



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**

**Dipartimento di Psicologia Generale  
Dipartimento di Psicologia dello Sviluppo e della Socializzazione**

**Corso di laurea in Scienze Psicologiche Cognitive e Psicobiologiche**

**Elaborato finale**

**Le conseguenze del rumore: focus su bambini con Disturbi  
Specifici dell'Apprendimento e Disturbo da Deficit di  
Attenzione Iperattività**

**The consequences of noise: focus on children with Specific Learning  
Disorders and Attention Deficit Hyperactivity Disorder**

***Relatrice***

**Prof.ssa Barbara Arfé**

***Correlatrice***

**Dott.ssa Gaia Spicciarelli**

***Laureanda: Veronica Fin***

***Matricola: 2010269***

**Anno Accademico 2021/2022**



## **Indice**

<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITOLO 1. IL RUMORE E LE CONSEGUENZE SULLA SALUTE.....</b>	<b>3</b>
1.1. IL RUMORE: DEFINIZIONE E CARATTERISTICHE.....	3
1.2. CONSEGUENZE DEL RUMORE NEGLI ADULTI.....	5
1.2.1. Effetti del rumore sul sistema nervoso e sul sistema cardiovascolare.....	6
1.2.2. Effetti del rumore sul sonno.....	7
1.2.3. Effetti del rumore sull'elaborazione delle informazioni e sulla comunicazione orale.....	8
1.3. CONSEGUENZE DEL RUMORE NEI BAMBINI.....	9
1.3.1. Il rumore e gli effetti sulle prestazioni cognitive dei bambini.....	10
1.3.2. Parametri acustici che influiscono sull'apprendimento scolastico: il rumore di fondo e il tempo di riverbero.....	11
<b>CAPITOLO 2. L'IMPATTO DEL RUMORE SU BAMBINI CON SVILUPPO ATIPICO.....</b>	<b>13</b>
2.1 I DISTURBI SPECIFICI DELL'APPRENDIMENTO (DSA).....	13
2.2 L'INTELLIGIBILITÀ DEL PARLATO NEI BAMBINI CON DISLESSIA.....	15
2.2.1 Effetti del rumore sulla percezione del parlato nei bambini con dislessia.....	16
2.3 IL DISTURBO DA DEFICIT DI ATTENZIONE E IPERATTIVITÀ (ADHD).....	19
2.4 EFFETTI DEL RUMORE SU BAMBINI CON ADHD.....	20
<b>CAPITOLO 3. CONCLUSIONI.....</b>	<b>25</b>
<b>Bibliografia.....</b>	<b>29</b>



## INTRODUZIONE

Nel mondo moderno il rumore rappresenta una fonte di stress che pervade ogni ambito della vita dell'individuo. Se un tempo interessava prettamente i luoghi di lavoro, oggi la sua presenza si registra in molti aspetti della vita quotidiana e i suoi effetti hanno ripercussioni non solo a livello uditivo ma anche in generale sulla salute degli individui.

In ambito scolastico sono stati indagati inizialmente gli effetti negativi del rumore sui processi di apprendimento di tutte le categorie di studenti. I gruppi di ricerca hanno gradualmente spostato il focus sullo studio delle conseguenze del rumore su soggetti con difficoltà pregresse, in particolare sui bambini con Disturbi Specifici dell'Apprendimento (DSA) e Disturbo da Deficit di Attenzione e Iperattività (ADHD).

Attualmente è ancora dibattuto il ruolo del rumore nelle performance cognitive dei bambini con DSA. Secondo alcune ricerche, per tale categoria di studenti il rumore risulta comunque motivo di disturbo, mentre altre sostengono che il rumore non influisca sulle performance cognitive. Probabilmente questo è riconducibile alle condizioni di stimolo non omogenee tra i diversi studi, che hanno portato a risultati talora incoerenti.

Nel caso dell'ADHD, studi più recenti hanno rilevato che alcune condizioni di rumore possono avere anche effetti benefici sui processi di apprendimento. Tali ricerche, seppure migliorabili, si sono rivelate molto promettenti per l'individuazione di terapie alternative alle terapie farmacologiche tradizionali.

Trattandosi di soggetti in via di sviluppo e di problematiche che incidono in maniera cruciale sulla vita quotidiana, risulta quanto mai urgente approfondire la tematica del rumore in contesti di apprendimento.

Occorre altresì creare condizioni migliori nell'ambiente scolastico, nell'ottica di una proposta formativa il più possibile inclusiva.

## **CAPITOLO 1**

### **IL RUMORE E LE CONSEGUENZE SULLA SALUTE**

#### **1.1 IL RUMORE: DEFINIZIONE E CARATTERISTICHE**

Il rumore è uno stimolo fisico generato dalla vibrazione di un corpo che provoca una variazione di pressione nell'aria percepibile dall'organo uditivo. Lo strumento che permette all'uomo di percepire le vibrazioni sonore è l'orecchio che trasforma gli impulsi meccanici in impulsi nervosi (Szalma & Hancock, 2011). Il moto delle molecole d'aria dà origine all'onda sonora che si muove a velocità costante. Il suono pertanto si diffonde sotto forma di onda sonora. Le onde sonore generate determinano dei movimenti regolari delle particelle d'aria e danno forma a strati intervallati di aria compressa e rarefatta (Moore, 2012). Le onde sonore variano in ampiezza (o intensità), frequenza, durata e forma. Per quanto concerne la forma dell'onda sonora, essa può essere intermittente o continua. Il rumore intermittente cambia di intensità in un dato periodo di tempo e presenta intervalli relativamente silenziosi alternati a fasi più forti del segnale (ad esempio il traffico stradale). Il rumore continuo è costante, senza variazioni o interruzioni di intensità (ad esempio il rumore bianco) (Szalma & Hancock, 2011). L'ampiezza del suono si valuta abitualmente mediante la scala dei decibel (dB), una misura di tipo logaritmico: ciò significa che un aumento di 3 decibel comporta un raddoppio del livello del rumore. Essendo l'udito dell'uomo sensibile alle frequenze in modo differente, si utilizza una scala pesata che produce risultati molto vicini alla risposta dell'orecchio umano: le misurazioni prodotte sono definite livelli di decibel ponderati A (Szalma & Hancock, 2011).

Al fine di comprendere più chiaramente gli aspetti trattati nel presente elaborato, è inoltre importante definire il concetto di riverbero. Secondo Perham, Banbury e Jones (2006), “il riverbero si verifica quando una sorgente sonora (ad esempio una voce) è accompagnata da più riflessi sonori all’interno di uno spazio, prolungando così la durata del suono. È definito come il tempo impiegato, in secondi, affinché un suono scenda di 60 dB al di sotto del suo livello originale” (p. 840).

L’esposizione a livelli medi di rumore più elevati è dovuta all’urbanizzazione (strade, ferrovie, aeroporti e industrie) e alla presenza sempre più massiccia di dispositivi portatili che forniscono stimolazione uditiva sotto forma di musica e parole (Szalma & Hancock, 2011). Il rumore è, dunque, un fattore di stress ambientale che continuerà ad aumentare di intensità a causa della costante crescita sia della popolazione sia dell’uso di sorgenti di rumore differenziate e altamente mobili (Goines & Hagler, 2007).

Nel 1971, l’Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) concluse che il rumore è una minaccia per il benessere della popolazione (Goines & Hagler, 2007). È importante sottolineare come questa forma di inquinamento ambientale sia un problema che sussiste anche al di fuori degli ambienti lavorativi: diversamente dai contesti professionali ove le misure di protezione per i lavoratori si limitano ad essere applicate all’ambiente di lavoro, nell’ambiente esterno il rumore è onnipresente e riguarda il benessere della popolazione nella sua interezza.

Per quanto riguarda il livello di rumore sicuro, il National Institute on Deafness and Other Communication Disorders afferma: “L’esposizione prolungata o ripetuta al suono pari o superiore a 85 decibel può causare la perdita dell’udito” (Fink, 2017, p. 44). Questo

standard è stato adottato anche per le esposizioni pubbliche al rumore, al di fuori degli ambienti di lavoro (Fink, 2017).

## **1.2 CONSEGUENZE DEL RUMORE NEGLI ADULTI**

Una delle conseguenze principali del rumore è la perdita dell'udito. I primi studi condotti in ambienti professionali, come nelle aziende tessili, dove sono presenti alti livelli di rumore, riportano l'associazione tra questi ultimi e la perdita dell'udito (Basner et al., 2014).

Inizialmente la maggior parte degli studi si è focalizzata sugli effetti del rumore sul posto di lavoro. Negli ultimi decenni vi è stato, però, un ampliamento dell'interesse sugli effetti del rumore non più limitato ai luoghi di lavoro ma anche all'ambiente esterno, dove le persone vivono quotidianamente. L'attenzione dei ricercatori si è spostata sul rumore sociale e sul rumore ambientale: la prima tipologia di rumore è causata dall'aumento di dispositivi mobili che consentono di ascoltare musica e guardare filmati e dalla presenza di luoghi di ritrovo, come ad esempio i bar; la seconda tipologia si riferisce al suono indesiderato causato dal traffico stradale, aereo, ferroviario, dall'edilizia e dalle infrastrutture industriali (Basner et al., 2014). Uno studio condotto da Ancona et al. (2014) ha esaminato l'effetto sanitario del rumore aeroportuale in 73.272 soggetti residenti nelle vicinanze di sei aeroporti italiani: Ciampino (Roma), Linate e Malpensa (Milano), San Giusto (Pisa), Caselle (Torino) e Tessera (Venezia). È stata calcolata l'impronta acustica dei diversi aeroporti considerati e ad ogni partecipante è stata assegnata l'esposizione a differenti indicatori acustici diurni e notturni. Da questa indagine è emerso un effetto dannoso dell'esposizione di un anno a livelli di rumore aeroportuale superiori di 55 dB;

si è evidenziato un aumento di casi di ipertensione (4.607), casi di Infarto Miocardico Acuto (3,4), *annoyance* (9.789) e disturbi del sonno (5.084).

L'esposizione a livelli elevati di rumore è stata associata a determinati effetti non uditivi sulla salute come disturbi del sonno e malattie cardiovascolari (Basner et al., 2014). Si ritiene, inoltre, che il rumore comprometta le attività quotidiane, l'esecuzione di compiti cognitivi e la comprensione di scambi comunicativi (Basner et al., 2014).

### **1.2.1 Effetti del rumore sul sistema nervoso e sul sistema cardiovascolare**

Diversi studi hanno indagato i meccanismi biologici sottostanti la relazione tra l'esposizione ad elevati livelli di rumore e le ripercussioni sul benessere psicofisico. Il rumore ambientale ha rilevanti effetti temporanei e permanenti sul sistema nervoso autonomo e sul sistema endocrino (Goines & Hagler, 2007). I ricercatori hanno notato che il rumore agisce come fattore di stress biologico non specifico che prepara il corpo ad elicitare risposte "fight or flight" (Goines & Hagler, 2007). La risposta di "attacco o fuga" è una reazione neuronale fisiologica che si manifesta a seguito di un evento valutato come pericoloso per la propria incolumità. I cambiamenti che si osservano a livello biologico avvengono a livello della concentrazione di elettroliti con conseguente aumento dei livelli di epinefrina, norepinefrina e cortisolo. L'esposizione prolungata a elevati livelli di rumore ambientale e sul lavoro porta ad un'iperattivazione del sistema nervoso e del sistema endocrino che a loro volta hanno una ripercussione sul sistema cardiovascolare. Le ricerche evidenziano, pertanto, che l'esposizione al rumore cronico modifica l'equilibrio omeostatico di un organismo con conseguente aumento del rischio di malattie cardiovascolari come l'ipertensione e l'arteriosclerosi (Basner et al., 2014).

Gli effetti appena descritti potrebbero comparire a seguito di un'esposizione quotidiana a lungo termine a livelli superiori a 65 dB o ad un'esposizione a livelli di rumore acuto da 80 a 85 dB (Goines & Hagler, 2007).

### **1.2.2 Effetti del rumore sul sonno**

Uno degli effetti più impattanti del rumore ambientale sulla salute non uditiva riguarda la qualità del sonno. È ben noto come sia necessario un sonno indisturbato sufficiente affinché la vigilanza, le prestazioni diurne e più in generale la salute e la qualità della vita degli individui siano ottimali. Pertanto, un sonno ininterrotto è un requisito fondamentale per un buon funzionamento fisiologico e mentale. Gli esseri umani percepiscono, valutano e reagiscono ai suoni ambientali, anche durante il sonno (Basner et al., 2014). Studi presenti in letteratura si sono interessati al rumore del traffico stradale, degli aerei e dei treni ed è emerso che il rumore continuo superiore a 30 dB compromette la qualità del sonno. La possibilità, invece, che gli individui vengano svegliati dal rumore intermittente cresce all'aumentare di eventi rumorosi per notte (Goines & Hagler, 2007). Gli effetti primari del sonno disturbato sono risvegli precoci, difficoltà ad addormentarsi, alterazioni delle fasi del sonno e nella profondità. Gli effetti secondari, invece, si osservano nelle 24 ore seguenti al risveglio e includono alterazione dell'umore, sonnolenza diurna soggettivamente e oggettivamente aumentata e prestazioni cognitive ridotte (Goines & Hagler, 2007).

### **1.2.3 Effetti del rumore sull'elaborazione delle informazioni e sulla comunicazione orale**

Gli effetti del rumore sull'elaborazione delle informazioni, sulla memoria e sull'attenzione sono stati a lungo studiati. È stato osservato che il rumore influisce sulle prestazioni danneggiando l'elaborazione delle informazioni o inducendo modifiche nella risposta strategica messa in atto (Szalma & Hancock, 2011). In particolare, il rumore comporta un aumento dei livelli di allerta e attivazione generali e una diminuzione dell'accuratezza delle prestazioni della memoria di lavoro e della memoria a breve termine (Szalma & Hancock, 2011). Una spiegazione del calo delle prestazioni nei compiti relativi alla memoria di lavoro potrebbe essere l'interferenza che si crea tra le informazioni trattenute nella componente del *loop* articolatorio e il rumore ambientale, dato che questo sistema di memoria mantiene e controlla l'informazione linguistica in un formato uditivo (Szalma & Hancock, 2011).

Ogni giorno gli individui intrattengono conversazioni quotidiane e si trovano di fronte alla sfida di comprenderne il contenuto proprio per la costante presenza di rumore di fondo. Benché la difficoltà di interpretare correttamente le parole dell'interlocutore sia sempre presente, è necessario uno sforzo cognitivo maggiore per estrapolare un significato da un segnale acustico degradato. Vi sono numerose evidenze del fatto che durante l'ascolto la sfida cognitiva è maggiormente elevata. Compiti comportamentali dimostrano che quando l'input vocale è degradato, l'elaborazione cognitiva è basata in misura maggiore su risorse cognitive generali (Peelle, 2018). Tali cambiamenti nell'elaborazione cognitiva si riflettono in variazioni fisiologiche come la dilatazione

pupillare e a livello cerebrale, come dimostrano studi di neuroimaging funzionale (Peelle, 2018).

Ascoltare un discorso degradato dal rumore non è, quindi, esclusivamente una difficoltà uditiva, ma influisce in modo significativo su una varietà di processi cognitivi richiesti per compiti sia linguistici che non linguistici.

### **1.3 CONSEGUENZE DEL RUMORE NEI BAMBINI**

Nei paesi ad alto reddito dell'Europa Occidentale, l'Organizzazione Mondiale della Sanità stima che circa 45.000 anni di vita<sup>1</sup> di bambini di età compresa tra 7 e 19 anni siano persi per malattia, disabilità o morte a causa dell'esposizione al rumore ambientale. Ciò è confermato anche da molti studi che dimostrano come l'esposizione al rumore ambientale cronico abbia ripercussioni negative sulla salute e sulle prestazioni cognitive, nonché sull'apprendimento dei bambini. (Basner et al., 2014)

Come si è affermato più volte, rapportarsi con gli altri mediante la comunicazione orale è un aspetto cruciale della vita di tutti i giorni. Nello specifico, i bambini trascorrono molte ore della loro giornata all'interno di una classe, mantenendo un costante rapporto con gli altri coetanei, con gli insegnanti e svolgendo attività scolastiche. Perdi più, la scuola è un edificio inserito in un contesto urbano, dunque, le sorgenti di rumore esterno sono molteplici: traffico stradale, traffico ferroviario, traffico aereo e proveniente da siti di attività industriale (D.Lgs 194/2005)<sup>2</sup>. Pertanto la percezione del parlato in condizioni

---

<sup>1</sup> DALY (Disability-adjusted life year) è una misura sociale della malattia o il carico di disabilità nelle popolazioni.

<sup>2</sup> Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale.

di rumore è un problema rilevante nei bambini proprio perché le fasi cruciali dell'apprendimento avvengono in ambienti rumorosi durante l'infanzia.

È stato dimostrato che i bambini hanno prestazioni inferiori in compiti di percezione del parlato in presenza di rumore e di elevato riverbero (Valente, Plevinski, Franco, Heinrichs-Graham e Lewis, 2012). Questo perché essi possiedono abilità e risorse cognitive inferiori rispetto agli adulti. Inoltre, le strategie di coping disponibili durante l'infanzia sono meno sviluppate e ciò non garantisce risposte adeguate in presenza del rumore (Basner et al., 2014).

Per ciò che riguarda gli effetti fisiologici, diversi studi trasversali e longitudinali hanno dimostrato che anche nei bambini l'esposizione cronica al rumore può portare all'aumento della pressione sanguigna ed a elevati livelli di catecolamine urinarie, indicatori della presenza di stress (Stansfeld & Matheson, 2003).

### **1.3.1 Il rumore e gli effetti sulle prestazioni cognitive dei bambini**

Relativamente all'elaborazione cognitiva, alcuni ricercatori hanno condotto studi all'interno di classi di bambini di scuola primaria, riscontrando effetti del rumore sulle prestazioni cognitive (Stansfeld & Matheson, 2003).

Altre ricerche hanno indirizzato il focus verso scuole situate nelle vicinanze di una ferrovia e di aeroporti. Una prima indicazione importante che deriva da queste ricerche consiste nella disomogeneità degli effetti dovuti all'esposizione cronica al rumore sulle funzioni cognitive: tale esposizione coinvolge l'elaborazione centrale e la comprensione del linguaggio (Stansfeld & Matheson, 2003). Nel dettaglio, gli effetti riscontrati si

riferiscono a deficit dell'attenzione sostenuta e dell'attenzione visiva, ad una scarsa abilità di discriminazione uditiva e di percezione del parlato nonché ad una memoria più povera per compiti che necessitano di maggiore elaborazione del materiale semantico. In aggiunta, bambini esposti in modo persistente al rumore hanno capacità di lettura e prestazioni scolastiche inferiori nei test standardizzati nazionali (Shield & Dockrell, 2003).

### **1.3.2 Parametri acustici che influiscono sull'apprendimento scolastico: il rumore di fondo e il tempo di riverbero.**

All'interno delle aule scolastiche, una delle conseguenze principali del rumore e dell'acustica inadeguata è la diminuzione dell'intelligibilità del parlato, la quale indica quell'elemento del linguaggio vocale che permette all'ascoltatore di comprendere ciò che sta dicendo l'oratore (Gheller, Lovo, Arsie & Bovo, 2019).

I fattori acustici che influenzano questa capacità linguistica sono il rumore di fondo e il tempo di riverbero. Il rumore di fondo nelle classi è praticamente sempre presente perché, come già anticipato, esso deriva sia dall'esterno che dall'interno dell'edificio scolastico e frequentemente origina dagli stessi alunni che svolgono le attività indicate dall'insegnante. Il rumore di fondo presenta delle caratteristiche definite: lo spettro del rumore, le fluttuazioni di intensità del rumore nel tempo e il rapporto segnale/rumore (SNR), ossia la misura che confronta il livello sonoro del parlato con il livello del rumore di fondo. Il tempo di riverbero (RT) è l'altro parametro uditivo da analizzare e indica la

misura del tempo utile affinché il suono decada in un'area chiusa dal momento in cui l'origine del suono si è arrestata.

Le Linee Guida Comunitarie sul rumore dell'Organizzazione Mondiale della Sanità stabiliscono che il livello di pressione sonora di fondo nelle aule non dovrebbe superare i 35 dB (A)  $L_{Aeq}$ <sup>3</sup> mentre il limite del tempo di riverbero è di 0.6 secondi. Tuttavia, diversi studi hanno evidenziato che i livelli di rumore nelle classi primarie sono superiori rispetto a quelli definiti dalle normative, arrivando a 70-77 dB (A)  $L_{Aeq}$  quando i bambini sono occupati nello svolgimento di attività di gruppo (Gheller et al., 2019).

---

<sup>3</sup>  $L_{Aeq}$  è il livello sonoro medio in dB (A) che tiene conto delle variazioni dei singoli livelli misurati in un intervallo di tempo.

## **CAPITOLO 2**

### **L'IMPATTO DEL RUMORE SU BAMBINI CON SVILUPPO ATIPICO**

#### **2.1 I DISTURBI SPECIFICI DELL'APPRENDIMENTO (DSA)**

Gli studi presi in considerazione fino ad ora hanno consentito di sottolineare le conseguenze negative del rumore sulle prestazioni cognitive dei bambini. Nel presente capitolo, invece, il focus si sposta sulle sfide che gli alunni con Disturbi Specifici dell'Apprendimento devono affrontare in presenza di rumore.

I Disturbi Specifici dell'Apprendimento (DSA) sono disturbi del neurosviluppo, di origine neurobiologica, che si riferiscono alla difficoltà che alcuni soggetti incontrano nell'acquisire e padroneggiare le abilità di lettura, scrittura o abilità matematiche (Ferenczy, Pottas, Soer, 2022). Sono definiti specifici in quanto compromettono significativamente un determinato dominio di abilità, lasciando inalterato il funzionamento intellettuale generale. Infatti i DSA si distinguono dai disturbi che presentano una disabilità dell'apprendimento in quanto non sono caratterizzati dalla presenza di un ritardo globale nello sviluppo cognitivo e da un quoziente intellettuale (QI) basso (Snowling, 2005).

In Italia la legge di riferimento per i DSA è la legge 170 del 2010, la quale riconosce i seguenti disturbi specifici dell'apprendimento:

- **Dislessia:** è caratterizzata dalla difficoltà nel riconoscimento di lettere, parole, non-parole e brani, nonché da una bassa correttezza e fluidità della lettura (Legge 170, 2010). Gli effetti secondari comprendono problemi di comprensione di ciò

che viene letto e ridotta pratica di lettura, rendendo difficile l'ampliamento del vocabolario.

- **Disgrafia:** si definisce come il disturbo specifico della scrittura che riguarda la grafia, ossia gli aspetti grafici e formali dello scrivere. La disgrafia si manifesta con difficoltà di formazione e leggibilità delle lettere, spaziatura, coordinazione motoria fine e velocità (Legge 170, 2010).
- **Disortografia:** è un disturbo specifico della scrittura che si riferisce alla difficoltà nell'applicazione delle regole ortografiche e sintattiche. Riguarda il processo di transcodifica del linguaggio orale in quello scritto e si manifesta con un numero eccessivo di errori fonologici, ortografici, lessicali e fonetici. Nei testi scritti dei soggetti con questo disturbo si riscontrano scambi tra fonemi simili, omissioni di alcune parti della parola e inversioni della posizione dei fonemi che la compongono (Legge 170, 2010).
- **Discalculia:** riguarda la debolezza degli aspetti cognitivi dei numeri, ovvero i meccanismi di quantificazione, seriazione, comparazione, strategie di calcolo mentale e a livello procedurale per l'esecuzione del calcolo scritto (Legge 170, 2010).

Al momento in letteratura non si riscontrano studi specifici sugli effetti del rumore sui soggetti che presentano disgrafia, disortografia e discalculia, per cui l'approfondimento si concentrerà principalmente sui casi di dislessia.

## **2.2 L'INTELLIGIBILITÀ DEL PARLATO NEI BAMBINI CON DISLESSIA**

La dislessia, come appena descritto, è un disturbo specifico che riguarda la difficoltà di decodifica della lingua scritta e si contraddistingue dagli altri disturbi specifici dell'apprendimento per una lettura lenta, poco fluida e caratterizzata da errori (Ziegler, Pech-Georgel, George & Lorenzi, 2009). Per diagnosticare questo disturbo occorre valutare se il livello di lettura di un bambino è significativamente al di sotto del livello atteso per la sua età anagrafica (Snowling, 2005). Da uno studio longitudinale condotto su bambini del Connecticut emerge che la prevalenza della dislessia si colloca tra il 5,4% e il 7% in base all'età e riguarda per lo più soggetti di sesso maschile (Snowling, 2005).

Se a livello neurale la dislessia presenta differenze strutturali e di funzionamento, in particolar modo nelle regioni temporali dell'emisfero sinistro, altrettanto non si può dire circa il funzionamento a livello cognitivo (Snowling, 2005). Infatti gli studi che hanno avanzato ipotesi per indagare le cause che stanno alla base di questo disturbo non sono riusciti ad arrivare a conclusioni univoche. Tuttavia vi è concordanza sul fatto che gli individui con dislessia presentino una compromissione nell'elaborazione delle informazioni fonologiche (Snowling, 2005). Ciò significa che un deficit di elaborazione del parlato comporta un deterioramento fonologico, che a sua volta porta a una difficoltà di lettura. A conferma di ciò, sono stati utilizzati molteplici compiti che si avvalgono della memoria fonologica a breve termine e del rapido recupero lessicale. È emerso che i soggetti con dislessia presentano difficoltà a recuperare codici fonologici di nomi familiari e a leggere suoni di lettere che si assomigliano fonologicamente (Messaoud-Galusi, Hazan & Rosen, 2011).

### 2.2.1 Effetti del rumore sulla percezione del parlato nei bambini con dislessia

Come già discusso, una buona acustica all'interno delle aule scolastiche è un requisito fondamentale per uno sviluppo della lettura e, più in generale, per un'alfabetizzazione ottimale nei bambini con sviluppo tipico (Puglisi, Prato, Sacco & Astolfi, 2018). Questa affermazione ci spinge a maggior ragione ad indagare quali siano le conseguenze del rumore su bambini che presentano uno sviluppo atipico.

Difficoltà di percezione del linguaggio sono state riscontrate da Ziegler, Pech-Georgel, George e Lorenzi (2009) in bambini con dislessia in condizioni di rumore, ma non in condizioni di silenzio. Nel dettaglio, i bambini con dislessia hanno mostrato normali effetti di *masking release* in condizione di rumore fluttuante, ossia sono stati in grado di codificare ed utilizzare in maniera sufficientemente corretta i segni vocali degradati (Ziegler et al., 2009). I problemi si sono manifestati, invece, in condizione di rumore stazionario; in tale situazione i segnali vocali diventano meno affidabili, per cui i bambini con dislessia non sono riusciti a mettere in atto processi di compensazione (ricostruzione/recupero della rappresentazione fonologica). In questi casi limite di segnali fortemente compromessi dal rumore, i bambini con dislessia manifestano una “mancanza di robustezza del linguaggio” e “uno scarso accesso alle rappresentazioni fonologiche” (Ziegler et al., 2009, p. 742).

Anche uno studio condotto da Messaoud-Galusi, Hazan e Rosen (2011) ha indagato se i bambini con dislessia avessero un deficit nella percezione del parlato in due condizioni: di quiete e di rumore. Dall'indagine emerge che i bambini con dislessia commettono errori in alcuni compiti proposti in condizione di silenzio ma non durante lo svolgimento di prove simili in presenza di rumore (Messaoud-Galusi et al., 2011). Questa evidenza

sembra dimostrare che il rumore non impatta in modo significativo sull'intelligibilità del parlato nei bambini con dislessia. Ciò porta gli studiosi a concludere che gli errori commessi da soggetti con questo disturbo non siano attribuibili ad una scarsa rappresentazione fonologica, come invece sostenuto da Ziegler e collaboratori (2009). Secondo Messaoud-Galusi e colleghi (2011) gli errori compiuti dai bambini con dislessia sarebbero meglio associati alla complessità della consegna fornita dai ricercatori. Infatti una parte di questi soggetti ha avuto buone prestazioni nella percezione del parlato se sottoposta ad *adaptive procedure*, ossia test di breve durata. Al contrario, quando ai soggetti è stata somministrata la *fixed procedure*, ovvero una batteria di test più lunga e strutturata, gli errori erano maggiori anche in caso di compiti semplici. Questo ha condotto Messaoud-Galusi e colleghi ad ipotizzare che non sia la scarsa rappresentazione fonologica, bensì la fatica ad aver portato i bambini con dislessia a commettere errori dovuti ad un calo di interesse e di attenzione verso le prove somministrate (Messaoud-Galusi et al., 2011).

Una ricerca di Nittrouer, Krieg e Lowenstein (2018) ha messo in relazione da un lato la scarsa capacità di lettura dei bambini con dislessia, dall'altro lo scarso riconoscimento del parlato in condizione di rumore, ipotizzando che avessero una causa comune ossia un disturbo dell'elaborazione spettrale del segnale acustico (Nittrouer, Krieg & Lowenstein, 2018). Con ciò si intende la difficoltà del sistema uditivo di recuperare e mantenere una rappresentazione corretta dello spettro acustico, che porterebbe questi bambini a ricevere segnali degradati. Secondo quanto riportato dai ricercatori, i bambini con dislessia presentavano maggiori difficoltà nel riconoscere una parola nel rumore rispetto ai coetanei con abilità linguistiche tipiche, un dato apparentemente a favore dell'ipotesi di partenza (Nittrouer et al., 2018). Al contrario, però, i bambini con dislessia mostravano

prestazioni inferiori nel riconoscimento di parole anche in condizione di silenzio: questo ha portato gli studiosi ad escludere che i deficit dei bambini con dislessia siano riferibili in maniera univoca ad un disturbo dell'elaborazione spettrale. Gli autori sono arrivati alla conclusione che le difficoltà di lettura e di intelligibilità del parlato, sebbene si presentino in concomitanza, non siano in realtà correlate (Nittrouer et al., 2018). La ricerca ha anche sottolineato come il deficit nella lettura sembri dipendere fondamentalmente dalla sensibilità fonologica del bambino, mentre lo scarso riconoscimento vocale nel rumore sia correlato alle abilità lessicali e alla precaria conoscenza della grammatica da parte del soggetto (Nittrouer et al., 2018).

Un più recente studio condotto da Apeksha, Aishwarya e Spandita (2019) ha analizzato la percezione del parlato in condizioni di silenzio, di *babble noise* (vociare indistinto) e di rumore. Il compito utilizzato consisteva nella presentazione di parole contenenti un numero diverso di sillabe (monosillabi, bisillabi e trisillabi). Sebbene i risultati siano stati sensibilmente migliori in condizioni di silenzio e sebbene sia stato osservato un miglior *masking release* nel *babble noise* rispetto al rumore, i bambini con difficoltà di apprendimento hanno comunque ottenuto prestazioni più scarse rispetto ai coetanei con sviluppo tipico in tutte e tre le condizioni di stimolo dei test (Apeksha et al., 2019). Gli studiosi hanno ricollegato tali risultati ad un deficit funzionale, che potrebbe essere dovuto ad una scarsa elaborazione fonologica supportando così i risultati dei precedenti studi (Apeksha et al., 2019).

### **2.3 IL DISTURBO DA DEFICIT DI ATTENZIONE E IPERATTIVITÀ (ADHD)**

Il Disturbo da Deficit di Attenzione e Iperattività è definito come un disturbo dello sviluppo che si manifesta attraverso sintomi primari quali iperattività, disattenzione e comportamenti impulsivi (Sayal, Prasad, Daley, Ford & Coghill, 2018). L'iperattività si riferisce a livelli eccessivamente elevati di attività motoria. Si stima che l'ADHD abbia una prevalenza del 3-5% e che i maschi abbiano maggior probabilità di ricevere una diagnosi rispetto alle femmine (Pickens, Khan & Berlau, 2019). Siccome l'ADHD ha un esordio precoce, è opportuno che i servizi educativi e sanitari riconoscano i sintomi il prima possibile al fine di ottenere miglioramenti sulla qualità della vita a lungo termine. Infatti è stato rilevato che il Disturbo da Deficit di Attenzione e Iperattività impatta in modo negativo su molti aspetti della vita di un soggetto come ad esempio il rendimento scolastico, il successo lavorativo e le relazioni interpersonali (Sayal et al., 2018). I sintomi sopracitati si manifestano prima dei 12 anni e si osservano nel contesto abitativo e scolastico (Pickens et al., 2019).

È stato stabilito da diversi studi che l'ADHD è correlata a variazioni di natura biochimica, ossia a cambiamenti nel rilascio delle catecolamine (dopamina e norepinefrina) (Pickens et al., 2019). Nel dettaglio, l'iperattività e l'impulsività sono associate ad un'attività tonica dopaminergica troppo bassa, che porta a risposte fasiche elevate. Ciò porterebbe ad una modulazione dopaminergica anomala nella zona frontale-striatale con conseguenze sulla memoria di lavoro e sull'inibizione dei comportamenti (Levy & Swanson, 2001). Infatti la corteccia prefrontale dorsolaterale che proietta al corpo striato è l'area cerebrale adibita al corretto funzionamento della memoria di lavoro (Levy & Swanson, 2001). Le componenti sottocorticali quali lo striato ventrale e il nucleo

accumbens, ritenute il centro della ricompensa, sono meno attivate nei soggetti con ADHD e ciò si tradurrebbe in “una maggiore ricerca della ricompensa che può manifestarsi come impulsività e iperattività” (Pickens, Khan & Berlau, 2019, p. 152). Contrariamente a quanto appena descritto, un’attività tonica elevata di dopamina consente un adeguato funzionamento della memoria di lavoro e un mantenimento dell’attenzione su un compito (Pickens et al., 2019). La memoria di lavoro è, infatti, un sistema complesso formato da sottosistemi che lavorano sinergicamente con lo scopo di mantenere, selezionare e manipolare differenti tipologie di informazioni (Baddeley, Eysenck & Anderson, 2011). L’importanza della memoria di lavoro risiede nella capacità di mantenere e manipolare i dati, che a sua volta consente risposte cognitive ritardate (Pickens et al., 2019).

I bambini con ADHD presentano anche difficoltà in altre funzioni esecutive che includono “l’inibizione della risposta, lo *switching* attentivo, la pianificazione e l’attenzione sostenuta” (Holmes, Hilton, Place, Alloway, Elliott & Gathercole, 2014, p. 2).

## **2.4 GLI EFFETTI DEL RUMORE SU BAMBINI CON ADHD**

Come affermato precedentemente, molte ricerche si sono occupate di studiare gli effetti del rumore sulle prestazioni cognitive dei bambini all’interno delle aule scolastiche. I dati che emergono confermano come un’acustica inadeguata abbia delle ricadute sul piano degli apprendimenti e delle performance scolastiche dei bambini (Van Reenen & Karusseit, 2017). Tuttavia, come già discusso, gli studi che si sono focalizzati sugli effetti del rumore su bambini con dislessia hanno riportato risultati contrastanti. L’impatto del

rumore è pertanto un argomento complesso perché vi sono numerosi fattori da tenere in considerazione (Van Reenen & Karusseit, 2017).

Le ricerche che si sono occupate di studiare le prestazioni dei bambini con ADHD in presenza di rumore ci consegnano un quadro ancora diverso. Infatti studi di Söderlund, Sikström e Smart (2007) evidenziano come in presenza di rumore bianco le prestazioni cognitive degli studenti con ADHD siano migliori rispetto a quelle dei bambini con sviluppo tipico. I ricercatori hanno tentato di fornire una spiegazione a questo fenomeno mediante un modello neurocomputazionale denominato *Moderate Brain Arousal* (MBA) basato sul concetto di risonanza stocastica (SR), ossia il fenomeno secondo cui un livello moderato di rumore andrebbe a compensare il ridotto funzionamento del sistema dopaminergico osservato nei bambini con ADHD (Söderlund, Sikström & Smart, 2007). Questo dimostra che se un suono irrilevante viene presentato contemporaneamente al compito cognitivo, gli studenti con ADHD ne gioverebbero, arrivando a concludere le attività in modo ottimale. È stato riscontrato, tuttavia, che per ottenere l'effetto di risonanza stocastica e migliorare le performance cognitive, il rumore deve essere moderato, quindi né troppo elevato né troppo debole. Inoltre si è fatto riferimento al rumore bianco per un preciso motivo: è un esempio di rumore continuo che non presenta variazioni di intensità ed ha frequenze costanti, in modo da garantire il mantenimento dell'attenzione sul compito da svolgere (Söderlund et al., 2007).

In realtà l'effetto di risonanza stocastica è presente nei sistemi biologici degli animali e dell'uomo e il suo beneficio si può riscontrare, oltre che nell'elaborazione di compiti cognitivi, anche per discriminare segnali visivi e tattili (Söderlund et al., 2007). Nel dettaglio, affinché un segnale sottosoglia (es: uditivo) sia rilevato dal sistema di elaborazione, deve superare una certa soglia durante la generazione dei potenziali

d'azione; la risonanza stocastica aggiunge rumore in modo da consentire il rilevamento di tale segnale.

L'effetto di SR è stato misurato attraverso l'analisi della relazione tra l'intensità del rumore e i risultati dei compiti cognitivi somministrati al gruppo di controllo e a quello di bambini con ADHD (Söderlund et al., 2007). Il grafico di seguito riportato mostra come le prestazioni ai test cognitivi di bambini con ADHD beneficiano del fenomeno di risonanza stocastica (cfr. Figura 1). In altre parole, l'aggiunta di rumore moderato aiuta i bambini con ADHD ad eseguire compiti cognitivi in modo ottimale, mentre disturba i bambini del gruppo di controllo. Al contrario, un rumore troppo debole o troppo elevato non apporta benefici ai bambini che manifestano difficoltà attentive. La necessità di un maggiore livello di rumore moderato per tali soggetti è dovuta ad una bassa attività dopaminergica, come discusso in precedenza (Söderlund et al., 2007).

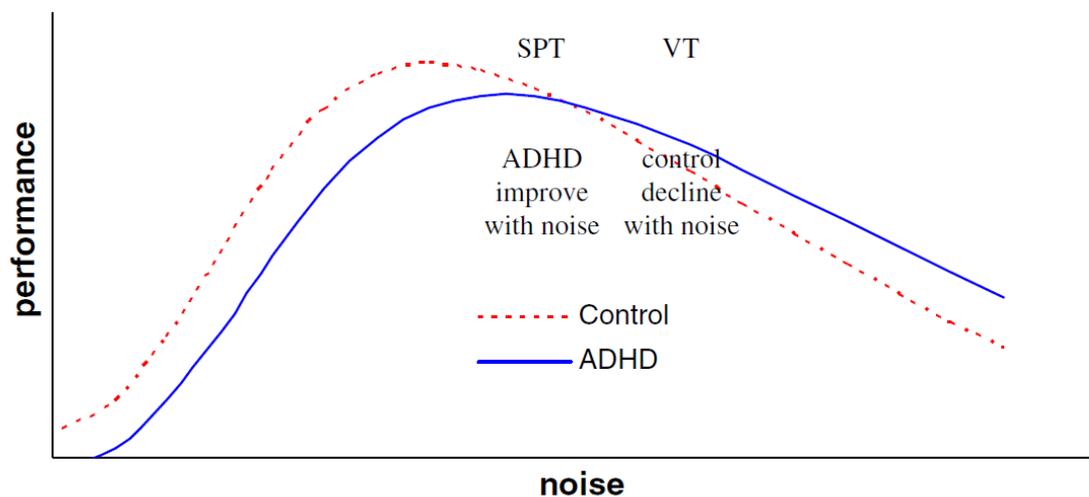


Figura 1 – I bambini con ADHD necessitano di maggior rumore per prestazioni ottimali rispetto ai controlli. Söderlund et al., 2007.

Un ulteriore studio di Pickens, Khan e Berlau (2019) propone di utilizzare il rumore bianco come metodo per migliorare le prestazioni cognitive di bambini con ADHD. La ricerca, condotta all'interno della scuola, ha utilizzato rumore bianco di 65 dB per valutare eventuali effetti sul riconoscimento vocale nel rumore degli studenti. Sembra essere emersa una correlazione tra l'utilizzo di questo metodo e miglioramenti nelle aree del linguaggio, della lettura e della scrittura (Pickens et al., 2019). Nel dettaglio, il compito richiesto ai bambini con ADHD prevedeva la scrittura e la lettura di parole a tempo, in tre differenti condizioni: in presenza di silenzio, di rumore bianco di 70 dB e di *babble noise*. Le prestazioni migliori si sono verificate nella condizione di rumore bianco: gli studenti hanno infatti scritto un numero maggiore di parole e il tempo di lettura è stato inferiore rispetto alle altre due condizioni utilizzate. Altri studi hanno descritto ulteriori benefici ottenibili dall'utilizzo del rumore bianco, come ad esempio un'attenuazione dell'impulsività, un miglioramento della vigilanza e della memoria di lavoro. Tuttavia l'utilizzo del rumore bianco sembra non aver avuto un impatto positivo sulla comprensione e l'accuratezza di lettura e scrittura e sui tempi di reazione (Pickens et al., 2019). Nonostante le lacune di alcuni studi, si può concludere che l'utilizzo del rumore bianco possa essere in futuro meglio compreso e implementato in modo più approfondito, al fine di affiancare le terapie ad oggi disponibili per i bambini con ADHD (Pickens et al., 2019).



## CAPITOLO 3

### CONCLUSIONI

In letteratura sono presenti ormai da anni un gran numero di studi sul rumore e sulle relative conseguenze sulla salute degli individui.

L'interesse di questo elaborato si è concentrato per lo più sull'impatto che il rumore ha sulle risposte cognitive e sull'intelligibilità del parlato di bambini che presentano uno sviluppo atipico.

Le ricerche analizzate hanno cercato di chiarire molti elementi ma talvolta hanno portato a risultati poco omogenei se non addirittura discordanti. Inoltre, sono emersi alcuni limiti, primo fra tutti la presenza di studi incentrati quasi esclusivamente sulla dislessia.

Gli studiosi sono concordi sul fatto che i bambini con dislessia presentino una compromissione nell'elaborazione delle informazioni fonologiche (Snowling, 2005), ma non vi è ancora un accordo sulla relazione tra questa compromissione e il riconoscimento del parlato nel rumore.

Nello specifico, dallo studio di Nittrouer e colleghi (2018) si evince che lo scarso riconoscimento vocale nel rumore dei bambini con dislessia è correlato alle abilità lessicali e grammaticali di questi soggetti.

Per quanto riguarda, invece, i risultati differenti e spesso discrepanti dovuti alle varie condizioni sperimentali, gli stessi studiosi si sono interrogati sui limiti delle proprie e altrui ricerche. Ziegler et al. (2009) hanno segnalato, ad esempio, la non completa attendibilità di alcuni studi precedenti, perché la percezione del parlato era stata considerata solo in condizione di silenzio. In tali situazioni di ascolto ottimali le

prestazioni risulterebbero falsate, perché non riprodurrebbero le condizioni standard della vita reale, in cui la percezione viene disturbata da sorgenti sonore ambientali (Ziegler et al., 2009).

Nittrouer e collaboratori (2018) propongono che le differenze nei risultati tra gli studi si potrebbero attribuire all'utilizzo di diversi materiali (es: sillabe, parole, frasi senza senso) o alle differenti tipologie di rumore.

Un migliore approccio metodologico sembra essere quello di Apeksha e colleghi (2019) i quali hanno analizzato un gruppo di bambini con DSA in tre condizioni di ascolto (silenzio, rumore del parlato e vociare indistinto) sottoponendoli ad altrettanti diversi stimoli (monosillabi, bisillabi, trisillabi). Ciononostante uno dei limiti di questo studio risulta l'eterogeneità dei DSA presi in considerazione, poiché non è stato specificato quale sia il principale disturbo diagnosticato a ciascun bambino (es: dislessia, disgrafia, disortografia o discalculia).

Nel caso dell'ADHD, invece, i risultati delle varie ricerche hanno portato a conclusioni condivise: in presenza di rumore bianco, le prestazioni cognitive dei bambini con ADHD sono risultate migliori rispetto a quelle dei coetanei con sviluppo tipico. Alla base di questo effetto positivo risiede il concetto di risonanza stocastica (SR), fenomeno secondo il quale una moderata quantità di rumore di fondo può agevolare i processi cognitivi (Söderlund et al., 2007). In particolare i bambini con ADHD hanno migliorato velocità di lettura e scrittura, uso del linguaggio, riconoscimento vocale, vigilanza, memoria di lavoro. È stata inoltre osservata una riduzione del grado di impulsività. Tuttavia questa terapia non migliora i tempi di reazione né la capacità di comprensione (Pickens et al., 2018).

Anche i gruppi di studio (Pickens et al., 2018; Söderlund et al. 2007) che hanno indagato gli effetti del rumore sui bambini con ADHD hanno evidenziato come ci sia una scarsità di studi al riguardo, per lo più incentrata sugli effetti negativi del rumore. Secondo questi ricercatori occorre studiare il giusto livello di rumore necessario ad ottenere benefici tangibili su ciascun individuo; risulta inoltre utile compiere ulteriori test per valutare l'efficacia del rumore bianco su altri aspetti sintomatici dell'ADHD quali iperattività e scarsa concentrazione (Pickens et al., 2018). Söderlund e collaboratori (2007) avanzano diverse proposte per studi futuri: misurare i livelli di dopamina individuali, indagare più livelli di rumore e più condizioni di codifica (Söderlund et al., 2007).

Per concludere, tutta la letteratura presa in considerazione in questo elaborato ha mostrato un grande interesse per gli effetti del rumore su bambini con DSA e ADHD. Tuttavia gli aspetti da approfondire sarebbero ancora molti.

L'ambiente scolastico si sta sempre più focalizzando sulla creazione di condizioni di apprendimento quanto più favorevoli e inclusive, anche attraverso l'elaborazione di piani didattici personalizzati (PDP). Sarebbe pertanto auspicabile che studi futuri tenessero maggiormente in considerazione l'impatto del rumore su bambini e ragazzi con sviluppo atipico, in modo da eliminare eventuali ostacoli strutturali.



## Bibliografia

- Ancona, C., Golini, M. N., Mataloni, F., Camerino, D., Chiusolo, M., Licitra, G., Ottino, M., Pisani S., Cestari, L., Vigotti, M. A., Davoli, M., & Forastiere, F. (2014). Valutazione dell'impatto del rumore aeroportuale sulla salute della popolazione residente nelle vicinanze di sei aeroporti italiani. *Epidemiologia & Prevenzione*, 38(3-4), 227-236.
- Apeksha, K., Aishwarya, S. Y., & Spandita H.L. (2019). Speech perception in quiet and in different types of noise in children with learning disability. *Journal of Indian Speech Language & Hearing Association*, 33(2), 75-78.  
10.4103/jisha.JISHA\_2\_19
- Baddeley, A., Eysenck, M. W., & Anderson, M. C. (2011). La memoria. Il Mulino, Bologna.
- Basner, M.B., Babisch, W., Davis, A., Brink, M., Clark, C., Janssen, S., & Stansfeld, S. (2014). Auditory and non-auditory effects of noise on health. *The Lancet*, 383(9925), 1325-1332.
- Ferenczy, M., Pottas, L., & Soer M. (2022). Speech perception in noise in children with learning difficulties: A scoping review. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 156, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2022.111101>
- Fink, D. J. (2017). What Is a Safe Noise Level for the Public? *American Journal of Public Health*, 107(1), 44-45.
- Gheller, F., Lovo, E., Arsie, A., & Bovo R., (2020). Classroom acoustics: Listening problems in children. *Building Acoustics*, 27(1), 47-59.

- Goines, L., & Hangler, L. (2007). Noise Pollution: A Modern Plague. *Southern Medical Journal*, 100(3), 287-294.
- Holmes, J., Hilton, K. A., Place M., Alloway, T. P., Elliott, J. G., & Gathercole S. E. (2014). Children with low working memory and children with ADHD: same or different? *Frontiers in Human Neuroscience*, 8(976), 1-13.  
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00976>
- Legge 8 Ottobre 2010, n.170. “Nuove norme in materia di disturbi specifici di apprendimento in ambito scolastico”. GU Serie Generale n.244 del 18-10-2010
- Levy, F., & Swanson J. M. (2001). Timing, Space and ADHD: The Dopamine Theory Revisited. *Australian & New Zealand Journal of Psychiatry*, 35(4), 504-511.  
<https://doi.org/10.1046/j.1440-1614.2001.00923.x>
- Messaoud-Galusi, S., Hazan V., & Rosen, S. (2011). Investigating Speech Perception in Children With Dyslexia: Is There Evidence of a Consistent Deficit in Individuals? *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 54(6),  
[https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2011/09-0261\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2011/09-0261))
- Moore, B. C. J. (2012). *An Introduction to the Psychology of Hearing* (2<sup>nd</sup> ed.). United Kingdom: Emerald Group Publishing Limited.
- Nittrouer, S., Krieg, L. M., & Lowenstein, J. H. (2018). Speech Recognition in Noise by Children with and without Dyslexia: How is it Related to Reading? *Research in Developmental Disabilities*, 77, 98-113.  
<https://doi.org/10.1016/j.ridd.2018.04.014>

- Peelle, J. E. (2018). Listening Effort: How the Cognitive Consequences of Acoustic Challenge Are Reflected in Brain and Behavior. *Ear and Hearing*, 39(2), 204–214.
- Perham, N., Banbury S., Jones, D. M. (2006). Do realistic reverberation levels reduce auditory distraction? *Applied Cognitive Psychology*, 21(7), 839-847.
- 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.
- Sayal, K., Prasad, V., Daley, D., Ford, T., & Coghill, D. (2017). ADHD in children and young people: prevalence, care pathways & service provision. *The Lancet Psychiatry*, 5(2), 1-34. [http://dx.doi.org/10.1016/S2215-0366\(17\)30167-0](http://dx.doi.org/10.1016/S2215-0366(17)30167-0)
- Shield, B. M., & Dockrell, J. E. (2003). The effects of noise on children at school: A review. *Building Acoustics*, 10(2), 97-116.
- Snowling, M. J. (2005). Specific learning difficulties. *Psychiatry*, 4(9), 110-113. <https://doi.org/10.1383/psyt.2005.4.9.110>
- Söderlund, G., Sikström, S., & Smart, A. (2007). Listen to the noise: noise is beneficial for cognitive performance in ADHD. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 48(8), 840-847. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2007.01749.x>
- Stansfeld S. A., & Matheson, M. P. (2003). Noise pollution: non-auditory effects on health. *British Medical Bulletin*, 68(1), 243-257.
- Szalma, J. L., & Hancock, P. A. (2011). Noise effects on human performance: A meta-analytic synthesis. *Psychological Bulletin*, 137(4), 682-707.

- Valente, D. L., Plevinsky H. M., Franco, J. M., Heinrichs-Graham E. C., & Lewis D. E. (2012). Experimental investigation of the effects of the acoustical conditions in a simulated classroom on speech recognition and learning in children. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 131(1), 232-246.
- Van Reenen, 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://hdl.handle.net/10520/EJC-af3b3b742>
- Ziegler, J. C., Pech-Georgel, C., George, F., & Lorenzi C. (2009). Speech-perception-in-noise deficits in dyslexia. *Developmental Science*, 12(5), 732-745. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00817.x>