



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Psicologia dello Sviluppo e della Socializzazione

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

Tesi di laurea Magistrale

**eADAM: UN TEST ONLINE PER MISURARE
LA MEMORIA DI LAVORO Uditiva
NEI PRIMI DUE ANNI DI VITA**

**eADAM: AN ONLINE TEST FOR MEASURING AUDITORY
WORKING MEMORY IN THE FIRST TWO YEARS OF LIFE**

Relatore

Prof.ssa Silvia Elena Benavides Varela

Correlatore esterno

Dott.ssa Natalia Reoyo Serrano

Laureanda: Adelaide Grasso

Matricola: 2017348

Anno accademico 2021/2022

INDICE

ABSTRACT	3
INTRODUZIONE	4
CAPITOLO PRIMO: WORKING MEMORY CAPACITÀ E LIMITI	6
1.1 La memoria: modello multimagazzino e processi chiave.....	6
1.2 Working memory: il modello prevalente	8
1.2.1 Revisione del modello working memory: il buffer episodico.....	11
1.3 Oltre il modello di Baddeley: confronto tra altre teorie della working memory.....	13
1.4 Limite dei magazzini temporanei: il concetto di span	16
1.5 Sviluppi e cambiamenti della memoria di lavoro nel corso della vita	17
1.5.1 La memoria uditiva nei bambini.....	19
1.5.2 Il chunking: risorsa efficace per un maggiore immagazzinamento.....	24
1.6 Un ulteriore elemento di difficoltà per la working memory: il ruolo dei distrattori.....	25
1.7 Il ruolo del sonno nella memoria.....	27
CAPITOLO SECONDO: LO SVILUPPO DEL LINGUAGGIO E LA SUA RELAZIONE CON LA WORKING MEMORY	29
2.1 Componenti essenziali e teorie esplicative del linguaggio.....	29
2.2 Traiettorie evolutive del linguaggio.....	31
2.3 Relazione tra working memory e linguaggio.....	34
2.3.1 Il ruolo della segmentazione nell'apprendimento del linguaggio.....	37
2.4 Fattori correlati allo sviluppo del vocabolario nei bambini.....	38
2.5 Disturbi del linguaggio: il ruolo di deficit di natura fonologica.....	39
2.5.1 Prospettive alternative: il ruolo di altre componenti nei disturbi del linguaggio.....	42
2.5.2 Impatto della working memory sulla produzione linguistica.....	43

CAPITOLO TERZO: eADAM: UN TEST PER MISURARE LA MEMORIA DI LAVORO Uditiva NEI PRIMI DUE ANNI DI VITA.....	45
3.1 Obiettivo di ricerca.....	46
3.2 Ipotesi di ricerca.....	46
3.3 Partecipanti.....	46
3.4 Procedura.....	48
3.4.1 Codifiche del comportamento visivo.....	50
3.5 Analisi dei dati	51
3.5.1 Risultati	53
3.5.2 Risultati relativi al sonno e al linguaggio.....	57
3.6 Discussione.....	59
3.7 Limiti della ricerca.....	63
3.8 Prospettive future.....	64
CONCLUSIONI.....	66
Bibliografia.....	68
Ringraziamenti.....	74

ABSTRACT

Questo elaborato ha come obiettivo di esplorare, attraverso uno studio pilota, lo sviluppo della memoria di lavoro uditiva in ventiquattro bambini italiani tra i sette e i ventisette mesi di età. È stato utilizzato l'eADAM, la versione online propedeutica allo sviluppo di un nuovo test, che ha come fine ultimo studiare la memoria di lavoro fonologica nella prima infanzia. Ai partecipanti in questo studio, indipendentemente dalla loro età, è stato inizialmente somministrato l'ADAM 3 così chiamato perché caratterizzato da sequenze composte da tre sillabe. Le sequenze si suddividono in target e distrattori e si valuta la capacità del bambino di memorizzare il target e allo stesso tempo di superare l'interferenza rappresentata dal distrattore, dirigendo lo sguardo verso la direzione appropriata dello schermo. La progressione verso una versione più difficile (ADAM 4) o più semplice (ADAM 2) del test è determinata dalla performance nella prima prova ed è utilizzata come una misura indiretta della capacità di memoria del partecipante. I risultati hanno evidenziato una grande variabilità all'interno del campione e suggeriscono che la maggior parte dei bambini presenta uno span di memoria di lavoro fonologica di circa un elemento, in linea con quanto riportato nella memoria di lavoro visuo-spaziale negli *infants*. In questo campione non è stata trovata una relazione significativa tra la prestazione dei bambini nella prova, l'età cronologica e la qualità del sonno. Ciononostante, i risultati hanno evidenziato una modesta correlazione positiva tra comprensione del linguaggio e memoria fonologica. L'ampia variabilità riscontrata all'interno del campione unita alla presenza di un campione ridotto non ha permesso di trarre conclusioni definitive. Tuttavia, i risultati ottenuti rappresentano un importante punto di partenza verso una migliore comprensione di un aspetto (la memoria fonologica) su cui c'è ancora molto da scoprire.

INTRODUZIONE

Questo elaborato si è focalizzato sullo sviluppo della memoria di lavoro fonologica in bambini di età compresa tra i sette e i ventisette mesi, chiedendosi se già così precocemente sia possibile osservare in loro questa capacità. Per raggiungere questo obiettivo nel presente studio pilota è stato utilizzato un test online, ovvero l'eADAM propedeutico allo sviluppo del test ADAM vero e proprio. La seconda domanda di ricerca riguarda la relazione tra sonno e memoria di lavoro: infatti è stato ipotizzato che la qualità del sonno potesse influenzare le prestazioni nell'ADAM. La terza domanda su cui si fonda questa tesi è rappresentata dalla relazione tra memoria fonologica e linguaggio, ipotizzando che maggiori abilità dal punto di vista linguistico potessero tradursi in migliori prestazioni all'ADAM. I primi due capitoli teorici di questo elaborato si soffermano pertanto sui due elementi centrali all'interno del mio studio andando ad analizzare la memoria di lavoro fonologica nel primo capitolo e il linguaggio nel secondo capitolo. Dal primo capitolo, che analizza alcuni modelli che descrivono il funzionamento della memoria di lavoro, emerge come questi si siano focalizzati nel descrivere le sue proprietà e funzionamento negli adulti o bambini a partire dai tre/quattro anni, mentre non esiste ancora un modello che illustri la memoria di lavoro nella prima infanzia. Inoltre, per fornire ai lettori di questo elaborato una visione olistica che tenga conto della complessità di tale memoria, mi sono focalizzata anche sui suoi limiti, passando velocemente in rassegna anche delle strategie per aumentare la quantità di elementi trattenuti (es. chunking) e sottolineando come particolari condizioni possano rendere ancora più difficoltoso lo svolgimento di compiti in cui è coinvolta la memoria di lavoro (presenza di distrattori). Inoltre, sono state anche presentate le tecniche differenti che sono state utilizzate per indagare la memoria di lavoro fonologica. Gli studi scientifici presentati nel primo capitolo (Sheehy & Newman, 2015; Carlier & Harmony, 2020), pur essendo diversi dalla presente ricerca, sia in termini di obiettivo che di metodologia utilizzata, forniscono un supporto anche allo studio pilota presentato in questa tesi, in quanto dimostrano precoci capacità nella memoria uditiva già nei primi mesi di vita. Tali studi hanno indagato la memoria uditiva attraverso compiti più semplici, tuttavia è interessante capire se la memoria fonologica di bambini così piccoli riesca a gestire anche compiti più complessi come quello richiesto in tale ricerca.

Alla fine del primo capitolo è stato affrontato il sonno in quanto tale fattore è stato uno degli elementi presi in considerazione all'interno della presente ricerca. La scelta di approfondire questo aspetto è stata dettata dalla presenza di numerose ricerche che hanno dimostrato l'esistenza di un legame tra sonno e working memory (Del Angel et al., 2015). Il secondo capitolo si è incentrato sul linguaggio cercando di tracciare il percorso che porta al suo sviluppo e mettendo in evidenza come tale apprendimento avvenga in maniera piuttosto rapida. Tale sviluppo è possibile grazie alla presenza nel bambino di competenze che agevolano l'apprendimento della sua lingua madre e di cui numerosi studi hanno mostrato l'esistenza (Kuhl, 2004; Minagawa et al., 2017). Inoltre, sono stati approfonditi nei vari paragrafi che costituiscono il secondo capitolo, anche vari aspetti connessi allo sviluppo del linguaggio e che pertanto potevano influenzarne l'apprendimento, come ad esempio, quello fonologico (Baddeley & Gathercole 1989, 1990) e anche quello grammaticale (Ishkhanyan et al., 2019). Infine, nel terzo capitolo è stata presentata la ricerca mettendo in evidenza la novità che essa rappresenta sia dal punto di vista dell'oggetto indagato di cui ancora non si sa molto, sia dal punto di vista metodologico. Sono stati spiegati gli obiettivi e presentate le domande di ricerca per poi illustrare dettagliatamente la procedura utilizzata, facendo riferimento non solo all'ADAM che rappresenta il perno di questa ricerca, ma anche ricorrendo all'utilizzo di altri strumenti che sono stati somministrati per indagare la qualità del sonno e lo sviluppo del linguaggio nel campione. All'interno di questo capitolo sono stati presentati i risultati ottenuti da questa ricerca effettuando un'analisi di tipo descrittivo che ha permesso di mettere in evidenza alcuni esiti più attesi e altri che non erano stati previsti. Infine, sono stati sottolineati i limiti di tale ricerca e sono state presentate le possibili prospettive future che si configurano come estremamente vaste dato che la ricerca presentata in questo elaborato è uno studio pilota e data anche l'ampiezza del costruito indagato e che pertanto potrebbe essere influenzato da una grande quantità di variabili.

CAPITOLO PRIMO

WORKING MEMORY: CAPACITÀ E LIMITI

1.1 LA MEMORIA: MODELLO MULTI MAGAZZINO E PROCESSI CHIAVE

La memoria può essere definita come quella capacità che consente di accumulare informazioni e recuperarle nel corso del tempo. La psicologia cognitiva ha iniziato sin da subito ad interessarsi alla memoria cercando di individuare un modello che potesse spiegarne il funzionamento ed individuare i meccanismi che sottintendevano una capacità così complessa. Il primo modello formulato risale all'incirca agli anni 70' ed è proposto da Atkinson e Shiffrin. Tale modello si inserisce all'interno del Cognitivismo, corrente di pensiero che nasce in risposta ai limiti mostrati dalle teorie comportamentiste. Il cognitivismo rinnega l'assunto del Comportamentismo, secondo il quale la mente umana non può essere indagata e pertanto viene paragonata ad una "blackbox". L'unico oggetto di studio possibile per i comportamentisti è il comportamento in quanto può essere direttamente osservato e opportunamente modificato e plasmato grazie ad un sistema basato su rinforzi e punizioni (condizionamento). La psicologia cognitiva (Cognitivismo) parte da un presupposto differente in quanto instaura un'analogia tra la mente umana e il computer. Quest'ultimo è composto da due elementi principali: un hardware (insieme di parti elettriche e meccaniche che consente il funzionamento del computer) e un software (insieme di programmi che consente di elaborare dati). A partire dalla struttura presente nel computer, i Cognitivisti ipotizzano che anche all'interno di ogni individuo ci siano un hardware (cervello) e un software (mente umana). La mente umana proprio come un computer viene concepita come un "elaboratore di informazioni " di dati provenienti dall'esterno (input). Tali dati vengono rielaborati e semplificati dalla mente e poi restituiti sottoforma di informazioni in uscita (output). Il modello della memoria di Atkinson e Shiffrin si inserisce bene all'interno del substrato teorico della psicologia cognitiva in quanto ipotizza la presenza di diversi magazzini all'interno della memoria, dove ciascuno dei quali ha delle caratteristiche ben precise.

Innanzitutto, vi è la memoria sensoriale che rappresenta anche la prima fase del processo di immagazzinamento delle informazioni. Tali informazioni arrivano alla memoria in maniera automatica tramite gli organi di senso come, ad esempio, la vista (memoria iconica) o l'udito (memoria ecoica). La memoria sensoriale è caratterizzata da un tempo di ritenzione molto breve e da un tipo di elaborazione più superficiale in quanto questo tipo di memoria si concentra solo sulle caratteristiche fisiche dello stimolo e non sul suo riconoscimento e sull'extrapolazione di un significato. Tali processi si verificano all'interno dei magazzini successivi. Il secondo magazzino presente nel modello di Atkinson e Shiffrin è costituito dalla memoria a breve termine. Essa si caratterizza per una capacità limitata e all'interno del modello assume un ruolo molto importante in quanto si occupa di trattenere le informazioni nella memoria per il tempo necessario a svolgere un compito designato. Grazie all'utilizzo di strategie quali la reiterazione è possibile far passare le informazioni presenti nella memoria a breve termine in quello che è il terzo e ultimo magazzino ipotizzato da Atkinson e Shiffrin: la memoria a lungo termine. Quest'ultima si differenzia da quella a breve termine in quanto ha una capacità illimitata e consente di trattenere le informazioni per un lungo periodo di tempo. Il modello di Atkinson e Shiffrin prevedeva una sequenzialità dei magazzini di memoria: le informazioni potevano accedere alla memoria a lungo termine solo passando attraverso la memoria a breve termine. Questo è il principale motivo per cui ad oggi tale modello non viene più riconosciuto come valido. Infatti, gli studi di neuroscienze hanno dimostrato come in pazienti con un deficit a carico della memoria a breve termine, quella a lungo termine restasse preservata. L'altra importante critica rivolta a questo modello è il ruolo centrale che viene affidato al "rehearsal" (ripetizione subvocalica). Secondo gli autori, infatti, tale ripetizione permette alle informazioni di restare per un tempo più lungo nella memoria a breve termine agevolando così il loro passaggio in quella a lungo termine e garantendo dunque un miglior apprendimento. Studi più recenti che approfondirò in seguito hanno ridimensionato il ruolo del rehearsal nel favorire l'immagazzinamento delle informazioni. Inoltre, successivamente altri autori hanno individuato ulteriori distinzioni all'interno della memoria a lungo termine. Infatti, Cohen e Square (1984) hanno individuato due diversi tipi di memoria a lungo termine: dichiarativa e procedurale. Analogamente Shacker e Graf hanno effettuato una distinzione tra memoria implicita ed esplicita. La memoria dichiarativa-esplicita è caratterizzata da un recupero conscio dell'informazione ed è costituita da memoria semantica e memoria episodica (Tulving,1972).

La prima racchiude l'insieme di conoscenze legate a fatti, persone, concetti, significati delle parole. La seconda, invece, comprende sia elementi generali che personali. La memoria non dichiarativa o implicita comprende delle forme associative semplici come il condizionamento classico ma anche forme non associative come l'abituazione. Questo tipo di memoria comprende anche la memoria procedurale che è un tipo di memoria associata alla messa in atto di un compito e che quindi può essere valutata solo attraverso la realizzazione di un'azione. Tale memoria comprende quelle attività, come ad esempio fare il nodo alla cravatta o andare in bicicletta. Per dimostrare di saper fare queste cose l'unico modo è dato dall'esecuzione del compito stesso. Si parla quindi di memoria implicita tutte le volte in cui vi sono situazioni di apprendimento che non implicano il ricordo. Una volta presentato un primo modello che ha cercato di fornire una configurazione della memoria diventa essenziale individuare quelli che sono i processi che ne garantiscono il funzionamento e che dunque consentono ad ogni persona di poter cogliere gli stimoli presenti nell'ambiente, trattenerli nella mente e poi recuperarli in un secondo momento. Il primo processo chiave è rappresentato dalla codifica. Essa consente la ricezione e traduzione di stimoli provenienti dall'esterno in rappresentazioni registrabili all'interno della memoria. Il secondo processo è quello dell'immagazzinamento o/e della ritenzione grazie al quale l'informazione viene trattenuta all'interno della memoria per un breve lasso di tempo. Infine, il terzo processo è il recupero tramite il quale l'informazione viene ripescata dalla memoria. Il recupero può avvenire tramite la riemersione consapevole dell'informazione archiviata (richiamo) oppure in maniera più semplice attraverso l'individuazione di uno stimolo codificato in precedenza e che viene nuovamente presentato all'interno di una serie di stimoli (riconoscimento).

1.2 WORKING MEMORY: IL MODELLO PREVALENTE

La memoria di lavoro (working memory) è un concetto coniato da Baddeley e Hitch (1974) a partire dalla memoria a breve termine. Spesso questi due termini vengono utilizzati in maniera intercambiabile ma in realtà Baddeley li concepiva come due elementi distinti. Infatti, utilizzava la memoria a breve termine per indicare la temporanea ritenzione delle informazioni, mentre con memoria di lavoro intendeva

quel sistema in grado di effettuare una manipolazione sulle informazioni presenti al suo interno (Baddeley,2012). Il punto di partenza nella teorizzazione di Baddeley è da ricercare all'interno dei suoi studi sulla somiglianza acustica (ibidem). In questo studio Baddeley ha messo a confronto sequenze di cinque parole fonologicamente simili con parole semanticamente simili ed ha riscontrato dei risultati contrastanti. Infatti, per quanto riguarda la memoria a breve termine si nota un grande effetto della somiglianza fonologica e un effetto poco significativo di quella semantica. Tuttavia all'interno dello stesso studio quando venivano svolti dei compiti che richiedevano il coinvolgimento della memoria a lungo termine si osservava anche un effetto della somiglianza semantica, A partire da questo studio Baddeley ipotizza l'esistenza di due sistemi di memorizzazione diversi: uno a breve termine di tipo fonologico e uno a lungo termine basato sulla semantica.

Data l'esistenza di due sistemi diversi si postula anche la presenza di due tipologie di codifiche differenti: fonologica e semantica. La prima è rapida, poco impegnativa per l'attenzione e viene usata soprattutto per memorizzare ordini seriali. Tuttavia, questa maggiore efficienza presenta una problematicità ovvero la facile tendenza all'oblio. La seconda è molto efficace per la memorizzazione delle frasi e non per le liste di parole scollegate tra loro. Inoltre, la codifica semantica richiede un maggiore impegno anche se allo stesso tempo dimostra di essere più duratura nel tempo (Baddeley,2012). Dai risultati di questo studio nasce l'interesse di Baddeley per la memoria a breve termine e in particolare per la sua componente che consente alle persone di eseguire compiti cognitivi in maniera rapida. Infatti, la memoria di lavoro viene da lui definita come quel "sistema che consente di immagazzinare temporaneamente le informazioni utilizzandole per compiti di natura diversa, effettuando degli aggiornamenti in tempo reale" (Baddeley e Hitch,1974). Anche la memoria di lavoro si caratterizza per una capacità limitata di elementi che possono essere contenuti al suo interno. Al fine di comprenderne il funzionamento Baddeley e Hitch elaborano un modello che possa spiegare come avviene l'elaborazione delle informazioni all'interno della memoria di lavoro. Il modello da loro postulato è un modello multi-componenziale che subirà anche delle modifiche nel corso degli anni dettate dalla necessità di spiegare i risultati riscontrati dalla letteratura scientifica in tale ambito.

Il modello iniziale prevede la presenza di un Sistema Esecutivo Centrale che è affiancato da due sistemi ausiliari: il sistema fonologico articolatorio anche detto loop fonologico e un sistema definito taccuino visuo-spaziale (visuo-spatial sketchpad). Baddeley e Hitch all'interno del loro modello ipotizzano che il loop fonologico sia un magazzino a breve termine che permette di mantenere l'informazione verbale per alcuni secondi grazie ad un sistema di rielaborazione vocale o subvocale. Il loop fonologico è un magazzino a breve termine e pertanto le informazioni che possono essere contenute al suo interno sono limitate oltre che destinate a finire nell'oblio dopo un certo lasso di tempo. La letteratura ha fornito spiegazioni diverse riguardo i motivi dell'oblio. Infatti, da un lato vi sono le teorie del decadimento (decay and refresh) della traccia che affermano che la perdita di informazioni sia dovuta al trascorrere del tempo. Secondo quest'ottica la rimozione degli elementi all'interno della memoria di lavoro avverrebbe di default, mentre il mantenimento dell'informazione deve essere effettuato in maniera attiva dall'individuo attraverso una serie di strategie come la ripetizione che ne ritardano il decadimento permettendo alla mente di effettuare un "refresh" sugli elementi temporaneamente immagazzinati (Barouillet et. al.,2011). Dall'altro ci sono le teorie basate sull'interferenza in cui si inserisce anche il modello SOB- CS (serial order in a box complex span) che ritengono che la causa della perdita di informazioni sia da attribuire all'interferenza che si forma quando vengono presentati elementi non inerenti al compito da svolgere e che pertanto si configurano come distrattori (Oberauer et. al.,2012). Come vedremo nei paragrafi successivi (1.6) queste teorie sono state messe alla prova da una serie di studi incentrati sulla comprensione della presenza di distrattori nella memoria di lavoro. L'ipotesi della presenza del loop fonologico elaborato da Baddeley e Hitch non può essere confutata da nessuna di queste due teorie. L'altra componente fondamentale del suo modello è il taccuino visuo-spaziale di cui spiegherò brevemente la funzione in quanto non rappresenta un elemento che è stato indagato ai fini di questo elaborato. Il taccuino visuo- spaziale secondo Baddeley è un magazzino a breve termine che si occupa di elaborare e trattenere le informazioni visive e spaziali nella memoria dando vita a rappresentazioni che si configurano come vere e proprie immagini mentali. Una volta descritti i sottocomponenti del modello si può passare in rassegna il ruolo e le funzioni dell'Esecutivo Centrale che rappresenta il nucleo centrale di tale modello. L'esecutivo Centrale viene concepito come un sistema in grado di controllare l'attenzione, di immagazzinare informazioni e di prendere decisioni.

Secondo Baddeley il coinvolgimento dell'esecutivo centrale varia a seconda del compito da eseguire. Per le richieste più semplici l'Esecutivo effettua un controllo più blando, mentre per i compiti più complessi è necessaria una maggiore attenzione. Le funzioni dell'Esecutivo centrale sono essenzialmente quattro e le prime due riguardano l'attenzione. Infatti, è fondamentale che esso sia in grado di focalizzare l'attenzione sugli elementi interessati (attenzione selettiva) e che allo stesso tempo riesca a distribuire l'attenzione in presenza di compiti che si svolgono in concomitanza (attenzione condivisa). La terza funzione dell'Esecutivo riguarda la possibilità di passare da un compito all'altro (task switching). Questa capacità è stata indagata attraverso un compito in cui vi era l'alternanza tra addizione e sottrazione e che prevedeva nella condizione impegnativa un compito verbale da svolgere in concomitanza e nella condizione non impegnativa un compito di soppressione articolatoria¹. Baddeley attraverso questo compito ha riscontrato un grande effetto della soppressione articolatoria soprattutto quando era accompagnata da un ulteriore carico cognitivo. Infine, la quarta funzione che Baddeley affida all' Esecutivo Centrale è quella di interfacciarsi con la memoria a lungo termine. Infatti, per evitare di rendere il loro modello troppo complesso Baddeley e Hitch hanno riconosciuto all'Esecutivo una funzione puramente attenzionale, negando il suo coinvolgimento nella memorizzazione. Tuttavia, ciò comportava diverse problematiche in quanto le persone utilizzano codici diversi (fonologico e visivo) e non potrebbero integrarli insieme se non ci fosse una forma di archiviazione in comune.

1.2.1 REVISIONE DEL MODELLO WORKING MEMORY: IL BUFFER EPISODICO

Il buffer episodico viene aggiunto da Baddeley all'interno del suo modello per superare i limiti riscontrati nello spiegare l'integrazione di informazioni con codici diversi. Infatti, il buffer assume il ruolo di quella componente che si occupa di unire diversi episodi in un codice multidimensionale. Tale componente svolge un ruolo "tamponante" in

¹ La soppressione articolatoria è un meccanismo attraverso il quale si induce un'inibizione delle prestazioni di memoria in quanto alla persona viene richiesto di parlare e allo stesso tempo viene presentato un oggetto o una lista di elementi da ricordare. Si suppone che impedire alla persona di reiterare le informazioni da ricordare dovrebbe peggiorare la sua performance.

quanto non solo connette le varie componenti della memoria di lavoro ma allo stesso tempo cerca di mettere in contatto tale memoria con quella a lungo termine. Il buffer non solo lega caratteristiche di elementi provenienti da fonti percettive diverse ma ha anche una funzione più creativa che ci permette di immaginare cose del tutto nuove. Nella revisione del modello della working memory, l'Esecutivo centrale continua a svolgere un ruolo fondamentale in quanto controlla l'entrata e l'uscita delle informazioni dal buffer.

La funzione essenziale del buffer è quella di creare un legame (binding) tra informazioni che provengono da canali diversi. La creazione di questo legame permette al soggetto di svolgere compiti in cui è coinvolta la working memory ma anche compiti in cui è implicata la memoria a lungo termine, ad esempio permettendo l'integrazione di nuove informazioni con altre che sono state già immagazzinate. Il buffer viene chiamato episodico in quanto contiene degli elementi in cui l'informazione è integrata nello spazio e quindi può essere paragonata alla memoria episodica (Tulving, 1972). Tuttavia, si differenzia da essa in quanto si ipotizza che il buffer sia un magazzino temporaneo e non duraturo nel tempo come nel caso della memoria episodica. In conclusione, la configurazione attuale del modello è quello di un sistema gerarchico al cui vertice risiede l'Esecutivo centrale. Le informazioni verbali e quelle visive vengono catturate rispettivamente dal loop fonologico e dal taccuino visuo-spaziale. Quando si tratta di rappresentazioni multimodali interviene il buffer episodico che lega i vari elementi in una rappresentazione integrata. Una questione a lungo dibattuta sulla memoria di lavoro è quella relativa alla sua modularità. Le prime ipotesi sulla modularità del cervello risalgono agli anni 30' con gli studi di Lashley e Fodor. Lashley ha effettuato degli studi con dei roditori lesionando varie aree del cervello per capire le loro conseguenze in termini di apprendimento. Lashley era convinto che il cervello operasse come un tutt'uno in quanto aveva riscontrato un'ampia relazione tra tessuto cerebrale perso e capacità di apprendimento. Questa idea che tutte le parti del cervello siano equivalenti è stata smentita da studi di neuroscienze che hanno mostrato come ad esempio la memoria a lungo termine dipenda in gran parte dall'ippocampo. A Fodor, invece, si deve la definizione di modularismo oltre che l'elaborazione di un vero e proprio modello che si proponeva di spiegare lo sviluppo cognitivo. Secondo Fodor la mente umana possiede una caratteristica di "binding" ovvero la tendenza a unire le caratteristiche di un elemento al fine di descriverlo.

Tali moduli hanno delle caratteristiche ben precise: specificità di dominio (ogni modulo opera su uno specifico input); incapsulamento dell'informazione (ciascun modulo è indipendente dagli altri), obbligatorietà dell'informazione (non è possibile controllare in modo volontario il funzionamento di ogni modulo). Per Fodor i moduli sono presenti sin dalla nascita e lo sviluppo cognitivo non avviene tramite modifica della struttura cerebrale in quanto i moduli stessi sono per natura inflessibili e immodificabili, bensì attraverso una progressiva estrinsecazione di quelle che sono le predisposizioni iniziali. Anche Baddeley stesso ha riflettuto sul concetto di modularità collegato alla memoria di lavoro. Stesso il buffer episodico da lui introdotto svolge una funzione di binding; tuttavia, la sua definizione di modularismo non è rigida come quella di Fodor. Infatti, secondo Baddeley la memoria di lavoro è caratterizzata da sistemi interagenti la cui modularità è variabile. La memoria di lavoro è un sistema relativamente incapsulato ma allo stesso tempo è innegabile che presenti dei legami anche con dei sistemi non direttamente inseriti al suo interno come ad esempio la percezione. Cowan (2017) ritiene che questa struttura modulare non sia stata sufficientemente approfondita dalla letteratura che non avrebbe descritto né la quantità di moduli presenti all'interno della working memory, né il loro livello di modularità, dimostrando adeguatamente la dissociazione tra vari tipi di memoria. Infatti, la poca interferenza di stimoli verbali e spaziali nella working memory potrebbe essere spiegata sia tramite la possibilità che essi afferiscano a moduli di memorizzazione separati ma anche tramite la mancanza di caratteristiche in comune che avrebbe quindi come effetto una scarsa sovrapposizione delle rappresentazioni.

1.3 OLTRE IL MODELLO DI BADDELEY: CONFRONTO TRA ALTRE TEORIE DELLA WORKING MEMORY

Alcune descrizioni della working memory

Il modello di Baddeley non è l'unica teoria esistente che cerca di spiegare il funzionamento della memoria di lavoro, anche se a lui va il merito di aver introdotto questo tipo di memoria dando vita ad un modello multicomponente e andando a creare un punto di rottura con Atkinson e Shiffrin che invece ipotizzavano che il magazzino della memoria a breve termine fosse unitario. Tuttavia, il termine memoria di lavoro è possibile riscontrarlo anche prima di Baddeley, sebbene non rientri all'interno di una

teoria nell'ambito psicologico. Infatti, tale termine è stato utilizzato per la prima volta all'interno della letteratura informatica da Newell e Simon (1956), per designare un programma creato da loro che era in grado di risolvere problemi logici. Questo programma consentiva di inserire in maniera temporanea delle informazioni all'interno di un foglio di lavoro su cui venivano effettuati dei calcoli (Cowan,2017). Una volta effettuate queste operazioni non era necessario salvare il foglio su cui erano state svolte. Un altro tentativo di definire una memoria che ha una funzione simile proviene da Miller che non sviluppa un vero e proprio modello. Miller individua una procedura che denomina "memory span" e che ha la funzione di richiamare gli elementi rilevanti per evitare che decadano. La funzione di questo tipo di memoria è quella di permettere all'individuo di pianificare la propria vita. Proprio per questo motivo è focalizzata sugli obiettivi sia su quelli finali sia su quelli intermedi che sono necessari per perseguirli. La capacità di questa memoria di mantenere in evidenza gli elementi più importanti permette alle persone di modificare il proprio comportamento adeguandolo agli scopi da raggiungere (ibidem). Un'altra funzione della working memory è in parte simile a quella appena descritta e prevede che essa abbia come funzione essenziale quella di focalizzarsi sugli eventi recenti al fine di mettere in atto comportamenti efficaci nel tempo. Questa concezione della working memory è stata particolarmente approfondita tramite studi con animali².

Altre teorie esplicative sulla memoria di lavoro

Quelle passate in rassegna sino ad ora possono essere considerati più come diversi modi di concepire le funzioni della working memory piuttosto che come dei modelli che cerchino di descriverne il funzionamento (ibidem). Un primo modello proposto in contrapposizione a quello di Baddeley è quello dei "processi incorporati" (embedded processes model) proposto da Cowan nel 1988. Egli ipotizza che la memoria presenti al suo interno degli elementi che si trovano in uno stato di attivazione e altri che invece non lo sono. Per Cowan la memoria di lavoro non è altro che memoria a lungo termine attivata all'interno della quale grazie all'attenzione possono risiedere alcuni elementi. Nella restante porzione di memoria a lungo termine ci sono tutte quelle informazioni inattive in quanto non sono all'interno del focus attentivo.

² In uno studio Olton, Collison e Wertz (1977) hanno analizzato la working memory in dei ratti all'interno di un labirinto. Il presupposto dello studio era che grazie alla loro working memory i ratti avrebbero dovuto esplorare aree sempre diverse del labirinto in quanto grazie al suo aggiornamento avrebbero escluso le parti già visitate.

Per quanto riguarda le informazioni attivate, Cowan ipotizza che decadano nel giro di pochi secondi e pensa che tale decadimento dipenda dalla quantità di caratteristiche che possono essere mantenute e dalla sovrapposizione di alcune di esse. Sebbene siano differenti a livello di terminologie come riconosce lo stesso Baddeley (2017), le due teorie non sono così diverse nella sostanza. Infatti, anche se per Cowan la memoria di lavoro è comunque parte della memoria a lungo termine, egli effettua una distinzione riconoscendo come essa subisca un'attivazione ed è su questi elementi che rientrano all'interno di questa zona che vengono eseguiti compiti cognitivi. Se invece paragonassimo queste due teorie rispetto ad un parametro citato nel paragrafo precedente ovvero la modularità potremmo notare una caratteristica in comune. Sebbene il modello di Cowan non possa essere inteso come modulare nel senso di parti diverse dello stesso sistema deputate alla codifica di input diversi, allo stesso tempo pur non teorizzando questa caratteristica giunge a conclusioni simili a quello di Baddeley che invece presenta un livello di modularità maggiore (Adams, Nguyen e Cowan,2018). Infatti, per entrambi i modelli, c'è un decadimento dell'informazione dovuto alla sovrapposizione di caratteristiche, anche se in Baddeley essa è dovuta principalmente alla somiglianza di aspetti presenti all'interno di uno stesso modulo. Una concezione in parte simile a quella di Cowan è quella di long term working memory (Ericsson e Kintsch,1995 citato in Cowan,2017). Si tratta di una memoria a lungo termine che raccoglie dati che poi possono essere recuperati con facilità anche a distanza di tempo. Se da un lato come Cowan questi autori credono che la working memory faccia parte della memoria a lungo termine, dall'altro si distaccano dalla sua concezione perché eliminano le caratteristiche che egli gli aveva riconosciuto ovvero i limiti in termini di capacità e di ritenzione (Cowan,2017). Un altro modello molto importante analizza la working memory affidando un ruolo centrale all'attenzione che era stata presa in considerazione anche in altri modelli (concezione life planning e teoria di Cowan), ma che in questo assume un ruolo centrale. Una serie di studi che si sono focalizzati sia sull'elaborazione che sulla memorizzazione è giunta alla conclusione che le differenze individuali nelle prestazioni dipendessero dall'attenzione. La componente attentiva svolge sia un ruolo di attivazione che di blocco delle interferenze per fare in modo che le persone possano portare a termine un compito correttamente, mentre la memoria a breve termine contiene gli elementi attivati della memoria a lungo termine ed ha anche la possibilità di richiamare in modo automatico alcune informazioni soprattutto se sono state presentate recentemente (ibidem).

1.4 LIMITE DEI MAGAZZINI TEMPORANEI: IL CONCETTO DI SPAN

Anche quando ancora non era stato introdotto il concetto di memoria di lavoro e si parlava solo di memoria a breve termine, vari autori tendevano ad evidenziare i suoi limiti ovvero la capacità limitata e un rapido decadimento. Il primo a proporre un modo per indagare i limiti di capacità di questa memoria è stato Jacobs nel 1887. Egli ha ideato un test per la memoria a breve termine che si basava sulla capacità di ricordare uno span di cifre presentate in sequenza. Da questi studi è emerso come la capacità di span di memoria si attesti intorno ai sette elementi. Per capire come funzionasse questo tipo di memoria sono state utilizzate anche prove di richiamo immediato in cui veniva richiesto alle persone di ricordare parole di una lista vista poco prima. Questi studi mostravano una tendenza particolare che ha preso il nome di recency effect che consisteva nella rievocazione più accurata degli item presentati per ultimi. Invece, si osservava un'incertezza maggiore quando bisognava rievocare i primi elementi. Inoltre, tramite tali studi si notava la scomparsa dell'effetto recency quando ai soggetti veniva chiesto di svolgere un secondo compito scollegato dalla rievocazione. Anche molti dei modelli della memoria di lavoro sono d'accordo nel riconoscere come al suo interno possa essere trattenuta una limitata quantità di elementi. I vari autori però attribuiscono motivazioni differenti a questa limitata capacità. Ad esempio, Baddeley ritiene che essa sia strettamente legata al decadimento spontaneo che subiscono le informazioni che si trovano in questa parte di memoria. Tra gli studi che davano particolare enfasi al concetto di span, è possibile citare quelli di Daneman e Carpenter (1980), i quali ritenevano che ci fossero limiti di capacità sia in termini di elaborazione che di immagazzinamento e sostenendo come le misure di working span potessero predire e anche determinare differenze individuali in compiti di comprensione.

1.5 SVILUPPO E CAMBIAMENTI DELLA MEMORIA NEL CORSO DELLA VITA

Dopo aver definito la working memory mostrando il suo funzionamento e le sue caratteristiche diventa altrettanto importante capire quando e come abbia origine il suo sviluppo così come descrivere quale sia la sua traiettoria evolutiva durante il corso della vita. Sempre più studi si sono interessati al funzionamento della memoria in bambini molto piccoli ed hanno dimostrato come la capacità di memorizzazione sia presente anche in bambini di pochi mesi. All'interno di questo paragrafo verranno presentati degli studi che supportano e motivano le basi su cui si fonda questa ricerca ovvero la capacità di bambini così piccoli di svolgere un compito così difficile come l'ADAM. Uno studio interessante all'interno dell'ambito dello sviluppo della memoria è quello effettuato da Benavides-Varela e colleghi (2011). All'interno della loro ricerca hanno mostrato come già i neonati fossero in grado di ricordare le parole. I neonati sono stati testati in diverse condizioni. Lo scopo dello studio era cercare di capire da cosa dipendesse l'oblio. L'ipotesi di partenza è che esso si verifici maggiormente in presenza di stimoli uditivi simili. Per questo motivo tra la fase di familiarizzazione e quella di inizio test (intervallo di ritenzione) venivano presentati stimoli diversi. La condizione di controllo era rappresentata da un intervallo silenzioso, mentre invece vi erano due condizioni sperimentali in cui i neonati ascoltavano in un caso suoni provenienti da strumenti musicali, e nell'altro caso parole diverse da quelle udite nella fase di familiarizzazione. Tale ricerca effettuata analizzando le risposte emodinamiche del cervello dei neonati ha prodotto i seguenti risultati:

- nella condizione di controllo i neonati dimostravano di riconoscere la parola della fase di familiarizzazione. Questo vuol dire che la loro mente era stata in grado di codificare dettagli acustici della parola ascoltata e di produrne una rappresentazione mentale con cui hanno poi confrontato la parola ascoltata durante la fase test;
- negli studi con interferenza (musica e altre parole) sono stati ottenuti risultati diversi. Infatti, nella condizione di ascolto di soli estratti musicali i neonati sono stati in grado di superare l'interferenza della melodia, mostrando una maggiore concentrazione di emoglobina nella condizione novel word rispetto a quella same word. Invece nell'esperimento in cui viene presentata un'altra parola, i neonati tendevano a dimenticare molto più facilmente la parola ascoltata durante la fase di familiarizzazione.

Dunque, questo studio confermava come la memoria per i suoni fosse presente già precocemente ed attribuiva un ruolo centrale all'interferenza dovuta a stimoli acusticamente simili nel determinare l'oblio durante la prima infanzia. Un altro studio che ci dà un'idea del cambiamento della memoria a breve termine offrendo una panoramica che ripercorre l'intero arco di vita è quello di Fandakova e colleghi (2014). Tale ricerca ha replicato i presupposti di uno studio condotto da Oberauer (2005 citato in Fandakova et al., 2014) estendendoli però a tutte le fasce di età. Oberauer aveva preso in considerazione due fattori implicati nel riconoscimento all'interno della memoria a breve termine: rappresentazione di un singolo elemento e rappresentazioni in cui vi era un'associazione item-contesto. In particolare, secondo lui queste ultime erano in grado di predire le prestazioni di una persona in compiti di working memory (Fandakova et al., 2014). Fandakova e colleghi hanno utilizzato lo stesso paradigma ovvero quello di riconoscimento globale-locale in cui alle persone veniva richiesto di ricordare gli elementi in due condizioni diverse: in una dovevano ricordare semplicemente se una lettera era stata presentata (condizione globale); nell'altra dovevano ricordare se la lettera che vedevano durante la fase di recall era stata presente in quella stessa posizione (associazione item-contesto/condizione locale). I risultati ottenuti hanno dimostrato che non vi è differenza significativa tra la memoria di riconoscimento a breve termine di bambini, adolescenti, adulti e anziani. I giovani ottenevano le prestazioni migliori in entrambi i compiti. Tuttavia, anche i bambini mostravano di ricordare gli elementi soprattutto nella condizione di associazione. Ciò andava a supporto dell'idea che i meccanismi di binding si sviluppavano già nei bambini (10-12 anni), il cui cervello non aveva ancora raggiunto la piena maturazione e dimostrava che essi erano alla base della memoria associativa. Le differenze individuali nella memoria riscontrate in base all'età vengono spiegate tramite un'inefficienza delle operazioni strategiche utilizzate per ricordare. Tali operazioni dipendono dalla corteccia prefrontale e vanno a influenzare meccanismi di attenzione, organizzazione e controllo che condizionano l'elaborazione mnemonica. Tali difficoltà si riscontrano sia nei bambini che negli anziani, sebbene per motivazioni diverse. Infatti, nei bambini ciò è associato ad un percorso fisiologico di sviluppo e mielinizzazione della corteccia prefrontale, mentre negli anziani è attribuibile ad un declino cognitivo correlato all'avanzare dell'età.

Studio della working memory attraverso stimoli visivi

Un altro studio simile ha indagato la memoria di lavoro in bambini più piccoli che avevano solo pochi mesi, soffermandosi però su una modalità di memoria diversa ovvero quella visiva (Oakes et. al.,2009). Il paradigma utilizzato è stato quello della preferenza visiva attraverso la presentazione di due display visivi lampeggianti dove uno dei due cambia continuamente, mentre l'altro rimane costante. L'ipotesi di partenza è che i bambini avrebbero guardato maggiormente lo schermo che cambiava in quanto nella loro mente si era formata una rappresentazione delle informazioni visualizzate. Tale ipotesi è stata confermata per bambini dai sette mesi in su ma non per i bambini di età inferiore. Ciò ha portato gli autori a riconoscere come la memoria dei bambini sia piuttosto limitata inizialmente ma che allo stesso tempo tale memoria subisca un rapido sviluppo durante il primo anno di vita. Anche questo studio conferma che ci siano dei cambiamenti significativi durante lo sviluppo e che essi sono da collegare a modifiche che avvengono nella struttura cerebrale. Tale studio dimostra perché sia importante indagare lo sviluppo della memoria in età precoce in quanto illustra i rapidi cambiamenti che si verificano nella working memory in bambini così piccoli.

1.5.1 LA MEMORIA Uditiva NEI BAMBINI

La memoria sensoriale uditiva è quella parte di memoria grazie alla quale le persone possono integrare le informazioni acustiche che ricevono con rappresentazione uditive che hanno memorizzato in precedenza (Alain, Woods, Knight, 1998 citati in Carlier e Harmony, 2020). Grazie a questo tipo di memoria impariamo a codificare ed estrarre le regolarità delle fonti sonore (Zimmermann et al., 2016, citati in Carlier e Harmony, 2020). Dunque, si tratta di una memoria che ha una funzione adattiva in quanto ci permette di discriminare tra segnali quotidiani e segnali che rappresentano una minaccia. Tale memoria è strettamente connessa alla percezione uditiva. Infatti, quando recepisce un suono si occupa di combinarlo con altre componenti del segnale al fine di creare rappresentazioni di quell'ambiente sonoro su cui potranno poi essere effettuati processi di riconoscimento e di codifica. Questo tipo di memoria è stato oggetto di diversi studi effettuati su neonati e su bambini in quanto si era interessati a capire il suo funzionamento e la sua evoluzione.

Infatti, nel presente paragrafo verranno presentati studi che si sono focalizzati sulla memoria di lavoro uditiva, sebbene essi abbiano utilizzato tecniche differenti da quella su cui si basa questa ricerca. Alcuni di questi esperimenti uditivi venivano effettuati anche su bambini piccoli in quanto la coclea è già ampiamente matura alla nascita anche se la sua organizzazione continua a svilupparsi durante l'infanzia.

Studi che hanno indagato la capacità di discriminare tra stimoli uditivi familiari e non attraverso l'analisi di correlati neuronali

Per studiare la memoria uditiva è stato utilizzato il paradigma oddball che consiste nella combinazione di stimoli ripetuti frequentemente e stimoli devianti. Tale aspetto presenta un'analogia con il nostro studio in quanto le sillabe target venivano ripetute più frequentemente, mentre i distrattori cambiavano nei vari trial e pertanto possono essere equiparati agli stimoli devianti utilizzati in questo studio. Il parametro usato è stato la misurazione della mismatch negativity³. L'utilizzo di tale paradigma ha permesso di notare come le tracce di memoria degli stimoli presentati di frequente si sviluppassero automaticamente. Un altro aspetto rilevante è dato dalla presentazione dello stimolo deviante in quanto se essa non avveniva in maniera casuale ma con una certa regolarità, non vi era un'attivazione della mismatch negativity poiché il cervello rappresentava quello stimolo come standard. Carlier e Harmony (2020) hanno effettuato uno studio su questo tipo di memoria confrontando bambini nati a termine con bambini pretermine di età compresa tra i quattro e gli otto mesi per vedere se ci fosse una differenza nella codifica degli stimoli uditivi. I neonati ascoltavano sequenze di quattro sillabe dove le prime tre erano uguali e l'ultima era diversa. Durante questo ascolto veniva registrata la loro risposta neurale. Lo scopo di tale ricerca era capire come i neonati rappresentassero i suoni. Il presupposto da cui partiva lo studio è che i bambini avrebbero potuto organizzare questi suoni in due modi diversi. Infatti, potevano dimostrare di aver rappresentato l'intera sequenza ascoltata come un'unità uditiva dimostrando di aver riconosciuto lo schema oppure potevano rappresentare ogni sillaba come un'unità uditiva diversa, segno che non erano riusciti a comprenderlo. I risultati hanno dimostrato che i bambini di otto mesi nati a termine riuscivano a rappresentare la sequenza di sillabe come una singola unità, mentre nei bambini di quattro mesi nati a termine non c'era una differenza significativa tra ascolto della prima sillaba e ascolto

³ La mismatch negativity è quella componente del potenziale evento correlato che si riscontra quando le persone percepiscono uno stimolo discordante all'interno di una data sequenza (Garrido et al., 2009)

della seconda che permettesse di determinare chiaramente se fossero stati in grado di riconoscere o meno lo schema. Tale compito per quanto più semplice presenta un'analogia con quanto veniva richiesto ai bambini che hanno partecipato alla presente ricerca: capacità di riconoscere la presenza di uno schema (sillabe target e distrattori venivano sempre associate ad una determinata direzione dello schermo). Invece, nei bambini pretermine si registrava una risposta atipica in quanto non si verificava una diminuzione delle onde theta quando ascoltavano le sillabe uguali e si ipotizzava che ciò fosse dovuto ad un'alterazione della memoria sensoriale che poi avrebbe avuto effetti anche sul linguaggio. La differenza riscontrata tra bambini a termine di queste due fasce di età veniva spiegata attraverso lo sviluppo di capacità di organizzazione percettiva che compariva a partire dagli otto mesi. Infatti, a partire da questo momento si verificherebbe una sorta di restringimento percettivo che ha come fine quello di aiutare il bambino a estrarre gli input linguistici della sua lingua madre per favorire la sua acquisizione (vedi paragrafo 2.2). Un ritardo in questo processo di restringimento avrebbe come effetto un conseguente ritardo anche nello sviluppo del linguaggio (ibidem). Vi è un altro studio che fornisce una prospettiva interessante sulla memoria uditiva. Esso ha indagato questo tipo di memoria in bambini di soli due mesi proprio a confermare la precocità con cui essa si sviluppa. In particolare, in tale studio era stata indagata quella che possiamo definire come una "memoria di riconoscimento" che consiste nella capacità di ricordare eventi già incontrati in precedenza. L'abilità di riconoscimento è ciò che viene testato all'interno di questo elaborato in quanto come si vedrà in seguito ciò che veniva richiesto ai bambini era di riconoscere la "sillaba target" ascoltata durante la fase di familiarizzazione, superando l'ostacolo rappresentato dalle "sillabe distractor". Tale ricerca trova il suo punto di partenza in studi pregressi che avevano dimostrato come i bambini fossero in grado di riconoscere la voce della madre sin dal periodo neonatale (Decasper e Fifer, 1980). Sin da quando sono nell'utero i neonati fanno esperienza della voce materna, sebbene essa sembri leggermente diversa. Tuttavia è sensato che in virtù dell'esperienza prenatale già due settimane dopo della nascita abbiano acquisito ulteriore esperienza e familiarità con la voce materna. Dopo la nascita il bambino si confronta anche con stimoli non familiari (voci di altre persone). Il processo di riconoscimento richiede sia un recupero dalla memoria dello stimolo familiare ma anche la codifica della voce sconosciuta; si può notare quindi come essa si configuri come una novità.

Mai e colleghi (2012) hanno effettuato uno studio su bambini di due mesi utilizzando l'EEG e analizzando i potenziali evento-correlati (ERP) in relazione all'audizione di stimoli familiari (voce materna) e stimoli sconosciuti. Nello studio hanno riscontrato un picco positivo (P2) quando il bambino ascoltava la voce della madre e hanno rilevato una NSW all'ascolto della voce dell'estraneo che è stata considerata indice dell'individuazione di una novità. Dopo varie volte che i neonati ascoltavano la voce non familiare è stata riscontrata una PSW che i ricercatori hanno ipotizzato essere indice del fatto che lo stimolo estraneo fosse divenuto parzialmente familiare e questo dimostrava come tale memoria fosse anche in grado di aggiornarsi. Un altro studio che ha indagato la memoria di lavoro dei bambini rispetto agli stimoli uditivi è quello di Sheehy e Newman (2015). Tale ricerca indagava la memoria di lavoro uditiva per i suoni non linguistici in bambini che avevano dieci mesi. In particolare, si proponeva di voler comprendere se la limitazione di questa memoria dipendesse dalla quantità di suoni o dalla loro durata. Per valutare la memoria uditiva è stato utilizzato come parametro la preferenza del bambino espressa tramite rotazione della testa⁴. Come accade con gli esperimenti che hanno come partecipanti dei bambini, anche in questo caso c'era una fase di familiarizzazione che aveva come scopo il far capire al bambino il compito da eseguire, ovvero guardare le luci in corrispondenza delle quali avveniva l'emissione di suoni. Durante la fase di familiarizzazione i bambini di dieci mesi riuscivano a far convergere vista e udito. Questo esperimento aveva analizzato la memoria uditiva mettendo a confronto condizioni in cui sia la quantità di strumenti in sequenza era diversa (2 o 4), sia dove anche la durata variava (700-1400ms). I bambini erano riusciti a codificare facilmente solo le sequenze composte da due strumenti ma dato che esse differivano anche per durata non era possibile stabilire se la maggiore difficoltà dipendesse dal numero di elementi da memorizzare o dalla maggiore estensione dei suoni. Per questo gli stessi autori hanno effettuato un secondo esperimento in cui hanno cambiato solo la durata dei suoni. Quindi in questo esperimento i bambini ascoltavano sequenze a due strumenti solo che in un caso la loro durata era normale e nell'altro invece era raddoppiata come se stessero ascoltando una sequenza a quattro strumenti.

⁴ È stato utilizzato l'head turning preference: il bambino si trovava in braccio al caregiver in una cabina ed era seduto a metà strada tra due luci. All'inizio veniva fatta lampeggiare una luce centrale allo scopo di attirare la sua attenzione e una volta che il bambino guardava al centro questa si spegneva e iniziava a lampeggiare una luce posta su uno dei due lati. Quando il bambino si girava verso la luce si udiva un suono che continuava fino a quando il bambino non distoglieva lo sguardo per due secondi consecutivi o fino a quando il suono non cessava spontaneamente.

In questo secondo caso i bambini mostravano difficoltà per le frequenze più lunghe suggerendo probabilmente che ci fosse un effetto principale della durata piuttosto che della quantità di strumenti coinvolti. Tuttavia, questa ricerca non è riuscita a rispondere alla domanda se i bambini fossero in grado o meno di ricordare più di due strumenti in quanto anche se nel primo esperimento non erano state riscontrate differenze tra sequenze a due strumenti e sequenze con quattro, ciò poteva dipendere non da un'incapacità di ricordare ma da un'assenza di preferenza per una delle due condizioni. Tale discorso valeva solo per i suoni non linguistici e non era chiaro se si estendesse anche al sistema fonologico in quanto in tal caso questo avrebbe avuto delle conseguenze anche sull'apprendimento del linguaggio, ad esempio, influenzando la capacità del bambino di rilevare cambiamenti nei flussi di morfemi e fonemi che compongono il discorso. Uno studio che ha analizzato una condizione testata anche da Sheehy e Newman (2015) è quello di Benavides-Varela e Reoyo-Serrano (2021) che si proponeva però uno scopo diverso ovvero quello di comprendere se bambini nella fascia di età compresa tra i nove e i dieci mesi fossero in grado di rappresentare piccoli range numerici di suoni linguistici. A tale scopo era stata utilizzata una procedura molto simile a quella adottata nella presente ricerca (paragrafo 3.4) per quanto riguardava le sessioni di familiarizzazione e quelle test. L'unica cosa differente da questo punto di vista era il numero di trials: infatti vi erano venti trials di familiarizzazione e otto trials test. Nei primi due esperimenti le autrici hanno messo a confronto la capacità dei bambini di discriminare tra sequenze di sillabe composte da due e da tre elementi, dimostrando come i bambini fossero in grado di effettuare tale distinzione anche se dai risultati emergeva anche come i bambini fossero in grado di imparare e generalizzare solo una delle due sequenze ovvero quella composta da due sillabe. Nel terzo esperimento i bambini venivano testati rispetto ad un compito più difficile ovvero la capacità di discriminare tra sequenze composte da tre e quattro sillabe. I risultati dimostravano che in questo caso non vi erano evidenze circa la capacità di discriminare tra questo tipo di sequenze. Infine, il quarto esperimento testava le capacità di tali bambini di effettuare una discriminazione rispetto a suoni non linguistici composti da due o tre tonalità diversi (come Newman e Sheehy che analogamente avevano appunto testato la capacità di discriminare suoni non linguistici). Rispetto a quest'ultima condizione i risultati avevano riscontrato una maggiore difficoltà dei bambini nel discriminare suoni non linguistici rispetto alle sillabe (Benavides-Varela & Reoyo Serrano, 2021).

Tale studio rappresenta la ricerca più simile esista nel panorama scientifico attuale a quella presentata in questo elaborato. Tuttavia ci sono comunque delle differenze come ad esempio la fascia di età su cui sono stati condotti questi studi, l'obiettivo di ricerca e le condizioni a cui sono stati sottoposti gli infanti (nel nostro caso si trattava solo di sequenze di sillabe).

1.5.2. IL CHUNKING : RISORSA EFFICACE PER UN MAGGIORE IMMAGAZZINAMENTO

Nonostante l'importanza della memoria di lavoro data dalla vastità di compiti che possiamo svolgere grazie ad essa, abbiamo riconosciuto anche quello che è un suo importante limite ovvero la capacità estremamente limitata che è stata definita tramite il concetto di span (vedi paragrafo 1.4). Infatti, ad esso è strettamente connesso un altro concetto ovvero quello di chunking (Miller,1956). Il chunking è il processo con cui il cervello divide in unità più semplici elementi complessi in modo tale che questi siano più facili da conservare nel magazzino temporaneo di memoria. Ad esempio, il chunking è molto utile quando bisogna memorizzare un numero di telefono oppure liste di tante parole. Miller aveva teorizzato una capacità di span di 7 ± 2 elementi trattenibili all'interno della memoria a breve termine, tuttavia essi potevano essere notevolmente aumentati se venivano raggruppati in sottoinsiemi magari utilizzando come parametro la similitudine tra quegli item. Questa abilità ha iniziato ad essere testata anche sui bambini. Infatti, le evidenze empiriche avevano dimostrato come sin dai primi mesi i bambini fossero in grado di costruire una rappresentazione del mondo e come essa persistesse anche per gli oggetti che venivano occlusi dalla loro vista. Ad esempio, in un esperimento condotto da Wynn (1992) i bambini di cinque mesi osservavano una bambola che veniva nascosta dietro lo schermo e subito dopo ne veniva aggiunta un'altra. In quest'esperimento è stato riscontrato come una volta tolto lo schermo i bambini guardavano molto più a lungo le condizioni in cui venivano rilevate tre bambole oppure una sola bambola in quanto il risultato differiva da quella che era la loro aspettativa. Tale studio suggeriva che i bambini già in età precoce fossero in grado di formare una rappresentazione del primo oggetto e trattenerla nella mente e che fossero anche in grado di aggiornarla quando veniva aggiunta la seconda bambola.

Tuttavia, le maggiori prove che i bambini siano in grado di costruire delle rappresentazioni temporanee e che tale capacità abbia un limite provengono proprio dagli esperimenti in cui il bambino non riusciva a trattenere questi elementi per via della loro quantità (limite di tre/quattro item). La ricerca di Moher, Tuerk e Feigenson (2012) voleva capire se questa capacità di chunking fosse già presente nei bambini di sette mesi dato che altre ricerche avevano attestato la sua presenza in bambini che avevano quattordici mesi. Anche in questo caso erano state disposte diverse condizioni sperimentali. Nella prima si voleva testare se i bambini con questa fascia d'età fossero in grado di ricordare tre oggetti nascosti in assenza di cues che favorissero il chunking. Tale esperimento ha dato esito negativo suggerendo come la memoria di lavoro sia ancora immatura a quest'età. Nel secondo e nel terzo esperimento si cercava di capire se i bambini sarebbero stati in grado di effettuare il chunking se gli fossero stati dati dei cues per facilitare il raggruppamento degli item. Effettivamente in queste condizioni i bambini osservavano più a lungo la situazione in cui venivano celati tre oggetti dietro uno schermo e una volta sollevato ne trovavano solo due. Tuttavia, l'esperimento successivo ha riscontrato che se gli veniva dato un solo indizio (spaziale o basato sulle caratteristiche degli oggetti), i bambini non fissavano più a lungo la suddetta condizione (tre oggetti nascosti vs due rivelati). Con il quinto e ultimo esperimento gli autori hanno avuto la conferma che le prestazioni migliori ottenute nel secondo e nel terzo esperimento fossero da attribuire non solo alla compresenza di cues spaziali e funzionali ma era necessario che tali facilitazioni specificassero i chunk in modo coerente. (ibidem). Dunque, il chunk è presente sin dalla prima infanzia anche se subisce uno sviluppo rapido dopo il primo anno di vita come dimostrano studi con bambini di quattordici mesi (Feingerson e Halberda, 2008) in quanto a quest'età erano in grado di utilizzare il chunking senza il bisogno che ci fossero entrambi i tipi di cues o che questi fossero presentati ripetutamente.

1.6 UN ULTERIORE ELEMENTO DI DIFFICOLTÀ PER LA WORKING MEMORY: IL RUOLO DEI DISTRAATTORI

Il paradigma più utilizzato per valutare la memoria di lavoro è il complex span. Ciò che caratterizza i compiti con complex span è la necessità di ricordare alcuni elementi (parole, cifre), mentre allo stesso tempo viene richiesto di eseguire un secondo compito

che si configura quindi come distraente. Il paradigma complex span si contrappone al simple span in cui viene semplicemente richiesto di effettuare il richiamo immediato della sequenza di item appena presentata. In precedenza (paragrafo 1.2) avevo accennato all'esistenza di due diverse teorie che interpretavano in maniera diversa l'oblio che si verificava nella working memory. Tuttavia, ritenevo importante trattare questo aspetto in una sezione specifica proprio perché tali teorie non sono incentrate sulla working memory quanto piuttosto su una sua caratteristica (la capacità limitata) ma anche per il modo in cui cercano di dare supporto alle proprie ipotesi ovvero tramite esperimenti che prevedevano l'utilizzo dei distrattori. La presenza di tali elementi distrattori è stata anche parte integrante della ricerca su cui verte questo elaborato. Le due teorie in questione sono il serial order in a box complex span (SOB-CS) e la teoria di condivisione delle risorse (TBRS).

La SOB-CS (Oberauer et al.,2012) ritiene che le prestazioni di memoria siano limitate a causa della presenza di distrattori i quali interferiscono con la codifica delle altre rappresentazioni. Affinché la memoria di lavoro continui ad essere efficiente è necessario che ci sia un buon meccanismo di "pulizia" predisposto all'eliminazione di elementi non rilevanti in modo tale da impedire il sovraccarico di tale memoria. La SOB-CS spiega la rimozione in maniera diversa dalle teorie classiche in quanto ritiene che si tratti di un processo attivo; mentre affida un ruolo passivo al processo di conservazione degli elementi all'interno della memoria che avverrebbe invece di default. Ma come avviene questa rimozione attiva? Secondo la SOB-CS per comprendere questo meccanismo sono fondamentali le pause tra la presentazione di un distrattore e quella dell'elemento da ricordare. Durante tali pause il distrattore viene rimosso grazie al meccanismo dell'anti-apprendimento hebbiano che consiste nell'eliminare elementi diventati inutili. Tale rimozione avviene sotto controllo dell'individuo che effettua una vera e propria selezione sugli elementi presenti all'interno della memoria. In quest'ottica il modo più efficace per migliorare la prestazione è quello di diminuire l'interferenza. Inoltre tale modello sostiene che la forza della codifica sia guidata dalla novità e che quindi l'ultimo elemento presentato sia al centro dell'attenzione. Solo gli stimoli al centro dell'attenzione e che si trovano quindi in uno stato di attivazione (apprendimento hebbiano) sono nelle condizioni di essere codificati o rimossi. Una teoria alternativa è la TBRS proposta da Barouillet e colleghi (2011).

Tale teoria si basa su due presupposti: il primo è che l'oblio dipenda da un decadimento dell'informazione causato dal trascorrere del tempo e che esso possa essere rallentato tramite il meccanismo del "refreshing"; il secondo è che la memoria di lavoro abbia a disposizione un meccanismo di attenzione generale che può dedicarsi ad un singolo compito alla volta. Tuttavia l'attenzione può spostarsi rapidamente passando dall'esecuzione di operazioni al refreshing degli elementi presenti all'interno della memoria. Di conseguenza le prestazioni di memoria dovrebbero essere migliori man mano che viene lasciato maggiore intervallo di tempo libero tra le operazioni in quanto durante questa "pausa" è possibile riattivare le rappresentazioni degli elementi da ricordare (Barouillet & Gaven 2004, Barouillet et al.,2016). Tale modello è connesso al concetto di carico cognitivo (cognitive load) inteso come quella porzione di tempo in cui la memoria sta codificando due item ma ad un certo punto viene distratta da un altro elemento che cattura l'attenzione del soggetto (Barouillet & Dagry,2017). Tale concetto è anche espresso tramite una formula:

$$CL \rightarrow aN = T$$

dove N rappresenta il numero di operazioni da elaborare, a è il tempo richiesto per ogni operazione e T il tempo totale disponibile all'elaborazione. Dunque maggiore è il carico cognitivo e minore sarà la prestazione di memoria in quanto ci sarà meno tempo disponibile da dedicare al refresh. Quando il carico cognitivo viene mantenuto costante non ci sono effetti delle operazioni distraenti sulla memoria.

1.7 IL RUOLO DEL SONNO NELLA MEMORIA

Le prestazioni in compiti di working memory come abbiamo visto fino ad ora possono essere influenzate da tanti fattori. Tuttavia la qualità del sonno merita un'analisi più approfondita in quanto è stato uno dei fattori indagati nella presente ricerca e che è stato poi messo in relazione con le capacità di memoria fonologica mostrate dai bambini (vedi paragrafo 3.4). All'interno della letteratura scientifica la relazione tra working memory e sonno è stata studiata soprattutto negli adulti. Meno ricerche si sono soffermate sui bambini e in particolare hanno analizzato bambini con ADHD, con disturbi dell'apprendimento, con autismo o con problemi respiratori. Per questo motivo dato che il campione selezionato nello studio da me condotto è composto da bambini a sviluppo tipico, ho pensato di illustrare le conseguenze di irregolarità e privazione di

sonno sulla working memory in uno studio in un gruppo di studenti. Infatti, sebbene non si tratti di bambini ritengo che sia in grado di rendere bene l'idea degli effetti della qualità del sonno, effetti che dobbiamo immaginare essere molto più significativi nei bambini dato che la loro memoria di lavoro non è ancora ben sviluppata. In particolare, nello studio di Del Angel e colleghi (2015) sono stati utilizzati dei compiti visuo-spaziali e uditivi per testare gli effetti ottenuti dagli studenti (età media di 18 anni) in queste prove in una condizione di riduzione del sonno della durata di cinque giorni. Tra questi compiti è stato utilizzato l'N-back test che consiste in un flusso di stimoli che viene presentato ai partecipanti e questi per ognuno di essi devono stabilire se è compatibile con lo stimolo presentato in precedenza⁵. Tale studio ha dimostrato che in cinque giorni i partecipanti mostravano difficoltà in entrambi i domini ma che quello visuo-spaziale era un po' più compromesso. Inoltre, si ipotizzava che tale peggioramento fosse dovuto ad una maggiore difficoltà anche nell'elaborazione e nella localizzazione delle immagini così come nell'acquisizione di nuove conoscenze. Il calo nelle performance che coinvolgevano il dominio uditivo sebbene minore di quello osservato nel dominio visuo-spaziale, aveva un effetto sulle abilità verbali. Se lo stato di carenza di sonno si prolunga, è probabile che ciò dal punto di vista della memoria fonologica si traduca in una difficoltà nell'elaborazione e comprensione dei testi scritti (Del Angel et al., 2015).

⁵ Ai partecipanti viene presentata una sequenza di stimoli uno per uno. Per ogni stimolo devono decidere se l'item presentato è uguale allo stimolo presentato N prove fa. La N può essere uno, due, tre. Più alto è il numero, più la prova sarà difficile. Ad esempio, nel 1-back il soggetto deve ricordare se la casella presentata compare nella stessa posizione di quella precedente; 2-back in cui il partecipante deve indicare se la posizione della casella è la stessa di quella presentata due volte prima. La stessa cosa è stata fatta anche con gli stimoli uditivi.

CAPITOLO SECONDO

LO SVILUPPO DEL LINGUAGGIO E LA SUA RELAZIONE CON LA WORKING MEMORY

2.1 COMPONENTI ESSENZIALI E TEORIE ESPLICATIVE DEL LINGUAGGIO

Il linguaggio è un'abilità fondamentale per l'uomo in quanto consente di comunicare con gli altri utilizzando dei segnali che veicolano significati e che possono essere combinati tra loro seguendo delle regole grammaticali. Prima di passare in rassegna le principali teorie che hanno provato a delineare la sua evoluzione, è essenziale analizzare quelle che sono le sue componenti essenziali. La più piccola unità di linguaggio riconosciuta come tale è il fonema. Lingue diverse possiedono quantità di fonemi differenti e alcuni di essi sono specifici di una determinata lingua. Infatti ogni lingua possiede una serie di regole che stabilisce come i fonemi possano essere combinati tra di loro per produrre suoni linguistici (Kipp K. & Shaffer D. R., 2015). Ad esempio, il fonema "th" tipico della lingua inglese non è presente nella lingua italiana. Ciò che rende un fonema tale e non un rumore casuale è il fatto che tramite di esso avvenga la comunicazione di un messaggio verbale. I fonemi vengono combinati tra loro in modo tale da costituire morfemi ovvero le più piccole unità di linguaggio dotate di significato. Inoltre ogni lingua possiede delle regole grammaticali che determinano il modo in cui le unità linguistiche possono essere combinate tra loro per produrre messaggi dotati di significato. Tali regole si suddividono in regole morfologiche e sintattiche. Le prime stabiliscono come i morfemi possano essere mescolati tra loro per formare parole, mentre le seconde indicano come le parole possano essere combinate per produrre frasi. Per quanto riguarda le teorie che hanno provato a spiegare l'origine dello sviluppo del linguaggio è possibile fare una distinzione tra tre grandi approcci : comportamentista, innatista e interazionista. Una prima spiegazione è quella formulata da Skinner (1957) noto esponente del Comportamentismo.

Secondo lui anche il linguaggio viene acquisito grazie al condizionamento operante⁶. Secondo Skinner il progressivo sviluppo del bambino fa in modo che questi inizi ad emettere delle vocalizzazioni. Questi suoni riceveranno un riscontro da parte dell'ambiente (genitori) e a seconda delle reazioni ottenute il bambino continuerà a produrre solo le vocalizzazioni che vengono rinforzate (Kipp & Shaffer, 2015). Inoltre un altro meccanismo centrale per comprendere lo sviluppo del linguaggio è quello dell'imitazione. Infatti, secondo Skinner i bambini hanno la tendenza ad imitare le strutture linguistiche ascoltate. Anche in questo caso interviene il meccanismo del condizionamento operante in quanto quando il bambino dà vita a strutture sgrammaticate i genitori tenderanno a ignorarle, mentre invece andranno a rinforzare quelle corrette. Le teorie innatiste spiegano il linguaggio come una predisposizione biologicamente insita nell'individuo quando viene al mondo. Un noto sostenitore della teoria innatista è Chomsky (1957) che ritiene che il cervello umano sia dotato di un dispositivo di acquisizione del linguaggio ovvero il LAD. I processi del linguaggio emergono spontaneamente con la maturazione del bambino, anche se è ugualmente importante che tali processi ricevano stimoli adeguati. Una delle critiche che è stata più rivolta alle teorie innatiste è rappresentata dal fatto che esse non spiegano come si sviluppi il linguaggio ma si limitino a illustrare il perché ciò avvenga. Le teorie interazioniste tentano di spiegare come la capacità innata del linguaggio si combini con l'esperienza ambientale. Secondo gli interazionisti i genitori adattano le loro interazioni con i figli in modo tale da rendere più semplice l'acquisizione del linguaggio ad esempio parlando più lentamente, articolando le parole in modo più chiaro e utilizzando frasi semplici (ibidem).

⁶ Il condizionamento operante è il meccanismo attraverso il quale Skinner spiega l'apprendimento. In quanto membro del Comportamentismo ritiene che ogni comportamento possa essere plasmato. Tuttavia, a differenza di Watson introduce dei nuovi concetti. In particolare, egli ritiene che un comportamento possa essere elicitato attraverso l'utilizzo di rinforzi e scoraggiato quando essi non vengono elargiti o quando viene introdotto un elemento negativo.

2.2 TRAIETTORIA EVOLUTIVA DEL LINGUAGGIO

Periodo sensibile nell'acquisizione del linguaggio e specializzazione degli emisferi

Lenneberg (1967) è stato il primo a suggerire l'esistenza di un periodo critico (sensibile) per l'acquisizione del linguaggio. Secondo lui se il linguaggio non viene acquisito entro la fine dell'adolescenza non sarà più possibile apprenderlo in maniera completa. Tale difficoltà deriva dal fatto che crescendo all'interno avviene la lateralizzazione, ossia alcune aree dell'emisfero destro o sinistro del cervello si specializzano e si attivano solo rispetto a determinati stimoli ma non ad altri. Ad esempio, per quanto riguarda il linguaggio, tale specializzazione riguardava l'emisfero sinistro. Infatti, lesioni in aree di questo emisfero portano ad una compromissione del linguaggio. Invece l'idea era che se in bambini e adolescenti interveniva una lesione vi era una maggiore possibilità di recupero in quanto l'emisfero destro aveva la possibilità di compensare tale perdita, non essendosi ancora specializzato in delle specifiche funzioni. L'idea dell'esistenza di un periodo sensibile sembrava essere supportata anche da evidenze empiriche che mostravano come imparare una seconda lingua in questa fascia di età fosse molto più semplice, mentre invece vi erano notevoli difficoltà nell'apprendere una lingua nuova da adulti (Steber & Rossi,2021).

Sviluppo del linguaggio

Tutto il periodo che precede l'apprendimento delle prime parole viene definito come fase prelinguistica dello sviluppo del linguaggio. Sin dalla nascita è stato dimostrato che il bambino discrimina la voce materna e che preferisce ascoltare parole nella propria lingua madre piuttosto che in una lingua straniera (Moon, Cooper e Fifer,1993). Un'altra abilità relativa al linguaggio che compare piuttosto precocemente è quella relativa alla comprensione di indizi che riguardano il ritmo e la prosodia. Infatti i bambini di età compresa tra i due e i sei mesi tendono a rispondere alle esternazioni degli adulti con delle vocalizzazioni che ne rispecchiano diverse intensità. Questo implica che siano consapevoli del fatto che toni di voce diversi abbiano significati differenti. Il primo traguardo raggiunto dal bambino nella produzione linguistica avviene intorno ai due mesi ed è rappresentato dall'emissione di suoni vocali detti cooing. Tra i quattro e i sei mesi i bambini aggiungono suoni consonantici. Questi si uniscono ai suoni vocalici e danno vita a delle combinazioni ripetute di vocali e consonanti che possono assomigliare a delle parole ma che sono prive di significato (babbling o lallazione).

È in questa fase che si inizia a notare una differenza tra bambini udenti e bambini sordi in quanto le vocalizzazioni prodotte da questi ultimi sono fonemi distanti dalla propria lingua madre (Eilers & Oller, 1994). Entro il primo anno il bambino accorda l'intonazione dei propri balbettii con le qualità tonali della propria lingua. Quindi ancora prima di imparare a parlare, i bambini apprendono la prosodia della propria lingua. Nel facilitare l'apprendimento della lingua svolge un ruolo importante il restringimento percettivo che si verifica intorno agli otto mesi. Infatti, mentre all'inizio il bambino era in grado di discriminare tra i fonemi di tutte le lingue, dagli otto/nove mesi, perde questa capacità e inizia a focalizzarsi su quelli appartenenti alla propria lingua madre (Kuhl, 2004). Tale fenomeno non avviene solo per l'udito ma si riscontra anche dal punto di vista visivo. Infatti, a sei mesi i bambini sono in grado sia di distinguere i volti di due persone diverse, sia di discriminare tra volti appartenenti a scimmie di specie diverse, mentre a nove mesi effettuano una distinzione solo per quanto riguarda i volti delle persone (Fair et al., 2012).

Ciò avviene perché il neonato crescendo continua a fare esperienza di volti umani, mentre raramente si trova a contatto con tante specie animali. Questa specializzazione sia nel caso della vista che dell'udito ha dunque una funzione adattiva. È interessante notare come la perdita di capacità di discriminare tra fonemi di lingue diverse non si osservi in bambini bilingue di nove mesi. Ancora una volta questo risultato può essere spiegato tramite il concetto di adattività in quanto per bambini che ascoltano regolarmente due lingue differenti, è sicuramente più utile preservare questa capacità di discriminazione. Tra i dieci e i dodici mesi i suoni emessi dal bambino iniziano ad essere più consapevoli in quanto il bambino inizia a relegare alcuni suoni a specifiche situazioni. Questo implicherebbe la capacità degli infanti di capire che determinati suoni hanno un significato preciso. Lo sviluppo del linguaggio del bambino implica anche l'apprendimento di alcune regole della comunicazione sia verbale che non verbale. Ad esempio, è stato notato che mentre i bambini di sei mesi emettono i balbettii anche quando l'adulto parla, a partire dai sette/otto mesi i bambini aspettano che l'adulto faccia silenzio prima di rispondere con la vocalizzazione. Sembrerebbe quindi che i bambini abbiano appreso una regola molto importante relativa alla pragmatica del linguaggio: non bisogna sovrapporsi quando si parla ma è necessario aspettare il proprio turno. Inoltre tra gli otto e i dieci mesi i bambini iniziano anche a utilizzare i gesti per comunicare.

Tali gesti si suddividono in dichiarativi e imperativi. I primi vengono utilizzati dal bambino per attirare l'attenzione dell'adulto su un oggetto toccandolo o indicandolo, i secondi vengono utilizzati per convincere l'altro a fare qualcosa che si desidera come ad esempio essere presi in braccio. Intorno ai dodici mesi il bambino inizia a pronunciare le prime parole e si stima che la crescita del vocabolario sia molto rapida. In particolare, a diciotto mesi si verifica quella che viene definita come "esplosione del vocabolario".

Infatti grazie agli stimoli ambientali e relazionali il loro vocabolario si amplia esponenzialmente e si stima che i bambini inizino ad aggiungere al loro repertorio dai dieci ai venti vocaboli a settimana. Inoltre dai venti mesi il bambino inizia a capire l'oggetto di una comunicazione senza il bisogno che l'interlocutore volga la sua attenzione al referente. Ciò è possibile grazie al "fast mapping" (Woodward, Markman & Fitzsimmons, 1994), processo con cui riescono a collegare vocabolo e referente facilmente, anche in presenza di altri oggetti. Dai ventiquattro mesi il bambino inizia ad utilizzare le frasi binarie ovvero frasi che contengono solo due parole e omettono altri elementi che ne agevolerebbero la comprensione. Se il bambino arriva a questo livello nel linguaggio è merito anche di alcuni elementi che ne facilitano l'apprendimento.

Oltre al restringimento percettivo è possibile citare il "motherese", ovvero un tipo particolare di linguaggio che la madre rivolge al bambino e che si caratterizza per la sua semplicità e per la forte componente affettiva. Tale modalità si accorda alle esigenze linguistiche e attenzionali del bambino. Un altro meccanismo importante che agevola lo sviluppo del linguaggio è rappresentato dai vari elementi con cui i bambini si aiutano per individuare gli indici nel flusso del parlato. Si tratta di una serie di strategie che i bambini utilizzano per individuare le parole. La prima strategia è la statistica: infatti i bambini sin dall'inizio segmentano le sillabe e cercano di predire quale sarà la sillaba successiva all'interno di una parola che non è stata ancora pronunciata per intero. È stato dimostrato come i bambini manifestino una preferenza per le sillabe che hanno la probabilità di trovarsi insieme rispetto a quelle in cui tale possibilità è minore. La seconda strategia utilizzata dal bambino per segmentare il flusso di parole è data dall'individuare le parole già conosciute, come ad esempio il proprio nome, per effettuare una discriminazione e identificare le altre parole all'interno di una frase. L'apprendimento delle regolarità della propria lingua madre si accorda con l'ipotesi dell'esistenza di un "native language commitment" che promuove l'apprendimento di questi pattern e allo stesso tempo ostacola quelli di lingue straniere (Kuhl, 2004).

Questa teoria predice, dunque, che le abilità fonologiche del bambino dovrebbero riuscire a predire l'acquisizione del linguaggio. Lo sviluppo del linguaggio nel bambino, inoltre, subisce un'evoluzione anche dal punto di vista grammaticale: tra il secondo e il terzo anno il bambino inizia ad imparare tali regole. Infatti, è comune che i bambini in questa fascia di età tendano a commettere degli errori dovuti al fatto che quando sentono spesso un certo tipo di struttura, iniziano a credere che essa si applichi in tutti i casi (fenomeno dell'iper-correzione). Tra i quattro e i cinque anni diventano consapevoli di come all'interno della propria lingua possano esserci irregolarità.

2.3 Relazione tra working memory e linguaggio

Diversi studi hanno cercato di indagare la relazione tra memoria di lavoro e linguaggio soffermandosi su vari aspetti : fonologia, segmentazione, vocabolario, produzione e comprensione linguistica. Baddeley stesso all'interno del suo lavoro aveva evidenziato come la memoria fonologica potesse essere influenzata da due aspetti : l'effetto somiglianza e l'effetto lunghezza della parola. Infatti era stato dimostrato come sequenze di parole fonologicamente simili venissero ricordate meno rispetto a sequenze di parole diverse (Baddeley,2012). Una possibile interpretazione di questi risultati è che tali parole venivano rappresentate attraverso un sistema di memorizzazione di tipo fonologico piuttosto che di altra natura (semantico o visivo).La memoria di lavoro fonologica può essere indagata con test di ripetizione di cifre, ripetizione di parole e non parole. Tale memoria acquisisce un ruolo fondamentale sia nello sviluppo del linguaggio sia nella comunicazione ed è inoltre collegata alla sintassi in quanto trattiene gli elementi lessicali necessari alla costruzione di una frase fino a quando le regole sintattiche e la programmazione articolatoria si combinano insieme, sfociando nella produzione di un discorso. Dunque se ci sono dei deficit in questo tipo di memoria si potrebbero evidenziare tramite l'utilizzo di frasi meno complesse dal punto di vista sintattico (Rodrigues & Belfi-Lopes,2008). Inoltre, andrebbero ad avere un impatto sull'apprendimento del linguaggio e anche sulla comprensione in quanto deficit in quest'ambito si tradurrebbero in una difficoltà nell'elaborazione delle informazioni linguistiche (ibidem). In uno studio che indagava la capacità di ripetizione di parole e non parole in bambini inglesi dai quattro ai dieci anni è stato riscontrato come il numero di risposte esatte aumentasse in funzione dell'età (Adams & Gathercole,2000, citato in Rodrigues & Belfi- Lopes,2008).

Dunque, bambini che avevano un repertorio lessicale più complesso ottenevano prestazioni migliori nei compiti di ripetizione di parole e non parole. Altri studi hanno indagato l'aspetto fonologico chiedendosi però quando e in che modo questo tipo di conoscenza emergesse nel bambino. A questa domanda erano state date risposte contrapposte. Studi iniziali in quest'ambito sostenevano che i bambini non avevano una rappresentazione fonologicamente dettagliata delle parole (Stager & Werker, 1997, citato in Peperkamp, 2003). Invece altri contributi ritenevano che i bambini fossero in grado di codificare anche parole nuove e che i risultati discordanti derivanti da precedenti ricerche dipendessero dalla richiesta di compiti troppo complessi che venivano dati al bambino e che generavano un sovraccarico durante l'elaborazione delle informazioni. Tali ricerche avevano confrontato la rappresentazione fonologica di parole familiari e non familiari in bambini olandesi di diciannove mesi dimostrando come questi riconoscessero meglio le parole quando esse venivano pronunciate correttamente rispetto a quando una consonante veniva sostituita con un'altra. Questo studio dimostrava che l'effetto storpiatura aveva un impatto indipendentemente da dove venisse modificata (storpiatura della parola iniziale o mediale), a sostegno dell'idea che i bambini non codificassero solo le parti iniziali della parola e allo stesso tempo evidenziava come tale effetto non dipendesse dall'ampiezza del vocabolario del bambino (Swingley & Aslin 2000, 2002, citato in Peperkamp, 2003).

Accesso alle rappresentazioni fonetiche nei bambini

L'importanza dei fonemi è stata ben evidenziata all'interno del paragrafo precedente, mettendo in luce come essi siano i mattoncini alla base del linguaggio e come dalla loro combinazione si possa dar vita ad un'infinità di messaggi con significati diversi. Gran parte degli studi concorda nell'affermare che al termine del primo anno di vita del bambino, le rappresentazioni fonetiche siano già formate in quanto è possibile riscontrare tutti quegli elementi connessi alla fonologia che sono presenti anche negli adulti (categorizzazione, normalizzazione dei cues acustici irrilevanti come voci, emozioni e coarticolazione). Tuttavia fino agli anni Novanta non ci si era focalizzati nel comprendere a che punto si trovassero tali rappresentazioni in bambini con pochi mesi. Mehler è stato uno degli autori a porsi questo interrogativo e ha cercato dunque di indagare quali fossero le capacità collegate al linguaggio in bambini preverbalmente. Mehler e colleghi (1987) hanno effettuato uno studio su bambini di due mesi utilizzando il paradigma della suzione non nutritiva che consisteva nell'ascolto di una serie di sillabe

formate da consonanti e vocali ed in cui la consonante era la stessa, mentre le vocali cambiavano di volta in volta. I risultati di questo studio erano a supporto dell'idea che i bambini fossero in grado di riconoscere la stessa consonante anche quando veniva abbinata con vocali diverse. Ciò implicava che il bambino fosse in grado di costruire rappresentazioni fonetiche indipendentemente dalle sillabe presentate (Mehler et al., 1987 citato in Mersad et al., 2021). Altri autori hanno cercato di capire in che modo avvenisse l'accesso a tali rappresentazioni ovvero se esse facessero parte di uno schema neurale implicito o se invece rientrassero all'interno di uno schema neurale di tipo esplicito⁷. Il processo della lettura era un buon esempio di rappresentazione esplicita in quanto durante esso avveniva la trasduzione di un codice in un'altra modalità come, ad esempio, da fonema a grafema.

Lo studio di Mersad e colleghi (2021) aveva come obiettivo comprendere se i neonati di tre mesi avessero accesso ai fonemi e potessero manipolarli, dimostrando così di possedere quelle che erano rappresentazione fonetiche esplicite. Il compito consisteva nell'associazione di fonemi e forme visive e le risposte dei bambini venivano analizzate mediante l'utilizzo di potenziali evento-correlati. I neonati nella fase di familiarizzazione avevano ascoltato una sillaba con una vocale estratta a caso. All'ascolto di queste sillabe veniva associata un'immagine gialla o rossa. Nella fase test erano state aggiunte sillabe nuove in quanto l'obiettivo era di capire se i neonati riuscissero a generalizzare l'associazione a due sillabe nuove. Gli autori si aspettavano che i bambini avrebbero mostrato delle risposte mismatch quando veniva presentata una coppia incongruente (consonante \neq forma visiva). Effettivamente c'erano differenze significative nelle risposte ERP rilevate nei bambini tra condizione congruente e incongruente. Poiché nella fase test i bambini avevano ascoltato sillabe nuove, tale differenza nelle risposte poteva essere spiegata tramite la capacità del bambino di rappresentare la forma astratta della prima consonante per scoprire l'associazione con la forma visiva giusta (Mersad et al., 2021). Tale studio nonostante utilizzi una tecnica diversa da quella presentata in questa ricerca richiede ai bambini di svolgere un compito simile a quello dell'ADAM, ovvero di apprendere l'esistenza di un'associazione tra stimoli uditivi e visivi.

⁷ Lo schema neurale esplicito è quanto ipotizza Karmikoff-Smith all'interno del suo modello di "ridescrizione rappresentazionale" sostenendo come attraverso lo sviluppo cognitivo le rappresentazioni diventino sempre più esplicite in modo tale da renderle più facilmente manipolabili.

2.3.1 IL RUOLO DELLA SEGMENTAZIONE NELL'APPRENDIMENTO DEL LINGUAGGIO

L'apprendimento del sistema fonologico implica che il bambino impari a riconoscere i suoni, le loro possibili combinazioni ma anche informazioni di natura prosodica come, ad esempio, l'intonazione e il ritmo. Nel paragrafo 2.2 è stata descritta una delle strategie utilizzate dal bambino per rendere più semplice l'apprendimento del linguaggio ovvero cercare di individuare le parole che compongono il discorso partendo da quelle che conosce. Tale processo di individuazione delle singole parole è noto come segmentazione. È importante a tal proposito la distinzione tra categorie di lingue: stress timed (inglese), syllable timed (spagnolo) e mora timed (giapponese). Nelle prime le tensioni sono uguali anche se il numero di sillabe tra ogni accento non è lo stesso: infatti si tende a dare maggiore enfasi alle sillabe in cui risiede l'accento e ad accorciare quelle non accentate. Frequentemente nella lingua inglese si può notare come ci siano vocali lunghe, corte, deboli o che non vengono affatto pronunciate. Nelle seconde invece tutte le sillabe vengono pronunciate dal parlante impiegando lo stesso tempo, indipendentemente da dove risiede l'accento. Nelle terze non esistono sillabe e viene utilizzata come unità di misura la mora (metà di una sillaba). Tale distinzione è importante perché degli autori hanno ritenuto che essa si riflettesse anche nel modo in cui i bambini effettuano la segmentazione delle parole. Sono stati condotti degli studi a riguardo utilizzando il paradigma di preferenza tramite rotazione del capo. Studi condotti su bambini inglesi e olandesi, entrambe lingue appartenenti alla categoria stress timed hanno rilevato gli stessi risultati ovvero la capacità in bambini di sette/otto mesi di individuare rispettivamente parole inglesi/olandesi familiarizzate che presentavano un pattern forte-debole ma non quello opposto (Jusczyk, Houston et al., 1999; Houston, Jusczyk et al., 2000 citato in Minagawa et al., 2017). Tale risultato non valeva per il francese che non aveva accenti lessicali così evidenti e per cui alcuni autori avevano ipotizzato che i bambini francesi imparassero più lentamente il confine tra una parola e un'altra (Nazzi et al., 2006 citati in Minagawa et al., 2017). Per quanto riguardava la lingua giapponese erano stati riscontrati dei risultati simili a quelle delle lingue stress timed mostrando come bambini di età compresa tra gli otto e i dieci mesi utilizzassero principalmente l'intonazione come indizio per individuare le parole. In particolare, anche questi bambini risultavano essere facilitati dallo schema forte-debole, ovvero da quelle parole in cui l'enfasi viene posta all'inizio della parola, mentre si riscontrava una

maggior difficoltà nelle parole che non iniziavano con un'accentuazione (Kajikawa & Masataka, 2003 citato in Minagawa et al., 2017). Alla luce di tali risultati Minagawa e colleghi avevano deciso di testare bambini giapponesi appartenenti a tre fasce di età diverse : cinque/sei mesi; sette/otto mesi; nove/dieci mesi. Nell'esperimento con la fNIRS è stato utilizzato il paradigma FPL che parte dal presupposto che il bambino guardi più a lungo lo stimolo che mostra una corrispondenza con lo stimolo uditivo ascoltato piuttosto che quando viene presentata un'associazione incongruente. Infatti in ogni trial appariva uno stimolo sul lato sinistro o destro del monitor, cui seguiva uno stimolo audio proveniente dal medesimo lato. I risultati mostravano come i bambini di tutte le fasce di età nella fase test mostrassero una preferenza per le frasi contenenti parole che erano state presentate nella fase di familiarizzazione; tuttavia, tale differenza era significativa solo per i bambini più grandi presi in considerazione all'interno dello studio. In particolare nei bambini di nove/dieci mesi è stata osservata una forte attivazione sinistra davanti alle parole target ed è stato ipotizzato che tale area ricoprisse un ruolo fondamentale nella segmentazione delle parole. (Minagawa et al.,2017). Questa ricerca ha mostrato come già in età molto precoci il bambino sia in grado di apprendere parole (aree temporali parietali) e poi di effettuare una segmentazione e decodificazione delle stesse (area frontale). Questi processi sarebbero alla base dell'elaborazione di input e output fonologici. L'idea è che quindi un sistema fonologico sia già presente in bambini di pochi mesi, sebbene si trovi ad uno stadio più immaturo rispetto a quello degli adulti. Tale sistema andrebbe a facilitare la segmentazione delle parole e l'apprendimento lessicale (ibidem).

2.4 FATTORI CORRELATI ALLO SVILUPPO DEL VOCABOLARIO NEI BAMBINI

Baddeley negli anni successivi alla formulazione del suo modello sulla memoria di lavoro aveva iniziato a chiedersi se un tipo particolare di memoria potesse essere coinvolta nello sviluppo del vocabolario, ovvero la memoria fonologica a breve termine, in bambini di età compresa tra i quattro e cinque anni (Baddeley e Gathercole,1989). In particolare, è stata testata la capacità di tali bambini di ripetere non parole di complessità variabile e sono state valutate anche l'intelligenza non verbale e le abilità di lettura. I bambini coinvolti nello studio sono stati ritestati anche a distanza di un anno.

Sia a quattro che a cinque anni il vocabolario risultava essere significativamente correlato con la ripetizione di non parole. Tuttavia a quattro anni vi era anche una maggiore influenza dei punteggi collegati all'intelligenza non verbale, cosa che invece non si verificava negli stessi bambini testati ad un anno di distanza. Quindi all'ingresso nella scuola si notava come il vocabolario fosse influenzato da più fattori, mentre a distanza di un anno le abilità di ripetizione risultavano essere il fattore predittivo principale del vocabolario (ibidem). Gathercole e Baddeley (1989), ipotizzavano inoltre che la memoria fonologica fornisse un'indicazione sulla quantità di non parole che i bambini erano in grado di ripetere. Tale ipotesi sembrava essere confermata proprio dai risultati ottenuti confrontando i vari fattori presi in considerazione (età cronologica, intelligenza non verbale) con il vocabolario, supportando l'idea che esso non dipendesse da abilità cognitive generali bensì da un indicatore più specifico. Successivamente gli autori hanno indagato se degli elementi fossero in grado di influenzare la prestazione dei bambini nei compiti di ripetizione di non parole ed è stato evidenziato come l'accuratezza della performance diminuisse in funzione della lunghezza delle non parole. In particolare, si osservavano performance migliori per gli item a due sillabe e quelle peggiori per le non parole di quattro sillabe. Infine si osservavano prestazioni migliori dei bambini di cinque anni che risultavano anche essere meno influenzati dall'effetto complessità delle non parole.

2.5 DISTURBI DEL LINGUAGGIO : IL RUOLO DI DEFICIT DI NATURA FONOLOGICA

Gathercole e Baddeley (1990), a partire dallo studio citato nel paragrafo precedente, hanno iniziato a chiedersi se data la correlazione tra ripetizione di non parole e dimensione del vocabolario nei bambini, deficit nella memoria fonologica potessero avere ripercussioni sull'apprendimento di materiale verbale nuovo. Per questo motivo hanno effettuato uno studio in cui l'ipotesi centrale era costituita dall'idea che la componente fonologica della memoria di lavoro potesse essere centrale per l'acquisizione delle abilità linguistiche. Nel loro studio sono stati messi a confronto bambini dai sette agli otto anni con e senza disturbo del linguaggio (condizione di controllo). Il primo esperimento era composto da due sotto esperimenti caratterizzati dalla ripetizione di non parole.

L'unica differenza tra i due era che nel caso dell'esperimento IA i bambini ascoltavano non parole di una sillaba, mentre nell'esperimento IB le non parole variavano da una a quattro sillabe. In entrambi gli esperimenti i bambini con disturbo del linguaggio hanno ottenuto prestazioni peggiori in questo compito anche rispetto ai bambini della condizione di controllo più piccoli di loro (Gathercole e Baddeley, 1990). In particolare, si evidenziava come i bambini a sviluppo tipico avevano ottenuto un punteggio leggermente superiore alla media per quanto riguardava la loro età cronologica, mentre i bambini con un ritardo del linguaggio mostravano un punteggio inferiore di circa quattro anni rispetto alla loro età cronologica. Tali risultati erano coerenti con l'idea che le abilità di memoria implicate nel rehearsal giocassero un ruolo fondamentale nello sviluppo del linguaggio e che la loro compromissione implicasse dei ritardi in questo ambito (ibidem).

È importante evidenziare come la differenza tra bambini del gruppo di controllo e bambini con disturbo del linguaggio non riguardasse nessun'altro ambito: infatti si trattava di bambini che avevano pari abilità a livello di vocabolario. Ciò permetteva di evidenziare come l'elemento principale che permetteva di distinguere i bambini con il disturbo era rappresentato dalla difficoltà nella ripetizione di non parole, a sostegno dell'idea che tale deficit dipendesse dalla loro difficoltà a rappresentare il materiale in forma fonologica all'interno della loro memoria di lavoro (ibidem). Nel secondo e nel terzo esperimento Baddeley e Gathercole (1990) hanno cercato di capire se la performance dei bambini con disturbo del linguaggio nei compiti di richiamo immediato, fosse influenzata da particolari caratteristiche ed hanno testato rispettivamente gli effetti della somiglianza fonologica e della lunghezza delle parole. I bambini ascoltavano liste di sillabe che potevano contenere dalle due alle sei parole. I risultati hanno dimostrato che all'aumentare della lunghezza dell'elenco, l'effetto della somiglianza fonologica era più forte nel gruppo di controllo. I bambini con disturbo del linguaggio non risentivano di tale effetto ma ottenevano performance peggiori rispetto al gruppo di controllo nelle parole fonologicamente dissimili (ibidem). Nel terzo esperimento il disegno sperimentale corrispondeva a quello del secondo eccetto per il fatto che le due liste si distinguevano per essere composte da parole di una sillaba o di tre sillabe. In questo caso i risultati hanno dimostrato che la lunghezza delle parole perturbava le performance di entrambi i gruppi, sebbene i bambini con disturbi del linguaggio mostrassero difficoltà leggermente maggiori.

Il contributo più importante di questo studio è l'aver dimostrato come l'effetto della somiglianza e della lunghezza delle parole tra i due gruppi diventava significativo solo in presenza di elenchi di parole lunghe (cinque/sei parole). Tale risultato suggeriva che anche nei bambini con disturbi del linguaggio non dipendevano da un'assenza di processi di rehearsal. Inoltre, tale studio evidenziava come l'elemento principale che contraddistingueva bambini con disturbi del linguaggio e bambini a sviluppo tipico fosse proprio la performance nella ripetizione di non parole. Questo risultato poteva essere spiegato ricorrendo all'idea che il disturbo del linguaggio avesse alla base un deficit fonologico. Infatti le non parole per via del loro status non lessicale sarebbero maggiormente collegate alle rappresentazioni fonologiche a breve termine, mentre le parole possono contare su altri tipi di rappresentazione come, ad esempio, quella lessicale (Gathercole e Baddeley,1990). Già in uno studio descritto in precedenza Gathercole e Baddeley (1989) avevano mostrato come le prestazioni in compiti di ripetizioni di non parole a quattro anni fossero predittive del vocabolario a cinque anni. Con l'avanzare dell'età la relazione tra memoria fonologica e vocabolario diventa sempre più reciproca in quanto la memoria favorisce l'apprendimento del vocabolario che a sua volta aiuta nella ripetizione di non parole non familiari (Baddeley,2003). Quest'interpretazione presuppone che difficoltà in prestazioni di questo tipo dipenda da deficit nell'immagazzinamento fonologico e ben si accorda con il modello della memoria di lavoro proposto da Baddeley stesso (Baddeley & Hitch,1974). Tuttavia, altri modelli hanno fornito un'interpretazione diversa affermando che il problema principale risiedesse nella codifica delle informazioni fonologiche (Brown & Hulme,1996 citato in Baddeley 2003). I due autori ipotizzavano l'esistenza di "abitudini linguistiche" che erano presenti in ogni lingua e che facilitavano l'apprendimento del vocabolario. Tale ipotesi sembrava essere confermata da uno studio (Gathercole,1995, citato in Baddeley, 2003). In tale ricerca veniva evidenziato come la ripetizione di non parole fosse influenzata dalla somiglianza fonetica. Infatti, sequenze di non parole foneticamente simile alla propria lingua madre erano più facili da ricordare rispetto a sequenze di non parole meno familiari (ibidem). Tuttavia, secondo Baddeley anche alla luce del fatto che tale apprendimento non fosse predittivo dell'ampiezza del vocabolario dei partecipanti era rischioso affermare che il magazzino fonologico fosse interamente dominato da abitudini linguistiche preesistenti in quanto ciò avrebbe interferito con l'apprendimento di nuove parole (Baddeley, 2003).

Una possibile spiegazione è che tali abitudini influenzino la prestazione in compiti simili all'acquisizione del vocabolario e che tale influenza possa dipendere dal rehearsal (ibidem).

2.5.1. PROSPETTIVE ALTERNATIVE : IL RUOLO DI ALTRE COMPONENTI NEI DISTURBI DEL LINGUAGGIO

Ci sono altri studi che hanno provato a capire se il disturbo del linguaggio potesse dipendere da deficit che non riguardassero esclusivamente la memoria fonologica. Ad esempio, è possibile citare uno studio che ha messo a confronto prestazioni di bambini in età scolare. Si trattava di bambini con disturbo del linguaggio, con disturbo del linguaggio e con deficit nella memoria di lavoro e bambini a sviluppo tipico.

I partecipanti ascoltavano frasi e si trattava essenzialmente di un compito di valutazione della grammaticalità in cui dei marcatori grammaticali venivano inseriti all'inizio o alla fine della frase (Noonan et al., 2014, citato in Archibald, 2017). I risultati avevano mostrato come il gruppo con disturbo del linguaggio ottenesse punteggi più bassi indipendentemente dalla posizione dell'errore, mentre il gruppo con disturbo del linguaggio e deficit nella memoria di lavoro mostrava difficoltà quando l'errore veniva presentato alla fine. L'ipotesi formulata dagli autori è che gli errori grammaticali producano un carico nella memoria di lavoro. Quindi nei bambini che avevano deficit in questo tipo di memoria si verificava una maggiore difficoltà quando l'errore era presente alla fine della frase in quanto dovevano trattenere una porzione di frase più lunga all'interno della loro memoria di lavoro. I bambini identificati come aventi solo il disturbo del linguaggio non mostravano differenza rispetto a questa condizione (ibidem). Anche Archibald e Joanisse (2009) avevano condotto uno studio simile mettendo a confronto bambini in età scolare con disturbo del linguaggio, con disturbo del linguaggio e deficit della memoria e con solo deficit di memoria. Tutti i gruppi erano stati valutati sia rispetto al linguaggio che alla memoria di lavoro attraverso prove standardizzate. I risultati avevano evidenziato come i bambini con disturbo del linguaggio e deficit nella memoria di lavoro ottenessero prestazioni inferiori alla norma nei compiti di memoria di lavoro verbale e come quelli di memoria visiva risultassero maggiormente preservati, sebbene comunque deficitario. Invece i bambini facenti parte del gruppo con solo disturbo del linguaggio ottenevano prestazioni normali nei compiti

di memoria di lavoro. Tali risultati suggerivano come un disturbo del linguaggio potesse essere in alcuni casi conseguenza di un grave deficit della memoria di lavoro. (ibidem). Questa conclusione differisce con la visione del paragrafo precedente in quanto dimostra come il disturbo del linguaggio non sia sempre la causa di un disturbo di natura fonologica.

2.5.2. IMPATTO DELLA WORKING MEMORY SULLA PRODUZIONE LINGUISTICA

Uno studio più recente ha voluto indagare l'interazione tra working memory e l'intera produzione linguistica (Ishkhanyan et al.,2019).Tale assunto partiva dalle riflessioni presenti in alcuni modelli di produzione linguistica che ipotizzavano come gli enunciati da articolare dovessero essere pianificati sin dall'inizio (Bock & Levelt,2002,citato in Ishkhanyan et al.,2019). Si ipotizza, quindi, in un primo momento venga formulato il concetto ed in seguito siano selezionate le parole e venga assegnata loro una funzione. Successivamente le parole vengono posizionate in un ordine corretto e viene decisa la loro funzione grammaticale. Infine, vi era l'ultimo livello che precedeva l'articolazione ovvero la codifica fonologica in cui venivano applicate le regole fonologiche (ibidem). Un altro modello che cercava di spiegare la connessione tra working memory e linguaggio era la teoria "usage based of grammatical status" (Boye & Harder,2012). Secondo tale teoria gli elementi grammaticali sono elementi secondari e pertanto non possono veicolare il messaggio principale; mentre gli elementi lessicali hanno un ruolo primario e possono essere pronunciati in modo isolato (ibidem). Lo studio di Ishkhanyan e colleghi (2019) aveva come obiettivo il cercare di comprendere a che livelli la working memory si sovrapponesse al linguaggio⁸. Proprio per questo ha indagato diverse condizioni (fonologica/lessicale/grammaticale), ipotizzando che una sovrapposizione tra una di queste condizioni e la working memory avrebbe dovuto implicare peggiori performance e tempi di risposta più lunghi. I risultati nell'ambito fonologico hanno portato ad escludere una sovrapposizione tra di esso e la working

⁸ Lo studio aveva come partecipanti nove maschi di età compresa tra i venti e i cinquantacinque anni e prevedeva l'esecuzione di compiti complex span in concomitanza con la produzione linguistica. Inizialmente i partecipanti erano impegnati in un compito di digit span. Successivamente eseguivano le prove centrali per l'esperimento: denominazione dei sostantivi, degli aggettivi e poi questi due compiti venivano combinati insieme. Dopo ogni prova gli veniva chiesto di produrre un enunciato di tre parole. Infine il compito di produzione veniva combinato con un compito di carico di memoria di lavoro in quanto ai partecipanti veniva richiesto di memorizzare le parole che ascoltavano tra una prova e l'altra.

memory in quanto non è stata riscontrata un'interazione significativa tra il numero di sillabe e il carico. La seconda e la terza ipotesi hanno verificato rispettivamente l'impatto dell'aspetto lessicale e grammaticale sulla working memory. In entrambi i casi non è stata trovata un'interazione significativa con essa anche se nella condizione lessicale si osservavano maggiori errori da parte dei partecipanti. Ciò sembrava in linea con la teoria di Boye e Harder (2012), secondo la quale gli elementi grammaticali non sono fondamentali ed è per questo che i partecipanti tendevano anche ad ometterli in modo tale da lasciare maggior spazio libero nella working memory.

CAPITOLO TERZO

eADAM: UN TEST ONLINE PER MISURARE LA MEMORIA DI LAVORO Uditiva NEI PRIMI DUE ANNI DI VITA

Gli studi citati nel precedente capitolo hanno evidenziato come le competenze linguistiche dei bambini preverbali siano molto più sviluppate rispetto a ciò che pensava il senso comune. Lo sviluppo del linguaggio avviene in maniera rapida e comporta una specializzazione nella propria lingua madre già prima che il bambino compia un anno (Kuhl, 2004). Altre ricerche hanno inoltre mostrato come nella seconda metà del primo anno di vita il bambino sia in grado di segmentare il flusso del linguaggio e di individuare le informazioni statistiche del segnale (Minagawa et al., 2017), evidenziando la sua capacità di individuare le caratteristiche fonologiche e prosodiche della propria lingua madre. La capacità di individuare tutti questi elementi si accorda con l'esistenza di una memoria in grado di trattenere le informazioni in tempo reale e di eseguire delle attività (in questo caso dei veri propri calcoli statistici) su di esse. Tuttavia, è necessario evidenziare come i modelli di memoria di lavoro descritti nel primo capitolo siano pensati per spiegare il suo funzionamento negli adulti, mentre non è da molto che si è sviluppata un'attenzione per quanto riguarda ciò che accade nella mente del bambino nella fase preverbale. La funzione attribuita da Baddeley (2012) al loop articolatorio nel mantenere le informazioni all'interno della memoria, il ruolo attribuito al rehearsal per evitare il decadimento, non è stato dimostrato che valgano anche per i bambini; infatti, è improbabile che già così precocemente vi siano meccanismi così sofisticati. Però è possibile che nonostante l'assenza di una strategia ben precisa nei bambini, sia possibile invece osservare dei processi primitivi che attraverso percorsi feedforward e feedback collegano sistemi uditivi e motorio-vocali. L'ADAM è uno strumento adattato per perseguire questo obiettivo in quanto si configura come un test di memoria infantile adattivo in cui in ogni trial gli elementi da ricordare sono combinati con problemi da risolvere. Infatti, la richiesta di ricordare delle informazioni mentre in concomitanza si svolge un altro compito viene riconosciuta come il miglior modo per misurare la memoria di lavoro all'interno di numerose ricerche (Oberauer et al., 2012; Conway et al., 2020)

3.1 OBIETTIVO DI RICERCA

L'obiettivo del presente elaborato è quello di contribuire allo sviluppo di un nuovo test per valutare la memoria fonologica nei bambini dai 5 ai 24 mesi attraverso l'utilizzo di una versione adattata per il suo utilizzo online (eADAM). Tale modalità ad oggi è sempre più frequente all'interno delle ricerche e in periodo pandemico ha ben evidenziato tutte le sue potenzialità, i suoi vantaggi ma anche le sue limitazioni. Questa ricerca si chiede in primis se sia possibile misurare la memoria fonologica utilizzando questa modalità e inoltre se questa possa essere influenzata da altri fattori individuali quali lo sviluppo linguistico e la qualità del suono del bambino.

3.2. DOMANDE DI RICERCA

Le domande di ricerca testate all'interno di questo studio sono due. La prima indaga la possibilità di osservare nei bambini di età compresa tra i 7 e i 27 mesi il funzionamento della loro memoria di lavoro fonologica, utilizzando un test inedito. La seconda domanda di ricerca riguarda l'esistenza di un legame tra qualità del sonno e memoria di lavoro. La terza domanda è relativa alla connessione tra capacità di memoria fonologica misurata e lo sviluppo del linguaggio nei bambini. Come affermato in precedenza, andare ad indagare una correlazione tra questi tre aspetti vuole essere un punto di partenza nel cercare di capire quali variabili potrebbero influenzare la prestazione del nuovo test.

3.3 PARTECIPANTI

L'analisi della prova ADAM è stata condotta su ventiquattro partecipanti (12 maschi e 12 femmine, $M_{age} = 14,37$ mesi $D_s = \pm 6.55$ Range = 7 mesi e 16 giorni - 27 mesi e 12 giorni. Inizialmente è stato deciso di includere nello studio bambini dai 5 ai 24 mesi. Tuttavia, notando il notevole tasso di abbandono riscontrato nei vari step della ricerca (vedi pagina successiva), è stata presa la decisione di estendere leggermente la fascia di età di interesse includendo bambini fino ai 27 mesi, che tuttavia rappresentano una ridotta parte del campione ($N=3$). Il campione presenta una prevalenza di bambini residenti nelle regioni del Nord Italia, in particolare Veneto e Friuli-Venezia Giulia

(N=12). Inoltre, si tratta di un campione abbastanza omogeneo anche dal punto di vista del livello educativo dei genitori e dello status socioeconomico della famiglia. Si nota infatti come il 50 % dei genitori possedeva come titolo accademico più elevato la laurea e il restante 50% il diploma di maturità. Inoltre, nella maggior parte dei casi si tratta di nuclei familiari in cui entrambi i genitori lavorano (87,5%) e la professione più frequente è quella di impiegato (54%). Tutti i bambini facenti parte della ricerca sono italiani e solo in quattro casi i genitori hanno confermato un'esposizione ad una seconda lingua diversa dalla lingua madre, sebbene la lingua parlata prevalentemente resti comunque l'italiano (tre bambini erano esposti all'inglese e uno allo spagnolo). Tuttavia, le percentuali di esposizione alla seconda lingua erano basse: si trattava del 5% per i tre bambini esposti all'inglese, mentre una percentuale più alta (30%) per la bambina che ascoltava anche lo spagnolo.

Tasso di abbandono

La modalità principale di reclutamento è stata tramite gruppi Facebook oppure rapporti di conoscenza personale. Trentacinque genitori in tutto hanno aderito a questa ricerca, di cui diciassette hanno svolto la ricerca nella sua versione estesa che includeva il completamento da parte del bambino di due livelli di ADAM, e da parte dei genitori di due questionari per indagare a) la qualità del sonno e b) lo sviluppo del linguaggio del bambino. Ben otto di questo gruppo iniziale di trentacinque hanno completato soltanto il questionario relativo al sonno, mentre tre hanno deciso di non partecipare a nessuno step. Per questo motivo questi undici partecipanti non sono stati inseriti all'interno del mio campione in quanto la parte centrale dell'elaborato è costituita dai risultati provenienti dagli ADAM. Infine, dei bambini che hanno partecipato all'ADAM, sono stati esclusi (N=4) in quanto non hanno concluso il test perché erano troppo agitati durante la prova.

3.4 PROCEDURA

Inizialmente con ogni genitore ho effettuato un primo incontro su Zoom della durata di circa dieci minuti in cui spiegavo gli obiettivi della ricerca e i vari step da cui era composta. Di seguito una descrizione dettagliata degli strumenti proposti:

ADAM

Il test ADAM (acronimo di ADaptive Memory) era costituito da tre blocchi, ciascuno formato da sei trials di familiarizzazione e due trial di prova⁹ (vedi figura 1).

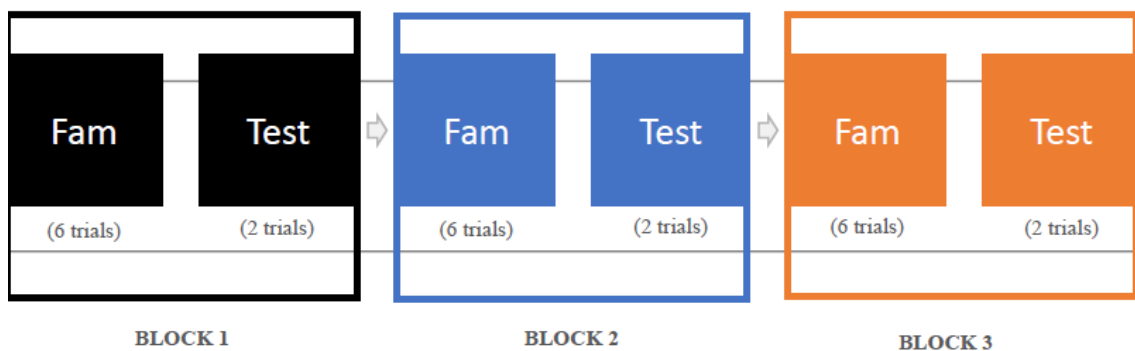


Figura 1- organizzazione dei trials

Le prove di familiarizzazione includevano tre presentazioni delle sequenze target e tre presentazioni delle sequenze distraenti che vengono intervallate tra di loro. Ciascun trial inizia con la visualizzazione di un attrattore centrale e due quadrati bianchi, uno sul lato sinistro dello schermo e uno sul lato destro.

L'attrattore visivo ha la funzione di catturare l'attenzione del bambino e fare in modo che guardi in centro. Una volta che il bambino guarda in centro ha inizio la sequenza di sillabe. Dopo l'offset della sequenza, l'attrattore scompare lasciando visibili solo i due quadrati bianchi per 1s. Poi un pupazzo apparirà su uno dei due quadrati bianchi per la durata di 2s. Quando il bambino ascolta le sillabe target il pupazzo comparirà su un lato dello schermo, mentre quando ascolta le sillabe distrattori il pupazzo comparirà sull'altro lato (vedi figura 2).

⁹ Anche se inizialmente sono stati proposti 4 blocchi, è stato possibile analizzarne soltanto tre in quanto la grande maggioranza dei bambini non arrivava a concludere l'ultimo blocco.

Questa procedura è inerente alle fasi di familiarizzazione, nelle fasi test si riscontra però un funzionamento simile. Infatti, la differenza tra trials di familiarizzazione e trials test consiste nel fatto che in questi ultimi non compare alcun pupazzo, il bambino ascolta solo la sequenza.

La prova è stata programmata e somministrata utilizzando la piattaforma online Labvanced (<https://www.labvanced.com/>). L'algoritmo è programmato per testare sequenze target con una o sette sillabe, a partire da triplette (basato su numerosi studi che dimostrano che i bambini imparano con successo le informazioni dalle sequenze di tre sillabe (Marcus et al., 1999; Saffran et al., 1996; Kabdebon & Dehaene-Lambertz, 2019). Tali studi hanno evidenziato la capacità di bambini di individuare ed estrarre regolarità nelle sequenze di tre sillabe (Marcus et al., 1999), di estrarre/segmentare parole di tre sillabe in un flusso di informazioni (Saffran et al., 1996), di associare parole di tre sillabe a nuovi concetti (Kabdebon & Dehaene-Lambertz, 2019). Tutti i bambini prescindendo dalla loro età cronologica hanno cominciato dal livello di ADAM 3.

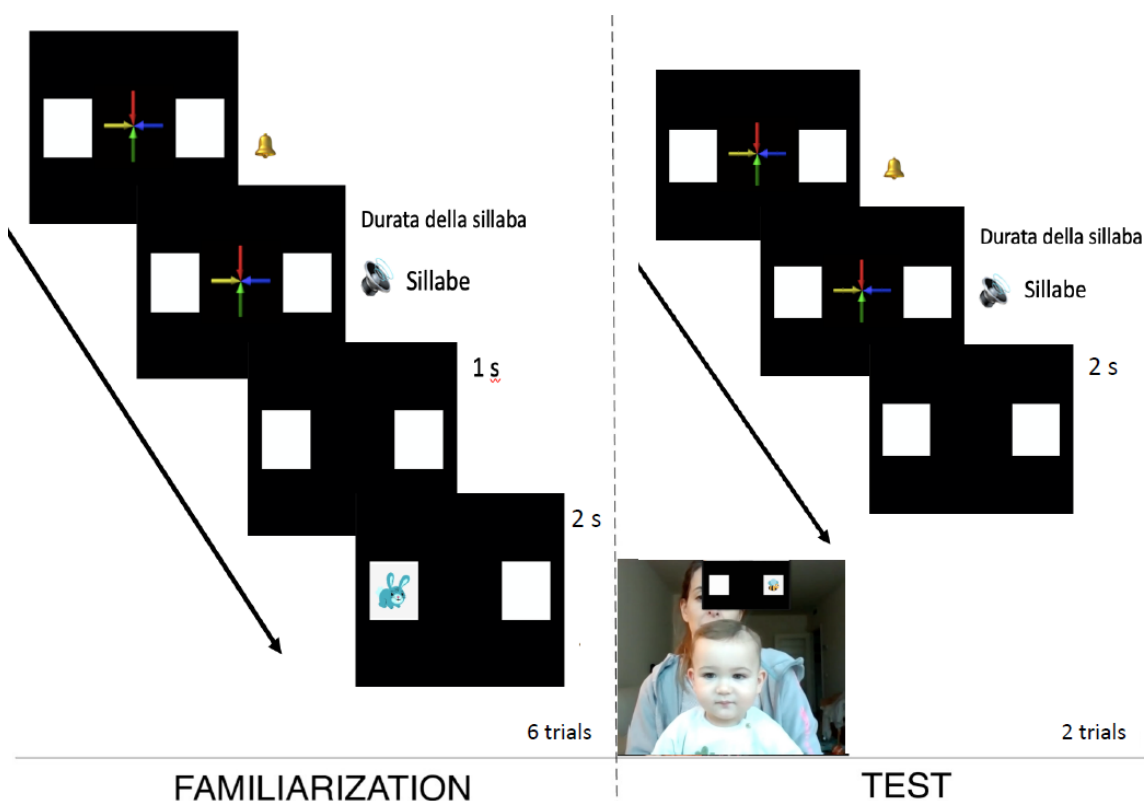


Figura 2 – trials familiarizzazione e trials test

Inoltre, ai genitori è stato chiesto di completare a) una versione italiana dello Sleep Disturbance Scale for Children (Bruni et al.,1996) che indaga diversi aspetti della qualità del sonno nei bambini nelle varie fasi (initiaton, mantainance sleep) e problemi respiratori e b) il CDI italiano, conosciuto anche come “Il Primo Vocabolario del Bambino” (PVB) e adatto a valutare le abilità linguistiche del bambino nei primi mesi di vita (Caselli et al., 2015). Tale strumento consiste in una valutazione indiretta del linguaggio in quanto si basa su la percezione del genitore circa le abilità di comprensione mostrate dal proprio bambino. All’interno del questionario vi erano quattro sezioni: sostantivi, predicati, aggettivi e utilizzo di gesti comunicativi da parte del bambino. Il genitore contrassegnava le caselle contenenti gli aspetti che riteneva potessero essere compresi dal bambino e quindi far parte del suo vocabolario ricettivo.

3.4.1 CODIFICHE DEL COMPORTAMENTO VISIVO

Il comportamento visivo dei partecipanti nella prova ADAM veniva videoregistrato attraverso la piattaforma Labvanced. I filmati venivano successivamente rallentati attraverso un’applicazione chiamata “Format factory” selezionando come impostazione 25 fps e poi venivano visionati attraverso l’utilizzo di un’altra applicazione “Virtual Dub”. I frame visionati scandivano ciò che accadeva ogni 40 ms. I principali parametri a cui è stata prestata attenzione durante la codifica sono stati first look, total look e tempo di latenza. Il first look riguardava il primo sguardo del bambino che poteva rivolgere nella direzione giusta o in quella errata, il total look veniva utilizzato per capire come si era comportato il bambino per la completa durata del trial. Il tempo di latenza forniva invece un’indicazione relativa al tempo impiegato dal bambino per dirigere il suo sguardo in una direzione diversa dal centro. Sono stati esclusi gli sguardi aventi durata inferiore agli 80ms in quanto considerati troppo veloci per essere associati ad una risposta evocata dalla parola presentata. Venivano inoltre esclusi i trials test in cui il bambino guardava esclusivamente al centro o in basso che venivano contrassegnati con la dicitura “NA”. I punteggi di ciascun bambino, sia per il first che per il total look, venivano ottenuti contando le risposte esatte ed errate rispetto al target e al distrattore. Questa scelta metodologica nasceva dalla volontà di conformarsi ai criteri utilizzati per gli adulti.

Infatti, tale modo di calcolare il punteggio ricorda il D' (misurazione utilizzata con gli adulti) che veniva ottenuto effettuando la differenza tra hit e false alarms e dividendo il tutto per cento.

$$D' = \frac{\text{hits} - \text{false alarms}}{100}$$

In questo caso il Difference score era dato dalla differenza tra risposte corrette e incorrette date dal bambino nei trials test che poi venivano messe a rapporto col totale di trials test in cui il bambino aveva dato una risposta valida (destra o sinistra indipendente dalla congruenza rispetto alla risposta presente nella condition list). Infatti nell'ADAM 3, come anche nell'ADAM 2 e nel 4, erano presenti due liste randomizzate diverse. Ciascuna lista presentava sillabe differenti ed era associata ad una condition list dove erano riportate le risposte corrette per ogni trial che poi venivano confrontate con le risposte effettive date dal bambino. Per decidere quale ADAM mandare al bambino dopo che questi aveva effettuato l'ADAM 3, è stato utilizzato come criterio il difference score ottenuto nel first look stabilendo come regola che un punteggio superiore a 0 implicava il passaggio all'ADAM più difficile, mentre un punteggio uguale o inferiore comportava l'invio del link contenente l'ADAM più semplice. L'ADAM 2 e l'ADAM 4 avevano un funzionamento uguale al 3: l'unica differenza era rappresentata dalle sequenze di sillabe ascoltate dal bambino che erano rispettivamente composte da due o da quattro sillabe.

3.5 ANALISI DEI DATI

Il total look è stato utilizzato come una variabile dipendente nel calcolo della memoria. In particolare, è stato ricavato un punteggio il "difference score": un indice che riflette l'accuratezza del bambino sia nei trial in cui è presente il target, sia in quelli dove vi è il distrattore. Il difference score è stato considerato sia quando le risposte date dal bambino si configuravano come un hit (detenzione target), sia quando rifiutava la sequenza non target (detenzione dell'interferente) in quanto entrambe queste condizioni vengono considerate come risposte corrette. Inoltre, il difference score prende in considerazione anche i falsi allarmi considerandoli come risposte sbagliate. Infatti, il difference score può essere definito come:

$Difference\ Score = \frac{Risposte\ Corrette - Risposte\ Incorrette}{Risposte\ Corrette + Risposte\ Incorrette}$

Risposte Corrette + Risposte Incorrette

Come detto in precedenza, tutti i bambini sono stati sottoposti all'ADAM che aveva target e distrattori con tre sillabe. Successivamente se dopo 6 trials test la loro prestazione risultava corretta (valore difference score > 0), il compito diventava più complesso: nel compito più difficile, infatti, il bambino ascoltava sequenze di sillabe target e non distrattori costituite da quattro sillabe. Se invece il bambino aveva ottenuto un punteggio uguale o inferiore a 0, passava alla versione più semplice che si proponeva come obiettivo di comprendere come il bambino si comportava quando doveva trattenere un carico di due anziché di tre sillabe nella propria memoria di lavoro. I risultati del total look sono in linea con quelli del first look ed è per questo che si è preferito riportare i dati ottenuti tramite l'analisi di essi in quanto a differenza del first look tale parametro registra il comportamento del bambino in maniera più esaustiva in quanto tiene conto dell'orientamento visivo durante tutta la durata del trial e non solo all'inizio. Se il bambino otteneva un punteggio positivo sia all'ADAM 3 che al 4 gli veniva assegnato un punteggio di 4, se risultava positivo all' ADAM 3 e negativo al 4 gli veniva assegnato un punteggio di 3. Analogamente se il punteggio era negativo o neutro nell'ADAM 3 ma positivo nel 2 gli veniva assegnato un punteggio di 2, in tutti gli altri casi ha ottenuto 1.

Legame tra memoria di lavoro fonologica e altri fattori associati

Per indagare se le misure di memoria di lavoro fonologica avesse un legame con lo sviluppo linguistico e la qualità del sonno dei partecipanti, sono state utilizzati modelli di regressione lineare. Questi modelli ci hanno permesso di stimare correlazioni parziali (Spearman) tra la memoria di lavoro fonologica e possibili variabili associate, come il punteggio di comprensione al PVB, o al BISQ, confrontando i risultati con l'età cronologica di ogni bambino. Al fine di testare la significatività statistica dei parametri nel modello, è stato eseguito un t-test a due code con un livello di significatività del 5%. Le analisi sono state effettuate utilizzando il software RStudio 2022.07.1+554 per Mac. I modelli sono stati implementati usando la funzione ppcor (Kim, 2015)

3.5.1 RISULTATI

Come si può osservare nella Figura 3, il difference score calcolato sulla variabile total look ha evidenziato un'ampia variabilità nelle risposte dei partecipanti. Nello specifico, un terzo dei bambini (8 su 24) ha superato la prova con un difference score positivo e quindi ha continuato con la prova più difficile (ADAM 4). Nove bambini non sono riusciti a superare la prova con ADAM 3 (difference score negativo) e sette hanno mostrato risposte casuali (difference score = 0). Gli ultimi sedici bambini hanno quindi continuato nella seconda sessione con la prova più semplice (ADAM 2). Di questi sedici due non hanno effettuato il secondo ADAM.

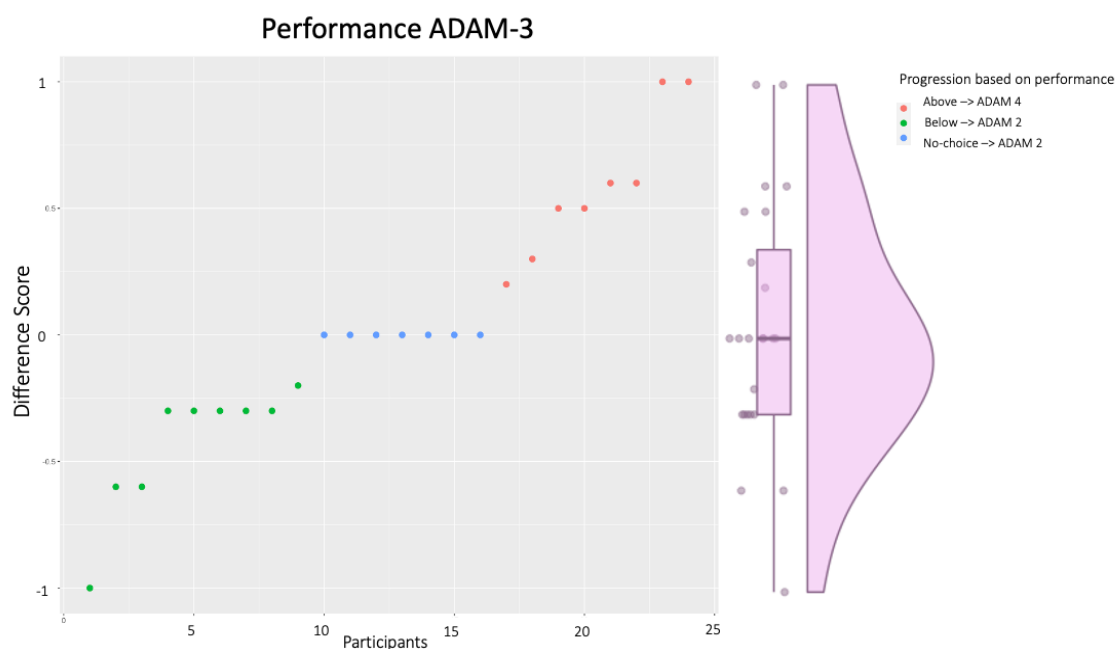


Figura 3. Il grafico mostra il valore del difference score calcolato sul Total Look nella prova ADAM 3. A destra si evidenzia la variabilità nei valori ottenuti dai singoli bambini e la rispettiva progressione secondo i punteggi ottenuti. A sinistra si mostra il raincloud-plot con i dati aggregati.

La figura 4 mostra il punteggio difference score calcolato sulla variabile total look nella prova ADAM 2. Anche in questo caso vi è un'ampia variabilità nelle risposte date dai partecipanti. In particolare, si evidenzia come bambini che non erano riusciti a superare l'ADAM 3 abbiano ottenuto performance positive in questa prova (N=6). Tre hanno mostrato risposte casuali (difference score = 0) e i restanti otto non sono riusciti a superare nemmeno questa prova (difference score negativo).

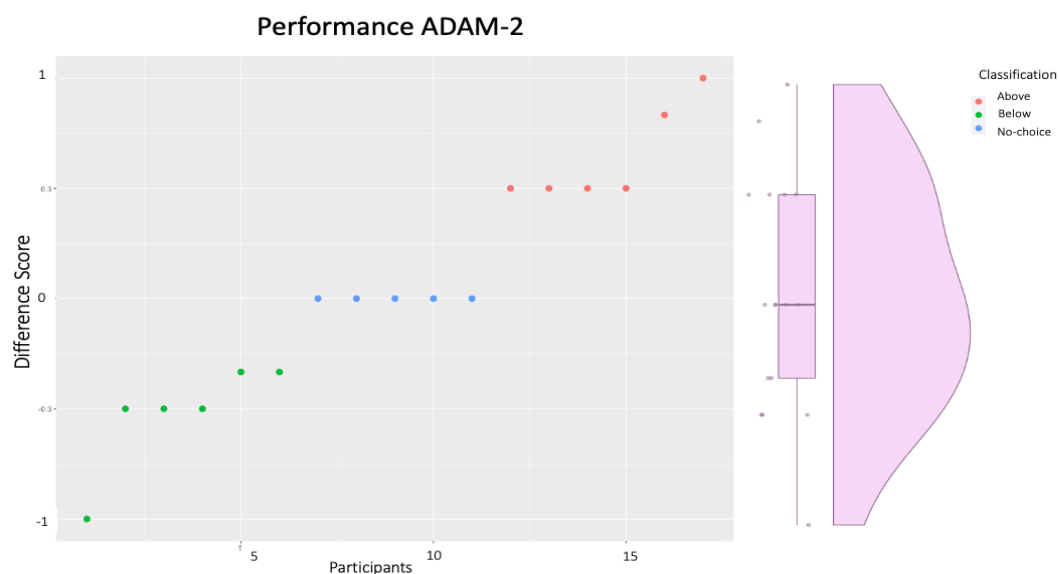


Figura 4. Il grafico mostra il valore del *difference Score* calcolato sul Total Look nella prova ADAM 2. A destra si evidenzia la variabilità nei valori ottenuti dai singoli bambini. A sinistra si osserva il rain-cloud plot con i dati aggregati.

Per quanto riguarda le performance ottenute dai bambini nell'ADAM 4 illustrate nella figura 5, si sottolinea innanzitutto come solo otto siano riusciti a passare a questo ADAM più complesso e come non tutti i bambini che hanno superato l'ADAM 3 siano stati in grado di ottenere una performance positiva quando vi erano un carico di quattro sillabe nella loro memoria di lavoro. Pochi bambini sono riusciti a superare questa prova, altri hanno mostrato risposte casuali (difference score = 0), mentre i restanti non hanno superato affatto la prova (difference score negativo).

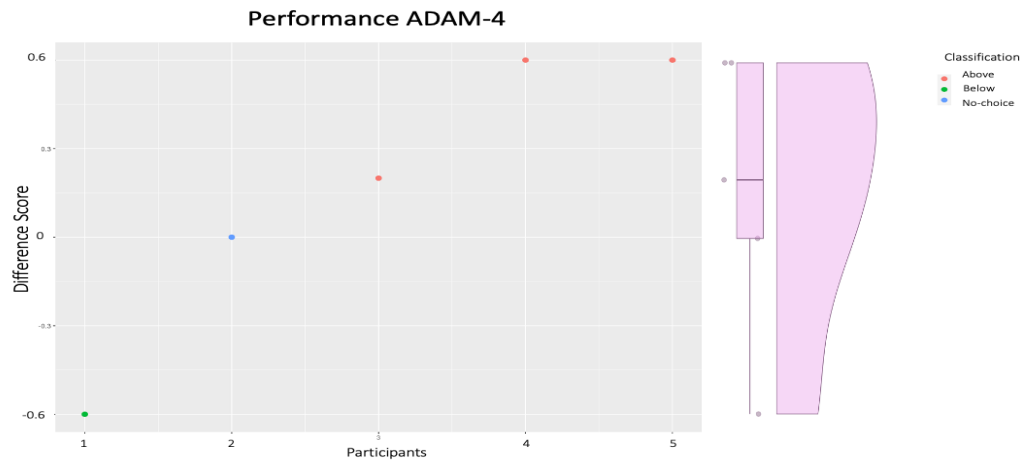


Figura 5. Il grafico mostra il valore del *difference Score* calcolato sul total Look nella prova ADAM 4. A destra si evidenzia la variabilità nei valori ottenuti dai singoli bambini. A sinistra si osserva il rain-cloud plot con i dati aggregati.

Ampiezza della memoria fonologica e velocità di elaborazione dell'informazione

Come affermato precedentemente, in base alle performance ottenute nei due ADAM, ad ogni bambino era stato assegnato un punteggio con un range da 1 a 4 (figura 6). Utilizzando questo criterio si voleva cercare di ottenere una distribuzione che illustrasse come il campione di ventiquattro bambini si distribuisse dal punto di vista della capacità fonologica, in particolare valutando l'ampiezza di tale capacità. Dai risultati è emerso come la maggior parte dei partecipanti abbia una capacità di memoria pari ad 1 item come si evidenzia dai valori moda=1 e mediana=1. Il valore medio della memoria fonologica nel campione è pari a 1.79 item. L'analisi di correlazione di Spearman indica che non vi è una correlazione tra la memoria di lavoro e l'età dei partecipanti $\rho=-0.007$, $p= 0.97$.

Distribuzione del campione secondo la memoria Fonologica

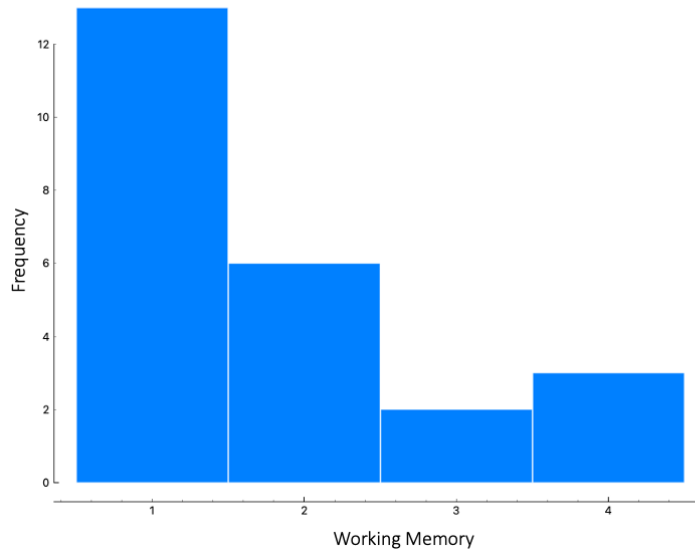


Figura 6. Il grafico mostra la frequenza osservata nel campione in ogni punteggio di memoria fonologica.

La latenza è stata considerata indice della velocità di elaborazione del bambino nel riconoscimento della sequenza target. La latenza media misurata è di $495 + 326$ ms (vedi figura 7, pagina successiva). Si è osservata inoltre un'associazione con l'età del bambino: infatti all'aumentare dell'età del bambino si osserva una diminuzione del tempo di latenza. Tuttavia, questa correlazione negativa non è risultata significativa ($\rho = -.29, p = 0.17$).

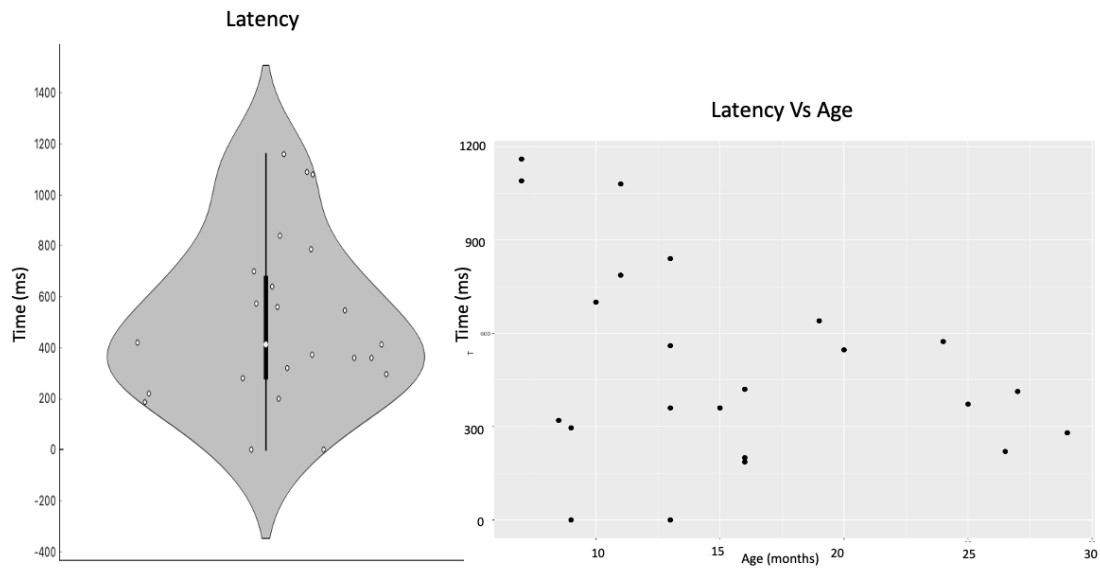


Figura 7. Il grafico di sinistra mostra la distribuzione dei dati aggregati di latenza mentre il grafico di destra mostra il rapporto tra latenza ed età dei singoli partecipanti.

3.5.2 RISULTATI RELATIVI AL SONNO E AL LINGUAGGIO

L'analisi che indaga il legame tra memoria di lavoro e la qualità del sonno (BISQ), mantenendo la variabile età dei bambini costante, non ha mostrato una correlazione significativa $\rho = .35$, $p = .25$, $t = 1.24$ (si veda Figura 9).

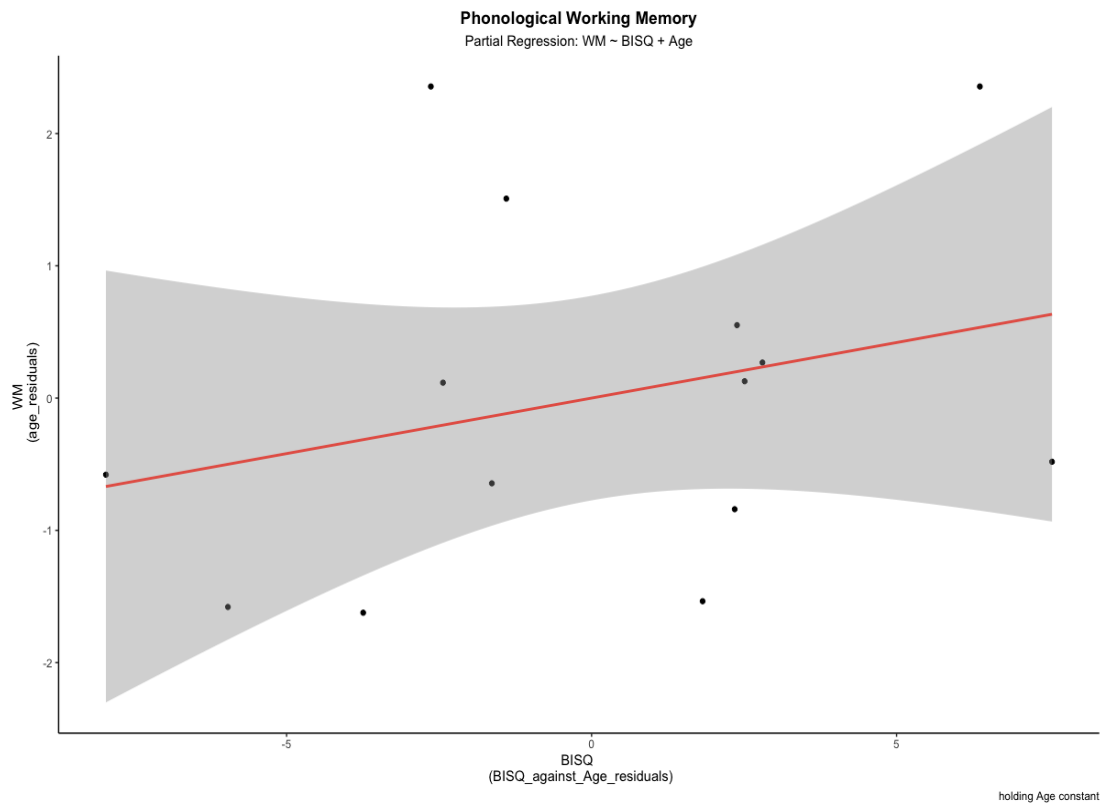


Figura 9. Grafico a variabili aggiunte della correlazione parziale tra memoria di lavoro fonologica (misurata con ADAM) e la qualità del sonno (misurata con BISQ). Il fit della linea rossa è generato dalla regressione lineare, controllando per l'età dell'individuo. L'area grigia rappresenta il limite dell'intervallo di confidenza del 95%.

Per quanto riguarda l'analisi che ha indagato il legame tra memoria di lavoro e la comprensione del linguaggio (PVB) effettuando un controllo rispetto all'età dei bambini, è stata evidenziata una modesta correlazione positiva tra comprensione del linguaggio e memoria fonologica $\rho=.53$, $p=.06$, $t=2.07$ (si veda Figura 10). Non vi è una correlazione significativa tra la produzione del linguaggio e la memoria di lavoro fonologica $\rho=.22$, $p=.47$, $t=-.75$.

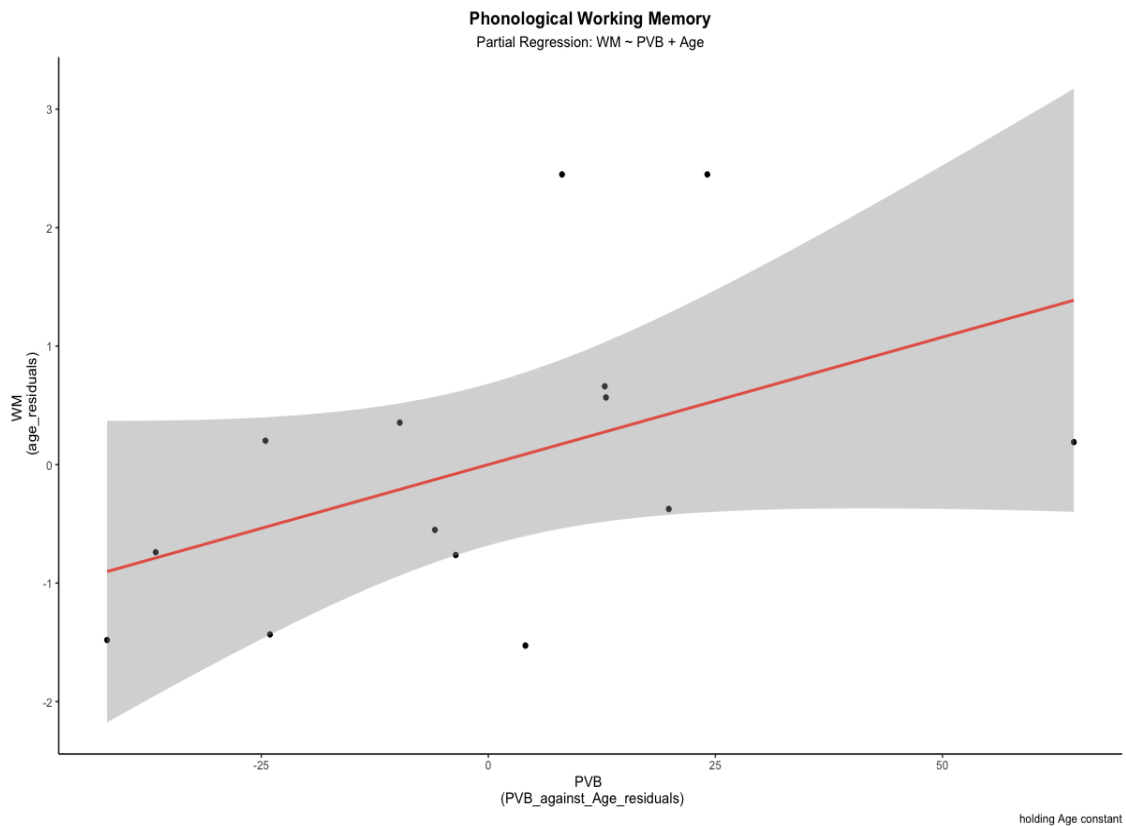


Figura 10. Grafico a variabili aggiunte della correlazione parziale tra memoria di lavoro fonologica (misurata con ADAM) e la comprensione del linguaggio (misurata con PVB). Il fit della linea rossa è generato dalla regressione lineare, controllando per l'età dell'individuo. L'area grigia rappresenta il limite dell'intervallo di confidenza del 95%.

3.6 DISCUSSIONE

La presente ricerca, che si configura come uno studio preliminare, rappresenta un primo step molto importante nella comprensione riguardo le capacità di memoria fonologica negli *infants* e la possibile associazione tra tale capacità e altri fattori. Tale ricerca si configura all'interno di un progetto più ampio che propone una nuova metodologia ispirata ad altre ricerche (vedi paragrafo 1.5.1 e paragrafo 2.3). È vero che tali studi utilizzavano tecniche diverse da quella usata in questa ricerca come ad esempio il paradigma di rotazione della testa (Sheehy & Newman, 2015) o la misurazione di potenziali evento correlati (Carlier & Harmony, 2020) e che allo stesso tempo richiedevano al bambino compiti più semplici rispetto a quelli in cui si fonda l'ADAM; tuttavia è innegabile che senza tali studi che mostravano la capacità del bambino di riuscire efficacemente in compiti inerenti al dominio della memoria fonologica e del linguaggio, abbiano suscitato nei ricercatori nuove domande.

Tali domande potrebbero essere relative a cercare di localizzare quando per la prima volta compaia tale capacità (nel nostro caso la memoria di lavoro fonologica) e se il suo sviluppo già dai primi mesi renda il bambino capace di superare anche compiti complessi simili a quelli che affronta nella vita quotidiana come, ad esempio, superare l'interferenza rappresentata dai distrattori. Le prove ADAM rappresentano una vera e propria sfida per bambini di questa fascia di età perché richiedono una serie di prerequisiti come, ad esempio, un apprendimento rapido nella fase di familiarizzazione che deve poi essere dimostrato nelle sessioni test e la capacità di ignorare i distrattori focalizzandosi sulle sequenze target. Il bambino, quindi, doveva innanzitutto capire quale era la sequenza target nei trials di familiarizzazione e ignorare quei trials in cui venivano presentate le sequenze distrattori, dando prova di riuscire a trattenere la sequenza target nella sua memoria di lavoro fino alla sessione test. Inoltre, non si trattava solo di trattenere quest'informazione all'interno della propria memoria di lavoro ma anche di dimostrare di aver riconosciuto tale sequenza durante il trial test dirigendo il proprio sguardo nella direzione corretta. Nell'analisi dei risultati ottenuti è stato utilizzato il difference score, misura in un certo senso analoga al D', tenendo in considerazione le risposte giuste e sbagliate dal bambino sia rispetto al target che al distrattore, senza quindi effettuare una distinzione tra i due tipi di sequenza. Se da un lato questa scelta metodologica trova la sua ratio nella volontà di utilizzare un criterio simile a quello per gli adulti, dall'altro è innegabile che separare sequenze target e distrattori potrebbe fornire ulteriori indicazioni utili alla ricerca, permettendo di capire non solo se il bambino discrimina tra sillabe target ma anche ad esempio se sia in grado di apprendere una sola di queste due sequenze o entrambe. Il parametro total look e first look portavano ad osservare il medesimo difference score all'interno dello stesso bambino ed è per questo motivo che si è scelto di effettuare l'analisi dei dati sul primo, ritenendo che potesse restituire in maniera più fedele il comportamento del bambino nel corso della durata del trial test. Altrettanto importante è notare come tutte le sillabe ascoltate dai bambini fossero sequenze di non parole. Tale scelta è stata dettata principalmente da due motivazioni. In primis trattandosi di parole non esistenti e che quindi i bambini non potevano aver ascoltato in nessun altro contesto, si voleva fare in modo che non potessero contare sul loro vocabolario che comunque sarebbe stato molto ridotto data la fascia di età presa in considerazione (7-27 mesi).

In tale ottica, l'utilizzo di non parole garantiva che, se il bambino si fosse dimostrato in grado di ricordare una determinata sequenza, ciò sarebbe avvenuto facendo riferimento alla sua memoria fonologica. In secondo luogo, si voleva evitare anche che i bambini più grandi che partecipavano allo studio potessero essere avvantaggiati da un vocabolario più ampio (principalmente quello ricettivo).

Le domande di ricerca che hanno rappresentato il punto di partenza di questo studio hanno per tanto trovato le seguenti risposte. La prima riguardava se già nella fascia di età compresa tra i sette e i ventisette mesi sia possibile osservare una memoria fonologica. I risultati di capacità di memoria fonologica dei bambini del campione si attestano intorno al valore medio di 1.79 item, valore che non si discosta da quelli riscontrati da altri articoli all'interno della letteratura scientifica sebbene questi indagavano la memoria di lavoro rispetto a stimoli visivi (Sheehy et al., 2003). Tuttavia, trattandosi di uno studio pilota in cui inoltre si testa per la prima volta un nuovo strumento, non è possibile trarre una conclusione definitiva riguardo allo span tipico della memoria di lavoro fonologica a questa età. Infatti, l'ampia variabilità riscontrata all'interno del campione oggetto di questo studio deve essere messa in relazione con un campione più esteso al fine di risultare maggiormente comprensibile e deve inoltre essere connessa con altri fattori che potrebbero influenzare le prestazioni dei bambini nelle prove ADAM. Infatti, rispetto al fattore età cronologica non è stata trovata una correlazione con le performance ottenute dai bambini negli ADAM. Dunque, l'età cronologica non si configura come una variabile in grado di spiegare il comportamento del bambino nell'ADAM, anche se il confronto di questa stessa variabile con un altro parametro (latenza), mostra l'esistenza di una relazione, evidenziando come l'età vada probabilmente a determinare differenze più in termini di velocità di elaborazione piuttosto che di capacità nella memoria di lavoro fonologica. Tale variabilità nelle prestazioni è stata riscontrata non solo nell'ADAM 3 ma anche nel 2 e nel 4 dimostrando come quasi in egual misura i bambini superassero o fallissero la prova successiva. Come, ad esempio, nel caso dell'ADAM 2 rispetto al quale sei bambini hanno superato la prova e undici non sono riusciti ad ottenere un difference score positivo neanche riducendo il carico della memoria di lavoro a due sillabe invece di tre. Nel paragrafo 3.5.1. è stata fatta anche la distinzione tra bambini con difference score uguale a 0 che venivano considerati come bambini che davano risposte casuali e quelli con difference score negativo, anche se ai fini della codifica con entrambi i punteggi

l'ADAM veniva considerato come non superato. Sebbene la prima domanda di ricerca non trovi una risposta è stata comunque dimostrata la validità teorica del costrutto indagato.

Un altro aspetto che è stato indagato mettendolo in relazione alla memoria fonologica è stato quello relativo alla qualità del sonno attraverso la somministrazione di un questionario e la compilazione di un diario per la durata di tre giorni. Per quanto riguarda il diario del sonno, spesso i genitori hanno mostrato un'incostanza in questa parte e per questo motivo non è stata resa oggetto di analisi. L'altra motivazione per cui non è stato preso in considerazione tale diario è rappresentata dal fatto che nella concezione di questo disegno di ricerca, il primo ADAM (ADAM 3) doveva essere svolto il giorno successivo al completamento del diario. Infatti il questionario del sonno serviva a restituire una visione complessiva circa quelle che erano le abitudini relative al sonno del bambino, mentre il diario era stato concepito per tracciare la qualità del sonno in maniera più circoscritta, vedendo se ciò che accadeva nei giorni immediatamente precedenti alla prova e che poteva anche essere atipico rispetto al solito comportamento del bambino, andava ad incidere sulle prestazioni ottenute negli ADAM. Solo in pochi casi i genitori avevano rispettato tale tempistica facendo sì che i risultati del diario non risultassero più un possibile indice attraverso cui poter spiegare la performance ottenuta dal bambino. L'analisi del questionario del sonno, invece, è stata effettuata attraverso una regressione lineare tenendo in considerazione l'età del bambino, tuttavia, non è stata riscontrata una correlazione significativa, suggerendo quindi come si tratti di costrutti separati. Da un'altra parte è importante sottolineare come la maggior parte dei genitori riportava che i propri bambini avessero una buona qualità del sonno, questo avrebbe potuto indurre un effetto tetto nella prova e potrebbe spiegare, al meno in parte, la mancanza di significatività in quest'analisi. Infine, l'altro aspetto indagato è stato quello del linguaggio ed esso è connesso anche con la terza domanda di ricerca di questo studio che mira a stabilire se esista una correlazione tra capacità nella memoria fonologica e sviluppo del linguaggio. Dai risultati emerge che tale ipotesi può essere accettata, sebbene con riserva e con la consapevolezza della necessità di studi successivi (anche di natura longitudinale), che permettano di osservare la relazione tra tale memoria e il conseguente ampliamento del vocabolario. L'analisi dei dati tra memoria fonologica e sviluppo del linguaggio ha mostrato una modesta correlazione positiva, il fatto che sia modesta suggerisce che ci sia un legame sebbene si tratti comunque di due

costrutti separati. Tale risultato è da considerare in maniera relativa anche alla luce del fatto che si tratti da bambini in gran parte preverbali e anche di alcuni bambini che solo da poco avevano iniziato a pronunciare le prime parole. Inoltre, vi è la consapevolezza che lo strumento utilizzato per rilevare quest'eventuale correlazione avrebbe portato a dei risultati più evidenti con dei bambini più grandi e che quindi avevano maggiori abilità dal punto di vista linguistico. Mentre invece in questo caso trattandosi di bambini in gran parte preverbali, il risultato è influenzato dalle percezioni del genitore circa la competenza linguistica del suo bambino. L'altro aspetto interessante è che il punteggio relativo al questionario del linguaggio si dimostrava rilevante solo rispetto al versante di comprensione e non della produzione, mentre negli adulti si osservava una maggiore influenza della produzione sulla memoria di lavoro fonologica (Sung, 2015)¹⁰. Tale dato potrebbe essere spiegato attraverso le maggiori conoscenze lessicali possedute dalle persone più grandi e che quindi sono molto limitate in bambini così piccoli come quelli del campione della presente ricerca, facilitino la creazione di categorie fonologiche più stabili e quindi anche il processo di codifica risulta essere agevolato.

3.7 LIMITI DELLA RICERCA

La presente ricerca, per quanto rappresenti un punto di partenza importante che può aprire la strada ad altri studi sulla memoria di lavoro fonologica negli *infants*, presenta diversi limiti. Un primo limite riscontrato è rappresentato dalla numerosità del campione che non dipende da uno scarso impegno mostrato nel reclutamento partecipanti quanto piuttosto è da attribuire alla difficoltà nel convincere i genitori a far partecipare bambini così piccoli ad uno studio. Un altro limite è rappresentato dal fatto che la validità dello strumento ADAM nel misurare la memoria fonologica in bambini molto piccoli, potrà essere dimostrata solo attraverso numerosi studi futuri effettuati su campioni più estesi e che permetteranno di chiarire se le performance ottenute riflettano solo la capacità nella memoria fonologica o anche una componente di sviluppo cognitivo più generale.

¹⁰ In una ricerca con partecipanti di età compresa tra i ventidue e gli ottantasei anni aveva dimostrato come ci fossero dei cambiamenti con l'età nella produzione delle frasi, in particolare evidenziando una correlazione negativa tra invecchiamento e capacità produttiva. Tale divario tra più giovani e anziani aumentava ulteriormente quando veniva chiesto di svolgere un compito concomitante che impegnava la propria memoria di lavoro in quanto le abilità linguistiche dei più anziani risultavano essere significativamente compromesse da questa condizione.

Ciò sarà possibile con il tempo effettuando test e retest e conducendo ricerche longitudinali che indaghino se i risultati riscontrati possano essere predittori anche di altre abilità come, ad esempio, lo sviluppo del linguaggio. Tuttavia, se l'ADAM si mostrasse adatto a tale scopo si tratterebbe di uno strumento dalle grandi potenzialità anche per la facilità con cui può essere svolto grazie alla somministrazione online. Tale tipo di somministrazione permetterebbe anche di fare ricerche su un campione eterogeneo per provenienza (persone appartenenti a regioni diverse, confronto tra Nazioni diverse). Inoltre, esistono anche altre versioni dell'ADAM (es. 5,6,7) che permetterebbero di ritestare i bambini di questa ricerca a distanza di tempo osservando come le loro abilità siano cambiate. Un retest a distanza di tempo permetterebbe anche di utilizzare uno strumento diverso dal PVB in quanto bambini più grandi avrebbero un vocabolario maggiore sia dal punto di vista della produzione che della comprensione, permettendo anche al genitore di valutare in maniera più oggettiva l'abilità linguistica del proprio bambino.

3.8 PROSPETTIVE FUTURE

Trattandosi di uno studio preliminare sono tanti gli aspetti che sarebbe possibile e interessante indagare. Innanzitutto, una prima possibilità come affermato nel paragrafo precedente, è data dal ritestare i bambini (inclusi quelli del presente studio) e vedere se vi sia stato un miglioramento nella memoria fonologica e magari anche se la performance di questo tipo possano avere anche un valore predittivo sullo sviluppo del linguaggio oltre che presentare una relazione rispetto ad esso. Altri aspetti connessi al linguaggio che potrebbe essere interessante indagare sono quelli citati anche all'interno dei paragrafi 2.2 e 2.3.1 e riguardano rispettivamente bambini bilingue e lingue appartenenti a categorie diverse (syllable timed, stress timed e mora timed), al fine di comprendere se l'essere bilingui possa avere degli effetti sulla memoria fonologica o se l'appartenenza della propria lingua madre ad una categoria piuttosto che ad un'altra si traduca in una maggiore facilità o difficoltà in questo tipo di compito. Questa ipotesi deriverebbe dal fatto che è già stato notato l'effetto della memoria di lavoro nel determinare differenze nelle abilità di segmentazione del linguaggio in altre lingue come il giapponese (Minagawa et al., 2017). Un'altra possibilità per studi futuri è data dall'utilizzo combinato all'ADAM di un altro tipo di strumento come l'EEG o la fNIRS

che permetta di osservare anche i correlati neurofisiologici, ad esempio, osservando se vi è una diminuzione della risposta neurale nel bambino rispetto alle sillabe target ma non nei distrattori, suggerendo quindi che i primi in virtù della loro maggiore frequenza vengano considerati come stimoli familiari. Un altro aspetto potrebbe essere relativo all'introduzione di un ulteriore modo per calcolare il difference score. Infatti, potrebbe essere utile calcolarlo non solo tenendo conto di tutte le risposte giuste e sbagliate date dal bambino rispetto a sequenze target e distrattori ma introducendo una differenziazione tra di esse che magari aiuti a capire se quella effettuata dal bambino sia una semplice discriminazione (individuazione di una differenza) o se invece rifletta la presenza di un apprendimento che si verifica nella sessione test a seguito dei trials di familiarizzazione. Un altro suggerimento potrebbe essere relativo alla modifica del criterio decisionale con cui veniva deciso quale era il secondo ADAM che ogni bambino doveva effettuare. Infatti, si potrebbe suggerire di utilizzare lo stesso criterio impiegato quando si valutano le prestazioni di working memory negli adulti (Monaco et al., 2013), per il quale si passa alla sequenza più facile quando il soggetto compie due errori consecutivi. All'interno del nostro studio invece non si teneva conto delle risposte date ai trials test nei singoli blocchi.

Infine un ulteriore spunto di riflessione per future ricerche potrebbe essere rappresentato dal partire con un ADAM più semplice in quanto sebbene varie ricerche abbiano mostrato la capacità del bambino di riuscire a ricordare sequenze composte da tre sillabe (Saffran et al., 1996; Marcus et al., 1999), è probabile che questa capacità non sia ancora sviluppata al punto tale da poter permettere a bambini così piccoli di trattenere le sillabe all'interno della loro memoria e contemporaneamente gestire l'interferenza. L'insieme di tutti questi studi potrebbe costituire il substrato empirico su cui fondare teorie esplicative che cerchino di spiegare il funzionamento della memoria fonologica nei bambini dato che come si è notato nel corso del primo capitolo, le teorie che riguardano la memoria di lavoro si sono concentrate finora principalmente sugli adulti. Avere degli strumenti che permettano di misurare la working memory sin dall'infanzia rappresenterebbe un punto di svolta nella ricerca in quanto si potrebbero avere dei dati normativi circa lo sviluppo di questa memoria per ogni età e ciò permetterebbe di individuare precocemente delle difficoltà in modo tale da predisporre dei programmi di potenziamento e prevenzione. Inoltre agire precocemente è utile anche perché, come già descritto nel secondo capitolo, vi è una maggiore plasticità cerebrale del bambino.

CONCLUSIONI

Questa tesi si è focalizzata sullo sviluppo della memoria di lavoro fonologica nei bambini nei primi due anni vita. Questo studio pilota ha mostrato la sua innovazione su più livelli a partire dall'età del campione preso in considerazione in quanto non erano mai stati effettuati studi con bambini così piccoli nell'ambito della memoria fonologica. L'altro aspetto innovativo è costituito dallo strumento utilizzato per effettuare questa misurazione: l'ADAM, un test adattivo per la memoria somministrato nella sua versione (online). Data la natura preliminare dello studio e la presenza di un campione ridotto, non è stato possibile confermare i risultati della prima domanda su cui si fonda questa ricerca ovvero la possibilità di misurare la memoria fonologica in infanti, anche a causa dell'ampia variabilità riscontrata nel campione e che studi futuri dovranno indagare ulteriormente prendendo in considerazione altri fattori rispetto a quelli analizzati in questa ricerca. Tuttavia, il punteggio medio di item che i bambini in questo studio si sono dimostrati in grado di ricordare è in linea con quanto riscontrato da altri studi sulla memoria di lavoro visiva (Sheehy et al.,2003), suggerendo come bambini di questa fascia di età riescano a ricordare in media un item solo. Un fattore (età cronologica) che si aspettava mostrasse una correlazione rispetto alle performance ottenute dai bambini negli ADAM non ha mostrato alcuna relazione con tale aspetto. Invece, il fattore età ha mostrato un legame con un altro parametro (la latenza di risposta corretta) suggerendo che giochi un ruolo importante nel determinare la velocità di elaborazione con cui il bambino dimostrava di ricordare e riconoscere le sillabe target. L'altro parametro che non ha mostrato un legame con le performance dal punto di vista della memoria fonologica è stato il sonno, anche se è opportuno sottolineare come all'interno del campione non vi erano bambini che mostravano problemi significativi nei domini presi in considerazione (initiation and sleep maintenance). Infine, i dati relativi alla terza domanda di ricerca ovvero se ci fosse una correlazione tra capacità nella memoria fonologica e sviluppo del linguaggio hanno mostrato una correlazione positiva sebbene di moderata intensità, suggerendo che si tratti di costrutti che presentano un legame ma che restano comunque separati. Se verificata in studi futuri, questa correlazione suggerirebbe che le capacità di memoria fonologica mostrata dai bambini possano essere un fattore predittivo dello sviluppo del linguaggio.

L'esistenza di un nesso causale tra questi due costrutti permetterebbe di ipotizzare che se un bambino mostra delle difficoltà importanti nella sua memoria di lavoro, potrebbe essere più a rischio di sviluppare un disturbo del linguaggio, sostenendo l'idea per cui nella maggior parte dei casi alla base di un disturbo di questa natura vi sia una più lenta elaborazione delle informazioni. Invece nei bambini a sviluppo tipico una più veloce elaborazione delle informazioni andrebbe a facilitare il processo di immagazzinamento fonologico grazie alla maggiore rapidità del rehearsal e di conseguenza garantirebbe una perdita di informazione minima (Valenza & Turati, 2019). Anche in questo caso l'individuazione precoce di difficoltà di questa natura favorisce la tempestiva predisposizione di programmi di intervento che permettono di potenziare gli aspetti deficitari.

BIBLIOGRAFIA

ADAMs, E. J., Nguyen, A. T., & Cowan, N. (2018). Theories of working memory: Differences in definition, degree of modularity, role of attention, and purpose. *Language, speech, and hearing services in schools*, 49(3), 340-355.

Archibald, L. M., & Joanisse, M. F. (2009). On the sensitivity and specificity of nonword repetition and sentence recall to language and memory impairments in children.

Archibald, L. M. (2017). Working memory and language learning: A review. *Child Language Teaching and Therapy*, 33(1), 5-17.

Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working memory. In *Psychology of learning and motivation* (Vol. 8, pp. 47-89). Academic press.

Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory?. *Trends in cognitive sciences*, 4(11), 417-423.

Baddeley, A. (2003). Working memory and language: An overview. *Journal of communication disorders*, 36(3), 189-208.

Baddeley, A. (2012). Working memory: Theories, models, and controversies. *Annual review of psychology*, 63, 1-29.

Baddeley, A. D. (2017). Modularity, working memory and language acquisition. *Second Language Research*, 33(3), 299-311.

Barrouillet, P., Portrat, S., & Camos, V. (2011). On the law relating processing to storage in working memory. *Psychological review*, 118(2), 175.

Benavides-Varela, S., & Reoyo-Serrano, N. (2021). Small-range numerical representations of linguistic sounds in 9-to 10-month-old infants. *Cognition*, 213, 104637.

Benavides-Varela, S., Gómez, D. M., Macagno, F., Bion, R. A., Peretz, I., & Mehler, J. (2011). Memory in the neonate brain. *PLoS One*, 6(11), e27497.

Boye, K., & Harder, P. (2012). A usage-based theory of grammatical status and grammaticalization. *Language*, 1-44.

Bruni, O., Ottaviano, S., Guidetti, V., Romoli, M., Innocenzi, M., Cortesi, F., & Giannotti, F. (1996). The Sleep Disturbance Scale for Children (SDSC) Construct ion and validation of an instrument to evaluate sleep disturbances in childhood and adolescence. *Journal of sleep research*, 5(4), 251-261.

Carlier, M. E. M., & Harmony, T. (2020). Development of auditory sensory memory in preterm infants. *Early human development*, 145, 105045.

Caselli, M. C., Bello, A., Rinaldi, P., Stefanini, S., & Pasqualetti, P. (2015). Il primo vocabolario del bambino: gesti, parole e frasi. *Forme lunghe e forme brevi del questionario e valori di riferimento per la fascia*, 8-36.

Cowan, N. (2017). The many faces of working memory and short-term storage. *Psychonomic bulletin & review*, 24(4), 1158-1170.

Dagry, I., & Barrouillet, P. (2017). The fate of distractors in working memory: No evidence for their active removal. *Cognition*, 169, 129-138.

Daneman, M., & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 19(4), 450-466.

DeCasper, A. J., & Fifer, W. P. (1980). Of human bonding: Newborns prefer their mothers' voices. *Science*, 208(4448), 1174-1176.

Del Angel, J., Cortez, J., Juarez, D., Guerrero, M., García, A., Ramírez, C., & Valdez, P. (2015). Effects of sleep reduction on the phonological and visuospatial components of working memory. *Sleep Science*, 8(2), 68-74.

Eilers, R. E., & Oller, D. K. (1994). Infant vocalizations and the early diagnosis of severe hearing impairment. *The Journal of pediatrics*, 124(2), 199-203.

Fair, J., Flom, R., Jones, J., & Martin, J. (2012). Perceptual learning: 12-month-olds' discrimination of monkey faces. *Child development*, 83(6), 1996-2006.

Fandakova, Y., Sander, M. C., Werkle-Bergner, M., & Shing, Y. L. (2014). Age differences in short-term memory binding are related to working memory performance across the lifespan. *Psychology and Aging*, 29(1), 140.

Feigenson, L., & Halberda, J. (2008). Conceptual knowledge increases infants' memory capacity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(29), 9926-9930.

Garrido, M. I., Kilner, J. M., Stephan, K. E., & Friston, K. J. (2009). The mismatch negativity: a review of underlying mechanisms. *Clinical neurophysiology*, 120(3), 453-463.

Gathercole, S. E., & Baddeley, A. D. (1989). Evaluation of the role of phonological STM in the development of vocabulary in children: A longitudinal study. *Journal of memory and language*, 27(2), 200-213.

Gathercole, S. E., & Baddeley, A. D. (1990). Phonological memory deficits in language disordered children: Is there a causal connection?. *Journal of memory and language*, 29(3), 336-360.

Gavens, N., & Barrouillet, P. (2004). Delays of retention, processing efficiency, and attentional resources in working memory span development. *Journal of Memory and Language*, 51(4), 644-657.

Holden, L. R., Conway, A. R., & Goodwin, K. A. (2020). How individual differences in working memory and source monitoring matter in susceptibility to false memory.

Ishkhanyan, B., Boye, K., & Mogensen, J. (2019). The meeting point: where language production and working memory share resources. *Journal of psycholinguistic research*, 48(1), 61-79.

Kabdebon, C., & Dehaene-Lambertz, G. (2019). Symbolic labeling in 5-month-old human infants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(12), 5805-5810.

Kim, S. (2015). ppcor: an R package for a fast calculation to semi-partial correlation coefficients. *Communications for statistical applications and methods*, 22(6), 665.

Kipp K. & Shaffer D. R. *Psicologia dello sviluppo. Infanzia e adolescenza*, Perugia, Piccin-Nuova Libreria, 2015

Kuhl, P. K. (2004). Early language acquisition: cracking the speech code. *Nature reviews neuroscience*, 5(11), 831-843.

Lucidi, A., Langerock, N., Hoareau, V., Lemaire, B., Camos, V., & Barrouillet, P. (2016). Working memory still needs verbal rehearsal. *Memory & Cognition*, 44(2), 197-206

Mai, X., Xu, L., Li, M., Shao, J., Zhao, Z., deRegnier, R. A., ... & Lozoff, B. (2012). Auditory recognition memory in 2-month-old infants as assessed by event-related potentials. *Developmental neuropsychology*, 37(5), 400-414.

Marcus, G. F., Vijayan, S., Bandi Rao, S., & Vishton, P. M. (1999). Rule learning by seven-month-old infants. *Science*, 273(5398), 77-80.

Mersad, K., Kabdebon, C., & Dehaene-Lambertz, G. (2021). Explicit access to phonetic representations in 3-month-old infants. *Cognition*, 213, 104613.

Minagawa, Y., Hakuno, Y., Kobayashi, A., Naoi, N., & Kojima, S. (2017). Infant word segmentation recruits the cerebral network of phonological short-term memory. *Brain and Language, 170*, 39-49.

Moher, M., Tuerk, A. S., & Feigenson, L. (2012). Seven-month-old infants chunk items in memory. *Journal of experimental child psychology, 112*(4), 361-377.

Monaco, M., Costa, A., Caltagirone, C., & Carlesimo, G. A. (2013). Forward and backward span for verbal and visuo-spatial data: standardization and normative data from an Italian adult population. *Neurological Sciences, 34*(5), 749-754.

Moon, C., Cooper, R. P., & Fifer, W. P. (1993). Two-day-olds prefer their native language. *Infant behavior and development, 16*(4), 495-500.

Oakes, L. M., Ross-Sheehy, S., & Luck, S. J. (2009). The development of visual short-term memory in infancy. *Short-and long-term memory in infancy and early childhood: Taking the*.

Oberauer, K., Lewandowsky, S., Farrell, S., Jarrold, C., & Greaves, M. (2012). Modeling working memory: An interference model of complex span. *Psychonomic bulletin & review, 19*(5), 779-819.

Peperkamp, S. (2003). Phonological acquisition: Recent attainments and new challenges. *Language and Speech, 46*(2-3), 87-113.

Ricker, T. J., Vergauwe, E., & Cowan, N. (2016). Decay theory of immediate memory: From Brown (1958) to today (2014). *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 69*(10), 1969-1995.

Rodrigues, A., & Befi-Lopes, D. M. (2009). Phonological working memory and its relationship with language development in children. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica, 21*, 63-68.

Ross-sheehy, S., Oakes, L. M., & Luck, S. J. (2003). The development of visual short-term memory capacity in infants. *Child development, 74*(6), 1807-1822.

Ross-Sheehy, S., & Newman, R. S. (2015). Infant auditory short-term memory for non-linguistic sounds. *Journal of experimental child psychology*, 132, 51-64.

Saffran, J. R., Newport, E. L., & Aslin, R. N. (1996). Word segmentation: The role of distributional cues. *Journal of memory and language*, 35(4), 606-621.

Steber, S., & Rossi, S. (2021). The challenge of learning a new language in adulthood: Evidence from a multi-methodological neuroscientific approach. *Plos one*, 16(2), e0246421.

Sung, J. E. (2015). Age-related changes in sentence production abilities and their relation to working-memory capacity: evidence from a verb-final language. *PLoS One*, 10(4), e0119424.

Tulving, E. (1972). Episodic and semantic memory.

Valenza E. & Turati C. *Promuovere lo sviluppo della mente. Un approccio neurocostruttivista*, Bologna, il Mulino, 2019.

Woodward, A. L., Markman, E. M., & Fitzsimmons, C. M. (1994). Rapid word learning in 13- and 18-month-olds. *Developmental psychology*, 30(4), 553.

Wynn, K. (1992). Addition and subtraction by human infants. *Nature*, 358(6389), 749-750.

RINGRAZIAMENTI

Alla fine di questo elaborato desidero ringraziare e menzionare tutte le persone che mi sono state accanto, non facendomi mai mancare il loro sostegno e il loro appoggio.

Innanzitutto voglio ringraziare la mia relatrice la professoressa Silvia Elena Benavides Varela per i preziosi consigli forniti durante la stesura di questo elaborato, per l'analisi dei dati, ma soprattutto per avermi affidato un progetto di ricerca a cui ho avuto l'onore di poter dare inizio e che sono sicura che con il proseguire degli anni porterà a significativi risultati che permetteranno di tracciare il percorso dello sviluppo della memoria di lavoro nei bambini sin dai primi anni di vita. Voglio inoltre ringraziare la mia correlatrice la dott.ssa Natalia Reoyo Serrano per la sua disponibilità mostrata sia tramite mail che negli incontri zoom ed in particolare per aver effettuato un training che mi ha consentito di poter eseguire le codifiche sui video dei bambini. Ci tengo inoltre a ringraziare le mamme che si sono messe a disposizione e senza cui questa ricerca non avrebbe potuto avere luogo.

Un ringraziamento speciale va alla mia famiglia. A mia mamma che non mi ha mai fatto mancare il suo amore e il suo supporto incondizionato sin da quando ero solo una bambina ma la ringrazio soprattutto per la forza e il coraggio che sta dimostrando e che sono anche la mia forza. Un ringraziamento particolare va a mio fratello Antonio: il fratello che tutti vorrebbero. È difficile spiegare cosa rappresenti per me il nostro rapporto se non attraverso la metafora di "porto sicuro". Grazie per il tuo supporto, i tuoi consigli ma soprattutto perché riesci sempre a capire immediatamente quando c'è qualcosa che non va senza che io debba parlare. So che la nostra differenza di età ha sempre fatto sì che mi vedessi come la piccola di casa da proteggere ma spero che tu sappia che in me potrai trovare una persona a cui chiedere consiglio o con cui condividere delle preoccupazioni proprio come io faccio con te.

Un grande ringraziamento lo dedico anche alle persone che non possono essere qui fisicamente ma che porterò sempre nel mio cuore, ricordando con estrema gratitudine e affetto tutti i momenti trascorsi insieme e tutti gli insegnamenti di vita che mi avete trasmesso.

Ringrazio i miei zii Luigi e Teresa e le mie cugine Lucia e Raffaella che sono da sempre stati una presenza stabile nella mia vita e ancor di più nell'ultimo periodo : vi voglio bene!

Ringrazio anche gli amici perché credo fermamente che “gli amici siano la seconda famiglia che una persona sceglie”. Ringrazio le mie amiche di vecchia data Alessia e Rossana, sentendomi fortunata per essere cresciute insieme e anche perché ci siamo sempre state accanto nei momenti felici e in quelli più bui. Ringrazio anche le mie amiche incontrate nel mio vecchio percorso universitario Natascia, Felicia e Candida in quanto nonostante la lontananza e percorsi di vita differenti abbiamo sempre trovato il tempo l’una per l’altra.

Ringrazio le persone che ho avuto l’opportunità di conoscere qui a Padova partendo dalle mie amiche Aurora, Martina, Margherita, Veronica, Megghi e Valeria per i bellissimi momenti insieme e per la motivazione e il sostegno che ci siamo trasmesse a vicenda durante tutto il percorso. Colgo l’occasione di ringraziare anche la mia collega e amica Francesca con cui ho condiviso tanti esami incluso il tanto temuto Analisi dei dati e con la quale ho scoperto di condividere anche una comune passione per lo stesso ambito della Psicologia. Un ringraziamento anche alle mie due coinquiline Liv e Vale perché nonostante non capiti spesso di trovarci tutte e tre insieme contemporaneamente, quando accade riusciamo sempre a parlare di qualsiasi argomento e dare vita a delle dinamiche casalinghe molto buffe.

Volevo poi ringraziare Gloria diventata prima punto di riferimento durante il tirocinio prelauream che ho svolto e poi mia cara amica. Grazie per aver creduto fin dal primo momento in me, per i suggerimenti che mi hai dato durante il percorso e per le attenzioni che mi rivolgi. Inoltre volevo ringraziare anche la mia amica Erika. Ci conosciamo da poco ma sin da subito c’è stata una forte intesa che si è tradotta in un’amicizia che coltiviamo quotidianamente gioendo delle nostre piccole soddisfazioni e consolandoci nei momenti no.

Infine volevo rivolgere un ringraziamento anche a me stessa per la costanza, la determinazione e l’amore messo in questo percorso e con l’augurio di poter realizzare le mie aspirazioni professionali.

Trovo opportuno concludere questi ringraziamenti con una citazione tratta da un libro. I libri sono da sempre stati per me quei compagni silenziosi che trovano le parole giuste al posto tuo.

Questa citazione mi ha sempre colpito e in questi due anni mi è tornata spesso in mente:

“Happiness can be found even in the darkest of times, if one only remembers to turn on the light” – Harry Potter and the Prisoner of Azkaban

Per ricordare a me stessa, ma anche a chiunque affronti un momento difficile nella propria vita, che si può ritornare a sorridere, sperare e amare.