione e la ricerca visiva
- a dieci anni le abilità di verifica delle ipotesi e di controllo
- degli impulsi
- in adolescenza una completa capacità di pianificazione, di sequenza motoria e di fluenza verbale

Levin e collaboratori (cit. in Valeri & Stievano, 2007) individuarono invece due tappe principali. Tra i sette e gli otto anni e tra i 9 e i 12 anni si nota un incremento nella sensibilità ai *feedback*¹, nel *problem solving*, nella formulazione di concetti e nel controllo dell'impulsività. Tra i 9 e i 12 anni e tra i 13 e i 15 anni si riscontra un'intensificazione in pianificazione, ottimizzazione di procedure, efficienza di memoria, *problem solving* e formulazione di ipotesi (Valeri & Stievano, 2007).

Sembra essere supportata l'idea di una progressiva differenziazione delle componenti che costituiscono il dominio esecutivo. Verso gli 11 anni emergerebbero i primi segnali di divisione, per poi stabilizzarsi intorno ai 14 e 15 anni (Lee et al., 2013).

1.1 Approccio strutturale e approccio sequenziale

“Bisogna far rilevare che la vera differenza è scegliere se stabilire un singolo meccanismo unificante, con una base comune, che poi andrebbe a frazionarsi in tante sottofunzioni, oppure optare per la natura non unitaria e non unificabile delle funzioni esecutive” (Sabbadini, 2013, p.42)

¹ Il feedback nella psicologia si riferisce al processo di ricezione di un giudizio riferito all'azione compiuta. Un suo utilizzo è definito funzionale se migliora la prestazione passata

Illustrare le funzioni esecutive utilizzando un approccio di tipo strutturale risulta complesso: il dibattito sembrerebbe essere proprio sulla struttura alla base. Milano e collaboratori (2022) evidenziarono come non sia possibile stabilire con certezza quante e quali siano queste funzioni. Il costrutto, infatti, non si riferisce a una singola entità ma piuttosto a un insieme di abilità che lavorano in maniera coordinata. All'interno del panorama scientifico sono state utilizzate diverse prospettive per cercare di spiegare questo insieme di abilità.

Se si segue una prospettiva unitaria non risulta esserci una separazione netta tra le diverse funzioni. Eventuali atipicità nel dominio esecutivo non sono dovute a deficit specifici ma frutto di un problema globale. Difficoltà in aree come apprendimento, attenzione e comportamento potrebbero essere la conseguenza di alterazioni generiche in tutto il sistema centrale. Norman e Shallice (1986, cit. in Marzocchi & Valagussa, 2011) suggerirono il ruolo primario di un sistema supervisore attenzionale (Supervisory Attentional System, SAS). Questo sistema utilizza le funzioni esecutive per far fronte a situazioni nuove, quando cioè gli schemi che rispondono automaticamente alle situazioni di routine risultano inefficaci. Il processo esecutivo si delinea come un insieme di attività di sostituzione di risposte automatiche, a favore di comportamenti organizzati sulla base di piani o di intenzioni. In queste nuove situazioni, il controllo dell'attenzione è un elemento cruciale per contribuire a generare nuovi percorsi, implementarli e valutarne l'accuratezza. Baddeley e Hitch (1994, cit. in Diamond, 2013) proposero un costrutto simile come parte del modello sulla memoria di lavoro. Gli autori affermarono l'esistenza di un componente che consente alle informazioni di essere elaborate nella memoria a breve termine: il sistema esecutivo centrale. Il modello proposto sfrutta la regolazione di altri due sottosistemi da parte di questa componente: il *loop* fonologico, che incorpora le informazioni verbali e il taccuino visuo-spaziale, che tiene a mente le informazioni visive e spaziali. Successivamente Baddeley (1994, cit. in Diamond, 2013) ampliarà il costrutto introducendo un terzo sottosistema: il buffer episodico. Questo ha la funzione di integrare memoria a breve termine e memoria a lungo termine, permettendo di trasformare una quantità limitata di informazioni in episodi organizzati in sequenze temporali e spaziali.

Altri modelli preferiscono invece indirizzare l'osservazione direttamente verso le funzioni esecutive, ritenendo multicomponenziale il SAS (come anche gli stessi Shallice e Baddeley arriveranno ad affermare). Tra questi i più influenti sembrano essere quelli elaborati da Pennington e Roberts (1996), Pennington e Ozonoff (1996), Diamond (2013) e Anderson (Anderson & Levy, 2002) (cit. in Marzocchi & Valagussa, 2011). In accordo con un'ipotesi che frazioni il costrutto in sottodomini, esistono oramai convergenze provenienti da studi sia clinici che statistici. Il risultato delinea un quadro di funzioni esecutive relativamente indipendenti, classificate come: inibizione, flessibilità, memoria di lavoro e pianificazione (Valeri & Stievano, 2007). Oltre a questi quattro sottodomini, sui quali esiste un sostanziale accordo, in letteratura ne sono menzionati altri, come la fluenza, la generatività (cioè la capacità di generare risposte appropriate rispetto un dato insieme di condizioni) e l'attenzione selettiva (visiva e uditiva).

Sebbene vi siano ancora molte questioni da esplorare riguardo all'organizzazione delle funzioni esecutive, i risultati attuali aiutano a riconciliare il dibattito sulla natura unitaria o non unitaria delle funzioni esecutive. Una semplice dicotomia non è sufficiente ed entrambi gli aspetti devono essere presi in considerazione (Miyake et al., 2000). Attualmente la maggior parte dei ricercatori tende a considerare il tema delle funzioni esecutive come un costrutto che racchiude diverse abilità cognitive, con caratteristiche specifiche parzialmente indipendenti e con probabili differenze nelle traiettorie evolutive (Valeri & Stievano, 2007). Come chiarito da Best e Miller (2010) a capo di questa prospettiva multicomponenziale vi è il contributo proposto da Miyake e collaboratori (2000). Grazie alla sua capacità di coniugare unità e diversità nei processi cognitivi di controllo, il loro modello si è affermato come principale riferimento teorico nell'approccio alle funzioni esecutive.

La visione strutturale del dominio esecutivo non rappresenta l'unica modalità di indagine presente nel panorama cognitivo legato all'apprendimento. Altri autori hanno espresso preferenza verso costrutti più in linea con una prospettiva temporale delle abilità esecutive. Tali studi condividono un approccio di tipo sequenziale. Tra i contributi più significativi vi è il modello del *problem solving*, introdotto da Zelazo e collaboratori (Marzocchi & Valagussa, 2011), che inquadra l'attività esecutiva

attraverso quattro fasi. La prima fase indica il processo di rappresentazione del problema. Consiste nella ricostruzione e riconfigurazione della situazione sfidante. La seconda è quella della pianificazione, ovvero la scelta delle azioni da intraprendere, l'elaborazione di un piano e la sua conseguente implementazione. In questo stadio l'individuo seleziona e ordina le strategie corrette. La terza fase consiste nell'esecuzione e si compone a sua volta di due elementi: l'*intending* e l'uso di regole. Il termine *intending* indica la capacità di mantenere il piano mentale fintantoché l'azione viene messa in atto tramite l'applicazione delle regole. L'ultima fase è quella della valutazione, che permette al soggetto di stabilire se l'obiettivo è stato raggiunto o, in caso contrario, di individuare quale fase deve essere svolta in maniera differente (Zelazo et al., 2003). Il costrutto è perfettamente in linea con l'obiettivo di un approccio sequenziale tipico: al posto di concettualizzare le funzioni esecutive come un gruppo di sotto-funzioni, ne descrivono il funzionamento facendo attenzione alle differenti fasi che si susseguono. Viene adottata una prospettiva simile da Burgess (Burgess & Simons, 2005, cit. in Marzocchi & Valagussa, 2011). Il modello presenta delle leggere differenze con quello di Zelazo. Lo svolgimento di un compito non richiede più quattro ma cinque fasi:

- 1 apprendimento delle regole del compito;
- 2 pianificazione dei passaggi da eseguire;
- 3 esecuzione del compito;
- 4 coerenza tra pianificazione ed esecuzione;
- 5 valutazione

Nel processo sono coinvolte in particolare la memoria retrospettiva, la pianificazione e la memoria prospettica. Ognuna di queste funzioni ha un ruolo specifico in riferimento alle fasi corrispondenti. La memoria retrospettiva, per esempio, interviene nell'apprendimento delle regole e nella valutazione finale. La memoria prospettica ha invece un ruolo cruciale nella pianificazione e nell'esecuzione del compito (Marzocchi & Valagussa, 2011).

1.2 Il modello tripartito: le funzioni esecutive fondamentali

Miyake e collaboratori (2000) fornirono un sistema di classificazione delle funzioni esecutive che ne mette in primo piano le tre fondamentali. Queste sono state empiricamente confermate in studi con partecipanti di diverse fasce d'età, dai bambini agli adulti. Pertanto, questo modello sembra essere, ad oggi, il più accreditato per lo studio di questa tematica.

La prima funzione ad essere menzionata riguarda la flessibilità cognitiva (*shifting*). Si riferisce alla capacità di passare velocemente da uno schema mentale a uno reputato più opportuno; da un compito ad un altro. Quest'abilità interviene quando il soggetto si trova in situazioni che richiedono più sfide contemporaneamente. A riguardo gli autori (Miyake et al., 2000) puntualizzano che la flessibilità è richiesta anche per dedicarsi (o non dedicarsi) a diversi aspetti di uno stesso compito. Il costrutto implica la capacità di cambiare prospettiva. Non sempre una situazione rappresenta lo stesso significato; se vista o immaginata da luoghi e circostanze diverse assume tratti differenti. Questa dinamica si verifica anche nei rapporti umani. Un evento viene valutato in base a chi lo riceve e a come lo riceve. Mettersi nei panni di quella persona permette all'individuo di comprendere meglio i suoi stati d'animo. Ciò garantisce ottime abilità sociali. E' forse per questo che Diamond (2013) la illustra come una delle funzioni esecutive più impegnative. Lo *shifting* agisce in un terreno comune per altri domini: creatività e operazioni di cambiamento di compito o addirittura di set procedurali. Buone abilità di flessibilità cognitiva permettono di modificare la strategia attuata per fare qualcosa. Ogni tanto appare doveroso uscire dal protocollo per raggiungere lo scopo. Se un compito non appare risolvibile in un modo, occorre virare verso altre procedure. Essere flessibili significa anche adattarsi ai cambiamenti: le richieste del contesto scolastico possono cambiare. In queste circostanze è importante che l'individuo sappia convivere con il cambiamento, dimostrandosi in grado di cogliere opportunità che prima non erano presenti. Le scelte attuate dallo studente possono inoltre rivelarsi disfunzionali per il compito. A questo proposito ammettere di avere sbagliato garantisce un ottimo punto di partenza per il raggiungimento di nuove competenze (Diamond, 2013). In altre parole, la flessibilità cognitiva è l'opposto della rigidità mentale.

La seconda funzione esecutiva nel modello di Miyake e collaboratori (2000) è rappresentata dall'aggiornamento della memoria di lavoro (*updating*). La Memoria di lavoro è essenziale per comprendere come un concetto o un'idea si sviluppino nel tempo e pertanto esige il mantenimento di informazioni passate. E' necessario però adeguare queste informazioni con quelle che arrivano in momenti successivi. E' anche necessario farlo costantemente (Diamond, 2013). L'aggiornamento della memoria di lavoro consiste, infatti, nell'aggiornamento e nel controllo continuo delle rappresentazioni in memoria e sembrerebbe essere una funzione ancor più esigente. "Le regole non devono solo essere mantenute nella mente, ma anche tradotte o trasformate mentalmente" (Diamond, 2013, p.8). Abilità di *updating* permettono di eseguire numerose operazioni fondamentali per l'attività umana. Consentono di comprendere il linguaggio scritto o parlato e di riordinare singoli elementi in sequenze o liste più coerenti. Permettono anche di trasformare semplici pensieri in operazioni effettive. Forniscono al soggetto le possibilità per considerare alternative o per trarre regole riassuntive da informazioni sparse. Possono fornire quindi alla persona i percorsi più adeguati per uno sviluppo funzionale in vari ambiti dello sviluppo (Diamond, 2013). L'aggiornamento della memoria di lavoro opera in un campo cognitivo minuziosamente indagato dal modello di Baddeley e Hitch².

L'inibizione è la terza funzione indicata da Miyake e collaboratori (2000) come fondamentale. Include la capacità di inibire volontariamente risposte dominanti, automatiche o prepotenti, quando repute ostacolanti alla realizzazione di un compito. In generale, il controllo inibitorio consiste nelle attività di gestione di attenzione, pensieri, emozioni e comportamenti. L'individuo attua questo registro di operazioni quando vuole combattere tentazioni dannose, interne o provenienti dall'esterno. Spesso il comportamento umano è controllato da stimoli ambientali impulsivi e non da ragionamenti razionali: possedere la capacità di esercitare il controllo inibitorio crea la possibilità di cambiamento e di scelta. In questo modo l'uomo è in grado di compiere quello che ritiene più appropriato o utile per la propria persona (Diamond, 2013). Diamond (2013) approfondì questa particolare funzione esecutiva, fornendo un contributo molto importante al modello tripartito di riferimento. Divise il costrutto in tre domini complementari: inibizione attentiva, inibizione emotiva, inibizione cognitiva. La

² Si veda Capitolo 1, Sottocapitolo 1.1

prima consente all'individuo di valutare in maniera selettiva, inibendo ciò che in quella determinata circostanza rappresenta una distrazione dallo scopo. Uno stimolo ambientale può infatti attirare involontariamente l'attenzione del soggetto, soprattutto quando è molto attivante. Scegliere volontariamente di sopprimere quello stimolo per utilizzare le risorse su altri bersagli è uno sforzo cognitivo che richiede questo tipo di capacità esecutiva. L'inibizione emotiva consiste nel resistere all'impulsività generata da meccanismi interni alla persona. Desideri o tentazioni, quando inappropriati, possono generare nell'individuo la messa in atto di azioni dannose per sé stesso o non salutari; occorre quindi opporsi a tali dinamiche. Queste possono includere comportamenti antisociali o addirittura illegali, fare o dire ciò che vorrebbe, reagire impulsivamente con persone a cui è legato. L'inibizione emotiva comporta nel soggetto una certa dose di controllo del proprio comportamento che lo mette in una condizione di padronanza delle proprie emozioni; anche quando eventi improvvisi alterano il suo stato d'animo. Questa capacità gli permette di perseverare in un'attività anche quando si preferirebbe fare altro. Rientra in questa particolare componente dell'inibizione anche il differimento della gratificazione. L'individuo è in grado di utilizzare questa abilità quando rinuncia a un piacere immediato per ottenere una ricompensa maggiore in futuro. L'inibizione emotiva può essere utilizzata anche in assenza di contrasto tra desideri. In queste circostanze non è necessario sopprimere un'opzione in favore di un'altra: è importante invece saper contrastare l'impulsività. Possono capitare situazioni in cui il soggetto si serve di tale abilità per evitare di esprimersi frettolosamente o per non trarre conclusioni precipitose senza prima averci riflettuto a sufficienza. Gli errori di impulsività sono di fatto errori che derivano dall'incapacità di aspettare. L'inibizione cognitiva include la resistenza a pensieri estranei o indesiderati. E' fondamentale in questi casi sopprimere schemi mentali che ostacolano una corretta prestazione. Tra le attività che rientrano in questa componente vi sono il dimenticare intenzionalmente e il resistere all'ambiguità dovuta a informazioni apprese precedentemente (interferenza proattiva) e a elementi presentati successivamente (interferenza retroattiva) (Diamond, 2013).

Miyake e collaboratori (2000) con il loro studio fornirono ulteriori contributi. Pur suggerendo una più che probabile parziale associazione tra le varie componenti esecutive, prove convincenti conducono all'idea di uno sviluppo distinto delle tre funzioni fondamentali. Best e Miller (2010), basandosi sull'impostazione teorica del

modello tripartito, approfondirono le tappe di sviluppo di ognuna delle tre funzioni esecutive fondamentali.

La flessibilità cognitiva inizia a manifestarsi intorno ai tre e i quattro anni, ma solo in contesti fortemente strutturati e guidati. In un certo senso gli autori sembrano evidenziare l'influenza di fattori esterni al dominio cognitivo. Tra i cinque e i sei anni si osserva un'intensificazione dei miglioramenti nei compiti più basilari. A partire dagli 8 anni e fino all'adolescenza si verifica una progressiva riduzione dei tempi necessari al cambiamento di uno schema cognitivo. Viene inoltre segnalato un miglioramento nella capacità di adattarsi a nuovi vincoli; operazioni di generalizzazione di regole precedentemente apprese sono qui incrementate. Durante l'adolescenza, si assiste allo sviluppo di abilità metacognitive: il soggetto impara a riflettere sulle proprie strategie e a correggere gli errori attraverso l'uso del feedback.

La memoria di lavoro mostra una più che netta evoluzione lungo il percorso di crescita dell'individuo. Nel periodo prescolare (tra i tre e i cinque anni), iniziano a consolidarsi le forme più semplici; la capacità di mantenere informazioni per brevi periodi è una di queste. Tra i sei e gli otto anni emerge la memoria esecutiva, in grado di coordinare sottocomponenti quali il *loop* fonologico e il taccuino visuo-spaziale. Il periodo compreso tra gli 8 e i 15 anni vede un miglioramento lineare nelle prestazioni verbali e visuo-spaziali. Quando i compiti sono complessi, questo miglioramento risulta evidente. Lo sviluppo della memoria di lavoro prosegue anche nel corso dell'adolescenza (fino ai 20 anni circa); manipolazione e aggiornamento delle informazioni rappresentano le operazioni maggiormente attive dal punto di vista della maturazione.

L'inibizione potrebbe emergere già entro il primo anno di vita: compiti che richiedono il ritardo della gratificazione o l'interruzione di una risposta impulsiva sembrerebbero dimostrarlo. Dai tre ai cinque anni, si osserva un rapido progresso nelle forme di inibizione più complesse, come la capacità di resistere a interferenze verbali o motorie. Tra i cinque e gli otto anni, si notano miglioramenti quantitativi e una crescente collaborazione tra memoria di lavoro e regolazione inibitoria. Dopo gli otto anni e durante l'adolescenza, lo sviluppo delle capacità inibitorie diventa più lento ma costante. Vi sono miglioramenti soprattutto nei compiti più articolati. Anche per l'inibizione, l'adolescenza rappresenta un momento cruciale per lo sviluppo della

metacognizione, che consente al soggetto di riflettere sulle proprie risposte, correggere errori in modo strategico e regolare in maniera consapevole il proprio comportamento (Best & Miller, 2010).

Si può notare come sembra essere confermata l'ipotesi di uno sviluppo differenziale delle tre principali funzioni esecutive.

CAPITOLO II

FUNZIONAMENTO ESECUTIVO NELL'APPRENDIMENTO SCOLASTICO

Le funzioni esecutive rappresentano un insieme di processi cognitivi fondamentali per l'apprendimento scolastico. Queste operazioni mentali sono essenziali per l'acquisizione di determinate abilità che permettono allo studente di affrontare sfide tipiche del contesto, quali calcolo, lettura e scrittura. Il dominio esecutivo è coinvolto anche nella gestione autonoma degli impegni scolastici. Ciò fornisce all'individuo i mezzi per adattarsi a contesti sempre più complessi. In generale si può affermare che uno sviluppo tipico di queste capacità cognitive garantisce allo studente le possibilità di mantenere l'attenzione, di organizzare il lavoro e di porsi obiettivi. E' compresa in questo ambito anche la capacità di autoregolazione emotiva, spesso utile quando il compito viene reputato dal soggetto come troppo difficile (Engle, 2002).

La ricerca evidenzia come le tre componenti esecutive individuate da Miyake e collaboratori (2000) influenzino direttamente il successo scolastico. Al fine di supportare lo studente nel percorso educativo sembrerebbe quindi fondamentale agire su questo dominio. Abbracciando il modello tripartito, molti autori suggeriscono la necessità di promuovere un approccio scolastico basato sul potenziamento delle funzioni esecutive e che favorisca benessere e successo accademico nei giovani studenti.

Nel linguaggio comune, il termine *memoria* fa riferimento alla capacità di immagazzinare informazioni provenienti dall'esterno. Miyake e collaboratori (2000) basarono i loro studi non tanto sulla memoria di lavoro in sé, bensì sull' *aggiornamento della memoria di lavoro*. In questo modo venne promossa la convivenza di entrambe le dimensioni della funzione: una adibita alla memorizzazione, una esecutiva. A questo proposito, e soprattutto in un contesto legato all'apprendimento come quello scolastico, è importante comprendere il fenomeno di collaborazione che si verifica tra componenti diverse. Infatti, nonostante esista una netta distinzione tra compiti di memoria di lavoro esecutiva e compiti di immagazzinamento di informazioni, nei primi è richiesto che il sistema di memorizzazione verbale (cioè il *loop* fonologico) e il sistema di

memorizzazione visuo-spaziale (cioè il taccuino visuo-spaziale) lavorino in concerto con un esecutivo centrale di coordinamento (Gathercole et al., 2004). Quanto riportato venne ulteriormente confermato da un'analisi fattoriale di dati di bambini dai 6 ai 15 anni basata su una batteria di compiti di memoria di lavoro verbale, visuo-spaziale ed esecutiva. In questo studio venne suggerito che i tre sottosistemi della memoria di lavoro cominciano a suddividersi già nella scuola elementare (Best & Miller, 2010).

L'aggiornamento della memoria di lavoro è una funzione esecutiva molto presente nei processi cognitivi utilizzati a scuola. Consente agli studenti di mantenere le informazioni attive mentre leggono, risolvono problemi matematici o conducono esperimenti scientifici. Permette inoltre di mantenere una certa coerenza nella trama di contenuti fornita dall'ambiente esterno. Quando un compito presenta informazioni interferenti, può capitare che l'individuo venga portato a dare una risposta inappropriata. Mantenere l'informazione rapidamente recuperabile permetterebbe di evitarlo. Utilizzare diverse batterie di compiti di memoria di lavoro si è dimostrato utile per lo studio del dominio esecutivo nell'apprendimento scolastico (Engle, 2002). Analizzandone i risultati è stato possibile prevedere le prestazioni in compiti cognitivi legati maggiormente a pratiche tipiche di questo contesto. In particolare, nelle attività di:

- comprensione del linguaggio
- ascolto
- seguire istruzioni
- apprendimento del vocabolario
- presa di appunti
- scrittura
- ragionamento
- apprendimento della programmazione informatica

Spesso gli studenti mostrano difficoltà nei compiti che richiedono di passare velocemente da una strategia all'altra. Si nota soprattutto in attività matematiche o che richiedono competenze di lettura. Per comprendere meglio queste difficoltà è utile fare riferimento alle capacità di flessibilità cognitiva dell'individuo. Vosniadou e collaboratori (2018) mostrarono come questa funzione esecutiva risulta fondamentale nei processi di apprendimento scolastico. Quando si impara qualcosa occorre una certa dose di flessibilità per adattare i propri schemi mentali ai nuovi contenuti.

Approfondendo, fu dimostrato che la flessibilità cognitiva è utilizzata in tutti i tipi di compiti, a prescindere dalla materia; maggiore efficienza in questa componente è data da una buona velocità della stessa. In ambito didattico la flessibilità interviene durante le operazioni di presa di appunti. In questi momenti lo studente deve spostare continuamente l'attenzione dal quaderno alla lavagna (Milano et al., 2022).

Ultima delle tre funzioni esecutive fondamentali (Miyake et al., 2000), l'inibizione è certamente coinvolta nei processi cognitivi utilizzati a scuola. All'interno della classe, durante le lezioni o nelle attività di studio individuale, ignorare distrazioni si rivela essere un'attività necessaria. Questa abilità mantiene il soggetto concentrato sulla spiegazione o sul concetto da comprendere, diminuendo tempi e sforzi cognitivi. Studenti con buone capacità di inibizione sembrano essere in grado di controllare risposte impulsive. Questo consente a loro di seguire le istruzioni senza deviare dal compito (Stievano et al., 2011). Si rimanda al prossimo capitolo per una fotografia di un disturbo dell'apprendimento dovuto principalmente ad una maturazione atipica di questa funzione esecutiva³.

2.1 Il ruolo delle funzioni esecutive nell'apprendimento matematico

Le funzioni esecutive risultano particolarmente determinanti nei processi di apprendimento matematico in quanto supportano la gestione delle attività cognitive richieste dal calcolo e dalla risoluzione di problemi. Permettono inoltre allo studente di adattarsi a compiti nuovi o complessi. Fu dimostrato (Stievano et al., 2011) per esempio, che le abilità esecutive misurate in prima elementare predicono le competenze matematiche in seconda elementare.

³Si veda Capitolo 3, Sottocapitolo 3.2

In questo ambito, la memoria di lavoro è implicata:

- nella risoluzione di problemi complessi
- nel calcolo mentale (dove è necessario tenere a mente passaggi intermedi)
- nel monitoraggio procedurale
- nella correzione di errori

Già a partire dal primo anno di scuola primaria, la ricerca evidenzia una relazione significativa tra prestazioni nei compiti di memoria di lavoro e abilità di calcolo. In particolare, la memoria di lavoro verbale e la memoria di lavoro visuo-spaziale sono risultate tra le migliori predittrici di questo legame. Gli autori hanno poi individuato il ruolo dell'inibizione nei compiti di matematica (Stievano et al., 2011). Quest'abilità si è dimostrata fondamentale per:

- evitare risposte impulsive durante i calcoli
- sopprimere strategie inadeguate
- sostenere l'attenzione selettiva (specialmente nei problemi che richiedono più passaggi)

Atipicità in questa funzione suggeriscono un impatto maggiore nei contesti di difficoltà scolastica. Nei compiti matematici, quando lo studente è caratterizzato da prestazioni sotto la media, l'inibizione sembra avere un ruolo più incidente. Bambini con scarse capacità inibitorie mostrano difficoltà nel controllo del comportamento impulsivo. Queste complicazioni possono condurre a errori sistematici nei calcoli. L'inibizione è risultata essere la principale variabile predittrice dell'accuratezza del calcolo scritto.

La flessibilità cognitiva è invece coinvolta:

- nella scelta e nel cambio di strategie di soluzione
- nella transizione tra operazioni matematiche diverse
- nella ristrutturazione mentale del problema

Le evidenze suggeriscono che i bambini con buone capacità in questo dominio riescono a integrare più facilmente nuove informazioni. Come per l'inibizione, anche la flessibilità cognitiva sembra avere un maggior impatto nei contesti di difficoltà scolastica (Stievano et al., 2011). Vosniadou e collaboratori (2018) approfondirono queste ultime due componenti. In uno studio definirono una netta separazione tra le due funzioni esecutive. L'ambito matematico in cui si manifestano è infatti molto diverso. L'inibizione sembra essere attivata solo in presenza di conflitto concettuale, ossia una situazione in cui allo studente è richiesta la soppressione di un concetto matematico errato, al fine di dare la risposta corretta. L'articolo (Vosniadou et al., 2018) fornisce una dimostrazione di tale tipo di conflitto: il *bias del numero intero*. Questo rappresenta la tendenza a pensare che, ad esempio, $1/7$ sia maggiore di $1/5$ perché sette è più grande di cinque. Lo studio coinvolse 133 bambini tra i 9 e i 12 anni, una fascia d'età cruciale per il consolidamento di concetti matematici più astratti, come i numeri razionali. Precedentemente all'indagine, tutti gli studenti selezionati avevano ricevuto un'istruzione formale in matematica e scienze. I compiti di inibizione prevedevano che i bambini ignorassero informazioni automatiche o visivamente salienti. Uno di questi compiti consisteva per esempio, nel leggere un numero ma indicarlo in base alla quantità di cifre di cui era composto. Fu constatato che l'accuratezza nei compiti di inibizione prediceva positivamente la prestazione solo quando era necessario inibire un concetto iniziale valutato come errato. Non lo fu tuttavia nella condizione coerente, dove non c'era conflitto da sopprimere. La flessibilità cognitiva, invece, risultò come una capacità più generale e sempre attiva, che sostiene l'intero processo di apprendimento e uso dei concetti matematici, anche quando non ci sono concetti in conflitto diretto. Tale funzione esecutiva fu necessaria per scegliere tra due categorizzazioni ugualmente valide, ad esempio nell'identificare $1/4$ come frazione o come 0.25. Nelle prove che richiesero cambiamenti concettuali, la rapidità di passaggio da una concezione all'altra si dimostrò predittiva della precisione di esecuzione del compito (Vosniadou et al., 2018). Altri autori (Gathercole et al., 2004) suggerirono che la memoria di lavoro gioca un ruolo cruciale nell'apprendimento della matematica. Un altro studio esaminò il legame tra quest'abilità e i risultati scolastici in valutazioni curriculari su bambini inglesi di 7 e 14 anni. Nei primi, alti livelli di competenza matematica risultarono significativamente associati ad alti punteggi di memoria di

lavoro. Nei secondi, si riscontrò la medesima relazione; non fu prodotto un effetto analogo in altre materie scolastiche (come per esempio Inglese).

Stievano e collaboratori (2011) promossero la necessità di riconoscere le funzioni esecutive come mediatori cognitivi fondamentali nel percorso di acquisizione di contenuti matematici o legati all'attività di calcolo numerico. Ne sottolinearono poi la componente attiva: queste abilità non solo supportano lo studente nell'esecuzione del compito ma ne determinano soprattutto l'organizzazione del pensiero matematico.

2.2 Il ruolo delle funzioni esecutive nei compiti di comprensione del testo

Hannon (2001) indagò specificamente il legame tra dominio esecutivo e compiti di comprensione del testo. Vennero confrontati, in più esperimenti, studenti universitari normolettori con diversi livelli di comprensione del testo. Ogni campione fu formato mediamente da 65 individui di lingua madre inglese. Il lavoro mostrò che le difficoltà di comprensione non dipendono solo da scarse conoscenze linguistiche, come il livello di alfabetizzazione o il vocabolario limitato. Sembrarono esserci infatti limiti nella gestione attiva delle informazioni, e cioè nel funzionamento esecutivo. In particolare, i lettori meno abili presentarono specifiche difficoltà nei processi di integrazione e inferenza. Pertanto, la comprensione del testo non dipende esclusivamente da una prestazione mnemonica. Sono richieste allo studente anche attività quali l'unione e la gestione attiva delle informazioni nel testo. L'autrice (Hannon, 2001) suddivise la comprensione del testo in quattro processi. Memoria testuale, Inferenza testuale, Accesso alle conoscenze e Integrazione di conoscenze, ognuno dei quali presuppone il coinvolgimento di attività regolate dalle funzioni esecutive. Questa divisione consentì di scomporre la comprensione del testo in sottoprocessi, che possono riflettere l'efficienza delle tre funzioni esecutive fondamentali. La memoria di lavoro risultò essere direttamente coinvolta nella fase di Memoria testuale. In particolare, la memoria di lavoro verbale permise di mantenere attiva la rappresentazione mentale del testo, supportando lo studente nell'integrare nuove informazioni e nel trarre inferenze. Punteggi in questa componente predissero il rendimento nei test standardizzati di comprensione.

Nella fase di Integrazione delle conoscenze venne richiesto allo studente di inibire informazioni irrilevanti o fuorvianti, nello specifico quando le conoscenze pregresse in suo possesso entravano in conflitto con le nuove informazioni provenienti dal testo. L'inibizione si rivelò cruciale per gestire queste interferenze e nel selezionare il materiale rilevante in maniera coerente. Anche nel processo di Inferenza testuale il lettore fu tenuto a ignorare dettagli superflui. Lo scopo è infatti quello di privilegiare informazioni coerenti con l'organizzazione mentale che si sta promuovendo in quel momento. I compiti legati alle fasi di Accesso alle conoscenze e di Integrazione di conoscenze sottintesero anche competenze legate alle capacità di flessibilità cognitiva dell'individuo. Lo studente deve infatti praticare un continuo e dinamico passaggio tra informazioni pregresse e nuovi concetti, esercitando un certo livello di flessibilità nel modificare i vecchi schemi mentali (Hannon, 2001).

Lo studio illustrò quindi il ruolo primario di inibizione, flessibilità cognitiva e aggiornamento della memoria di lavoro nei processi di comprensione testuale. La prima permette di ignorare informazioni irrilevanti o contraddittorie, la seconda di passare da conoscenze pregresse a nuove informazioni testuali, la terza di integrarle nelle rappresentazioni mentali. Le evidenze sembrano supportare il modello multicomponenziale allo studio del dominio esecutivo nelle attività di lettura, confermando l'approccio promosso da Miyake e collaboratori⁴ (2000).

Più recentemente altri autori (Zaccoletti et al., 2020) approfondirono l'importanza della memoria di lavoro nei processi di comprensione del testo. Venne confermata l'importanza delle operazioni di aggiornamento di tale funzione esecutiva nello svolgimento di queste pratiche. Essa permette, infatti, di creare continue associazioni tra concetti mentre si procede nella lettura. Le associazioni si basano sul rapporto tra conoscenza testuale e conoscenze pregresse. Per fare ciò l'aggiornamento della memoria di lavoro seleziona i contenuti rilevanti nel testo, monitorando le informazioni che si stanno depositando progressivamente in essa. Lo studio dimostrò come una bassa capacità di aggiornamento possa compromettere il mantenimento della rete di concetti. L'integrazione delle informazioni testuali con le conoscenze pregresse venne infatti

⁴ Si veda capitolo 1, Sottocapitolo 1.2

alterata. In questi casi la comprensione generale del testo letto risultò deficitaria (Zaccoletti et al., 2020).

In un'altra indagine venne confermato il ruolo dei meccanismi di inibizione nella comprensione di un testo. Lettori con una maggiore capacità di inibizione risultarono più abili nel sopprimere credenze passate al fine di permettere un'acquisizione più spontanea dei nuovi contenuti. Emerse, inoltre, in questi lettori, la tendenza a leggere più lentamente le frasi target. Questo suggerì una più accurata attività di inibizione rispetto a individui con minor capacità in questa funzione esecutiva (Butterfuss & Kendeoul, 2018).

2.3 Il ruolo delle funzioni esecutive nell'apprendimento scientifico

Si potrebbe riassumere il concetto di apprendimento scientifico con le parole utilizzate nel volume di Häusermann e collaboratori (2014): “campo di esperienza scolastica che ha il compito di aiutare i bambini a dare ordine alla molteplicità degli stimoli che il contatto con la realtà fornisce” (p.148).

Nel corso del percorso scolastico, apprendere concetti scientifici spesso richiede di revisionare conoscenze intuitive errate. Questo tipo di conoscenze o, più in generale le conoscenze pregresse che si rivelano inadatte, sono definite con il termine di *misconcezioni*. In uno studio condotto da Mason e collaboratrici (2019) venne avanzata l'ipotesi che, durante il processo di apprendimento scientifico, le *misconcezioni* non vengono semplicemente cancellate ma anzi coesistono con le nuove conoscenze, creando interferenza. L'indagine mostra come un particolare prototipo di produzione scientifica riproduca questo conflitto. Nei testi definiti *confutazionali* viene attivata nello studente sia la *misconcezione* che la concezione corretta fornita dallo scritto. Testi di questo tipo sono strutturati appositamente per permettere questo fenomeno. Ai fini di un efficiente cambiamento concettuale nell'individuo, i risultati ottenuti hanno dimostrato la maggior validità dei testi *confutazionali* rispetto a quelli di natura semplicemente espositiva, ossia quelli che forniscono nuovi concetti scientifici senza prima menzionare e contraddire le precedenti credenze. Il contributo mise inoltre in evidenza che quando lo studente non possiede adeguate funzioni inibitorie, le *misconcezioni* interferiscono con l'elaborazione delle nuove informazioni, ostacolando il

cambiamento concettuale. L'inibizione sembra avere quindi un ruolo cruciale nell'acquisizione di nuovi concetti scolastici (Mason et al., 2019).

In uno studio più recente (Mason et al., 2020) trovò conferma l'ipotesi della presenza di un conflitto cognitivo, tra conoscenze pregresse e nuovi concetti, durante la lettura di un testo *confutazionale*. Venne approfondita inoltre l'importanza dell'inibizione all'interno del processo di cambiamento concettuale. Gli autori individuarono tre sotto-funzioni alla base di questa funzione esecutiva: Inibizione della risposta prepotente, Resistenza all'interferenza da distruttori, Resistenza all'interferenza proattiva. La prima sopprime le risposte automatiche dominanti; la seconda consente allo studente di ignorare stimoli irrilevanti (quelli cioè che distraggono l'individuo dal contenuto scientifico da acquisire); la terza individua le informazioni provenienti da memorie precedenti allo scopo di abbandonarle. E' risultato che la resistenza all'interferenza proattiva contribuì all'apprendimento a lungo termine, ma solo nella condizione di comprensione di testi *confutazionali* in quanto l'inibizione della risposta prepotente risultò predire positivamente l'apprendimento. Particolare efficacia emerse per studenti con buone capacità inibitorie, i quali si rivelarono in grado di utilizzare il conflitto tra vecchie e nuove conoscenze come strumento per migliorare la qualità dell'apprendimento. Per studenti con deficit inibitori, invece, potrebbero essere necessari supporti aggiuntivi come, per esempio, l'utilizzo di diagrammi o la formulazione di più esempi concreti. Lo scopo è quello di ridurre l'interferenza delle *misconcezioni*. Lo studio sottolineò l'importanza di considerare le funzioni esecutive nella progettazione di interventi educativi in ambito scientifico (Mason et al., 2020).

2.4 La connessione tra emozioni, funzioni esecutive e apprendimento scolastico

L'insieme dei processi cognitivi coinvolti nell'apprendimento, e in particolare in quello scolastico, agiscono in un contesto certamente non privo di fattori incidenti. Lo sviluppo delle funzioni esecutive e il loro utilizzo a scuola sono mediati dalla sfera emotiva. Con questo termine si fa riferimento a tutti quegli elementi che riflettono la percezione dello studente verso concetti da acquisire e sfide scolastiche da superare. Comprendere l'interazione tra emozioni e funzioni esecutive è essenziale per analizzare come gli

studenti apprendano. Permette inoltre di comprendere i fattori sottostanti il loro rendimento accademico.

Venne elaborato un modello che ha rappresentato un punto di riferimento per la concettualizzazione di questo campo teorico e pratico. Il costrutto prevede la distinzione del funzionamento esecutivo in due domini: il dominio delle funzioni esecutive fredde, (*cool*) e il dominio delle funzioni esecutive calde (*hot*). Il primo si riferisce a tutte quelle componenti esecutive che vengono utilizzate in situazioni emotivamente neutre. Il secondo indica invece le strategie cognitive adoperate dall'individuo per far fronte a situazioni in cui gli è richiesto di gestire stati attivanti, che possono essere generati dalla necessità di governare impulsi, desideri, conflitti motivazionali o delusioni. Secondo questo approccio, la regolazione dell'apprendimento scolastico dipende dall'equilibrio tra questi due sistemi (Zelazo & Carlson, 2012).

In uno studio emerse che le funzioni fredde esercitano un controllo sulle risposte emotive, permettendo di regolare impulsi e desideri (Zelazo & Carlson, 2020). Per esempio, buone capacità di memoria di lavoro aiutano a mantenere attivi gli obiettivi a lungo termine, promuovendo la motivazione e contrastando l'impulsività. Emozioni intense possono invece compromettere le funzioni esecutive fredde, come capacità di concentrazione o flessibilità cognitiva. Tra tutte l'ansia sembrerebbe essere l'emozione più influente. A scuola, il dominio caldo risulta essere fondamentale per gestire stress, emozioni e motivazione. Queste aree influenzano direttamente l'apprendimento e la partecipazione scolastica. Insuccessi scolastici possono provocare alterazioni nel benessere dell'individuo. Se infatti lo studente non ha sviluppato adeguati mezzi cognitivi per gestirli, la prestazione scolastica ne risente. Eseguire un compito in condizioni di stress richiede di gestire la frustrazione, mantenere la concentrazione e inibire le risposte impulsive. Una situazione può diventare stressante quando il soggetto valuta come eccessivi elementi quali, per esempio, il poco tempo a disposizione per lo svolgimento della prova. Livelli elevati di stress durante un compito matematico riducono l'efficacia della memoria di lavoro.

Zelazo e Carlson (2020) mostrarono che uno studente con buone capacità esecutive *fredde* potrebbe avere difficoltà nelle varie discipline se pecca in quelle *calde*. Queste sono appunto necessarie per gestire l'ansia da test o per mantenere la motivazione

quando affronta problemi difficili. Tuttavia, uno studente con un alto funzionamento esecutivo caldo potrebbe comunque avere difficoltà a livello accademico. Se, infatti, gli mancano le necessarie abilità fredde, i compiti cognitivi più complessi risulterebbero per lui incomprensibili. Motivazione ed emozioni possono dunque modulare la prestazione cognitiva. Esistono inoltre strategie di regolazione emotiva che sembrano ripristinare le capacità cognitive in condizioni al limite.

Le emozioni non hanno tutte la stessa natura. Di conseguenza comportano effetti diversi sul rendimento accademico. Le emozioni positive attivanti (gioia, speranza, orgoglio) preservano le risorse cognitive, mentre le emozioni negative disattivanti (noia, apatia) danneggiano le prestazioni riducendo le risorse cognitive e la motivazione. Gli effetti delle emozioni negative attivanti (ansia, rabbia, vergogna) sono invece più ambivalenti: possono ridurre le risorse cognitive, ma anche motivare ad evitare il fallimento (Zaccoletti et al., 2020).

Contributi basati sulla teoria del controllo attentivo (ACT⁵) sostennero che quando l'individuo percepisce ansia vengono influenzate le prestazioni di aggiornamento della memoria di lavoro: solo però in situazioni emotivamente salienti (Eysenck et al., 2007). Uno studio più recente (Gustavson & Miyake, 2016) suggerì invece che la preoccupazione di tratto può compromettere l'efficienza di queste operazioni anche in situazioni neutre. Le analisi svolte indagarono una componente specifica del tratto ansioso, ovvero la preoccupazione, una caratteristica stabile della personalità che delinea una certa tendenza a preoccuparsi per gli eventi futuri. L'obiettivo fu quello di creare un ambiente privo di stress o minacce implicite. In questo modo fu possibile esaminare se la preoccupazione possa influenzare l'attività di *updating* prescindere dalle condizioni del contesto. Emerse che i livelli di preoccupazione di tratto sono correlati alle prestazioni di aggiornamento della memoria di lavoro, confermando l'ipotesi iniziale.

⁵ La teoria del controllo attentivo si basa sull'assunto che gli effetti dell'ansia sui processi attentivi siano fondamentali per comprendere come l'ansia influenzi la prestazione in un compito

Diversi contributi dimostrarono come il dominio emotivo possa incidere su attività scolastiche quali, per esempio, la comprensione del testo. Zaccoletti e collaboratori (2020) indagarono il rapporto tra memoria di lavoro ed emozioni negative attivanti (ansia, rabbia, vergogna) e disattivanti (noia e mancanza di speranza). Entrambi i tipi risultarono essere correlati alle abilità di aggiornamento della memoria di lavoro. Elevati livelli di attivazione di queste emozioni erano associati a un peggioramento delle prestazioni nella comprensione del testo. In uno studio successivo, la correlazione positiva tra aggiornamento della memoria di lavoro e comprensione del testo fu confermata. Il lavoro suggerì inoltre come l'attuazione di programmi volti a migliorare l'autoregolazione emotiva possa incrementare le capacità di inibizione negli studenti. Ciò garantirebbe loro una più facile gestione della preoccupazione migliorando la comprensione del testo (Zaccoletti et al., 2023).

Il contributo più recente riguardo all'importanza del legame tra dominio esecutivo ed emozioni è stato fornito da Diamond (2025). Lo studio indagò nello specifico se la promozione di un clima di classe sereno e di pratiche di insegnamento non stressanti potessero influenzare positivamente le prestazioni degli alunni. Furono osservate classi con bambini sia tipici che atipici, spesso provenienti da contesti svantaggiati. La pratica educativa fu assegnata ad operatori validi ed empatici, con l'obiettivo di fornire supporto e sicurezza all'interno dell'ambiente di apprendimento. I dati osservati dimostrarono che quando l'insegnante è percepito come una persona calma e accogliente, il rendimento degli alunni migliora. Inoltre emerse che un ambiente scolastico sicuro e di supporto favorisce lo sviluppo delle funzioni esecutive; interventi volti a ridurre lo stress indotto dalle sfide scolastiche condurrebbero agli stessi risultati. Si evidenzia così, la necessità di una visione che attribuisca pari valore alle emozioni e alle prestazioni dello studente. Diamond affermò che sviluppo emotivo e apprendimento scolastico sono ancora troppo spesso studiati separatamente: genitori e personale scolastico dovrebbero sempre considerare l'interazione tra queste due dimensioni.

CAPITOLO III

FUNZIONAMENTO ESECUTIVO NELLO SVILUPPO ATIPICO

Il Manuale diagnostico e statistico dei disturbi mentali (DSM) è lo strumento nosografico più utilizzato da psichiatri, psicologi e medici di tutto il mondo. La quinta e attuale edizione del manuale definisce i disturbi del neurosviluppo come sintomatologie aventi esordio nelle prime fasi del periodo evolutivo e che implicano deficit di funzionamento in diverse aree dello sviluppo dell'individuo, come quelle cognitive, sociali, comunicative, motorie e comportamentali. Di seguito la classificazione proposta dal manuale (American Psychiatric Association, 2015):

- Disabilità intellettiva;
- Disturbo della comunicazione;
- Disturbo dello spettro dell'autismo;
- Disturbo da Deficit di Attenzione/Iperattività (ADHD);
- Disturbo specifico dell'apprendimento (DSA);
- Disturbo del movimento: disturbo dello sviluppo della coordinazione, disturbo da movimento stereotipato e disturbi da tic.

E' importante segnalare come lo studio di queste condizioni cliniche richieda un approccio strutturale multicomponentiale alle funzioni esecutive. Il modello tripartito elaborato da Miyake e collaboratori (2000) consente di rinnegare una visione globale e troppo semplicistica del funzionamento esecutivo; promuove invece una prospettiva più sfumata e differenziata, maggiormente in linea con la natura eterogenea e multifattoriale dei disturbi del neurosviluppo. La suddivisione in tre componenti distinte consente di delineare profili funzionali specifici, garantendo, per ogni condizione, una maggior comprensione di quali processi siano compromessi, preservati o compensati.

Un individuo che presenta un disturbo del neurosviluppo non è estraneo a peggioramenti nel profilo cognitivo. E' noto in letteratura come alterazioni nelle tre funzioni esecutive fondamentali siano collegate a difficoltà nel contesto scolastico. Deficit nella memoria di lavoro complicano l'aggiornamento delle informazioni; deficit nelle capacità di flessibilità cognitiva rendono difficoltoso il passaggio tra strategie differenti; deficit nelle abilità inibitorie intaccano le attività di controllo di risposte impulsive davanti a un compito. Queste variazioni comportano conseguenze in abilità specifiche richieste a scuola, più precisamente in aree quali lettura, scrittura, comprensione del testo e risoluzione di problemi (Morgan et al., 2017).

Tra i disturbi del neurosviluppo tipicamente correlati a deficit nell'apprendimento scolastico vi sono condizioni come il Disturbo da Deficit di Attenzione/Iperattività (ADHD) e i disturbi specifici dell'apprendimento (DSA). Entrambi mostrano profili cognitivi specifici.

3.1 Funzioni esecutive nei Disturbi Specifici dell'Apprendimento

In accordo con il Consiglio Nazionale Ordine degli Psicologi, con la sigla *DSA* si intende una categoria diagnostica relativa ai Disturbi Evolutivi Specifici dell'Apprendimento. Questa categoria rientra nel quadro più generale dei disturbi del neurosviluppo. Nonostante il funzionamento intellettuale rimanga lo stesso, gli individui che rientrano in questa condizione presentano peggioramenti nelle abilità inerenti al contesto scolastico. Sulla base di particolari alterazioni nelle funzioni esecutive, vengono comunemente distinte le seguenti condizioni cliniche (Consiglio nazionale ordine degli psicologi [CNOP], 2016):

- dislessia,
- disortografia,
- disgrafia
- discalculia

Nel DSM-5 la Dislessia è nota come “Disturbo specifico dell’apprendimento con compromissione della lettura” (codice 315.00). Oltre a complicazioni nell’accuratezza di lettura delle parole e rallentamenti nella medesima attività, sono incluse difficoltà nella comprensione del testo. In un processo diagnostico vengono valutate principalmente competenze inerenti ad aree quali memoria verbale (soprattutto fonologica), attenzione (soprattutto visiva), linguaggio (a tutti i livelli di organizzazione), denominazione rapida e abilità meta fonologiche (quelle capacità che permettono al soggetto di riflettere sul suono del linguaggio). Anche in assenza di disturbo della lettura, e quindi solo in caso di compromissione della comprensione del testo, il DSM-5 permette di usufruire della diagnosi di dislessia (CNOP,2016).

La Discalculia è codificata come “Disturbo specifico dell’apprendimento con compromissione del calcolo” (codice 315.01). Include difficoltà nel concetto di numero, nella memorizzazione di fatti aritmetici e nel calcolo accurato o fluente. Questo comporta diversi impedimenti all’effettuare ragionamenti matematici corretti. Per gli individui discalculici gli errori più comuni sembrano presentarsi nelle operazioni di incolonnamento numerico. Per questi soggetti, il CNOP (2016) ammonisce i professionisti sull’importanza dell’indagine di abilità prassiche e di organizzazione visuo-spaziale (CNOP,2016).

Con il termine Disgrafia si intende il “Disturbo Specifico della Scrittura”. Nonostante il DSM-5 non operi distinzioni, la pratica clinica sembrerebbe distinguere la disgrafia in due componenti. La prima è di natura linguistica, legata alla codifica corretta della lingua e quindi alle operazioni di cifratura. La seconda è di natura motoria, facendo riferimento esclusivamente alla motricità fine e ai processi di realizzazione grafica. In questo quadro clinico è buona norma soffermarsi sulle abilità motorie generali e fino-manuali, sulle competenze visuo-motorie e visuo-percettive, sull’attenzione visiva selettiva e sostenuta, sulla memoria motoria e sulla qualità dell’apprendimento motorio (CNOP,2016).

La Disortografia è rappresentata dal “Disturbo specifico dell’apprendimento con compromissione dell’espressione scritta” (codice 315.2). Prevede deficit ortografici, indicati come difficoltà nell’accuratezza dello spelling. Sono incluse anche alterazioni nella qualità della grammatica (e della punteggiatura) e nell’organizzazione

dell'espressione scritta. In presenza di Disortografia, andrebbero indagati i prerequisiti dell'apprendimento e in particolare integrazione visuo-motoria e abilità metafonologiche. Vi sono evidenze di alterazioni deficitarie nelle abilità di attenzione visiva e uditiva e nella memoria verbale a breve termine (CNOP, 2016).

Morgan e collaboratori (2017) approfondirono il legame tra i disturbi specifici dell'apprendimento (DSA) e le prestazioni scolastiche. In questo studio fu identificato un gruppo di studenti con DSA, definito gruppo a rischio (*at-risk trajectory class*) e si fece riferimento esclusivamente alle materie rientranti nel dominio matematico, scientifico e di lettura. Gli autori osservarono come questi bambini avevano mantenuto nel tempo risultati molto bassi o ulteriormente peggiorati fino alla terza elementare. Ciò sembrerebbe indicare come in soggetti DSA le difficoltà accademiche non siano transitorie. Queste tendono a cronicizzarsi, delineando percorsi scolastici stabili ma problematici. Le attività accademiche più influenzate dalla condizione diagnostica furono quelle appartenenti alle aree matematiche e di comprensione del testo. Le prestazioni più basse si riscontrarono in problemi matematici scritti e a più passaggi. L'indagine individuò, inoltre, come tra tutte le componenti del funzionamento esecutivo la memoria di lavoro risultasse la più predittiva degli esiti scolastici. Il contributo (Morgan et al., 2017) non si esaurisce nella trattazione delle tre abilità scolastiche di base (lettura, scrittura e calcolo). L'articolo sembrerebbe mostrare come i deficit esecutivi in bambini DSA influenzino negativamente anche l'esecuzione di attività didattiche quotidiane. In particolare, risultarono alterate le operazioni di svolgimento di esercizi strutturati e di gestione del materiale scolastico. Studenti con questa sintomatologia trovarono poi difficoltà nel seguire le spiegazioni e nell'affrontare verifiche scritte.

Tutto questo sembra rendere evidente che i DSA non sono solo una serie di disturbi riflessi nella prestazione scolastica: queste condizioni comportano deficit nei meccanismi di gestione dei processi cognitivi sottostanti, tra cui le funzioni esecutive. Si evince, inoltre, l'importanza di interventi mirati fin dall'inizio del percorso educativo. Lo studio di Varvara e collaboratori (2014) si rivelò di fondamentale importanza per indagare questi aspetti. Il lavoro adottò esplicitamente il modello tripartito (Miyake et al., 2000) e lo utilizzò come chiave interpretativa per comprendere le difficoltà vissute

dagli studenti con DSA. Attraverso questo approccio venne evidenziata una vasta eterogeneità di profili all'interno del quadro dislessico. Le atipicità non sono sempre uniformi. Pertanto, le difficoltà scolastiche possono dipendere da combinazioni differenti di debolezze nelle varie funzioni esecutive. Da ciò che emerge si nota che i bambini con dislessia evolutiva mostrano deficit in vari domini delle funzioni esecutive, più precisamente nelle aree di: fluenza verbale (sia categoriale che fonologica); attenzione visuo-spaziale e uditiva; memoria di lavoro verbale e visiva; flessibilità cognitiva; inibizione (Varvara et al., 2014).

In classe, molti compiti richiedono di memorizzare e applicare sequenze di azioni. Gli studenti con DSA e aggiornamento di memoria di lavoro deficitaria tendono a perdere informazioni lungo il processo, per esempio tra un'indicazione e l'altra. Questo porta a esecuzioni errate o parziali. Un utilizzo adeguato della memoria di lavoro è fondamentale per il corretto svolgimento di operazioni multi-step e di monitoraggio dell'errore. Le prime coinvolgono l'integrazione di informazioni multiple mentre le seconde la capacità di autoregolare la prestazione. Deficit in questa componente esecutiva hanno un impatto generalizzato sul rapporto del soggetto con la scuola, estendendo le problematiche a una più generale gestione del lavoro in quell'ambiente (Morgan et al., 2017).

Un'altra funzione esecutiva che pare alterarsi nella condizione di DSA è l'inibizione. Individui con ridotte capacità di inibizione mostrano maggiore impulsività, scarsa regolazione del comportamento in aula e difficoltà nel monitorare le proprie risposte. In particolare, i bambini dislessici mostrano difficoltà a inibire risposte automatiche errate. Leggere velocemente parole simili ad altre ma semanticamente o fonologicamente diverse risulta per loro complicato. La precisione nelle attività scolastiche ne risente di conseguenza. Prestazioni insufficienti sono frequenti in compiti che richiedono attenzione al dettaglio, come la correzione di errori. Questi aspetti compromettono anche lo svolgimento efficiente e autonomo di attività scolastiche quotidiane quali l'organizzazione del lavoro, la gestione del tempo e la capacità di autocorrezione (Varvara et al., 2014).

Nella triade delle funzioni esecutive fondamentali (Miyake et al., 2000), la flessibilità cognitiva sembra essere la meno influente sulle prestazioni accademiche. L'evidenza

empirica sul legame tra flessibilità cognitiva e difficoltà scolastiche nei bambini con disturbi specifici dell'apprendimento è meno consolidata rispetto alle altre due componenti esecutive. Tuttavia, sembrerebbe essere noto come anche un'alterazione nei processi di *shifting* possa contribuire al rischio di difficoltà accademiche persistenti. Alcuni studi suggeriscono che la flessibilità cognitiva diventi particolarmente rilevante durante gli ultimi anni della scuola primaria, quando le richieste di adattamento cognitivo aumentano. In generale l'adattabilità agli ambienti e ai compiti scolastici si rivela essere una qualità molto importante per uno studente. Nello studio di Varvara e collaboratori (2014) è segnalato come difficoltà di *shifting* possano compromettere l'applicazione del metodo di studio adottato dal soggetto. Studenti con DSA, capaci di scarsa flessibilità, faticano a cambiare strategia, ad adattarsi alle richieste scolastiche o ad integrare informazioni complesse, mostrando, in questi casi, difficoltà nella gestione autonoma delle attività.

Difficoltà nel funzionamento esecutivo di individui con sintomatologia dislessica non influiscono esclusivamente sulle dinamiche *cool*⁶. Sono infatti compromesse anche le aree di percezione emotiva del compito e di un suo eventuale fallimento, in particolare le componenti motivazionali del soggetto e la sua gestione delle frustrazioni. Alterazioni in questi domini comportano anche effetti negativi sull'autoefficacia scolastica (Varvara et al., 2014).

Nel contesto scolastico sono disponibili numerose strategie per tutelare questo tipo di studenti. Le linee guida suggeriscono di fornire istruzioni a piccoli passi, usare schemi visivi, ridurre le fonti di distrazione, concedere tempi più lunghi. Nella pratica è raccomandato agli operatori l'utilizzo di mediatori visivi e la semplificazione dei testi da somministrare al ragazzo. Per lo studente è invece concesso l'utilizzo di mappe concettuali e strumenti compensativi (anche elettronici). Dall'analisi della letteratura emerge che tra i disturbi più frequentemente in comorbidità con i DSA vi sia il disturbo da deficit dell'attenzione/iperattività (CNOP, 2016).

⁶ Si veda Capitolo 2, Sottocapitolo 2.4

3.2 Funzioni esecutive nel Disturbo da Deficit di Attenzione e Iperattività

Nel DSM-5, il Disturbo da Deficit di Attenzione e Iperattività (ADHD) viene definito come un pattern persistente di disattenzione e/o iperattività-impulsività che interferisce con il funzionamento o lo sviluppo della persona. Per procedere con una diagnosi devono essere presenti almeno sei sintomi di disattenzione e/o iperattività-impulsività per i bambini fino a 16 anni; per adolescenti e adulti ne sono sufficienti cinque. Questi devono interferire con il funzionamento sociale, scolastico o lavorativo. Occorre infine che si manifestino in almeno due contesti diversi, come possono esserlo quello scolastico e quello familiare.

Sono compresi nei sintomi di natura disattentiva i seguenti:

- difficoltà a prestare attenzione ai dettagli o errori di distrazione;
- difficoltà a mantenere l'attenzione nei compiti o durante il gioco;
- difficoltà di ascolto quando si parla direttamente;
- difficoltà a seguire istruzioni e completare i compiti;
- difficoltà nell'organizzazione delle attività;
- difficoltà ad impegnarsi in compiti che richiedono sforzo mentale prolungato;
- perdita frequente di oggetti necessari;
- facilità di distrazione da stimoli esterni;
- dimenticanze nelle attività quotidiane.

Sono compresi nei sintomi di natura iperattiva/impulsiva i seguenti:

- si mostra irrequieto (muove mani o piedi, si dimena);
- abbandona il posto in situazioni in cui è richiesto di restare seduto;
- corre o si arrampica in situazioni inappropriate;
- risulta difficile giocare o svolgere attività in modo tranquillo;
- è spesso "in movimento" come se fosse "motorizzato";
- parla eccessivamente;
- risponde prima che la domanda sia completata;
- fa fatica ad attendere il proprio turno;
- interrompe o si intromette nelle conversazioni o nei giochi altrui.

Se un soggetto presenta esclusivamente sintomi di disattenzione, viene posta la precisazione di *sottotipo disattento*; se presenta esclusivamente sintomi di iperattività/impulsività quella di *sottotipo iperattivo-impulsivo*; se presenta entrambe le problematiche, allora si avrà un *sottotipo combinato*.

DuPaul e collaboratori (2014) notarono che un funzionamento atipico come quello in bambini con ADHD contribuisce significativamente alle loro difficoltà scolastiche. Questa sintomatologia causa difficoltà a pianificare, iniziare, monitorare e completare i compiti, oltre che una certa incapacità nel gestire il tempo, nell'organizzare il materiale e nel tenere a mente le istruzioni. Insufficienti abilità di monitoraggio dell'errore e di autovalutazione arricchiscono il quadro. Individui con questo disturbo sono caratterizzati da una certa dose di impulsività nelle risposte, con annessa scarsa autoregolazione e quindi difficoltà a seguire le regole. Vengono segnalati anche bassi livelli di autostima e motivazione, probabilmente dovuti a un apprendimento scolastico atipico (DuPaul et al., 2014). Molti autori a riguardo hanno reputato necessario collegare queste dinamiche ad atipicità nelle funzioni esecutive. Tra questi vi è sicuramente Barkley (1997), psicologo di riferimento per quanto riguarda questo disturbo. Nel suo studio propose una teoria unificante dell'ADHD centrata sul deficit di inibizione comportamentale e sul suo impatto nel dominio esecutivo. Per farlo si basò su evidenze che individuano i deficit più consistenti nelle persone con ADHD: inibizione comportamentale, memoria di lavoro, regolazione della motivazione e controllo motorio. L'idea di Barkley (1997) è che, in questi quadri clinici, il deficit primario è rappresentato da scarse abilità di inibizione comportamentale e che questa mancanza, a cascata, altera negativamente gli altri tre domini. Le persone con ADHD possono avere infatti difficoltà a mantenere attive le informazioni necessarie per svolgere compiti, seguire istruzioni e pianificare azioni nell'immediato. Nel contesto scolastico questo si traduce in criticità nel risolvere problemi matematici e comprendere testi complessi (DuPaul et al., 2014). Altri studi individuarono come principali sedi del deficit la memoria di lavoro visuo-spaziale, verbale e fonologica (Best & Miller, 2010) (Rapport et al., 2009). I meccanismi di autoregolazione dell'affetto, della motivazione e dell'attivazione sensoriale (*arousal*) sono spesso compromessi. In altre parole, questa particolare patologia comporta incapacità di gestire le emozioni e di mantenere e modulare il livello di attivazione in modo appropriato.

Gli studi di Barkley (1997) fornirono una solida prospettiva sulla concettualizzazione del disturbo ADHD. Per l'autore il punto di partenza fu rappresentato unicamente dall'inibizione e solo come conseguenza vi era poi un deficit generale su tutto il profilo cognitivo. E' necessario però approcciare questa conclusione con una prospettiva più moderna del dominio esecutivo e in particolare con una di natura multicomponentiale. A tale proposito, è già stata illustrata in questo elaborato la grande validità del modello di Miyake e collaboratori (2000). Pertanto, tenendo conto di quanto appena detto, si può affermare che, nel ventaglio delle varie componenti esecutive, un deficit inibitorio assume un ruolo prioritario. Come è emerso da uno studio di Best e Miller (2010), in questa patologia esiste un forte legame tra memoria di lavoro e inibizione. Difficoltà nella prima sembrano alimentare l'atipicità della seconda. In particolare, dove ci sono impedimenti nelle operazioni di mantenimento di informazioni ci sono anche nelle attività di manipolazione delle stesse. Questo comporta problematiche significative nel controllare automatismi o emozioni improvvise, operazioni sottese al campo inibitorio. A conferma di questa stretta connessione tra le due abilità cognitive vi è l'ambiguità del fattore causante il deficit. Gli autori (Best & Miller, 2010) spiegarono come il fallimento nel percorso di esecuzione di un compito possa essere determinato sia da un errore di memoria che da una problematica inibitiva. Lo studente potrebbe infatti non aver mantenuto la nuova istruzione come potrebbe non essere stato capace di sopprimere la vecchia in tempo. Individui con disturbo ADHD presentano difficoltà nei processi di apprendimento scolastico nonostante siano a conoscenza delle operazioni corrette da effettuare per eseguire un compito. Pertanto, è da escludere la mancata consapevolezza di metodo come variabile causante i deficit di prestazione (Best & Miller, 2010).

Oltre a inibizione e memoria di lavoro vi sono altre funzioni esecutive che sono spesso compromesse nei bambini con ADHD: flessibilità cognitiva (con conseguente perseverazione), pianificazione e regolazione emotiva. Alterazioni nelle attività di pianificazione generano difficoltà a stabilire obiettivi, pianificare le attività, organizzare il materiale scolastico e gestire il tempo. Deficit nelle abilità di gestione emotiva comportano difficoltà a controllare l'impulsività e modulare le reazioni emotive. Emerge anche una certa criticità nel porsi obiettivi da raggiungere, soprattutto se a lungo termine (DuPaul et al., 2014). Le linee guida per la tutela del percorso scolastico di

individui con questo tipo di disturbo sono molto simili a quelle da adottare nei confronti di studenti con DSA. In base alle specifiche esigenze dello studente, la pratica educativa va personalizzata a prescindere. E' richiesta agli insegnanti una somministrazione di prove scritte suddivise in più parti, che garantisca tempi più lunghi e la possibilità di utilizzo di strumenti compensativi, come computer o registratori. Devono essere previste e tollerate pause frequenti. Il personale scolastico è sempre tenuto a offrire allo studente la possibilità di scelta tra diverse modalità di svolgimento delle varie attività previste. Risulta inoltre necessario strutturare l'ambiente nel quale viene inserito lo studente con ADHD, in modo tale da ridurre al minimo le fonti di distrazione e garantire un certo livello di prevedibilità; per richiamare l'attenzione è consigliato l'utilizzo di segnali prettamente visivi o verbali (Harrison et al., 2013).

CAPITOLO IV

VALUTARE LE FUNZIONI ESECUTIVE

In letteratura sono riportate prestazioni in particolari tipologie di compiti che fanno intuire l'emergere delle funzioni esecutive già nella prima infanzia (Lehto et al., 2003). Queste evidenze suggeriscono l'importanza di valutazioni precoci per identificare soggetti a rischio di un futuro rallentamento nell'apprendimento con annesso insuccesso scolastico (Morgan et al., 2017). I test per misurare le funzioni esecutive sono strumenti neuropsicologici standardizzati adibiti all'indagine delle capacità cognitive che regolano il comportamento e il pensiero. Fondamentali in ambito clinico, educativo e di ricerca, questi possono essere adoperati per il monitoraggio dello sviluppo di determinate capacità o per affiancare un intervento riabilitativo durante tutto il percorso di cura. Quando un ricercatore o un clinico vuole valutare una determinata funzione esecutiva è fondamentale che il contesto di somministrazione del compito presenti un impatto emotivo più nullo possibile.

Tra i disturbi del neurosviluppo, ad oggi, non esiste un disturbo specifico delle funzioni esecutive. Pertanto, la loro valutazione funge da supporto al clinico per la definizione del profilo cognitivo di un soggetto o per la pianificazione di determinate tipologie di trattamento. Molti test richiedono l'attivazione contemporanea di più processi cognitivi: coinvolgendo più componenti risulta difficile isolare l'operato di una singola determinata funzione. La natura dei test viene inoltre concettualizzata in maniera varia, riproducendo l'ambiguità teorica caratteristica del costrutto delle funzioni esecutive (Best & Miller, 2010). Nonostante la loro applicazione conservi una notevole utilità nella pratica clinica, Best e Miller (2010) suggerirono di approcciare questi strumenti con una prospettiva critica e consapevole delle loro limitazioni. Inoltre, per la scelta dei test bisogna sempre avere chiaro quale sia il modello teorico a cui fare riferimento. A questo proposito, il modello maggiormente preso in considerazione è quello di Miyake e collaboratori (2000). Pertanto, verranno illustrati gli strumenti clinici più utilizzati nei contesti scolastici e in linea con questo approccio: test standardizzati e affidabili per la valutazione delle tre funzioni esecutive fondamentali: aggiornamento della memoria di lavoro, flessibilità cognitiva e inibizione.

4.1 Test per misurare l'aggiornamento della memoria di lavoro

La WISC-V è una delle batterie cliniche più utilizzate per valutare le capacità cognitive dei bambini tra i 6 e i 16 anni e 11 mesi. Sembrerebbe essere lo strumento più utilizzato in ambito scolastico per prevedere difficoltà e per identificare le aree dello studente da supportare con interventi educativi personalizzati. Include 6 indici primari che misurano aspetti specifici delle funzioni cognitive tramite sub-test. Uno di questi indici è interamente dedicato alla valutazione della memoria di lavoro (IML). Tra i test maggiormente indicati per l'indagine di questa funzione esecutiva vi sono il Test di ordinamento di cifre (*Digit Span Test*), il Test di ordinamento di immagini (*Picture Span Test*) e il Test di ordinamento di lettere e numeri (*Letter-Number Sequencing*). Il *Digit Span Test* valuta la memoria di lavoro verbale e a seconda del compito si distingue in: *Digit Span Forward*, *Digit Span Backward*, *Digit Span Sequencing*. Ogni variante del test ha una consegna specifica che il soggetto è tenuto a rispettare. L'esaminatore legge una sequenza di cifre a velocità costante e il partecipante deve ripeterla rispettando l'indicazione fornita. La lunghezza delle sequenze aumenta progressivamente fino a che la persona riesce a riprodurle senza commettere errori. Dopo due errori consecutivi il test si interrompe. Il *Digit Span Forward* richiede di ripetere le cifre nello stesso ordine in cui vengono fornite. Il *Digit Span Backward* obbliga il soggetto a manipolare le informazioni per restituire la sequenza in ordine inverso. Il *Digit Span Sequencing* adopera la stessa richiesta ma in ordine numerico crescente. Il numero di sequenze ripetute correttamente per ciascuna condizione genera un punteggio che riflette le capacità di memoria di lavoro verbale dell'individuo (ogni risposta corretta vale un punto). Si registra inoltre, per ciascuna condizione, un valore che identifica la sequenza più lunga correttamente ripetuta (*span* di memoria). Il *Digit Span* è adatto a valutare la memoria di lavoro perché richiede di mantenere, aggiornare e manipolare informazioni in tempo reale, in assenza di supporti visivi o scritti, mettendo così alla prova sia il magazzino fonologico sia i processi esecutivi centrali (Rothen et al., 2012). La letteratura recente avverte però che solo le ultime due varianti in elenco testano effettivamente la memoria di lavoro. Il *Digit Span Forward* richiede infatti di mantenere semplicemente l'informazione e non di riordinarla attivamente: un compito di questo tipo è maggiormente riconducibile all'attività della memoria a breve termine (Rothen et al., 2012; Diamond, 2013). Il *Picture Span Test* richiede di

codificare e mantenere sequenze di stimoli visivi, di riprodurli in un certo ordine e di discriminare tra informazioni target e distrattori. Questi processi cognitivi coinvolgono il taccuino visuo-spaziale e le componenti esecutive della memoria di lavoro. Nella situazione iniziale il partecipante osserva visivamente una serie di immagini presentate una alla volta su uno schermo. Dopodiché viene disposta davanti a lui un'un'altra serie di immagini e gli viene chiesto di selezionare quelle viste in precedenza, indicandole nell'ordine di presentazione corretto. L'esaminatore è tenuto ad aumentare gradualmente la frequenza di somministrazione. Le immagini disposte possono rappresentare oggetti familiari o di uso quotidiano. Il numero di sequenze riprodotte correttamente e nell'ordine esatto genera un punteggio, oltre che uno *span* (lunghezza massima di sequenza). Il test si interrompe dopo un certo numero di errori consecutivi compiuti durante sequenze di uguali lunghezze. Questo test indaga la capacità di trattenere, aggiornare e ordinare mentalmente informazioni visive. È particolarmente utile per valutare la memoria di lavoro nelle persone che possono avere difficoltà con i compiti verbali, fornendo una dimensione cognitiva più equa (Rothen et al., 2012). Il *Letter-Number Sequencing Test* (LNS) si distingue per il suo livello di complessità e per la richiesta di processi cognitivi avanzati. Tali caratteristiche lo rendono uno strumento particolarmente adatto per rilevare le abilità esecutive negli adolescenti. Questo test si concentra sulla valutazione della memoria di lavoro verbale. L'esaminatore legge al bambino una sequenza composta da numeri e lettere mescolati in ordine casuale. Il compito del bambino è quello di ripetere prima i numeri in ordine crescente e poi le lettere in ordine alfabetico. Per quanto riguarda il livello di manipolazione mentale delle informazioni richiesto all'individuo, le sequenze sono appositamente impostate per rendere il compito sempre più impegnativo: iniziano con due elementi e aumentano progressivamente in lunghezza. Il punteggio è dato dal numero di sequenze ripetute correttamente, standardizzato sulla base di dati normativi per età. Ciò consente un confronto oggettivo con la popolazione di riferimento. Ogni risposta esatta vale un punto. Quando il bambino commette errori in entrambe le prove di una stessa lunghezza il test si interrompe. Il punteggio totale riflette la capacità di mantenere, aggiornare e riorganizzare attivamente le informazioni verbali. A differenza dei classici strumenti valutativi che richiedono la ripetizione di cifre in avanti o all'indietro, il *Letter-Number Sequencing Test* impone al soggetto di mantenere in memoria una sequenza,

suddividerla mentalmente in due gruppi (numeri e lettere), ordinarli secondo criteri diversi e poi ripeterli. Tale metodologia è più adatta a simulare le richieste cognitive tipiche delle attività scolastiche e della vita quotidiana. Il test è risultato essere sensibile a deficit specifici della memoria di lavoro e delle funzioni esecutive, dimostrandosi utile nella diagnosi dei Disturbi Specifici dell'Apprendimento (Rothen et al., 2012).

L'applicazione congiunta di questi test, tramite l'utilizzo di batterie come la WISC V, permette di indagare in modo specifico e differenziato le principali componenti della memoria di lavoro, garantendo una valutazione completa e affidabile di questa funzione esecutiva (Rothen et al., 2012).

Il Test dei Blocchi di Corsi (Lezak, 1983, cit. in Diamond, 2013) rappresenta uno degli strumenti più utilizzati a livello internazionale per la valutazione della memoria di lavoro, e in particolare di quella visuo-spaziale. Tale componente si attiva quando è necessario mantenere e manipolare temporaneamente informazioni relative alla posizione e all'ordine di elementi nello spazio. Il protocollo prevede che il partecipante osservi l'esaminatore che tocca una serie di blocchi, per poi toccarli nello stesso ordine. Diffusosi rapidamente in ambito clinico, il test viene utilizzato per valutare questa capacità cognitiva in tutto il ciclo evolutivo, dall'età prescolare fino agli anziani. E' tuttora adoperato a fini valutativi in individui con disturbi neurologici, deficit cognitivi, sindromi genetiche, demenze e lesioni cerebrali. La somministrazione include una tavoletta su cui sono disposti in modo irregolare nove blocchi identici. Il clinico tocca con un dito una sequenza di blocchi, aumentando progressivamente la lunghezza della sequenza da due fino a nove elementi. Dopo questa operazione, il partecipante è invitato a riprodurre la stessa sequenza toccando i blocchi nello stesso ordine. Il compito prevede sia una modalità diretta, più diffusa e standardizzata, che una inversa: nella prima l'ordine di selezione dei blocchi deve essere semplicemente riprodotto, nella seconda il soggetto deve riportarlo in ordine invertito. Il calcolo del punteggio si basa sul numero massimo di blocchi selezionati dal partecipante in ordine corretto (*span*). Per ogni sequenza sono disponibili tre tentativi e se l'individuo ne fallisce due la prova si interrompe. Oltre allo *span*, si possono indicare anche valori che esprimono il numero totale di sequenze corrette, le eventuali presenze di errori di ordine nella scelta dei blocchi e i tempi di risposta. Tuttavia, la misura dello *span* rimane l'indicatore

principale su cui fare affidamento. Il test di Corsi è adatto a valutare la memoria di lavoro visuo-spaziale perché la sua applicazione permette di isolare la componente non verbale della memoria di lavoro, evitando interferenze linguistiche e consentendo di misurare in modo specifico la capacità di rappresentare, mantenere e riprodurre sequenze spaziali. Il compito richiede sia l'attenzione alla posizione dei blocchi sia la capacità di codificare e recuperare l'ordine seriale degli stimoli, due processi fondamentali per questa componente mnemonica. L'ampia applicazione dello strumento in diverse fasce d'età e condizioni cliniche ha permesso di accumulare una vasta letteratura che ne conferma la validità e l'utilità. Non essendo complicato da eseguire, esistono versioni più moderne e adattate all'utilizzo del computer (Berch et al., 1998).

4.2 Test per misurare la flessibilità cognitiva

I test clinici che valutano le capacità di flessibilità cognitiva di un individuo utilizzano compiti specifici. Questi richiedono abilità di alternanza tra due dimensioni diverse all'interno della stessa sfida. Le dimensioni possono coinvolgere la scelta tra una vocale o una consonante, tra un numero pari o dispari, tra forma o colore, tra destra o sinistra o tra in alto o in basso. Le modalità utilizzate prevedono stimoli bivalenti. I compiti di *shifting* differiscono da quelli di inibizione perché richiedono il passaggio tra due o più schemi mentali anziché l'inibizione di una singola risposta. Nei primi inoltre viene promossa una strategia basata sull'utilizzo dei feedback nel corso di svolgimento della prova (Diamond, 2013).

Il *Trail Making Test* (TMT) (Penny et al., 2003, cit. in Allen et al., 2011) è uno degli strumenti più utilizzati in ambito clinico e neuropsicologico per valutare il dominio cognitivo di un individuo, le sue capacità di attenzione e, in generale, la velocità di elaborazione mentale. E' composto da due sezioni, A e B. La Parte B è particolarmente adatta all'indagine di una delle tre funzioni esecutive fondamentali (Miyake et al., 2000): la flessibilità cognitiva. Al bambino viene infatti somministrato un compito che richiede capacità di alternanza tra compiti diversi e di gestione attiva di conflitti tra informazioni contrastanti. Il test consiste nella presentazione di un foglio su cui sono stampati casualmente numeri (da 1 a 13) e lettere (dalla A alla N). La sfida è quella di collegare determinati cerchi seguendo una sequenza specifica. E' necessario che ogni

numero sia disposto in ordine crescente e che tra un numero e l'altro venga posta una lettera seguendo l'ordine alfabetico. Una sequenza che rispetta l'indicazione richiesta assume la seguente forma: 1 – A – 2 – B – 3 – C, e così via. L'individuo è dunque tenuto a passare mentalmente da una categoria all'altra, controllando le risposte automatiche e mantenendo attiva la regola del compito. La somministrazione del TMT-B prevede sempre una breve prova di comprensione, utile per assicurarsi che il paziente abbia afferrato la logica dell'esercizio. Viene documentato il tempo di esecuzione. Eventuali errori del partecipante vengono immediatamente corretti senza fermare il cronometro; questa scelta permette di integrare nel tempo totale anche la difficoltà nel riconoscere e correggere gli errori, rendendo la prova ancora più sensibile. Il punteggio finale è dato dal numero di secondi impiegati per completare la prova. Il TMT-B si è rivelato molto pratico per l'utilizzo clinico, richiedendo tempi di somministrazione compresi tra cinque e dieci minuti. La sensibilità del test nel riscontrare miglioramenti o peggioramenti nel tempo lo rende adatto alla valutazione della flessibilità cognitiva in contesti scolastici. Esistono anche versioni computerizzate e orali del test, utili per pazienti con difficoltà motorie o visive (Allen et al., 2011).

Il *Wisconsin Card Sorting Test* (WCST) (Stuss et al., 2000, cit. in Diamond, 2013) è un altro strumento clinico ampiamente utilizzato a livello internazionale per la valutazione della flessibilità cognitiva. E' utilizzabile con individui di età compresa tra sei anni e mezzo e 89 anni. Il test richiede al soggetto di sviluppare e mantenere strategie efficienti per adattarsi a condizioni di stimolo che cambiano nel corso della prova. Queste abilità riflettono la capacità di modificare il proprio comportamento in base a nuove regole. Esistono due versioni principali del WCST: la versione standard da 128 carte e la versione abbreviata da 64 carte (WCST-64). Quest'ultima, pur presentando le stesse caratteristiche della versione integrale, ne cambia la durata: i tempi di somministrazione vengono ridotti da 20-23 minuti a 10. La metodologia prevista sembra allinearsi meglio con la modernità dei tempi recenti, caratterizzata da un utilizzo, sempre più frequente, di interfacce elettroniche. La natura del test può quindi essere sia cartacea che computerizzata. In entrambi i casi però, è fondamentale che l'individuo venga testato sotto la supervisione di un esaminatore qualificato, in un ambiente tranquillo e privo di distrazioni. Durante la prova, il partecipante si trova di fronte a quattro carte chiave che differiscono per colore, forma e numero di simboli. Una alla volta gli viene chiesto di

abbinare le carte del mazzo a una delle carte chiave, senza conoscere la regola di ordinamento. Questa può seguire principi come colore, forma o numero specifici. Dopo ogni risposta, l'esaminatore, senza rivelare la regola da seguire, informa il soggetto sull'esito della scelta fatta (*feedback*). L'esito è dicotomico: "corretto" o "sbagliato". Una volta che il soggetto ha effettuato un certo numero di risposte corrette consecutive (di solito 6-10), la regola cambia senza preavviso, e il partecipante deve quindi capire autonomamente quale sia la nuova regola applicabile. Questo meccanismo stimola le capacità di abbandonare strategie precedenti in favore dell'adozione di nuovi percorsi, in altre parole la flessibilità cognitiva. Il punteggio finale si basa su diversi indici, tra cui il numero di categorie completate (cioè quante volte il soggetto riesce a individuare correttamente la regola e a mantenerla), il numero di errori perseverativi (quando il partecipante continua ad applicare una regola ormai non più valida), il numero di errori non perseverativi (errori casuali o dovuti a disattenzione), il numero di tentativi necessari per completare la prima categoria e il fallimento di mantenimento del set (che indica la difficoltà a mantenere una strategia vincente anche dopo averla individuata). I punteggi ottenuti vengono poi normalizzati tramite confronto con età e livello di istruzione, al fine di una più corretta interpretazione clinica. Nonostante Best e Miller (2010) misero in guardia gli operatori, in quanto i compiti somministrati in questo test richiedono la coordinazione di più processi mentali, il WCST è considerato il migliore strumento per la valutazione della flessibilità cognitiva perché richiede al soggetto di adattarsi in modo dinamico a cambiamenti imprevedibili nelle regole, simulando situazioni reali in cui è necessario modificare rapidamente strategie e comportamenti. Un vantaggio che rende questo strumento uno dei più utilizzati dai professionisti è la semplicità delle istruzioni fornite al partecipante e la riduzione al minimo delle loro spiegazioni. La metodologia di fatto non si basa su linguaggio. La sensibilità del test lo rende particolarmente utile nella diagnosi di disturbi come il Disturbo da Deficit di Attenzione e/o Iperattività (PAR Staff, 2021).

Zelazo e colleghi (1996, 2003, cit. in Diamond, 2013) svilupparono forse lo strumento con la più semplice applicazione pratica di cambio di strategie: il *Dimensional Change Card Sort Test* (DCCS). Questo test è stato progettato per valutare specificatamente la flessibilità cognitiva in soggetti giovani di età superiore ai 3 anni. Gli stimoli forniti sono bivalenti e la risposta corretta per un compito è errata per l'altro. Nella fase iniziale del test si indica alla persona di ordinare sei carte secondo una dimensione specifica scelta tra colore o forma. Successivamente viene chiesto di ripetere l'operazione ordinando le carte secondo la dimensione ignorata nella fase iniziale. Tenuto conto del poco numero di carte adoperate, lo sforzo mnemonico è volutamente ridotto al minimo. Ogni possibile risposta (la scelta della carta) è accompagnata da un'illustrazione che mostra le caratteristiche associate; nello stesso momento l'esaminatore ricorda al soggetto la regola da seguire a ogni prova. Il DCCS individua capacità deficitarie di flessibilità cognitiva quando il giovane mostra difficoltà a risolvere una particolare tipologia di conflitto cognitivo, definita *inerzia attentiva*. Questo termine esprime la tendenza a continuare a focalizzare l'attenzione su uno stimolo non più rilevante, semplicemente perché in un momento precedente lo era. Nella dinamica del test in esame, per esempio, il partecipante è perfettamente in grado di ordinare per colore o per forma nella situazione iniziale. E' poi consapevole, nella fase successiva, della maggior rilevanza che porta la nuova dimensione. E' anche in grado di ordinare le carte secondo la regola corrispondente. Fallisce però nell'effettiva messa in pratica del passaggio alla nuova condizione. Esiti simili, dovuti a questo tipo di conflitti, sono individuati da strumenti clinici con metodologie comparabili. Nei test basati sull'utilizzo di figure ambigue vengono somministrate al partecipante immagini rappresentanti contemporaneamente due figure diverse. Si chiede alla persona di illustrare la figura notata. Successivamente si indirizza il soggetto verso la seconda possibile interpretazione della figura. Profili con scarse abilità di flessibilità cognitiva fanno fatica a cambiare punto di vista: non riescono a disancorarsi dallo schema mentale primario (Diamond, 2013).

La Figura 2 è un esempio di figura ambigua utilizzata in queste tipologie di test. Si può notare sia una giovane donna ritratta di profilo che un'anziana signora.



Figura 2. *My Wife and My Mother-in-Law*

(Hill, 1915)

4.3 Test per misurare l'inibizione

Tipicamente, l'inibizione in un ambiente di laboratorio è valutata utilizzando compiti che richiedono la cessazione volontaria di una risposta o la soppressione di interferenze del contesto che distraggono dalla realizzazione dell'obiettivo target. In ambito clinico vi è un'ampia varietà di test ideati per stimolare tutte le operazioni cognitive legate a questa particolare funzione esecutiva.

Il Test di Stroop (1935, cit. in Miyake et al., 2000) è uno degli strumenti più utilizzati. Indaga la capacità di una persona di ignorare informazioni irrilevanti o interferenti per portare a termine un compito. La sua valutazione è molto importante poiché quest'abilità è essenziale per prendere decisioni corrette e per gestire gli impulsi nel quotidiano. Il test presenta una forma molto semplice. Al partecipante vengono mostrati

vocaboli indicanti nomi di colori. Queste parole però possono essere scritte con un inchiostro corrispondente al nome del colore indicato oppure no. Per esempio, la parola *giallo* può essere riportata in inchiostro giallo (situazione congruente) oppure in inchiostro di qualsiasi altro colore diverso (situazione interferente). Il test prevede due fasi. Nella prima l'esaminatore si accerta del livello di comprensione necessaria per partecipare alla valutazione: tramite semplice somministrazione di parole e di macchie di colore, chiede al soggetto di leggere e indicare i colori riportati. Nella seconda fase viene introdotta incongruenza tra le due dimensioni: il soggetto è tenuto a nominare solo il colore dell'inchiostro utilizzato per scrivere la parola e mai quello effettivamente indicato dalla stessa. In questo modo si genera un meccanismo conflittuale che permette di valutare la qualità dell'utilizzo di abilità inibitorie da parte dell'individuo. Viene registrato il tempo impiegato per completare ciascuna fase. Solitamente la risposta subisce un rallentamento quando il significato semantico delle parole è di un colore diverso da quello con cui sono stampate. La misura chiave della prestazione è data dalla differenza dei tempi di reazione tra condizione congruente e interferente (effetto Stroop): più è alta, più il soggetto ha difficoltà a inibire la risposta automatica (il significato della parola). Oltre al tempo, vengono documentati anche gli errori compiuti dal partecipante. In alcune versioni, ogni errore comporta un'aggiunta temporale. Il test di Stroop è considerato uno strumento clinico valido e affidabile. Viene spesso adoperato nella diagnosi di condizioni legate all'impulsività e al controllo cognitivo, come quelle tipiche di pazienti con ADHD. Negli anni sono state sviluppate numerose varianti del test che differiscono nella presentazione degli stimoli (singola, a scelta multipla, uditivi, visivi). Sono stati ideati anche test di Stroop validi per l'indagine dell'inibizione in contesti affettivi come quelli caratterizzati da percezione di ansia o fobia. In questi casi le parole somministrate riflettono contenuti emotivi (MacLeod, 1991).

Il *Go/No-Go task* (Helmers et al., 1985, Newman et al., 1985, cit. in Yechiam et al., 2006), viene adoperato per avere una misura accurata della capacità dell'individuo di prendere decisioni immediate; queste dinamiche richiedono un certo livello di controllo dell'impulsività da parte della persona. In questo test, il partecipante è tenuto a fornire una risposta motoria rapida, premendo un pulsante, agli stimoli *Go*, e di inibire lo stesso tipo di risposta agli stimoli *No-go*. Poiché lo sforzo cognitivo richiesto è piuttosto basso,

viene di solito adottata una metodologia che implica un gran numero di tipologie diverse di compiti: solo una parte di questi sono effettivamente prove *Go/No-go*. Ciò permette che le risposte nelle situazioni *Go* diventino impulsive, garantendo effettive possibilità di pressione errata del pulsante (errore di commissione) nelle condizioni *No-go*. Vengono poi riportati i tempi di risposta, l'accuratezza, il numero di errori di commissione, il numero di errori di omissione (mancata pressione del pulsante nelle prove *Go*) (Newman & Kosson, 1986). Secondo Yechiam e collaboratori (2016), commettere un errore di commissione potrebbe riflettere una generale lentezza dell'individuo nell'apprendimento. La causa sembrerebbe essere un utilizzo deficitario dei modelli di scelta dei contenuti da inibire o da non inibire. Quest'ipotesi suscita interesse verso l'applicazione del *Go/No-go Task* per indagare dinamiche inerenti all'attività scolastica.

Lo *Stop-Signal Task* (SST) (Logan 1994, cit. in Miyake et al., 2000), permette di capire se una scarsa prestazione nell'inibizione comportamentale sia dovuta a un effettivo deficit del processo inibitorio. Si differenzia dai compiti *Go/No-Go* poiché ai partecipanti viene chiesto di rispondere il più rapidamente possibile sia agli stimoli target che a quelli neutri e di inibire invece le risposte solo su una parte delle prove (quando viene presentato un segnale di arresto). Nel SST, vengono presentati degli stimoli su uno schermo, che prendono il nome di *Go-signal*; questi possono essere per esempio una freccia o una lettera. Il compito prevede un comportamento di risposta che il soggetto è tenuto a dare in maniera rapida e accurata. Per farlo gli basta semplicemente premere un tasto specifico, che varia in base alla risposta che vuole dare. Ogni tanto si verifica la condizione test: dopo il *Go-signal* compare uno *Stop-signal*, ovvero un suono o un segnale visivo. In questa circostanza il partecipante deve trattenersi dall'eseguire la risposta già preparata, inibendo il comportamento automatico. La somministrazione del compito varia in base al ritardo tra la presentazione del *Go-signal* e dello *Stop-signal*. Questa tempistica è definita *Stop-Signal Delay* (SSD); più è lunga e più è difficile inibire la risposta. In questo test viene principalmente indagato il tempo di reazione del segnale di arresto (SSRT), che fornisce una stima quantitativa del tempo necessario per far interrompere una risposta ormai avviata: più è breve e maggiore è la capacità di controllo inibitorio a disposizione del soggetto (Verbruggen & Logan, 2008). Il SST si è rivelato uno strumento valutativo

molto utile nella pratica clinica, contribuendo a uno studio più preciso dei deficit nell'inibizione comportamentale in condizioni patologiche come il disturbo da deficit di attenzione e iperattività (Duque et al., 2017).

Go/No-Go Task e *Stop-Signal Task* sono forse i paradigmi più utilizzati per valutare la soppressione di risposte interferenti. Questo perché la natura del compito somministrato in queste due metodologie non richiede di inibire una risposta per compierne un'altra ma semplicemente di inibire una risposta per non fare nulla. Nel primo caso i compiti richiedono al soggetto di premere un pulsante quando appare lo stimolo *Go* ma di non premerlo quando compare lo stimolo *No-go*. Nel secondo caso il partecipante è tenuto a non premere il pulsante quando compare il segnale di stop (*Stop-signal*). Strumenti clinici che invece si basano sull'inibizione di un comportamento in favore di un altro operano in un campo di operazioni mentali più specificamente sottintese al dominio di abilità legate alla flessibilità cognitiva (Diamond, 2013).

CAPITOLO V

POTENZIARE LE FUNZIONI ESECUTIVE

Potenziamenti compromissioni nelle funzioni esecutive possono generare effetti a cascata su vari processi cognitivi. E' vero anche l'opposto: miglioramenti nelle funzioni esecutive possono portare benefici in aree collegate a questo dominio. In letteratura, tale fenomeno è noto come *effetto di trasferimento lontano*. Potenziare le funzioni esecutive attraverso interventi mirati potrebbe quindi migliorare le prestazioni scolastiche. Il processo prevede non solo un certo livello di progresso in compiti differenti, ma anche in contesti simili o già noti all'individuo. Tuttavia, un effetto del genere non sembra estendersi a componenti esecutive diverse da quelle allenate (Diamond & Ling, 2016).

Per potenziare le funzioni esecutive sono sufficienti anche piccoli accorgimenti nella pratica educativa. Bambini di tre anni mostrano difficoltà a integrare mentalmente dimensioni, come colore o forma, se non fanno parte dello stesso oggetto; quando invece queste coesistono in esso, può capitare che non riescano a separarle. Basterebbe offrire un supporto alle loro abilità concettuali emergenti, garantendo una certa frequenza nella differenza di stimoli materiali con cui il bambino entra in contatto nel quotidiano. In questo modo il soggetto sarà in grado di dimostrare capacità cognitive che prima potevano essere ritenute al di fuori della sua portata (Diamond, 2025). A questo proposito viene evidenziato in letteratura come le funzioni esecutive siano potenziabili anche nei bambini molto piccoli, e come queste pratiche non richiedano necessariamente esperti o strumenti tecnologici (Diamond, 2013). Quando invece si mira a un miglioramento più intenso e mirato delle funzioni esecutive, si può optare per interventi di potenziamento veri e propri. Questi risultano più efficaci quando integrano componente mentale, fisica ed emotiva. I compiti somministrati devono stimolare la motivazione del partecipante e generare in lui emozioni positive. Diamond e Lee (2011) identificarono un requisito essenziale su cui basare un modello di intervento di questo tipo: i compiti presentati devono garantire una complessità graduale e progressiva; inoltre non devono mai essere troppo sfidanti o troppo semplici. È importante che il bambino percepisca la giusta dose di fiducia nelle sue capacità per regolare il proprio funzionamento in autonomia.

“Un trattamento non assomiglia a una pillola da ingerire in precisi momenti della giornata, che richiede quindi pochi minuti di attenzione e che fa effetto indipendentemente dalla disposizione del paziente che assume il farmaco, consiste invece in interventi di tipo specialistico, coadiuvati da un corretto supporto didattico da proporre più volte durante la settimana da persone che devono possedere un certo grado di abilità di relazione allo scopo di favorire, tra l’altro, la motivazione all’apprendimento” (Vio & Tressoldi, 2002, cit. in Marotta & Varvara, 2013, p.114).

La validità di un intervento dipende da una complessa interazione tra fattori biologici, psicologici, sociali e ambientali. Per massimizzarne l’efficacia è necessario personalizzarlo, basando il trattamento sulle caratteristiche individuali e il contesto del paziente. La regola di diversificazione delle attività d’intervento a fini valutativi rimane valida anche per i protocolli di potenziamento. Soprattutto se le abilità da incrementare rientrano nel campo delle funzioni esecutive, dato che si attivano solamente quando al soggetto è richiesto di svolgere un compito che non può essere svolto facendo uso dei comportamenti appresi in precedenza. Un eventuale miglioramento dipende dalla quantità e dalla qualità di tempo passato in queste attività. Diamond e Ling (2016) fecero notare come trattamenti troppo brevi o poco intensi potrebbero non essere efficaci, specialmente nel lungo periodo, mentre trattamenti troppo lunghi potrebbero provocare problemi di adesione ed esperienze negative come noia e frustrazione. Con il termine *effetto catch-up* si definisce il fenomeno per cui, davanti a un compito mirato al potenziamento di determinate abilità, un individuo meno capace apprende maggiormente rispetto a chi ne ha meno bisogno. E’ emerso che gli interventi di potenziamento delle funzioni esecutive sono più efficaci in soggetti con un dominio esecutivo deficitario, confermando questo tipo di effetto (Diamond, 2013). Tra i programmi internazionalmente riconosciuti per il potenziamento delle funzioni esecutive in età evolutiva, spiccano il *Tools of the Mind* e, in maniera indiretta, il metodo PATHS. Agendo su piani cognitivi e motivazionali, queste pratiche si sono dimostrate efficaci nel migliorare abilità mentali come inibizione, memoria di lavoro e flessibilità cognitiva (Diamond & Lee, 2011).

Il *Tools of the Mind* è un programma educativo sviluppato negli Stati Uniti e basato sulle teorie di Vygotsky (Bodrova & Leong, 2007, cit. in Diamond, 2013), che

inquadrano il concetto di zona di sviluppo prossimale come un contesto sfidante nel quale l'individuo si sente sufficientemente motivato al raggiungimento di obiettivi; in questo modo è messo nelle condizioni di apprendere durante l'esperienza. E' importante che le sfide da superare non richiedano eccessivi sforzi; se così non fosse si correrebbe infatti il rischio di sovraccaricare il soggetto, generando in lui sensazioni negative e di bassa autostima. Il *Tools of the Mind* si distingue per il suo approccio integrato allo sviluppo delle funzioni esecutive, fondato sull'importanza dell'interazione sociale e del linguaggio nel processo di apprendimento. L'intervento è rivolto a bambini in età prescolare e nei primi anni della scuola primaria e mira a potenziare lo sviluppo delle funzioni esecutive, in particolare la memoria di lavoro, la flessibilità cognitiva e l'inibizione comportamentale (con conseguente autoregolazione emotiva). Le attività, altamente strutturate e coinvolgenti, supportano lo sviluppo dell'autoregolazione attraverso il gioco simbolico, la pianificazione autonoma e il linguaggio privato (esplicitazioni ad alta voce di ciò che si sta facendo). Alcuni esempi di attività utilizzate nel programma includono giochi di ruolo pianificati, che sollecitano il bambino a scrivere o disegnare cosa farà nel corso del gioco. Così facendo allena le abilità di *shifting* cognitivo, richieste dai compiti di pianificazione (Diamond, 2013), e di aggiornamento della memoria di lavoro. Nelle attività previste di attenzione condivisa, i partecipanti lavorano in coppia e devono controllarsi a vicenda, favorendo inibizione e autoregolazione comportamentale. Rispetto agli individui inseriti in comuni percorsi scolastici, i bambini che partecipano al programma *Tools of the Mind* mostrano miglioramenti significativi nelle funzioni esecutive, maggiore attenzione e prestazioni accademiche più solide. I benefici osservati non si limitano al dominio cognitivo: i partecipanti mostrano maggiore coinvolgimento, senso di efficacia personale, e gioia nell'apprendimento, dimostrando uno sviluppo funzionale delle aree legate all'emozioni e alla motivazione. Nei bambini tra i tre e i sei anni è emerso inoltre un significativo miglioramento della componente inibitoria. L'intervento è particolarmente efficace nei contesti con soggetti provenienti da ambienti socioeconomici svantaggiati (Diamond, 2013).

Il metodo *Montessori* (1949, cit. in Diamond & Lee, 2011) si collega invece più specificatamente al contesto educativo quotidiano. Esistono infatti istituzioni scolastiche che hanno adottato questo approccio per l'insegnamento. Pur non essendo stato

concepito esplicitamente per potenziare le funzioni esecutive, questo metodo si configura come un ambiente educativo altamente favorevole allo sviluppo di esse, soprattutto in età prescolare. Bambini inseriti in queste scuole mostrano, rispetto a coetanei di contesti educativi tradizionali, prestazioni superiori nei compiti che richiedono funzioni esecutive. In particolare, è stato osservato che questi individui commettono meno errori nei compiti di inibizione (*go/no-go*); si è riscontrato anche un aumento nei tempi di attenzione sostenuta, oltre che una migliore regolazione comportamentale e maggiore autocontrollo. Il metodo Montessori utilizza un contesto educativo strutturato, orientato all'autonomia, alla libertà disciplinata e alla responsabilità personale. La cura dell'ordine e la prevedibilità dell'ambiente riducono il carico cognitivo percepito dallo studente, garantendogli ampie possibilità di scelta e stimolando quindi controllo inibitorio e flessibilità cognitiva. L'applicazione di materiali a correzione autonoma insegna al bambino a imparare dagli errori mentre una forte promozione della motricità, generale e fine, potenzia lo sviluppo dell'inibizione pratica. Le modalità di lavoro prevedono lunghe sessioni: l'assenza di pause richiede l'esercizio di capacità di aggiornamento di memoria di lavoro e di attenzione sostenuta. Per rimanere concentrato sul compito il bambino deve inibire qualsiasi informazione che può distrarre dal raggiungimento dell'obiettivo. In relazione alle abilità sopra descritte, si sono osservati miglioramenti significativi soprattutto in bambini di età compresa tra i tre e i sei anni, periodo cruciale per lo sviluppo del dominio esecutivo. Il metodo Montessori mira anche alla promozione di un ambiente emotivo sereno nel quale lo studente possa sviluppare relazioni cooperative, e con esse autoefficacia e autostima. (Diamond & Lee, 2011). Le emozioni infatti influenzano direttamente il funzionamento esecutivo. Percezione di tranquillità, un ambiente rassicurante e relazioni di fiducia liberano risorse cognitive che altrimenti sarebbero occupate nella gestione dello stress o dell'insicurezza. A dimostrazione dell'influenza della componente socio-emotiva per il corretto sviluppo del dominio cognitivo vi sono protocolli di intervento come PATHS (*Promoting Alternative Thinking Strategies*) e CSRP (*Chicago School Readiness Project*), ideati per la promozione di abilità di regolazione emotiva necessarie per un corretto sviluppo sociale. PATHS e CSRP non allenano direttamente le funzioni esecutive, ma agiscono sul contesto emotivo e sociale in cui esse si sviluppano, favorendo un clima che ne consente il pieno esercizio e il

potenziamento. In particolare, nel primo modello, attraverso lezioni strutturate, giochi di ruolo, narrazione e attività guidate, i bambini imparano a riconoscere ed esprimere le emozioni a risolvere conflitti in modo non impulsivo ad attendere il proprio turno e a riflettere prima di agire. Il secondo rappresenta invece un intervento di formazione e supporto psicologico agli insegnanti per migliorare la gestione della classe risolvendo le preoccupazioni vissute dal personale scolastico. Riducendo lo stress ambientale e migliorando la qualità dell'interazione docente-studente, i bambini vivono un ambiente più stabile e prevedibile, dimostrando migliori prestazioni in capacità inibitorie e di memoria di lavoro e migliori risultati in lettura e matematica. Gli effetti positivi del protocollo CSRSP si mantengono nel tempo (Diamond, 2013).

Tra i moderni approcci di potenziamento delle funzioni esecutive in ambito scolastico si sta registrando un sempre più frequente utilizzo di programmi di teleriabilitazione cognitiva. Basati sull'utilizzo di piattaforme digitali, questi interventi coinvolgono attivamente il bambino. L'applicazione a distanza permette di uscire dal classico contesto legato all'edificio scolastico, favorendo l'integrazione tra scuola, famiglia e riabilitazione. Appartengono a questa metodologia contemporanea i *Computerized Training Programs*. Questi strumenti comprendono un ventaglio di compiti di difficoltà progressiva, somministrati tramite computer e spesso applicati per intervenire nel disturbo ADHD. Nonostante sia stata messa in discussione l'effettiva validità per il trasferimento delle abilità allenare in compiti reali, l'efficacia sulle capacità di memoria di lavoro è supportata (Diamond & Lee, 2011). Nei bambini di età compresa tra quattro e sei anni, i giochi computerizzati per l'inibizione non hanno generato miglioramenti statisticamente significativi (Diamond, 2013).

Il *Cogmed Working Memory Training* (Roche & Jhonson, 2014) è tra gli strumenti computerizzati più utilizzati. Ha lo scopo di potenziare l'attenzione e la memoria di lavoro. È un allenamento orientato ad aiutare i soggetti ADHD, con disturbo del linguaggio o persone che hanno delle carenze in queste abilità a seguito di lesioni cerebrali. Il programma può essere utilizzato in generale per il periodo scolastico ma è anche adatto a bambini in età prescolare e adulti; in base alla fascia d'età a cui viene destinato esistono versioni diverse. Il gioco prevede otto attività giornaliere di durata dai 30 ai 45 minuti totali, per cinque giorni a settimana e per cinque settimane consecutive.

Nella versione a distanza per bambini in età prescolare vengono presentati stimoli di parchi gioco molto colorati composti da montagne russe, 21 ruote panoramiche e autoscontro. Ai soggetti viene richiesto di dirigere l'attenzione su una sequenza di elementi e di tenerla in mente. Tramite apposito cursore il partecipante è poi tenuto a colpire degli oggetti bersaglio nello stesso ordine in cui erano stati presentati all'inizio. I bersagli sono creature immaginarie e colorate che, in base alla coerenza della sequenza sorridono o meno al bambino. E' quindi previsto un forte utilizzo di feedback per stimolare flessibilità cognitiva del soggetto. Nella versione scolare il tema principale sono la tecnologia e lo spazio: ai bambini viene chiesto di tracciare e replicare una sequenza di eventi che deve ricordare a memoria. I benefici derivanti da questo training riguardano un miglioramento a breve termine della memoria di lavoro verbale e visuo-spaziale e delle capacità di attenzione focalizzata. Si sono registrate anche riduzioni nei comportamenti iperattivi.

Un altro esempio di protocollo riabilitativo digitale è il *Lumosity Cognitive Training* (Corti et al., 2023), più adatto per un uso rivolto anche agli adolescenti. Il protocollo tiene conto dell'interdipendenza dei diversi sistemi cognitivi e consiste quindi in una stimolazione multipla dei diversi domini. L'obiettivo è quello di un impatto più omogeneo sui pazienti. La durata della sessione di gioco prevista è di 20 minuti al giorno e viene richiesto ai soggetti di eseguire degli esercizi valutati da loro come piacevoli. Gli strumenti basati sul *Lumosity Cognitive Training* stimolano memoria, attenzione, velocità di pensiero, flessibilità cognitiva, e capacità di risoluzione di problemi (*problem solving*). Per ognuno di questi domini viene presentato un gioco. Nel *Disillusion*, pensato per allenare la flessibilità cognitiva, viene chiesto all'individuo di inserire una piastrella all'interno di una matrice, abbinandola per simbolo e colore. Il *Tidal Treasure* è un compito di memoria e di riconoscimento nel quale viene presentata sullo schermo una spiaggia in cui compaiono diversi oggetti. Il partecipante deve selezionare un oggetto mentre tutti gli altri vengono coperti; nella schermata successiva viene chiesto di fare la stessa cosa ma selezionando una figura diversa da quella precedente. La prova viene conclusa quando viene selezionato uno stimolo già scelto precedentemente. Per allenare velocità di elaborazione e memoria di lavoro visuo-spaziale viene proposto un gioco in cui si richiede all'adolescente di indicare il più rapidamente possibile se una carta è uguale all'ultima visualizzata. Man mano che la

velocità migliora aumentano sia il numero di prove che il livello di difficoltà. La prova *Lost in Migration* allena l'attenzione selettiva: in questo compito è necessario indicare con il tasto freccia corretto la direzione dell'uccello centrale all'interno di uno stormo; gli uccelli intorno vengono presentati in una direzione uguale o diversa da quella del bersaglio centrale. La prova di *Raindrops* richiede l'esecuzione di calcoli aritmetici, cioè risolvere delle operazioni contenute nelle gocce di pioggia. Il soggetto deve cercare di dare una risposta prima che la goccia cada nel mare situato sul fondo dello schermo. Vengono presentate tre possibilità di gioco per ogni sessione e il partecipante sceglie liberamente quale delle tre vuole eseguire in quel momento. Giochi digitali con queste caratteristiche vengono appositamente strutturati per potenziare le abilità visuo-spaziali, incrementando in particolar modo le capacità di memoria di lavoro. Negli individui con diversi profili intellettivi, ma senza gravi deficit motori e sensoriali, i maggiori miglioramenti a livello cognitivo si ottengono stimolando intensamente la stessa funzione cognitiva per un certo periodo di tempo.

In generale, per quanto riguarda gli interventi di teleriabilitazione, bisogna tenere in considerazione che non tutte le famiglie potrebbero essere disposte o in grado di partecipare agli interventi. Problemi di accesso a dispositivi informatici e alla rete Internet rappresentano un limite importante per il potenziamento online. La scelta della tecnologia deve essere quindi guidata non solo dagli obiettivi dell'intervento ma anche dalla preferenza delle famiglie. L'adozione prioritaria di interventi di potenziamento del dominio esecutivo basati sulla teleriabilitazione potrebbe aumentare le disuguaglianze sociali, non riuscendo a raggiungere le famiglie più economicamente svantaggiate. Per ovviare a questa problematica è emerso che le sessioni di gioco risultano più efficaci se programmate in anticipo tramite sistematizzazione delle procedure. Rispetto all'adozione di una modalità basata al momento sui bisogni dell'individuo, un formato già noto permette le famiglie di identificare e affrontare meglio i loro bisogni: il clinico, quindi, può adattare il programma in base alle loro esigenze nelle diverse sessioni. I training computerizzati presentano importanti limiti legati alla modalità di erogazione a distanza. Durante le sessioni di potenziamento l'operatore non si trova nella stessa stanza con il partecipante e potrebbe quindi non accorgersi delle sensazioni provate da quest'ultimo. Il soggetto potrebbe non aver compreso correttamente le istruzioni, essere stanco o annoiato. Questi aspetti non solo aumentano il rischio di un'interruzione

prematura della sessione ma mettono in discussione il principio metodologico a cui ogni intervento di potenziamento delle funzioni esecutive deve fare riferimento: l'individuo deve partecipare in maniera attiva e motivata (Corti et al., 2018).

La letteratura scientifica ha indagato il legame tra attività motoria e funzionamento esecutivo, individuando benefici per lo sviluppo cognitivo. Esistono quindi approcci di potenziamento basati per esempio sul miglioramento della coordinazione bimanuale del bambino. L'*Hand-arm Bimanual Intensive Therapy Including Lower Extremities*, in sigla HABIT-ILE (Gordon et al., 2013), permette di verificare, già intorno al primo anno di vita del bambino, gli effetti che può portare questo deficit sulla memoria di lavoro e sulle capacità di inibizione. Tramite programmi di robotica educativa, l'intervento consiste in un allenamento intensivo delle competenze di apprendimento mediate da azioni che prevedono l'utilizzo contemporaneo di entrambe le mani. Il robot propone al bambino degli obiettivi da raggiungere con regole sempre differenti, in modo tale da stimolare le capacità visuo-spaziali, di aggiornamento delle informazioni nella memoria, di inibizione e di flessibilità cognitiva. Diamond (2013) approfondì la correlazione tra attività fisica e dominio cognitivo, dimostrando l'importanza di discipline sportive e in particolare quelle legate alle arti marziali. La pratica di sport come il *Tae Kwon Do* ha benefici sull'intera triade delle funzioni esecutive fondamentali. Rispettando regole e sequenze di movimento precise, gli allievi imparano a controllare impulsi e comportamenti aggressivi, esercitando la componente inibitoria e gestendo tensioni e frustrazioni. Tenendo a mente queste sequenze e forme (*kata*) viene stimolata la manipolazione attiva di informazioni presenti in memoria. Adattandosi a diverse situazioni di combattimento e rituali tipici della disciplina, viene allenata la flessibilità cognitiva. L'efficacia di questi interventi non dipende semplicemente dal movimento fisico, ma da come è strutturato e insegnato il percorso. Le arti marziali tradizionali si basano su una pratica regolare e progressiva basata sul rispetto delle regole e la creazione di una disciplina interiore. L'apprendimento è inoltre guidato in prima persona: l'allievo impara ad autoregolarsi non solo per compiacere agli altri ma soprattutto per migliorare la propria persona. Questi benefici sono verificabili solo quando la pratica sportiva viene insegnata con un approccio tradizionale e ben strutturato. Versioni moderne delle arti marziali, focalizzate esclusivamente sull'aspetto sportivo o competitivo, non producono gli stessi miglioramenti nelle funzioni esecutive.

Non basta quindi muoversi per allenare le funzioni esecutive ma è necessario un certo livello qualitativo di movimento, incentrato su attenzione, autocontrollo e consapevolezza.

5.1 Un esempio di intervento: potenziare la lettura in bambini dislessici

Il *Computerized Executive Functions Training* (Basharpoor et al., 2024), conosciuto con la sigla CEFT, rappresenta un moderno esempio di intervento di miglioramento della lettura nei bambini con dislessia. Attraverso metodologie computerizzate e l'utilizzo di giochi virtuali, lo strumento garantisce il potenziamento delle funzioni esecutive sottese alle operazioni di lettura, deficitarie negli individui con questo particolare disturbo dell'apprendimento. L'applicazione prevede la partecipazione dello studente a 12 sessioni distribuite in sei settimane; ogni sessione ha una durata di 45 minuti. Ciascuna di queste include 4 giochi computerizzati, mirati a stimolare selettivamente le principali funzioni esecutive coinvolte nei processi di apprendimento scolastico: aggiornamento della memoria di lavoro, inibizione e flessibilità cognitiva (Miyake et al., 2000). Vengono anche sollecitate di conseguenza quelle più complesse, e cioè quelle che nel profilo esecutivo generale sono originate dalla triade fondamentale (Diamond, 2013).

Il primo gioco, chiamato gioco del riconoscimento visivo, richiede di identificare una specifica lettera in un insieme di lettere visivamente simili. Il bambino deve trovare quella diversa in una griglia dove tutte le altre sono uguali. Le differenze possono essere minime, stimolando così la discriminazione visiva e l'attenzione selettiva. Il secondo gioco prende il nome di gioco dell'inibizione della risposta e prevede due fasi in cui il partecipante deve ignorare un'informazione (immagine o parola) e concentrarsi su quella rilevante per selezionare la risposta corretta. Nella prima fase il bambino vede il nome scritto di un frutto e deve ignorare l'immagine mostrata sopra, selezionando tra quattro immagini quella corrispondente al nome. Nella seconda fase il bambino deve selezionare l'immagine corrispondente a quella mostrata sopra, ignorando il nome scritto. Questo compito simula dinamiche cognitive in linea con quelle necessarie in ambito scolastico, in particolare durante la lettura e la comprensione del testo. Allena quindi il controllo inibitorio, l'attenzione selettiva e l'aggiornamento della memoria di lavoro. Il terzo gioco, o gioco di pianificazione e ordinamento, richiede di formare

parole significative con lettere presentate in ordine casuale. Il bambino riceve lettere mescolate e deve comporre una parola significativa entro un tempo limite, esercitando flessibilità cognitiva, pianificazione di sequenze e controllo inibitorio, abilità cruciali nella produzione scritta. Per ultimo, il gioco di memoria di lavoro consiste nell'identificare, all'interno di una sequenza di parole, quella non ancora apparsa. Ogni parola precedente scompare, e il bambino deve completare 10 selezioni corrette cliccando rapidamente solo sulla nuova parola. Le posizioni cambiano costantemente, conferendo dinamicità al compito richiesto. Questo gioco esercita la capacità di monitoraggio, aggiornamento e focalizzazione dell'attenzione.

Il CEFT sfrutta l'applicazione di un'interfaccia grafica accattivante ed elementi specifici volutamente ispirati alle attività di *gaming* moderne. Tra questi vi sono l'utilizzo di rinforzi uditivi e visivi per correzioni e conferme di successi, punteggi progressivi e livelli sbloccabili. Inoltre, la difficoltà dei giochi somministrati aumenta in base alle prestazioni fornite dal bambino nel corso delle 12 sessioni. Queste particolarità permettono che il partecipante si senta motivato durante tutto il processo di allenamento cognitivo. Complessivamente, questi giochi si sono rivelati efficaci nel potenziare il funzionamento esecutivo nei bambini con dislessia. A questo proposito sono documentati miglioramenti nelle attività di lettura, denominazione rapida e comprensione del testo. In particolare negli individui sottoposti al trattamento si è registrato un miglioramento del 23% nella lettura di parole, dovuto ad un incremento delle capacità di aggiornamento della memoria di lavoro; una riduzione del 30% degli errori di inversione di lettere, a dimostrazione di una migliore attività inibitoria delle informazioni ostacolanti; un aumento del 18% nella comprensione del testo, dovuto a un incremento positivo delle abilità di *shifting* per un più agevole adattamento alle strategie di decodifica. Accessibilità e personalizzazione rendono particolarmente adatta la metodologia applicata dal CEFT per un training cognitivo in giovani studenti. Lo strumento, molto economico, si può infatti adattare al profilo del partecipante, basandosi sulle progressive prestazioni nei giochi. Queste caratteristiche ne favoriscono l'applicabilità a scuola. I risultati dell'intervento suggeriscono inoltre come l'utilizzo di software ludici ben strutturati possa fungere da mediatore per un miglioramento dell'attività di lettura basato su un potenziamento delle funzioni esecutive. Nonostante tutte queste evidenze, il CEFT non garantisce effetti significativi sulle aree prettamente

fonologiche comprese in questo tipo di operazione cognitiva. Pertanto, è necessario l'affiancamento di ulteriori strumenti clinici che trattino meglio queste componenti (Basharpoor et al., 2024).

5.2 Il pensiero computazionale

Negli ultimi anni, il pensiero computazionale si è rivelata una metodologia efficace per l'approccio alle sfide contemporanee sempre più digitalizzate. Oltre all'evidente rilevanza nel campo delle discipline scientifiche, è stato evidenziato il ruolo di promozione delle funzioni esecutive nei processi di apprendimento. (Castro et al., 2023). Il pensiero computazionale si riferisce alla capacità di analizzare un problema, scomporlo in problemi meno complessi, sviluppare un piano per la soluzione, testarlo, e infine verificarne l'efficacia. Seguendo le indicazioni di Castro e collaboratori (2023) questa sequenza operativa può anche essere espressa con i seguenti termini: astrazione, decomposizione, pensiero algoritmico, *debugging* e generalizzazione. Questi cinque processi fondamentali rappresentano la base su cui la psicologia clinica ha implementato diversi interventi di potenziamento del dominio cognitivo. I protocolli basati su questo approccio metodologico comprendono interventi digitali basati su operazioni di programmazione informatica guidate (*coding*). Queste consistono in sfide cognitive che permettono di potenziare le funzioni principali del dominio esecutivo dell'individuo. Durante queste attività i bambini devono mantenere in mente e aggiornare continuamente informazioni relative a istruzioni, sequenze e condizioni logiche, esercitando l'aggiornamento della memoria di lavoro. Continui cambi di istruzioni implicano la necessità di abbandonare strategie inefficaci e adottarne di nuove, attivando prestazioni di shifting mentale. Molte delle attività, inoltre, pretendono dal partecipante un certo livello di inibizione nel trattenersi dal promuovere risposte automatiche o desideri (Castro et al., 2023).

Tipicamente vengono utilizzate piattaforme di programmazione visuale per promuovere questo tipo di pensiero attraverso il gioco e la collaborazione. *Code.org* è una piattaforma gratuita per l'apprendimento del pensiero computazionale, progettata per l'infanzia e la scuola primaria e che introduce i bambini al coding. Il programma è articolato in otto sessioni complessive, distribuite in quattro settimane, con una

frequenza di due incontri a settimana, ciascuno della durata di un'ora, durante i quali i bambini vengono guidati dall'insegnante in collaborazione con un esperto di informatica educativa. Ogni sessione comprende un ventaglio di compiti di complessità crescente, selezionati per stimolare specificamente le funzioni esecutive di pianificazione, inibizione e flessibilità. Le attività proposte prevedono l'utilizzo di un'interfaccia visiva a blocchi in cui i bambini organizzano i comandi in sequenze logiche per risolvere problemi e guidare personaggi virtuali in ambienti interattivi. Nei compiti di sequenziamento i bambini devono pianificare una sequenza ordinata di azioni per guidare un personaggio virtuale verso una meta precisa; per farlo utilizzano blocchi visivi di comando ("vai avanti", "gira a destra", "gira a sinistra"). Questa richiesta stimola l'utilizzo di memoria di lavoro e inibizione: i partecipanti sono tenuti a tenere in memoria i comandi già forniti e ad inibire la tentazione di cliccare subito per avviare il movimento. I compiti di selezione condizionale potenziano la flessibilità cognitiva: l'individuo modifica il comportamento del personaggio in base alla condizione posta (un'indicazione o la presenza di un impedimento nel percorso virtuale). Negli esercizi di ripetizione al bambino viene chiesto di riconoscere delle azioni ripetute, come per esempio quelle generate dalla successione del comando "vai avanti" utilizzato quattro volte", e di sostituirle con comandi più sintetici (in questo caso con blocchi di "ripeti quattro volte"). Ciò richiede competenze di sintesi, memoria operativa e flessibilità cognitiva. Le sfide di *debugging* invitano il partecipante a trovare e correggere l'errore in una sequenza di codici già fornita. Il bambino deve quindi eseguirla mentalmente, tenere traccia dei comandi ispezionati e inibire eventuali risposte ritenute troppo frettolose. Questo particolare compito è considerato uno degli esercizi più impegnativi di tutto il protocollo di potenziamento. Coinvolge infatti tutte e tre le funzioni esecutive fondamentali (Arfé et al., 2020).

L'applicazione del pensiero computazionale non si limita al *coding* digitale, ma può essere promossa anche tramite la robotica educativa, che coinvolge la progettazione, l'assemblaggio e la programmazione di robot attraverso attività ludiche e pratiche. L'integrazione di questo tipo di attività nella didattica educativa può prevenire difficoltà di apprendimento nei bambini più piccoli. Il metodo ER-Lab (*Educational Robotics Laboratory*) (Di Lieto et al., 2020), rappresenta uno strumento innovativo e strutturato, utilizzato per promuovere lo sviluppo delle funzioni esecutive nei bambini di cinque e

sei anni. Le attività si svolgono in piccoli gruppi e si articolano in 20 sessioni, svolte due volte a settimana per dieci settimane, ciascuna della durata di un'ora. Il laboratorio prevede l'utilizzo di un robot a forma di ape, programmabile tramite pulsanti, che viene fatto muovere dai partecipanti in un ambiente di gioco (un tappeto a griglia). Le attività sono progettate secondo una difficoltà progressiva: i bambini passano da compiti introduttivi e di pianificazione visuo-spaziale a sfide che richiedono la programmazione di sequenze complesse e cambi di strategia. Ogni settimana vengono proposti nuovi contesti narrativi per mantenere alta la motivazione; l'introduzione improvvisa di ostacoli fisici sul terreno di gioco favorisce la partecipazione attiva dei soggetti. Con questa metodologia i bambini sono obbligati a riflettere sui propri errori per riprogrammare correttamente i comandi da fare eseguire al robot; vengono inoltre incoraggiati a pianificare mentalmente la sequenza di azioni prima di comunicarla effettivamente al robot. Queste operazioni cognitive migliorano nei partecipanti la consapevolezza dei propri processi cognitivi e la qualità delle decisioni. Quando, per esempio, devono far muovere il robot lungo il percorso, sono tenuti a ricordare quali passi sono stati già inseriti nel programma. Questo esercizio costante favorisce il potenziamento della memoria di lavoro visuo-spaziale e operativa, oltre che miglioramenti significativi nella manipolazione attiva delle informazioni in memoria. Queste funzioni cognitive sono fondamentali per lo sviluppo di abilità scolastiche come la comprensione del testo e il calcolo mentale. Vi sono poi situazioni che richiedono cambi di strategia, adattamento a nuove regole e risoluzione di problemi imprevisti. Se il robot incontra un ostacolo o se la sequenza programmata non porta al risultato atteso, i bambini devono essere pronti ad adottare nuove soluzioni, generalizzando protocolli già appresi per applicarli in contesti diversi. Queste dinamiche allenano le capacità di flessibilità cognitiva. Nelle prove utilizzate dall' ER-Lab è inoltre richiesta una certa dose di inibizione: se la sequenza di comandi non è stata interamente pianificata, il bambino deve astenersi dalla tentazione di avviare il movimento del robot (tramite tasto apposito). L'individuo sviluppa dunque capacità di autocontrollo che gli permettono di riflettere al meglio prima di agire (Di Lieto et al., 2020).

I protocolli basati sull'applicazione del pensiero computazionale qui illustrati sono in grado di produrre miglioramenti nelle funzioni esecutive anche tramite brevi somministrazioni. Interventi di durata complessiva compresa tra otto e 16 ore possono

avere effetti positivi su abilità scolastiche, in particolare sulla lettura e sulla matematica. E' necessario però che le attività proposte siano ben strutturate, graduabili e con obiettivi cognitivi chiari (Arfé et al., 2020; Di Lieto et al., 2020).

CONCLUSIONE

Sempre più ricerche confermano l'importanza del dominio esecutivo nei processi di apprendimento scolastico. A questo proposito, l'elaborato ha voluto illustrarne l'influenza nel determinare la qualità delle prestazioni da parte di giovani studenti. Apprendere non significa semplicemente assorbire dei contenuti. La scuola viene quindi concepita come uno spazio di crescita in cui l'alunno può sviluppare consapevolezza dei propri processi mentali e strategie per governarli in modo efficace. Gli insegnanti, in collaborazione con psicologi scolastici e figure educative specializzate, hanno un ruolo chiave nella creazione di condizioni favorevoli alla promozione di tali abilità. E' emerso come un corretto sviluppo delle funzioni esecutive comporti benefici non solo sul rendimento effettivo ma anche nelle attività trasversali richieste dalle sfide del contesto educativo. Vengono coinvolte infatti tutte quelle operazioni legate alla partecipazione scolastica, tra cui capacità di adattamento alle regole, gestione delle emozioni e promozione di meccanismi di studio autonomo. Un apprendimento efficace è reso possibile da un ventaglio di azioni mentali che lo studente compie per autoregolare le proprie competenze in base alla richiesta. In queste circostanze viene sollecitato a pianificare correttamente le varie fasi di lavoro, a gestire correttamente il tempo a disposizione e a mantenere un certo livello di attenzione finalizzata. Durante il processo di svolgimento del compito può capitare che si presentino errori: per ovviare a questa problematica l'individuo è costretto a cambiare strategia, esercitando pensiero critico e capacità di autocorrezione. La tesi ha reso noto che suddette operazioni risultano deficitarie nei bambini con disturbi del neurosviluppo. E' stato evidenziato come, in individui con ADHD o DSA, particolari alterazioni nelle funzioni esecutive abbiano un impatto negativo non solo sui voti scolastici ma anche su aree connesse ad autoefficacia, autostima e sviluppo sociale.

Sviluppare pratiche mirate al miglioramento delle abilità cognitive è diventato argomento di forte interesse per la Psicologia dello Sviluppo e dell'Educazione. Le funzioni esecutive non sono rigide o statiche ma plastiche e ottimizzabili. Attività integrabili in percorsi educativi, se progettate per mantenere motivato il partecipante,

permettono di potenziarle. Le metodologie d'intervento illustrate spaziano da approcci scolastici più strutturati a metodi clinici più economici e innovativi. Training computerizzati e teleriabilitazione cognitiva rappresentano strategie contemporanee fortemente prese in considerazione dalla letteratura scientifica. Intervenire a distanza permette infatti di raggiungere più persone, aumentando i benefici di queste pratiche.

Se gli interventi di potenziamento mostrano una comprovata affidabilità, non si può dire lo stesso per quelli valutativi. Quest'ultimi non sono infatti estranei a limiti e criticità. La diversità negli approcci al dominio esecutivo rende difficoltosa la valutazione delle varie componenti in età evolutiva e i molteplici modelli teorici, illustrati nel capitolo iniziale, ancora faticano a trovarne una definizione univoca. Ne risulta un certo livello di sovrapposizione delle funzioni cognitive. Il modello di Miyake e collaboratori, su cui ruota questo elaborato, ha permesso di isolare la triade esecutiva fondamentale dalla generale ambiguità della tematica in cui è immersa. In questo modo si sono potuti illustrare gli strumenti clinici maggiormente riconosciuti per l'indagine delle capacità di aggiornamento di memoria di lavoro, flessibilità cognitiva e inibizione. Permane tuttavia la necessità di ulteriori contributi che spieghino meglio la connessione tra unità esecutiva valutata e competenza scolastica annessa. Studi longitudinali futuri potrebbero inoltre promuovere una più chiara modalità di integrazione dei vari strumenti, al fine di una migliore comprensione del profilo cognitivo del giovane studente.

Promuovere lo sviluppo delle funzioni esecutive nel contesto scolastico significa investire in competenze che non solo favoriscono l'apprendimento, ma contribuiscono a fornire autonomia, flessibilità e consapevolezza. I risultati degli studi su profili atipici hanno sottolineato l'importanza di interventi precoci già in età prescolare. Così facendo è possibile prevenire l'insorgenza di difficoltà scolastiche che potrebbero provocare anomalie a lungo periodo nello sviluppo cognitivo, sociale ed emotivo dell'individuo. Un'educazione centrata sulle funzioni esecutive non mira solo al successo accademico ma prepara i bambini ad affrontare le sfide della vita con maggiori risorse e senso di efficacia personale. Si evince la necessità di un linguaggio comune su cui basare la comunicazione tra i vari operatori del contesto. Questo permetterebbe una comprensione più valida e costruttiva delle difficoltà scolastiche vissute dallo studente.

BIBLIOGRAFIA

Allen, M. D., Owens, T. E., Fong, A. K., & Richards, D. R. (2011). A functional neuroimaging analysis of the trail making test-b: implications for clinical application. *Behavioural Neurology*, *24*(2), 159–171.

American Psychiatric Association. (2015). *Disturbi del neurosviluppo. DSM-5*. Raffaello Cortina Editore.

Arfé, B., Vardanega, T., & Ronconi, L. (2020). The effects of coding on children's planning and inhibition skills. *Computers & Education*, *148*, 103807. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103807>

* Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1994). *Developments in the concept of working memory*. *Neuropsychology*, *8*(4), 485–493. <https://doi.org/10.1037/0894-4105.8.4.485>

* Bodrova, E., & Leong, D. (2024). *Tools of the mind: The Vygotskian approach to early childhood education*. Taylor & Francis.

* Burgess, P. W., & Simons, J. S. (2005). *Theories of frontal lobe executive function: Clinical applications*. In P. W. Halligan & D. T. Wade, *The Effectiveness of Rehabilitation for Cognitive Deficits* (1a ed., pp. 211–232). Oxford University Press.

Barkley, R. A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin*, *121*(1), 65–94.

Basharpoor, S., Seif, E., & Daneshvar, S. (2024). Computerized executive functions training: the efficacy on reading performance of children with dyslexia. *Dyslexia*, *30*(2), e1762. <https://doi.org/10.1002/dys.1762>

Berch, D. B., Krikorian, R., & Huha, E. M. (1998). The Corsi block-tapping task: methodological and theoretical considerations. *Brain and Cognition*, *38*(3), 317–338. <https://doi.org/10.1006/brcg.1998.1039>

Best, J. R., & Miller, P. H. (2010). A developmental perspective on executive function. *Child Development*, *81*(6), 1641–1660. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2010.01499.x>

Butterfuss, R., & Kendeou, P. (2020). Reducing interference from misconceptions: the role of inhibition in knowledge revision. *Journal of Educational Psychology*, *112*(4), 782–794. <https://doi.org/10.1037/edu0000385>

CNOP (2016). *I DSA e gli altri BES—Indicazioni per la pratica professionale*.

Corti, C., Oldrati, V., Papini, M., Strazzer, S., Poggi, G., Romaniello, R., Borgatti, R., Urgesi, C., & Bardoni, A. (2023). Randomized clinical trial on the effects of a computerized cognitive training for pediatric patients with acquired brain injury or congenital malformation. *Scientific Reports*, *13*(1), 14559. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-41810-1>

Corti, C., Poggi, G., Romaniello, R., Strazzer, S., Urgesi, C., Borgatti, R., & Bardoni, A. (2018). Feasibility of a home-based computerized cognitive training for pediatric patients with congenital or acquired brain damage: an explorative study. *PLOS ONE*, *13*(6), e0199001. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199001>

Di Lieto, M. C., Pecini, C., Castro, E., Inguaggiato, E., Cecchi, F., Dario, P., Cioni, G., & Sgandurra, G. (2020). Empowering executive functions in 5- and 6-year-old typically developing children through educational robotics: an RCT study. *Frontiers in Psychology*, *10*, 3084. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.03084>

Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, *64*(1), 135–168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>

Diamond, A. (2025). Insights from a career at the border of developmental psychology and cognitive neuroscience. *Annual Review of Developmental Psychology*. <https://doi.org/10.1146/annurev-devpsych-010923-114435>

Diamond, A., & Lee, K. (2011). Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old. *Science*, *333*(6045), 959–964. <https://doi.org/10.1126/science.1204529>

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. *Developmental Cognitive Neuroscience*, *18*, 34–48. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2015.11.005>

DuPaul, G. J., & Stoner, G. (2014). *ADHD in the schools: Assessment and intervention strategies*. Guilford Publications.

Duque, J., Greenhouse, I., Labruna, L., & Ivry, R. B. (2017). Physiological markers of motor inhibition during human behavior. *Trends in Neurosciences*, *40*(4), 219–236. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2017.02.006>

Engle, R. W. (2002). Working memory capacity as executive attention. *Current Directions in Psychological Science*, *11*(1), 19–23. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.00160>

Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Ambridge, B., & Wearing, H. (2004). The structure of working memory from 4 to 15 years of age. *Developmental Psychology*, *40*(2), 177–190. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.40.2.177>

Gordon, A. M., Bleyenheuft, Y., & Steenbergen, B. (2013). Pathophysiology of impaired hand function in children with unilateral cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *55*(s4), 32–37. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12304>

Gustavson, D. E., & Miyake, A. (2016). Trait worry is associated with difficulties in working memory updating. *Cognition and Emotion*, *30*(7), 1289–1303. <https://doi.org/10.1080/02699931.2015.1060194>

Hannon, B. (2001). A new tool for measuring and understanding individual differences in the component processes of reading comprehension. *Journal of Educational Psychology*, *93*(1), 103. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0022-0663.93.1.103>

Harrison, J. R., Bunford, N., Evans, S. W., & Owens, J. S. (2013). Educational accommodations for students with behavioral challenges: a systematic review of the literature. *Review of Educational Research*, *83*(4), 551–597. <https://doi.org/10.3102/0034654313497517>

Häusermann, G., Renzetti, P., & Sbaragli, S. (2014). L'apprendimento scientifico nella scuola dell'infanzia. *Successo Formativo e Lifelong Learning*, 147–158.

* Helmers, K. F., Young, S. N., & Pihl, R. O. (1995). Assessment of measures of impulsivity in healthy male volunteers. *Personality and Individual Differences*, *19*(6), 927–935. <https://v2.sherpa.ac.uk/id/publication/17121>

Hill, W. E. (1915). *My wife and my mother-in-law* [Illustrazione]. Wikipedia. https://it.wikipedia.org/wiki/File:My_Wife_and_My_Mother-In-Law_%28Hill%29.png

Kosson, D. S., & Newman, J. P. (1986). Psychopathy and the allocation of attentional capacity in a divided-attention situation. *Journal of Abnormal Psychology*, *95*(3), 257–263.

Lehto, J. E., Juujärvi, P., Kooistra, L., & Pulkkinen, L. (2003). Dimensions of executive functioning: evidence from children. *British Journal of Developmental Psychology*, *21*(1), 59–80. <https://doi.org/10.1348/026151003321164627>

* Levy, B. (2002). *Inhibitory processes and the control of memory retrieval*. *Trends in Cognitive Sciences*, *6*(7), 299–305. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(02\)01923-X](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(02)01923-X)

Lezak M.D. (1983). *Neuropsychological assessment*. Oxford University Press.

* Logan, G. D. (1994). On the ability to inhibit thought and action: A users' guide to the stop signal paradigm. In Dagenbach, D., Carr, T.H., *Inhibitory processes in attention, memory, and language* (pp. 189–239). Academic Press.

MacLeod, C. M. (1991). Half a century of research on the Stroop effect: an integrative review. *Psychological Bulletin*, *109*(2), 163-203.
https://pure.mpg.de/rest/items/item_2355497_3/component/file_2355496/content

Marotta, L., Rossetto, T., & Simonato, G. (2017). *Percorsi di riabilitazione. Funzioni esecutive nei disturbi di linguaggio. Strategie e materiali operativi* (Collana Logopedia in età evolutiva). Erickson.

Marotta, L. & Varvara, P. (A cura di).(2013). *Funzioni esecutive nei DSA: disturbo di lettura; valutazione e intervento*. Erickson.

Marzocchi, G. M., & Valagussa, S. (2011). *Le funzioni esecutive in età evolutiva*. Franco Angeli.

Mason, L., Borella, E., Diakidoy, I.-A. N., Butterfuss, R., Kendeou, P., & Carretti, B. (2020). Learning from refutation and standard expository science texts: the contribution of inhibitory functions in relation to text type. *Discourse Processes*, *57*(10), 921–939.
<https://doi.org/10.1080/0163853X.2020.1826248>

Mason, L., Zaccoletti, S., Carretti, B., Scrimin, S., & Diakidoy, I. A. N. (2019). The role of inhibition in conceptual learning from refutation and standard expository texts. *International Journal of Science and Mathematics Education*. 483–501.
<https://doi.org/10.1007/s10763-017-9874-7>

Milano, C., Sepe, C., Marotta, M. V., & Mastroprimiano, E. (2022). *Allenare le funzioni esecutive nella scuola dell'infanzia: Giochi e laboratori per il potenziamento di attenzione, memoria di lavoro, inibizione e flessibilità*. Erickson.

Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: a latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, *41*(1), 49–100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>

* Montessori, M. (1949). *The absorbent mind*, The Theosophical Publishing House.

Morgan, P. L., Farkas, G., Wang, Y., Hillemeier, M. M., Oh, Y., & Maczuga, S. (2019). Executive function deficits in kindergarten predict repeated academic difficulties across elementary school. *Early Childhood Research Quarterly*, *46*, 20–32.
<https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2018.06.009>

* Newman, J. P., Widom, C. S., & Nathan, S. (1985). Passive avoidance in syndromes of disinhibition: Psychopathy and extraversion. *Journal of Personality and Social Psychology*, 48(5), 1316–1327. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.48.5.1316>

* Norman, D. A., & Shallice, T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behavior. In *Consciousness and self-regulation: Advances in research and theory volume 4* (pp. 1-18). Springer.

PAR Staff. (2021). *Administration and scoring on PARiConnect: WCST/WCST-64*. PAR.

* Pennington, B. F., & Ozonoff, S. (1996). Executive functions and developmental psychopathology. *Journal of child psychology and psychiatry*, 37(1), 51-87. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1996.tb01380.x>

* Penny, W.D., Holmes, A.P., & Friston, K.J. Random effects analysis. (2003) In Frackowiak, R.S.J., Friston, K.J., Frith, C., Dolan, R., Friston, K.J., Price, S., Zeki, Z., Ashburner, J.T., Penny, W.D., *Human Brain Function* (2nd ed.), Academic Press.

Rapport, M. D., Bolden, J., Kofler, M. J., Sarver, D. E., Raiker, J. S., & Alderson, R. M. (2009). Hyperactivity in boys with attention-deficit/hyperactivity disorder (adhd): ubiquitous core symptom or manifestation of working memory deficits? *Journal of Abnormal Child Psychology*, 37(4), 521–534. <https://doi.org/10.1007/s10802-008-9287-8>

* Roberts Jr, R. J., & Pennington, B. F. (1996). An interactive framework for examining prefrontal cognitive processes. *Developmental neuropsychology*, 12(1), 105-126. <https://doi.org/10.1080/87565649609540642>

Robledo-Castro, C., Hederich-Martínez, C., & Castillo-Ossa, L. F. (2023). Cognitive stimulation of executive functions through computational thinking. *Journal of Experimental Child Psychology*, 235. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2023.105738>

Roche, J. D., & Johnson, B. D. (2014). Cogmed Working Memory Training Product Review. *Journal of Attention Disorders*, 18(4), 379–384. <https://doi.org/10.1177/1087054714524275>

Rothen, N., Meier, B., & Ward, J. (2012). Enhanced memory ability: insights from synaesthesia. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 36(8), 1952–1963. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2012.05.004>

Sabbadini, L. (2013). *Disturbi specifici del linguaggio, disprassie e funzioni esecutive*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-88-470-5349-6>

Shallice, T. (1991). The revival of consciousness in cognitive science. In Kessen, W., Ortony, A., Craik, F. *Memories, thoughts, emotions: Essays in honor of George Mandler*, (pp. 213–226). Lawrence Erlbaum Associates

Stievano, P., Rigamonti, C., Rango, F., & Scalisi, T. G. (2011). Funzioni esecutive e abilità di calcolo: una ricerca longitudinale sulle prime fasi di apprendimento scolastico. *Psichiatria dell'Infanzia e dell'Adolescenza*, 78(3), 560–576.

* Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18(6), 643–662. <https://doi.org/10.1037/h0054651>

* Stuss, D. T., Levine, B., Alexander, M. P., Hong, J., Palumbo, C., Hamer, L., Murphy, K.J., & Izukawa, D. (2000). Wisconsin Card Sorting Test performance in patients with focal frontal and posterior brain damage: effects of lesion location and test structure on separable cognitive processes. *Neuropsychologia*, 38(4), 388-402. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(99\)00093-7](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(99)00093-7)

Valeri, G., & Stievano, P. (2007). Neuropsicologia dello sviluppo e funzioni esecutive. *Giornale di Neuropsichiatria dell'Età Evolutiva*, 27(2), 319–27.

Varvara, P., Varuzza, C., Sorrentino, A. C. P., Vicari, S., & Menghini, D. (2014). Executive functions in developmental dyslexia. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8 (120). <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00120>

Verbruggen, F., & Logan, G. D. (2008). Response inhibition in the stop-signal paradigm. *Trends in Cognitive Sciences*, 12(11), 418–424. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2008.07.005>

Vicari, S., & Di Vara, S. (2017). *Funzioni esecutive e disturbi dello sviluppo: Diagnosi, trattamento clinico e intervento educativo*. Erickson.

* Vio C. & Tressoldi P.E. (2002) *Il trattamento dei disturbi dell'apprendimento scolastico*, Erickson.

Vosniadou, S., Pnevmatikos, D., Makris, N., Lepenioti, D., Eikospentaki, K., Chountala, A., & Kyrianakis, G. (2018). The recruitment of shifting and inhibition in on-line science and mathematics tasks. *Cognitive Science*, 42(6), 1860–1886. [https://doi.org/10.1111/cogs.12624:contentReference\[oaicite:0\]{index=0}](https://doi.org/10.1111/cogs.12624:contentReference[oaicite:0]{index=0})

Yechiam, E., Goodnight, J., Bates, J. E., Busemeyer, J. R., Dodge, K. A., Pettit, G. S., & Newman, J. P. (2006). A formal cognitive model of the go/no-go discrimination task: evaluation and implications. *Psychological Assessment*, 18(3), 239–249. <https://doi.org/10.1037/1040-3590.18.3.239>

Zaccoletti, S., Altoè, G., & Mason, L. (2020). The interplay of reading-related emotions and updating in reading comprehension performance. *British Journal of Educational Psychology*, *90*(3), 663–682. <https://doi.org/10.1111/bjep.12324>

Zaccoletti, S., Raccanello, D., Burro, R., & Mason, L. (2023). Reading with induced worry: The role of physiological self-regulation and working memory updating in text comprehension. *British Journal of Educational Psychology*, *93*(S1), 26–47. <https://doi.org/10.1111/bjep.12491>

Zelazo, P. D., Carlson, S. M., & Kesek, A. (2008). The development of executive function in childhood. In Nelson, C., Luciana, M. *Handbook of developmental cognitive neuroscience*, (pp. 553–574). Massachusetts Institute of Technology

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. <https://doi.org/10.1111/j.1750-8606.2012.00246.x>

Zelazo, P. D., & Carlson, S. M. (2020). The neurodevelopment of executive function skills: implications for academic achievement gaps. *Psychology & Neuroscience*, *13*(3), 273–298. <https://doi.org/10.1037/pne0000208>

* Zelazo, P. D., Frye, D., & Rapus, T. (1996). An age-related dissociation between knowing rules and using them. *Cognitive development*, *11*(1), 37-63. [https://doi.org/10.1016/S0885-2014\(96\)90027-1](https://doi.org/10.1016/S0885-2014(96)90027-1)

Zelazo, P. D., Muller, U., Frye, D., & Marcovitch, S. (2003). The development of executive function in early childhood. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, *68*(3), Serial No. 274.

* = fonti non consultate direttamente