



Università degli Studi di Genova
Genoa University

 Scuola di
Scienze sociali
School of Social Sciences

DISFOR Dipartimento di Scienze della Formazione

CORSO DI LAUREA IN PSICOLOGIA

**IL MONDO DEGLI ELLI: LA RESISTENZA AL
TRATTAMENTO NEI BAMBINI CON
DISTURBI DEL NEUROSVILUPPO**

Relatore: Prof. Paola Viterbori

Correlatore: Prof. Maria Carmen Usai

Candidato: Mattion Eva

ANNO ACCADEMICO

2023/2024

Indice

1. LO SVILUPPO DELLE FUNZIONI ESECUTIVE E I MODELLI NEUROPSICOLOGICI.....	5
1.1 <i>Le funzioni esecutive.....</i>	5
1.1.1 <i>Lo sviluppo delle FE, fattori di rischio e fattori che promuovono le FE nello sviluppo atipico.....</i>	7
1.1.2 <i>Il potenziamento delle FE nello sviluppo tipico.....</i>	10
1.1.3 <i>FE “calde” e FE “fredde”.....</i>	11
1.1.4 <i>Sviluppo delle FE fredde e FE calde.....</i>	13
1.2 <i>Modelli neuropsicologici delle FE in età evolutiva.....</i>	14
1.2.1 <i>Modelli unitari FE.....</i>	15
1.2.2 <i>Modelli frazionati delle FE.....</i>	17
1.2.3 <i>Modelli sequenziali delle FE.....</i>	21
1.3 <i>Le FE nel dettaglio.....</i>	22
1.3.1 <i>L’attenzione.....</i>	22
1.3.2 <i>Il controllo inibitorio.....</i>	25
1.3.3 <i>Sviluppo del controllo inibitorio.....</i>	29
1.3.4 <i>La memoria di lavoro.....</i>	31
1.3.5 <i>La flessibilità cognitiva.....</i>	32
1.4 <i>Le funzioni esecutive nei disturbi del neurosviluppo.....</i>	34
2. IL MONDO DEGLI ELLI.....	37
2.1 <i>Il potenziamento delle Funzioni Esecutive.....</i>	37
2.1.2 <i>Il gioco come strumento d’intervento.....</i>	40
2.1.3 <i>Il gioco digitale.....</i>	43
2.2.4 <i>La Gamification.....</i>	44
2.2 <i>Il mondo degli Elli nel dettaglio.....</i>	45
2.2.2 <i>La cornice narrativa.....</i>	46
2.2.2 <i>La riflessione metacognitiva.....</i>	48
2.2.3 <i>La difficoltà incrementale.....</i>	49
3. LA RESISTENZA AL TRATTAMENTO.....	51
3.1 <i>L’efficacia dell’intervento e i fattori che possono interferire con essa.....</i>	51

<i>3.2 La resistenza al trattamento nel Mondo degli Elli</i>	54
3.2.1 <i>Obbiettivi</i>	54
3.2.2 <i>Metodo</i>	54
3.2.3 <i>Campione</i>	55
3.2.4 <i>Procedure</i>	56
3.2.5 <i>Strumenti</i>	56
3.2.6 <i>Risultati</i>	60
3.2.7 <i>Discussione</i>	63
<i>Bibliografia</i>	66

Introduzione

Questa tesi è stata sviluppata successivamente alla partecipazione al progetto di ricerca “Il Mondo degli Elli”, che aveva, tra i suoi principali obiettivi, quello di valutare l’efficacia di un training digitale per il potenziamento delle funzioni esecutive nei bambini con disturbi del neurosviluppo. Nello specifico, mi sono concentrata sui fattori che possono influenzare l’efficacia, in modo da capire quali sono i bambini che presumibilmente potrebbero avere maggiori benefici, in particolare a livello di potenziamento delle Funzioni Esecutive.

La tesi è suddivisa in tre capitoli. Nel primo capitolo, è stata attuata un’analisi della letteratura sulle Funzioni Esecutive, viene riportato il loro sviluppo e vengono presentati i modelli neuropsicologici delle FE in età evolutiva. Nel secondo capitolo, viene descritto nel dettaglio il progetto “Il Mondo degli Elli”. Viene descritto infatti lo strumento, la struttura e le differenti piattaforme. Nel terzo capitolo sono descritti i vari fattori che possono influenzare l’efficacia del trattamento e viene presentato lo studio effettuato, descrivendo il campione, l’obiettivo, il metodo utilizzato e gli strumenti, la procedura adottata e i risultati ottenuti. La conclusione descrive i limiti dello studio e gli spunti per la ricerca futura.

Capitolo 1

1. Lo sviluppo delle funzioni esecutive e i modelli neuropsicologici

1.1 Le funzioni esecutive

Le funzioni esecutive (FE o dall'inglese EF) fanno riferimento a una serie di processi mentali top-down che entrano in atto quando si deve prestare attenzione, e quindi nei casi in cui andare in automatico o fare affidamento sull'istinto non sarebbe la strategia più adeguata. (Burgess & Simons, 2005; Espy, 2004; Miller & Cohen 2001). Il termine Funzioni Esecutive è stato coniato da Lezak nel 1983, che lo utilizzò per riferirsi alla capacità di eseguire un comportamento indipendente e adattivo. La maggior parte delle definizioni di questo termine fa riferimento ad abilità che sono necessarie per affrontare la novità e per affrontare compiti complessi che richiedono degli step intermedi. Usare le FE implica quindi uno sforzo cognitivo da parte del soggetto; è più facile, infatti, proseguire un'attività anziché cambiarla, è più facile cedere alla tentazione che resistere, ed è più facile attivare il "pilota automatico" che considerare cosa fare dopo. Generalmente sono state individuate tre FE fondamentali (Lehto et al., 2003; Miyake et al. 2000): il controllo inibitorio, la memoria di lavoro e la flessibilità cognitiva (Diamond, 2013; Miyake et al., 2000).

Il controllo inibitorio consiste nella soppressione deliberata dell'attenzione rispetto a uno stimolo, un'informazione o un pensiero, ovvero ignorare per esempio una distrazione o fermare una risposta impulsiva. La memoria di lavoro fa riferimento alla capacità di mantenere a mente ed elaborare diverse informazioni, ad esempio, tenere a mente due numeri sottraendo l'uno dall'altro. La flessibilità cognitiva consiste nel pensare a uno stimolo in differenti modalità, ad esempio, spostare l'attenzione rispetto a una situazione specifica dalla propria prospettiva a quella di un'altra persona.

A partire da questi processi di base, vengono costruite FE di ordine superiore come il ragionamento, la risoluzione dei problemi e la pianificazione (Collins & Koechlin 2012, Lunt et al., 2012). Le FE sono deputate a predisporre l'individuo ad agire in modo pianificato, a sostenere l'attenzione nel tempo, a cambiare il comportamento in relazione alle richieste ambientali, a controllare i pensieri e le azioni di varia natura e a rielaborare le informazioni nella memoria di lavoro. Più in generale favoriscono la capacità di astrarre, organizzare, verificare e risolvere problemi nella vita quotidiana. (L.Sabbadini, 2013)

Le prime ricerche effettuate sulle Funzioni Esecutive risalgono agli anni '70 e si concentrano soprattutto su pazienti adulti con lesioni situate nelle regioni frontali. Con la nascita della neuropsicologia evolutiva, ovvero una disciplina che si pone come obiettivo principale lo studio dei processi cognitivi e comportamentali correlandoli con i meccanismi anatomico-fisiologici a livello del SNC, l'attenzione verso questi processi si è estesa anche su altre fasce d'età più precoci, quindi infanzia e adolescenza; dunque, in quei soggetti in cui le regioni frontali non si sono completamente sviluppate.

Diverse evidenze scientifiche dimostrano che questi processi cognitivi sono supportati da differenti strutture corticali e sottocorticali, anteriori e posteriori (Sasson et al., 2013). La corteccia prefrontale guida il comportamento, il pensiero e influenza la memoria di lavoro. La PFC si costituisce in differenti aree della corteccia frontale, che sulla base di dati strutturali e funzionali possono essere raggruppate in due sottoregioni: corteccia prefrontale mediale (mPFC) e corteccia orbito frontale (OFC) (Logue & Gould, 2014). Lesioni solo carico della OFC implicano deficit nell'inibizione delle risposte, invece lesioni della mPFC conducono a deficit attentivi (Eagle et al., 2008; Maddux and Holland, 2011). Secondo Logue e Gould, la mPFC è la sede del processamento attentivo e della flessibilità cognitiva, mentre la OFC è la sede dell'inibizione della risposta e della flessibilità cognitiva utilizzata nell'apprendimento

inverso, ovvero un pattern che permette al soggetto di sopprimere una risposta automatica associata a un determinato comportamento. (Logue & Gould, 2014).

È rilevante sottolineare anche l'importante relazione tra le FE e tra la sostanza grigia e bianca (Bettcher et al, 2016). Il funzionamento esecutivo, infatti, non può essere predetto senza considerare il livello di atrofia globale e i volumi lombari non frontali. I volumi della sostanza grigia prefrontale sono collegati alle misure cognitive di flessibilità cognitiva, inibizione della risposta e memoria di lavoro, ma tutto questo deve essere considerato anche a fronte dell'atrofia globale della sostanza grigia e dell'integrazione dei differenti processi cognitivi che fanno delle FE un costrutto molto difficile ed eterogeneo (Bettcher et al, 2016).

Queste abilità si sviluppano in modo rapido durante i primi anni di vita del bambino, a partire dalla scuola dell'infanzia e in seguito negli anni della scuola primaria. Nel corso dell'adolescenza si verificano cambiamenti degni di nota nel dominio delle FE, in modo specifico nella pianificazione, nella memoria di lavoro e nell'inibizione. Il livello più alto di performance si verifica nella fascia d'età che va dai 20 ai 29 anni. Dai 65 anni si assiste ad una progressiva regressione. (Marzocchi, Valagussa, 2011).

1.1.1 Sviluppo delle FE, fattori di rischio e fattori che promuovono le FE nello sviluppo tipico

Le FE sono abilità essenziali al fine di garantire al soggetto salute mentale e fisica, il successo a scuola e nella vita e lo sviluppo cognitivo, sociale e psicologico. Esistono però diverse condizioni di rischio rispetto allo sviluppo delle FE, ovvero la nascita prematura, la presenza di danno neurologico precoce, le difficoltà di regolazione e processazione sensoriale, i disturbi del neurosviluppo e anche uno status socioeconomico basso o uno stile genitoriale ostile rappresentano un fattore di rischio per i bambini (Nobel, MCCandliss e Farah, 2007).

Lo sviluppo delle abilità FE dei bambini può essere promosso da genitori e insegnanti anche attraverso interventi e attività educative adeguate in base alle esigenze del bambino, dei suoi

punti di forza e debolezza. Al fine di creare programmi d'intervento che approfittino dell'alto livello di plasticità neuronale che caratterizza i primi anni di vita, è molto importante una conoscenza profonda delle traiettorie evolutive precoci e della possibilità di rilevare già nei primi anni aree di rischio e fragilità "transdiagnostiche" coinvolte nella prima fase di sviluppo delle FE. (Sanders, Turnee e Metzler, 2019). Nel caso di bambini che si trovano in una condizione di alto rischio neuroevolutivo, i programmi d'intervento hanno inizio entro i 12 mesi, dimostrando un effetto positivo sull'effetto del neurosviluppo. Lo sviluppo, fin dai primi giorni di vita del bambino, è condizionato dalle relazioni che esso ha con i genitori, e per questo l'intervento si concentra sul processo di relazione e co-regolazione. Diversi studi hanno dimostrato che si riscontrano benefici a lungo termine attraverso l'utilizzo di procedure che favoriscono la regolazione fisiologica e l'attaccamento tra bambino e caregiver.

Programmi simili a PremieStart (Milgrom et al., 2013) hanno come obiettivo l'aumento della sensibilità materna ai segnali comportamentali del bambino prematuro e l'arricchimento dell'ambiente intorno al bambino, e gli effetti positivi si notano più avanti grazie all'aumento della sincronia tra madre e bambino e sullo sviluppo della comunicazione intorno ai 6 mesi di vita. Morgan e colleghi (2021), definiscono l'arricchimento ambientale come una tipologia d'intervento che ha l'obiettivo di migliorare almeno uno degli aspetti motori, cognitivi, sensoriali o sociali dell'ambiente del bambino, in modo da incentivare l'apprendimento, unendo nel medesimo intervento un lavoro precoce mirato ai genitori. In generale, i programmi d'intervento rivolti ai bambini che si trovano in una condizione di rischio, si pongono come obiettivo il miglioramento della relazione genitore-bambino, grazie alla promozione di una relazione responsiva e dei processi autoregolativi (Hutchon et al., 2019). I diversi approcci che promuovono le relazioni positive tra bambino e caregiver sono correlati alla responsività, allo scaffolding, alla sensibilità, all'attaccamento, alla Mind-mindedness e al calore, ed è stato dimostrato un risultato a carico delle differenze individuali

nell'autoregolazione, nell'attenzione e nella flessibilità cognitiva. Le relazioni con i genitori sono rilevanti perché ricoprono il ruolo di scaffolding, ovvero rappresentano l'impalcatura sulla quale si forma lo sviluppo cognitivo, linguistico, emotivo e sociale del bambino, assieme alle abilità autoregolative fondamentali al fine dell'organizzazione psicologica del bambino e delle sue relazioni con i membri del suo gruppo sociale. I vari programmi che si concentrano sull'intervento sui genitori dei bambini a rischio difficoltà nelle FE dimostrano miglioramenti in merito all'attenzione sostenuta del bambino e alla diminuzione dei comportamenti antisociali (Love et al., 2005). Infatti, in uno studio viene dimostrato come una terapia che si concentri sull'interazione tra bambino e caregiver migliori le abilità di regolazione emotiva in bambini di 3 anni nati prematuramente (Rodriguez, Bagner e Graziano, 2014); in un intervento focalizzato sul parenting corretto per genitori di bambini a rischio di disturbo dello spettro autistico dimostra un miglioramento nell'attenzione di questi ultimi (Green et al., 2015).

Dato che la verbalizzazione precoce è connessa alle FE, sono utili interventi che si concentrano sullo sviluppo del linguaggio, sull'esposizione precoce alla voce della madre e ai vari turni del dialogo per bambini che si trovano in una condizione di rischio e in un ambiente caratterizzato da deprivazione. Un programma pensato per bambini di età compresa tra i 4 e i 5 anni *Tools of the Mind* (Diamond, Barnett, Thomas e Munro, 2007) pone l'accento sul linguaggio interno auto-regolativo, con effetti che si ripercuotono positivamente sulla flessibilità cognitiva (Blair e Raver, 2014), e che probabilmente verrà esteso e adattato anche per i bambini in un'età che va dai 2 ai 3 anni. La maggior parte degli studi presenti in letteratura pone l'accento sull'ambiente del bambino, in particolar modo sulla relazione con i genitori e sul l'arricchimento ambientale, e sono pochi gli studi che hanno svolto un training direttamente sul bambino. Wass (2015) in un suo lavoro consistente in una revisione della letteratura, descrive uno studio su un gruppo di bambini con sviluppo tipico di 11 mesi in cui

un training basato sull'eye-tracker, strumento che rileva risposte visive tracciando il movimento degli occhi, è associato a modificazioni rilevanti in compiti di elaborazione cognitiva e di attenzione sostenuta.

1.1.2 Il potenziamento delle FE nello sviluppo tipico

Tuttavia, nonostante l'entusiasmo associato agli interventi focalizzati sul miglioramento delle FE, le prove della ricerca sono scarse riguardo a ciò che può essere utilizzato al fine di promuovere il miglioramento delle FE e quanto questi interventi sono efficaci al fine di migliorare l'adattamento sul piano socio-emotivo o sul successo scolastico. Solo in tempi recenti sono stati effettuati degli studi randomizzati e controllati utilizzando sia valutazioni dirette con la funzione di verificare le abilità di FE sia misure per quanto concerne il comportamento e l'apprendimento dei bambini nei vari contesti scolastici concentrandosi sulla fascia d'età che va dai tre ai sette anni.

Un approccio semplice all'intervento è stato quello di promuovere le abilità FE con ripetute sessioni di pratica incentrate su compiti FE specifici. Il modello logico alla base di questo processo di intervento non è complesso. Parallelamente all'efficienza dell'allenamento della forza per quanto concerne lo sport, l'approccio si concentra sulla crescita mirata dei circuiti neurali da cui originano le FE, con la speranza che questi circuiti più forti, in seguito, saranno una buona base per un'attenzione e un comportamento regolati meglio (Posner, Sheese, Odludas e Tang, 2006).

Nella maggioranza degli episodi, gli studi iniziali hanno dimostrato che la pratica migliora le prestazioni su test specifici praticati e vengono così generalizzati a compiti altamente connessi (Klingberg, Forssberg e Westerberg, 2002). Il quesito più importante per l'educazione precoce e gli sforzi di prevenzione dei problemi di apprendimento è la misura in cui i miglioramenti

acquisiti su specifiche attività FE si generalizzano a migliori prestazioni nell'apprendimento o compiti comportamentali che utilizzano le abilità FE mirate; in altre parole, se questi guadagni supportano un livello maggiore di attenzione, regolazione del comportamento e cambiamenti nel contesto classe.

1.1.3 FE “calde” e FE “fredde”

Questa classificazione fa riferimento ad una differenziazione che varia lungo un continuum dominio-generale in cui si distinguono aspetti esecutivi “freddi” e “caldi”(Zelazo e Miller, 2002), come viene suggerito da vari studi neuropsicologici e di neuro-imaging e da ricerche svolte utilizzando la stimolazione diretta transcranica (tCDS; ad esempio, Bechara, Damasio e Anderson, 1994; Fonseca et al.,2012; Manes et al., 2002; Nejati, Salehinejad, & Nitsche, 2018).

Le FE sono generalmente valutate in contesti emotivamente neutri e si basano in particolare su reti neurali che coinvolgono le parti laterali della corteccia prefrontale (PFC). Le FE “fredde” sono associate all’attivazione delle regioni prefrontali dorsolaterali a livello neurale e per quanto riguarda il livello contestuale si attivano in situazioni astratte in cui i problemi non sono dipendenti dal contesto. Le FE “fredde” entrano in gioco in situazioni nelle quali è necessaria l’analisi da un punto di vista cognitivo e le emozioni si trovano in una condizione di neutralità, ad esempio nei compiti di memoria di lavoro. Per quanto riguarda le FE “calde”, a livello neurale consistono nell’attivazione dell’area ventrale e mediale delle regioni prefrontali e sono attivate in situazioni in cui esiste un coinvolgimento motivazionale, come ad esempio in caso di ricompense o di richieste date dall’ambiente che includono la regolazione delle emozioni, ad esempio situazioni caratterizzate da ansia. Le varie prestazioni su misure che richiedono la modifica del valore di specifici stimoli e le rispettive risposte di approccio ed evitamento (Rolls, 2004) hanno permesso di constatare il fatto che dipendono da

sistemi neurali che connettono la PFC ventrale e mediale a regioni mesolimbiche tra le quali lo striato e l'amigdala. Gli esempi in questione riguardano misure in cui il valore di una ricompensa tempestiva deve essere riconsiderato rispetto a una ricompensa dal valore maggiore che viene concessa dopo un determinato periodo di tempo (ritardo della gratificazione; ad esempio, Churchwell, Morris, Hurtelou & Kesner, 2009; Hecht, Washington, & Lavidor, 2013; Sellitto, Ciaramelli, & di Pellegrino, 2010), e misure nelle quali un determinato stimolo è ricompensato precedentemente, in seguito non più e a seguito di ciò deve quindi essere evitato (estinzione; ad esempio, Butter, Mishkin & Rosvold, 1963; Rolls et al., 1994).

Non bisogna intendere le FE "calde" e "fredde" come separate ma come parte di un sistema interconnesso, adattivo e che ha come obiettivo la risoluzione delle problematiche quotidiane. Infatti insieme le Fe "calde" e "fredde" consentono al soggetto di mantenere l'attenzione, ricordare obiettivi e varie informazioni, aspettare prima di rispondere in modo impulsivo, ignorare i distrattori, tollerare le frustrazioni, considerare il fatto che ogni azione ha una conseguenza, riflettere e rielaborare i ricordi e le diverse esperienze passate e pianificare quelle future. Gli strumenti tipici che analizzano le Fe fredde sono ad esempio il go/no go per l'inibizione motoria, il Wisconsin Card Sorting Test (WCST) per la flessibilità cognitiva, il digit span e il Cors Black-Tapping Test, per la memoria di lavoro verbale e visuospiatale, la ToL, per la pianificazione. Lo strumento che indaga le FE calde è rappresentato dal Children's Gambling Task (Kerr e Zelazo, 2004), che consiste nella versione per bambini dell'Iowa Gambling Task (IGT; Beccaria, Damasio e Anderson, 1994). Questa prova valuta la capacità di prendere decisioni in situazioni nelle quali entrano in gioco ricompense e punizioni rendendo la performance emotivamente carica. Sebbene questo strumento faccia pensare ad un'attivazione delle FE calde, è stato dimostrato che risente anche di Fe fredde, più nello specifico della memoria di lavoro (Manes et al. 2002).

1.1.4 Sviluppo delle FE fredde e FE calde

Per quanto concerne lo sviluppo, le FE fredde si sviluppano in modo progressivo e graduale, inizialmente in età prescolare e continuando a migliorare fino all'età adolescenziale, periodo caratterizzato da uno sviluppo esecutivo rapido, che si stabilizza intorno ai vent'anni. Le FE calde al contrario, non seguono una curva di sviluppo graduale ma bensì si sviluppano più bruscamente, e in età prescolare si assiste a un vero e proprio salto qualitativo (Marzocchi e coll., 2022).

In uno studio condotto da Pooh (2018) le FE calde sembrano caratterizzate da un periodo di fragilità e riassetto intorno all'adolescenza, probabilmente grazie alla maturazione delle aree libiche e paralimbiche che rendono più semplice per gli adulti regolare i propri comportamenti in situazioni cariche emotivamente. Appare quindi evidente che FE calde e fredde si integrano nel funzionamento esecutivo nella vita di tutti i giorni, rappresentando una serie di operazioni mentali che si interfacciano e interagiscono sempre con emozioni e motivazioni. Sono dunque calate in un contesto di vita necessariamente carico dal punto di vista affettivo, oltre all'esecuzione di comportamenti complessi indispensabili per un buon adattamento della persona nel proprio ambiente di vita. Gli studi in età evolutiva mostrano infatti come fragilità nelle FE calde siano associate a comportamenti problematici in ambito scolastico (ad esempio disattenzione). Mentre difficoltà nelle FE fredde sono associate a più basse performance accademiche ad esempio scrittura e lettura. (Rock, Rimm_Kaufman, Nathanson.e Grim,, 2009; Zelazo, 2020). Le competenze riconducibili alla flessibilità cognitiva affrontano un rapido sviluppo nella fascia d'età che va dai tre ai cinque anni. Contrariamente la memoria di lavoro è caratterizzata da uno sviluppo progressivo in una fascia d'età più ampia, che va dai tre ai sette anni. La pianificazione, infine, emerge in modo graduale tra i cinque e i sette anni. (Marzocchi, Valagussa, 2014)

Negli anni della preadolescenza e quindi il periodo scolastico, le funzioni esecutive raggiungono una fase di maturità sia per quanto riguarda le FE fredde che le FE calde. La fase adolescenziale è segnata da un ulteriore miglioramento e il picco del funzionamento delle FE fredde avviene intorno ai 20 e i 29 anni, dopodiché si verifica un lento deterioramento dei domini cognitivi e delle FE. In particolare, nella fascia d'età che va dai 39 ai 49 anni, i soggetti sono caratterizzati da una progressiva riduzione delle competenze per quello che concerne l'immagazzinamento e la sequenziazione temporale delle informazioni. Tra i 50 e i 65 anni invece, si verifica un progressivo peggioramento nel generare concetti, nella pianificazione, nell'organizzazione e nelle abilità di shifting attenzionale. Dai 65 anni in poi si verificano capacità di pianificazione strategica scarseggiano le competenze mnestiche incontrano un deterioramento progressivo (Marzocchi, Valagussa, 2014).

A seguito degli studi sopra citati sono emerse alcune ipotesi riguardo i meccanismi sottostanti allo sviluppo delle FE. Con il loro sviluppo, infatti, si pensa possano esserci cambiamenti a livello delle strutture cerebrali, sia corticali che sottocorticali, crescenti abilità metacognitive, viene considerato il ruolo dell'esperienza e cambiamenti nel linguaggio, che man mano diviene sempre più astratto e logico.

1.2. Modelli neuropsicologici delle FE in età evolutiva

Recentemente in letteratura sono presenti vari modelli incentrati sul dominio delle FE. I modelli si differenziano per la differente prospettiva, alcuni modelli hanno un approccio unitario, altri hanno invece proposto una segmentazione delle FE in diverse sottocomponenti e si sono infine sviluppati modelli sequenziali che descrivono il funzionamento delle FE seguendo un approccio funzionale.

Il modello evolutivo di Adele Diamond (2013), docente di neuroscienze presso l'Università della British Columbia, interessata allo studio e alla ricerca sulle funzioni esecutive in chiave evolutiva, ha rappresentato queste ultime in modo esaustivo grazie al suo modello multicomponentiale. Le tre componenti considerate il principale nucleo del dominio esecutivo operano collaborando tra loro e sono interdipendenti. Una situazione in cui vengono attivati i tre processi accade quando l'individuo non deve agire seguendo le sue abitudini o tendenze iniziali sulla base delle varie informazioni immagazzinate in memoria. Adele Diamond (2013) sostiene che a seguito delle FE di base si costituiscono delle abilità più complesse e sovraordinate, conosciute come abilità esecutive superiori, e sono l'abilità di ragionamento, di problem solving e di pianificazione. I sottocomponenti di ragionamento e il problem-solving, combaciano con l'intelligenza fluida, che viene intesa come la capacità di ragionamento, problem-solving e di trovare relazioni tra vari elementi.

1.2.1 Modelli unitari FE

I modelli unitari che descrivono le FE come un costrutto unitario inscindibile sono principalmente due, quello di Norman e Shallice (1986), chiamato modello del Sistema Attenzionale Supervisore, il secondo è quello di Baddeley (1974), definito modello della Memoria di Lavoro.

Norman e Shallice descrivono il SAS, ovvero il Sistema Attentivo Supervisore, come un sistema di controllo con la funzione principale di regolare il livello di attivazione delle operazioni, sostiene il processo di selezione competitiva con un'attivazione aggiuntiva o attraverso l'inibizione di un'operazione.

Secondo gli autori, il SAS è necessario per cinque tipi differenti di situazioni: situazioni che richiedano una certa pianificazione o necessitano una presa di decisione, oppure situazioni

considerate pericolose dal soggetto, situazioni in cui la risposta non è stata appresa adeguatamente o che richiedono l'evitamento di risposte abituali (Marzocchi, Valagussa).

Il SAS, secondo Norman e Shallice, utilizza un sistema in cui sono rappresentate le possibili operazioni che l'individuo riesce a compiere, che concorrono reciprocamente secondo un meccanismo di selezione competitiva e l'informazione che raggiunge il grado massimo di attivazione, prevale su tutte le altre, che vengono inibite. L'operazione selezionata in questo modo verrà poi trasmessa alla memoria procedurale e in seguito verrà attivata la specifica procedura all'azione corrispondente.

Secondo questo approccio, un deficit al SAS causa perseverazioni, che consistono nella ripetizione della stessa azione anche quando la tipologia di compito è cambiata, oppure distraibilità quando l'attenzione del sistema di selezione competitiva viene catturata da elementi trascurabili presenti nell'ambiente che determinano un'esecuzione di azioni non coerenti con il compito che viene svolto.

Il modello di Baddeley rappresenta il secondo modello unitario, denominato in modo più specifico modello della Memoria di Lavoro, che si riferisce a quel sistema con funzioni di immagazzinamento e manipolazione delle informazioni. Il sistema di controllo, chiamato da Baddeley Esecutivo Centrale, riceve informazioni da due sistemi, ovvero il taccuino visuo-spaziale che è responsabile delle informazioni visive, delle immagini mentali, mentre il loop articolatorio è un magazzino fonologico di informazioni uditive. Il compito dell'esecutivo centrale consiste nell'integrare tra loro informazioni provenienti dai due sistemi con la Memoria a Lungo Termine.

In questo modello l'esecutivo centrale offre il framework concettuale al fine di descrivere i processi esecutivi. Baddeley afferma che l'esecutivo centrale svolge quattro funzioni principali: consente di focalizzare l'attenzione su stimoli prevalenti a seconda dell'attività in

corso e di inibire stimoli irrilevanti e fonti di distrazione interne, rende possibile l'esecuzione di molteplici attività contemporaneamente attraverso una distribuzione e un coordinamento delle risorse a disposizione, consente lo spostamento dell'attenzione tra focus diversi e set di risposte (flessibilità cognitiva), consente il recupero temporaneo di informazioni conservate nella memoria a lungo termine, informazioni che sono utili per rispondere alle richieste dell'ambiente. (Marzocchi, Valgussa).

1.2.2 Modelli frazionati delle FE

La ricerca oìù recente suggerisce che i modelli unitari sono caratterizzati da una natura troppo semplicistica, e per questo propone che il dominio delle FE è costituito da componenti diverse.

Welsh (1991) differenzia le FE in base al livello di rapidità della risposta, di controllo dell'impulsività e di pianificazione. La rapidità della risposta fa riferimento all'abilità di prestare attenzione ad uno o più stimoli target e ad estinguerne altri, per fare ciò è necessaria flessibilità. Il secondo fattore si riferisce alla capacità di usufruire di feedback per modificare il proprio set cognitivo e comportamentale, per quanto concerne la pianificazione, si fa riferimento alla capacità di valutare, programmare e pianificare strategie utili al fine della corretta esecuzione di un compito o di una determinata attività.

Levin (1991) porta a termine un'analisi fattoriale delle FE strutturando un modello costituito in tre fattori, ovvero controllo delle perseverazioni, formazione dei concetti e pianificazione. Il controllo delle perseverazioni è simile al fattore definito da Welsh "generazione di ipotesi", e corrisponde all'abilità di utilizzare feedback in modo da trasformare il proprio set cognitivo e comportamentale, inibire risposte automatizzate attraverso l'esercizio. Il secondo fattore, la formazione di concetti corrisponde al ragionamento e alla generatività mentale, infine la pianificazione viene vista come l'abilità di mettere in atto processi di decisione strategica.

Lezak(1995) è autore di un modello che comprende quattro componenti esecutive principali, ovvero la volizione, la pianificazione, l'azione e l'intenzione ad agire.

Per quanto riguarda la componente della volizione, ci si riferisce alla decisione consapevole di mettere in atto un'azione nel qui ed ora oppure all'intenzione di agire in un prossimo futuro, con il proposito di raggiungere un obiettivo, pianificare significa definire una sequenza di step che garantiscano la risoluzione di problemi o il raggiungimento di obiettivi. Nel momento in cui vengono formulate un'intenzione e i diversi obiettivi, sviluppando successivamente un piano d'azione, si ha modo di procedere alla sua implementazione, la terza componente esecutiva chiama in causa due abilità fondamentali: la costanza nella corretta implementazione di quanto pianificato e la flessibilità nell'apportare ad essa modifiche dove sono necessarie. L'ultima componente è l'azione, e quindi l'abilità di monitoraggio, correzione e regolazione del comportamento a seconda dei feedback che vengono ricevuti, siano essi interni o esterni. (Marzocchi, Valagussa, 2011).

Nel modello di Lezak (1995) mancano riferimenti alla Memoria di Lavoro e all'Inibizione.

Nel 1996, Pennington e Roberts ipotizzano che la comprensione dei processi cognitivi possa basarsi sull'interazione tra Memoria di Lavoro e Inibizione, viene definita Memoria di Lavoro la capacità di conservare informazioni temporanee e svolgere operazioni mentali su di esse.

L'inibizione ha invece un triplice scopo ovvero la soppressione di una risposta automatizzata preponderante, l'interruzione di una risposta attuale e il controllo delle interferenze. Roberts e Pennington spiegano che la gran parte dei compiti che solitamente vengono usati per indagare le FE richiedono la partecipazione di entrambi questi processi. Inibizione e Memoria di Lavoro sono quindi due FE distinte ed indipendenti, ma da un punto di vista funzionale spesso risultano essere in relazione (Marzocchi e Valagussa, 2011).

Pennington e Ozonoff (1996) indagano il dominio delle FE descrivendole secondo cinque funzioni principali, ovvero inibizione del comportamento, pianificazione, flessibilità cognitiva, memoria di lavoro verbale e visuo-spaziale e fluenza verbale fonetica e semantica.

Barkley nel 1997 elabora un nuovo modello del dominio esecutivo che si articola in quattro funzioni, ovvero la memoria di lavoro, la regolazione di emozioni, motivazione e attivazione, il linguaggio interiorizzato e la reconstitution. Questo modello ha come concetto principale l'autoregolazione, definita come la capacità individuale di esercitare un controllo sul comportamento, andando a variare la successione tra un evento e la risposta. Il controllo inibitorio è la FE essenziale nel modello di Barkley, che consiste nell'inibizione di risposte preponderanti, nell'interruzione della risposta in corso e nel controllo delle interferenze.

La prima componente è la Memoria di Lavoro intesa come magazzino di informazioni, questa memoria è costituita quindi in tre funzioni principali: la funzione retrospettiva, la funzione prospettica, ovvero l'anticipazione e la percezione del tempo, che fa riferimento all'organizzazione del comportamento nel tempo.

La seconda componente è rappresentata dall'autoregolazione degli affetti, della motivazione e dell'arousal ovvero la capacità di regolare, moderare le emozioni, mantenere la motivazione e l'arousal regolati.

La terza componente è basata sull'assimilazione del linguaggio caratterizzata a sua volta da un piano informativo e uno direttivo. Quello informativo è contraddistinto dal linguaggio interiorizzato, da una riflessione ed una esplorazione interna, da una determinata elaborazione di regole, ovvero capacità di problem solving; il lato direttivo invece determina un controllo sulle risposte e sul comportamento. L'ultima funzione esecutiva è la reconstitution, ovvero la ricostituzione, in altre parole analisi e sintesi di un nuovo comportamento.

Miyake (2000), elabora un modello che si basa su tre processi principali, ovvero sulla flessibilità cognitiva chiamata anche shifting, la memoria di lavoro e l'inibizione della risposta. "Con il termine shifting o flessibilità cognitiva si intende la capacità di spostarsi flessibilmente tra prove cognitive o comportamentali, operazioni ed assetti mentali multipli e differenti" (Marzocchi e Valagussa, 2011).

Per updating si intende l'aggiornamento e il costante monitoraggio delle rappresentazioni che risiedono nella memoria di lavoro: l'aggiornamento consiste in una manipolazione attiva e volontaria delle informazioni, il monitoraggio invece è un processo che porta alla selezione delle informazioni più coerenti con il compito che viene svolto.

L'inibizione consiste nella soppressione delle risposte automatizzate a favore di risposte più adatte alle richieste specifiche.

Tra i modelli frazionati quello di Anderson (2002) considera le FE come un sistema di controllo globale che comprende quattro domini distinti, ovvero il controllo attenzionale, la definizione degli obiettivi, la flessibilità cognitiva e il processamento delle informazioni.

Il dominio del controllo attenzionale è composto da attenzione selettiva, ovvero focalizzare tra tanti stimoli quelli più coerenti al tipo di compito, attenzione sostenuta, che fa riferimento al mantenimento del focus attentivo per un periodo di tempo prolungato, autoregolazione, che consiste nel tenere il controllo sul proprio comportamento, con verifica e correzione degli errori, inibizione, ossia controllo degli impulsi ed estinzione delle interferenze. Il dominio della flessibilità cognitiva è composto da shifting, ovvero muoversi tra set mentali e risposte differite, attenzione divisa, cioè prestare attenzione a tanti stimoli in contemporanea, working memory, elaborazione multimodale, ovvero organizzare informazioni provenienti da stimoli diversi, utilizzo dei feedback, vale a dire apprendere dai propri errori.

Il dominio della definizione degli obiettivi comprende l'iniziativa, che fa riferimento a iniziare azioni o alla progettazione delle stesse, il ragionamento concettuale, la pianificazione, che comprende la definizione degli obiettivi e le sequenze strategiche di azioni e infine l'organizzazione strategica.

Un altro dominio indipendente è il processamento delle informazioni, che può essere definito in base a tre parametri principali, ovvero fluenza, efficienza e velocità.

1.2.3 Modelli sequenziali delle FE

I modelli sequenziali delle FE appartengono ad un terzo gruppo di modelli, e descrivono tali funzioni da un punto di vista funzionale, spiegando le modalità attraverso le quali contribuiscono alla risoluzione di un compito specifico, e descrivono le FE non come moduli tra loro indipendenti, ma come processi sequenziali, caratterizzati da step di azioni successive.

Il modello del problem solving di Zelazo ad esempio (2007), descrive il funzionamento delle FE in quattro fasi principali.

La prima fase, che ha il nome di rappresentazione del problema, che è composta nella ricostruzione e riconfigurazione della situazione in questione. La seconda fase è rappresentata dalla pianificazione, quindi, a scelta delle azioni da intraprendere, l'elaborazione di un piano e l'implementazione successiva. L'esecuzione invece comprende due elementi principali, ovvero l'intenzione e l'uso di regole. Per ultima, c'è la valutazione, che permette di determinare se lo scopo è stato raggiunto o meno.

Questi processi esecutivi operano in maniera integrata. La particolarità del modello di Zelazo e collaboratori è rappresentata dal fatto che invece di contestualizzare le FE in un gruppo di

sotto-funzioni, si descrive il funzionamento principale ponendo l'accento alle diverse fasi che si succedono.

Il modello proposto da Burgess (2000) rappresenta l'ultimo modello integrato delle FE.

L'esecuzione di un compito difficile richiede la progettazione di vari step intermedi, ovvero l'apprendimento delle regole del compito, la pianificazione dei passaggi da seguire, l'esecuzione del compito, la coerenza tra pianificazione ed esecuzione e infine la rievocazione della qualità dell'esecuzione.

Nel modello ideato da questo autore sono coinvolte la memoria retrospettiva, la pianificazione e la memoria prospettica. Ognuno di questi fattori ha uno specifico ruolo in relazione alle fasi intermedie citate in precedenza. La memoria retrospettiva subentra nell'apprendimento delle regole e nella rievocazione della qualità dell'esecuzione, la memoria prospettica invece ha un ruolo importante nella pianificazione e nell'esecuzione del compito.

1.3 Le FE nel dettaglio

1.3.1 L'attenzione

L'attenzione rappresenta uno tra i fattori associati allo sviluppo delle FE. Gli autori Petersen e Posner (2012) hanno individuato tre differenti sistemi dell'attenzione nei bambini, che dipendono da reti neurali distinte che si attivano in collaborazione tra loro. Tra queste componenti ne esiste una energetica che comprende lo stato di allerta, attivando l'organismo nei casi in cui all'interno del suo ambiente vi sono stimoli salienti. La velocità di reazione con cui il bambino reagisce o meno ai diversi stimoli e il tempo utilizzato per rispondere correlano con il grado di energia impiegato.

Lo stato di allerta, l'orientamento e l'attenzione esecutiva sono i tre sistemi dell'attenzione.

L'orientamento è il fattore che dà modo all'attenzione di focalizzarsi su una determinata zona

dello spazio da dove proviene un suono piuttosto che su un particolare stimolo. Per quanto riguarda la velocità di orientamento dell'attenzione varia a seconda del bambino e aumenta con il progredire dell'età in base alla rapidità dei movimenti oculari (Wass, 2014).

Anche tendendo gli occhi immobili l'orientamento dell'attenzione può variare ruotando la testa, muovendo il corpo o anche mentalmente. In questo ultimo caso, accade quando il soggetto pensa che un'altra persona piuttosto lontana comunicherà qualcosa di importante. In questo caso, non è importante portare lo sguardo in direzione del suono, ma l'attenzione.

Nell'orientamento l'attenzione è caratterizzata dall'ancoraggio verso un determinato stimolo, il disancoraggio, l'ancoraggio a uno stimolo nuovo e l'inibizione di ritorno verso lo stimolo precedente. L'inibizione di ritorno dipende anche da una terza componente, ovvero l'attenzione esecutiva, che rende possibile una selezione degli stimoli coerenti per il compito e inibisce quelli non pertinenti, consentendo la risoluzione del conflitto cognitivo che subentra quando gli stimoli interni o esterni distraggono l'attenzione e ostacolano l'elaborazione necessaria per il compito che si sta svolgendo.

La quantità delle risorse attentive, piuttosto limitata, genera una competizione tra i diversi stimoli ai quali prestare attenzione, se l'attenzione esecutiva non inibisce gli stimoli meno importanti, il compito sul quale si lavora non viene portato a termine nel modo corretto.

Dall'attenzione selettiva, che isola uno stimolo target in mezzo a diversi distrattori, origina la funzione di controllo esecutivo, con il compito di mantenere un comportamento orientato ad un solo obiettivo nonostante la presenza di attrattori che disturbano e confondono.

Per Garon e colleghi (2014) l'attenzione rappresenta la base dello sviluppo delle FE semplici che emergono presto nella vita del soggetto e rimane una funzione rilevante nello sviluppo delle FE. Chatham (2011) sostiene che l'esordio dell'attenzione endogena, guidata internamente o volontaria di cui fa parte l'attenzione sostenuta o focalizzata, rappresenta un avanzamento nello sviluppo di competenze metacognitive, tra le quali le FE. L'abilità di

focalizzare l'attenzione su un particolare stimolo si sviluppa in modo rapido nei primi anni di vita e le differenze individuali sono già visibili nella prima infanzia (Kansas e Oakes, 2008). L'allerta fisica, che consiste nel breve lasso di tempo per prepararsi a fornire la risposta esatta, può portare allo sviluppo dell'attenzione sostenuta aumentando gradualmente tempo fra il segnale di pronti e il target. Nel tempo l'attenzione sostenuta ha vari elementi di controllo e richiede la gestione delle frustrazioni per tutta la durata del compito, considerata da alcuni autori come una tra le FE più rilevanti.

L'attenzione sostenuta si rileva con espressioni del viso e movimenti del corpo su un determinato elemento di interesse (Colombo e Cheatham, 2006), e al fine di misurare queste capacità vengono utilizzate spesso attività di gioco libero con diversi strumenti. La sfida per focalizzare l'attenzione in queste varie attività di gioco libero è affine a quella che i bambini sperimentano nella loro vita quotidiana (Kansas, Oakes e Shaddy, 2006).

Nel momento in cui i bambini sono in grado di giocare con giocattoli diversi, si nota un costante incremento nel tempo dedicato all'attenzione verso i giocattoli durante l'infanzia e l'età prescolare (Ruff e Rothbart, 1996).

Nonostante si pensi che l'attenzione sostenuta sia un fattore determinante al fine dello sviluppo delle funzioni di auto-regolazione, questo tema è stato trattato poco. Alcuni studi hanno mostrato relazioni contemporanee tra le funzioni esecutive nell'età prescolare e l'attenzione sostenuta come nel caso di Reck e Hund del 2011, ma solo uno di questi studi ha esaminato la relazione longitudinale tra l'attenzione sostenuta nei neonati e le funzioni auto-regolative.

1.3.2 Il controllo inibitorio

Il controllo inibitorio (uno delle principali FE) consiste nella capacità del soggetto di controllare l'attenzione, il comportamento, i pensieri e/o le emozioni con il fine ultimo di ignorare una forte predisposizione interna o uno stimolo proveniente dall'ambiente esterno, per fare ciò che è più appropriato o necessario. Senza il controllo inibitorio saremmo individui in balia degli impulsi, dei diversi stimoli dell'ambiente. Così, il controllo inibitorio ci permette di cambiare le diverse attività e di scegliere la modalità in cui reagiamo e ci comportiamo. Non è un processo facile, perché normalmente siamo individui abituarini e il nostro comportamento è sotto il controllo di stimoli ambientali molto più di quanto questo emerga alla nostra coscienza, ma avere la capacità di esercitare un controllo inibitorio crea in noi possibilità di cambiamento e scelta.

Con il controllo inibitorio dell'attenzione noi siamo in grado di partecipare in modo selettivo, concentrandoci su ciò che è più rilevante per noi in quel momento e sopprimendo l'attenzione di altri stimoli secondari. Uno stimolo saliente come un rumore improvviso attira la nostra attenzione, anche contro la nostra volontà. Questo processo è chiamato attenzione esogena, dal basso verso l'alto, automatica, guidata dallo stimolo o involontaria ed è guidato dalle proprietà degli stimoli stessi (Posner & DiGirolamo 1998, Theeuwes 1991). Possiamo anche scegliere volontariamente di ignorare stimoli particolari e prestare più attenzione agli altri in base a quello che è il nostro obiettivo o seguendo la nostra intenzione. Oltre ad essere chiamata attenzione selettiva o focalizzata, questo è stato definito controllo attenzionale, endogeno, dall'alto verso il basso, attivo, orientato verso l'obbiettivo, volontario o esecutivo (Posner & DiGirolamo 1998, Theeuwes 2010).

Un altro aspetto del controllo delle interferenze è la soppressione delle rappresentazioni mentali predominanti, processo che prende il nome di inibizione cognitiva. Ciò implica la resistenza da parte del soggetto a pensieri o ricordi non desiderati, compreso l'oblio

intenzionale (Anderson & Levy 2009), la resistenza all'interferenza proattiva dalle informazioni precedentemente acquisite (Postle et al. 2004) e la resistenza all'interferenza retroattiva dagli elementi presentati in seguito.

L'autocontrollo è l'aspetto dell'inibizione che comporta il controllo del proprio comportamento e delle proprie emozioni al servizio del controllo del proprio comportamento. L'autocontrollo riguarda resistere alle tentazioni e non agire in maniera impulsiva. La tentazione resistita potrebbe essere quella di assecondare piaceri quando non si dovrebbe (ad esempio, cadere nella tentazione di mangiare dolci quando il soggetto sta cercando di dimagrire), indulgere eccessivamente o allontanarsi dalla giustizia e dall'onestà (quindi imbrogliare o rubare). La tentazione potrebbe essere quella di reagire in modo impulsivo (ad esempio, colpire qualcuno che ha ferito i sentimenti del soggetto) o prendere l'oggetto desiderato senza riguardo per le norme sociali (ad esempio, scontrarsi in fila o afferrare il giocattolo di un altro bambino).

Un altro aspetto dell'autocontrollo è possedere la disciplina adeguata al fine di rimanere concentrati sul compito che si sta portando a termine nonostante le distrazioni e completare un compito nonostante la tentazione di arrendersi, di passare a un lavoro più interessante, o di divertirsi invece. Questo comporta che il soggetto attenda qualcosa anche se preferirebbe fare qualcos'altro. È legato all'aspetto finale dell'autocontrollo, ovvero ritardare la gratificazione (Mischel et al. 1989), che implica rinunciare ad un piacere immediato per una ricompensa maggiore dopo un certo periodo di tempo (spesso chiamato sconto di ritardo da parte di neuroscienziati e teorici dell'apprendimento; Louie & Glimcher 2010, Rachlin et al. 1991). Senza la disciplina adatta al fine del completamento di un compito che è stato incominciato e ritardare così la gratificazione, nessuno completerebbe mai un compito lungo e dispendioso in termini di tempo come scrivere una tesi, correre una maratona o iniziare una nuova attività.

Anche se gli esempi citati sopra comportano un “tiro alla fune” tra una parte della persona che vuole fare x e un'altra parte della persona che vuole fare y (Hofmann et al. 2009), l'autocontrollo può essere basilare dove non ci sono desideri concorrenti. È necessario, ad esempio, non esternare la prima cosa che viene in mente al soggetto che potrebbe avere delle conseguenze dolorose per gli altri o imbarazzanti per l'individuo stesso. È importante quindi, non saltare a una conclusione prima di ottenere tutti i fatti e prima di aver analizzato in tutti i suoi aspetti una questione, strategia, quest'ultima, che permette al soggetto di fornire una risposta migliore e più saggia.

Gli errori dati dall'impulsività sono errori che il soggetto compie quando non è in grado di aspettare. Se il soggetto può essere aiutato ad aspettare, tali errori possono spesso essere evitati. Spesso noi sperimentiamo episodi in cui inviamo un e-mail per poi pentircene subito dopo l'invio. Molti di noi hanno anche avuto l'esperienza che la nostra prima interpretazione di un fatto o di una situazione non fosse corretta, e siamo stati riconoscenti di aver esercitato l'autocontrollo al fine di trattenerci dall'interpretazione fino a quando non abbiamo avuto modo di acquisire più informazioni, oppure abbiamo vissuto situazioni nelle quali ci siamo pentiti di aver agito in modo precipitoso senza pazientare. Nei vari test di controllo inibitorio, i bambini piccoli spesso si affrettano a rispondere senza attendere il proprio turno e quindi fanno errori fornendo la risposta impulsiva quando è richiesta una risposta diversa e più ragionata. Aiutare e insegnare ai bambini piccoli ad aspettare migliora le loro prestazioni. Questo è stato dimostrato utilizzando una varietà di compiti che richiedono controllo inibitorio come il go/no-go (Jones et al. 2003), o i compiti di teoria della mente (Heberle et al. 1999).

Diamond e colleghi (2002) hanno ipotizzato che una maggiore disponibilità di tempo aiuti in tali situazioni poiché i bambini piccoli per calcolare la risposta necessitano di tempo. Anche Simpson & Riggs (2007) hanno ipotizzato che più tempo aiuti perché consente alla risposta

prepotente (che viene attivata automaticamente da uno stimolo) di correre fino alla soglia di risposta e poi scomparire, consentendo alla risposta corretta di competere con più successo. Compiere qualcosa di diverso dalla risposta prepotente richiede uno sforzo mentale e la soglia di risposta viene raggiunta più lentamente.

Quando una risposta prepotente errata viene suscitata dalla vista di uno stimolo, gli individui possono essere aiutati a funzionare correttamente schermato lo stimolo dalla vista, riducendo o eliminando così la necessità di un controllo inibitorio. Ad esempio, nel celebre test di Piaget di conservazione del volume del liquido (Piaget 1952/1941), la stessa quantità di liquido viene versata in un bicchiere basso e largo e successivamente in un bicchiere alto e sottile. Naturalmente il livello dell'acqua è molto più alto nel bicchiere alto e sottile, e l'acqua al suo interno viene percepita in quantità maggiore di quanta non ce ne fosse nell'altro bicchiere. I bambini dai 4 ai 5 anni, che hanno appena verificato che la quantità di liquido è la stessa in due bicchieri piccoli identici, cadono preda a questa attrazione percettiva. Anche se vedono il liquido versato dal bicchiere basso e largo al bicchiere più alto e più sottile, dopo aver visto il livello più alto di liquido nel bicchiere alto, affermano che ci deve essere più liquido all'interno di quest'ultimo. Tuttavia, se non gli vengono mostrati i due diversi livelli di liquido, e infatti viene posta una barriera tra i bicchieri e il bambino, nel momento in cui gli viene semplicemente chiesto quale bicchiere ha più liquido, i bambini dai 4 ai 5 anni forniscono la risposta corretta (Bruner et al, 1966).

Allo stesso modo, i bambini hanno una tendenza prepotente a raggiungere direttamente una ricompensa che possono vedere. Se c'è una barriera trasparente tra loro e la ricompensa, i bambini dai 6 agli 11 mesi hanno grandi difficoltà a inibire l'attrazione percettiva per continuare a cercare di raggiungere direttamente la ricompensa nonostante siano ripetutamente ostacolati dalla barriera chiara. Se la barriera è opaca, rimuovendo così l'attrazione percettiva, più bambini ad ogni età riescono a deviare intorno alla barriera e

riescono in meno tempo (Diamond 1990, 1991). Molti adulti usano una strategia correlata eliminando gli alimenti grassi dalla vista quando cercano di stare a dieta, riducendo così il grado di autocontrollo necessario.

1.3.3 Sviluppo del controllo inibitorio

Il controllo inibitorio è difficile da mettere in pratica per i bambini piccoli. Ad esempio, la differenza sia nella velocità che nell'accuratezza delle prestazioni dei bambini dai 4 ai 9 anni tra (a) rispondere sempre dallo stesso lato di uno stimolo e (b) inibire quella tendenza prepotente e rispondere sempre sul lato opposto a uno stimolo è maggiore della differenza nella loro velocità o precisione per (a) tenere a mente due associazioni stimolo-risposta rispetto a (b) tenere a mente sei associazioni stimolo-risposta (Davidson et al. 2006). Questo è vero se le prove same-side vengono prima o dopo quelle opposite-side (Wright & Diamond 2012). Per gli adulti invece, è vero il contrario. È molto più difficile per noi tenere a mente sei associazioni che solo due, ma non è più difficile per noi rispondere sempre sul lato opposto a uno stimolo che rispondere sempre sullo stesso lato di uno stimolo (la nostra velocità e precisione per ciascuno sono equivalenti; Davidson et al. 2006, Lu & Proctor 1995). Il controllo inibitorio continua a maturare durante l'adolescenza (Luna 2009, Luna et al. 2004).

Il controllo inibitorio nei primi anni di vita del bambino dai risultati delle varie ricerche sembra essere abbastanza predittivo dei risultati per tutto l'arco della vita, anche in età adulta. Quando 1.000 bambini nati nella stessa città nello stesso anno sono stati seguiti per 32 anni con un tasso di ritenzione del 96%, Moffitt et al. (2011) hanno scoperto che i bambini che tra 3 e 11 anni avevano un migliore controllo inibitorio (ad esempio, erano più bravi ad aspettare il loro turno, meno facilmente distratti, più persistenti e meno impulsivi) avevano più probabilità da adolescenti di essere ancora a scuola e avevano meno probabilità di fare scelte

rischiose o di fumare o prendere droghe. Da adulti, all'età di circa 30 anni, mostravano una migliore salute fisica e mentale (ad esempio, avevano meno probabilità di essere in sovrappeso o di avere problemi di pressione alta o abuso di sostanze), guadagnavano di più ed erano più rispettosi della legge come adulti 30 anni dopo rispetto agli individui con un controllo inibitorio peggiore da bambini, anche controllando il QI, il sesso, la classe sociale e la loro vita domestica e le circostanze familiari (Moffitt 2012).

Il controllo inibitorio diminuisce notevolmente durante il normale invecchiamento (Hasher & Zacks 1988, Hasher et al. 1991). Ad esempio, gli anziani hanno maggiori difficoltà nell'inibire le distrazioni visive (Darowski et al. 2008, Gazzaley et al. 2005) e distrazioni uditive (Alain & Woods 1999, Barr & Giambra 1990). Gli anziani mostrano un normale miglioramento degli stimoli da frequentare, ma meno o addirittura nessuna soppressione degli stimoli da ignorare (Gazzaley et al. 2005), fornendo una prova piuttosto forte di un deficit di controllo inibitorio nell'invecchiamento. Non importa se i partecipanti sono preparati alla distrazione o meno, e indipendentemente da quanto è lungo il periodo tra l'avvertimento e gli stimoli o quanto è lungo l'intervallo tra le prove, gli adulti più anziani sono sostanzialmente peggiori degli adulti più giovani nel sopprimere informazioni irrilevanti (Zanto et al. 2010). I problemi di controllo inibitorio degli anziani sono evidenti anche sul compito antisaccade (Peltsch et al. 2011, Sweeney et al. 2001)

1.3.4 La memoria di lavoro

La memoria di lavoro, fa riferimento a quell'abilità che consente di trattenere delle informazioni nel cervello e di poterle manipolare (Baddeley & Hitchcock, 1994, Smith & Jonides 1999). È composta in memoria di lavoro verbale e non verbale, anche detta visuo-spaziale. La WM è necessaria al fine di dare un senso a tutto quello che si svolge man mano che il tempo scorre perché trattiene in memoria le informazioni precedenti rielaborandole, concatenandole così alle successive. Viene utilizzata per dare significato a quello che ascoltiamo e leggiamo, per trasformare le istruzioni in azioni, per considerare altre alternative, per trovare relazioni tra le varie idee e raggiungere un pensiero globale. È una funzione essenziale perché senza di essa non ci sarebbe modo di ragionare. La WM è essenziale per il pensiero creativo perché consente di trovare un collegamento tra elementi lontani, attraverso di essa infatti è possibile scomporli e ricomporli secondo nuove modalità.

La memoria di lavoro è fortemente collegata con il controllo inibitorio; infatti, si ritrovano quasi sempre in collaborazione. La WM è a supporto del controllo inibitorio, infatti focalizzandosi sulle varie informazioni tenute a mente, la possibilità che tali informazioni comandino il comportamento aumenta e a seguito di ciò diminuisce la probabilità di un errore inibitorio. Con lo scopo di mantenere la mente focalizzata sul compito è necessario inibire le informazioni interferenti e le continue distrazioni provenienti dall'ambiente esterno, e usando ciò fallisce la mente "inizia a vagare" (Diamond, 2013).

Sono diversi i compiti richiedenti una risposta inibitoria ma che allo stesso tempo coinvolgono anche la memoria di lavoro. Se presi ad esempio per l'età evolutiva, esaminano quanto un bambino è in grado di controllare il proprio comportamento utilizzando situazioni già vissute da lui e mettendo in pratica una regola che gli è stata data. Molti autori hanno indagato l'importanza di discriminare tra compiti richiedenti l'uso di entrambe le componenti di memoria di lavoro e processi inibitori e compiti che esigono un'unica abilità inibitoria

(Carlosn & Moses, 2001; Diamond, 2002). Questa distinzione è supportata dalle evidenze empiriche. Garon (2008) distingue i test che richiedono abilità inibitorie e di memoria di lavoro minime come “semplici compiti di inibizione della risposta” e quelli che invece richiedono un coinvolgimento più significativo della memoria di lavoro come “compiti complessi dell’inibizione della risposta”.

1.3.5 La flessibilità cognitiva

Secondo il modello di Diamond (2013) la terza componente delle FE è rappresentata dalla flessibilità cognitiva. Il suo sviluppo è favorito sia dal controllo inibitorio che dalla memoria di lavoro e avviene successivamente. La flessibilità cognitiva permette un cambio di prospettiva in una modalità spaziale o anche interpersonale, e per rendere questo possibile è necessario disattivare la vecchia prospettiva e attivarne una diversa con l’aiuto della memoria di lavoro. Un’altra componente di questa funzione fa riferimento all’abilità di poter cambiare idea su uno specifico argomento e modificare la modalità di pensare. Ciò ha luogo in situazioni nelle quali è essenziale una rivalutazione delle proprie priorità, ammettere di avere commesso un errore e accettare le imprevedibilità. Le persone acquisiscono le informazioni manipolandole in tempo reale per cambiare flessibilmente scenario con le risorse fondamentali. Una migliore flessibilità cognitiva si associa a esiti migliori nell’intero arco di vita come ad esempio una maggiore abilità nella lettura durante lo sviluppo (Abbey, 2014), una resistenza più duratura agli eventi negativi della vita e allo stress che caratterizza l’età adulta (Genet, 2011) una migliore qualità della vita in età avanzata (David, 2010). Questa funzione esecutiva si sviluppa nei primi anni di vita, e si verifica un picco di queste capacità tra i 7 e i 9 anni. Nonostante raggiunga la maturità dai 10 anni di vita, queste competenze non completano la loro crescita ma bensì continuano a progredire anche durante gli anni dell’adolescenza e nell’età adulta, raggiungendo il picco nella fascia d’età che va dai 21 ai 30 anni (Anderson, 2002; Hunter, 2012).

Per quanto concerne i compiti di flessibilità cognitiva due sono le fasi principali. La prima sollecita i partecipanti al fine di costruire un determinato set mentale all'interno del quale vi è un'associazione tra uno stimolo particolare e una determinata risposta. Nel formare questo set i partecipanti devono concentrarsi sullo stimolo significativo non considerando gli stimoli distrattori e tenendo sempre a mente la regola della WM. Per quanto riguarda la seconda fase ci si focalizza sull'abilità di passare ad un set mentale differente nel quale le regole si trovano in conflitto con il primo set. In questa particolare fase i compiti differiscono per il grado di conflitto tra le regole che le persone devono superare al fine di completare la domanda. In letteratura la differenza che viene utilizzata in misura maggiore riguarda la natura o il tipo di flessibilità richiesta (Dias, Robbins & Roberts, 1996; Konishi et al., 1998; Naghama, Fukuyama & Shibasaki, 2002). La flessibilità dimostra rilevanti variazioni in riferimento alla localizzazione del conflitto tra i vari stimoli, in grado di manifestarsi durante il periodo di percezione o nella fase di risposta. L'attività in cui è stata modificata la regola al fine della selezione dei vari aspetti di uno stimolo è stata nominata "attention shifting", attività che necessita di una modifica alle regole che influenzano sulla selezione di una risposta motoria pertinente portano il nome di "response", "intention" o "task" shifting (Rushworth, Passingham & Nobre, 2005). Le ricerche propongono che l'"Attention shifting" e "response shifting" rappresentino processi dissociabili, con la response shifting vengono coinvolte le aree frontali mediali e con l'attenzione shifting soprattutto le aree frontali laterali. Ricerche più attuali hanno messo in risalto il fatto che in entrambi i casi vengono coinvolte reti frontali parietali (Collette & Van der Linden, 2002; Collette et al., 2004; Rushworth et al., 2005; Wager et al., 2004).

1.4 Le funzioni esecutive nei disturbi del neurosviluppo

Un elemento che accomuna i vari disturbi dello sviluppo è un deficit a carico delle Funzioni Esecutive (Bausea Herreras 2019; Oennington & Ozonof, 1996). In determinati disturbi del neurosviluppo un deficit nelle funzioni esecutive può determinare una parte dei sintomi cognitivi principali, in altri casi una debolezza a carico delle funzioni esecutive è collegata a specifici deficit che contribuiscono a definire sottotipi diversi del disturbo.

In particolare, nell'ADHD (Disturbo da Deficit di Attenzione e Iperattività) uno tra i deficit principali è quello a carico dell'inibizione, in particolare nell'abilità di frenare le risposte impulsive (Barkley, 2006, 2018). Per l'autore, un deficit dell'inibizione può essere la causa di un deficit a carico della memoria di lavoro, nella regolazione emotiva, nella ricostruzione e nell'internalizzazione del linguaggio, creando difficoltà nella regolazione dell'interazione con i pari. Nell'ADHD si assiste ad una compromissione della memoria di lavoro, della flessibilità cognitiva, dell'attenzione sostenuta e della pianificazione (Lambek et al., 2011). In diversi studi infatti si sono verificate compromissioni anche nelle FE "hot" nei soggetti con ADHD, come nel processo decisionale e nella teoria della mente.

Gli studi iniziali a proposito delle FE nei Disturbi dello Spettro Autistico (Autism Spectrum Disorder-ASD) vengono compresi nella revisione degli autori Pennington e Ozonoff (2010), nella quale vengono mostrati deficit nelle FE che mostrerebbero una variazione tra ADHD e ASD. Focalizzando l'attenzione quattro tra le FE, quindi pianificazione, inibizione, automonitoraggio e flessibilità mentale, è stata trovata una grande differenza tra i disturbi.

Nei soggetti con ASD le FE sono spesso compromesse, in modo specifico da deficit a carico della flessibilità cognitiva, nella pianificazione e nell'inibizione di risposte dominanti. Sono stati verificati complicazioni di set shifting, che consiste nello spostamento della mentalità

verso concetti nuovi e anche a carico della memoria di lavoro, ovvero nell'aggiornamento di informazioni contenute nella memoria a breve termine.

I deficit nelle FE limitano l'abilità negli individui con Disturbo dello Spettro Autistico di riflettere sui propri e gli altrui stati mentali. Le FE giuste a far fronte alla mentalizzazione sono perciò necessarie. Quando viene considerata la mentalizzazione implicita, in cui le richieste esecutive sono limitate, non è più adeguato questo resoconto. Le FE compromesse sono legate funzionalmente a comportamenti stereotipati e limitati (RRB), proprio perché la difficoltà nella generazione di nuove idee può far arrivare a routine caratterizzate da rigidità e problemi nella gestione dell'interruzione di queste ultime. Cangio e coll (2016), nonostante la non universalità dei risultati, hanno trovato una correlazione tra le Funzioni Esecutive e RRBs in bambini con il Disturbo dello Spettro Autistico. L'ADHD in comorbidità può influenzare le prestazioni delle FE nell'ASD, soprattutto nel caso dell'inibizione.

L'apprendimento linguistico non può svilupparsi senza l'uso delle FE (Berlinguer et al., 2017), esiste infatti una relazione reciproca e complessa tra questi due fattori (Bishop et al., 2013). I soggetti con Disturbo Primario del Linguaggio palesano difficoltà cognitive che non si esauriscono al solo dominio del linguaggio. Infatti nei soggetti che presentano questo disturbo, sono state individuate difficoltà legate alle FE, legate alla velocità di elaborazione, alla memoria motoria, al ragionamento non verbale, alla memoria procedurale e al controllo motorio. In particolare, le FE che sembrano avere una maggiore compromissione sono l'inibizione, la flessibilità cognitiva, la memoria di lavoro sia fonologica che visuo-spaziale e il controllo attentivo sia in compiti verbali che in quelli non verbali. Per quanto riguarda l'apprendimento della lettura, la comprensione del testo e le competenze matematiche sono legati alla memoria di lavoro, alla flessibilità cognitiva, all'inibizione e al controllo e pianificazione dell'attenzione (Gilmore & Cragg, 2014).

Nei soggetti con Disturbi Specifici dell'Apprendimento (DSA) le difficoltà provengono da diversi settori delle FE come ad esempio la pianificazione, la flessibilità cognitiva, la memoria di lavoro verbale e visuospaziale, il controllo attentivo e l'inibizione (El Wafa et al, 2020). La dislessia evolutiva rappresenta il disturbo con il maggior numero di studi nell'area delle FE e delle difficoltà ad esse associate. I deficit più comuni in questo disturbo sono deficit nell'attenzione visto-spaziale, uditiva e fonologica, memoria verbale e visiva a breve termine e di lavoro visuo-spaziale, deficit nell'inibizione di informazioni non importanti e nel mantenimento di informazioni importanti nella memoria di lavoro. Questi ultimi sono considerati i più rilevanti nel caso della dislessia evolutiva, sia nelle componenti verbali che visuo-spaziali.

Le Funzioni Esecutive, per concludere, sono fondamentali al fine dello sviluppo di un comportamento adattivo, il corretto funzionamento esecutivo nel periodo dello sviluppo è in grado di prevedere benessere e salute in età adulta. In particolare nell'infanzia, le FE hanno la caratteristica di essere piuttosto reattive ai vari stimoli e alle influenze ambientali, ed è infatti molto importante identificare dei deficit a livello delle FE in modo da intervenire in tempo migliorando lo sviluppo del bambino.

Capitolo 2

1. Il Mondo degli Elli

2.1 Il potenziamento delle Funzioni Esecutive

Le Funzioni Esecutive possono essere migliorate tramite l'allenamento cognitivo (Diamond & Lee, 2011) e diversi studi evidenziano un rafforzamento dei circuiti neurali successivi in seguito a interventi intensivi. Le FE svolgono un ruolo cruciale nello sviluppo dei bambini e possono presentare diversi livelli di compromissione a seconda della gravità dei disturbi del neurosviluppo. Per questo motivo, la letteratura riporta una varietà di approcci adottati per valutarne l'efficacia, sia nel miglioramento diretto delle Funzioni Esecutive sia nel favorire un effetto di generalizzazione su altre abilità cognitive o comportamentali. Nella pratica clinica, per rendere un intervento efficace, sono necessari strumenti compensativi, strategie di problem-solving e metacognitive, hanno necessità di strumenti compensativi, strategie di problem-solving e metacognitive; questi strumenti non solo puntano a migliorare compiti specifici, ma risultano utili anche in diverse situazioni della vita quotidiana.

In letteratura descrive diverse tipologie di interventi volti a potenziare le Funzioni Esecutive, tra cui programmi di allenamento computerizzati, giochi digitali, attività artistiche, pratiche di consapevolezza e biofeedback. Sono stati documentati risultati positivi anche attraverso l'uso di attività fisiche e giochi non digitali (Best & Miller, 2010). Le attività motorie complesse stimolano aree cerebrali associate alla corteccia prefrontale, producendo risposte fisiologiche immediate, come un incremento del flusso sanguigno e una maggiore ossigenazione del cervello, che favoriscono così prestazioni cognitive e l'apprendimento. Le attività fisiche che includono sfide cognitive, richiedendo un adattamento flessibile del comportamento,

sembrano avere un impatto maggiore sulle Funzioni Esecutive rispetto a quelle che si basano su risposte motorie automatizzate. (Diamond, 2015).

Tra gli approcci promettenti si trovano i programmi di intervento in classe progettati appositamente per stimolare le Funzioni Esecutive. Questi interventi si integrano nella routine quotidiana dei bambini, facilitando la generalizzazione delle competenze acquisite e il loro utilizzo in diversi contesti. Tali programmi non richiedono materiali specifici, possono essere realizzati a scuola dagli insegnanti e permettono di coinvolgere un numero elevato di partecipanti. Anche discipline accademiche come la musica e il teatro, che richiedono flessibilità cognitiva e controllo inibitorio, possono apportare benefici significativi alle Funzioni Esecutive (Schellenberg, 2004; Thibodeau, 2010).

Il biofeedback, una tecnica che impiega segnali elettroencefalografico (EEG) o elettromiografico (EMG) per facilitare l'apprendimento dell'autocontrollo volontario su alcuni processi psicofisiologici, si è dimostrato efficace nel migliorare l'attenzione e l'autoregolazione, supportando lo sviluppo dell'autocontrollo. Uno studio del 2013 ha evidenziato che il neurofeedback può ridurre i sintomi clinici in bambini e adolescenti con ADHD (Niv, 2013). Tuttavia, una metanalisi più recente ha messo in luce la scarsa efficacia del neurofeedback testato tramite prove standardizzate delle Funzioni Esecutive in bambini con ADHD (Louthrenoo et al., 2022). Questa discrepanza nei risultati potrebbe derivare dalle diverse misure di esito prese in considerazione nei vari studi.

Poiché le Funzioni Esecutive sono strettamente correlate ad altre abilità cognitive, il loro deterioramento può generare effetti a cascata su vari processi neuropsicologici. Di conseguenza, i miglioramenti nelle Funzioni Esecutive possono influenzare positivamente funzioni non direttamente allenate ma collegate alle FE, con benefici tangibili per il funzionamento quotidiano dei bambini. In letteratura, questo fenomeno è noto come effetto di "trasferimento lontano," riferendosi agli impatti positivi dell'intervento su abilità diverse ma

collegate a quelle allenate (Sala & Gober, 2016, 2017). Ad esempio, un potenziamento delle Funzioni Esecutive attraverso un training potrebbe migliorare anche le prestazioni scolastiche. Il trasferimento viene definito non solo come progresso in compiti differenti, ma anche rispetto a miglioramenti osservati nel tempo e in contesti simili o diversi; in ciascuna di queste dimensioni, il trasferimento può essere vicino o lontano (Klahr & Chen, 2019).

Relativamente al trasferimento contestuale, Diamond e Ling (2016) hanno analizzato i trasferimenti vicini, ossia i miglioramenti delle abilità esercitate all'interno del trattamento, osservati anche in altri contesti che richiedono le stesse abilità. Gli autori sostengono che “le persone migliorano le competenze che esercitano e ciò si trasferisce in altri contesti che ricevono le stesse competenze [...]”; tuttavia, il miglioramento non sembra estendersi ad abilità diverse” (Diamond & Ling, 2020, pp. 460-461). Diamond e Ling (2019), inoltre, identificano quattro requisiti essenziali per un intervento efficace.

- Le attività devono avere la caratteristica di una crescente complessità;
- Le attività necessitano di apparire coinvolgenti e accattivanti, considerando anche il piano emotivo;
- Il soggetto che gestisce i compiti esecutivi deve credere in ciò che fa e nel miglioramento da parte del bambino;
- Le attività devono consentire al bambino di provare emozioni piacevoli e senso di autoefficacia (Marzocchi e colleghi, 2022).

Le attività proposte devono collocarsi nella zona di sviluppo prossimale (Vygotskyi), ossia non devono essere né troppo sfidanti e né troppo semplici. Il bambino deve quindi avere l'opportunità di mettersi in gioco e di essere stimolato, imbattersi in compiti troppo difficili per lui rappresenterebbe un rischio, infatti potrebbe svilupparsi in lui un'idea di sé negativa. È importante che il bambino abbia la giusta dose di fiducia in se stesso e nelle

sue capacità, al punto da saper regolare il proprio funzionamento in autonomia. I soggetti aventi uno sviluppo maggiormente limitato delle FE, hanno successo maggiore in ogni tipo di intervento. A seguito di ciò, un potenziamento precoce sulle FE potrebbe livellare il campo da gioco riducendo le differenze, ed è importante che sia ripetuto nel tempo. Il miglioramento nelle FE conseguente al training dipende dalla quantità e dalla qualità di tempo passato in queste attività (Diamond, 2012).

2.1.2 Il gioco come strumento d'intervento

Il gioco sembra un argomento che accomuna tutti, e in effetti è così, non solo dal punto di vista ontogenetico e quindi passando attraverso tutte le varie età della vita, fino a comprendere perfino la terza età. Ci rende simili anche in senso filogenetico, infatti nei nostri antenati e quindi attraverso le civiltà e le varie culture, specialmente quelle Occidentali, il gioco non ha aspetti così differenti. Tutti noi ci ricordiamo dei giochi a cui eravamo affezionati, al parco giochi o a casa, da soli o con amici e familiari. Il gioco è qualcosa di così naturale che è difficile per noi fornire una precisa definizione, il suo istinto infatti è comune a tutti gli esseri umani. Non è un'esperienza esclusiva nell'essere umano, infatti la condividiamo anche nel mondo animale, che rappresenta una pratica diffusa nella maggioranza delle specie animali. Per questo gli studiosi sono d'accordo nell'affermare che il gioco è un'esigenza biologica innata. Sul gioco esistono tante prospettive, che vanno da quella antropologica a quella evolutiva, da quella psicoanalitica a quella psicopedagogica, ma si possono prendere tutte in considerazione, soffermandosi sui punti in comune di ciascuna disciplina, ovvero il considerare il gioco essenziale al fine di uno sviluppo adeguato. Il gioco rappresenta uno strumento attraverso cui esprimersi, condividere esperienze e scoprire sia il mondo esterno che quello interiore. Giocando il bambino sviluppa inconsciamente abilità e conoscenze utili

nella vita quotidiana e in diversi ambienti di vita. Rappresenta quindi una strategia efficace ai fini dell'apprendimento: i bambini che svolgono un compito guidati dal puro piacere di farlo, senza la pressione di dover imparare un concetto o un'abilità, si appassionano in misura maggiore e associano l'elemento acquisito ad un'attività piacevole, mantenendone vivo il ricordo.

Il gioco consente lo sviluppo cognitivo del bambino, in modo più specifico il pensiero analogico con il gioco di ruolo, e lo sviluppo sociale attraverso il rispetto delle regole ed entrando in relazione con i pari. Il gioco simbolico agisce come un regolatore emotivo, aiutando i bambini ad incanalare e armonizzare le loro emozioni; attraverso questo tipo di gioco, esplorano e sviluppano la propria identità, diventando progressivamente più autonomi rispetto alle figure di accudimento

2.1.3 Il gioco digitale

Il gioco digitale si propone come un mezzo per entrare in sintonia con il linguaggio dei bambini, considerato il ruolo significativo che i dispositivi digitali rivestono ormai nella loro vita. Quando si parla di dispositivi digitali, ci si riferisce a tablet e smartphone, che richiedono minori competenze rispetto al computer. Questi strumenti sono estremamente intuitivi: al tocco sullo schermo corrisponde una risposta immediata. I bambini si divertono a sperimentare gesti come zoomare con due dita o trascinare un dito per far saltare un personaggio. Rispetto ai software per computer, le app per tablet e smartphone sono generalmente più accessibili, spesso gratuite e facilmente utilizzabili.

La portabilità dei dispositivi mobili permette ai bambini di usarli ovunque, al contrario dei computer, che richiedono una postazione stabile e confortevole. I dispositivi mobili, inoltre, sono pronti all'uso e si attivano rapidamente; il touch screen risulta più familiare rispetto alla tastiera e ai menu del computer, poiché si avvicina maggiormente ai gesti analogici che i

bambini usano quotidianamente per manipolare oggetti (Dini & Ferlino, 2016). Questi strumenti favoriscono un apprendimento attivo e motivante, offrono feedback immediati e facilitano le interazioni sociali, stimolando sfide e collaborazioni.

I dispositivi digitali, inoltre, offrono possibilità di personalizzazione (come aggiungere audio o foto), supportano i bambini con difficoltà nella motricità fine grazie al touch screen, che risulta meno impegnativo rispetto all'uso della matita, e promuovono l'autonomia. È essenziale però dosare e regolare l'uso dei giochi digitali, alternandoli con il gioco analogico per mantenere un equilibrio.

Per sfruttare il potenziale di questi strumenti è importante selezionare applicazioni che favoriscano il raggiungimento degli obiettivi educativi, come lo sviluppo di abilità di base (riconoscimento e confronto di forme, colori, grandezze, categorizzazione) e l'uso creativo (creazione di storie illustrate, costruzione e decostruzione di oggetti). Le app dovrebbero offrire giochi sullo stesso tema tramite canali diversi e includere una sezione di monitoraggio per l'adulto. Un design accattivante, gesti intuitivi e la tolleranza verso movimenti involontari sono fondamentali. Infine, l'inclusione di personaggi familiari per i bambini, incentivi durante il gioco e un livello di difficoltà che si adatta alle capacità del bambino aumentano ulteriormente il coinvolgimento (Dini & Ferlino, 2016).

Nonostante non siano inusuali i diversi gradi di ibridazione tra gli ambiti è importante fare chiarezza terminologia partendo da una serie di definizioni in modo da aiutare nell'individuazione di elementi di continuità e più recenti rispetto alle pratiche di potenziamento e-Learning.

Gli Edugames sono dei videogiochi pensati in modo da raggiungere obiettivi educativi. Un esempio significativo di Edugames per potenziare le FE è un videogioco dal nome Turtle Game Stop & Go (Campitiello, Marras, Torino & Di Torre, 2022) dell'Università di Salerno.

Questo videogioco potenzia l'inibizione, la memoria di lavoro sia verbale che visuospatiale e la flessibilità cognitiva. Turtle Game Stop & Go è una risorsa interattiva che risponde ad un compito ambizioso che promuove il coinvolgimento del bambino stimolando la sua motivazione, grazie a un design 3D e l'uso di uno sfondo animato che racconta una storia.

Questo approccio grafico aiuta il bambino a immedesimarsi nell'avatar che guida, mettendosi nei suoi panni e agendo su di esso in modo da portarlo al compimento di azioni intenzionali che si propongono di essere un grande stimolo al fine dello sviluppo delle funzioni esecutive. Il progetto successivo si impone di creare una versione digitale del Test delle Ranette proposto dalla BIA (Batteria Italiana per l'ADHD) di Marzocchi e Cornoldi (2010) trasformandolo in un vero e proprio videogioco.

Con Game-Based Learning si intende l'uso di un gioco, sia esso analogico oppure digitale, al fine di insegnare un determinato argomento. Il gioco è solitamente preesistente e dimostra di essere adatto al conseguimento di obiettivi didattici specifici, la principale differenza con gli Edugames è la possibilità che essa possa nascere come prodotto di intrattenimento e riutilizzato anche senza eventuali modifiche con il fine di raggiungere uno specifico obiettivo educativo o di potenziamento. Il Game Based Learning più descrittivo è rappresentato dal gioco "un due tre stella", il quale scopo principale è di intrattenimento, ma la dinamica alla base di questo gioco è quella di prestare attenzione ai comandi vocali e l'inibizione motoria nel momento in cui il giocatore pronuncia la parola "stella".

I Serious Games e le Simulazioni (Simulation-Based Learning) sono degli Education Games più o meno complessi che simulano una procedura o una situazione al fine del raggiungimento di un obiettivo. L'aspetto ludico rimane ma rispetto al Game-Based Learning, che trasporta i bambini in mondi fantastici, i Serious Games invece riproducono la realtà realisticamente. EndeavorRX è un esempio di Serious Game, il primo videogioco con scopo terapeutico, approvato al mondo dall'Food and Drug Administration (FDA) e

supportato da 5 studi clinici con una popolazione di oltre 600 bambini con ADHD. Il periodo di tempo da dedicare al videogioco è di 25 minuti al giorno, 5 giorni alla settimana per 4 settimane. Il 68% dei genitori ha riportato miglioramenti dopo due mesi di trattamento e il 73% dei bambini ha riportato miglioramenti nel cluster dell'attenzione (Kollins et al., 2020).

2.1.4 La Gamification

La Gamification of Learning, anche nota semplicemente come Gamification consiste nell'utilizzo di meccaniche di gioco nei contesti non ludici in modo da creare motivazione adeguata in un video-gioco utilizzato all'interno di un contesto educativo, sia in aula che in digitale, la Gamification è stata descritta anche come l'attività di design che pone l'accento sulla motivazione umana nel processo di apprendimento. Ci si è interrogati per molto tempo al fine di capire cosa muove i giocatori, cosa li spinge a rifare sempre le stesse azioni, a riprovarci ogni volta che sbagliano, a concentrarsi perfettamente sulle azioni che compiono e ad affinare le proprie competenze al fine di migliorare e arrivare al raggiungimento dei diversi obiettivi. I giochi richiedono un'adeguata concentrazione e un determinato sforzo, insomma non si tratta solo di puro divertimento, e nonostante tutto, attraggono. Perché hanno questo potere? Capire questo potente meccanismo alle radici e cercare di traslarlo nella formazione potrebbe essere un grande alleato al fine del potenziamento delle funzioni esecutive.

In parole povere, la Gamification consiste nell'approccio Human-Focused Design (Yu-Ksai Chou,2014). Essa chiama in causa l'applicazione delle meccaniche e delle dinamiche di gioco a situazioni non ludiche: in questo modo può venire applicata a diverse tipologie di attività. L'obiettivo è quello di rendere più coinvolgente e piacevole lo svolgimento di attività previste. Esso si muove sul piano della motivazione del giocatore attraverso l'adozione di alcune meccaniche di gioco ad esempio i livelli, i punti premio, le ricompense, le sfide, i badge progress. La Gamification incoraggia il divertimento, la concentrazione, la competitività e l'esplorazione. Sono presenti anche potenziali controindicazioni

all'applicazione della Gamification in un percorso di potenziamento. Se non è strutturata adeguatamente può diventare prevedibile e noiosa, le attività "gamificate" mal concepite possono rischiare di risultare senza senso e ciò si verifica soprattutto quando gli scopi da raggiungere sono poco chiari.

Con la ludicizzazione, quindi, è importante tener presenti le dinamiche e le meccaniche del gioco. Le meccaniche rappresentano i capisaldi dell'infrastruttura ludica, infatti assicurano un'esperienza piacevole attraverso punti, livelli, classifiche e premi virtuali. Le dinamiche sono invece i bisogni e i desideri umani che possono venire soddisfatti grazie all'utilizzo sapiente delle meccaniche da gioco. È importante essere consapevoli di come utilizzare il sistema di apprendimento, che può essere realizzato attraverso l'adozione di meccaniche di gioco a livello di piattaforma, attraverso la Gamification o intervenendo sul contenuto di apprendimento (Badgeville, 2015).

2.2 Il mondo degli Elli nel dettaglio

"Il mondo degli Elli" è un programma che si occupa del potenziamento delle FE adatto ai bambini con un'età compresa tra i 6 e i 12 anni. È composto da un videogioco e da una serie di attività metacognitive da svolgere assieme ad un operatore.

Alla base di questo videogioco è presente l'idea della Gamification, che riguarda, come precedentemente affermato, l'utilizzo del gioco per fini non ludici. Il bambino, infatti, ha il compito di compiere attività che portano al potenziamento delle FE e che vengono ideate come attività di allenamento. I risultati che seguono a questo training sono positivi, perché il bambino allena le FE senza accorgersene e per mezzo di un gioco divertente, godendo anche dell'adeguata motivazione. Questo training è stato originariamente pensato come programma

da applicare al contesto scolastico, ma può anche essere esteso anche a quello domestico e clinico in modo da promuovere la generalizzazione di quello che è stato appreso nei diversi contesti di vita dei bambini, sia come prevenzione sia come sostegno per il benessere dell'individuo.

Questo programma è nato nel progetto regionale POR-FESR EMILIA ROMAGNA 2018 COMPRENDO (COMponenti tecnologiche PeR l'inclusionE Nella Didattica e nella formazione). Ed è stato ideato come intervento con la caratteristica di essere complessivo, perché supera l'allenamento specifico alle FE, ed è costituito da varie attività integrative ecologiche in modo tale da favorire la generalizzazione, basandosi sul modello di Miyake e coll, che divide le funzioni esecutive in tre principali processi (Miyake e Friedman, 2012; Friedman e Miyake, 2017); Diamond, 2013) descritto nel primo capitolo di questo elaborato.

2.2.1 La cornice narrativa

Nell'attività videoludica, il bambino controllerà il protagonista che porta il nome di Ello, ovvero un piccolo cervello senza esperienza e con funzioni esecutive scarse, e lo seguirà nel suo percorso costituito da varie sfide nel mondo degli Elli con il fine di migliorare le proprie attitudini. In questo suo percorso verrà seguito e aiutato da Big Ello, un cervello più grande e con più esperienza che guiderà il piccolo protagonista nella sua avventura. Il bambino avrà quindi il compito di aiutare Ello nell'esplorazione del mondo degli Elli, che viene rappresentato come un'ambiente colmo di elementi urbani, che lo rendono quindi simile ad una città, per poi arrivare alle stanze scrigno, ovvero luoghi in cui sono presenti attività al fine del potenziamento delle FE. La città è divisa in quartieri ben definiti, a ciascuno corrisponde

una determinata Funzione Esecutiva da allenare, e non sono tutti disponibili già dall'inizio ma si sbloccheranno man mano che il giocatore supera le differenti sfide.

Il gioco incomincia in un quartiere di allenamento in cui i bambini iniziano a prendere confidenza con le differenti modalità di esplorazione dei quartieri e successivamente procede con i quartieri veri e propri.

All'interno della città lo spostamento avviene grazie alle attività di coding, che sono utili al fine di migliorare le competenze di progettazione e di risoluzione dei problemi. Il bambino, per muoversi e arrivare al traguardo, dovrà pianificare i vari spostamenti da compiere, capire quante caselle dovrà avanzare, e quali, tra le frecce disponibili, utilizzare. Infatti, solo dopo aver premuto il via il cervello avanzerà e il bambino avrà la possibilità di verificare di aver pianificato tutti i passaggi correttamente.

L'obiettivo principale è quello di superare un determinato numero di percorsi usufruendo del coding per poter arrivare alla "Stanza Scrigno" e incominciare l'allenamento. Le stanze scrigno sono due ciascuna funzione esecutiva da potenziare ovvero memoria di lavoro, inibizione, flessibilità cognitiva e controllo dell'interferenza. Ogni stanza scrigno è suddivisa in due stanze, una uditivo-verbale e l'altra visivo-spaziale.

Il bambino si allena nelle stanze scrigno da solo e le attività sono svolte nelle tre sessioni minime a settimana da svolgere sia a casa sia in studio. Il bambino si mette a giocare superando i livelli in autonomia, con il fine di allenare e potenziare le proprie abilità nella funzione esecutiva corrispondente.

All'inizio di ogni quartiere, e quindi a ogni funzione esecutiva da potenziare, è presente un video in cui Big Ello spiega la funzione esecutiva in questione al bambino per mezzo di esempi che richiamano la sua vita quotidiana al fine di semplificare l'apprendimento del concetto. A seguito del video, il clinico stimolerà un momento di riflessione metacognitiva

con il bambino. Al termine degli esercizi nelle stanze scigno riceverà un gadget diverso per ogni funzione esecutiva che la rappresenta in una maniera semplice e accattivante, che verrà utile in seguito per rispondere a un quiz che riguarda l'utilizzo delle FE nella vita quotidiana.

2.2.2 La riflessione metacognitiva

In modo da agevolare la generalizzazione, le attività proposte nel videogioco “il modo degli Elli” sono seguite da momenti di riflessione metacognitive, ovvero da momenti dedicati alla presentazione dei processi cognitivi che successivamente verranno potenziati e che comportano una riflessione su di essi, sul loro valore e sulle procedure in cui si possono utilizzare al massimo. In modo da agevolare gli operatori in queste attività metacognitive, il percorso è integrato da video brevi con esempi che contengono momenti di vita quotidiana che trattano nel dettaglio ogni funzione esecutiva da potenziare. Con l'obiettivo di promuovere il potenziamento delle FE e la generalizzazione di questi progressi in tutti gli ambiti della vita dell'individuo, il percorso cerca di offrire, durante l'orario di studio, e secondo i modi e le tempistiche che scelgono, attività aggiuntive a quelle presentate nel videogioco. Queste attività consistono in attività carta-matita, attività motorie e giochi, che necessitano l'uso di una o più funzioni esecutive e quindi ne favoriscono lo sviluppo.

L'obiettivo degli operatori è quello di accompagnare i bambini per l'intera durata del percorso, stimolando la riflessione sulle abilità che via via si sviluppano con il gioco e il loro valore nella vita di tutti i giorni. Secondo questa prospettiva, è necessario promuovere la consapevolezza metacognitiva, ovvero la conoscenza in termini di natura e funzionamento dei processi mentali. Avere una buona conoscenza metacognitiva delle FE è utile al fine del riconoscimento della loro utilità e di come possono essere utilizzate, favorisce inoltre l'adozione di comportamenti appropriati e il controllo del proprio comportamento.

Comprendere che dietro a tutti i nostri comportamenti e le nostre operazioni mentali complesse ci siano abilità di inibizione, conservazione in memoria delle informazioni rilevanti

e la capacità di cambiare agilmente il proprio comportamento e la propria prospettiva rappresenta un tassello importante per il potenziamento di tali abilità. Bisogna incoraggiare i bambini a identificare nelle attività di gioco e di video-gioco le funzioni esecutive e rafforzare la generalizzazione.

2.2.3 La difficoltà incrementale

Le varie attività di coding, ad esempio quelle che si svolgono nelle stanze scrigno, hanno la caratteristica di divenire sempre più complesse man mano che il bambino si esercita. I percorsi da progettare nel coding diventano sempre più lunghi e complicati. Le attività da svolgere nelle stanze scrigno sono organizzate in base a tre principali livelli con difficoltà crescente. Più il livello base (livello zero), utile nel caso i bambini possano essere in difficoltà in una funzione specifica. Il livello 0 è stato concepito in modo da fornire ai bambini più piccoli oppure quelli con difficoltà, un punto da cui partire in modo semplice dove possono mettersi alla prova e incominciare a far pratica con le diverse richieste del compito appartenente alla stanza scrigno. Il livello può essere attivato in modo manuale attraverso la piattaforma di monitoraggio. È consigliabile usufruire del livello 0 nel caso in cui i bambini dimostrino difficoltà nel compito o hanno disabilità specifiche che influenzano le loro prestazioni nei livelli più avanzati. I clinici, la famiglia e l'insegnante di sostegno hanno la possibilità di collaborare al fine di costruire e definire il percorso e gli obiettivi per ogni bambino.

Oltre alle attività che propone il videogioco, il percorso comprende anche differenti attività complementari costruite al fine di promuovere il successo del percorso e applicare i miglioramenti raggiunti al contesto di vita quotidiana. Queste determinate attività possono essere integrate nelle sessioni in studio, ma sono state create con lo scopo di essere utilizzate in modo separato dalla sessione vera e propria; perciò, si possono decidere i momenti più

favorevoli nel corso delle settimane per svolgerle.

Per quanto riguarda l'attività di potenziamento con bambini in difficoltà e BES, vengono svolte attività carta-matita, che sono state pensate per bambini con più difficoltà, in modo da fornire supporto al potenziamento specifico sulle FE svolto attraverso il videogioco.

Nonostante si possa modulare il livello di difficoltà del videogame, alcuni bambini possono comunque avere difficoltà. In questo contesto, le attività di potenziamento, che possono essere svolte individualmente o in piccolo gruppo, sono attività semplificate, specifiche per ogni funzione esecutiva che viene trattata nel Mondo degli Elli. Tali attività possono essere utilizzate in modo da favorire l'adattabilità del percorso e forniscono un punto di partenza per la riflessione metacognitiva.

Le attività ludiche possono essere utilizzate in modo da migliorare le capacità di regolazione. Queste attività possono essere praticabili perché sono facilmente reperibili, molte di esse sono già disponibili a scuola, quindi materiali di cancelleria e giochi, trasformandole in attività di potenziamento in modo da supportare il potenziamento svolto con il videogioco del Mondo degli Elli.

Nel percorso sono state progettate anche le attività ponte con la didattica, in modo da rinforzare le funzioni esecutive con attività che sono già inserite nei programmi di studio e nell'insegnamento. Molte volte, infatti, non viene fatto caso che se le attività didattiche proposte vengono strutturate adeguatamente possono diventare un grande stimolo al fine dello sviluppo delle capacità di regolazione. Tali attività possono essere chiamate ecologiche, perché sono strutturate in modo da poter essere tranquillamente inserite all'interno del contesto di vita del bambino e riportare situazioni reali. Così facendo, il bambino viene aiutato a capire l'utilità pratica delle funzioni che esercita, e viene favorita la generalizzazione dei miglioramenti ottenuti che vengono così estesi alla vita quotidiana.

Capitolo 3

3. La resistenza al trattamento

3.1 L'efficacia dell'intervento e i fattori che possono interferire con essa

Gli studi di efficacia vengono eseguiti al fine di valutare gli effetti di un intervento, e i partecipanti devono essere divisi in due gruppi, meglio se in modo casuale, nei quali un gruppo svolge l'intervento sperimentale e l'altro non svolge alcun tipo di trattamento o svolge un intervento standard. L'obiettivo è quindi verificare che gli individui inclusi nel gruppo sperimentale abbiano un maggiore beneficio. È necessario che tutti i partecipanti di entrambi i gruppi siano valutati prima e dopo l'intervento e che i vari test di valutazione differiscano dalle attività svolte durante l'intervento, in modo che si possa verificare se il trattamento ha apportato benefici nelle capacità che ci si era prefissati di intervenire. La regola di diversificare le attività d'intervento dalle attività di valutazione, che resta valida in tutti gli studi efficacia, è ancora più importante negli studi sulle FE, dato che si attivano solamente quando al soggetto è richiesto di svolgere un compito che non ha mai fatto oppure molto difficile, al punto che non può essere svolto facendo uso dei comportamenti appresi in precedenza. Nella valutazione di un intervento, infine, bisogna domandarsi se i benefici ottenuti hanno un effetto prolungato nel tempo e se, con la stimolazione di una funzione trasversale, come le FE, si ottiene un vantaggio anche su dimensioni collegate a essa (Marzocchi e coll, 2022).

Quando si parla di efficacia di un trattamento, sono tanti i fattori che possono interferire ed influenzare i risultati. Questi fattori possono riguardare il paziente, il contesto del trattamento o il metodo stesso. Di seguito verrà mostrato un elenco dei fattori principali che possono interferire con l'efficacia di un trattamento:

1. Caratteristiche individuali del paziente

- età: L'età potrebbe influenzare la risposta al trattamento, infatti nel caso dei bambini, potrebbero reagire in maniera diversa a seconda dell'età (Baltes, & Smith, 2003);
- genere: L'essere maschio o femmina può influenzare la risposta a determinati trattamenti;
- comorbidità: la presenza di comorbidità o patologie preesistenti può interferire con l'efficacia del trattamento;
- condizione psicologica: lo stato emotivo può ostacolare la risposta al trattamento;
- adesione al trattamento: se il paziente non segue le indicazioni correttamente, ad esempio non partecipa correttamente al training, l'efficacia del trattamento può essere compromessa;

2. Fattori ambientali e sociali

- supporto sociale: un forte supporto da parte dei genitori, inteso come qualità della stimolazione e come clima emozionale, ma anche qualità dell'attaccamento, è rilevante nell'infanzia (Marzocchi e coll, 2022). Anche il giusto supporto all'interno del gruppo dei pari può promuovere l'adesione e l'efficacia del trattamento, mentre l'isolamento sociale può ostacolarlo;
- SES basso: lo svantaggio socioculturale e la povertà, ambienti caratterizzati da condizioni di trascuratezza e deprivazione possono rappresentare una condizione di rischio per lo sviluppo delle FE e un ostacolo per l'efficacia al trattamento (Uchino, 2009).

3. Fattori legati al trattamento

- tipo di trattamento: esistono diversi tipi di intervento cognitivo, ad esempio interventi che possono essere inclusi nei curricula scolastici (Jacob e Parkinson, 2015; Matterà, Rojas, Morris e Bierman, 2021), interventi che si concentrano sulle abilità matematiche (Clements et al., 2020), sportive, o legate a pratiche di meditazione, che portano il bambino a concentrarsi sul momento presente (Diamond e Lee, 2011; Montano e Villani, 2016). Esistono anche interventi carta e matita o che utilizzano strumenti digitali, una modalità che si sta diffondendo sempre di più, grazie anche alla possibilità di svolgimento in presenza o a distanza (Traverso, Castro e Di Pietro, 2022). Alcuni trattamenti sono più efficaci di altri per determinate condizioni o individui;
- durata e intensità del trattamento: trattamenti troppo brevi o poco intensi potrebbero non essere efficaci, specialmente gli effetti potrebbero non durare nel lungo periodo, mentre trattamenti troppo lunghi potrebbero provocare problemi di adesione o esperienze soggettive negative come noia e frustrazione;

Per concludere, l'efficacia di un trattamento dipende da una complessa interazione tra fattori biologici, psicologici, sociali e ambientali. La personalizzazione del trattamento, basata sulle caratteristiche individuali e il contesto del paziente, è fondamentale per massimizzarne l'efficacia. Nelle pagine che seguono, verrà descritto il training del Mondo degli Elli, nel quale sono state indagate le varie caratteristiche dei bambini che sono associate all'efficacia del training.

3.2. La resistenza al trattamento nel Mondo degli Elli

3.2.1 Obiettivi

Questo studio esplorativo ha l'obiettivo di indagare alcuni fattori, potenzialmente associati all'esito del training stesso, per capire quali sono i bambini che presumibilmente potrebbero avere maggiori benefici, soprattutto a livello delle Funzioni Esecutive. Questo percorso è utilizzabile specialmente in quei bambini che presentano condizioni di disabilità e bisogni educativi speciali; ogni attività prevede differenti livelli di difficoltà, compreso un livello 0 pensato per i bambini con importanti compromissioni del funzionamento esecutivo. È importante, nel caso di questi bambini, avere quindi un supporto fornito dal clinico per l'intera durata del percorso. Ovviamente il percorso è pensato non solo per ottenere un miglioramento nelle varie attività proposte, ma punta anche ad ottenere un miglioramento nelle varie situazioni che compongono la vita quotidiana. Per favorire la generalizzazione, le attività proposte nel videogioco "Il Mondo degli Elli" vengono accompagnate da momenti di riflessione metacognitiva, ovvero di presentazione dei processi cognitivi e di riflessione su questi ultimi, sulla loro utilità e sui vari modi in cui si possono utilizzare.

3.2.2 Metodo

L'intero percorso è basato sull'utilizzo del videogioco "Il mondo degli Elli" (spiegato nel dettaglio all'interno del capitolo 2) e sui principi dell'intervento a distanza e della Gamification (spiegata nel capitolo 2), ovvero l'uso del gioco per obiettivi non ludici, ma legati al potenziamento cognitivo. Con il videogioco unito alle attività integrative, i bambini possono esercitare le proprie Funzioni Esecutive con attività che vengono svolte sia in studio che a casa, costituite in modo che il bambino possa mettersi alla prova e possa sperimentare le sue abilità, man mano che i miglioramenti si consolidano progressivamente durante il

percorso. L'intero percorso di potenziamento è articolato su diversi livelli ed è così strutturato: sono presenti sessioni di allenamento in studio, sessioni di riflessione metacognitiva sul percorso che vengono svolte assieme ai clinici con cadenza settimanale; possibilità di utilizzo degli strumenti carta matita, in modo da integrare attività con il bambino, a casa e nel centro clinico, favorendo la generalizzazione dei risultati.

3.2.3 Campione

Per questa ricerca è stato considerato il campione dei bambini che hanno svolto il training del Mondo degli Elli, che sono per un totale di 115 con diagnosi di disturbo del neurosviluppo di età compresa tra i 6 e i 12 anni. Di questi, 20 bambini sono stati esclusi perché al momento non hanno ancora terminato l'intervento oppure lo hanno interrotto svolgendo meno di 6 sessioni di gioco. Il campione è quindi costituito da 95 partecipanti (età media=8,79; DS=1,12) di cui il 74% maschi e il 26% femmine. Le diagnosi dei bambini inclusi sono riportate in tabella 1.

DISTURBO	FREQUENZA
Disturbo spettro autistico	15
ADHD	22
DSA (disturbo misto delle abilità scolastiche)	17
Disabilità intellettiva (lieve, border, disturbo cognitivo)	5
Disturbo del linguaggio (primario, misto, espressivo)	13
Disturbo della sfera emozionale	3
Disturbo dello sviluppo psicologico	3
Disabilità (generale, ipoglicemia, convulsività neonatale, epilessia farmaco resistente)	9
Disturbo psicomotorio (globale, ipostaturalismo, immaturità psicomotoria)	5
Disturbo comportamentale (atipie, oppositività, iperattività, impulsività)	3

3.2.4 Procedure

I bambini sono stati valutati in modalità individuale nel centro di appartenenza e gli operatori hanno seguito i bambini durante tutto il training per il potenziamento delle funzioni esecutive con “Il Mondo Degli Elli” e sono stati rivalutati dopo nove settimane.

3.2.5 Strumenti

TeleFE (Rivella et al, 2023). Si tratta di uno strumento realizzato da un sottogruppo del GRIFE (Gruppo di Ricerca sulle Funzioni Esecutive) in collaborazione con Anastasis. Si tratta di una piattaforma di televalutazione con la funzione di valutare le funzioni esecutive in bambini avanti un'età tra i 7 e i 13 anni. Il test si può eseguire a distanza o in presenza, e al termine delle varie prove ottenere un punteggio. La valutazione è formata da cinque test principali: Go No-Go, N-back, Flanker, QuFe e TPQ, tre test principali che si basano su

paradigmi neuropsicologici per valutare l'inibizione della risposta (Go No-Go), aggiornamento in memoria (N-back), controllo dell'interferenza e flessibilità cognitiva (Flanker).

Go/no Go. In questa prova viene misurata l'inibizione della risposta, ovvero l'abilità di sopprimere la risposta automatica e di darne una alternativa richiesta dal compito. Sullo schermo compare una serie di figure geometriche e i bambini devono rispondere a uno stimolo bersaglio evitando di rispondere a stimoli non bersaglio. Il compito è costituito di 4 blocchi e 50 oggetti, ovvero 35 stimoli Go e 15 stimoli NoGo. Nel primo blocco gli stimoli Go sono le figure gialle, indipendentemente dalla forma geometrica in cui vengono presentati e gli stimoli No-Go sono le figure blu. È stato utilizzato il Go No-Go forme e non colore. La variabile considerata per lo studio è il numero di risposte accurate agli stimoli No-Go, espressa in percentili.

N-back. I blocchi N-back misurano la capacità di aggiornare le informazioni mentre viene svolta un'attività. Viene richiesto di rispondere premendo un pulsante se lo stimolo presentato ha lo stesso colore dello stimolo precedente (N-back 1) o rispetto a quello precedente (N-back 2). Il compito di N-back viene utilizzato in modo da misurare l'aggiornamento che avviene in memoria di lavoro. Il bambino vede la sequenza di stimoli al centro dello schermo e deve premere la barra spaziatrice ogni volta che lo stimolo corrisponde a uno degli stimoli precedenti, quello subito prima (1-back) o quello ancora antecedente (2-back). Il test è formato da tre condizioni di difficoltà crescente man mano che si procede, ovvero colori, lettere e forme. Ogni condizione è divisa in due blocchi, 1-back e 2-back, rispettivamente, per un totale di sei blocchi diversi. È stato utilizzato solamente; back 1 forme.

Flanker. Questo test invece si presenta un insieme di frecce che appaiono sullo schermo rapidamente e l'obiettivo del bambino è quello di indicare la direzione della freccia centrale con i tasti S o L della tastiera. Altri subtest richiedono il riconoscimento della direzione delle

frecce poste lateralmente. Nell'ultimo subtest è presente una modalità mista, ovvero sia frecce centrali e sia frecce laterali. In questo compito viene valutato il controllo delle interferenze, ovvero la capacità da parte del soggetto di ignorare le informazioni irrilevanti, e la flessibilità cognitiva, ovvero la capacità di comportarsi secondo due diversi sistemi di regole in base alle peculiarità degli stimoli. Il test è diviso in tre parti, nella prima le frecce sono blu, nella seconda sono arancioni e nella terza sono 50% blu e 50% arancioni. Nel 50% dei casi di ciascun blocco tutte le frecce puntano nella stessa direzione, e quindi questo è il caso della condizione congruente, nel 50% dei casi la freccia al centro ha una direzione diversa dalle altre, e quindi la condizione è incongruente. Sono state utilizzate tutte le prove del Flanker, ovvero frecce blu, arancioni e di colore misto. Questa prova consente di ottenere un punteggio di controllo dell'interferenza (risposte corrette agli stimoli incongruenti, misura espressa in percentili) e un punteggio di flessibilità cognitiva (risposte corrette agli stimoli nella versione con due regole alternate, misura espressa in percentili).

TeleFe permette di valutare le FE complesse con il Test di Pianificazione Quotidiana (TOQ), che misura l'abilità di pianificazione, ovvero essere in grado di selezionare e organizzare una serie di azioni in modo da raggiungere un obiettivo. In questo test è un adattamento di quello di Sgaramella, Bisiacchi e Falchero (1995), e viene chiesto al bambino di programmare l'ordine di determinate attività che fanno parte di una giornata ipotetica, cercando di utilizzarle tutte e rispettando i tempi e la logica, ottenendo il percorso più breve. Viene quindi presentata a schermo una mappa con strade, case, vari edifici e una lista di undici attività. Queste attività devono essere svolte in luoghi specifici e con alcuni vincoli, come ad esempio i compiti devono essere completati prima di un determinato orario. Questa prova è stata esclusa nel presente studio.

Il QuFE è una scala di valutazione dei comportamenti indicativi di capacità esecutive, sviluppato per la famiglia e gli insegnanti. Permette la valutazione del comportamento

esecutive grazie a due questionari sul funzionamento quotidiano del bambino, uno specifico per gli insegnanti e uno specifico per i genitori, in modo da garantire una valutazione completa delle FE. TeleFE al termine della valutazione mostra i profili in percentili sulle FE base e complesse dai test, con misure dirette e indirette e un profilo di funzionamento esecutivo, che si evince dai questionari. I profili vengono trascritti anche in una relazione automatica tramite file Word, nella quale sono presenti indicazioni sui probabili punti di debolezza e punti di forza utili in modo da pianificare un programma d'intervento.

Raven CPM. Le Matrici di Raven a Colori (CPM) sono suddivise in tre serie di difficoltà crescente: serie A, serie AB e serie B, ciascuna composta da 12 matrici. L'ordine dei problemi in ogni serie offre un allenamento standard per il metodo di lavoro che il test richiede. Se viene presentato in maniera corretta, mostrando ai bambini quello che devono compiere, impareranno come trovare la soluzione grazie all'esperienza. La versione a quaderno è la modalità più conosciuta e viene utilizzata anche nella standardizzazione. La somministrazione delle CPM deve essere svolta in un ambiente tranquillo e ben illuminato e l'esaminatore deve assicurarsi che le istruzioni siano ben chiare e che il soggetto mantenga l'attenzione e l'impegno per tutta la durata della prova. L'esaminatore non deve commentare le risposte che il bambino fornisce o aiutarlo a trovare la soluzione. Al bambino vengono mostrati dei disegni ai quali manca un pezzo e il bambino deve indicare il pezzo mancante fra 6 alternative. All'interno di ogni serie il compito aumenta di difficoltà. La consegna che viene utilizzata nello studio è la seguente: "Guarda questo disegno (indicare la figura principale). Hai visto che manca un pezzetto! Qui ci sono tanti pezzettini (indicare i pezzi sottostanti). Secondo te, quale di questi pezzettini completa il disegno, riempiendolo in modo che non si veda più il buco?" E dalla seconda serie in poi la frase cambia: "Vedi? Ora il disegno cambia un pochino, ma il gioco è sempre uguale." Il punteggio grezzo varia da 0 a 36 e può essere trasformato in percentili.

Questi percentili formano i parametri di riferimento necessari al fine di valutare le prestazioni. Vengono interpretati in intelligenza media, ovvero bambini che hanno un punteggio situato tra il 25° e il 75° centile, gravemente carenti quelli che totalizzano un punteggio pari o inferiore al 5° centile e iperdotati ovvero quelli che si collocano nel range da, 95° centile in su. I percentili costituiscono una scala di riferimento al fine di valutare le varie prestazioni dei soggetti rispetto alla popolazione di riferimento.

3.2.6 Risultati

La risposta al training mostra un'ampia variabilità. Per quanto riguarda l'inibizione della risposta, si osserva un peggioramento medio di 1,2 percentili, mentre per controllo dell'interferenza e flessibilità cognitiva un miglioramento medio di 7,8 e 7,5 percentili, rispettivamente.

Il numero di sessioni giocate complessivamente, che può essere considerata una misura dell'esposizione al training, non correla con la differenza di punteggio tra T2 e T1, per nessuna delle variabili.

Per identificare i fattori associati agli esiti dell'intervento, sono state svolte delle regressioni lineari a blocchi per ciascuna misura di TeleFE: inibizione della risposta, controllo dell'interferenza, flessibilità cognitiva. Il primo blocco era sempre costituito dal punteggio ottenuto alla misura di interesse, al tempo 1, prima del trattamento; il secondo blocco era costituito dalle seguenti variabili: età, genere, punteggio alle Matrici di Raven (espresso in percentili) e punteggio di attenzione ottenuto con Moxo (espresso in punti z).

Blocco 1	B	SE	Beta	t	p	R ² = ,15; F=14,47; p<,001
IR a T1	,034	,009	,387	3,805	<,001	
Blocco 1&2						R ² = 0,31; F=7,08; p<0,001
IR a T1	,032	,008	,372	3,911	<,001	
Attenzione	,268	,124	,227	2,164	,034	
Matrici Raven	-,001	,009	-,014	-,135	,893	
Età	,404	,221	,180	1,828	,071	
Genere	1,962	,585	,323	3,353	,001	

Tab. 2 – Risultati della regressione lineare; variabile dipendente: inibizione della risposta (IR) a T2

Per quanto riguarda l'inibizione della risposta abbiamo tre fattori associati all'esito: il punteggio pre-test di inibizione (IR a T1), il livello di attenzione prima dell'intervento misurato con il test Moxo, e il genere.

In particolare, per quanto riguarda il genere, le femmine mostrano una risposta più positiva al training per quanto riguarda l'indice di inibizione della risposta (Figura 1), infatti pur partendo da livelli pre-intervento simili, le bambine mostrano un miglioramento, mentre i maschi peggiorano. In generale, per quanto riguarda l'inibizione della risposta, al netto del punteggio iniziale, sono rilevanti il genere e il livello di attenzione.

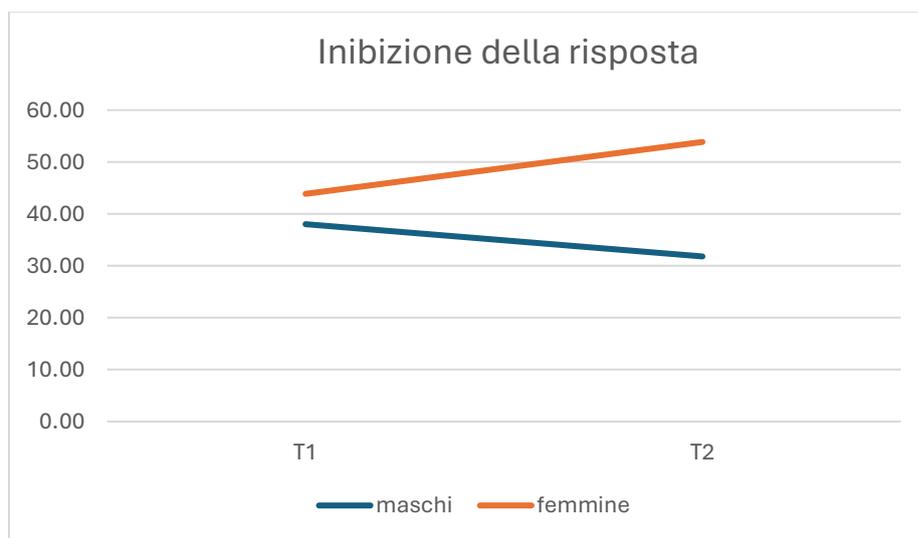


Fig. 1 – Inibizione della risposta prima e dopo il training, nei maschi e nelle femmine

Per quanto riguarda il controllo dell'interferenza, anche in questo caso troviamo che il livello di partenza è correlato all'esito. Nessun'altra variabile è significativa, anche se si rileva un effetto marginale dell'attenzione anche in questo caso, nonostante tale effetto non risulti statisticamente significativo.

Blocco 1	B	SE	Beta	t	p	R ² = ,24; F=23,93; p<,001
CI a T1	,469	,096	,494	4,892	,000	
Blocco 1&2						R ² = ,32; F=6,65; p<,001
CI a T1	,409	,102	,431	4,004	,000	
Attenzione	2,428	1,415	,179	1,715	,091	
Matrici Raven	,021	,094	,024	,221	,826	
Età	-3,451	2,362	-,151	-1,461	,149	
Genere	8,224	5,669	,148	1,451	,151	

Tab. 2 – Risultati della regressione lineare; variabile dipendente: controllo dell'interferenza (CI) a T2

Similmente per la flessibilità cognitiva, troviamo risultati simili a quanto rilevato per il controllo dell'interferenza. Anche qui si rileva come il livello pre-training sia associato al livello raggiunto dopo il training e si rileva un effetto marginale e non significativo del livello di attenzione di partenza.

Blocco 1	B	SE	Beta	t	p	R ² = ,12; F=10,26; p=,002
FC a T1	,392	,122	,351	3,204	,002	
Blocco 1&2						R ² = ,23; F=4,12; p=,002
FC a T1	,312	,122	,279	2,550	,013	
Attenzione	3,319	1,759	,215	1,887	,063	
Matrici Raven	,171	,109	,174	1,570	,121	
Età	-1,875	2,839	-,072	-,660	,511	
Genere	-2,355	6,846	-,037	-,344	,732	

Tab. 2 – Risultati della regressione lineare; variabile dipendente: flessibilità cognitiva (FC) a T2

3.2.7 Discussione

È difficile che i bambini rispondano in maniera uguale agli interventi, soprattutto nei disturbi del neurosviluppo dove c'è molta variabilità interna rispetto alle loro caratteristiche. Ad esempio, il recente studio di Al-Saoud et al. (2024) ha evidenziato l'eterogeneità cognitiva nei bambini e adolescenti con disturbi del neurosviluppo. Nello studio, è stata condotta un'analisi retrospettiva su un campione eterogeneo di 1.529 partecipanti, tra i 7 e i 18 anni, con disturbi del neurosviluppo come ADHD disturbo dello spettro autistico (ASD) e casi combinati di ADHD/ASD, oltre a partecipanti senza disturbi evolutivi. Sono state valutate la memoria a breve termine, abilità verbali e ragionamento utilizzando un test online con 12 compiti. Attraverso tecniche di machine Learning combinate con un'analisi dei cluster, lo studio ha individuato diversi sottogruppi di soggetti con diverse tipologie di funzionamento cognitivo. Lo studio mirava non solo a identificare profili cognitivi basati sui dati ma anche a verificare la corrispondenza con le diagnosi tradizionali. Complessivamente, sono stati identificati sei cluster con diversi profili cognitivi. Tuttavia, non è stata trovata una corrispondenza diretta tra lo stato diagnostico e l'appartenenza ai cluster, suggerendo l'importanza di approcci trans diagnostici per comprendere la diversità cognitiva in questi disturbi. I risultati, inoltre, indicano che molti partecipanti senza diagnosi mostravano difficoltà non rilevate, suggerendo che anche in quella che viene definita popolazione tipica possano esserci modalità di funzionamento differenti.

Questi dati suggeriscono che un solo trattamento difficilmente potrà essere adeguato a tutti. Studiare quali sono i fattori che possono essere associati a un migliore o a un peggiore esito potrebbe essere importante per fornire le giuste indicazioni sui bambini a cui proporre questo tipo di intervento. La strada è quella di assumere sempre più precisione e ottenere indicazioni in modo da fornire un intervento il più possibile personalizzato. Se questo approccio appare

applicabile al singolo individuo, diventa più complesso applicarlo a gruppi di individui. Se si individuano degli indicatori di massima, diventa possibile capire quale intervento potrebbe essere migliore, in quali condizioni.

Nello studio presentato in questo capitolo, sono state selezionate una serie di variabili strettamente legate all'individuo (età, genere, caratteristiche cognitive), tuttavia possiamo pensare che anche fattori contestuali possano incidere sull'efficacia del trattamento. Ad esempio, il supporto genitoriale è un fattore che potrebbe favorire la risposta, soprattutto rispetto a questo intervento che ha la caratteristica di essere a distanza. Questa ipotesi potrebbe essere approfondita in studi successivi in modo da capire più precisamente quali sono le variabili extra-cognitive che incidono indirettamente sul trattamento favorendo il coinvolgimento del bambino, come ad esempio la piacevolezza o l'interesse per gli strumenti digitali, aspetti legati agli interessi del bambino che potrebbero rendere alcuni interventi più efficaci o meno.

L'efficacia è determinata sia dalla capacità dell'intervento di allenare quella determinata funzione ma anche dall'impiego del bambino, soprattutto quando gli interventi devono essere intensivi, come quello descritto. Per garantire questo è necessario il coinvolgimento del bambino, che può essere favorito da attività che rispondono ai bisogni, alle preferenze o agli interessi del bambino stesso.

Un fattore importante nell'efficacia dei trattamenti cognitivi sembra essere determinato dal livello di partenza dell'abilità cognitiva su cui interviene il training Traut et al. (2021) suggeriscono che vi sia un'influenza delle abilità cognitive di base (ossia il livello cognitivo pre-training) sugli effetti del training cognitivo. Diverse teorie indicano che le opportunità di apprendimento sono più efficaci se adattate alle abilità individuali; tra queste teorie possiamo includere la Zona di Sviluppo Prossimale di Vygostky (1978), la teoria della Difficoltà Desiderabile di Bjork (2011) e i modelli di interazione Abilità-Trattamento di Snow (1991).

Studi precedenti hanno evidenziato due tipi di effetti del training: compensazione e ampliamento. Nel primo caso, chi ha abilità cognitive inferiori inizialmente beneficia maggiormente del training, riducendo così le differenze individuali dopo l'allenamento. Nel secondo caso, invece, chi ha abilità superiori in partenza ottiene i maggiori benefici, ampliando le differenze dopo l'allenamento. Tuttavia, la comprensione precisa di come queste differenze influenzino gli esiti del training è ancora limitata.

Date le difficoltà nell'identificare i fattori associati a migliori esiti, sono state suggerite modalità basate sull'intelligenza artificiale per identificare le caratteristiche dei soggetti potenzialmente più suscettibili all'intervento (si veda ad esempio Shani et al., 2021). Tuttavia, queste proposte, non prive di risvolti etici, sono ancora agli inizi.

Alla luce di ciò, possiamo concludere che questa ricerca rappresenta uno sforzo iniziale verso l'identificazione di quei prerequisiti o fattori che potrebbero essere necessari al fine dell'efficacia al trattamento e la personalizzazione della tipologia d'intervento.

Bibliografia

- Al-Saoud, S. N., Nichols, È.S., Brossard p-Racime, M., Wind, C.J., Norton, L., & Duerde , E.G.(2024). A transdiagnostic examination of cognitive eterogeneità in children and adolescenti with neurodevelopmental disorders. *Child Neuropsychology*, 1-19.
- Anderson, K., Pile, S., & Domosh, M. (2002). Handbook of cultural geography. *Handbook of cultural Geography*, 1-580.
- Anderson, M., Levy, B. (2009) Suppressing Unwanted Memories.
- Baddeley AD, Hitch GI. 1994. Development in the concept of working memory. *Neuropsychology* 8:485-93
- Baddeley, A. (2000). The Episodic buffer: a new componenti of working memory? *Trends in cognitive sciences*, 4(11), 417-423.
- Barkley, A. (2018) *ADHD: strumenti e strategie per la gestione in classe*. Erickson
- Bishop, J., Verleger, A. (2013) The flipper classroom: A Survey of the Research
- Bjork, E.L., & Bjork, R.A. (2011). Making things hard on yourself, but in a good was: Creating desirable difficulties to enhance Learning, *Psychology and the real world: Essayes illustrating fundamentak contributions to society*, 2 (59-68).
- Bondioli, A. (2002). *Gioco e educazione*. Milano,, Franco Angeli.
- Bruner JS, Olver RR, Greenfield PM. 1966. *Studies in Cognitive Growth: A collaboration at the Center for Cognitive Studies*. New York: Wiley
- Chatham, C.H., Herd, S.A., Branr, A.M., Hague, T.E., Miyake, A., O'Reilly, R., & Friedman, N.P. (2911). From an executive network to executive control: A computational model of the n-back task. *Journal of cognitive neuroscience*, 23 (11), 3598-3619.
- Colombo, J. Cheatham, C. (2006) *The Emergency and bassi of endogenous attention in infancy and early childhood*. Elsevie Academic Press.

- Canady, V.A (2020). FDA approves first video Game Rx treatment for children with ADHD. *Mental Health Weekly*, 30 (26), 1-7.
- Chou, Y.K (2014). Gamification to improve our world. Lausanne “Gamification is the craft of deriving all the fun and addicting elementi found in Games and applying them to realworld of productive activities.”.
- Collette, F., & Van der Linden, M. (2992). Brain imaging of the cruenta, executive component of working memory. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 26 (2), 195-125.
- Dini S., Ferlino L. (2016), La conoscenza tra le dita dei bambini. *Imparare a giocare a tempo di app*, TD Tecnologie Didattiche, Genova.
- Diamond A, KirkhamcNZ, Amso D. 2002. Comditions under which young children can hold two rules in Mind and inhibit a prepotente Response. *Dev. Psychology*. 38:352-62
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual review of Psychology*, 64, 135-168.
- Diamond, A., & Lee, K. (2011). Intervention shown to and executive functions development in children 4 to 12 years old. *Science*, 333 (6045), 959-964.
- 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.
- El Wafa, H.E.A., Ghobadhy, S.A.E.L., & Hamza, A.M. (2020). A comparative study of executive functions among children with Attention deficit and hyperactivity disorder and those with Learning Disabilities. *Middle East Current Psychiatry*, 27 (1), 1-9.
- Gilmore, C., & Craigg, L. (2014). Teachers’ understandign of the Role of executive functions in matematica Learning. *Mind, Brain, and Educestio* , 8 (3), 132-136.
- Kannas K., Oakes, L. Shaddy, J. (2006) A Longitudinal Investigation of the Development of Attention and Distractibility. *Journal of Cognition and Development*

- Kollins, S.H., DeLoss, D.J., Canadas, E., Lutz, J., Findling, R.L., Keefe, R.S., & Faraine, S.V. (2020). A novel digital intervention for actively reducing severity of pediatric ADHD (STARS ADHD): a randomised controlled trial. *The Lancet Digital Health*, 2 (4), e 168-e178.
- Lezak, M.D. (1995). Executive functions and motor performance. *Neuropsychological assistente*, 650-685.
- Lezak, M.D. (2004). *Neuropsychological assessment*. Oxford University Press, USA.
- Louisiana, K., & Glimcher, P.W. (2010). Separating value from choice: delay discounting scriviti in the laterali intraparietal area. *Journal of Neuroscience*, 39. (16), 5498-5507.
- Louthrenoo, W., Hoi, A., Luo, S.F., Wu, ah.J.J., Chen, Y. H., & Asia-Pacific Lupus Collaboration. (2022). “Not at target”: prevalente and consequences of inadequate disease control in systemic lupesca erythematosus- a multinational observstional coyhort study. *Arthritis Research & Therapy*, 24 (1), 70.
- Marzocchi, G.M, Re, A.M., & Cornoldi, C. (2010). BIA. Batteria italiana per l’ADHD per la valutazione dei bambini con deficit di attenzione-iperattività. Con DVD e CD-ROM. Edizioni Erickson.
- Marzocchi, G., & Valagussa, S. (2011). *Le funzioni esecutive in età evolutiva*. Franco Angeli.
- Miller, E.A., & Pole, A. (2010). Diagnosi blog: checking up on health blogs in the blogosphere. *American Journal of Public Health*, 100(8), 1514-1519.
- Miyake, A., & Friedman, N.P. (2012). The nature and Organization of individual difference in executive functions: Four general conclusions. *Current Direction in Psychological Science*, 21 (1), 8-14.

- Miyake, A. and Friedman, N.P. (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.
- Niv, S. (2013). Clinical efficacy and potential mechanisms of neurofeedback. *Personality and Individual Differences*, 54 (6), 676-686.
- 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). Boston, MA: Springer US.
- Pennington, B. F., & Ozonoff, S. (1996). Executive functions and developmental psychopathology. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 37 (1), 51-87.
- Petersen, S.E., & Ozonoff, S. (1996). Executive functions and developmental psychopathology. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 37(1), 51-87.
- Petersen, S.E., & Posner, M.I. (2012). The Attention System of the human brain: 20 years after, *Annual review of neuroscience*, 35, 73-89.
- Ruff, H., Rothbart, M. *Attention in Early Development: Themes and Variations*. Oxford University Press.
- Reck, S., Hund, A. (2011) Sustained Attention and age predict inhibitory control during early childhood. *Journal of Experimental Child Psychology*
- Sala A, K., Moelle, K. & Ninaus, M. (2018). Training computational thinking through board Games: The case of Crabs & Turtle. *Internazionale Journal of Serious Games*, 5(2), 25-44.
- Simpson A., Riggs KJ, Beck SR, Gornisk SL, Wu Y, et al. 2012. Refining the understanding of inhibitory control: how Response prepotency is created and overcome. *Dev. Sci.* 15:62-73

- Snow, R.E. (1991). Aptitude-treatment interaction as a framework for research on individual differences in psychotherapy. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 59 (2), 205.
- Traut, H.J., Guild, R. PM., & Munakata, Y. (2021). Why does cognitive training have inconsistent benefits? A meta-analysis and training outcomes, *Frontiers in Psychology*, 12, 662139.
- Posner, M.I., DiGirolamo, G.J. (1998) *Executive Attention: Conflict, Target Detection and Cognitive Control*. The attentive brain, Cambridge
- Piaget J. 1952/1941. *The Child's Conception of Number* (Translational. By C Gattegno, FM Hodgson). London: Routledge & Kevin Paul
- Pennington, B.D., & Ozonoff, S. (1996). Executive functions and developmental psychopathology. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 37 (1), 51-87.
- POR-FESR EMILIA ROMAGNA 2018 COMPREM DL (COMPONENTI TECNOLOGICHE PER L'INCLUSIONE NELLA DIDATTICA E NELLA FORMAZIONE).
- Raven, J. (2000). *The Humane Interface: New directions for 74 Designing Interactive Systems*. Reading: Addison-Wesley
- Raven, J.C. (1954). *Progressive Matrices 1947*. Series A, AB, B. London: H.K. Lewis & Co. (ed.it:CPM Coloured Progressive Matrices. Serie A, AB, B. 1984, Firenze: O.S. Organizzazioni speciali),
- Vicari, S., & DiVara, S. (2017). *Funzioni esecutive e disturbi dello sviluppo: Diagnosi, trattamento clinico e intervento educativo*, Edizioni Centro Studi Erikson.
- Vygotsky, L.S. (1978). *Mind in society: The Development of higher psychological processes* (Vol.86). Harvard University press.
- Zelazo, P.D., & Miller, U., (2002). Executive functions in typical and atypical Development. *Blackwell handbook of childhood cognitive development*, 445-469.

- Zelazo, P.D., Carter, A., Reznick, J.S., & Friedman, D. (1997). Early Development of executive function: A problem-solving framework. *Review of General Psychology*, 1 (2), 198-226.