



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

**L'IMPATTO DEL RUMORE AMBIENTALE SULLE
PRESTAZIONI COGNITIVE DEI BAMBINI CON ADHD E DSA**

The impact of background noise on the cognitive performance of children with ADHD
and Learning Disabilities

Relatrice

Prof.ssa Barbara Arfè

Correlatore esterno

Dott.ssa Gaia Spicciarelli

Laureanda: Pamela Cavaliere

Matricola: 2016663

Anno accademico 2021-2022

INDICE

INTRODUZIONE.....	1
1 IL RUMORE	4
1.1 DEFINIZIONE DI RUMORE.....	4
1.2 TIPOLOGIE DI RUMORE E MISURAZIONE	5
1.3 GLI EFFETTI DEL RUMORE	9
1.3.1 Listening effort e Listening fatigue.....	9
1.1.2 Effetti cognitivi e motivazionali	11
1.1.3 Effetti sugli apprendimenti	12
2. IL DISTURBO DA DEFICIT DI ATTENZIONE E DI IPERATTIVITÀ E I DISTURBI SPECIFICI DELL'APPRENDIMENTO	15
2.1 IL DISTURBO DA DEFICIT DI ATTENZIONE E DI IPERATTIVITÀ	15
2.2 I DISTURBI SPECIFICI DELL'APPRENDIMENTO	20
2.3 GLI EFFETTI DEL RUMORE SU BAMBINI CON ADHD E DSA	24
3. LA RICERCA	29
3.1 LO SCOPO	29
3.1.1 IPOTESI.....	29
3.2 PARTECIPANTI	30
3.3 APP CoEN	32
3.3.1 DIGIT SPAN.....	35
3.3.2 READING SPAN.....	37
3.3.3 TEST DI ATTENZIONE VISIVA	39
3.3.4 TEST DI INIBIZIONE	42
3.4 SOMMINISTRAZIONE.....	44
3.5 RISULTATI.....	45
3.5.1 Differenze tra il gruppo tipico e il gruppo clinico ADHD	50
3.5.2 Differenze tra il gruppo tipico e il gruppo clinico DSA	53
3.5.3 Differenze entro i gruppi (tipico, ADHD, DSA)	55
3.5.1 DISCUSSIONE.....	64
3.5.2 LIMITI DELLA RICERCA	67
4. CONCLUSIONI E RISVOLTI FUTURI	68
Bibliografia	71

INTRODUZIONE

Ogni giorno i bambini sono esposti al rumore, non solo a casa o negli spazi aperti ma anche negli ambienti scolastici, i quali dovrebbero garantire delle condizioni acustiche favorevoli e non penalizzanti. Purtroppo questo però non è sempre vero.

Diversi studi hanno riportato come livelli di rumore troppo elevati provochino un affaticamento cognitivo e di conseguenza delle ripercussioni sui processi di apprendimento. Questo perché le funzioni esecutive come la memoria di lavoro, l'attenzione e i processi di inibizione sono i processi maggiormente influenzati dall'interferenza del rumore. Di conseguenza possiamo determinare come apprendere in un ambiente rumoroso aumenti la quantità di risorse cognitive necessarie al bambino per eseguire un compito.

Questo effetto negativo ha ripercussioni ancora più evidenti quando ci troviamo in presenza di bambini o ragazzi che già presentano delle vulnerabilità a causa di vari disturbi, quali il disturbo da deficit di attenzione e iperattività (ADHD) e i disturbi specifici dell'apprendimento (DSA).

La presente ricerca ha come obiettivo quello di analizzare come bambini e ragazzi (della scuola primaria e secondaria di primo grado) risentano della condizione di rumore durante lo svolgimento di compiti cognitivi.

I dati utilizzati nell'analisi provengono da punteggi oggettivi ottenuti dai partecipanti in prove che coinvolgono memoria, attenzione e altre abilità come l'inibizione e dalle risposte soggettive ad alcuni questionari.

In base a quanto riscontrato nella letteratura, l'aspettativa è di riscontrare punteggi inferiori in condizione di rumore rispetto a quella di quiete in tutti i gruppi, e che nel caso del gruppo clinico le prestazioni siano inferiori al gruppo di controllo a sviluppo tipico. Tuttavia, sempre sulla base della letteratura, ci si aspettano anche dei miglioramenti nel caso del gruppo ADHD in alcune prove in condizione di rumore, per il fenomeno della risonanza stocastica.

Al fine di verificare le ipotesi formulate, ci si è avvalsi dell'applicazione CoEN ("Cognitive Effort in Noise"), ideata dal gruppo di ricerca e che propone sotto forma di gioco interattivo una serie di test neuropsicologici.

L'app è stata somministrata a tutti i bambini in entrambe le condizioni, sia di quiete che di rumore, per indagare l'effetto di quest'ultimo sulle prestazioni.

Dato l'aumentato interesse per la problematica del rumore negli ambienti scolastici, si auspica che la presente ricerca possa inserirsi in un quadro di studi più ampio. L'obiettivo è quello di promuovere una maggiore conoscenza delle ripercussioni del rumore sugli apprendimenti e di conseguenza degli interventi adeguati ed efficaci.

1 IL RUMORE

1.1 DEFINIZIONE DI RUMORE

Nel 2018 l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) ha redatto un report con le linee guida da seguire in riferimento al fenomeno del “rumore ambientale” nel panorama europeo. Da quanto emerso, il rumore può essere considerato a tutti gli effetti come un fattore di rischio per la salute pubblica, tanto da alimentare una preoccupazione crescente tra gli esperti (WHO, 2018). Secondo l'OMS infatti, il rumore occuperebbe il secondo posto nella classifica dei fattori di rischio ambientali, superato solo dall'inquinamento da polveri sottili.

Questo carattere pervasivo del rumore nella vita delle persone sarebbe alla base di diverse conseguenze quali: disturbi del sonno, problemi uditivi, endocrini e comportamentali nonché un'incidenza maggiore di disturbi mentali e neurologici. Tali effetti si riscontrano sia negli adulti che nei bambini, quest'ultimi considerati maggiormente vulnerabili soprattutto a causa delle loro capacità cognitive e di gestione dello stress non ancora completamente sviluppate (Minichilli et al., 2018). Dalle ultime stime risulta che attualmente in Europa il numero di persone esposte a livelli elevati di rumore ambientale si aggira attorno ai 20 milioni, soprattutto nelle aree urbane: di questi, 8 milioni manifestano disturbi di varia natura legati a tale esposizione (Minichilli et al., 2018). Se si va poi ad analizzare prettamente la condizione dei bambini in età scolare, si evince come tale esposizione abbia ripercussioni non solo sull'apprendimento, ma anche a livello comportamentale. Minichilli ha pertanto sottolineato come i bambini che si trovano ad apprendere in ambienti con livelli di rumore non adeguati rischiano di manifestare

maggiormente una sintomatologia legata a disattenzione e iperattività (Minichilli et al., 2018).

In virtù di questa condizione di rischio, l'Organizzazione Mondiale della Sanità ha dato vita a diverse iniziative in ambito di educazione ambientale nelle scuole. Quello che si evince è infatti che spesso sono gli stessi bambini ad avvertire il rumore di fondo come una situazione che reca fastidio senza però percepire ovviamente il reale potenziale di pericolo. Nel panorama italiano un progetto degno di nota è denominato "GIOCONDA", un acronimo che si traduce con "I giovani contano nelle decisioni su ambiente e salute" (GIOCONDA, PROGETTO LIFE +, 2017). L'obiettivo principale è quello di riuscire a coinvolgere adolescenti, a partire da 11 anni, nelle decisioni prese in ambito ambientale in modo da renderli sempre più partecipi nella progettazione degli spazi di cui usufruiscono quotidianamente. Nel progetto è stato proposto un modello in grado di valutare non solo lo stato ambientale delle varie regioni italiane, ma anche la condizione di salute ad esso associata (Minichilli et al., 2018).

1.2 TIPOLOGIE DI RUMORE E MISURAZIONE

Nel trattare il fenomeno del rumore ambientale, risulta fondamentale sottolineare che esso non ha un'origine univoca, ma anzi proviene da una grande varietà di fonti che impattano sulla nostra vita in modi più o meno invasivi.

Prendendo in considerazione la tipologia di rumore presente nelle scuole, possiamo fare una distinzione tra il rumore interno e quello esterno alla scuola.

Con rumore ambientale esterno ci si riferisce ai rumori provenienti dall'ambiente al di fuori dalla classe. Tra di essi troviamo il traffico stradale, che è sicuramente il più

impattante perché caratterizzato da numerose fonti (auto, motorini, autobus e altri mezzi di trasporto) e il traffico ferroviario, che tende a variare a seconda dello sviluppo ferroviario del Paese considerato e che generalmente impatta in modo meno significativo del rumore stradale. Possiamo inoltre inserire in questa categoria il rumore prodotto dai macchinari di produzione industriale presenti soprattutto nelle aree urbane. Infine è importante sottolineare come la fonte del rumore possa essere anche improvvisa (es: suono di una sirena o del clacson) ma interferire comunque in modo significativo se non addirittura più marcato rispetto ad un rumore continuo.

Se osserviamo nello specifico queste tipologie di fonti, possiamo notare esse siano un fenomeno relativamente recente che nella maggior parte dei casi ha avuto origine da quattro grandi “rivoluzioni storiche”: l’Urbanizzazione, la Meccanizzazione e la conseguente Industrializzazione, la maggiore Mobilità e la Globalizzazione. Questo ci permette anche di comprendere perché gli effetti e l’intensità del rumore siano più evidenti nelle aree urbane ad alta popolosità, rispetto a quelle rurali (De Vos e Van Beek, 2011).

All’ interno delle scuole e delle classi però è sempre presente anche una seconda tipologia di rumore: il rumore ambientale interno. In questo caso si tratta di un brusio di sottofondo derivante da varie fonti come le chiacchiere e le forme di cooperazione tra compagni (tipiche dell’istruzione inclusiva come i gruppi di lettura) e le istruzioni verbali date dagli insegnanti, che anche se in buona fede potrebbero diventare fonte di distrazione per gli alunni. Infine è bene non tralasciare tutti quei suoni provenienti dall’interno della scuola ma non direttamente collegati con l’attività della classe, come rumore delle apparecchiature scolastiche (es. computer, proiettori, lavagna multimediale), bambini in

altre aule o rumori meccanici come il sistema di riscaldamento e raffreddamento (Gheller et al., 2020).

Quando andiamo a considerare l'impatto del rumore nei processi di apprendimento scolastico dobbiamo tenere in considerazione diversi fattori: la sua intensità, frequenza, fluttuazione e contenuto (Van Reenen e Karusseit, 2017). Indipendentemente dal fatto che la fonte del rumore sia interna o esterna alla scuola, quello che emerge dalle ricerche è che l'apprendimento nei bambini soprattutto in età scolare risulta particolarmente influenzato da queste interferenze. I bambini solitamente esprimono maggiori difficoltà quando il rumore che proviene dall'esterno è improvviso e intenso, come potrebbe essere il suono di un clacson o una sirena (Van Reenen e Karusseit, 2017). Va però sottolineato che non tutti i bambini rispondono allo stesso modo e proprio per questo si può parlare di un fenomeno eterogeneo. Questa variabilità non dipende solo dalla tipologia di rumore o dalle caratteristiche del singolo bambino, ma anche dal tipo di prestazione che si va ad osservare (lettura, scrittura, comprensione...). Ad esempio quando analizziamo la comprensione del parlato dei bambini, le prestazioni sono decisamente migliori (in linea con quelle attese per la fascia d'età) quando il contenuto del discorso è significativo (Van Reenen e Karusseit, 2017).

Al fine di proporre delle soluzioni efficaci per la protezione dal rumore, è fondamentale sviluppare degli strumenti di misura quanto più sensibili possibile che siano in grado di misurare il livello di rumore a cui i bambini sono esposti quotidianamente. Questo ci permette di delineare la soglia di rumore entro cui è opportuno rimanere per garantire un buon funzionamento. A tal proposito uno strumento spesso usato nelle rilevazioni del rumore ambientale è la mappa acustica. Le mappe acustiche sono in grado di fornire un'adeguata rappresentazione visiva del rumore presente in un determinato luogo per un

certo intervallo di tempo partendo dal suo punto di emissione. Per riuscire a costruire una buona mappa acustica è necessario determinare degli indicatori precisi ed essere a conoscenza dei livelli di rumore equivalente a un determinato luogo (Leq) per un certo intervallo di tempo di misurazione (MTI). Per quanto riguarda l'intervallo di tempo, esso varia in base alle tipologie di rumore analizzate o agli scopi della ricerca. Ad ogni modo gli intervalli più comuni sono di un mese, tre mesi, sei mesi o anche un anno qualora fosse necessario. Le rilevazioni a lungo termine risultano essere le più accurate e sensibili, tuttavia sono anche le più costose in termini di tempo e denaro poiché richiedono un monitoraggio continuo o semicontinuo. Dunque, per poter definire il livello di rumore di uno specifico luogo, è fondamentale identificare le fonti di rumore dominanti (difficilmente si riesce ad identificarle tutte) e monitorare le rispettive grandezze acustiche per un determinato periodo di tempo (Mihajlov et al., 2022).

Questo metodo può essere utilizzato in diversi contesti tra cui quello scolastico. In questo caso è utile confrontare i dati ottenuti con le linee guida proposte dall'OMS che indicano le soglie limite di rumore accettabile. Nel caso dell'ambiente scolastico l'Organizzazione Mondiale della Sanità nel report "Environmental Noise Guidelines for the European Region" ha raccomandato di mantenere il rumore nelle aule entro i 35 dB. Questo livello infatti risulta ideale per poter comunicare e ascoltare senza difficoltà e limitare l'impatto del rumore sulle prestazioni cognitive (WHO, 2018).

Recentemente, uno studio condotto da Sjödin e dai suoi collaboratori ha quantificato l'intensità del rumore a cui i bambini sono esposti con una media di 70 dB al giorno (molto al di sopra dei 35 dB consentiti), che può essere paragonata al rumore prodotto da un comune elettrodomestico. Tuttavia va sottolineato che l'esposizione a tale intensità

non va letta come continua, ma piuttosto come caratterizzata da picchi elevati (fino a 130 dB) seguiti da momenti di maggior silenzio (Sjödín et al., 2012).

1.3 GLI EFFETTI DEL RUMORE

1.3.1 Listening effort e Listening fatigue

Con il termine “listening effort” generalmente ci si riferisce allo sforzo mentale che un individuo compie per prestare attenzione e riuscire a comprendere un messaggio uditivo (McGarrigle et al. 2014). L’affaticamento correlato a tale sforzo viene definito come una “stanchezza estrema risultante da un ascolto faticoso (non gratificante)” (McGarrigle et al. 2014, 434). Da un recente studio è emerso che questo sforzo mentale non è, come si pensava in precedenza, esclusivamente influenzato dalla tipologia di compito che dobbiamo affrontare, ma anzi è determinato da un insieme di molteplici dimensioni tra cui il rumore di sottofondo dell’ambiente nel quale si svolge l’ascolto (Alhanbali et al., 2019).

In virtù di queste osservazioni risulta chiaro come un ambiente in cui il rumore impatta pesantemente nel processo di comprensione dei messaggi è proprio la scuola. Nella scuola primaria gli alunni sono spesso esposti a numerosi fattori che combinati fra loro creano delle condizioni avverse per l’ascolto dei messaggi degli insegnanti e tra gli stessi compagni. Di recente è stato dimostrato che vedere il volto dell’oratore riduce significativamente lo sforzo che l’ascoltatore deve sostenere (Rudner et al., 2018). Tuttavia, va sottolineato come questa strategia di compensazione abbia dei limiti dettati

dall'intensità del rumore, dall'età del soggetto e dalle sue capacità cognitive e sensoriali (Rudner et al., 2018; Pichora-Fuller et al., 2016).

Per molto tempo gli studi sul listening effort e fatigue si sono concentrati quasi esclusivamente sugli effetti riscontrabili negli adulti. Solamente negli ultimi anni alcune ricerche americane hanno dimostrato come anche i bambini, in condizioni di rumore di fondo, manifestano degli esiti negativi nelle interazioni e nell'apprendimento (Pichora-Fuller et al., 2016).

In generale possiamo osservare delle difficoltà non solo a livello di intellegibilità del parlato ma anche nella capacità di riuscire a ricordare il contenuto del messaggio. Perciò in classe il rumore compromette non solo la comprensione e il successivo richiamo delle informazioni, ma a sua volta anche l'intero processo di apprendimento (Rudner et al., 2018).

Per misurare gli effetti del listening effort disponiamo di diversi strumenti che ci permettono di fare una valutazione sia a livello comportamentale che fisiologico. A livello comportamentale l'indicatore più utilizzato è il tempo di reazione, espresso in millisecondi. Viene misurato attraverso prove in cui il soggetto deve ascoltare una richiesta in diverse condizioni di rumore e premere di conseguenza un pulsante. Si è visto che più il rumore interferisce con il compito, maggiore sarà lo sforzo di ascolto richiesto e di conseguenza il tempo di reazione (Alhanbali et al., 2019).

Anche i questionari self report sono molto utili per valutare l'affaticamento cognitivo in risposta all'esecuzione di un compito in condizioni rumorose, in quanto permettono di ottenere informazioni riguardo lo stato emotivo del soggetto in maniera semplice ed efficace (Bess et al., 2014; McGarrigle et al., 2014).

A livello fisiologico possiamo utilizzare diverse misure tra cui:

- la pupillometria, ovvero lo studio della dilatazione della pupilla in risposta a diversi stimoli, misurata per mezzo di strumenti di Eye tracking. Numerosi studi hanno mostrato come ad un elevato listening effort corrisponda una maggiore dilatazione pupillare (McGarrigle et al., 2017; Zekveld & Kramer, 2014);
- le registrazioni EEG, attraverso le quali si è osservato una maggiore attività alfa associata a un maggiore sforzo di ascolto (Alhanbali et al., 2019);
- la conduttanza cutanea, che solitamente viene eseguita in simultanea con l'EEG per poter confrontare i risultati ottenuti dalle due misurazioni. Essa fornisce indicazioni sull'attivazione del sistema autonomo e dimostra come l'attività del sistema nervoso simpatico aumenti in condizioni impegnative per il soggetto (McArdle et al. 2006). Di conseguenza la conduttanza cutanea è considerata una misura adeguata a quantificare lo sforzo di ascolto associato all'ascolto del parlato in condizioni impegnative (Mackersie & Cones 2011).

1.1.2 Effetti cognitivi e motivazionali

Il rumore ambientale produce nelle persone effetti sia a livello di cognizione che di qualità di vita e conseguente motivazione.

A livello cognitivo, il rumore impatta con i processi di elaborazione delle informazioni, l'attenzione, la memoria, il ragionamento, la comprensione e produzione linguistica e le abilità di calcolo (Thompson et al., 2022).

Thompson e i suoi collaboratori in una meta-analisi hanno analizzato quali sono le ripercussioni più significative a livello cognitivo in bambini a sviluppo tipico: è stato visto come le aree cognitive maggiormente coinvolte sono l'attenzione, le funzioni esecutive, la memoria, l'intelligenza fluida e l'apprendimento. La meta-analisi ha evidenziato

un'associazione moderata tra difficoltà attentive e rumore del traffico aereo, ferroviario e casalingo, ma una correlazione molto bassa con il rumore causato dal traffico residenziale. Risultati pressoché identici sono stati riscontrati anche nell'associazione tra rumore e funzioni esecutive e memoria. Infine, dallo studio sono emersi risultati contrastanti riguardo la relazione che intercorre tra rumore e intelligenza fluida: uno studio longitudinale che afferma una correlazione fortemente negativa tra intelligenza fluida e il rumore del traffico stradale, mentre altri studi non sottolineano relazioni così significative (Thompson et al., 2022).

Questi dati tuttavia si riferiscono alla sola influenza del cosiddetto rumore ambientale esterno. Esiste però un'ampia gamma di studi dai quali è emerso che anche il rumore di sottofondo interno, ossia quello creato dentro alla classe (chiacchiere, rumore prodotto da strumenti...), ha effetti significativi a livello cognitivo nei bambini (Stansfeld e Clark, 2015).

I risultati finora raccolti suggeriscono effetti anche su meccanismi quali la frustrazione e lo stress dell'insegnante e degli alunni, la ridotta attenzione, il sonno e l'impotenza appresa (Hahad et al., 2019). Proprio quest'ultima può causare deficit motivazionali negli alunni e in parte negli insegnanti. L'impotenza appresa infatti crea un calo sempre più netto della motivazione che porta gli individui a percepirsi come non più in grado di affrontare i cambiamenti. L'individuo sperimenta sentimenti di mancata autostima, senso di inadeguatezza e incapacità che si ripercuotono con prestazioni inferiori in ambito scolastico e una più bassa qualità di vita.

1.1.3 Effetti sugli apprendimenti

Ricerche recenti si sono concentrate sulle ricadute che il rumore può avere sugli apprendimenti scolastici, in particolar modo nella scuola primaria e secondaria.

Secondo quanto emerso da uno studio condotto in alcune scuole cinesi, un livello acustico adeguato nelle classi garantisce non solo una migliore efficienza nell'insegnamento ma anche uno sviluppo mentale e fisico adeguato di studenti ed insegnanti. Un rumore troppo elevato nelle aule porta a difficoltà di apprendimento negli alunni e ad uno sforzo maggiore degli insegnanti che si vedono costretti ad aumentare il volume della propria voce per comunicare con la classe (Peng et al., 2018).

Altre associazioni tra rumore e performance scolastiche emergono dalla meta-analisi condotta da Thompson e colleghi (Thompson et al., 2022). I bambini esposti ad un ambiente scolastico rumoroso hanno delle prestazioni in compiti di lettura e matematica inferiori a quelle di bambini che apprendono in un ambiente con rumorosità entro i limiti. Bisogna comunque riportare che questo studio, per quanto riguarda l'apprendimento, non prende in considerazione il traffico stradale e aereo che potrebbero modificare in parte i risultati ottenuti (Thompson et al., 2022). Inoltre è bene ricordare che le prestazioni attese in età scolare interessano diverse aree dello sviluppo e che non sempre il rumore interferisce in modo omogeneo su di esse (Van Reenen e Karusseit, 2017).

Prendendo in considerazione sia il rumore interno alla classe sia quello esterno (traffico stradale e aereo) si osserva come i bambini che apprendono in condizioni di rumore manifestino difficoltà di apprendimento soprattutto nelle aree di comprensione della lettura e nelle abilità matematiche (Minichilli et al., 2018). Inoltre, un fattore importante e spesso trascurato da tenere sempre in considerazione è il riverbero. Per classi riverberanti intendiamo aule nelle quali il rumore impiega tempo a svanire. Questo fattore di rischio amplifica gli effetti negativi sull'apprendimento, andando a colpire soprattutto

alcune categorie di bambini più vulnerabili, come coloro che hanno problemi di udito (Van Reenen e Karusseit, 2017).

Un importante fattore di rischio è sicuramente l'età dei soggetti: minore è l'età, maggiore è l'influenza del rumore. Tuttavia emergono delle differenze anche fra le varie fasce d'età dei bambini in età scolare. Quelli che sembrano avere ripercussioni più evidenti sono i più giovani. In virtù di questo possiamo osservare come le prestazioni svolte con l'influenza di un rumore di sottofondo siano migliori nei bambini di età compresa fra i 7 e gli 8 anni rispetto a quelli di età minore tra i 5 e i 6 anni. Le motivazioni di queste differenze sono da ricercare nella mancata maturità di alcune abilità cognitive, che necessitano di maggior tempo per affinarsi (Van Reenen e Karusseit, 2017).

Una riflessione a sé stante va fatta nei confronti di quegli alunni che presentano disturbi di varia natura come i Disturbi Specifici dell'Apprendimento (DSA - dislessia, disgrafia, disortografia e discalculia), Disturbo da Deficit di Attenzione e Iperattività (ADHD), Disturbi dello Spettro dell'Autismo, Disturbo dell'elaborazione visiva e disabilità sensoriali (visive e uditive). La letteratura supporta la tesi per cui proprio questi bambini, a causa di maggiori vulnerabilità, siano i più colpiti dall'influenza del rumore nelle aule che va ad amplificare le difficoltà già esistenti (Van Reenen e Karusseit, 2017).

2. IL DISTURBO DA DEFICIT DI ATTENZIONE E DI IPERATTIVITÀ E I DISTURBI SPECIFICI DELL'APPRENDIMENTO

2.1 IL DISTURBO DA DEFICIT DI ATTENZIONE E DI IPERATTIVITÀ

Secondo il DSM-5, il Disturbo da deficit di attenzione e iperattività (ADHD) è un disturbo del neurosviluppo che include difficoltà di attenzione e concentrazione, di controllo degli impulsi e del livello di attività (APA, 2013). Si tratta di un deficit con base neurobiologica, le cui manifestazioni sono visibili fin da un'età precoce. Infatti secondo i criteri diagnostici ad oggi utilizzati, è necessario ai fini di una diagnosi di ADHD, osservare diversi sintomi di iperattività e disattenzione prima dei 12 anni. Oltre alla sfera temporale, la sintomatologia deve essere pervasiva, ovvero compromettere diverse aree dello sviluppo e persistere per almeno 6 mesi. Questo criterio si applica sia ai disturbi legati alla disattenzione, sia per la sfera dell'iperattività e impulsività. Altro criterio fondamentale è il contesto in cui tali sintomatologie si manifestano: dobbiamo poter dimostrare che ciò avviene in più contesti (es: casa, scuola, con i genitori, con gli amici...) per poter indagare l'influenza che tale disturbo ha sulla funzionalità del soggetto. Questa deve risultare compromessa e causare una riduzione della qualità di vita a livello sociale, scolastico o lavorativo (APA, 2013).

Una volta diagnosticato il disturbo è possibile specificare quale delle sue declinazioni è riscontrabile nel paziente. L'ADHD è un disturbo caratterizzato da un vasto pattern di sintomi pervasivi e per tale ragione è opportuno, anche in prospettiva di un intervento futuro, fare delle distinzioni. Il DSM-5 ha indicato tre sottocategorie utilizzate ai fini di una diagnosi precisa:

- 314.01 (F90.2) *Manifestazione combinata*: quando sia il criterio di disattenzione (A1) sia quello per l'iperattività-impulsività (A2) sono soddisfatti per gli ultimi 6 mesi;
- 314.00 (F90.0) *Manifestazione con disattenzione predominante*: se ad essere soddisfatto è solo il criterio A1.
- 314.01 (90.1) *Manifestazione con iperattività/impulsività predominanti*: se ad essere soddisfatto è esclusivamente il criterio A2.

Altre specificazioni fanno riferimento a una potenziale remissione parziale e alla gravità attuale del disturbo. Nel primo caso possiamo osservare una remissione parziale quando tutti i criteri che in precedenza venivano soddisfatti non lo sono negli ultimi 6 mesi (continuando comunque a causare compromissioni nel funzionamento).

Per quanto concerne la gravità attuale, possiamo fare tre distinzioni:

- Lieve: pochi sintomi presenti oltre quelli richiesti per la diagnosi che causano una compromissione minore.
- Moderata: con manifestazioni tra "lievi" e "gravi".
- Grave: sono presenti molti sintomi oltre quelli richiesti per la diagnosi e la compromissione del funzionamento è marcata.

Risulta importante, sia ai fini di una diagnosi sia per poter analizzare eventuali interferenze di agenti esterni (es: rumore) nelle prestazioni, conoscere le caratteristiche alla base di comportamenti quali la disattenzione e l'iperattività/impulsività.

La disattenzione può manifestarsi a livello comportamentale in diverse forme: divagazione nel corso dello svolgimento di un compito, mancanza di perseveranza, disorganizzazione sia nei compiti che nella gestione del materiale necessario (es. perdere spesso gli strumenti), avversione verso compiti che richiedono uno sforzo mentale e

difficoltà a mantenere la concentrazione che non è causata né da difficoltà di comprensione né tantomeno da un atteggiamento sfidante dell'individuo (APA,2013).

L'iperattività invece fa riferimento ad un'eccessiva attività motoria nel bambino in momenti poco consoni. Comportamenti riconducibili a questo pattern sono: agitazione, battere mani o piedi, dimenarsi sulla sedia, lasciare il proprio posto (es: bambino che in classe si alza senza permesso), incapacità di giocare tranquillamente, correre e saltare quando non è opportuno, loquacità e sensazione di essere costantemente "sotto pressione".

Infine, l'impulsività è osservabile in azioni che vengono messe in atto all'istante dall'individuo senza che ci sia una premeditazione. Queste possono risultare potenzialmente dannose per lo stesso individuo che non si preoccupa di considerare attentamente le conseguenze a lungo termine dei propri comportamenti. Un esempio di azione impulsiva è l'invadenza sociale (introdursi in discorsi/ giochi interrompendo gli altri) o la presa di decisioni importanti senza pensare alle conseguenze.

L'ADHD è un disturbo che si verifica trasversalmente nelle culture e che ha una prevalenza di circa il 5% nei bambini e del 2,5% negli adulti. L'ADHD è più frequente nei maschi rispetto alle femmine con un rapporto di circa 2:1 nei bambini e 1.6:1 negli adulti. Anche le manifestazioni tipiche tendono a variare con il genere. I maschi sono più inclini a comportamenti di iperattività e impulsività, mentre le femmine tendono a manifestare soprattutto disattenzione (APA, 2013).

Per le diagnosi durante l'infanzia, oltre al DSM-5 (APA, 2013) si tende ad utilizzare la Classificazione Diagnostica della Salute Mentale e dei Disturbi di Sviluppo nell'Infanzia (DC:0-5) (Zero to Three, 2016). Nel DC:0-5 i sintomi e le manifestazioni necessarie al fine di una diagnosi sono le medesime di quelle già illustrate nel DSM-5. Per poter

arrivare ad una diagnosi è fondamentale che il bambino manifesti una compromissione funzionale. In genere questa si traduce in difficoltà relazionali con i compagni di scuola o nel gioco, ma anche con gli insegnanti o gli stessi caregiver. Altre manifestazioni possono essere comportamenti rischiosi per l'incolumità propria e di altri e problemi all'interno della classe e con il gruppo dei pari (Zero to Three, 2016).

Il Disturbo da deficit di attenzione/iperattività durante l'infanzia tende a manifestarsi soprattutto attraverso comportamenti legati all'eccessiva attività motoria. Durante l'adolescenza si osserva spesso una diminuzione dei sintomi che però non deve far pensare a una scomparsa del disturbo. In realtà il quadro clinico in adolescenza per certi versi potrebbe essere addirittura peggiore. Infatti in questo periodo, soprattutto in ambito scolastico, al ragazzo vengono richieste capacità come mantenere l'attenzione per più tempo o concentrarsi in compiti lunghi e non sempre stimolanti. Di conseguenza, le difficoltà di attenzione del ragazzo possono innescare sensazioni di isolamento, frustrazione e impotenza di fronte a fallimenti che minano l'autostima e di conseguenza il futuro del soggetto (Cornoldi, 2007). Proprio per questa ragione è importante non sottovalutare le difficoltà solamente perché meno evidenti dell'iperattività manifestata nell'infanzia. Anzi è consigliabile cercare di prevenire le difficoltà ed affiancare il ragazzo per l'intero percorso scolastico e di sviluppo.

Questi bisogni sono sottolineati da una percentuale rilevante di bambini che continua a manifestare il disturbo anche in età adulta. Negli adulti possiamo osservare, nella maggior parte dei casi, atteggiamenti di disattenzione e irrequietezza che portano ad "un'agitazione interiorizzata" (Cornoldi, 2007, pag. 228). Con questo termine si vuole indicare uno stato di malessere interiorizzato dall'individuo, che provoca insofferenza, impazienza e cambi continui di attività svolte e di movimenti del corpo (Cornoldi, 2007).

Questi atteggiamenti possono compromettere il funzionamento dell'individuo in vari ambiti della vita (APA,2013).

Il Disturbo di attenzione e di iperattività/impulsività molto spesso si manifesta in comorbilità con altri disturbi. In particolar modo: i disturbi da comportamento dirompente (disturbo oppositivo provocatori e disturbo della condotta), la disabilità intellettiva grave, i disturbi della sfera emotiva e i disturbi specifici dell'apprendimento (DSA) (APA, 2013).

Una delle comorbilità più studiate è proprio quella tra ADHD e DSA. Risulta che il 30% dei maschi e il 10% delle femmine manifesti tale combinazione di disturbi (Cornoldi, 2007). In aggiunta dobbiamo tenere in considerazione il fatto che in ogni caso i bambini/ragazzi con ADHD tendono a manifestare spesso difficoltà in ambito scolastico. Da alcune ricerche riportate da Cornoldi (2007), emerge come le difficoltà più evidenti nei bambini riguardino le competenze mnestiche, l'adattamento sociale, le capacità visuomotorie di controllo comportamentale. In generale si osservano cadute sia nei test che indagano le funzioni esecutive sia in quelli che non le prendono in considerazione.

La natura eterogenea di questi due disturbi rende complicata anche una loro diagnosi. In alcuni casi infatti sembra esserci una concomitanza tra le due problematiche, in altri casi pare esserci un problema sottostante unico come una difficoltà di pianificazione o inibizione. Infine possiamo osservare casi in cui un profilo sembra influenzare l'altro. Questo è il caso specifico delle difficoltà scolastiche che sono enfatizzate dall'incapacità del bambino di adattarsi all'ambiente classe a causa dell'ADHD. Risulta quindi fondamentale riuscire a fare una diagnosi corretta per capire il ruolo dei due disturbi nelle difficoltà del bambino o ragazzo. Una diagnosi precoce e corretta ci permetterà di mettere a disposizione del soggetto le risorse giuste in modo da ridurre il più possibile gli effetti

negativi che possono protrarsi anche nell'età adulta andando a minare il senso di efficacia e autostima (Cornoldi, 2007).

2.2 I DISTURBI SPECIFICI DELL'APPRENDIMENTO

I Disturbi dell'apprendimento (DSA) vengono descritti nel DSM-5 come disturbi del neurosviluppo di origine biologica associati a difficoltà persistenti nell'apprendimento di abilità scolastiche chiave come lettura, scrittura e calcolo e con esordio durante gli anni scolastici (APA, 2013). I disturbi specifici dell'apprendimento alterano il normale processo di apprendimento delle abilità scolastiche, con inevitabili conseguenze su varie competenze.

Questa famiglia di disturbi negli anni ha visto un crescente interesse tanto da promuovere la cooperazione tra diverse associazioni specializzate. Un esempio è dato dalla collaborazione tra ben 10 tra associazioni e società di professioni esperti che hanno stilato, nel corso di una Consensus Conference, delle Raccomandazioni da poter utilizzare nella pratica clinica con i DSA (Consensus Conference, 2011). In questo documento i DSA vengono identificati come disturbi cronici la cui espressività varia in relazione all'età dell'individuo e alle richieste ambientali. Ad esempio si è osservato come siano prevalenti nella scuola primaria e secondaria di primo grado, e come ci siano delle differenze di espressione in base alle difficoltà ortografiche della lingua che il bambino deve imparare e utilizzare. Da qui la distinzione tra le lingue opache (come l'inglese) con una complessa relazione tra grafemi e fonemi e le lingue trasparenti (come l'italiano) che presentano invece una relazione diretta e biunivoca. Un'altra importante accortezza riportata nel documento fa riferimento al momento ideale per la diagnosi. Difatti è fondamentale che

sia terminato il normale processo di insegnamento delle abilità di base come lettura e scrittura. Questo fa sì che la diagnosi non possa essere fatta prima del termine della classe seconda per la dislessia e disgrafia e della classe terza per la discalculia (Consensus Conference, 2011).

In questa documentazione e nei principali manuali diagnostici emerge la caratteristica di specificità determinante in questa tipologia di disturbi. Con specificità si intende innanzitutto che le difficoltà non sono attribuibili a disabilità intellettive, a ritardo globale dello sviluppo, disturbi uditivi e/o visivi o a disturbi neurologici (es: ictus pediatrici) o motori. I DSA sono diagnosticabili in persone che presentano normali livelli di funzionamento intellettivo, con un QI che in genere supera il 70. In secondo luogo le difficoltà non possono essere attribuite a fattori esterni più generali come lo svantaggio socioeconomico o la mancata istruzione. Per ultimo, tali problematiche possono essere limitate ad un'unica abilità o ad un solo ambito scolastico (es: leggere parole singole o calcolare dati numerici) (APA,2013).

Tutte queste specificazioni sono molto utili al momento della diagnosi e dei successivi interventi, ma devono essere comunque considerate come linee guida. Ad esempio, è stato fortemente criticato il criterio che vede come parametro di diagnosi l'uso di test basati esclusivamente sul quoziente intellettivo. Proprio in virtù di queste critiche oggi si tende a sostituire il confronto con il QI, prediligendo quello con l'indice di abilità generale (IAG): questo è fondamentale per poter avere un quadro completo dell'individuo senza fermarsi alle sole prestazioni in test d'intelligenza (Cornoldi, 2007).

Nel DSM-5 viene proposta una suddivisione dei Disturbi dell'apprendimento, fatta in base al dominio di abilità colpito e con relativo codice in riferimento all'ICD-10 (APA, 2013):

- DSA con compromissione della lettura (F81.0)
- DSA con compromissione dell'espressione scritta (F81.1)
- DSA con compromissione del calcolo (F81.2)

Cornoldi (2007) riporta le diciture dei disturbi dell'apprendimento riconosciuti dalla comunità scientifica che sostanzialmente rispecchiamo le tre categorie dell'ICD-10 con l'aggiunta della disgrafia. Anche il riconoscimento di questi disturbi da parte degli organi legislativi è di fondamentale importanza per garantire agli studenti il miglior supporto possibile. In Italia una delle leggi più recenti in questo ambito è la legge 170 del 2010 che oltre a riconoscere tali disturbi in abito scolastico, garantisce anche interventi e supporto a chi ne soffre (Legge 170, 2010). Questa legge riconosce i seguenti disturbi specifici dell'apprendimento:

- *Dislessia*: si manifesta con difficoltà nell'apprendimento della decodifica di lettura (lettura decifrativa), con cadute evidenti nella correttezza e nella velocità. Si è osservato come questo disturbo tende ad avere un'alta familiarità e come molto spesso si manifesti in combinazione a difficoltà nella competenza ortografica.
- *Disgrafia*: un disturbo specifico della scrittura, la cui diagnosi si basa sulla leggibilità del grafema. Si tratta di un disturbo che si manifesta con difficoltà di produzione dei grafemi, uso dello spazio, rispetto delle distanze, impugnatura e pressione sul foglio.
- *Disortografia*: un disturbo specifico della scrittura che si manifesta con difficoltà nei processi di transcodifica e che porta ad errori di diversa tipologia: fonologici, non fonologici e fonetici.

- *Discalculia*: un disturbo specifico che si manifesta con difficoltà negli automatismi del calcolo, nell'apprendimento di fatti numerici di base e nell'elaborazione dei numeri (Cornoldi, 2007).

Questa distinzione però non è sufficiente al fine di una diagnosi. Bisogna infatti che vengano rispettati alcuni criteri. Come prima cosa è necessario che le difficoltà siano presenti in modo persistente per almeno 6 mesi. Tra queste troviamo la lettura lenta e imprecisa, difficoltà nella comprensione, nello spelling, nell'espressione scritta, problematiche nel padroneggiare il concetto di numero e calcolo e difficoltà nel ragionamento matematico. In secondo luogo dobbiamo verificare che le abilità colpite siano significativamente al di sotto della media attesa per l'età cronologica e che causino un'interferenza con la vita scolastica, lavorativa e/o quotidiana. Inoltre, come riportato in precedenza, le difficoltà non possono essere diagnosticate se prima non si è concluso il periodo di insegnamento considerato consono e non devono essere meglio giustificate da disabilità intellettive, deficit sensoriali (visivi e uditivi), disturbi mentali e neurologici di varia natura, avversità psicosociali, mancata conoscenza della lingua o di istruzione scolastica (APA, 2013).

La prevalenza dei DSA nella popolazione in età scolare si colloca tra il 5 e il 15% dei bambini, mentre negli adulti si aggira attorno al 4% (APA, 2013). Nel contesto scolastico italiano la percentuale è di circa il 5% con una maggioranza di soggetti di sesso maschile (Cornoldi, 2007).

Oltre alla valutazione degli apprendimenti, nei disturbi specifici dell'apprendimento è necessario indagare anche altri aspetti: le funzioni esecutive (FE), l'attenzione, la memoria di lavoro, la consapevolezza fonologica, la metacognizione e la velocità di elaborazione. Tutte queste funzioni risultano danneggiate, con intensità differenti, nei

soggetti con DSA. Nel caso delle funzioni esecutive, ad esempio, possiamo riscontrare delle difficoltà nei processi di pianificazione, di soluzione di problemi e di flessibilità cognitiva. Anche la memoria di lavoro, in particolar modo quella fonologica, è una componente fondamentale nei processi di apprendimento soprattutto perché permette il mantenimento di più informazioni contemporaneamente. Infine un'altra abilità molto richiesta durante i processi di apprendimento è la velocità di elaborazione. Difatti in molti compiti ci viene richiesto di elaborare ed integrare il più velocemente le informazioni a nostra disposizione: un deficit in questa funzione spiegherebbe la lentezza di elaborazione che molto spesso si osserva nei soggetti con DSA (Cornoldi, 2007).

I Disturbi specifici dell'apprendimento possono manifestarsi in comorbidità con altri disturbi. Primo fra tutti, come già spiegato nel precedente paragrafo, il Disturbo da deficit di attenzione e iperattività che potrebbe complicare il lavoro del clinico nello stabilire una diagnosi. Altre comorbidità si riscontrano con altri disturbi del neurosviluppo, come i disturbi della comunicazione, dello sviluppo della coordinazione e dello spettro dell'autismo. Inoltre può comparire in concomitanza con disturbi mentali quali ansia, depressione e bipolarismo (APA, 2013).

2.3 GLI EFFETTI DEL RUMORE SU BAMBINI CON ADHD E DSA

Come già accennato in precedenza, il rumore è un fattore che influisce sulle prestazioni cognitive e sui processi di apprendimento. In aggiunta, se il bambino manifesta già delle difficoltà intrinseche dovute a disturbi come l'ADHD, i DSA o a disabilità sensoriali di vario genere, il rumore può risultare ancora più impattante (Nelson e Blaeser, 2010).

Dal momento che più del 5% dei bambini in età scolastica presenta un disturbo specifico dell'apprendimento o un disturbo di attenzione e iperattività (e in alcuni casi una combinazione dei due), è evidente come l'impatto del rumore su questi disturbi non sia un fenomeno ridotto a pochi casi. Condizioni acustiche sfavorevoli nelle classi causano nel bambino un maggiore livello di distraibilità, una ridotta capacità attentiva e un aumento di comportamenti impulsivi e iperattivi (Nelson e Blaeser, 2010). Si evince quindi come nelle scuole ci sia la necessità di migliorare l'acustica ambientale per favorire una migliore esperienza di apprendimento. Ad oggi queste condizioni ottimali ancora non sono state raggiunte universalmente, tanto da far diventare l'acustica una vera e propria barriera all'apprendimento (Van Reenen e Karusseit, 2017).

Le ricerche hanno portato a risultati contrastanti sull'impatto del rumore in bambini con DSA o ADHD. I dati raccolti da Van Reenen e Karusseit (2017) riportano come il rumore ambientale impatti su questi bambini soprattutto a causa della loro vulnerabilità a livello di memoria di lavoro. Altri studi, come quello condotto da Abikoff e collaboratori, invece ci consegnano un report quasi opposto. Ci sono infatti delle prove secondo cui in alcuni compiti i bambini con tali disturbi sarebbero quasi avvantaggiati dalla condizione di rumore. Ad esempio nel caso dei bambini con ADHD si è notato che se ascoltano musica mentre svolgono compiti di matematica, ottengono prestazioni migliori rispetto ai gruppi di controllo in cui c'è silenzio o rumore del parlato (Abikoff et al., 1996). Ulteriori studi dimostrano come studenti con ADHD hanno prestazioni migliori rispetto a studenti a sviluppo tipico durante lo svolgimento di compiti cognitivi in condizione di rumore bianco (Söderlund et al., 2010).

I meccanismi alla base di questi effetti paradossali attualmente non sono ancora stati compresi. Tuttavia, un gruppo di ricerca ha cercato di spiegare questo fenomeno

attraverso un nuovo modello che combina le differenze individuali con cui il rumore colpisce il cervello e il concetto di risonanza stocastica (SR), ovvero il fenomeno che spiega come all'aumentare del rumore cambiano anche i livelli di attenzione e prestazione (Söderlund et al., 2010). Questo studio ha spiegato come l'aggiunta di rumore di sottofondo all'input del sistema di elaborazione delle informazioni può andare a favorire il rilevamento di un segnale sotto la soglia (Söderlund et al., 2010). Nel 2010 è stata condotta una ricerca che aveva come obiettivo quello di analizzare quali funzioni godevano di un miglioramento grazie a questa risonanza stocastica. Dai dati è emerso che i benefici più evidenti si hanno nella capacità di discriminare i segnali sensoriali, soprattutto di natura visiva, nella velocità di svolgimento di calcoli aritmetici e nel richiamo alla memoria visiva di compiti svolti. Tutte queste relazioni seguono una curva a U invertita in cui le prestazioni migliori si hanno quando il compito viene svolto in condizione di rumore moderato, mentre se il rumore è troppo intenso o troppo basso, le prestazioni risulteranno attenuate. Dal grafico sotto riportato si può osservare come le prestazioni ai test cognitivi siano ottimali nelle situazioni di rumore moderato e più basse invece quando il rumore è troppo forte o troppo debole (cfr. Figura 1). Inoltre si può osservare come per i bambini con difficoltà attentive (es: ADHD) sia necessario un livello maggiore di rumore moderato, per poter ottenere delle prestazioni ottimali, a differenza di bambini che non manifestano queste problematiche (Söderlund et al., 2010).

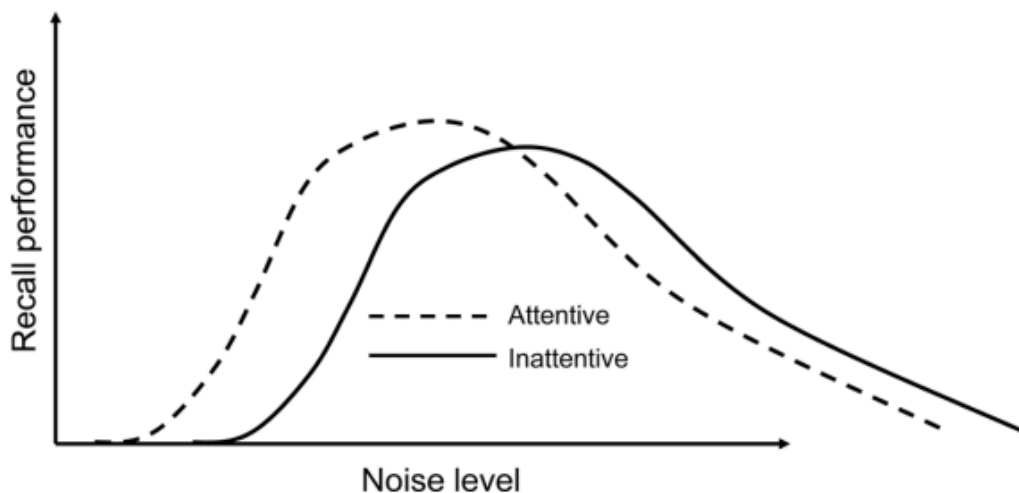


Figura 1- Differenze individuali nella curva di risonanza stocastica. Tratto da Söderlund et al., 2010.

La spiegazione a queste differenze individuali è stata ricercata nello stato ipodopaminergico tipico del Disturbo di disattenzione e iperattività. L'ADHD infatti, si distingue per bassi livelli di dopamina tonica che si traducono in un'eccessiva reattività del soggetto alla stimolazione ambientale. Secondo il modello proposto da Söderlund (2010) il cervello ipodopaminergico necessita di un livello maggiore di rumore che funga da input per un migliore funzionamento. Tale rumore bianco andrebbe quindi a compensare le varie disfunzioni comportamentali causate da una ridotta trasmissione di dopamina.

Questa relazione è stata studiata anche in un'altra ricerca secondo cui il rumore bianco potrebbe essere utilizzato come una valida alternativa terapeutica per bambini che presentano sintomi di ADHD (Pickens et al., 2019). Attualmente questi piccoli pazienti hanno a disposizione diverse tipologie di trattamenti farmacologici (es: stimolanti) e non. Molto spesso però i genitori esternano preoccupazioni sull'uso di farmaci in età infantile e sui possibili effetti collaterali che questi possono avere sui loro bambini,

come insonnia, mancanza di appetito, mal di testa e mal di stomaco. Per questo motivo spesso vengono preferite le terapie non farmacologiche come la terapia cognitivo-comportamentale o sessioni di training della memoria di lavoro. Purtroppo però non sempre con esse si ottengono risultati validi come con i farmaci. Per tale ragione Pickens e colleghi hanno cercato di individuare una nuova forma di terapia meno invasiva che si basa essenzialmente sull'utilizzo del rumore bianco durante lo svolgimento di compiti cognitivi e/o di apprendimento. Si è potuto osservare come un rumore bianco di 65 dB sia correlato a miglioramenti nell'uso del linguaggio, nel riconoscimento vocale, nella velocità di scrittura e di lettura di parole e nella riduzione di comportamenti impulsivi. Tuttavia, non sembra essere efficace su alcuni compiti cognitivi, come l'accuratezza in lettura e scrittura. Inoltre, gli autori riportano che rumori esterni a quelli usati nello studio possono comunque provocare un'interferenza. In conclusione l'utilizzo del rumore bianco a scopo terapeutico è consigliato perché non invasivo, con effetti collaterali minimi e buoni risultati in determinati compiti. Nonostante resti comunque necessario fare ulteriori ricerche per ampliare la letteratura scientifica a riguardo, questa nuova frontiera terapeutica sembra promettente e una valida alternativa alle terapie farmacologiche (Pickens et al., 2019).

3. LA RICERCA

3.1 LO SCOPO

Lo scopo di questa ricerca è analizzare in quale modo diverse condizioni di ascolto influiscono sulle funzioni esecutive. In particolar modo ci siamo concentrate sugli effetti riscontrati a livello della memoria, dell'attenzione e dell'inibizione in un campione di bambini con diagnosi di ADHD o DSA. Per raccogliere i dati necessari allo studio è stata utilizzata l'app CoEN ("Cognitive Effort in Noise"), sviluppata da un team di psicologi, medici audiologi e ingegneri dell'Università di Padova. L'applicazione rientra in un progetto promosso dal Centro Human Inspired Technology (HIT) dell'Università degli Studi di Padova, coordinato dalla professoressa Barbara Arfè e finanziato dal Programma Operativo Regionale F.S.E. 2014-2020 Regione Veneto.

L'obiettivo dell'app è quello di fornire una panoramica sulle prestazioni dei bambini durante lo svolgimento di un compito in due condizioni acustiche opposte, quella di quiete e quella di rumore. I dati raccolti ci permettono quindi di verificare se la condizione di rumore ha un impatto significativo sulle prestazioni dei bambini.

3.1.1 IPOTESI

L'ipotesi generale che ha guidato lo studio è stata che i bambini ottenessero dei punteggi ai test previsti dall'app più bassi in condizione di rumore rispetto alla condizione di quiete. In base a quanto riportato nei capitoli precedenti, il rumore è stato identificato come un fattore di svantaggio soprattutto per soggetti vulnerabili a causa di disturbi diagnosticati

come l'ADHD e il DSA (Van Reenen e Karusseit, 2017 & Nelson e Blaeser, 2010). Tuttavia è emerso che in alcuni casi il rumore può favorire le prestazioni di alcuni soggetti, come nel caso dei bambini con ADHD (Abikoff et al., 1996 & Söderlund et al., 2010). Per tanto ipotizzavamo che in determinati compiti di attenzione, il gruppo clinico con ADHD avrebbe presentato prestazioni migliori in condizione di rumore, mentre ci attendavamo un peggioramento della performance nei vari test nel gruppo clinico con DSA rispetto al gruppo tipico.

3.2 PARTECIPANTI

I partecipanti che hanno partecipato a questa ricerca sono stati individuati tra coloro che settimanalmente frequentano il centro "PsyCare: Studio Multiprofessionale per l'Età Evolutiva" di Rovigo. Come da prassi, prima di procedere con la somministrazione, i genitori hanno autorizzato alla partecipazione attraverso un modulo di consenso informato. In particolar modo hanno preso parte bambini e ragazzi della scuola primaria e secondaria di primo grado con una diagnosi di ADHD o di DSA.

Il gruppo clinico è quindi composto da 14 soggetti: 12 frequentanti la scuola primaria e solo 2 la scuola secondaria di primo grado. Del campione, 6 partecipanti hanno una diagnosi di ADHD e i rimanenti 8 invece di DSA.

Di seguito è inserito l'elenco dei partecipanti allo studio (tabella 1).

PARTECIPANTI	GENERE	ETÀ (M=9.21; DS=1.42)	CLASSE	DIAGNOSI
1) S.	M	7	1^ primaria	ADHD
2) M.	M	7	2^ primaria	ADHD
3) A.	M	9	3^ primaria	DSA (dislessia+disortografia)
4) M.	M	8	3^ primaria	DSA (dislessia+disortografia)
5) S.	F	8	3^ primaria	ADHD
6) G.	M	9	3^ primaria	ADHD
7) P.	M	9	3^ primaria	ADHD
8) E.	F	10	4^ primaria	DSA (dislessia+disortografia)
9) G.	F	9	4^ primaria	DSA (dislessia+disortografia)
10) G.	F	10	4^ primaria	DSA (dislessia+disortografia)
11) C.	M	10	5^ primaria	DSA (non specificato)
12) C.	F	10	5^ primaria	DSA (discalculia)
13) S.	F	11	1^ secondaria	ADHD
14) M.	M	12	1^ secondaria	DSA (dislessia+disortografia)

Tabella 1 – Il campione oggetto di studio.

Il campione clinico con DSA è in realtà composto da 12 soggetti, 8 dei quali riportati nella tabella 1 e altri 4 provenienti da un'altra raccolta dati.

Inoltre sono stati individuati 81 bambini che dopo essere stati appaiati in base all'età con il gruppo clinico, hanno funto da campione di controllo (tabella 2).

Per entrambi i gruppi la somministrazione è avvenuta individualmente, ossia lo sperimentatore ha affiancato ogni partecipante durante lo svolgimento dei giochi. Inoltre, per entrambi i gruppi la condizione di rumore è stata ricreata inviando un rumore di tipo multitalker babble noise in cuffia a 65dB.

3.3 APP CoEN

Nella presente ricerca è stata utilizzata l'app CoEN il cui acronimo sta per "Cognitive Effort in Noise". Tale denominazione pone nuovamente l'accento sull'obiettivo alla base dell'elaborato, ovvero la misura dell'affaticamento cognitivo associato a una situazione di rumore.

L'app CoEN può essere somministrata ad un ampio range di età che più precisamente va dai 6 ai 12 anni. In termini scolastici quindi facciamo riferimento a bambini e ragazzi frequentanti le classi dalla scuola primaria fino alla classe seconda della scuola secondaria.

L'app CoEN ha lo scopo di analizzare quanto i bambini riescono a concentrarsi mentre svolgono un compito in condizioni di quiete e di rumore. L'app è stata pensata sotto forma di gioco interattivo, con schermate semplici, intuitive e colorate. I test si sviluppano lungo

un percorso nel quale i partecipanti sono guidati da due mascotte per riuscire a raggiungere una meta, ossia la città in cui vive la rispettiva mascotte (Figura 2).



Figura 2 – Disegno del percorso a tappe

I partecipanti possono lavorare in due diverse condizioni: in una condizione di silenzio oppure selezionando un determinato livello di rumore denominato “babble noise”.

In virtù di queste due condizioni di rumore sono state ideate due versioni dell’app ognuna con la rispettiva mascotte. Per quanto riguarda la versione utilizzata in condizione di silenzio la mascotte è stata denominata Quiety. In questa versione la meta è la città di Ambios e viene descritta come un ambiente tranquillo e silenzioso. Viceversa il robottino della seconda versione si chiama Noisy e vive nella città di Brumbo, nome scelto in base all’onomatopea “brum”, tipicamente ricondotta al suono del rumore (Figura 3).

Fin dal primo utilizzo si può notare come l’app presenti le sembianze di un quaderno. Come prima immagine infatti ci appare la copertina di un quaderno in cui sono presenti

il nome e il logo dell'app (Figura 4), seguiti da delle facciate relative alle informazioni sui partecipanti: età, genere, classe scolastica e la mano dominante.

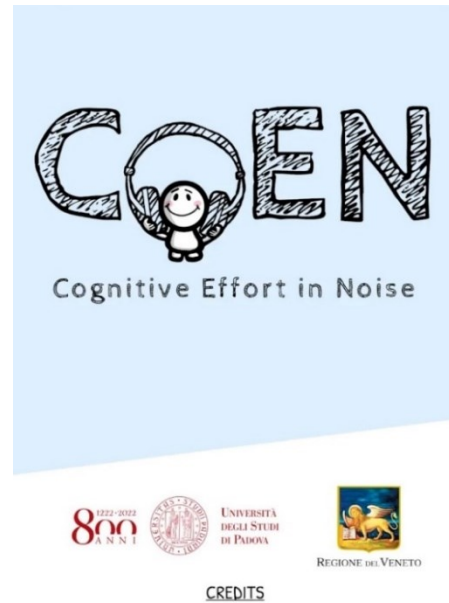


Figura 3 – immagine delle due mascotte.

Figura 4- Nome e logo dell'app

Superata questa prima parte informativa cominciano a presentarsi i capitoli, ognuno dei quali fa riferimento ad un test specifico. Le prime “pagine” hanno l’obiettivo di raccogliere dei dati sui partecipanti, utili per la successiva analisi (figura 5).

Figura 5 – immagine relativi la raccolta di dati anagrafici

I giochi presenti nell'app sono una versione digitalizzata di sei test neuropsicologici standardizzati utilizzati comunemente nella pratica clinica per la valutazione delle funzioni esecutive, ossia:

- Digit Span test avanti (WISC-IV – Orsini e Pezzuti, 2012);
- Digit Span test indietro (WISC-IV – Orsini e Pezzuti, 2012);
- Reading Span Test (Arfè et al., 2015);
- Test di Attenzione Visiva (NEPSY-II – Korkman et al., 2011);
- Test di Attenzione Visiva (WISC-IV – Orsini e Pezzuti, 2012);
- Test di Inibizione (Diamond et al., 2007).

Ogni test è preceduto da degli esempi pratici che servono al soggetto per comprendere l'utilizzo dei tasti, le consegne e familiarizzare con gli stimoli. Qualora fosse necessario, questi esempi possono essere rivisti più di una volta.

Una volta pronto il partecipante può iniziare a svolgere autonomamente i vari test. A partire da un lavoro di Prodi e colleghi (2019), ogni test viene valutato in base ai criteri di accuratezza (risposte corrette e numero di errori) e tempi di reazione.

3.3.1 DIGIT SPAN

Il primo test proposto è il Digit Span test nelle due condizioni: in avanti (diretto) e all'indietro (indiretto). Questo test è stato tratto e adattato a partire dal manuale per la valutazione dell'intelligenza WISC-IV, nel quale è denominato “memoria di cifre” e inserito nell'indice di Memoria di Lavoro (IML). Come riportato da Bonichini (2017), nel digit span diretto l'esaminato legge ad alta voce una serie di sequenze numeriche che il soggetto deve ripetere nello stesso ordine. Questo compito è usato al fine di determinare

la capacità di mantenere le informazioni in memoria. Nel test di digit span indiretto invece il partecipante viene valutato sulla base della sua capacità di ripetere le cifre in ordine inverso a quello in cui vengono lette dall'esaminatore. In questo caso viene misurata la capacità esecutiva della Memoria di Lavoro. In questa secondo compito al partecipante viene richiesto un doppio lavoro, dovrà infatti manipolare le cifre per poterle riordinare prima di ripeterle. Di conseguenza questo task risulta più complicato. Sia nel Digit span diretto che in quello indiretto, le sequenze numeriche aumentano progressivamente aumentando la difficoltà e costringendo quindi il soggetto a utilizzare strategie adeguate (Bonichini, 2017).

Nell'adattamento del test per l'app CoEN la ripetizione verbale delle stringhe numeriche è stata resa in forma visiva: sullo schermo appaiono le sequenze numeriche ad intervalli regolari (una al secondo) seguite da un pallino di fissazione blu. Successivamente compare una casella di digitazione nella quale il partecipante dovrà inserire i numeri visti (figura 6).

Per entrambe le versioni del Digit Span test vengono presentate fino a otto stringhe numeriche con una lunghezza che aumenta progressivamente (dalle due cifre fino ad un massimo di otto). Come già riportato i due criteri valutati sono la correttezza e il tempo di reazione. La misurazione di quest'ultimo inizia con la comparsa del punto blu di fissazione e termina quando il bambino preme il tasto "avanti" che coincide con la fine della rievocazione e scrittura della sequenza. Il punteggio finale viene calcolato attribuendo 1 punto per ogni sequenza corretta e 0 per ogni errore. Il test termina nel momento in cui vengono commessi due errori consecutivi in due sequenze di uguale lunghezza. Prima di proseguire con il gioco successivo, sulla schermata compare una lettera che serve a formare il nome della città da cui proviene la mascotte.



Figura 6 - Esempio dell'inserimento da tastiera delle serie numeriche

3.3.2 READING SPAN

Il Reading Span test è un test creato da Daneman e Carpenter (1980) per studiare la memoria di lavoro e successivamente riadattato in diverse occasioni, tra cui quella proposta da Arfè e colleghi (2015). Quest'ultima versione è stata pensata per bambini con impianto cocleare e successivamente utilizzata anche nell'app CoEN.

In questo test al bambino verranno presentate una alla volta delle brevi frasi in set da due, tre, quattro o cinque frasi ciascuno. Al bambino viene richiesto di mantenere in memoria l'ultima parola di ogni frase e di rievocarla alla fine di ogni set. Per far sì che il bambino non si focalizzi solamente sulla parola, ma comprenda il significato della frase, dopo ogni sentenza gli verrà chiesto di rispondere con vero o falso ad una domanda di comprensione (figura 7).

Metà delle frasi presentate erano vere e l'altra metà false. Per tutte le frasi il tempo di esposizione è di 5 secondi in modo che il bambino abbia il tempo di leggere e comprendere. I tempi di esposizione sono stati calcolati a partire dai parametri standardizzati di velocità di lettura (sillabe/secondo in base alla classe frequentata) (Tressoldi et al., 2001; Cornoldi et al., 2009). In questo compito il tempo è predefinito, pertanto non si è interessati a studiare i tempi di reazione.



Figura 7 –domanda di comprensione vero/falso

Al termine di ogni set di frasi, il partecipante dovrà riportare in un apposito box le ultime parole di ogni frase nell'ordine di apparizione (figura 8). Il test si interrompe nel momento in cui il partecipante non è in grado di ricordare la parola, oppure commette due errori in frasi consecutive appartenenti allo stesso set (Arfè et al., 2015). Come per il gioco precedente al termine sullo schermo comparirà una lettera che servirà a formare il nome della città del robottino.



Figura 8 – inserimento finale delle ultime parole

3.3.3 TEST DI ATTENZIONE VISIVA

Come riportato in precedenza, nell'app CoEN sono presenti due test di attenzione visiva. Il primo, proveniente dalla batteria NEPSY-II, è denominato sub-test “attenzione-visiva” e fa parte del dominio cognitivo Attenzione e Funzioni Esecutive. Nel gioco il compito del bambino è quello di ricercare dei volti (stimolo target) tra altri volti non-target. Dal momento che gli stimoli totali sono 176, si è reso impossibile presentarli tutti in un'unica facciata, perciò sono stati suddivisi in 8 schermate. Nelle prime 4 gli stimoli sono distribuiti in 6 righe e 4 colonne (figura 9), mentre nelle 4 pagine successive in 5 righe e 4 colonne.

Il bambino deve riuscire a individuare due visi target tra vari stimoli distrattori in un tempo fissato di 180 secondi. Per scegliere lo stimolo il bambino dovrà selezionare l'immagine toccando lo schermo e una volta scelto non potrà deselegnarla. Il gioco termina quando il partecipante preme il tasto “fine” oppure allo scadere del tempo.

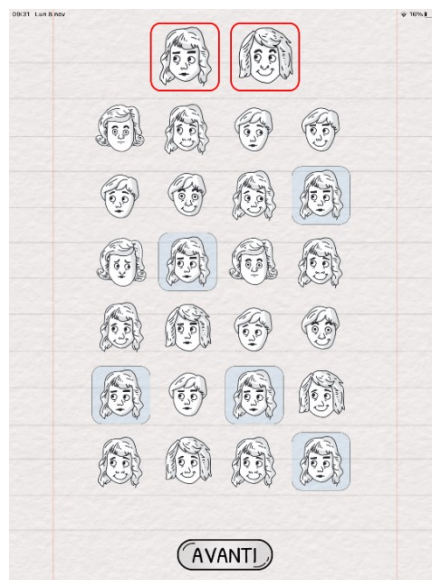


Figura 9 – esempio di selezione degli stimoli target (facce)

Il secondo test invece è stato ricavato dalla batteria WISC-IV, in particolar modo dal dominio della velocità di elaborazione (IVE), ed è denominato “test di cancellazione”. Allo stesso modo del test precedente, qui il bambino dovrà trovare degli stimoli target raffiguranti degli animali tra numerosi stimoli distrattori rappresentanti oggetti di vario tipo (figura 10). Per fare questo il bambino avrà a disposizione un tempo massimo di 45 secondi.

Come in precedenza, anche per questo test nella versione digitalizzata, è stato necessario disporre gli stimoli in più pagine. Complessivamente si hanno 40 stimoli per pagine, in tabelle composte da 8 righe e 5 colonne.

In entrambi i test, il punteggio finale è costituito da: il tempo di esecuzione, il numero corretto di stimoli individuati e il numero complessivo di errori fatti. Per quanto riguarda il valore dell'accuratezza, esso si calcola considerando il numero di target individuati correttamente meno il numero degli errori.

Quando il bambino avrà terminato il gioco, gli verrà fornito un feedback positivo e un'ulteriore lettera da usare per formare il nome della città.

Questa tipologia di test è di notevole importanza, perché ci permette di valutare alcune funzioni esecutive tra cui la velocità di discriminazione visuo-percettiva, l'attenzione selettiva e sostenuta e la flessibilità cognitiva (Lang et al., 2017).

Sempre in base al lavoro di Lang e colleghi (2017), sappiamo inoltre che in questa tipologia di test in genere i partecipanti compiono due errori: indicare uno stimolo che non rappresenta un animale in modo impulsivo, oppure non segnare uno o più stimoli perché non si è adottata una strategia adeguata.



Figura 10 – esempio di selezione degli stimoli target (animali)

3.3.4 TEST DI INIBIZIONE

L'ultimo test presentato nell'app CoEN è un test che ha il compito di valutare la capacità di inibizione dei partecipanti, ossia l'abilità di controllare l'attenzione, i comportamenti, pensieri e emozioni (Diamond et al., 2007).

Le prove di inibizione possono essere svolte in tre condizioni: congruenti, incongruenti e miste. Nel caso della tipologia congruente, il bambino dovrà svolgere un'azione rispettando sempre una stessa regola, invece, nella tipologia incongruente deve seguire un criterio contrario rispetto al precedente. Per finire, la modalità con cui viene presentato questo test è quella del "Heart and Flower task" (Diamond et al., 2007).

Al momento dell'inizio del gioco il bambino vedrà apparire sullo schermo un cuore rosso: il bambino dovrà premere la freccia che indica la direzione in cui compare lo stimolo (condizione congruente) (nella figura 11a bisogna cliccare la freccia a destra). Nella versione incongruente, invece, appare è un fiore viola e il bambino deve cliccare sulla freccia che indica la direzione opposta rispetto a quella di apparizione (nella figura 11b bisogna cliccare la freccia a destra). Infine nella condizione mista e la più complessa, compaiono entrambi gli stimoli in maniera casuale, per cui il partecipante dovrà ricordare le due regole e applicarle correttamente.

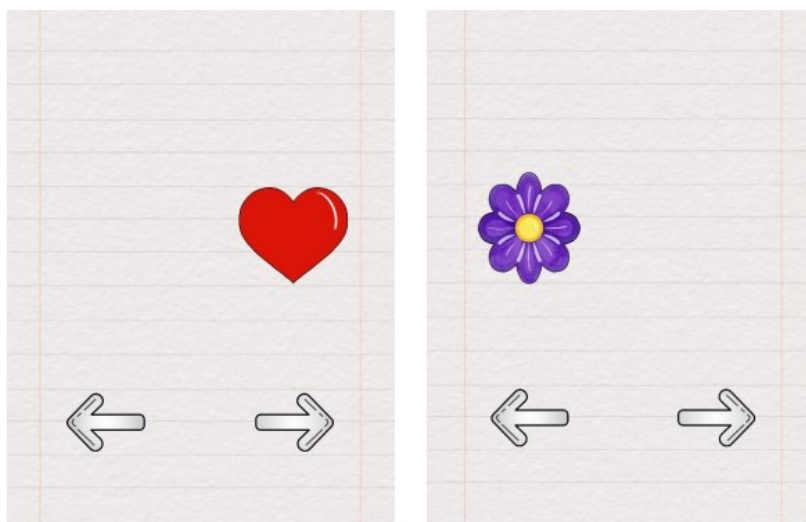


Figura 11 (a) – Il cuore rosso; (b) – Il fiore viola

In totale i trials sono 20 e vengono regolati in maniera del tutto casuale. Inoltre non è stato posto nessun tipo di vincolo temporale al bambino: per far sì che lo stimolo successivo compaia è sufficiente premere il tasto, indipendentemente che esso sia giusto o sbagliato. Il punteggio finale viene calcolato basandosi sul tempo di reazione e sulla correttezza delle risposte. Il criterio più importante nelle prove di inibizione è l'accuratezza, per questo motivo al bambino viene richiesto di non focalizzarsi sulla velocità di risposta, che potrebbe portarlo ad agire impulsivamente, ma piuttosto sulla correttezza (Diamond et al., 2007).

3.4 SOMMINISTRAZIONE

Complessivamente il tempo necessario alla corretta somministrazione dell'app CoEN è di circa mezz'ora. In questo lasso di tempo sono compresi, oltre ai vari test nelle condizioni di quiete e rumore, anche due questionari (uno iniziale e uno finale).

Per la raccolta dati di questa ricerca si è deciso di dividere le prove in due giornate in modo da evitare un effetto apprendimento.

L'intento della somministrazione è stato quello di presentare le prove sotto forma di un gioco interattivo accattivante e divertente per i bambini e ragazzi. Questo è stato possibile anche grazie all'utilizzo di un tablet (Apple iPad mini) come strumento per presentare l'app.

Ogni bambino ha svolto il compito individualmente, in una stanza isolata, indossando delle cuffie, in modo da garantire maggiormente una condizione di quiete.

Allo scopo di analizzare l'incidenza del rumore sulle prestazioni cognitive, l'app CoEN è stata somministrata sia in quiete che in rumore. Nella condizione di rumore, l'audio che il bambino sentiva in cuffia era un multitalker babble noise (simile ad un vociare indistinto) pari a 60 dB.

Prima di iniziare con la somministrazione dei test, è stato chiesto ai partecipanti di rispondere ad un questionario denominato "Conosciamoci", con l'obiettivo di indagare quanta dimestichezza i bambini avessero con i videogiochi e dispositivi elettronici e la frequenza di utilizzo. Una volta finita la somministrazione dei test è stato chiesto di compilare un questionario self report utile a indagare la percezione soggettiva dell'influenza del rumore.

3.5 RISULTATI

Per effettuare le varie analisi statistiche è stato utilizzato il software SPSS.

Di seguito sono riportate le analisi effettuate in base ai dati raccolti:

- Statistiche descrittive,
- Test dei Ranghi di Wilcoxon (campioni appaiati);
- Test di Mann-Whitney U (campioni indipendenti).

Di seguito sono inserite le tabelle riportanti le statistiche descrittive per ogni test somministrato, con il parametro di accuratezza dato dalle risposte esatte. In ogni tabella sono riportati i valori minimi e massimi ottenuti in ciascun test, assieme alla media e alla deviazione standard.

Le tabelle nell'ordine riportano le statistiche descrittive del gruppo di controllo e del gruppo ADHD nella condizione di quiete (tabella 2) e di rumore (tabella 3). Successivamente sono riportate le statistiche descrittive del gruppo di controllo e del gruppo DSA in condizione di quiete (tabella 4) e di rumore (tabella 5).

STATISTICHE DESCRITTIVE

	Gruppi	Media	SD	Minimo	Massimo
Digit Span Avanti Quiete (corrette)	ADHD	5.17	1.941	3	8
	Controllo	6.44	1.629	2	11
Digit Span Indietro Quiete (corrette)	ADHD	5.50	1.378	3	7
	Controllo	6.29	1.699	3	12
Test Attenzione Faccine Quiete (accuratezza)	ADHD	12.33	12.209	0	32
	Controllo	15.00	12.928	-20	37
Test Attenzione Animali Quiete (accuratezza)	ADHD	19.83	9.196	7	30
	Controllo	22.49	9.831	-2	61
Test Inibizione Quiete (corrette)	ADHD	56.83	3.061	52	60
	Controllo	52.36	10.108	27	60

Tabella 2 -Statistiche descrittive relative al gruppo di controllo e ADHD - condizione di quiete.

	Gruppi	Media	SD	Minimo	Massimo
Digit Span Avanti Rumore (corrette)	ADHD	4.00	1.095	2	5
	Controllo	5.96	1.827	1	11
Digit Span Indietro Rumore (corrette)	ADHD	4.00	1.414	2	6
	Controllo	6.06	1.855	1	12
Test Attenzione Faccine Rumore (accuratezza)	ADHD	19.83	14.552	0	37
	Controllo	16.38	9.402	-20	34
Test Attenzione Animali Rumore (accuratezza)	ADHD	27.33	8.981	16	43
	Controllo	22.85	10.772	-11	49
Test Inibizione Rumore (corrette)	ADHD	56.33	3.502	50	60
	Controllo	53.13	11.350	0	60

Tabella 3 -Statistiche descrittive relative al gruppo di controllo e ADHD - condizione di rumore.

	Gruppi	Media	SD	Minimo	Massimo
Digit Span Avanti Quiete (corrette)	DSA	6.00	1.095	4	7
	Controllo	6.57	1.630	2	11
Digit Span Indietro Quiete (corrette)	DSA	6.27	0.905	5	8
	Controllo	6.36	1.742	3	12
Test Attenzione Faccine Quiete (accuratezza)	DSA	16.08	7.856	7	32
	Controllo	15.82	13.088	-20	37
Test Attenzione Animali Quiete (accuratezza)	DSA	22.92	11.405	-8	36
	Controllo	24.21	9.308	0	61
Test Inibizione Quiete (corrette)	DSA	53.42	11.540	27	60
	Controllo	53.65	9.438	27	60

Tabella 4 -Statistiche descrittive relative al gruppo di controllo e DSA - condizione di quiete.

	Gruppi	Media	SD	Minimo	Massimo
Digit Span Avanti Rumore (corrette)	DSA	5.64	2.063	1	8
	Controllo	6.03	1.931	1	11
Digit Span Indietro Rumore (corrette)	DSA	5.64	1.206	4	8
	Controllo	6.05	1.939	1	12
Test Attenzione Faccine Rumore (accuratezza)	DSA	21.83	10.903	5	38
	Controllo	16.59	11.828	-45	34
Test Attenzione Animali Rumore (accuratezza)	DSA	26.50	12.421	-8	39
	Controllo	24.48	10.114	-11	49
Test Inibizione Rumore (corrette)	DSA	54.92	9.510	31	60
	Controllo	54.27	9.087	30	60

Tabella 5 -Statistiche descrittive relative al gruppo di controllo e DSA - condizione di rumore.

Prima di confrontare i vari gruppi, sono state eseguite delle analisi di curtosi e simmetria per determinare che la distribuzione fosse normale. Dalle analisi emerge che la distribuzione dei due gruppi clinici non è omogenea: pertanto, sono stati svolti dei test non parametrici per il confronto entro il gruppo e tra i gruppi.

3.5.1 Differenze tra il gruppo tipico e il gruppo clinico ADHD

Per valutare se c'è una differenza tra le prestazioni in quiete e in rumore tra il gruppo tipico e il gruppo clinico ADHD sono state svolte delle analisi non parametriche (test di Mann Whitney). Di seguito si presentano le medie dei punteggi dei due gruppi:

STATISTICHE GRUPPO

	Gruppo ADHD	N	Media	Deviazione std.	Errore standard della media
Digit Span Avanti Quiete (corrette)	Tipico	80	6.36	1.655	.185
	ADHD	6	5.17	1.941	.792
Digit Span Indietro Quiete (corrette)	Tipico	80	5.58	2.412	.270
	ADHD	6	5.50	1.378	.563
Test Attenzione Faccine Quiete (accuratezza)	Tipico	80	13.54	14.128	1.580
	ADHD	6	12.33	12.209	4.984
Test Attenzione Animali Quiete (accuratezza)	Tipico	80	22.41	9.720	1.087
	ADHD	6	19.83	9.196	3.754
Test Inibizione Quiete (corrette)	Tipico	80	52.51	10.027	1.121
	ADHD	6	56.83	3.061	1.249
Digit Span Avanti Rumore (corrette)	Tipico	76	5.96	1.814	.208
	ADHD	6	4.00	1.095	.447
Digit Span Indietro Rumore (corrette)	Tipico	77	5.35	2.559	.292
	ADHD	6	4.00	1.414	.577
Test Attenzione Faccine Rumore (accuratezza)	Tipico	79	13.54	16.499	1.856
	ADHD	6	19.83	14.552	5.941
Test Attenzione Animali Rumore (accuratezza)	Tipico	79	22.78	10.716	1.206
	ADHD	6	27.33	8.981	3.667
Test Inibizione Rumore (corrette)	Tipico	79	52.81	11.626	1.308
	ADHD	6	56.33	3.502	1.430
Mean_Effort_R	Tipico	66	2.0712	.73624	.09062
	ADHD	6	2.8611	.76316	.31156

Tabella 6- statistiche di gruppo (tipico-ADHD)

Mentre di seguito si riportano le analisi non parametriche per campioni indipendenti:

STATISTICHE DEL TEST^a

	Digit Span Avanti Quiete (corrette)	Digit Span Indietro Quiete (corrette)	Test Attenzione Faccine Quiete (accuratezza)	Test Attenzione Animali Quiete (accuratezza)	Test Inibizione Quiete (corrette)
U di Mann-Whitney	151.000	224.500	202.500	217.500	220.000
W di Wilcoxon	172.000	245.500	223.500	238.500	3460.000
Z	-1.537	-.267	-.636	-.382	-.342
Sign. asint. (a due code)	.124	.790	.525	.703	.732

a. Variabile di raggruppamento: gruppo ADHD

Tabella 7- statistiche del test (confronto gruppo ADHD e controllo in quiete)

STATISTICHE DEL TEST^a

	Digit Span Avanti Rumore (corrette)	Digit Span Indietro Rumore (corrette)	Test Attenzione Faccine Rumore (accuratezza)	Test Attenzione Animali Rumore (accuratezza)	Test Inibizione Rumore (corrette)	Mean_Effort_R
U di Mann-Whitney	72.000	123.500	194.000	181.500	218.500	88.500
W di Wilcoxon	93.000	144.500	3354.000	3341.500	239.500	2299.500
Z	-2.825	-1.943	-.738	-.953	-.322	-2.238
Sign. asint. (a due code)	.005	.052	.460	.340	.747	.025

a. Variabile di raggruppamento: gruppo ADHD

Tabella 8- statistiche del test (confronto gruppo ADHD e controllo in rumore)

Come si può notare nella tabella 7, non ci sono differenze significative tra i due gruppi nella condizione di quiete, mentre invece è presente una differenza statisticamente significativa tra i due gruppi nel test di digit span diretto ($p= 0.005$) e indiretto ($p=0.052$) nella condizione di rumore (tabella 8). Inoltre, si può notare anche una differenza significativa ai punteggi del questionario self report.

Osservando le medie (tabella 6), si può notare come le medie ai subtest del Digit Span siano più elevate nel gruppo tipico (digit avanti = 5.96; digit indietro= 5.35) che nel gruppo clinico con ADHD (per entrambi i subtest pari a 4). Nel questionario self report, invece emergono dei punteggi maggiori nel gruppo ADHD ($M=2.8611$) rispetto al gruppo tipico ($M=2.0712$), ossia una percezione maggiore di affaticamento cognitivo da parte del gruppo clinico.

3.5.2 Differenze tra il gruppo tipico e il gruppo clinico DSA

Di seguito sono riportate le medie dei punteggi ai test del gruppo clinico di DSA e del gruppo di controllo a sviluppo tipico nelle due condizioni di ascolto (tabella 9). Nell'analisi dei dati si è preso in considerazione come statistica di riferimento la U di Mann-Whitney.

STATISTICHE GRUPPO

	Gruppo DSA	N	Media	Deviazione std.	Errore standard
Digit Span Avanti Quiete (corrette)	Tipico	61	6.57	1.617	.207
	DSA	12	5.50	2.023	.584
Digit Span Indietro Quiete (corrette)	Tipico	61	5.93	2.243	.287
	DSA	12	5.75	2.006	.579
Test Attenzione Faccine Quiete (accuratezza)	Tipico	61	15.82	13.088	1.676
	DSA	12	16.08	7.856	2.268
Test Attenzione Animali Quiete (accuratezza)	Tipico	61	24.21	9.308	1.192
	DSA	12	22.92	11.405	3.292
Test Inibizione Quiete (corrette)	Tipico	61	53.74	9.384	1.202
	DSA	12	53.42	11.540	3.331
Digit Span Avanti Rumore (corrette)	Tipico	60	6.03	1.931	.249
	DSA	12	5.58	1.975	.570
Digit Span Indietro Rumore (corrette)	Tipico	61	5.74	2.250	.288
	DSA	12	5.17	1.992	.575
Test Attenzione Faccine Rumore (accuratezza)	Tipico	61	16.59	11.828	1.514
	DSA	12	21.83	10.903	3.147
Test Attenzione Animali Rumore (accuratezza)	Tipico	61	24.48	10.114	1.295
	DSA	12	26.50	12.421	3.586
Test Inibizione Rumore (corrette)	Tipico	61	53.38	11.379	1.457
	DSA	12	54.92	9.510	2.745
Mean_Effort_R	Tipico	50	2.1873	.73820	.10440
	DSA	12	2.5000	.59459	.17164

Tabella 9- statistiche di gruppo (tipico - DSA)

Mentre di seguito si riportano le analisi non parametriche per campioni indipendenti:

STATISTICHE DEL TEST^a

	Digit Span Avanti Quiete (corrette)	Digit Span Indietro Quiete (corrette)	Test Attenzione Faccine Quiete (accuratezza)	Test Attenzione Animali Quiete (accuratezza)	Test Inibizione Quiete (corrette)
U di Mann-Whitney	257.500	363.000	341.000	343.500	365.500
W di Wilcoxon	335.500	2254.000	419.000	2234.500	2256.500
Z	-1.650	-.045	-.372	-.335	-.008
Sign. asint. (a due code)	.099	.964	.710	.737	.994

a. Variabile di raggruppamento: gruppo DSA

Tabella 10- statistiche del test (confronto gruppo DSA e di controllo in quiete)

STATISTICHE DEL TEST^a

	Digit Span Avanti Rumore (corrette)	Digit Span Indietro Rumore (corrette)	Test Attenzione Faccine Rumore (accuratezza)	Test Attenzione Animali Rumore (accuratezza)	Test Inibizione Rumore (corrette)	Mean_Effort_R
U di Mann-Whitney	303.500	307.000	288.500	276.500	321.000	214.000
W di Wilcoxon	381.500	385.000	2179.500	2167.500	2212.000	1489.000
Z	-.869	-.917	-1.155	-1.334	-.681	-1.540
Sign. asint. (a due code)	.385	.359	.248	.182	.496	.123

a. Variabile di raggruppamento: gruppo DSA

tabella 11- statistiche del test (confronto gruppo DSA e di controllo in rumore)

Non sono emerse differenze significative tra gruppo clinico DSA e di controllo in nessuna condizione acustica.

3.5.3 Differenze entro i gruppi (tipico, ADHD, DSA)

Al fine di indagare se le diverse condizioni acustiche possono avere avuto un impatto sulle performance dei tre gruppi è necessario svolgere delle analisi per campioni appaiati. Dato che la condizione di normalità non è rispettata, è necessario svolgere delle analisi di tipo non parametrico, nello specifico il test dei ranghi di Wilcoxon. Nelle analisi sono stati presi in considerazione due sottogruppi di controllo, per tale ragione i relativi dati vengono presentati due volte.

Di seguito si riporta la media dei punteggi ai vari test per il gruppo clinico ADHD il gruppo di controllo.

STATISTICHE DESCRITTIVE

ID diagnosi		N	Minimo	Massimo	Media	Deviazione std.
Tipico	Digit Span Avanti Quiete (corrette)	80	2	11	6.36	1.655
	Digit Span Avanti Rumore (corrette)	76	1	11	5.96	1.814
	Test Attenzione Animali Quiete (accuratezza)	80	-2	61	22.41	9.720
	Test Attenzione Animali Rumore (accuratezza)	79	-11	49	22.78	10.716
	Digit Span Indietro Quiete (corrette)	66	3	12	6.29	1.699
	Digit Span Indietro Rumore (corrette)	66	1	12	6.06	1.855
	Test Attenzione Faccine Quiete (accuratezza)	74	-20	37	15.00	12.928
	Test Attenzione Faccine Rumore (accuratezza)	74	-20	34	16.38	9.402
	Test Inibizione Quiete (corrette)	77	27	60	52.27	10.146
	Test Inibizione Rumore (corrette)	77	27	60	53.82	9.638

Tabella 12- statistiche descrittive gruppo tipico (quiete-rumore)

ID diagnosi		N	Minimo	Massimo	Media	Deviazione std.
ADHD	Digit Span Avanti Quiete (corrette)	6	3	8	5.17	1.941
	Digit Span Avanti Rumore (corrette)	6	2	5	4.00	1.095
	Digit Span Indietro Quiete (corrette)	6	3	7	5.50	1.378
	Digit Span Indietro Rumore (corrette)	6	2	6	4.00	1.414
	Test Attenzione Faccine Quiete (accuratezza)	6	0	32	12.33	12.209
	Test Attenzione Faccine Rumore (accuratezza)	6	0	37	19.83	14.552
	Test Attenzione Animali Quiete (accuratezza)	6	7	30	19.83	9.196
	Test Attenzione Animali Rumore (accuratezza)	6	16	43	27.33	8.981
	Test Inibizione Quiete (corrette)	6	52	60	56.83	3.061
	Test Inibizione Rumore (corrette)	6	50	60	56.33	3.502

Tabella 13 – statistiche descrittive gruppo ADHD (quiete-rumore)

Di seguito si riportano le analisi non parametriche per il gruppo clinico ADHD e il corrispettivo gruppo di controllo.

STATISTICHE DEL TEST^a

ID diagnosi		Digit Span Avanti Rumore (corrette) - Digit Span Avanti Quiete (corrette)	Digit Span Indietro Rumore (corrette) - Digit Span Indietro Quiete (corrette)	Test Attenzione Faccine Rumore (accuratezza) - Test Attenzione Faccine Quiete (accuratezza)	Test Attenzione Animali Rumore (accuratezza) - Test Attenzione Animali Quiete (accuratezza)	Test Inibizione Rumore (corrette) - Test Inibizione Quiete (corrette)
Tipico	Z	-1.716 ^b	-1.302 ^b	-.778 ^c	-.275 ^c	-1.590 ^c
	Sign. asint. (a due code)	.086	.193	.437	.783	.112
ADHD	Z	-1.518 ^b	-2.041 ^b	-1.997 ^c	-2.207 ^c	-.135 ^b
	Sign. asint. (a due code)	.129	.041	.046	.027	.893

a. Test dei ranghi con segno di Wilcoxon

b. Basato su ranghi positivi.

c. Basato su ranghi negativi.

Tabella 14- statistiche del test (tipico-ADHD)

Dall'analisi non emergono differenze significative tra le performance in quiete e in rumore per il gruppo a sviluppo tipico, mentre emergono delle differenze significative in tre diversi test svolti dal gruppo clinico ADHD nelle due condizioni. Nello specifico, emerge una differenza significativa nel test di digit span inverso ($p= 0.041$); nel test di attenzione della batteria NEPSY-II ($p= 0.046$); infine, nel test di attenzione tratto dalla

WISC-IV ($p= 0.027$). Osservando le medie si può evidenziare come nello svolgimento del test di digit span inverso ci sia un peggioramento nel momento in cui si passa da una condizione di quiete a una di rumore. Al contrario nelle due prove di attenzione si nota un miglioramento nella condizione di rumore, e ciò è perfettamente in linea con la letteratura presentata nei capitoli precedenti.

Si è poi proceduto con le analisi su campioni accoppiati del gruppo di controllo a sviluppo tipico e del gruppo clinico di DSA.

STATISTICHE DESCRITTIVE

ID diagnosi		N	Minimo	Massimo	Media	Deviazione std.
Tipico	Digit Span Avanti Quiete (corrette)	61	2	11	6.57	1.617
	Digit Span Avanti Rumore (corrette)	60	1	11	6.03	1.931
	Digit Span Indietro Quiete (corrette)	61	3	12	5.93	2.243
	Digit Span Indietro Rumore (corrette)	61	1	12	5.74	2.250
	Test Attenzione Faccine Quiete (accuratezza)	61	-20	37	15.82	13.088
	Test Attenzione Faccine Rumore (accuratezza)	61	-45	34	16.59	11.828
	Test Attenzione Animali Quiete (accuratezza)	61	0	61	24.21	9.308
	Test Attenzione Animali Rumore (accuratezza)	61	-11	49	24.48	10.114
	Test Inibizione Quiete (corrette)	61	27	60	53.74	9.384
	Test Inibizione Rumore (corrette)	61	30	60	53.38	11.379

Tabella 15 - statistiche descrittive gruppo tipico (quiete-rumore)

ID diagnosi		N	Minimo	Massimo	Media	Deviazione std.
DSA	Digit Span Avanti Quiete (corrette)	12	4	7	5.50	2.023
	Digit Span Avanti Rumore (corrette)	12	1	8	5.58	1.975
	Digit Span Indietro Quiete (corrette)	12	5	8	5.75	2.006
	Digit Span Indietro Rumore (corrette)	12	4	8	5.19	1.992
	Test Attenzione Faccine Quiete (accuratezza)	12	7	32	16.08	7.856
	Test Attenzione Faccine Rumore (accuratezza)	12	5	38	21.83	10.903
	Test Attenzione Animali Quiete (accuratezza)	12	-8	36	22.92	11.405
	Test Attenzione Animali Rumore (accuratezza)	12	-8	39	26.50	12.421
	Test Inibizione Quiete (corrette)	12	27	60	53.42	11.540
	Test Inibizione Rumore (corrette)	12	31	60	54.92	9.510

Tabella 16 - statistiche descrittive gruppo DSA (quiete-rumore)

Di seguito si riportano le analisi non parametriche per il gruppo clinico DSA e il gruppo di controllo.

STATISTICHE DEL TEST^a

ID diagnosi		Digit Span Avanti Rumore (corrette) - Digit Span Avanti Quiete (corrette)	Digit Span Indietro Rumore (corrette) - Digit Span Indietro Quiete (corrette)	Test Attenzione e Faccine Rumore (accuratezza) - Test Attenzione e Faccine Quiete (accuratezza)	Test Attenzione Animali Rumore (accuratezza) - Test Attenzione Animali Quiete (accuratezza)	Test Inibizione Rumore (corrette) - Test Inibizione Quiete (corrette)
Tipico	Z	-1.625 ^b	-1.560 ^b	-.505 ^b	-.207 ^b	-.870 ^b
	Sign. asint. (a due code)	0.104	0.119	0.614	0.836	0.384
DSA	Z	-.570 ^b	-1.933 ^b	-1.808 ^b	-1.891 ^b	-.658 ^b
	Sign. asint. (a due code)	0.569	0.053	0.071	0.059	0.511

a. Test dei ranghi con segno di Wilcoxon

b. Basato su ranghi positivi.

c. Basato su ranghi negativi.

Tabella 17- statistiche del test (tipico-DSA)

Dall'analisi non emergono differenze significative tra le performance in quiete e in rumore per il gruppo a sviluppo tipico. Viceversa per il gruppo clinico DSA emerge una differenza significativa nel test di Digit Span inverso ($p=0.053$). Osservando le medie si

può evidenziare come nello svolgimento del test di digit span inverso ci sia un peggioramento nel momento in cui si passa da una condizione di quiete a una di rumore. Per quanto riguarda infine il questionario utilizzato per analizzare il cognitive effort percepito dai partecipanti, è emersa una valutazione bassa alla domanda “Ero distratto/a dal rumore”. Questa affermazione può sembrare controversa ma la spiegazione è stata data dagli stessi bambini che non hanno ritenuto il rumore così invadente in quanto già abituati a sopportarlo in ambiente scolastico.

Una piccola parte composta soprattutto da bambini con diagnosi di ADHD, ha invece sostenuto di aver provato fastidio nella condizione di rumore.

3.5.1 DISCUSSIONE

I risultati emersi in questa ricerca sono parzialmente in linea con la letteratura presentata.

Infatti, in base a quanto esposto nei capitoli precedenti, ci si aspettava di trovare delle differenze significative nelle performance cognitive svolte nelle diverse condizioni acustiche, in particolar modo l'aspettativa era quella di trovare un peggioramento delle performance nella condizione di rumore per tutti i soggetti.

Dalla letteratura ci si aspettava un peggioramento maggiore nel gruppo clinico a causa della sua vulnerabilità, con alcune eccezioni in determinati compiti per quanto riguarda il gruppo ADHD. Questa aspettativa è stata in generale soddisfatta. Infatti, per quanto riguarda i compiti verbali si è notato un peggioramento nelle prestazioni del gruppo clinico ADHD, date da difficoltà a livello di memoria di lavoro. Tuttavia, come già dimostrato dalle ricerche di Söderlund (2007) e di Van Reenen e Karusseit (2017), e come ipotizzato inizialmente, il gruppo clinico composto da bambini con diagnosi di ADHD ha manifestato un miglioramento in alcune prestazioni svolte in condizione di rumore. In particolar modo si tratta dei due test di attenzione visiva tratti dalla Nepsy-II e dalla WISC-IV. Questi risultati hanno confermato quanto ipotizzato circa il fenomeno della risonanza stocastica (Söderlund et al., 2007; Van Reenen e Karusseit, 2017).

Questo miglioramento evidenziato nei compiti attentivi fa pensare ad un'influenza maggiore della risonanza stocastica nei compiti in cui l'elaborazione delle informazioni non è verbale, come già sostenuto da Söderlund (2007) e da Van Reenen e Karusseit (2017). Questo potrebbe far ipotizzare che l'influenza del rumore abbia una valenza

diversa a seconda della tipologia di compito che si deve affrontare e delle caratteristiche individuali dello studente.

Come conclusione, in questo studio, si può affermare che il “babble noise” proposto in cuffia ai partecipanti con ADHD sia andato a influire negativamente sulle prestazioni di compiti verbali e positivamente nei compiti attentivi.

Per quanto riguarda il gruppo clinico con DSA, non sono emerse differenze significative o miglioramenti nelle condizioni di rumore come invece è avvenuto per gli ADHD.

Inoltre, grazie all’analisi dei confronti tra campioni indipendenti tra soggetti a sviluppo tipico e soggetti con ADHD e DSA, è emersa una prestazione generale migliore nei soggetti del gruppo di controllo. Tuttavia è stato possibile osservare un peggioramento sia nel gruppo di controllo, sia nei due gruppi clinici nelle prove svolte in condizione di rumore, soprattutto quelle riguardanti l’elaborazione di informazioni verbali come ad esempio nel Digit span avanti. Osservando le medie dei tre gruppi è infatti possibile osservare una diminuzione (seppur non significativa) nei punteggi causata da una perdita di accuratezza dovuta all’influenza del rumore (Peelle, 2018). Questa diminuzione dei punteggi potrebbe essere dovuta ad un’interferenza del rumore a carico dei processi di memoria di lavoro tipici di questa tipologia di compiti.

I punteggi ottenuti dai tre gruppi al questionario self report di valutazione del cognitive effort indicano come in condizioni acustiche inadeguate i bambini non solo mostrino maggiori difficoltà a ricordare e a concentrarsi, ma si sentano effettivamente più stanchi e affaticati. Questo indica come i bambini non soltanto impieghino maggiori risorse cognitive per cercare di contrastare l’interferenza del rumore, ma abbiano anche una

chiara percezione di quali sono gli effetti di questo sforzo sul proprio stato fisico (es. item “mi fa male la testa”) e mentale (es. item “ho fatto fatica a ricordare”).

3.5.2 LIMITI DELLA RICERCA

La ricerca proposta in questo elaborato presenta alcuni limiti che è bene considerare per ricerche future.

Il limite più evidente è dato dalla scarsa numerosità campionaria che non ci permette di generalizzare i risultati ottenuti nello studio.

In secondo luogo è opportuno sottolineare che la somministrazione delle prove è avvenuta in un ambiente quanto più silenzioso possibile, ma che comunque non era completamente privo di stimoli sonori che potrebbero fungere da distrattori. I dati infatti sono stati raccolti presso il centro PsyCare, che ospita contemporaneamente numerosi bambini e ragazzi creando un ambiente rumoroso. Pertanto è stato difficile isolare completamente il partecipante al test che quindi potrebbe essere stato influenzato in qualche fase della raccolta dati da fattori esterni.

Altro limite importante da considerare è dato dal momento scelto per la somministrazione. L'app CoEN difatti è sempre stata somministrata nelle ore pomeridiane, durante le quali è possibile pensare che alcuni bambini fossero più stanchi a causa degli impegni scolastici svolti in mattinata. Questo potrebbe aver influito nelle performance di alcuni partecipanti.

Infine è opportuno sottolineare che alcune problematiche sono emerse durante la somministrazione e successiva analisi del test Reading span. Si è visto infatti che alcuni partecipanti, soprattutto coloro che avevano una diagnosi di dislessia faticavano nel riuscire a leggere l'intera frase proposta nel tempo prestabilito dall'app. Di conseguenza non riuscivano a focalizzarsi sul compito richiesto, ossia memorizzare l'ultima parola.

Altra problematica è data dai bambini con diagnosi di disortografia che hanno manifestato difficoltà nell'uso corretto della tastiera al fine di scrivere le parole richieste.

4. CONCLUSIONI E RISVOLTI FUTURI

Al fine di dimostrare le ipotesi proposte in questo elaborato ci si è avvalsi dell'utilizzo dell'app CoEN e di cuffie audiometriche utili a simulare una condizione di "babble noise" durante lo svolgimento delle prove.

I risultati ottenuti nel presente studio sono parzialmente in linea con quanto proposto dalla letteratura in merito al rumore e alla sua influenza sulle prestazioni cognitive.

È stato possibile riscontrare infatti un peggioramento generale nei gruppi nella condizione di rumore a causa del "babble noise", ma l'effetto si è dimostrato significativo solo nei compiti che coinvolgono la componente verbale della memoria di lavoro, come nel caso del digit span. Si può pensare che ciò sia dovuto al fatto che si trattasse di compiti verbali maggiormente influenzati dal fenomeno della risonanza stocastica.

È interessante notare che nel gruppo clinico con ADHD si sono riscontrate prestazioni migliori nei compiti di attenzione in condizione di rumore. Si può ipotizzare che questo effetto sia dovuto al fatto che si trattasse di compiti non verbali e di conseguenza meno soggetti all'influenza della risonanza stocastica.

Nonostante la bassa numerosità campionaria, che non ci permette di generalizzare i risultati ottenuti, questi risultati potrebbero risultare importanti per future ricerche e implicazioni sia teoriche che pratiche. Si può solo supporre, anche in base alla letteratura, che i risultati qui riportati possano essere generalizzati, soprattutto per il campione del gruppo clinico con ADHD.

Negli ultimi anni l'interesse per l'acustica nelle classi e in generale negli ambienti di apprendimento è aumentato sempre di più (Minichilli et al., 2018).

La ricerca di Minichilli (2018) ha sottolineato come un livello di rumore eccessivo secondo gli standard suggeriti dall'OMS, non solo può compromettere l'apprendimento, ma rischia anche di incentivare manifestazioni comportamentali come disattenzione e iperattività in soggetti già vulnerabili.

Bisogna però sottolineare che dalla letteratura è emerso che non tutte le tipologie di rumore influiscono negativamente e in maniera generalizzata su bambini e ragazzi. Nello studio infatti si è dimostrato come i bambini con ADHD nei compiti di attenzione manifestassero performance migliori proprio nella condizione di "babble noise".

I risultati presentati e coerenti con la letteratura dovrebbero incentivare non solo il proliferare di altre ricerche nell'ambito del rumore negli ambienti scolastici, ma anche dei cambiamenti strutturali a livello delle classi. Purtroppo ad oggi c'è ancora molto lavoro da svolgere al fine di garantire degli ambienti idonei da un punto di vista acustico a tutti gli studenti, compresi quelli che presentano disabilità. La scuola attuale infatti ha il compito di essere il più inclusiva possibile, non solo a livello di insegnamento, ma anche di opportunità di apprendere in un ambiente adeguato.

Le ricerche prodotte in questo ambito potrebbero essere utili alla creazione di classi e più in generale ambienti scolastici sempre più in linea con i bisogni educativi speciali di bambini e ragazzi con disturbi come l'ADHD e i DSA. Date le evidenze teoriche, secondo cui in alcuni compiti gli alunni con ADHD hanno prestazioni migliori se esposti al "babble noise", potrebbe essere interessante capire come sfruttare questa condizione per

favorire il loro apprendimento. Ad esempio indagando più approfonditamente il ruolo della musica come sottofondo durante lo svolgimento di compiti (Abikoff et al., 1996).

Per concludere, il presente studio si pone l'obiettivo di indagare, se pur con un numero esiguo di partecipanti, la componente dello sforzo cognitivo nei bambini con ADHD e DSA (rispetto ad un gruppo di controllo) nello svolgimento di prove attraverso l'uso dell'app CoEN. I dati proposti possono essere da spunto per altre ricerche condotte con un campione più ampio in grado di generalizzare o meno i risultati ottenuti.

Bibliografia

- Abikoff, H., Courtney, M. E., Szeibel, P. J., & Koplewicz, H. S. (1996). The Effects of Auditory Stimulation on the Arithmetic Performance of Children with ADHD and Nondisabled Children. *Journal of Learning Disabilities*, 29(3), 238–246.
<https://doi.org/10.1177/002221949602900302>
- Alhanbali, S., Dawes, P., Millman, R. E., & Munro, K. J. (2019). Measures of Listening Effort Are Multidimensional. *Ear and Hearing*, 40(5), 1084–1097.
<https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000697>
- American Psychiatric Association (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders – 5 th edition*. APA, Washington, DC.
- Arfè, B., Rossi, C. e Sicoli, S. (2015). The Contribution of Verbal Working Memory to Deaf Children’s Oral and Written Production. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, Vol. 20, N. 3, 203-214.
- Bess, F.H., Gustafson, S.J., & Hornsby, B.W. (2014). How Hard Can It Be to Listen? Fatigue in School-Age Children with Hearing Loss. *The Hearing Journal*.
- Bonichini, S. (2017). *La valutazione psicologica dello sviluppo. Metodi e strumenti*. Carocci editore S.p.A., Roma.
- Consensus Conference 3 (2011). *Disturbi specifici dell’apprendimento*. Roma, 6-7 dicembre 2010.
- Cornoldi, C. (2007). *Difficoltà e disturbi dell’apprendimento*. Il Mulino, Bologna.
- Cornoldi, C., Tressoldi, P.E. e Perini, N. (2009). Valutare la rapidità e la correttezza della lettura di brani: nuove norme e alcune chiarificazioni per l’uso delle prove MT. *Dipartimento di Psicologia Generale, Università di Padova*.
- Daneman, M., & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and

- reading. *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 19(4), 450-466.
- De Vos, P., & Van Beek, A. (2011). Environmental Noise. In J. O. Nriagu (Ed.), *Encyclopedia of Environmental Health*, 476–488. Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52272-6.00252-X>
- Diamond, A., Barnett, W. S., Thomas, J., & Munro, S. (2007). Preschool program improves cognitive control. *Science*, 318(5855), 1387-1388.
- GIOCONDA, PROGETTO LIFE+ DEL MESE DI APRILE 2017. (n.d.). Consiglio Nazionale Delle Ricerche. IFC - Istituto Di Fisiologia Clinica. Retrieved April 15, 2022, from <https://www.ifc.cnr.it/index.php/it/istituto/archivio-spotlight/388-gioconda-progetto-life-del-mese-di-aprile-2017>
- Gheller, F., Lovo, E., Arsie, A., & Bovo, R. (2020). Classroom acoustics: Listening problems in children. *Building Acoustics*, 27(1), 47–59.
<https://doi.org/10.1177/1351010X19886035>
- Hahad, O., Prochaska, J. H., Daiber, A., & Münzel, T. (2019). Environmental Noise-Induced Effects on Stress Hormones, Oxidative Stress, and Vascular Dysfunction: Key Factors in the Relationship between Cerebrocardiovascular and Psychological Disorders. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2019, 4623109. <https://doi.org/10.1155/2019/4623109>
- Korkman, M., Kirk, U. e Kemp, S. (2011). NEPSY-II – *Second edition*. Adattamento italiano a cura di Cosimo Urgesi e Franco Fabbro. Giunti O.S, Firenze.
- Legge 8 Ottobre 2010, n.170. “Nuove norme in materia di disturbi specifici di apprendimento in ambito scolastico”. GU n. 244 del 18/10/2010
- Mackersie, C. L., & Cones, H. (2011). Subjective and psychophysiological indexes of listening effort in a competing-talker task. *Journal of the American Academy of*

- Audiology*, 22(2), 113–122. <https://doi.org/10.3766/jaaa.22.2.6>
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2006). *Essentials of exercise physiology*. Lippincott Williams & Wilkins.
- McGarrigle, R., Dawes, P., Stewart, A. J., Kuchinsky, S. E., & Munro, K. J. (2017). Measuring listening-related effort and fatigue in school-aged children using pupillometry. *Journal of Experimental Child Psychology*, 161, 95–112. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2017.04.006>
- McGarrigle, R., Munro, K. J., Dawes, P., Stewart, A. J., Moore, D. R., Barry, J. G., & Amitay, S. (2014). Listening effort and fatigue: what exactly are we measuring? A British Society of Audiology Cognition in Hearing Special Interest Group 'white paper'. *International journal of audiology*, 53(7), 433–440. <https://doi.org/10.3109/14992027.2014.890296>
- Mihajlov*, D., Prašćević, M., Ličanin, M., Raos, M., & Radičević, B. (2022). A Rational Approach to Determining Environmental Noise Indicators. *Tehnički Vjesnik*, 29(2), 553–560. <https://doi.org/10.17559/TV-20210226134508>
- Minichilli, F., Gorini, F., Ascari, E., Bianchi, F., Coi, A., Fredianelli, L., Licitra, G., et al. (2018). Annoyance Judgment and Measurements of Environmental Noise: A Focus on Italian Secondary Schools. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(2), 208. MDPI AG. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph15020208>
- Nelson, P. B., & Blaeser, S. B. (2010). Classroom acoustics: What possibly could be new? *The ASHA Leader*, 15(11), 16–19. <https://doi.org/10.1044/leader.FTR2.15112010.16>
- Orsini, A. e Pezzuti, L. (2012). WISC-IV – *Wechsler Intelligence Scale for Children*.

- Giunti O. S, Firenze.
- Peng, J., Zhang, H., & Wang, D. (2018). Measurement and analysis of teaching and background noise level in classrooms of Chinese elementary schools. *Applied Acoustics*, *131*, 1–4. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2017.10.012>
- Pichora-Fuller, M. K., Kramer, S. E., Eckert, M. A., Edwards, B., Hornsby, B. W., Humes, L. E., Lemke, U., Lunner, T., Matthen, M., Mackersie, C. L., Naylor, G., Phillips, N. A., Richter, M., Rudner, M., Sommers, M. S., Tremblay, K. L., & Wingfield, A. (2016). Hearing Impairment and Cognitive Energy: The Framework for Understanding Effortful Listening (FUEL). *Ear and hearing*, *37 Suppl 1*, 5S–27S. <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000312>
- Pickens, T. A., Khan, S. P., & Berlau, D. J. (2019). White noise as a possible therapeutic option for children with ADHD. *Complementary therapies in medicine*, *42*, 151–155. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2018.11.012>
- Prodi, N., Visentin, C., Borella, E., Mammarella, I. C., & Di Domenico, A. (2019). Noise, age, and gender effects on speech intelligibility and sentence comprehension for 11-to 13-year-old children in real classrooms. *Frontiers in psychology*, *10* (2166).
- Rudner, M., Lyberg-Åhlander, V., Brännström, J., Nirme, J., Pichora-Fuller, M. K., & Sahlén, B. (2018). Listening Comprehension and Listening Effort in the Primary School Classroom. *Frontiers in Psychology*, *9*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01193>
- Sjödin, F., Kjellberg, A., Knutsson, A., Landström, U., & Lindberg, L. (2012). Noise exposure and auditory effects on preschool personnel. *Noise & health*, *14*(57), 72–82. <https://doi.org/10.4103/1463-1741.95135>
- Söderlund, G. B., Sikström, S., Loftesnes, J. M., & Sonuga-Barke, E. J. (2010). The

- effects of background white noise on memory performance in inattentive school children. *Behavioral and Brain Functions*, 6(1), 55. <https://doi.org/10.1186/1744-9081-6-55>
- Stansfeld, S., & Clark, C. (2015). Health Effects of Noise Exposure in Children. *Current Environmental Health Reports*, 2(2), 171–178. <https://doi.org/10.1007/s40572-015-0044-1>
- Thompson, R., Smith, R. B., Bou Karim, Y., Shen, C., Drummond, K., Teng, C., & Toledano, M. B. (2022). Noise pollution and human cognition: An updated systematic review and meta-analysis of recent evidence. *Environment International*, 158, 106905. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106905>
- Tressoldi, P. E., Stella, G., & Faggella, M. (2001). The development of reading speed in Italians with dyslexia: A longitudinal study. *Journal of learning disabilities*, 34(5), 414-417.
- Van, R. C., & Karusseit, C. (2017). Classroom acoustics as a consideration for inclusive education in South Africa. *South African Journal of Communication Disorders*, 64(1), 1–10. <https://doi.org/10.4102/sajcd.v64i1.550>
- World Health Organization. Regional Office for Europe. (2018). *Environmental noise guidelines for the European Region*. World Health Organization. Regional Office for Europe. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/279952>
- Zekveld, A. A., & Kramer, S. E. (2014). Cognitive processing load across a wide range of listening conditions: insights from pupillometry. *Psychophysiology*, 51(3), 277–284. <https://doi.org/10.1111/psyp.12151>
- Zero to Three (2016). CD:0-5 TM. *Classificazione Diagnostica della Salute Mentale e dei Disturbi di Sviluppo nell'Infanzia*. Edizione italiana a cura di Sandra Maestro

e Filippo Muratori. Giovanni Fioriti Editore, Roma.

