



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA

SCUOLA DI SCIENZE UMANISTICHE

DIPARTIMENTO DI ANTICHITA', FILOSOFIA, STORIA

Corso di Laurea Magistrale in Metodologie Filosofiche

Anno Accademico 2016/2017

Tesi di Laurea

Uso di uno strumento di valutazione e training cognitivo

nell'apprendimento scolastico

Relatore: Chiar.mo Prof. Alberto Greco

Correlatore: Chiar.ma Prof.ssa Olga Rossi Cassottana

Correlatore esterno: Dott.ssa Martina Ratto

Candidato: Carola Avanzino

INDICE

Introduzione.....pag. 4

Capitolo 1- Il background

1.1 La memoria di lavoro.....pag.7

1.2 La memoria episodica.....pag.9

1.3 Funzioni esecutive.....pag.12

1.4 Attenzione.....pag.15

1.5 Velocità di elaborazione.....pag.17

Capitolo 2- Rapporto tra i domini e le abilità matematiche

2.1 Rapporto tra memoria di lavoro e
matematica.....pag.20

2.2 Rapporto tra memoria episodica e
matematica.....pag.23

2.3 Rapporto tra funzioni esecutive e
matematica.....pag.24

2.4 Rapporto tra attenzione e matematicapag.27

2.5 Rapporto tra velocità di elaborazione e matematica.....pag.29

Capitolo 3- Il test

3.1 MyCognition ED.....pag.32

3.2 Caratteristiche del test.....pag.32

3.3 Report dei punteggi ottenuti.....pag.37

3.4 Il gioco di training.....pag.38

3.5 Studi di MyCognition.....pag.44

Capitolo 4- Lo studio

4.1 I partecipanti..... pag.48

4.2 I test utilizzati.....pag.50

4.3 La procedura.....pag.53

Capitolo 5- Risultati

5.1 Analisi dei risultati.....pag.57

5.2 Rapporto tra risultati e matematica.....pag.65

5.3 Commenti dei partecipanti.....pag.69

Conclusioni.....pag.71

Bibliografia.....pag.72

INTRODUZIONE

Lo sviluppo della cognizione matematica si trova al termine di una lunga serie di eventi evolutivi come l'aumento della capacità di percepire immagini visivo-motore, della consapevolezza del corpo, del movimento e della coscienza nell'elaborazione linguistica (Vandervert, 1999).

I neonati umani alla nascita possiedono certe abilità numeriche, vale a dire una comprensione intuitiva dei numeri. Queste abilità permettono ai piccoli bambini di discriminare tra un gran numero di oggetti, azioni e suoni (Xu, Spelke, Goddard, 2005). Ci sono anche prove che i neonati possono aggiungere e sottrarre un gran numero di oggetti (McCrink, Wynn, 2004).

Già all'asilo, i bambini possiedono una serie di concetti matematici basati su esperienze informali. Queste esperienze si accumulano per tutta l'infanzia e possono essere considerate, probabilmente, il fondamento per l'acquisizione di simboli sempre più astratti (Lakoff, Nunez, 2000).

La ricerca psicologica ha accumulato molte informazioni su questa conoscenza informale e sui meccanismi che portano i bambini ad acquisire gradi di comprensione sempre più alti (National Mathematics Advisory Panel, 2008).

Molto importante, per quanto riguarda lo studio dello sviluppo della matematica, è capire cosa porti all'apprendimento delle diverse dimensioni della quantità e comprenderne le interazioni. L'incapacità di coordinare molteplici dimensioni della quantità può essere, infatti, alla base di un certo numero di ostacoli nei ragionamenti matematici. Piaget riteneva che queste difficoltà fossero dovute all'incapacità dei bambini di mantenere l'attenzione contemporaneamente su due dimensioni (Newcombe et al, 2009).

Ad una percentuale di studenti tra il 6% e il 10% viene diagnosticato un disturbo di apprendimento matematico (MLD) (Mazzocco, Mayers, 2003).

Secondo le conoscenze attuali, gli esseri umani hanno due sistemi dissociabili per rappresentare i numeri: un sistema approssimativo di quantità simile a una linea di numero mentale (cioè senso del numero) e un sistema verbale in grado di rappresentare

esattamente i numeri (Izard, Dehaene, 2008). Quest'ultimo sistema inizia a svilupparsi prima dell'acquisizione della matematica scolastica. La comprensione dei principi di base della logica e la capacità di operare con numeri sono abilità che vengono apprese e possono essere descritte come abilità matematiche secondarie (Geary, 2000). Lo sviluppo del pensiero matematico è legato alle abilità crescenti dei bambini di capire e comprendere differenti relazioni (ad esempio, la capacità di confrontare, classificare e comprendere la corrispondenza e la seriazione one-to-one) (Smith, 2002).

Essere in grado di individuare la corrispondenza uno a uno, per esempio, è indispensabile per comprendere la cardinalità e l'ordinalità, il che a sua volta è importante per comprendere una sequenza numerica (Bryant, 1996).

La soluzione di problemi aritmetici è, quindi, un'attività matematica complessa che comporta la padronanza di diverse abilità cognitive. Relativamente poco è, però, conosciuto circa le relazioni tra i vari aspetti della cognizione matematica e le capacità cognitive generali di un individuo. L'analisi di tale relazione può fornire una comprensione teorica sulla natura dello sviluppo della matematica e può orientare verso una trattazione corretta delle difficoltà in questo ambito (Fuchs, 2006).

Lo scopo del presente studio è quello di confrontare lo sviluppo di funzioni cognitive in un campione di studenti. Per fare ciò è stata svolta un'indagine sullo sviluppo di cinque domini cognitivi in studenti della Scuola Secondaria di Primo Grado; i test sono stati somministrati agli studenti durante un tirocinio pratico presso l'Istituto Comprensivo Bolzaneto in collaborazione con l'Università degli Studi di Genova.

Gli strumenti utilizzati sono due prodotti dell'azienda inglese MyCognition, il test MyCognition ED e il programma di training Aquasnap.

Il test ha lo scopo di analizzare cinque domini cognitivi:

- Memoria di lavoro: serve per archiviare temporaneamente le informazioni e comprende i sistemi necessari per tenere in mente le cose durante l'esecuzione dei compiti.
- Memoria episodica: è la capacità di richiamare eventi specifici passati riferendosi al luogo e al tempo in cui sono accaduti; è situata nel passato.
- Attenzione: è l'insieme dei meccanismi che ci consentono di selezionare solo gli stimoli interessanti ignorando tutti gli altri.

- Velocità di elaborazione: serve per descrivere come il cervello riceve, comprende e risponde alle informazioni.
- Funzioni esecutive: sono competenze di pensiero che aiutano il ragionamento, la risoluzione dei problemi, la pianificazione degli eventi e la gestione della propria vita.

Il training ha, invece, lo scopo di allenare le diverse funzioni cognitive in modo da ottenere un equilibrio fra queste.

Nelle scuole, tendenzialmente, si utilizzano dei test d'intelligenza per svolgere delle valutazioni in merito alle competenze degli alunni nel ragionamento o nel problem solving; questo test, invece, non ha questo scopo ma serve per valutare le capacità dei ragazzi nei cinque domini che svolgono un ruolo importante nella determinazione delle competenze generali di apprendimento.

I ricercatori hanno sempre trovato una relazione significativa e positiva tra abilità e prestazioni accademiche. Di conseguenza, l'abilità mentale generale è spesso considerata come un predittore superiore del livello d'istruzione (Plomin, 1999).

Importante è stata, quindi, l'indagine sul rapporto esistente tra i cinque domini e le capacità matematiche; per vedere tali connessioni c'è stata la possibilità di comparare i risultati ottenuti dai ragazzi in matematica con i risultati ottenuti nel test MyCognition ED.

CAPITOLO I: IL BACKGROUND

1.1 La memoria di lavoro

Il concetto di “memoria di lavoro” si riferisce all’archiviazione temporanea d’informazioni. La memoria di lavoro comprende, quindi, il sistema o i sistemi che si presume siano necessari per tenere in mente le cose durante l’esecuzione di compiti complessi come il ragionamento, la comprensione e l’apprendimento.

Il termine memoria di lavoro ha raggiunto la popolarità gradualmente, in quanto l’immagazzinamento temporaneo delle informazioni all’interno della memoria umana è stato oggetto di interesse negli ultimi 25/30 anni.

Negli ultimi 30 anni, il concetto di memoria di lavoro è stato utilizzato in maniera sempre più ampia estendendosi, a partire dalla sua origine in psicologia cognitiva, a molte aree delle scienze cognitive e delle neuroscienze ed è stato applicato in aree che vanno dall’educazione, alla psichiatria fino alla paleoantropologia.

Il concetto è stato introdotto da Miller, Galanter e Pribram nel 1960, anno della pubblicazione della loro opera “*Plans and the Structure of Behaviour*”; è stata poi usata nel 1968 da Atkinson e Shiffrin in un documento e adottata come titolo per il classico Modello Multicomponente di Baddeley e Hitch (1974).

Nel 1883 Galton aveva già suggerito la possibilità dell’esistenza di due tipi separati di memoria, la memoria a breve termine e quella a lungo termine; questa ipotesi era avvallata dal fatto che alcuni compiti avevano prodotto dati che suggerivano la presenza di due componenti di memoria (Baddeley, 1983).

Quest’ipotesi è supportata anche da alcuni studi fatti nel 1970 da Baddeley e Warrington su pazienti che soffrivano di amnesie; i risultati hanno, appunto, supportato la teoria di Galton evidenziando una normale memoria a breve termine ma una memoria a lungo termine compromessa (Baddeley, 1983).

Il modello proposto da Baddeley e Hitch nel 1974 compie una tripartizione della memoria di lavoro in:

- esecutivo centrale: sistema attenzionale supervisore che controlla il flusso delle informazioni, coordina sia i diversi compiti svolti nello stesso momento, sia i sistemi sottoposti. Esso rappresenta l'aspetto più complesso della memoria di lavoro e può trarre vantaggio dai sistemi più periferici.
- Loop fonologico: sistema sottoposto all'esecutivo centrale che ha il compito di trattenere l'informazione verbale; la memoria di lavoro limita, appunto, tutte le informazioni verbali a questo sistema.
- Taccuino visuo-spaziale: sistema sottoposto all'esecutivo centrale che ha il compito di trattenere l'informazione visuo-spaziale.

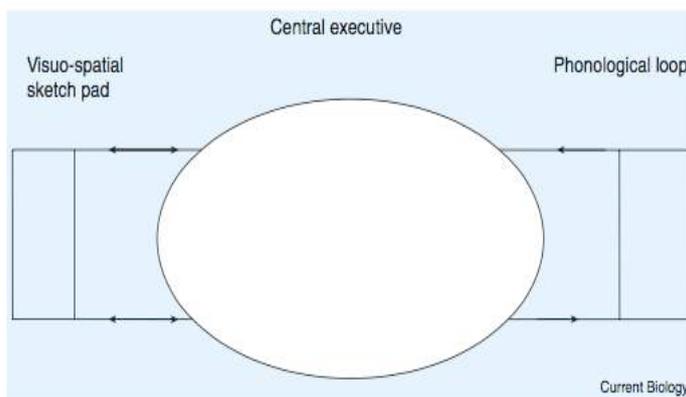


Fig.1- Modello Multicomponente (Baddeley,Hitch,1974)

Olton (1979), in maniera differente rispetto ai suoi colleghi, ha utilizzato il termine in relazione allo studio di animali, tipicamente ratti, all'interno di un labirinto composto da più bracci; il compito principale dei topi era quello di ricordare in quale braccio erano già stati quel giorno. All'interno del contesto umano, questo sarebbe considerato come un compito di memoria a lungo termine, richiedendo più del breve sistema limitato di capacità che si suppone comprenda la memoria umana di lavoro.

Un ultimo componente, integrato nel modello del 2000 da Baddeley, è il buffer episodico che ha il compito di collegare e integrare le informazioni attraverso i diversi domini (visivo, spaziale, verbale); è un buffer perché costituisce un archivio temporaneo

delle informazioni; esso viene chiamato “episodico” poiché è in grado di memorizzare episodi integrando informazioni provenienti da una varietà di fonti (Baddeley, 2010).

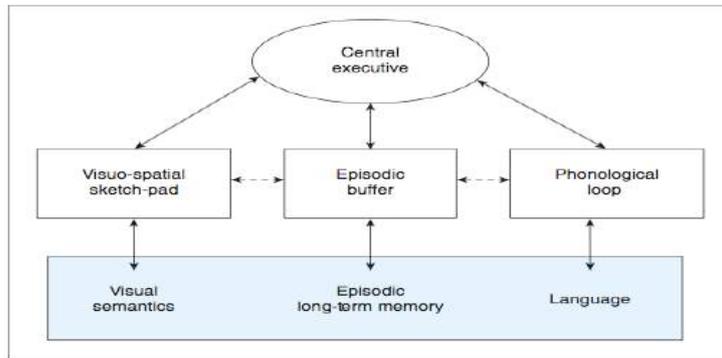


Fig.2- Sviluppo successivo del Modello Multicomponente (Baddeley,Hitch,1974)

Anche se il concetto di memoria di lavoro risulta essere molto generale, questa specificazione è importante poiché fa sì che venga sostituita l'idea di una memoria a breve termine singola con quella di un agglomerato di sottoinsiemi.

Una scarsa capacità di resistere alle distrazioni è, ovviamente, un problema per quanto riguarda le prestazioni della memoria di lavoro; si è visto, però, che durante la crescita la capacità di ignorare i distrattori progredisce e quindi, ovviamente, migliorano anche le performance legate alla memoria di lavoro (McNab et al, 2015).

1.2 La memoria episodica

Il termine “memoria episodica” indica la nostra capacità di richiamare eventi specifici passati riferendosi al luogo e al tempo in cui sono accaduti. Il termine è stato coniato nel 1972 da Endel Tulving.

La memoria episodica si distingue da altri tipi di memoria in quanto è situata esplicitamente nel passato ed è accompagnata proprio dalla sensazione di ricordare;

altri tipi di conoscenze che acquistiamo sono, invece, puramente fattuali e in esse non c'è alcun tipo di sensazione.

In quest'ottica lo psicologo William James aveva già scritto, nel 1890, una frase molto significativa, *“memory requires more than the mere dating of a fact in the past. It must be dated in my past”*. Ciò significa che, anche secondo questo autore, non basta ricordare che qualcosa sia accaduto in passato ma è importante avere una precisa datazione di quell'evento.

Secondo Tulving c'è una netta distinzione tra ricordare e conoscere; nel primo caso è facile ricordare ad esempio quello che è successo quando siamo andati in vacanza in un dato luogo; più difficile è, invece, ricordare quando sono state apprese determinate informazioni sul luogo che abbiamo visitato.

Ci sono casi in cui si deve viaggiare indietro nel tempo per ricostruire un evento; questo è ciò che avviene quando non si ha un ricordo preciso ed accurato di un dato evento ma si sa di averlo esperito in un momento del nostro passato.

La memoria episodica può essere divisa in due componenti, ricordo e familiarità (Yonelinas, 2002). Il ricordo consente di ripercorrere vividamente un evento tenendo conto anche del suo contesto durante il recupero, mentre la familiarità si riferisce, più in generale, al sapere che si è verificato un evento.

La capacità di ricordare eventi del passato è, per gli esseri umani normali, parte integrante della vita tanto da essere, in certi casi, data per scontata. I ricordi episodici hanno una peculiarità: accadono automaticamente, appaiono nella mente umana senza che ci sia un intento volontario a ricordare quel dato evento.

La memoria episodica è, però, una memoria “debole”; essa si sviluppa relativamente tardi e non risulta essere perfettamente formata fino, circa, ai quattro anni e, oltretutto, è il primo tipo di memoria ad essere perso nel caso di malattie neurodegenerative che debilitano la mente; un tipico esempio di ciò che si è appena detto è il morbo di Alzheimer.

La maggior parte delle differenze nelle prestazioni della memoria episodica nei bambini in età scolastica sono dovute allo sviluppo del linguaggio e, soprattutto, ad una conoscenza generale più ampia. Un livello di conoscenza superiore influenza la memoria in modi diversi (Badinlou et al, 2017):

- Strategie di memoria: l'uso di strategie di memoria si sviluppa rapidamente a partire dalla scuola elementare; ciò significa che i bambini più grandi utilizzano più strategie per la codifica e il recupero di eventi e oggetti rispetto a quelli più piccoli.
- Elaborazione specifica elementi: utilizzando liste di elementi non correlati o presentando singoli elementi, i bambini più grandi richiamano più oggetti di quelli più piccoli.
- Associazione: la conoscenza facilita l'associazione e la connessione tra differenti elementi. I bambini più grandi, quindi, associano oggetti a concetti con maggiore facilità rispetto a quelli più piccoli.

Secondo la maggior parte degli studi, quindi, i miglioramenti nella memoria episodica sono dovuti all'età. Un'eccezione è costituita dallo studio di Cohen che pensa che quando apprendono tramite azione e non sono soltanto sottoposti a stimoli verbali, i bambini più piccoli abbiano prestazioni equivalenti a quelli più grandi; egli ha, quindi, sostenuto che la natura non strategica e automatica della codifica delle azioni sia indipendente dall'età (Cohen ,Stewart, 1982).

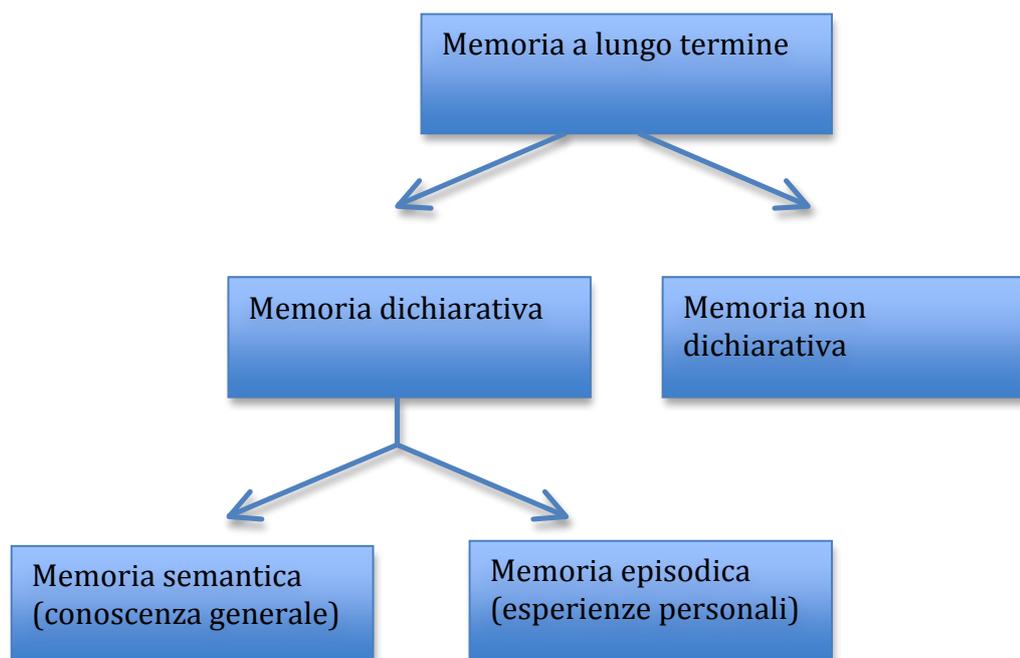


Fig. 3- Tipi di memoria

Per quanto riguarda gli animali, fino a poco tempo fa, non c'erano prove concrete della presenza o assenza di memoria episodica intesa come esperienza consapevole del ricordo.

Si pensava, anche, che gli animali non avessero necessità di questo tipo di memoria; da studi più recenti, però, si è capito che un animale potrebbe trarre beneficio dalla capacità di ricordare un episodio specifico passato di quello che è accaduto dove e quando.

Da uno studio su alcune ghiandaie, si è arrivati a capire che questi animali formano memorie integrate su ciò che è accaduto in relazione al tempo e al luogo; non codificano, quindi, separatamente le informazioni (Clayton et al, 2003).

1.3 Funzioni esecutive

Le funzioni esecutive sono competenze di pensiero che aiutano in attività come il ragionamento, la risoluzione dei problemi, la pianificazione degli eventi e la gestione della propria vita.

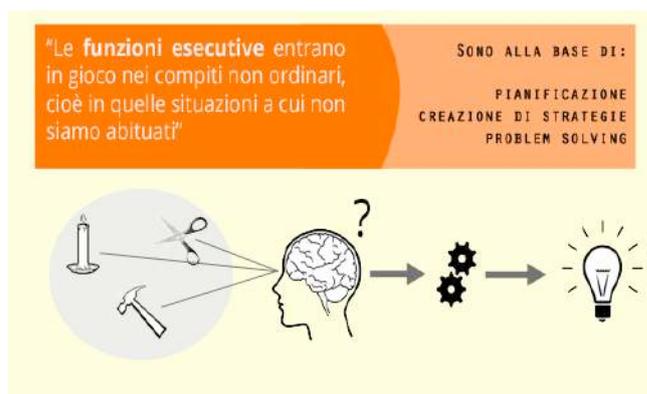


Fig.4- <http://www.trainingcognitivo.it/che-cosa-sono-le-funzioni-esecutive/>

In letteratura vengono prese spesso in considerazione tre particolari funzioni esecutive (Miyake et Al, 2000):

- **Flessibilità:** lo spostamento tra compiti. Questa prima funzione esecutiva riguarda la capacità di spostarsi avanti e indietro tra più compiti, operazioni o set mentali. La spiegazione più comune di questa funzione è che il processo di spostamento comporti il disimpegno da una serie di attività irrilevanti e il successivo impegno attivo in una serie di attività rilevanti.
- **Memoria di lavoro:** consiste nell'aggiornamento e il monitoraggio delle rappresentazioni della memoria di lavoro. Questa funzione di aggiornamento richiede il monitoraggio e la codifica delle informazioni in ingresso pertinenti all'attività in questione e, quindi, la revisione degli elementi contenuti nella memoria di lavoro; il passo finale è la sostituzione di informazioni vecchie e non più rilevanti con quelle più recenti e più rilevanti. Studi recenti attuati con l'utilizzo di neuroimmagini hanno mostrato dissociazioni nelle aree necessarie per l'archiviazione passiva e l'aggiornamento attivo.
- **Inibizione:** è l'inibizione delle risposte dominanti. La terza funzione esecutiva esaminata riguarda la capacità di inibire volontariamente le risposte dominanti, automatiche o prepotenti quando necessario. Un compito che richiede inibizione è, ad esempio, il compito Stroop (Stroop, 1935), in cui si deve inibire o superare la tendenza a produrre una risposta più dominante o automatica.
Compiti di questo tipo sono sensibili alle lesioni ai lobi frontali e ad altri tipi di disfunzione del lobo.

Alla base di queste abilità ci sono delle aree cerebrali che sono interconnesse e influenzate da attività che sono situate in differenti aree del cervello; alcune di queste attività sono influenzate dallo stress e dalle emozioni.

Uno dei problemi legati allo stress è che le funzioni esecutive utili per organizzare il nostro pensiero tendono ad interrompersi nel caso in cui ci siano stimolazioni eccessive legate, appunto, a stress ma anche a noia e altri stati d'animo.

Considerando il ruolo fondamentale delle funzioni esecutive nel ragionamento e nella gestione delle emozioni, gli scienziati hanno svolto differenti studi su questo argomento.

I principali studi fatti per capire se le funzioni esecutive possano essere migliorate con

la formazione sono stati svolti su adulti e sono arrivati alla conclusione che un allenamento possa essere fatto attraverso attività computerizzate e videogiochi specifici. Di conseguenza, gli scienziati hanno capito che la formazione potrebbe essere più vantaggiosa se svolta su bambini poiché i circuiti neurali delle funzioni esecutive sono in via di sviluppo; l'allenamento dovrebbe essere più proficuo se portato a termine quotidianamente.

Le attività legate alle funzioni esecutive sono principalmente localizzate in quella che si chiama corteccia prefrontale (PFC). I circuiti neurali che supportano queste abilità, tuttavia, coinvolgono numerose regioni del cervello, incluse le aree della corteccia cingolata della corteccia parietale, così come le strutture subcorticali.

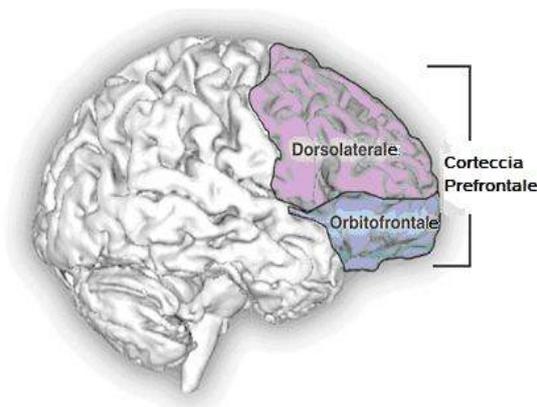


Fig.5- <http://altrimondi.altervista.org/funzioni-delle-aree-associative-cerebrali/>

Queste aree funzionano insieme in una rete interconnessa per risolvere problemi complessi e aiutarci a ragionare sulle cose.

Alcuni studi indicano che, allenando le funzioni esecutive, vi è un miglioramento del controllo del comportamento e dell'attenzione per i bambini con deficit dell'attenzione con iperattività (ADHD) (Blair, 2017).

1.4 Attenzione

L'attenzione è stata definita come «un complesso sistema composto da sottoprocessi specifici associati a diversi meccanismi neurali attraverso i quali vengono acquisite le capacità legate all'elaborazione delle informazioni, al processo decisionale e al comportamento» (Ríos Lago, Penáñez , Rodríguez, 2008).

L'attenzione è l'insieme dei meccanismi che ci consentono di selezionare gli stimoli interessanti e/o utili e di riuscire ad ignorare tutti gli altri nonostante siano, anche questi, presenti nell'ambiente; questo processo viene anche definito "attenzione selettiva", in quanto consiste in una selezione fra gli stimoli da cui siamo, generalmente, bombardati simultaneamente.

Possono essere definiti due tipi di attenzione:

- Attenzione volontaria: viene condotta in serie e consente l'analisi di uno stimolo alla volta. Essa è utilizzata in situazioni impegnative o poco familiari.
- Attenzione automatica: viene condotta in parallelo e consente l'analisi di più stimoli simultaneamente. Essa è sufficiente in situazioni poco impegnative o familiari.

Un altro dei sottoprocessi attivi coinvolti nelle prestazioni è un'attenzione costante, definita come la capacità delle persone di eseguire un compito per lunghi periodi di tempo, questo compito ha come sottocomponenti la vigilanza e la concentrazione (Ardila, Rosselli, Pineda, Lopera, 1997).

L'essere umano vive in un mondo ricco di stimoli ma non è in grado di elaborarli tutti contemporaneamente, deve, quindi, selezionarne piccole parti alla volta. L'uomo è, quindi, dotato di un sistema di selezione che isola solo alcuni stimoli e deseleziona gli altri.

L'attenzione selettiva viene, in genere, considerata il prototipo dell'attenzione volontaria, anche perché è quella che viene orientata dagli scopi. La selezione è operata

nei confronti di un bersaglio; un esempio può essere quello inerente all'ascolto di una conversazione che ci interessa, in quel momento tutti gli stimoli estranei a quella conversazione non vengono captati anche se sono presenti nell'ambiente.

Negli anni, gli psicologi hanno elaborato diversi modelli sull'attenzione.

Un esempio significativo è quello relativo al modello dell'ascolto dicotico che ha permesso di evidenziare che quando due messaggi raggiungono nello stesso tempo il nostro sistema di elaborazione dell'informazione solo uno dei due viene elaborato, mentre l'altro viene tenuto in memoria per essere elaborato successivamente.

Broadbent ha ipotizzato la presenza di un filtro sensoriale che seleziona il messaggio principale e trattiene l'altro per elaborarlo in seguito; non è stato in grado, però, di spiegare il fenomeno del "cocktail party", secondo il quale un individuo che ha concentrato la sua attenzione su una sola conversazione riesce a raccogliere informazioni importanti provenienti da qualche altra parte.

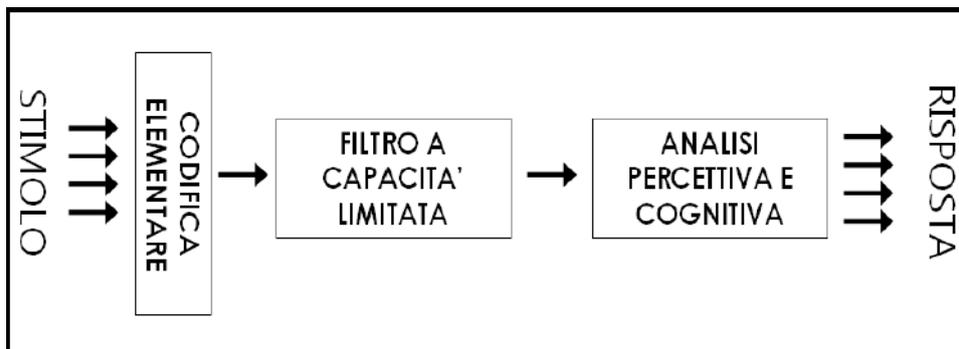


Fig.6- Filtro di Broadbent <http://altrimondi.altervista.org/il-cognitivismo/>

Il modello di Treisman, invece, prevede che il filtro sensoriale non blocchi completamente i messaggi non selezionati come principali, ma li attenui; il messaggio che viene elaborato è quello che possiede l'intensità maggiore. Treisman, quindi, è in grado di spiegare il fenomeno del "cocktail party" che non era stato in grado di spiegare Broadbent.

1.5 Velocità di elaborazione

La velocità di elaborazione è il tempo di elaborazione impiegato dal nostro sistema cognitivo per rispondere a uno stimolo. Non tutte le persone, però, pensano allo stesso ritmo.

La differenza nella velocità di elaborazione risulta essere molto importante in età scolare; essa non è un indicatore dell' intelligenza di un bambino ma quelli che hanno una lenta elaborazione possono lottare per seguire lezioni e spiegazioni a scuola. I bambini più lenti ad elaborare, a causa dell'ovvio confronto con i loro coetanei, possono diventare frustrati e formare associazioni negative con l'apprendimento. Spesso queste esperienze fanno pensare ai bambini che non essere bravi a scuola, causando una scarsa autostima e una mancanza di fiducia in se stessi.

Si ritiene che le differenze individuali nella velocità di elaborazione riflettano la variazione della velocità neurale (Birren, Fisher, 1995) e che siano legate alle variazioni inerenti all'età dell'elaborazione neurale (Charlton et al, 2006).

I cambiamenti legati all'età nella velocità di elaborazione sembrano rappresentare una parte sostanziale del cambiamento legato all'età in una grande varietà di abilità (Bryan, Luszcz, 1996).

L'interesse per la velocità di elaborazione può essere ricondotto, quindi, al fatto che le differenze di età sono sostanziali; essa segue una traiettoria regolare nel corso della durata della vita. La velocità aumenta durante l'infanzia e l'adolescenza, raggiunge un picco nella giovane età adulta e diminuisce lentamente in seguito.

Vi sono diversi test percettivi che illustrano le differenze di prestazione relative all'età; un esempio possono essere i due test percettivi percepiti dalle prove di abilità cognitive di Woodcock-Johnson (Kail, Salthouse, 1990).

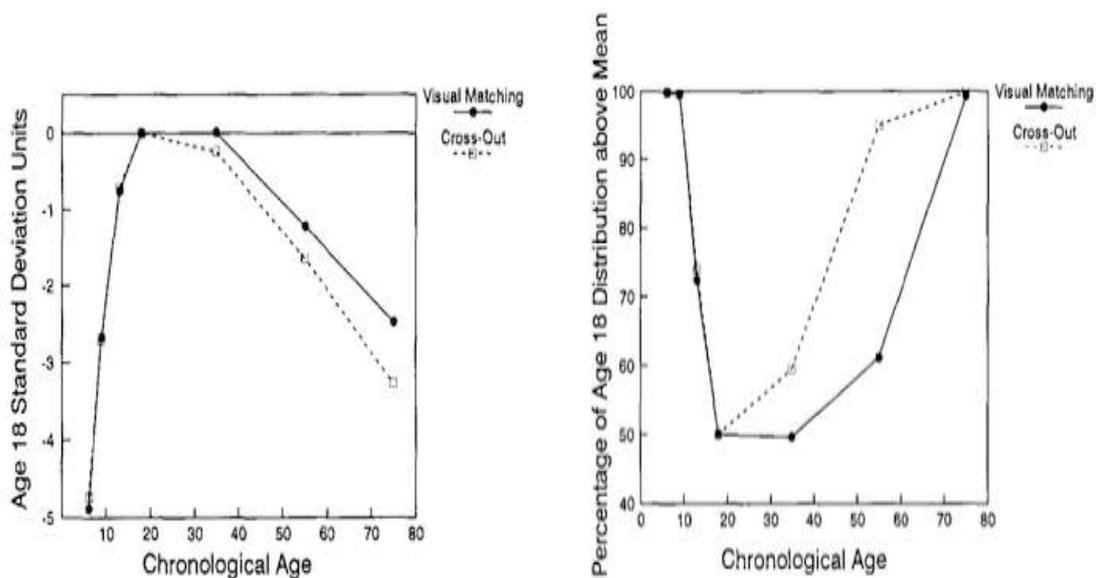


Fig.7-8 grafici test di Woodcock-Johnson (Kail, Salthouse,1990)

Molti ricercatori cercano di eliminare l'influenza della velocità di elaborazione generale dalle loro misure dipendenti al fine di concentrarsi sui contributi di altri processi cognitivi. In teoria, la fattorizzazione della velocità di elaborazione consente ai ricercatori di rimuovere l'età generale e le differenze individuali, al fine di concentrarsi sulle abilità specifiche di alto livello.

In uno studio (Earles, Salthouse, 1995) vengono considerate quattro prove per la velocità di elaborazione:

- Completamento della scatola: i partecipanti sono invitati a disegnare il quarto lato della scatola su una serie di caselle a tre facce.
- Copia delle cifre: consiste nel copiare una serie casuale di cifre in caselle vuote sotto le cifre presenti.
- Sostituzione di simboli di cifre : consiste nella sostituzione di simboli di cifre per scrivere un simbolo visivo associato ai numeri da 0 a 9.
- Confronto delle lettere: consiste nel dire se due stringhe da tre a nove lettere sono identiche.

Anche il compito più semplice, il completamento della scatola, richiede sia il mantenimento di un obiettivo, sia di filtrare le informazioni di base.

Nei compiti più complessi sono necessari anche il mantenimento e la manipolazione di stimoli correlati alle attività nella memoria di lavoro (ossia un'attenzione controllata) (Eastwood, 2001). Quindi, nella velocità di elaborazione, è presente un controllo esecutivo (Diamond, 2002).

CAPITOLO II: RAPPORTO TRA I DOMINI E LE ABILITA' MATEMATICHE

2.1 Rapporto tra memoria di lavoro e matematica

I ricercatori che indagano le difficoltà aritmetiche dei bambini hanno studiato un certo numero di meccanismi cognitivi che possono sottostare a queste difficoltà.

Un problema spesso affrontato è quello legato alla connessione tra la memoria di lavoro e il ruolo che svolge in aritmetica, in quanto quest'ultima ricopre una posizione centrale nell'acquisizione e nell'esecuzione delle abilità educative di base (Hitch; McAuley 1991). La ricerca appena citata ha tratto ispirazione dal modello di memoria di lavoro creato da Baddeley e Hitch.

Un compito cognitivo complesso come l'aritmetica richiede, chiaramente, sia l'archiviazione temporanea d'informazioni, sia l'elaborazione di nuove informazioni. Ad esempio, l'esecutivo centrale controlla e recupera informazioni sull'operazione da utilizzare, come la somma, mentre i sistemi sussidiari memorizzano numeri e specifici coinvolti nel calcolo.

Alcune ricerche hanno riportato deficit di memoria a breve termine nei bambini con difficoltà aritmetiche, anche se c'è qualche discussione sulla specificità di questo problema. Alcuni studiosi sostengono che i bambini con difficoltà aritmetiche abbiano un deficit di memoria a breve termine solo per i materiali che coinvolgono numeri, ad esempio la cifra delle cifre e il conteggio dei conteggi mentre altri suggeriscono che tali bambini abbiano un deficit generale esteso a tutta la memoria di lavoro (Siegel, Ryan 1989).

Molte delle caratteristiche associate a difficoltà aritmetiche, come errori di calcolo frequenti e l'uso di strategie di conteggio lente e immature (ad esempio conteggio con le dita) sono state spiegate come il risultato del possesso di poche risorse in ambito di memoria di lavoro.

In generale, la capacità matematica comporta una varietà di competenze complesse che

comprendono contenuti e procedure concettuali diverse tra loro (ad esempio aritmetica, algebra e geometria); la risoluzione dei problemi in questi settori comporta spesso l'acquisizione di informazioni parziali e l'elaborazione di nuove informazioni per arrivare a una soluzione che dovrebbe richiedere risorse di memoria di lavoro.

La natura di molti compiti matematici sembra, quindi, richiedere o almeno essere sostenuta dalla memoria di lavoro; questo può essere rilevante quando si pensa allo sviluppo tipico e atipico delle abilità matematiche.

In uno studio (Van de Weijer-Bergsma et al, 2014) è stato indagato il rapporto tra la memoria di lavoro verbale e visivo-spaziale e le prestazioni in quattro domini matematici (somma, sottrazione, moltiplicazione e divisione) in età diverse durante la scuola primaria. La memoria di lavoro è stata valutata utilizzando compiti informatici online. La performance matematica è stata valutata all'inizio, alla metà e alla fine dell'anno scolastico utilizzando un test aritmetico.

Per risolvere un problema matematico, come 7×12 , un bambino deve tenere in mente le informazioni pertinenti e manipolarle. Ad esempio, questo problema può essere risolto riducendolo in sottoproblemi (ad esempio, 7×10 , 7×2 e $70 + 14$), che richiede al bambino di mantenere in mente le risposte intermedia.

Calcoli di sottrazione o di sottrazione con più cifre, che portano o prendono in prestito una cifra da una colonna all'altra, richiedono che si tenga traccia delle manipolazioni e delle soluzioni intermedie. Vi sono diverse prove del fatto che i bambini con una capacità di memoria di lavoro più elevata abbiano un vantaggio nella matematica (Friso-van den Bos, Van der Ven, Kroesbergen, Van Luit, 2013)

In altre parole, la memoria di lavoro può essere distinta dalla memoria a breve termine, che implica solo la memorizzazione temporanea di informazioni, in quanto la memoria di lavoro ne prevede la memorizzazione e l'elaborazione.

Tuttavia, la forza delle relazioni tra la memoria di lavoro e le prestazioni matematiche si trova a variare a seconda del tipo di test matematico utilizzato. Nella loro analisi, Friso-van den Bos e colleghi (2013) hanno scoperto che la memoria di lavoro è maggiormente associata a test di matematica generale. I test matematici generali includono spesso un'ampia varietà di tipi di problemi, che richiedono ai bambini un passaggio tra le operazioni, le strategie e i modelli mentali.

Diversi studi indicano che il rapporto tra memoria di lavoro e matematica cambia con l'età (Andersson, Lyxell, 2007; Van der Ven et al, 2013). I risultati degli studi in età prescolare, scuola elementare e adolescenza suggeriscono che i bambini più piccoli si affidano maggiormente alla memoria di lavoro spaziale visiva quando apprendono e applicano nuove abilità matematiche, mentre i più grandi si affidano maggiormente alla memoria di lavoro verbale.

D'altra parte, la ricerca indica anche che il coinvolgimento della memoria di lavoro diminuisce quando le associazioni tra i problemi matematici e le loro risposte vengono automatizzati e viene utilizzato il recupero diretto (Imbo, Vandierendonck, 2007).

Siegel e Ryan (1989) hanno svolto uno studio su bambini con problemi nell'apprendimento matematico attraverso l'uso di due compiti che misurano la capacità di memoria di lavoro, il *Listening Span* (Daneman; Carpenter, 1980) ed il *Counting Span* (Case, Kurland, Goldberg, 1982).

I risultati di questo studio hanno evidenziato l'esistenza di due tipi di disturbo:

- I soggetti che hanno difficoltà sia di apprendimento matematico, sia legate a problemi di lettura, presentano scarse prestazioni in entrambi i compiti di memoria di lavoro (*Listening Span* e *Counting Span*)
- I soggetti che presentano un disturbo solo nell'apprendimento della matematica hanno prestazioni deficitarie solo nel *Counting Span*.

Secondo gli autori, quindi, le difficoltà di apprendimento nella lettura e nella matematica sono associate ad una carente capacità di memoria di lavoro di tipo generale; il disturbo specifico del calcolo, invece, è associato all'indebolimento di un tipo di memoria di lavoro specializzata nelle operazioni matematiche.

Passolunghi e Siegel (2004) hanno svolto uno studio su due gruppi di bambini. Un gruppo aveva difficoltà nell'apprendimento della matematica ed un gruppo di controllo privo di deficit matematici. Gli studiosi hanno sottoposto loro dei compiti di confronto numerico (pari/dispari, grande/piccolo), di identificazione della corretta operazione aritmetica in semplici problemi ed in varie prove che esaminano la capacità della memoria di lavoro. I risultati hanno evidenziato l'esistenza, nel gruppo di bambini con

difficoltà matematiche, di un deficit della memoria di lavoro soprattutto nella componente dell'esecutivo centrale e nell'abilità di inibire informazioni irrilevanti, mentre le prestazioni in compiti che coinvolgevano il loop fonologico non hanno mostrato un particolare indebolimento (Passolunghi, Mammarella, Del Torre, 2011).

2.2 Rapporto tra memoria episodica e matematica

Le persone, per ricordare le cose, possono memorizzarle nella memoria episodica (EM) e sperare che vengano automaticamente recuperate quando sarà il momento di agire su tali ricordi (McDaniel, Einstein, 2007).

Una strategia di recupero automatico (basandosi su EM) è, quindi, favorita, dove possibile, in modo da non impegnare eccessivamente l'elaborazione in corso (Jarrod, Lewis-Peacock, Cohen, Norman, 2016).

Al fine di ottenere prove dell'importanza dei sistemi di memoria, più in generale negli studi accademici e, più nello specifico, per dimostrarne il coinvolgimento nelle performance matematiche, bisogna esaminare sia indici comportamentali che neurali della memoria di lavoro, sia dati relativi alla memoria episodica (EM).

Come si è detto in precedenza, la memoria episodica può essere divisa in ricordo e familiarità; le attività che richiedono il recupero di informazioni contestuali sono, quindi, collegate al ricordo, mentre le attività che escludono il recupero contestuale (ad esempio, riconoscimento di oggetti) vengono, tipicamente, collegate alla familiarità. I bambini mostrano miglioramenti nelle prestazioni della memoria esecutiva durante l'infanzia e nell'adolescenza (Blankenship et al, 2017).

Le associazioni tra il ricordo e la matematica vengono esaminate piuttosto raramente, ma possono essere trovate indirettamente attraverso i compiti di richiamo (Stevenson, Newman, 1986). Nel 2002 Yonelinas ha svolto uno studio per dimostrare che i compiti di richiamo generino il ricordo piuttosto che processi di familiarità, soprattutto se è richiesto il ricordo di informazioni contestuali come, ad esempio, compiti legati alla memoria temporale (Yonelinas, 1994).

È probabile, quindi, che il ricordo contribuisca alla matematica a causa dello sforzo che

si fa affidandosi al richiamo durante i calcoli matematici e la risoluzione dei problemi. Quando si esegue un problema matematico, ad esempio, è necessario richiamare il recupero di fatti e procedure chiave correlati alla soluzione del problema per poter avere successo. Questo processo di richiamo, probabilmente, si affida a processi di recupero, specialmente nei bambini piccoli che stanno sviluppando per la prima volta processi matematici. L'attivazione temporale del lobo durante compiti matematici è legata all'utilizzo della memoria episodica (Tulving, 2002).

Maccoby e Jacklin, nel 1974, hanno pubblicato il loro lavoro sulle differenze di genere nelle varie abilità e funzioni umane (Maccoby, Jacklin, 1974). Nello studio si è concluso che le ragazze hanno una maggiore capacità verbale rispetto ai ragazzi ma che i ragazzi hanno delle prestazioni superiori in ambito matematico (Herlitz, Nilsson, Bäckman, 1997).

2.3 Rapporto tra funzioni esecutive e matematica

Una buona comprensione della matematica è essenziale per il successo nella società moderna; essa conduce sia a buone prospettive di lavoro, sia ad una migliore qualità della vita (Gross, Hudson, Price, 2009). I bambini sviluppano una comprensione della matematica durante la loro formazione primaria e secondaria ed è, quindi, necessario riconoscere la gamma di fattori che contribuiscono alla realizzazione matematica in modo che le pratiche didattiche possano essere mirate in modo appropriato rispetto alle capacità degli alunni.

Un ruolo importante nell'apprendimento della matematica è quello svolto dalle funzioni esecutive; in uno studio (Cragg et al, 2017) viene indagato il ruolo di queste ultime ed il loro contributo in base all'età. Molti ricercatori hanno proposto un modello multicomponente in cui la matematica è sostenuta da conoscenze specifiche del dominio oltre che da processi cognitivi più generali (LeFevre et al, 2010).

Le disfunzioni delle funzioni esecutive tra i bambini con difficoltà matematiche possono essere attribuite ai loro deficit nel deposito fonologico ma pochi studi hanno affrontato

questo problema. Le funzioni fonologiche di stoccaggio e di esecuzione sono strettamente legate alla memoria di lavoro (Baddeley, Logie, 1999).

Per quanto riguarda la matematica, le funzioni esecutive sono importanti per diversi compiti (eseguire operazioni, formare strategie efficaci di risoluzione dei problemi) e per mantenere le corrispondenti informazioni intermedie (numeri intermedi nel calcolo, informazioni verbali o numeriche) (Alloway, 2006).

È quindi possibile che uno stoccaggio fonologico inefficiente possa creare un "collo di bottiglia" che stringe il flusso di informazioni ai livelli più alti di elaborazione delle funzioni esecutive (Peng et al, 2012).

Geary (Geary, Hoard, 2005) ha descritto una struttura gerarchica in cui la realizzazione di procedure matematiche è sostenuta dall'abilità di applicare procedimenti appropriati e dalla comprensione dei concetti sottostanti. A loro volta, questi processi specifici di dominio si basano su una serie di competenze generali, incluse le abilità linguistiche e visuospatiali e, in particolare, sulle funzioni esecutive. Questo modello suggerisce pertanto che l'influenza delle capacità delle funzioni esecutive rispetto a compiti matematici è mediata dal suo ruolo in competenze matematiche specifiche del dominio.

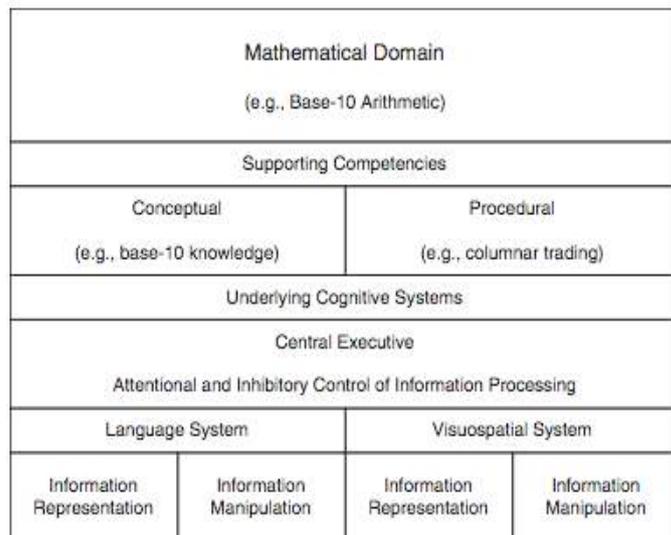


Fig.9- Struttura gerarchica di Geary (Geary, 2004)

Le funzioni esecutive, le abilità utilizzate per guidare e controllare l'azione e il pensiero,

sono suddivise in tre componenti principali (Miyake et Al, 2000):

- L'aggiornamento della memoria di lavoro, ossia la capacità di manipolare e monitorare le informazioni tenute in mente.
- L'inibizione, cioè la capacità di sopprimere le informazioni irrilevanti e le risposte inadeguate.
- La capacità di spostare l'attenzione tra diversi compiti.

Due funzioni esecutive importanti sono, quindi, lo spostamento e l'inibizione.

Lo spostamento è definito come la possibilità di passare da un'attività all'altra, in altre parole, consiste nella disattivazione di un set di attività irrilevanti e alla successiva iniziazione di un nuovo insieme più appropriato. L'inibizione è la capacità di sopprimere risposte dominanti, automatiche o prepotenti a favore di risposte più appropriate. Queste due funzioni esecutive contribuiscono in maniera differente alle prestazioni matematiche (Andersson, 2008).

È importante studiare separatamente il ruolo delle funzioni esecutive in ciascuno di questi processi, anche se tutti contribuiscono al successo matematico; i bambini, in base all'età e alla capacità personali, possono mostrare diversi punti di forza e di debolezza in questi processi (Dowker, 2005).

Fino ad oggi, la maggior parte delle ricerche si è svolta nel campo dell'aritmetica; è probabile che la capacità di selezionare e eseguire correttamente le procedure aritmetiche si basi su funzioni esecutive utili per rappresentare il problema e memorizzare le soluzioni temporanee, selezionando la strategia appropriata e inibendo quelle meno consone. I bambini che possiedono una flessibilità cognitiva superiore hanno una capacità procedurale maggiore; questo implica che i bambini che hanno delle difficoltà in matematica abbiano anche minore flessibilità.

Il contributo delle funzioni esecutive, in particolare l'inibizione e lo spostamento, alle capacità procedurali può dipendere molto dalle variazioni legate all'età o dalle strategie utilizzate dagli insegnanti per insegnare la materia (Träff, 2013).

Modelli teorici hanno suggerito che le funzioni esecutive possano essere richieste per allontanare l'attenzione dalle strategie procedurali al fine di identificare le relazioni numeriche concettuali sottostanti (Siegler, Araya, 2005).

Uno studio recente (Cragg et al, 2017) ha voluto esaminare il ruolo delle funzioni esecutive nel campo dell'aritmetica, soprattutto in conoscenza di fatto, procedurale e concettuale della materia e vedere come il contributo possa variare con lo sviluppo. E' stato preso un campione piuttosto ampio costituito da bambini di 8-9 anni, 11-12 anni, 13-14 anni fino ad arrivare a giovani fra i 18 e i 25 anni e sono state loro somministrate diverse prove di matematica.

Dai risultati si è visto che tutti gli aspetti delle funzioni esecutive sarebbero associati ad abilità procedurali, ma che la forza di questa relazione cambierebbe con l'età, con rapporti più forti tra gli 8 e i 9 anni rispetto agli 11-12 e 13-14 anni.

In sintesi, si può vedere che le funzioni esecutive sembrano svolgere un ruolo fondamentale nella capacità di un individuo di richiamare fatti aritmetici dalla memoria a lungo termine, di selezionare e di eseguire procedure aritmetiche e di comprendere le relazioni concettuali tra numeri e operazioni.

2.4 Rapporto tra attenzione e matematica

Le persone, nello svolgere le loro attività quotidiane, dipendono da risorse cognitive che gli permettono di trattenere nella mente e manipolare le informazioni al fine di raggiungere un obiettivo. Questo procedimento, a sua volta, richiede che una persona memorizzi temporaneamente le informazioni pertinenti resistendo, però, a stimoli esterni che potrebbero, potenzialmente, distrarla.

Quindi, sia la capacità di stoccaggio che le risorse attentive sono fondamentali per il comportamento umano e svolgono un ruolo fondamentale nell'apprendimento (Dulaney, Vasilyeva, O'Dwyer, 2015).

La maggior parte degli studiosi concorda con l'idea originaria secondo cui due delle risorse fondamentali necessarie per il funzionamento della memoria di lavoro siano la capacità di memorizzazione temporanea e di attenzione controllata; queste due risorse collaborano per consentire di richiamare in memoria e poi manipolare le informazioni (Miyake, Shah, 1999).

Sia la memoria a breve termine, sia quella a lungo termine richiedono capacità attentive per svolgere i loro compiti; la memoria a breve termine richiede un grado di attenzione moderato per trattenere le informazioni memorizzate (Cowan, 2001), la memoria di lavoro, invece, richiede un maggiore livello di attenzione per manipolare tali informazioni. Cowan e Alloway (2009) hanno notato che i teorici che si sono occupati della memoria di lavoro hanno molto discusso sulla causa della dimenticanza delle informazioni; secondo alcuni la fonte principale si può ritrovare nel controllo dell'attenzione (Engle et al, 1999).

L'attenzione è, quindi, importante per selezionare i componenti di qualsiasi attività accademica e concentrarsi sulle attività pertinenti.

Possono esistere, inoltre, differenze tra gli individui nella distribuzione di risorse cognitive; alcuni studenti, infatti, potrebbero mostrare deficit nelle prestazioni di memoria di lavoro e nel conseguimento accademico a causa delle difficoltà di controllo dell'attenzione nonostante questi studenti abbiano una grande capacità di memorizzazione delle informazioni.

Alcuni studi hanno esaminato sia l'attenzione che la memoria a breve termine in relazione ai risultati matematici dei bambini.

I risultati meta-analitici, ad esempio, hanno mostrato che la capacità di attenzione in età prescolare predice le prestazioni matematiche che i bambini avranno durante la scuola elementare (Duncan et al, 2007).

Nonostante l'utilità di queste analisi precoci, la maggior parte degli studi esistenti ha innanzitutto esaminato queste risorse cognitive nei bambini in età scolastica, solo alcuni di questi le hanno esaminate nei bambini più piccoli (Clark, Pritchard, Woodward, 2010).

L'attenzione, quindi, agisce come filtro per selezionare e mantenere le informazioni pertinenti; il suo compito è anche quello di sopprimere i distrattori irrilevanti in modo da migliorare l'efficienza con cui vengono acquisite e processate le informazioni provenienti dall'ambiente esterno (Posner, Rothbart, 2005). Alcuni studi hanno dimostrato che l'utilizzo di videogiochi ha migliorato le abilità attenzionali dei bambini e la loro velocità di lettura (Franceschini et al, 2013).

Gli studenti con diagnosi di disordine di attenzione con iperattività (ADHD) esprimono tipicamente alti livelli di disattenzione, impulsività e attività motoria eccessiva

(American Psychiatric Association, 2000).

A causa di questi comportamenti, i bambini e gli adolescenti con ADHD vanno incontro ad un rischio superiore rispetto a quello medio di avere difficoltà accademiche significative durante i loro anni scolastici (DuPaul, Stoner, 2004) e rischiano, soprattutto, di aver inferiori risultati accademici in matematica (Rapport, Scanlan, Denney, 1999).

2.5 Rapporto tra velocità di elaborazione e matematica

Un altro meccanismo da considerare quando si svolgono studi sulle abilità matematiche nei ragazzi è quello collegato alla velocità di elaborazione. Essa è concettualizzata come una capacità mentale centrale per guidare i cambiamenti nella cognizione di ordine superiore (Hale, 1990).

La crescita della velocità di elaborazione, valutata tramite semplici misurazioni dei tempi di reazione, segue un modello semplice ed indipendente dai singoli stimoli (Kail, 1991). I miglioramenti nella velocità di elaborazione sono legati all'età e sono utili per facilitare l'efficienza cognitiva generale in due modi (Salthouse, 1996):

- Una quantità maggiore di informazioni può essere assorbita entro un determinato intervallo di tempo.
- Un maggior numero di reti neurali vengono attivate contemporaneamente, aumentando la capacità di eseguire operazioni simultanee .

La velocità di elaborazione rappresenta anche un fattore importante della variazione legata all'età dei quozienti di intelligenza nei bambini e negli adulti (Kail , Salthouse, 1994). Un motivo per cui le differenze di velocità sono notevolmente importanti è che i test che si utilizzano per misurare la velocità di elaborazione sono correlati all'impiego di altre abilità cognitive e alla misurazione di processi cognitivi di alto ordine come, ad esempio, la memoria a breve termine (Hale, 1990).

La velocità di elaborazione delle informazioni riflette anche l'efficienza del processo cognitivo, che rappresenta la capacità cognitiva generale d'individui (Andersson, Östergren, 2012). La velocità con la quale le informazioni vengono introdotte nella memoria di lavoro e utilizzate in essa è fondamentale per l'efficienza di questo sistema. Secondo uno studio (Case, 1985), l'efficienza dell'elaborazione è misurata in base alla velocità; l'elaborazione che viene completata più velocemente è, quindi, più efficace rispetto ad una portata a termine più lentamente. Case ha, anche, evidenziato l'importanza della velocità di elaborazione considerandone il ruolo nell'aumento dello spazio di memorizzazione. Sulla base della ricerca con i bambini, Case e colleghi hanno trovato una relazione lineare tra velocità di elaborazione e capacità di memorizzazione della memoria di lavoro (Case, Kurland, Goldberg, 1982).

Prove evidenti del contributo dato dalla velocità di elaborazione sono disponibili da studi di Swanson e colleghi (Swanson, 2006). Da studi di Swanson e Beebe-Frankenberger (2004) è stato evidenziato che la velocità di elaborazione ha contribuito a miglioramenti matematici.

Quello che si è detto suggerisce che gran parte del cambiamento intellettuale e della maturazione del bambino siano una conseguenza diretta della sua crescente capacità di elaborare più informazioni in un determinato periodo di tempo. Questo argomento è sostenuto in uno studio (Kail, 1992); l'autore suggerisce che la velocità di esecuzione delle operazioni cognitive dovrebbe essere considerata come una risorsa di elaborazione; il livello di prestazioni cognitive dipende, quindi, dalla velocità di elaborazione delle informazioni. Kail sostiene che i processi controllati come, ad esempio, l'utilizzo di algoritmi richiedano maggiori risorse di elaborazione, mentre i processi automatici non richiedono tali risorse.

La maggiore velocità di elaborazione potrebbe essere dovuta a un maggior numero di elaborazioni che si verificano in parallelo.

Case (1982) ha proposto una teoria secondo la quale il fattore di limitazione più importante sulla memoria a breve termine sia la velocità dell'identificazione degli elementi (Bull; Johnston, 1997).

Considerate insieme, le teorie relative alla velocità di elaborazione e al recupero di informazioni dalla memoria a lungo termine forniscono una spiegazione molto razionale delle difficoltà aritmetiche dei bambini. I bambini con scarse capacità aritmetiche

mostrano una mancanza di automatismo nel recupero dei numeri dalla memoria a lungo termine e nella loro combinazione, ciò è evidenziato da una lenta identificazione degli oggetti e dall'utilizzo di strategie di conteggio lente e inefficienti; questa lentezza, in realtà, può essere semplicemente causata dalla mancanza di familiarità con il materiale (Hitch, McAuley, 1991), o può, anche, rappresentare un problema più grave legato alla capacità di automatizzare i fatti nella memoria a lungo termine (Garnett, Fleischner, 1983).

I limiti nella velocità di elaborazione possono, quindi, danneggiare la capacità di un individuo nello svolgimento di compiti cognitivi più complessi (Clark et al, 2014).

CAPITOLO III: IL TEST

3.1 MyCognition ED

Il test utilizzato nella presente ricerca è MyCQ ED, ossia quello dedicato a bambini in età scolare. Esso ha lo scopo di ottimizzare il potenziale cognitivo degli studenti ai quali viene somministrato.

MyCognition ED ha lo scopo di analizzare il potenziale cognitivo degli studenti in cinque domini e, per ognuno di questi, è presente un test mirato. Per allenare le funzioni cognitive analizzate viene utilizzato il programma di training “Aquasnap”.

Gli studenti ottengono anche, alla fine di ogni subtest, un report contenente velocità di esecuzione e precisione; al termine del test, invece, vi è un report completo dei risultati ottenuti in ogni subtest.

3.2 Caratteristiche del test

MyCognition ED non ha lo scopo di misurare l'intelligenza dei soggetti ma vuole valutarne le funzioni neuropsicologiche responsabili dei processi di apprendimento; la valutazione viene svolta online, ha una durata di circa 15 minuti e comprende cinque test mirati ad analizzare cinque domini cognitivi di base, ossia:

- Attenzione
- Memoria di lavoro
- Memoria episodica
- Funzioni esecutive
- Velocità di elaborazione

Per ogni dominio è presente una prova specifica che punta a valutare la competenza dei singoli soggetti in quell'ambito.

Il test può essere eseguito sia sul computer, sia su dispositivi mobili quali tablet e smartphone; nel caso dei dispositivi mobili viene scaricata l'applicazione "MyCognition ED"; ogni studente possiede un nome utente e una password personali con i quali accedere al test.

Al termine di ogni test, i risultati vengono elaborati automaticamente e vengono considerate due variabili, il tempo medio di reazione e il numero di risposte errate; si ottiene, così, un insieme di punteggi grezzi.

Le due variabili vengono combinate al fine di ottenere punteggi da 1 a 100 per ogni dominio cognitivo, la media di questi punteggi ne genera uno complessivo.

Dominio	Test	Test tradizionali
Velocità di elaborazione	Simple Reaction Time	Donders Type A
Attenzione	Choice Reaction Time	Donders Type B
Memoria episodica	Visual Recognition Memory	Benton Visual Retention Test
Memoria di lavoro	2-Back	Wayne Kirchner N-back test
Funzioni esecutive	Trail Making B	Trail Making Test Part B

Tabella 1- Relazione fra i domini indagati e le prove utilizzate

Dopo aver eseguito il login con le proprie credenziali, la prima prova che viene presentata è quella volta a misurare la velocità di elaborazione; il test si chiama "Simple Reaction Time" e consiste nel premere un pulsante il più velocemente possibile quando appare sullo schermo un cerchio rosso.

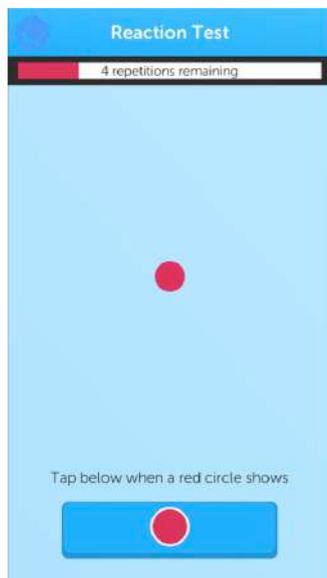


Fig.10- Simple reaction time

La seconda prova ha lo scopo di misurare l'attenzione e si chiama "Choice Reaction Time". Essa consiste nel premere il pulsante del cerchio quando appare sullo schermo un cerchio rosso e il pulsante con il triangolo quando appare il triangolo rosso.

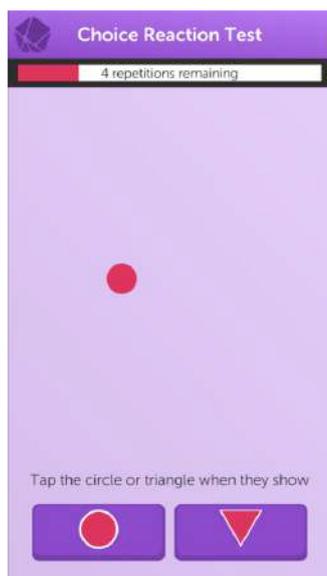


Fig.11- Choice reaction time

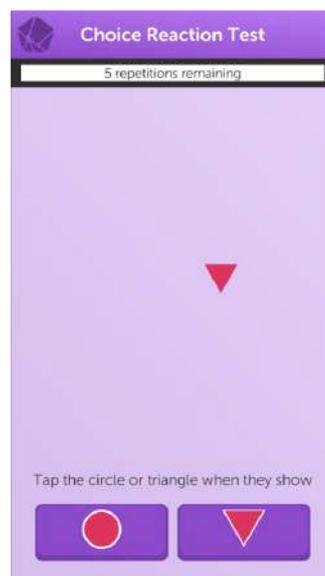


Fig.12-Choice reaction time

La terza prova vuole misurare la memoria episodica e si chiama “Visual Recognition Memory”; essa consiste prima nel guardare una serie d’immagini e ricordarle e poi, quando viene proposto un secondo gruppo di immagini, premere il bottone “Sì” se appare un’immagine che si è già vista nel gruppo precedente e “No” se ne appare una che non si è mai vista.



Fig.13 – Visual recognition memory



Fig.14- Visual recognition memory

La quarta prova ha lo scopo di misurare la memoria di lavoro, si chiama “2-back”; il soggetto vede una serie d’immagini e deve ricordare sempre le ultime due che ha visto, nella seconda serie di immagini che gli vengono sottoposte dovrà premere il pulsante “Sì” se l’immagine che gli viene sottoposta corrisponde a quella vista due immagini prima e il tasto “No” in caso non corrisponda.



Fig.15- 2-back

La quinta prova vuole misurare le funzioni esecutive, si chiama “Trail Making B”; in questa prova il soggetto dovrà collegare, nell’ordine corretto, numeri e lettere.

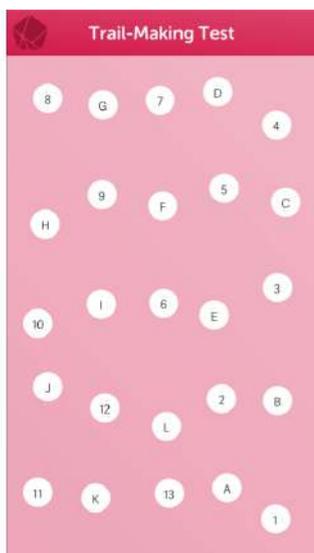


Fig.16- Trail making B

Per ogni prova sono presenti una fase di pratica e una di test vero e proprio.

MyCQ contiene, quindi, una versione digitale di cinque dei più validati test neuropsicologici tradizionali per misurare i cinque domini presi in esame (vd. Tabella 1) (Ratto, Cliveden, Sparrowhawk, 2017).

Il test è stato, inoltre, validato contro il Cambridge Neuropsychological Automated Test Battery (CANTAB), riconosciuto come una delle batterie di test cognitivi più utilizzate nella ricerca clinica (Domen et al, 2015; Domen et al, 2016).

3.3 Report dei punteggi ottenuti

Al termine della prova, agli studenti viene fornito un report personalizzato in tempo reale che comprende i singoli risultati per ogni test e un punteggio complessivo; questi sono utili a mostrar loro i loro punti di forza e di debolezza.

I risultati nei cinque domini formano un pentagono; se i punteggi nelle singole prove sono equilibrati fra loro, il pentagono avrà forma regolare; in caso contrario il pentagono potrebbe essere maggiormente allungato o schiacciato in alcuni vertici.

Importante risulta, anche, essere la grandezza del pentagono; maggiori sono le sue dimensioni più sviluppate sono le funzioni cognitive del soggetto.

Un altro grafico molto importante è quello che rappresenta i progressi nel tempo nei singoli domini; questo grafico consente ai ragazzi di tenere monitorati i propri miglioramenti e di aver presenti i propri punti di forza e di debolezza.

Il report contiene anche una descrizione piuttosto dettagliata dei singoli domini.

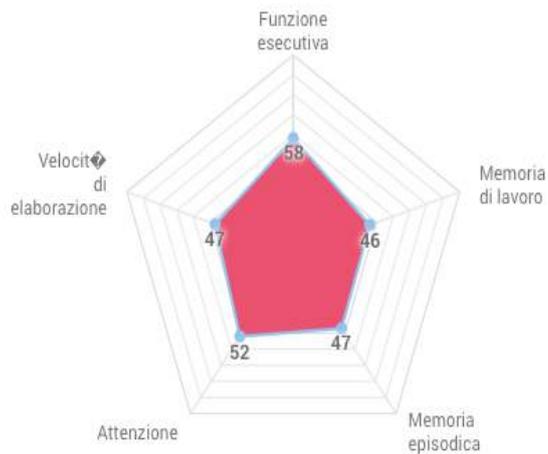


Fig.17- Pentagono formato dai punteggi ottenuti nei singoli domini.

3.4 Il gioco di training

Il gioco di training (allenamento) viene creato su misura per ogni singolo studente in base ai risultati ottenuti nel test MyCQ Ed; in questo modo l'allenamento viene calibrato per ogni studente e punta ad un miglioramento superiore per i domini nei quali sono stati ottenuti punteggi più bassi; osservando il training di ogni studente si possono facilmente notare le differenze nelle attività.

Il gioco si chiama "AquaSnap"; come nel caso del test vero e proprio, per il gioco ogni studente possiede un nome utente e una password personali; l'allenamento può essere svolto tramite computer oppure scaricando sui dispositivi mobili l'applicazione. Si consiglia che il training venga eseguito per 90 minuti circa a settimana a partire dalla prima valutazione fatta tramite MyCQ Ed per un totale di 8 settimane; la valutazione dovrebbe essere, invece, ripetuta ogni 4 settimane.

Il training porta lo studente a svolgere compiti ripetitivi che però, mano a mano che si progredisce di livello, diventano sempre più impegnativi.

Ogni compito è progettato per allenare un dominio cognitivo specifico.

Nel gioco il bambino dovrà esplorare una mappa e immergersi sott'acqua in diverse zone di questa; ad ogni immersione si ottengono delle monete che serviranno per sbloccare le diverse aree della mappa.

Man mano che si ottengono monete e sbloccando le diverse parti della mappa, la difficoltà del training aumenta; in questo modo il livello di gioco viene automaticamente adattato al livello di miglioramento del singolo studente.

I compiti che l'applicazione propone sono diversi fra loro ma hanno una componente comune, fotografare.

Ogni prova, infatti, consiste nello scattare una fotografia a dei pesci anche se, ovviamente, ogni livello di gioco differisce dai precedenti e dai successivi.

Durante le prove il ragazzo non può distrarsi a lungo altrimenti rischia che il suo profilo esegua il log-out con conseguente perdita dei progressi accumulati.

Dominio	Attività
Memoria di lavoro	Memory shot
Velocità di elaborazione ed attenzione	Quick shot
Attenzione e funzioni esecutive	Careful quick shot
Attenzione e velocità di elaborazione	Group shot
Memoria di lavoro	Fish tracker
Memoria episodica	Oceanic survey
Funzioni esecutive	Missions and map exploration

Tabella 2- Prove utilizzate per allenare i domini cognitivi.

Come nel caso del test di MyCognition ED, anche qui, dopo aver effettuato il login con le proprie credenziali, vengono presentate al giocatore una serie di attività differenti.

La prima attività risulta essere utile per allenare la memoria di lavoro, viene chiamata "Memory shot" e consiste nel ricordare, per poi fotografare, la posizione del pesce luminoso all'interno di una fila di pesci che si muovono; quando i pesci torneranno per la seconda volta nessuno di essi sarà luminoso e, a questo punto, bisognerà ricordare e fotografare quello corretto.



Fig.18- Memory shot.

La seconda attività è utile per allenare due domini differenti, la velocità di elaborazione e l'attenzione; si chiama "Quick shot" e consiste nel toccare lo schermo il più velocemente possibile non appena si vede il pesce.



Fig.19- Quick shot.

Anche la terza attività serve per allenare due domini differenti, ossia l'attenzione e le funzioni esecutive; questa prova si chiama "Careful quick shot" e, come la precedente,

consiste nel toccare lo schermo il più velocemente possibile non appena si vede il pesce. C'è, però, una differenza; in questo caso potrebbe apparire uno dei pesci da fotografare, ma anche un'anguilla elettrica che rilascia una scossa di corrente se fotografata; in questo secondo caso non bisogna toccare lo schermo altrimenti le foto verranno rovinare dalla scossa.



Fig.20- Careful quick shot.

La quarta attività, come le due precedenti, serve per allenare due differenti domini, l'attenzione e la velocità di elaborazione; l'attività si chiama "Group shot"; in questo caso vi sono differenti pesci che si muovono in maniera casuale, lo scopo è di fotografarli nel momento in cui si trovano tutti nell'obiettivo della fotocamera.



Fig.21- Group shot.

La quinta attività è utile per allenare la memoria di lavoro e si chiama “Fish tracker”; in questo caso vi è un gruppo di pesci, alcuni di questi sono luminosi (il numero di pesci luminosi aumenta all’aumentare del livello di gioco) e lo scopo dello studente è quello di ricordare i pesci luminosi anche dopo il loro cambiamento di posizione.



Fig.22- Fish tracker.

La settima e penultima attività serve per allenare la memoria episodica ed è l’unica utile per migliorare le capacità in questo dominio; essa si chiama “Oceanic survey” ed è una

prova che viene presentata una volta che si riemerge; lo studente dovrà ricordare, guardando delle foto, quale pesce ha visto alla fine dell'immersione.



Fig.23- Oceanic survey.

L'ottava attività non è una prova vera e propria e consiste, infatti, nel completare le missioni del giorno per poter esplorare la mappa.



Fig.24- Missions and map exploration.

Tra le missioni giornaliere che vengono automaticamente proposte vi è anche quella che spinge a completare i 15 minuti di allenamento quotidiani; questa sollecitazione è molto

utile ad invogliare lo studente a giocare ed è anche molto importante perché l'applicazione considera come tempo di gioco solo i momenti in cui si è sott'acqua e non anche l'esplorazione della mappa.

Per eseguire ogni fotografia, ovviamente, si ha una frazione di secondo; facendo una serie di foto imprecise si ottengono meno punti.

Come si è detto, il gioco si sviluppa su diversi livelli strutturali.

Le prime cinque attività della tabella precedente sono delle vere e proprie prove e gli studenti sono da subito consapevoli del fatto che siano utili per migliorare alcuni domini; per quanto riguarda le ultime due attività, invece, la difficoltà per i ragazzi a capire che fanno parte del training è superiore.

Ad ogni immersione lo studente sperimenta un insieme di nuovi cicli di allenamento.

3.5 Studi di MyCognition

Diversi studi condotti dall'azienda MyCognition hanno identificato gli alunni maggiormente problematici in alcune discipline ed con problemi comportamentali e di apprendimento.

Nei bambini con lacune in ambito scolastico sono, anche, state individuate delle carenze in uno o più dei domini coinvolti della valutazione MyCQ; sono stati riscontrati problemi relativi ad alcuni di questi domini anche in ragazzi talentuosi e privi di difficoltà accademiche.

Nei paesi Bassi, è stato condotto, per valutare l'efficacia e l'utilità dei programmi MyCognition ED e Aquasnap, uno studio che ha coinvolto 600 studenti di età compresa tra 11 e 13 anni; questi ragazzi sono stati suddivisi in maniera omogenea in due gruppi:

- Gruppo training: gli studenti facenti parte di questo gruppo hanno svolto la prima valutazione e poi, dopo quattro settimane, la seconda.

Nel tempo intercorso tra i due test, hanno allenato le funzioni cognitive tramite il programma Aquasnap per almeno 60 minuti a settimana.

- Gruppo controllo: questo gruppo, come il precedente, ha eseguito le due valutazioni a quattro settimane l'una dall'altra; durante il periodo compreso tra i due test, però, non ha svolto alcun programma di allenamento.

Al termine del periodo dedicato alla valutazione, ci sono stati miglioramenti nei 5 domini, soprattutto nella memoria di lavoro e nelle funzioni esecutive (vd.fig.31).

Domain	Mean Difference
Working Memory	-0.266
Episodic Memory	-0.109
Attention	0.093
Psychomotor Speed	0.212
Executive Function	-0.150

Fig.25- Tabella relativa ai cambiamenti nei 5 domini.

Un altro studio importante è stato quello condotto in 11 scuole Gallesi su 754 studenti. Anche in questo caso, una parte dei ragazzi ha svolto il programma di training che ha avuto una durata di 8 settimane; sono stati individuati importanti miglioramenti nei domini (soprattutto velocità di elaborazione ed attenzione) negli studenti che hanno svolto il programma di allenamento per più di 60 minuti a settimana; non ci sono stati, invece, significativi cambi nella performance di coloro che hanno utilizzato il programma Aquasnap per 30 minuti a settimana.

Un ulteriore studio è stato svolto in una scuola di Londra su 43 studenti con problemi di apprendimento e disabilità. Gli studenti sono stati suddivisi in un gruppo di training ed in uno di controllo che ha avuto un incremento dei compiti a casa.

Per entrambi i gruppi, lo studio ha avuto una durata di 12 settimane; le valutazioni sono state fatte all'inizio e, poi, dopo 4, 8 e 12 settimane.

I miglioramenti delle funzioni cognitive sono stati riscontrati nel gruppo che ha svolto il training.

Dopo aver svolto l'allenamento, infatti, ci sono stati risultati positivi in tutti e 5 i domini ma, soprattutto, nella memoria episodica e nelle funzioni esecutive.

Analizzando i risultati ottenuti dagli studenti in inglese, matematica e scienze si è anche visto che il gruppo training ha avuto un miglioramento significativo in queste tre discipline ed è stata, quindi, individuata una correlazione tra il miglioramento delle funzioni cognitive e quello avuto nelle performance accademiche (Ratto, Clivenden, Sparrowhawk, 2017).

CAPITOLO IV: LO STUDIO

Questo studio fa parte di un accordo fra il Laboratorio di Psicologia e Scienze Cognitive, afferente al Dipartimento di Scienze della Formazione dell'Università di Genova e l'azienda inglese MyCognition che ha dato la possibilità di testate gratuitamente, per la prima volta, il loro prodotto in una scuola di Genova.

Fino a questo momento, infatti, i loro test non erano mai stati somministrati a bambini italiani; i loro programmi erano stati utilizzati in Gran Bretagna, Stati Uniti, Canada, Belgio e Paesi Bassi.

Lo studio è stato svolto durante un tirocinio universitario presso l'Istituto Comprensivo Bolzaneto, più precisamente presso la Scuola Secondaria di Primo grado Piero Gaslini facente parte dell'Istituto.

Il test è stato sottoposto, con le stesse modalità, a due gruppi di ragazzi della stessa età e che seguivano gli stessi programmi scolastici; gli studenti sono stati divisi in due gruppi:

- Gruppo “training”: questo gruppo ha effettuato i test iniziali e finali e, anche, il programma di training.
- Gruppo “controllo”: il gruppo ha svolto solo il test iniziale e quello finale, senza allenare i domini durante il mese intercorso tra questi.

Sia i due test che il programma di training sono stati svolti all'interno dell'edificio scolastico. I test sono stati effettuati utilizzando i dispositivi fissi messi a disposizione dalla scuola; il training, invece, è stato fatto dai ragazzi tramite i loro dispositivi personali quali smartphone o tablet. Il primo test è stato effettuato ad inizio Maggio mentre il secondo ad inizio Giugno; il gruppo training ha, quindi, allenato i domini per un mese.

4.1 I partecipanti

Il test è stato somministrato a 40 alunni della scuola secondaria. Gli studenti sono stati scelti in maniera omogenea da due prime medie e sono stati divisi, in base alla classe di appartenenza, in due gruppi. In entrambi i gruppi erano presenti 20 studenti; un gruppo chiamato “gruppo training” che, dopo aver svolto il primo test MyCognition ED, ha allenato i cinque domini per un mese per una media di 60 minuti a settimana per poi svolgere, al termine del periodo di training, un secondo test utile per misurare i cambiamenti nelle prestazioni dei singoli studenti. Il secondo gruppo, chiamato “gruppo controllo” ha, invece, svolto soltanto i due test a distanza di un mese l’uno dall’altro. Durante il periodo in cui l’altro gruppo ha svolto l’attività di training, questo gruppo ha portato avanti i programmi scolastici in maniera tradizionale.

- Gruppo training: costituito da 20 alunni, di cui 8 maschi e 12 femmine; l’età media dei ragazzi è 12 anni e, all’interno della classe, ci sono 2 studenti diversamente abili che seguono la programmazione della classe con argomenti ridotti e semplificati e obiettivi differenziati.
- Gruppo controllo: questo secondo gruppo è costituito da 20 alunni, di cui 9 maschi e 11 femmine; anche in questo caso, l’età media dei ragazzi è 12 anni e vi sono 2 studenti diversamente abili; uno studente segue la programmazione della classe in maniera semplificata; l’altro ragazzo, invece, avendo un disturbo oppositivo-provocatorio del comportamento, segue una programmazione differenziata soprattutto a causa dei suoi problemi comportamentali che non gli consentono di partecipare alle lezioni in modo costante.

I ragazzi che hanno partecipato allo studio pilota provengono dalla stessa realtà sociale, seguono programmi scolastici con lo stesso livello di difficoltà e hanno avuto accesso al medesimo tipo di dispositivi sia per il programma di valutazione, MyCQ, sia per quello di training, Aquasnap.

Gruppo	Gruppo training	Gruppo controllo
Numero studenti	20	20
Numero studenti maschi	8	9
Numero studenti femmine	12	11
Età media studenti	12 anni	12 anni
Numero studenti disabili	2	2

Tabella 3- Componenti dei due gruppi.

Per ogni studente è stato creato un profilo personalizzato per accedere alla valutazione e al training; essendo un programma creato per giovani studenti, per eseguire il login non è necessario possedere un indirizzo e-mail; sono, infatti, sufficienti username e password.

Le credenziali create erano molto semplici per evitare che i ragazzi potessero dimenticarle; nel momento del login, gli studenti dovevano inserire nel primo campo semplicemente il loro nome con la prima lettera maiuscola (es. Mario) e come password il loro nome seguito dalla parola “test” (es. Mariotest).



Fig.26- Pagina del login

4.2 I test utilizzati

Come si è detto, il test utilizzato nella ricerca è il MyCQ, ossia quello creato per misurare alcuni processi cognitivi in ragazzi in età scolare e ai giovani adulti in contesti formativi.

Il programma di formazione utilizzato è stato progettato per ogni tipo di scuola e per qualsiasi bambino, inclusi quelli con esigenze speciali d'istruzione, difficoltà di apprendimento e comportamentali e, ovviamente, anche bambini diversamente abili ma, comunque, in grado di comprendere le istruzioni e svolgere un semplice compito utilizzando il computer.

L'obiettivo con il quale è stato sottoposto il test agli alunni era quello di valutare:

- le relazioni tra benessere cognitivo e apprendimento, in particolare in ambito matematico.
- i benefici del programma di training sul benessere cognitivo degli studenti, in modo da vedere se ci fossero miglioramenti in matematica.

I cinque domini analizzati nel test, trattando la concentrazione, la presa di decisioni, velocità, precisione e memoria possono essere di aiuto agli studenti nel fare progressi nel proprio percorso scolastico.

Per ogni prova, dopo aver letto le istruzioni, sono presenti due opzioni:

- La fase di pratica: obbligatoria e che contiene un numero limitato di prove.
- Il test: a seconda del dominio che deve analizzare, ogni prova può essere più o meno lunga.

Al termine di ogni singolo subtest vengono mostrati ai ragazzi la velocità di esecuzione e la precisione.

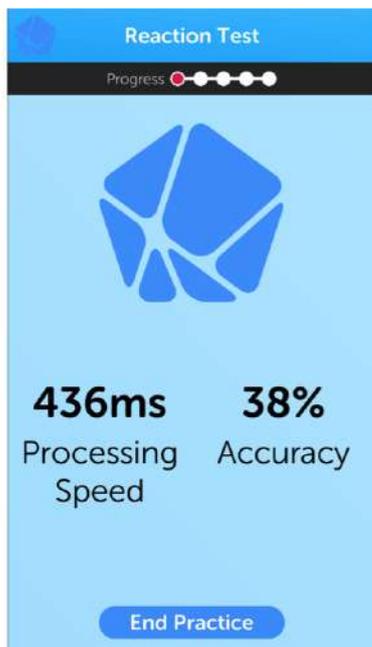


Fig.27-Report velocità di esecuzione e precisione.

Il test è stato ripetuto a distanza di un mese; come si è detto un gruppo, durante questo periodo, ha svolto l'allenamento grazie al programma di training Aquasnap; l'altro, invece, ha continuato a seguire in maniera ordinaria i programmi scolastici. Al termine di ogni test, i ragazzi hanno avuto la possibilità di vedere in maniera dettagliata i risultati ottenuti semplicemente eseguendo il login nel loro profilo.



Fig. 28- Report risultati del test.

Il primo grafico al quale i ragazzi possono accedere è il pentagono che mostra l'equilibrio esistente fra i cinque domini indagati; gli viene suggerito, anche, di allenarsi utilizzando il programma di training.

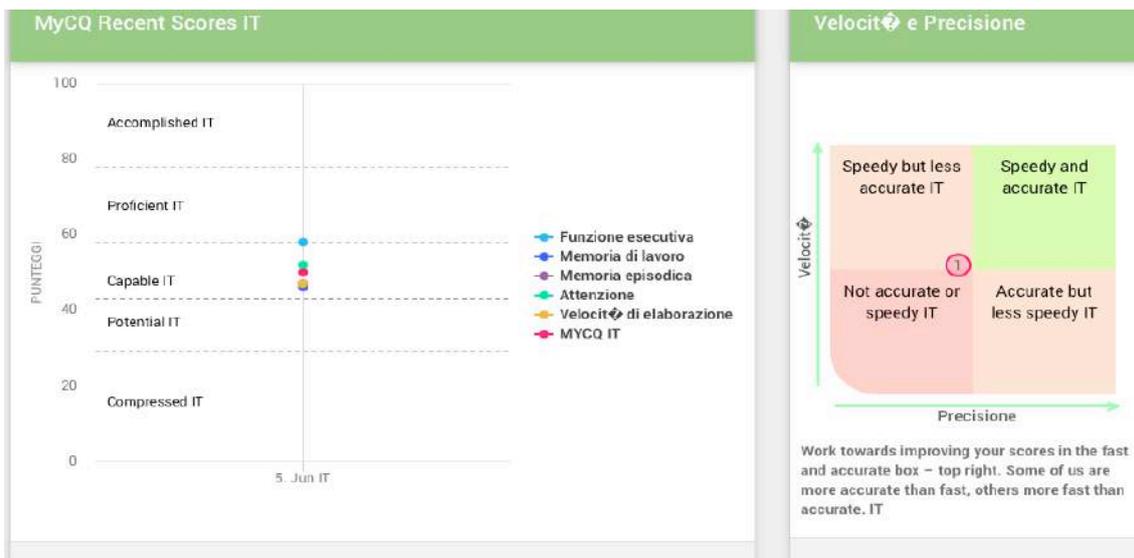


Fig.29-Grafici dei risultati.

Ai ragazzi vengono anche mostrati altri due grafici; uno con la posizione occupata dai cinque domini e l'altro che gli mostra dove si sono posizionati in base a due criteri, la velocità e la precisione.

Il “gruppo training” ha utilizzato anche un altro programma, Aquasnap. Il compito dei ragazzi era quello di allenare le funzioni esecutive ogni giorno per 15 minuti in modo da svolgere, come minimo, 60 minuti di training a settimana.

Il programma di training è stato svolto utilizzando dispositivi quali smartphone o tablet all'interno dell'edificio scolastico al fine di poterne controllare l'effettiva esecuzione. Accedendo al proprio profilo da dispositivi fissi, i ragazzi avevano la possibilità di monitorare il loro programma di training nel tempo.

Timer training	
Questa settimana:	0 hrs 0 mins
Settimana passata:	0 hrs 0 mins
Media per settimana:	0 hrs 0 mins

Fig.30- Tabella relativa al tempo impiegato nell'allenamento.

Come si è detto in precedenza, ci sono importanti legami tra attenzione, velocità di elaborazione, memoria di lavoro, memoria episodica e funzioni esecutive e l'apprendimento matematico.

Una difficoltà di apprendimento in ambito matematico può derivare da deficit nella capacità di rappresentare o elaborare le informazioni in uno o in tutti i numerosi domini matematici (Geary, 2004). Gli studi sulla competenza aritmetica si concentrano principalmente sulla modifica delle procedure o strategie che i bambini utilizzano durante la risoluzione dei problemi (Ashcraft, 1982).

Contemporaneamente alla somministrazione del primo e del secondo test sono, quindi, stati analizzati i risultati matematici dei 40 studenti per vedere se, in questo specifico caso c'era connessione tra i risultati nel test MyCQ e quelli matematici.

Nella maggior parte dei casi, si è visto che chi ha ottenuto punteggi bassi nel test MyCQ ha anche preso un brutto voto in matematica; ci sono state, però, alcune eccezioni.

Nell'ultimo caso è probabile che i pessimi risultati in matematica siano dovuti a una mancanza di studio delle regole più che ad una reale difficoltà di comprensione della materia.

4.3 La procedura

Come si è detto in precedenza, lo studio si è svolto presso l'Istituto Comprensivo Bolzaneto e, più precisamente, presso la Scuola Secondaria anche per una questione

legata all'età dei ragazzi e, quindi, per evitare il rischio che bambini più piccoli potessero non avere gli strumenti necessari (smartphone o tablet) per eseguire i programmi.

Con l'aiuto del Preside e della Vice Preside, sono state selezionate le classi che potevano essere più idonee al lavoro che doveva essere svolto.

I due gruppi, ossia quello di training e quello di controllo, sono stati scelti in base alle caratteristiche simili delle due classi; i due nuclei, infatti, nel momento del mio arrivo a scuola, avevano svolto la stessa quantità di programma nelle diverse materie e avevano anche caratteristiche simili come:

- Lo stesso numero di studenti.
- Un equilibrio interno tra maschi e femmine.
- Lo stesso numero di studenti diversamente abili.

Per prima cosa, ancora prima di mostrare il test ai ragazzi, è stato utile spiegargliene lo scopo e, già durante la presentazione del progetto, sono stati descritti i cinque domini e il loro coinvolgimento nell'apprendimento e nel rendimento scolastico.

Gli studenti hanno subito capito che il fine non era quello di misurare la loro intelligenza o di utilizzare i punteggi ottenuti come in un compito in classe, ma di valutare il loro benessere cognitivo e di aiutarli a migliorare in alcuni domini che potevano risultare, per loro, più ostici.

Un ultimo passo preliminare è stato quello di chiedere, essendo i ragazzi minorenni, il permesso ai genitori di svolgere il test; è stato fatto loro firmare un consenso dove erano spiegate le caratteristiche del lavoro e gli veniva detto che il fine per il quale la scuola aveva deciso di partecipare a questo progetto era quello di ricercare una soluzione per favorire il benessere cognitivo degli studenti e per migliorarne la concentrazione, la velocità, la capacità nel prendere decisioni e la memoria, che potrebbero essere fondamentali affinché gli studenti possano progredire nel loro percorso scolastico.

Nel consenso da firmare era, ovviamente, presente anche una parte riguardante la possibile divulgazione dei dati raccolti; è stato sottolineato che i dati individuali raccolti dai programmi MyCognition sarebbero stati elaborati in forma anonima e che i risultati della ricerca avrebbero potuto essere utilizzati in forma anonima in pubblicazioni di

carattere scientifico dall'Università di Genova e dall'azienda MyCognition.

Il test ha una durata complessiva di 15 minuti e misura, appunto, cinque processi chiave. Per evitare ogni distrazione, ogni studente ha svolto il test su un computer fisso in aula informatica con la consapevolezza di dover completare ogni subtest in maniera rapida ma, nello stesso tempo, prestando molta attenzione.

Il primo test MyCQ è stato fatto i primi giorni di Maggio e, in quel periodo la versione rilasciata del test non prevedeva ancora la possibilità di selezionare la lingua italiana e quindi, per evitare possibili errori nello svolgimento dei compiti a causa di alcune incomprensioni, i ragazzi hanno ricevuto un foglio ciascuno con su scritte le istruzioni in italiano; in quell'occasione, sono anche stati spiegati i diversi subtest in modo che non potessero esserci errori legati ad un'errata comprensione del compito; sono, poi, anche state fornite agli studenti le credenziali per accedere al test, al programma di training e, ovviamente, al riepilogo dei loro risultati.

Il giorno del primo test i ragazzi sono stati divisi in gruppi e sono stati portati in aula informatica dove hanno utilizzato i computer messi a disposizione dalla scuola in un ambiente privo di distrazioni; hanno eseguito il login contemporaneamente in modo che nessuno potesse finire prima e, quindi, disturbare il lavoro dei compagni. Gli studenti assenti da scuola quel giorno hanno eseguito il test nei giorni successivi con le stesse modalità. Al termine del test, hanno avuto la possibilità di vedere il riepilogo dei risultati dei singoli subtest ed il punteggio complessivo.



Fig.31- Riepilogo risultati dei subtest.

Dopo aver effettuato il primo test i ragazzi del gruppo training hanno svolto, per un mese, l'allenamento per circa 60 minuti a settimana.

Il training è stato fatto sui dispositivi personali dei ragazzi e, per questa ragione, essendo Aquasnap online, è stata creata una linea internet temporanea alla quale avevano accesso solo i ragazzi che facevano parte dello studio.

L'allenamento è stato svolto in classe con la collaborazione degli insegnanti quattro volte a settimana per circa 15 minuti.

Anche in questo caso, essendo il programma in inglese, ho aiutato i ragazzi a capire le consegne date dal gioco.

Il secondo test è stato effettuato a distanza di un mese rispetto al primo; le modalità sono state le medesime e coloro che avevano fatto il primo test dopo rispetto agli altri a causa dell'assenza nel giorno designato hanno anche svolto il secondo nei giorni successivi in modo da far passare un mese tra la prima e la seconda valutazione.

In questo caso, non è stata necessaria la mia traduzione delle consegne essendo il secondo test uguale al primo.

Nei giorni successivi alla seconda valutazione ho parlato con i ragazzi in modo da spiegargli i cambiamenti che ci sono stati nei risultati tra il primo e il secondo test e ho spiegato loro la correlazione tra i punteggi ottenuti e il loro rendimento scolastico.

CAPITOLO V: I RISULTATI

5.1 Analisi dei risultati

Le analisi sono state effettuate per:

- Verificare eventuali miglioramenti significativi tra il primo e il secondo test MyCQ.
- Verificare eventuali correlazioni fra il test e i risultati matematici.

Come si evince dalle figure, non si riscontrano grandi differenze nei risultati tra il gruppo dei ragazzi che si sono sottoposti al training e quelli del gruppo di controllo. Nel secondo test, infatti, il gruppo training non è riuscito a migliorare le prestazioni rispetto al primo test e non ha nemmeno ottenuto punteggi superiori rispetto al gruppo di controllo.

Il training è, però, stato svolto dai ragazzi per un solo mese, un tempo quindi piuttosto ridotto e che non ha permesso di vedere dei miglioramenti. L'azienda consiglia, infatti, che l'allenamento venga svolto per circa 8 settimane. Lo studio, inoltre, è stato effettuato alla fine dell'anno scolastico e, quindi, in un periodo in cui i ragazzi erano stanchi a causa del lavoro svolto precedentemente.

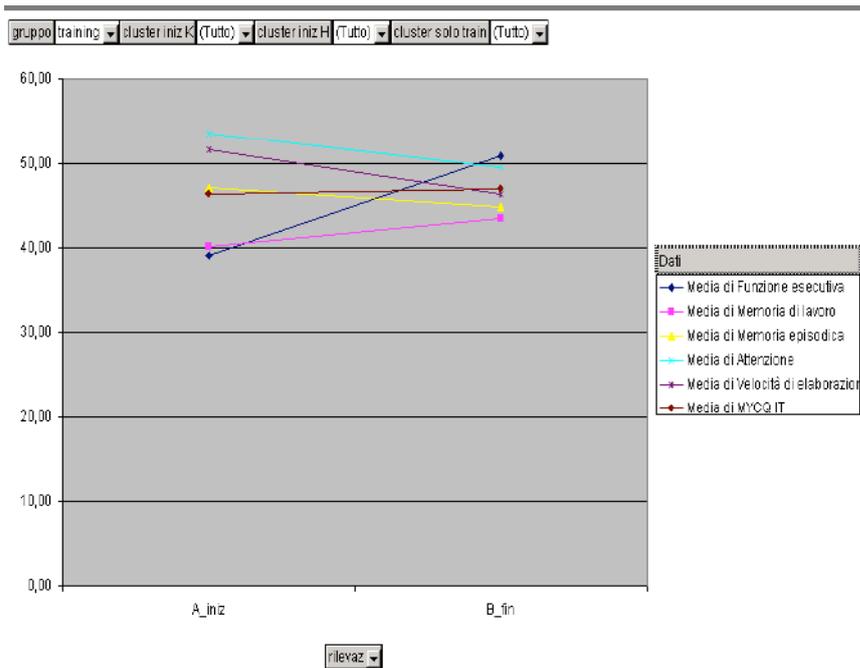


Fig. 32-Evoluzione tra il test iniziale e finale nel gruppo training

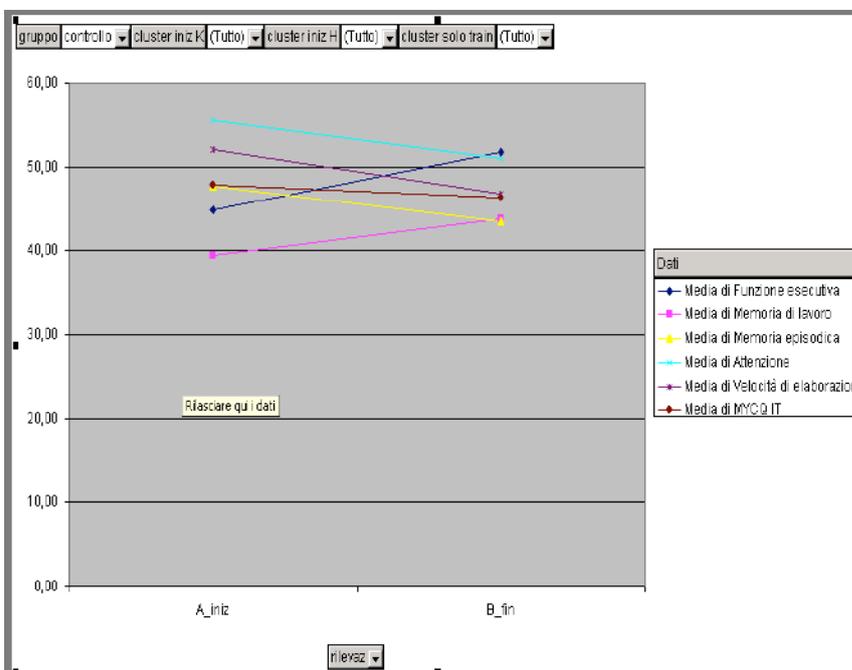


Fig.33-Evoluzione tra il test iniziale e finale nel gruppo controllo

Inoltre, le funzioni esecutive nei ragazzi in età scolare sono ancora in fase di sviluppo e la loro capacità di concentrarsi al fine di trovare un obiettivo per lo svolgimento di un compito non è ancora del tutto acquisita (Chevalier, 2015).

Le analisi sono state effettuate tenendo conto, oltre che dei punteggi ottenuti nei due test, di latenza ed accuratezza. Per latenza si intende il tempo di reazione impiegato per rispondere allo stimolo; l'accuratezza indica, invece, il numero di risposte corrette in ogni singolo subtest.

Le differenze si possono riscontrare analizzando i dati relativi all'accuratezza (espressa in percentuale). Il numero di risposte corrette è, infatti, una delle misure primarie dalle quali viene ricavato il punteggio finale di ogni singolo test.

Come si può notare dalla figura 34, il gruppo training ha avuto un notevole miglioramento tra il primo e il secondo test in due domini, ossia nella memoria episodica e nella velocità; c'è stato un leggero miglioramento anche nelle funzioni esecutive.

Il gruppo di controllo, invece, non avendo svolto l'allenamento quotidiano durato un mese, non è riuscito a migliorare nel numero di risposte corrette.

Nei due domini restanti, ossia attenzione e memoria di lavoro, il gruppo training non ha avuto miglioramenti; si sono, però, ridotte le evidenti differenze iniziali rispetto al gruppo di controllo.



Fig.34-Accuracy in entrambi i gruppi

I dati sono stati analizzati, anche, facendo un confronto a coppie tra i risultati ottenuti nei 5 domini nel primo e nel secondo test dai due gruppi. Il confronto è stato fatto per l'accuratezza, la latenza ed il punteggio.

Confronti a coppie

Misura	gruppo	dominio	test	Differenza media (I-J)	Deviazione standard Errore	Sig. ^b	Intervallo di confidenza per la differenza al 95% ^b	
							Limite inferiore	Limite superiore
accuratezza	CONTR	attenzione	1 2	5,468	4,025	,183	-2,689	13,624
		memoria episodica	1 2	17,272*	5,707	,004	5,708	28,835
		funz. esecut.	1 2	3,343	3,019	,275	-2,775	9,461
		veloc.psicomot.	1 2	9,294*	4,422	,042	,334	18,254
		work. mem.	1 2	-3,025	7,692	,696	-18,611	12,561
	TRAIN	attenzione	1 2	3,504	3,924	,378	-4,446	11,454
		memoria episodica	1 2	3,752	5,563	,504	-7,518	15,023
		funz. esecut.	1 2	-2,281	2,943	,443	-8,244	3,682
		veloc.psicomot.	1 2	1,950	4,310	,654	-6,783	10,683
		work. mem.	1 2	-20,215*	7,498	,010	-35,407	-5,023
latenza	CONTR	attenzione	1 2	-36,000	19,465	,072	-75,440	3,440
		memoria episodica	1 2	29,000	123,653	,816	-221,544	279,544
		funz. esecut.	1 2	1002,105*	265,977	,001	463,186	1541,025
		veloc.psicomot.	1 2	-26,789	23,922	,270	-75,260	21,681
		work. mem.	1 2	139,684	164,857	,402	-194,347	473,715
	TRAIN	attenzione	1 2	-35,600	18,972	,069	-74,041	2,841
		memoria episodica	1 2	-92,000	120,522	,450	-336,200	152,200
		funz. esecut.	1 2	1192,175*	259,242	,000	666,901	1717,449
		veloc.psicomot.	1 2	-57,075*	23,316	,019	-104,318	-9,832
		work. mem.	1 2	109,725	160,682	,499	-215,848	435,298
punteggio	CONTR	attenzione	1 2	6,185	3,150	,057	-,198	12,567
		memoria episodica	1 2	6,951	3,609	,062	-,362	14,265
		funz. esecut.	1 2	-13,174*	3,451	,000	-20,166	-6,183
		veloc.psicomot.	1 2	8,946*	3,966	,030	,910	16,982
		work. mem.	1 2	-3,793	4,444	,399	-12,796	5,211
	TRAIN	attenzione	1 2	5,942	3,070	,061	-,279	12,163
		memoria episodica	1 2	5,968	3,518	,098	-1,161	13,096
		funz. esecut.	1 2	-11,457*	3,363	,002	-18,272	-4,642
		veloc.psicomot.	1 2	7,146	3,866	,073	-,687	14,979
		work. mem.	1 2	-7,735	4,331	,082	-16,511	1,041

Basato sulle medie marginali stimate

Tabella 4- Confronto a coppie(evidenziati i risultati significativi)

Come si può vedere dalla tabella, ci sono stati miglioramenti significativi tra il primo e il secondo test in entrambi i gruppi.

Per quanto riguarda l'accuratezza, il miglioramento del gruppo di training c'è stato nella memoria di lavoro. Per il gruppo di controllo, invece, non c'è stato alcun miglioramento significativo.



Fig.35 Descrittiva accuracy gruppo training



Fig.36 Descrittiva accuratezza gruppo controllo

Per quanto riguarda i punteggi, invece, i miglioramenti ci sono stati in entrambi i gruppi nelle funzioni esecutive.

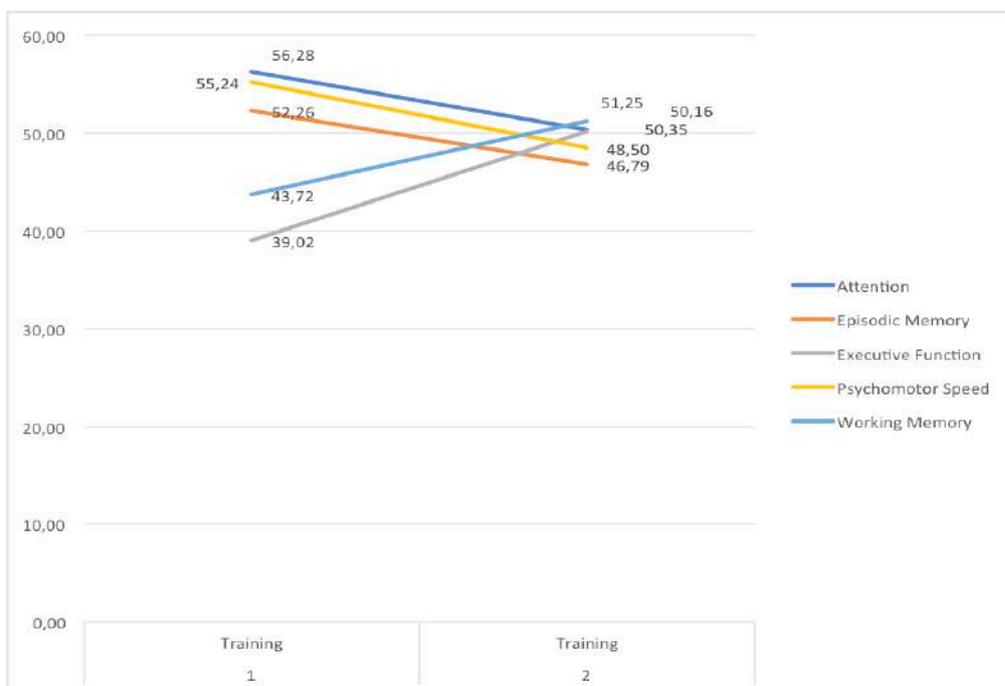


Fig.37 Descrittiva punteggio gruppo training

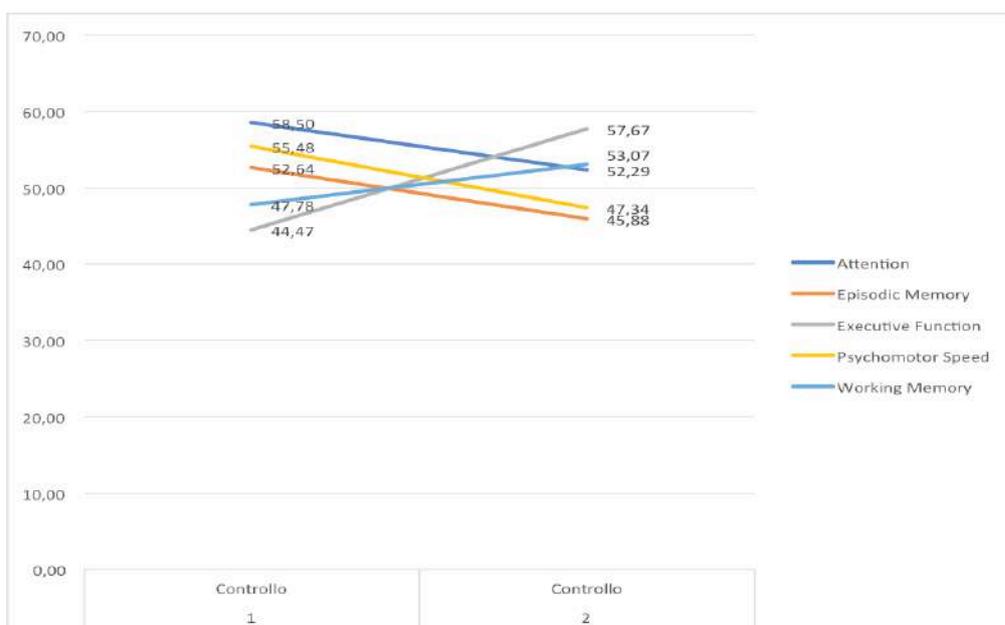


Fig.38 Descrittiva punteggio gruppo controllo

Per quanto riguarda la latenza, è stato riscontrato solo il miglioramento della velocità di elaborazione nel gruppo di training; il gruppo di controllo non è migliorato.



Fig.39 Descrittiva latenza gruppo training

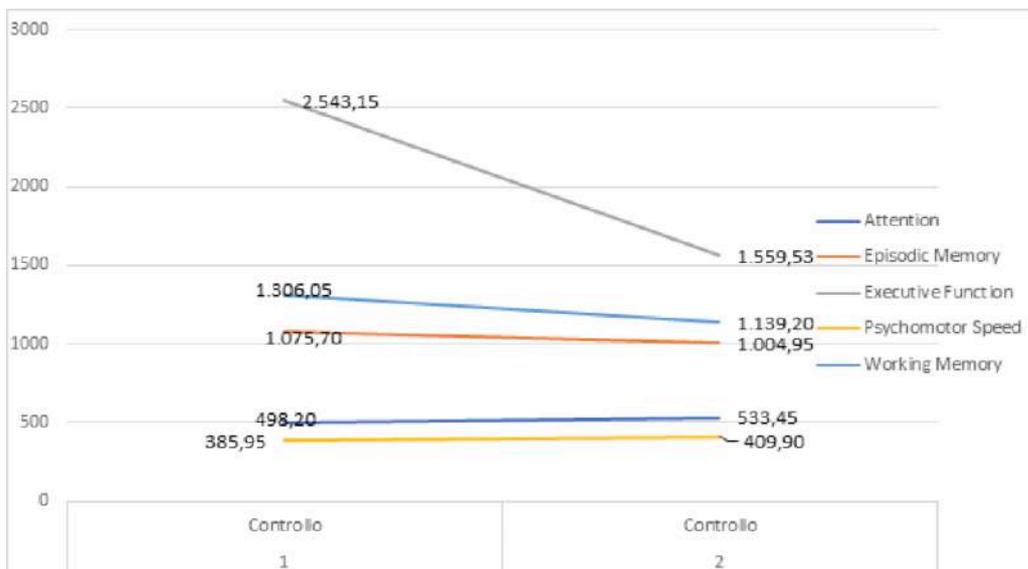


Fig.40 Descrittiva latenza gruppo controllo

Nel secondo test, gli studenti appartenenti ad entrambi i gruppi hanno avuto dei peggioramenti nell'accuratezza, nella latenza e nel punteggio in alcuni domini tra cui l'attenzione; ciò potrebbe essere dovuto alla stanchezza accumulata durante l'anno che potrebbe aver causato cali di attenzione.

5.2 Rapporto tra risultati e matematica

Come si è detto, i cinque domini analizzati dal test svolgono un ruolo fondamentale nell'apprendimento della matematica.

Come si può vedere dalle figure sottostanti, il gruppo training ha avuto miglioramenti evidenti in matematica. I voti delle verifiche svolte in corrispondenza al secondo test sono, infatti, più alti rispetto a quelli in corrispondenza del primo test.

gruppo	Prima	Dopo	Gruppo	Prima	Dopo
training			controllo		
userId_13934	6	7	userId_13954	6	5
userId_13935	8.5	9	userId_13955	7.5	7.5
userId_13936	7.5	9	userId_13956	7	7
userId_13937	9.5	9.5	userId_13957	9	8
userId_13938	4	6	userId_13958	6	6
userId_13939	6	7	userId_13959	8	7
userId_13940	6	7	userId_13960	6.5	7
userId_13941	9	9	userId_13961	9.5	7
userId_13942	5	6	userId_13962	7	6.5
userId_13943	4.5	6	userId_13963	9	9

Fig.41- Voti di matematica in corrispondenza del primo e del secondo test

userId_13944	4.5	6	userId_13964	4.5	5
userId_13945	5	6	userId_13965	6	7
userId_13946	8.5	9	userId_13966	6	5
userId_13947	6	7	userId_13967	7	6
userId_13948	6.5	7	userId_13968	7	5
userId_13949	4.5	6	userId_13969	7	7.5
userId_13950	9	10	userId_13970	6	6
userId_13951	4	5	userId_13971	5.5	5
userId_13952	7.5	8.5	userId_13972	5	5
userId_13953	4.5	5	userId_13973	9	9

Fig.42-Voti di matematica in corrispondenza del primo e del secondo test

Il gruppo di controllo, non avendo svolto l'allenamento, non ha avuto alcun miglioramento in matematica e anzi, in alcuni casi, ci sono stati dei peggioramenti. La differenza tra le votazioni ottenute in corrispondenza dei due test è risultata significativa.

Per verificare la significatività, è stata calcolata la differenza tra il voto finale e quello iniziale in matematica.

Sono state trovate, infatti, correlazioni significative fra i risultati matematici e diversi domini sia nel gruppo di controllo che in quello di training.

Training	Voti prima	Voti dopo	Delta voto	Controllo	Voti prima	Voti dopo	Delta voto
userId_13934	6	7	1	userId_13954	6	5	-1
userId_13935	8,5	9	0,5	userId_13955	7,5	7,5	0
userId_13936	7,5	9	1,5	userId_13956	7	7	0
userId_13937	9,5	9,5	0	userId_13957	9	8	-1
userId_13938	4	6	2	userId_13958	6	6	0
userId_13939	6	7	1	userId_13959	8	7	-1
userId_13940	6	7	1	userId_13960	6,5	7	0,5
userId_13941	9	9	0	userId_13961	9,5	7	-2,5
userId_13942	5	6	1	userId_13962	7	6,5	-0,5
userId_13943	4,5	6	1,5	userId_13963	9	9	0
userId_13944	4,5	6	1,5	userId_13964	4,5	5	0,5
userId_13945	5	6	1	userId_13965	6	7	1
userId_13946	8,5	9	0,5	userId_13966	6	5	-1
userId_13947	6	7	1	userId_13967	7	6	-1
userId_13948	6,5	7	0,5	userId_13968	7	5	-2
userId_13949	4,5	6	1,5	userId_13969	7	7,5	0,5
userId_13950	9	10	1	userId_13970	6	6	0
userId_13951	4	5	1	userId_13971	5,5	5	-0,5
userId_13952	7,5	8,5	1	userId_13972	5	5	0
userId_13953	4,5	5	0,5	userId_13973	9	9	0
Media	6,3	7,25	0,95	Media	6,925	6,525	-0,4
Dev.stand	1,85	1,56	0,51	Dev.stand	1,4	1,3	0,8
Confidence			0,22	Confidence			0,38
Ttest Delta Training/Delta controllo			5,73E-07				

Tabella 5-Media,Dev.stand, Confidence voti

Nel gruppo di controllo la significatività risulta fra:

- Risultati matematici e velocità di elaborazione.

		Delta voti	Delta test 1-2
Delta voti	Correlazione di Pearson	1	,583**
	Sig. (2-code)		,007

Tabella 6-Significatività matematica - velocità di elaborazione gruppo controllo

Nel gruppo di training, invece, la significatività risulta fra:

- Risultati matematici e attenzione.

		Delta voti	Delta test 1-2
Delta voti	Correlazione di Pearson Sig. (2-code)	1	,543 ,013

Tabella 7-Significatività matematica- attenzione gruppo training

- Risultati matematici e velocità di elaborazione.

		Delta voti	Delta test1-2
Delta voti	Correlazione di Pearson Sig. (2-code)	1	,588** ,006

Tabella 8- Significatività matematica- velocità di elaborazione gruppo training

- Risultati matematici e memoria di lavoro.

		Delta voti	Delta test 1-2
Delta voti	Correlazione di Pearson Sig. (2-code)	1	-,437 ,054

Tabella 9- Significatività matematica-memoria di lavoro gruppo training

Nel complesso, comunque, il gruppo di training ha avuto un miglioramento superiore in matematica rispetto a quello di controllo.

5.3 Commenti dei partecipanti

Durante l'intervallo di tempo intercorso tra il primo e secondo test e, quindi, durante il periodo di allenamento svolto dal gruppo training, sono stati raccolti i commenti dei partecipanti al programma.

In linea di massima, i ragazzi si sono dimostrati volenterosi e disponibili anche se hanno trovato alcuni aspetti negativi del lavoro.

Per quanto riguarda il test MyCQ, i partecipanti hanno espresso alcune perplessità:

- La prima difficoltà che hanno riscontrato è stata quella legata alla lingua nella quale veniva presentato il test. Il programma, in quel periodo, non era ancora, infatti, disponibile in italiano e, quindi, sia il test che il training sono stati svolti interamente in inglese. Agli studenti è stata fornita una traduzione scritta delle istruzioni ma, nonostante questo, i ragazzi hanno avuto alcuni problemi di comprensione.
- La seconda difficoltà espressa è stata quella legata all'individuazione di un obiettivo al quale aspirare per potersi impegnare completamente nel compito. Gli studenti, soprattutto i più giovani, sono molto legati al desiderio di prendere un buon voto nei compiti in classe; la mancanza di una votazione li ha, probabilmente, disorientati.
- La terza difficoltà è stata quella legata all'esecuzione del "2-back test". Secondo i ragazzi, la comprensione di questo subtest era piuttosto complicata; i partecipanti hanno, anche, sottolineato il fatto che, per questa prova, la fase di pratica risultasse essere insufficiente.
- I ragazzi hanno detto che, per fare più in fretta, in molti casi non si sono concentrati realmente sulle risposte e, infatti, al termine del subtest, si sono resi conto di essere stati imprecisi.

Per quanto riguarda Aquasnap, i ragazzi del gruppo training hanno riscontrato un solo aspetto negativo legato alla ripetitività dell'allenamento. L'idea di un gioco che fosse un

modo per allenare le funzioni esecutive è stata apprezzata dai partecipanti; i ragazzi che lo hanno svolto hanno, però, trovato il programma poco stimolante. Gli studenti avrebbero, infatti, preferito un gioco più dinamico le cui prove potessero cambiare ad ogni livello di gioco.

Conclusioni

Nonostante la breve durata dello studio, i risultati hanno mostrato un miglioramento nel numero di risposte corrette da parte del gruppo che ha effettuato il training per le quattro settimane di osservazione.

Lo studio è stato svolto, quindi, per misurare il reale coinvolgimento nell'apprendimento scolastico dei cinque domini indagati e, sia grazie ai commenti dei partecipanti e degli insegnanti, sia grazie all'analisi, è stato evidenziato un reale rapporto esistente tra i domini e le abilità matematiche.

L'allenamento compiuto dai ragazzi del gruppo training, è stato, quindi, molto utile nell'aiutarli ad ottenere un miglioramento in matematica. I partecipanti stessi, anche se inconsapevoli dell'esistenza di questo rapporto, hanno notato di aver una maggiore facilità nell'esecuzione degli esercizi e delle verifiche.

Il programma potrebbe essere, quindi, utile come strumento didattico, impiegabile nelle scuole di ogni ordine e grado.

Il programma di training è stato creato per allenare ogni singola funzione cognitiva e quindi, nonostante il fatto che in alcuni domini non si siano visti reali miglioramenti, c'è stato comunque un allenamento delle funzioni utile per il conseguimento di risultati scolastici superiori. Se il tempo a disposizione per lo studio fosse stato superiore, si sarebbero, forse, viste delle differenze maggiori.

Un problema che è stato portato alla luce dai ragazzi che hanno effettuato il programma di allenamento Aquasnap, è stato quello legato alla ripetitività e alla semplicità del training; gli studenti hanno sostenuto di essersi impegnati molto nell'allenamento all'inizio del percorso, ma di essersi poi interessati meno a causa della facilità del gioco. Per questa ragione, l'azienda potrebbe valutare la possibilità di rendere più complicato e variegato il programma.

I miglioramenti nelle funzioni cognitive dei ragazzi che si sono sottoposti al training sembrano, quindi, riflettere il miglioramento delle prestazioni scolastiche; tale miglioramento non si è, invece, visto nel gruppo di controllo che ha continuato, nel tempo intercorso tra un test e l'altro, a svolgere la consueta programmazione scolastica.

Bibliografía

- Alloway, T. P. (2006). How does working memory work in the classroom? *Educational Research and Reviews*, 1, 134–139.
- American Psychiatric Association. (1968). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders*. 4. Washington, DC: American Psychiatric Association; 2000. *Text revision*, 589-94.
- Andersson, U. (2007). The contribution of working memory to children's mathematical word problem solving. *Applied Cognitive Psychology*, 21, 1201–1216.
- Andersson, U., & Lyxell, B. (2007). Working memory deficit in children with mathematical difficulties: A general or specific deficit? *Journal of Experimental Child Psychology*, 96, 197–228.
- Andersson, U., & Östergren, R. (2012). Number magnitude processing and basic cognitive functions in children with mathematical learning disabilities. *Learning and Individual Differences*, 22, 701–714.
- Ardila, R. Pineda, & Lopera,(1997). TDAH. Concentración y procesos atencionales [ADHD. Concentration and attention processes]. *Neuropsicología Infantil*. 2da. ed.[*Child Neuropsychology*,.
- Ashcraft, M. H. (1982). The development of mental arithmetic: A chronometric approach. *Developmental Review*, 2, 213–236.
- Atkinson, R.C., and Shiffrin, R.M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. In K.W. Spence and J.T. Spence (Eds.), *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory*. (Vol. 2, pp. 89–195). New York: Academic

Press.

-Baddeley, A. (2010). Working memory. *Current biology*, 20(4), R136-R140.

-Baddeley, A. D. (1983). Working memory. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 302(1110), 311-324.

-Baddeley, A. D., & Logie, R. H. (1999). Working memory: The multicomponent model. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control* (pp. 28–61). New York: Cambridge University Press.

-Badinlou, F., Kormi-Nouri, R., Mousavi Nasab, S. H., & Knopf, M. (2017). Developmental differences in episodic memory across school ages: evidence from enacted events performed by self and others. *Memory*, 25(1), 84-94.

-Birren, J. E., & Fisher, L. M. (1995). Aging and speed of behavior: Possible consequences for psychological functioning. *Annual review of psychology*, 46(1), 329-353.

-Blair, C. (2017). Educating executive function. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 8(1-2).

-Blankenship, T. L., Keith, K., Calkins, S. D., & Bell, M. A. (2017). Behavioral performance and neural areas associated with memory processes contribute to math and reading achievement in 6-year-old children. *Cognitive Development*.

-Bryan, J., & Luszcz, M.A. (1996). Speed of information processing as a mediator between age and free-recall performance. *Psychology and Aging*, 11, 3–9.

-Bryant, P. (1996). Children and arithmetic. In L. Smith (Ed.), *Critical readings on Piaget* (pp. 312–346). London: Routledge.

-Bull, R., & Johnston, R. S. (1997). Children's arithmetical difficulties: Contributions from

processing speed, item identification, and short-term memory. *Journal of experimental child psychology*, 65(1), 1-24.

-Case, R.M., Kurland, D.M., Goldberg, J. (1982). Operational efficiency and the growth of short-term memory span. *Journal of Experimental Child Psychology*, 33, 386-404.

-Charlton, R. A., Barrick, T. R., McIntyre, D. J., Shen, Y., O'sullivan, M., Howe, F. E. E. A., ... & Markus, H. S. (2006). White matter damage on diffusion tensor imaging correlates with age-related cognitive decline. *Neurology*, 66(2), 217-222.

-Chevalier, N. (2015a). Executive function development: Making sense of the environment to behave adaptively. *Current Directions in Psychological Science*, 24, 363–368.

-Clark, C. A., Nelson, J. M., Garza, J., Sheffield, T. D., Wiebe, S. A., & Espy, K. A. (2014). Gaining control: changing relations between executive control and processing speed and their relevance for mathematics achievement over course of the preschool period. *Frontiers in psychology*, 5.

-Clark, C.A.C., Pritchard, V.E., & Woodward, L.J. (2010). Preschool executive functioning abilities predict early mathematics achievement. *Developmental Psychology*, 46(5), 1176–1191,

-Clayton, N. S., Salwiczek, L. H., & Dickinson, A. (2007). Episodic memory. *Current Biology*, 17(6), R189-R191.

-Cohen, R., & Stewart, M. (1982). How to avoid developmental effects in free recall. *Scandinavian Journal of Psychology*, 23, 9-15.

-Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences*, 24, 87–185

-Cragg, L., Keeble, S., Richardson, S., Roome, H. E., & Gilmore, C. (2017). Direct and indirect influences of executive functions on mathematics achievement. *Cognition*, *162*, 12-26.

-Daneman, M., Carpenter, P.A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour*, *19*, 450-466.

-Diamond, A. (2002). Normal development of prefrontal cortex from birth to young adulthood: cognitive functions, anatomy, and biochemistry. In D.T. Stuss & R.T. Knight (Eds.), *Principles of frontal lobe function* (pp. 466–503). London: Oxford University Press.

-Domen, A. C., Kumar, R., Harrison, J., De Haan, L., Denys, D. A. J. P., & Nieman, D. H. (2015). The validation of a new, online cognitive assessment tool. *European Neuropsychopharmacology*, *25*, S344.

-Domen, A. C., Kumar, R., Harrison, J., De Haan, L., Denys, D. A. J. P., & Nieman, D. H. (2016). The validation of a new online cognitive assessment tool. *European Neuropsychopharmacology*, *26*, S342-S343.

-Dowker, A. (2005). *Individual differences in arithmetic implications for psychology, neuroscience and education*. Hove [U.K.]; New York: Psychology Press.

-Dulaney, A., Vasilyeva, M., & O'Dwyer, L. (2015). Individual differences in cognitive resources and elementary school mathematics achievement: Examining the roles of storage and attention. *Learning and Individual Differences*, *37*, 55-63.

-Duncan, G.J., Dowsett, C.J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A.C., Klebanov, P., et al. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental Psychology*, *43*(6), 1428–1446,

-DuPaul, G. J., & Stoner, G. (2004). *ADHD in the schools: Assessment and*

intervention.

-Earles, J.L., & Salthouse, T.A. (1995). Interrelations of age, health, and speed. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, 50B, P33–P41.

-Eastwood, A.E. (2001). Memory or attention? Understanding working memory in children. Doctoral dissertation, University of Waterloo.

-Engle, R.W., Tuholski, S.W., Laughlin, J.E., & Conway, A.R.A. (1999). Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: A latent variable approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 128, 309–331.

-Franceschini, S., Gori, S., Ruffino, M., Viola, S., Molteni, M., & Facoetti, A. (2013). Action video games make dyslexic children read.

-Friso-van den Bos, I., Van der Ven, S. H. G., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. H. (2013). Working memory and mathematics in primary school children: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 10, 29–44.

-Fuchs, L. S., Fuchs, D., Compton, D. L., Powell, S. R., Seethaler, P. M., Capizzi, A. M., ... & Fletcher, J. M. (2006). The cognitive correlates of third-grade skill in arithmetic, algorithmic computation, and arithmetic word problems. *Journal of Educational Psychology*, 98(1), 29.

-Geary, D. C. (2000). From infancy to adulthood: The development of numerical abilities. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 9: II/ 11–II/16.

-Geary, D. C. (2004). Mathematics and learning disabilities. *Journal of learning disabilities*, 37(1), 4-15.

-Geary, D. C., & Hoard, M. K. (2005). Learning disabilities in arithmetic and mathematics: Theoretical and empirical perspectives. In J. I. D. Campbell (Ed.),

Handbook of mathematical cognition. Psychology Press.

-Gross, J., Hudson, C., & Price, D. (2009). The long term costs of numeracy difficulties. Every Child a Chance Trust & KPMG.

-Hale S. (1990). A global developmental trend in cognitive processing speed. *Child Dev.* 61, 653–663

-Herlitz, A., Nilsson, L. G., & Bäckman, L. (1997). Gender differences in episodic memory. *Memory & cognition*, 25(6), 801-811.

-Hitch, G. J., & McAuley, E. (1991). Working memory in children with specific arithmetical learning difficulties. *British Journal of Psychology*, 82, 375–386.

-Imbo, I., & Vandierendonck, A. (2007). The development of strategy use in elementary school children: Working memory and individual differences. *Journal of Experimental Child Psychology*, 96, 284–309.

-Izard, V. & Dehaene, S. (2008). Calibrating the mental number line. *Cognition*, 106, 1221–1247.

-Kail R. (1991). Developmental change in speed of processing during childhood and adolescence. *Psychol. Bull.* 109, 490–501

-Kail R., Salthouse T. A. (1994). Processing speed as a mental capacity. *Acta Psychol.* 86, 199–225

-Kail, R., & Salthouse, T. A. (1994). Processing speed as a mental capacity. *Acta psychologica*, 86(2), 199-225.

-Lakoff, G., & Nunez, R. E. (2000). *Where mathematics comes from: How the embodied mind brings mathematics into being*. New York: Basic Books.

- LeFevre, J.-A., Fast, L., Skwarchuk, S.-L., Smith-Chant, B. L., Bisanz, J., Kamawar, D., & Penner-Wilger, M. (2010). Pathways to mathematics: longitudinal predictors of performance. *Child Development*, 81(6), 1753–1767.
- Lewis-Peacock, J. A., Cohen, J. D., & Norman, K. A. (2016). Neural evidence of the strategic choice between working memory and episodic memory in prospective remembering. *Neuropsychologia*, 93, 280-288.
- Maccoby, E.E., Jacklin C.N. (1974) *The Psychology of Sex Differences*, University Press, Stanford.
- Mazzocco, M. M. M., & Mayers, G. F. (2003). Complexities in identifying and defining MLD in the primary school-age years. *Annals of Dyslexia*, 53, 218–253.
- McCrink, K. & Wynn, K. (2004). Large-number addition and subtraction by 9-month-old infants. *Psychological Science*, 15, 776–781.
- McDaniel, M.A., Einstein, G.O., 2007a. Prospective Memory: An Overview and Synthesis
- McNab, F., Zeidman, P., Rutledge, R. B., Smittenaar, P., Brown, H. R., Adams, R. A., & Dolan, R. J. (2015). Age-related changes in working memory and the ability to ignore distraction. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(20), 6515-6518.
- Miyake, A., & Shah, P. (1999). Toward unified theories of working memory: Emerging general consensus, unresolved theoretical issues, and future research directions. In A. Miyake, & P. Shah (Eds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control* (pp. 442–481). New York: Cambridge University Press.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to

complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive psychology*, 41(1), 49-100.

-National Mathematics Advisory Panel. (2008). *Foundations for success: The final report of the National Mathematics Advisory Panel*. Washington, DC: U.S. Department of Education.

-Newcombe, N. S., Ambady, N., Eccles, J., Gomez, L., Klahr, D., Linn, M., Miller, M., Mix, K. (2009). Psychology’s role in mathematics and science education. *American Psychologist*, 64(6), 538-550.

-Olton, D.S. (1979). Mazes, maps, and memory. *Am. Psychol.* 34, 583–596.

-Passolunghi, M. C., Mammarella, I. C., & Del Torre, E. (2011). Visual and spatial working memory in children with arithmetic and problem-solving learning difficulties. *Psicologia clinica dello sviluppo*, 15(3), 573-596.

- Peng P., Sun C. Y., Li B. L., Tao S. (2012). Phonological storage and executive function deficits in children with mathematics difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology*, 112, 452–466

- Plomin, R. (1999). Genetics and general cognitive ability. *Nature*, 402, C25-C29.

-Posner, M. I., & Rothbart, M. K. (2005). Influencing brain networks: Implications for education. *Trends in Cognitive Science*, 9.

-Rapport, M.D., Scanlan, S.W., & Denney, C.B. (1999). Attention-deficit/hyperactivity disorder and scholastic achievement: A model of dual developmental pathways. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 40, 1169–1183

-Ratto M., Cliveden P.B., Sparrowhawk K.T. (2017), *Improving learning and school achievement with an assessment and training program of basic cognitive function*.

Proceedings of the International Psychological Applications Conference and Trends 2017, Budapest, HU.

-Ríos Lago, M., Penágez, J. A., & Rodríguez, J. M. (2008). Neuropsicología de la atención (pp. 149-188) [Neuropsychology of attention]. In J. Tirapu Ustárroz, M. Ríos Lago y F. Maestú Unturbe (Eds.), *Manual de Neuropsicología* [Handbook of neuropsychology]. Barcelona: Viguera Press.

-Salthouse T. A. (1996). The processing speed theory of adult age differences in cognition. *Psychol. Rev.* 103, 403–428

-Siegel, L. S., & Ryan, E. B. (1989). The development of working memory in normally achieving and subtypes of learning disabled children. *Child Development*, **60**, 973–980.

-Siegler, R., & Araya, R. (2005). A computational model of conscious and unconscious strategy discovery. *Advances in Child Development and Behavior*, 33, 1–44.

-Sokal R. R. & Michener C. D. (1958). A statistical method for evaluating systematic relationships. *The University of Kansas Scientific Bulletin*, 38, 1409- 1438.

-Stevenson, H. W., & Newman, R. S. (1986). Long-term prediction of achievement and attitudes in mathematics and reading. *Child Development*, 57, 646–659.

-Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of experimental psychology*, 18(6), 643.

-Swanson, H. L. (2006). Cross-sectional and incremental changes in working memory and mathematical problem solving. *Journal of Educational Psychology*, 98, 265–281.

-Swanson, H. L., & Beebe-Frankenberger, M. (2004). The relationship between working memory and mathematical problem solving in children at risk and not at risk

for math disabilities. *Journal of Educational Psychology*, 96, 471–491.

-Träff, U. (2013). The contribution of general cognitive abilities and number abilities to different aspects of mathematics in children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 116(2), 139–156

-Tulving, E. (1972). Episodic and semantic memory. In E. Tulving, & W. Donaldson (Eds.), *Organization of memory*. New York: Academic Press of an Emerging Field. Sage Publications, Inc., Thousand Oaks, CA

-Vandervert, L. R. (1999). A motor theory of how consciousness within language evolution led to mathematical cognition: origin of mathematics in the brain. *New Ideas in Psychology*, 17(3), 215-235.

-Van der Ven, S. H. G., Van der Maas, H. L. J., Straatemeier, M., & Jansen, B. R. J. (2013). Visuospatial working memory and mathematical ability at different ages throughout primary school. *Learning and Individual Differences*, 27, 182–192.

-Van de Weijer-Bergsma, Eva & Kroesbergen, Evelyn & Luit, J.E.H.. (2014). Verbal and visual-spatial working memory and mathematical ability in different domains throughout primary school. *Memory & cognition*. 43.

-Xu, F., Spelke, E. & Goddard, S. (2005). Number sense in human infants. *Developmental Science*, 8, 88–101.

-Yonelinas, A. P. (1994). Receiver-operating characteristics in recognition memory: Evidence for a dual-process model. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20, 1341–1354.