UNIVERSITA' CATTOLICA DEL SACRO CUORE DI MILANO

Facoltà di Psicologia

Corso di Laurea in Scienze e Tecniche Psicologiche

IL BAMBINO CON DISLESSIA

E

LA MUSICA:

PROGETTO DI UN TRATTAMENTO A BASE SONORO-MUSICALE

Relatore: Chiar.mo Prof. Alessandro Antonietti

Elaborato di:

Maria Balossi Restelli

Matr. n. 3710410

Anno Accademico 2010 – 2011

“Chi tace con le labbra chiacchiera

con la punta delle dita”

S. Freud

Indice

Introduzione 4

Prima parte

Linguaggio musicale e linguaggio verbale: quali relazioni? 6

Linguaggio musicale e capacità cognitive generali 7

Linguaggio musicale e linguaggio verbale: analogie neurobiologiche 8

Linguaggio musicale e linguaggio verbale: il ritmo 11

Relazione tra sistema uditivo e sistema motorio: la funzione della memoria 12

Seconda parte - Musica e Dislessia: Aspetti teorici 14

I. La musica come strumento di potenziamento cognitivo 15

Il cervello musicale: peculiarità neurobiologiche 15

Il cervello musicale: studi sperimentali 17

Il cervello musicale e l'elaborazione del ritmo 19

II. La dislessia come deficit cognitivo di elaborazione 20

Il cervello dislessico: deficit di elaborazione uditiva 20

Il cervello dislessico e l'elaborazione del ritmo 22

Il cervello dislessico e l'elaborazione della melodia 26

Terza parte - Metodi e trattamenti 28

Musica e Dislessia: un progetto terapeutico 28

Il potenziamento cognitivo: metodi musicali 28

Il trattamento della dislessia: studi e training specifici 31

Il progetto: training specifico a base ritmica 34

Il progetto: gli esercizi 37

Conclusioni 40

Bibliografia 42

Introduzione

La musica esercita una profonda influenza su quasi tutti gli esseri umani, indipendentemente dal fatto che gli uomini la ricerchino intenzionalmente o che si ritengano più o meno musicali. L'inclinazione per la musica appare sin dalla tenera età e si manifesta in maniera trasversale in tutte le culture. La *musicofilia* dell'uomo sembra collocare le sue radici agli albori della nostra specie e, secondo alcuni studiosi, tra cui Darwin, è definita da una componente innata e istintuale analoga a quella del linguaggio (**Sacks, 2008**).

Tutti gli esseri umani, fatta eccezione per alcune patologie specifiche, sono in grado di percepire la musica nei suoi parametri fondamentali e sono capaci di discriminare l'elemento sonoro in termini di timbro, melodia, altezza delle note, ampiezza degli intervalli e ritmo. Questi elementi permettono di costruire, in una modalità prevalentemente inconscia, una rappresentazione mentale strutturale del linguaggio musicale a cui si aggiunge una reazione emotiva profonda che fanno della musica un'esperienza non solo uditiva ma anche emozionale e motoria (**Sacks, 2008**).

Il sistema musicale è un codice universale che non presenta differenze significative tra i vari paesi del mondo. Ha una modalità di trascrizione regolare basata su una codifica spaziale (pentagramma) ed è costituita da poche unità (note) e da alcune regole che definiscono la durata dei suoni e le loro modulazioni di altezza (**Westcombe, 2008**). Allo stesso tempo la lettura della musica presenta una serie di irregolarità, come ad esempio le diverse chiavi di lettura, le alterazioni o i suoni omologhi, che richiedono per la loro codifica un impegno non indifferente e il coinvolgimento di alcune funzioni cognitive come la memoria di lavoro e il sistema attentivo.

L'intento di questo elaborato è quello di riassumere i risultati riportati in articoli scientifici recenti per validare - dal punto di vista cognitivo, funzionale e neurobiologico - l'ipotesi che la musica sia uno strumento efficace per potenziare il sistema cognitivo in disturbi specifici del linguaggio, in particolare nel caso della dislessia.

Il materiale raccolto è esposto "ad imbuto" secondo una progressione convergente. Nella prima parte del lavoro vengono esposte in linea generale le analogie strutturali e funzionali tra linguaggio musicale e linguaggio verbale e i punti di contatto che accomunano i rispettivi processi di elaborazione cerebrale dell'informazione.

Nella seconda parte viene adottato il punto di vista neurobiologico che permette di specificare nel piccolo le somiglianze nelle attivazioni corticali; l'attenzione viene posta prevalentemente sulla specularità e la complementarietà tra il cervello musicale e il cervello dislessico. Lo studio della diversità e dei punti di forza del cervello dei musicisti è un passaggio obbligato per capire come coltivare con successo il terreno fertile della musica e trasferirne gli effetti per ridurre le carenze del cervello dei dislessici.

La terza parte si pone in continuità rispetto ad una proposta di training a base sonoro-musicale progettata specificatamente per bambini con dislessia dalla Dott.ssa Alice Cancer, e racconta, in seguito alla valutazione delle debolezze della prima applicazione-pilota, una seconda versione del protocollo di cui si auspica la sperimentazione su un campione significativo di soggetti.

Linguaggio musicale e linguaggio verbale: quali relazioni?

Tra il linguaggio della musica e il linguaggio verbale ci sono molte analogie. Queste somiglianze hanno portato ad un dibattito sullo sviluppo comune o indipendente delle due forme di comunicazione e sulla loro possibile discendenza reciproca. Darwin ad esempio (**1871**) ipotizzava che i suoni venissero usati dai progenitori dell'uomo durante la stagione dei corteggiamenti e che la parola fosse legata ad uno sviluppo successivo e conseguente rispetto a questa forma di musica primordiale. Di pensiero opposto era, negli stessi anni, Spencer che sosteneva che il linguaggio della musica si fosse evoluto dalla prosodia e dalla cantilena del linguaggio parlato. Il pensiero di Spencer è all'origine dei recenti studi di Pinker (**1997**), che cerca di descrivere lo sviluppo successivo della notazione musicale rispetto alla parola e alla scrittura. Mithen (**2005**) sostiene invece che lo sviluppo del linguaggio e quello della musica siano legati a radici comuni e si siano evoluti in piena integrazione reciproca.

Sloboda, nel suo testo "*La mente musicale*" pubblicato nel 1985, approfondisce la relazione tra musica e linguaggio secondo un taglio cognitivista soffermandosi principalmente sulle analogie del modello chomskiano del linguaggio e di quello elaborato da Schenker sulla musica. La principale somiglianza tra i due modelli viene ricondotta alla differenza tra *strutture di superficie* e *strutture di profondità*. Per strutture di superficie si intende la forma assunta dalla sequenza linguistica o musicale nel momento in cui viene pronunciata. Queste strutture dipendono da una organizzazione nucleare più profonda e di natura astratta (strutture di profondità) che definisce il significato della sequenza indipendentemente dalla forma. Questa duplice anima strutturale sarebbe, secondo Sloboda (**1985**), il nucleo che accomuna il sistema musicale e quello linguistico.

Secondo l'autore, è possibile identificare altre analogie evidenti tra musica e linguaggio indipendenti dalla loro somiglianza strutturale:

- Musica e linguaggio sono entrambe forme caratteristiche e appaiono *universali* in tutti gli uomini e *specifiche* per la specie;
- Musica e linguaggio, a differenza del carattere limitato delle forme di comunicazione animale, hanno la capacità di generare un numero non finito di sequenze;
- I bambini sembrano avere una capacità naturale di apprendimento delle regole del linguaggio e della musica attraverso l'esposizione ad esempi e l'imitazione;

- Per la musica come per il linguaggio il mezzo naturale di espressione il sistema uditivo-vocale;
- Sono stati sviluppati sia per la musica che per il linguaggio dei sistemi successivi di notazione scritta;
- Le abilità ricettive precedono quelle produttive, sia nel linguaggio che nella musica i bambini recepiscono i contenuti anche se non sono ancora in grado di strutturare delle risposte;
- Le forme di musica e di linguaggio differiscono da cultura a cultura ma hanno caratteristiche comuni ed universali.

La musica ha inoltre, come il linguaggio, una funzione principalmente sociale e ha la forza di stabilire legami e relazioni tra gli uomini (**Donald, 1991**).

Linguaggio musicale e capacità cognitive generali

Molti studiosi sostengono l'esistenza di una correlazione positiva tra lo sviluppo di abilità musicali e il potenziamento di capacità cognitive generali; il dibattito scientifico è legato alla natura e alla specificità di questo legame.

Dagli studi di Schellenberg e Perez **(2008)** emerge che le relazioni tra lo sviluppo di abilità specifiche e quelle musicali sono sempre riconducibili ad una relazione di tipo generale misurabile in termini di QI. Gli autori hanno teorizzato una correlazione positiva tra la durata delle lezioni di musica e le prestazioni nella valutazione del QI verbale e non verbale in un campione di bambini tra i 6 e gli 11 anni.

Altri studi pionieristici, al contrario, hanno verificato l'influenza positiva che lo studio della musica ha solo in discipline specifiche come la matematica (**Cheek & Smith 1999; Vaughn 2000**) e l'abilità visuo-spaziale (**Hetland, 2000**).

A supporto dell'ipotesi della specificità i recenti studi di Foregard, Winner, Norton e Schlaug (**2008**) hanno confermato i risultati sopra citati analizzando un campione maggiormente rappresentativo di piccoli musicisti tra gli 8 e gli 11 anni.

Straits e Kraus (**2010**) indagano i possibili sviluppi che l'apprendimento della musica ha nell'acquisizione dei processi linguistici. Il punto di partenza delle autrici, sulla base di una meta-analisi di studi precedenti, è che lo studio della musica porti ad un miglioramento sostanziale non solo delle capacità di percezione audio-visive generali (**Petrini et al., 2009**) ma abbia una forte influenza anche sul potenziamento di specifici sistemi neurali connessi (**Musacchia et al., 2007**).

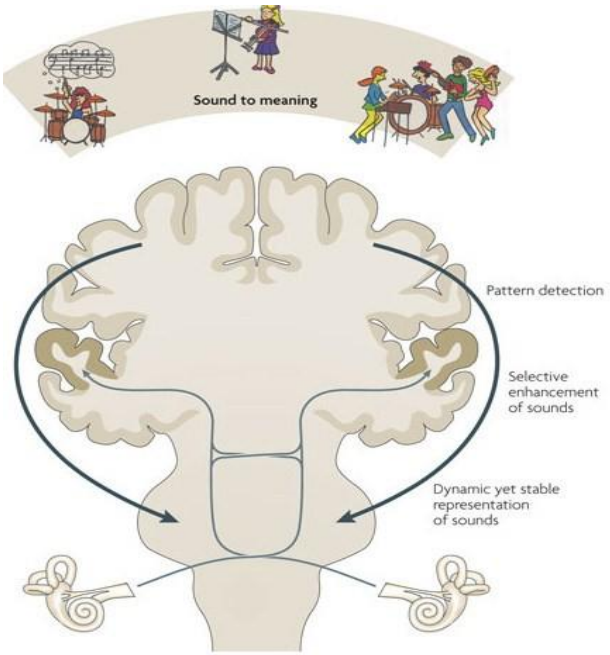
Hille, Gust, Bitz, & Kammer (**2011**), hanno recentemente condotto uno studio in linea con il precedente. Sono state valutate, tramite test specifici, l'intelligenza non verbale e la capacità di letto-scrittura di 194 ragazzi della terza classe elementare, alcuni dei quali partecipavano a lezioni di musica. La performance dei soggetti che prendevano lezioni di musica è risultata significativamente migliore rispetto a quelli che non avevano conoscenze musicali.Questi autori sostengono che la relazione tra training musicale e performance di spelling possa essere spiegata in termini di sviluppo particolare dell' intelligenza cristallizzata. In opposizione ai risultati ottenuti da Schellenberg e Peretz (**2008**) è necessario, quindi, sottolineare la specificità delle potenzialità della musica all'interno dello sviluppo del sistema uditivo.

Linguaggio musicale e linguaggio verbale: peculiarità neurobiologiche

Questo elaborato si sviluppa in linea con il pensiero di Hille, Gust, Bitz, & Kammer (**2011**) e sottolinea la specificità della relazione tra studio della musica e potenziamento del sistema uditivo.

L'orecchio umano dipende da una combinazione di processi cognitivi e sensoriali la cui funzionalità è legata all'interazione di circuiti neurali che elaborano l'informazione attraverso modalità *bottom-up* e *top-down* e si estendono in maniera bidirezionale dalla coclea alla corteccia.

Questi circuiti sono legati sia all'elaborazione uditiva della musica che del linguaggio (**Straits & Kraus, 2010**). Questo dato evidenzia il fatto che il linguaggio musicale e il linguaggio verbale dipendono dagli stessi meccanismi di elaborazione uditiva di base. Come conseguenza si deduce un legame bidirezionale tra i processi coinvolti nell'acquisizione del linguaggio musicale e quelli che strutturano l'abilità del linguaggio parlato.



Dal modello di Straits & Kraus (2010): elaborazione top-down (linee spesse) e bottom-up (linee sottili).

Secondo queste ipotesi, lo studio della musica esercita un'influenza nel rafforzamento dei processi uditivi della corteccia (**Fujioka, Ross, Kakigi, Pantev, & Trainor, 2006**) e risulta essere correlato con lo sviluppo di alcuni aspetti specifici del linguaggio, in particolare:
la discriminazione dell'altezza dei suoni (**Moreno et al., 2009; Schon, Magne, & Besson, 2004; Wong, Skoe, Russo, Dees, & Kraus, 2007**), la sensibilità alla percezione della prosodia verbale (**Thompson, Schellenberg, & Husain, 2004**), il rafforzamento della memoria verbale (**Chan, Ho, & Cheung, 1998¸Ho, Cheung, & Chang, 2003; Jackobson, Cuddy, & Kilgour, 2003; Kilgour, Jackobson, & Cuddy, 2000**) e lo sviluppo della capacità di lettura (**Barwick, Valentine, West & Wilding, 1998; Buzlaff, 2000; Lamb & Gregory, 1993**). Queste correlazioni sono state identificate sia nella popolazione normodotata (**Barwick, Valentine, West & Wilding, 1998**) che in casi di dislessia (**Overy, 2003**).

La relazione tra acquisizione del linguaggio musicale e quello parlato è rafforzata da un filone specifico di studi che ha verificato anche un legame tra lo sviluppo di capacità musicali e l'acquisizione della seconda lingua (**Slevc & Miyake, 2006**).

La sensibilità dei musicisti alle caratteristiche acustiche comuni a musica e linguaggio permette loro di costruire rappresentazioni percettive del segnale parlato più elaborate rispetto a quelle dei non musicisti: l'elaborazione attiva e passiva dei suoni linguistici risulta infatti significativamente migliore nei bambini con competenze musicali (**Chobert, 2011**). La conoscenza del linguaggio musicale è, per i bambini musicisti, un elemento facilitatore rispetto agli stadi di elaborazione specifici del linguaggio verbale. Il legame tra le abilità linguistiche e quelle musicali sembra dipendere nello specifico dalla capacità di discriminazione di eventi uditivi rapidi (**Jackobson et al., 2003**).

L'elaborazione acustica di pattern uditivi in rapido cambiamento è un pre-requisito molto sviluppato nei musicisti ed è un elemento necessario per l'elaborazione del linguaggio parlato oltre ad essere un'abilità fondamentale per la distinzione tra i diversi fonemi. Una buona discriminazione fonemica è infatti un pre-requisito sostanziale per un corretto riconoscimento lessicale e per la giusta attribuzione di significato alla parola (**Ouimet & Balaban, 2009**).

In accordo con il pensiero di Jackobson (**2003**) le indagini di Straits & Kraus (**2010)** si focalizzano sull'acquisizione delle capacità di lettura e di ascolto del parlato in ambienti rumorosi. Questa abilità, raffinata nelle persone dotate di conoscenze musicali, è strettamente legata ai processi attentivi e a quelli di elaborazione dell'informazione uditiva in modalità top-down. L'attenzione è un elemento critico del successo accademico, dello sviluppo emozionale e del successo personale.

La qualità dell'ascolto è correlata alla capacità di discriminazione dei suoni d'interesse e all'abilità dei sistemi di memoria di lavoro nell'elaborare le informazioni uditive opportune. Problemi di adattamento ambientale, di attenzione, di discriminazione dei suoni e di malfunzionamento della memoria uditiva di lavoro sono elementi disfunzionali alla base dei disturbi specifici dell'apprendimento, come la dislessia.

L'ascolto di parole in ambienti rumorosi progressivi richiede l'aumento di risorse attentive che porta ad un decremento della capienza del buffer per l'elaborazione dell'informazione uditiva rendendo molto più difficoltoso l'accesso agli archivi della memoria per ricordare una frase o una melodia. Più l'attenzione udiva e la memoria di lavoro sono allenate, migliore sarà la prestazione e il ricordo delle frasi in ambienti rumorosi; questo accade specialmente ai musicisti.

Questa abilità è dovuta a livello neurobiologico all'elaborazione subcorticale dell'informazione uditiva. L'ABR, cioè la reazione uditiva determinata dal tronco encefalico è una finestra temporale che permette di cogliere la complessità con cui i suoni parlati o musicali vengono trascritti in codici neurali dal cervello. L'ABR conserva in memoria le componenti spettrali e temporali degli stimoli evocati con una precisione di tempo nell'ordine di frazioni di millisecondi (**Chandrasekaran & Kraus, 2010**). La reazione encefalica dei musicisti è più resistente ad effetti di degrado dovuti agli stimoli di riverbero legati ai sistemi subcorticali di codifica del parlato (**Parbery-Clark, Skoe, Lam, & Kraus, 2009**).

I risultati dello studio precedentemente citato di Hille, Gust, Bitz, & Kammer (**2011**) indicano, come anticipato, un legame più forte tra l'acquisizione del linguaggio musicale e lo sviluppo di abilità di spelling più che delle performance di lettura e di scrittura. Questa ipotesi è in accordo, dal punto di vista dell'eziologia dei disturbi dell'apprendimento, con l'analisi del doppio deficit della dislessia (**Wolf & Boers, 1999**) che sostiene che i deficit di spelling siano legati a deficit fonologici mentre i disturbi di lettura poco fluente siano connessi con un deficit di velocità di nominazione. L'acquisizione del linguaggio musicale influenza principalmente l'elaborazione del suono e quindi l'abilità di spelling mentre la velocità di nominazione si suppone non sia legata all'elaborazione uditiva dell'informazione ma piuttosto ad un problema di accesso lessicale.

In linea con questi risultati, i confronti di studi tra una popolazione di bambini di 6 anni a rischio dislessia e un campione di soggetti dislessici di 9 anni dimostrano l'effetto positivo di lezioni di musica nelle performance di spelling ma non nelle performance di lettura (**Overy, 2003**).

Linguaggio musicale e linguaggio verbale: il ritmo

Un altro elemento di somiglianza tra il linguaggio musicale e quello verbale è la componente ritmica. Numerosi studi tentano di capire le potenzialità della musica nel rinforzo cognitivo, proponendo una scissione tra gli effetti correlati alla dimensione ritmica e quelli connessi con la dimensione melodica. Separare scientificamente l'efficacia della componente ritmica da quella melodica è un'operazione piuttosto innaturale; gli studi più recenti sembrano infatti concordi nel considerare ritmo e melodia come due componenti inscindibili di un'unità.

Donald (**1991**) sostiene che la mimesi, cioè la capacità di rappresentare emozioni e storie attraverso i gesti e non attraverso il supporto linguistico, sia il fondamento della cultura umana e ritiene che il ritmo abbia un ruolo unico in relazione alla mimesi. Il ritmo è infatti una capacità mimica integrativa correlata sia alla mimesi vocale sia a quella visuo-motoria. Lo stesso autore sostiene che il ritmo sia l'elemento basilare che permette l'integrazione percettiva ed emotiva dell'uomo. Nel sistema nervoso l'integrazione tra percezione visiva, uditiva e olfattiva è legata ad una scarica sincrona e ritmica di cellule nervose che si trovano in parti diverse del cervello.

I musicisti, con le loro esperienze di manipolazione e di produzione ritmica sembra sviluppino abilità cerebrali non solo in area musicale ma anche capacità di riconoscimento di tracciati regolari caratteristici e di segnali sequenziali tipici del linguaggio parlato (**Conway, Pisoni & Kronenberg, 2009**).

Nella musica il ritmo ha la forza di guidare la percezione della struttura frasale della melodia e della tonalità (**Boltz, 1989**) e di anticipare la struttura delle cadenze e delle armonie. Allo stesso modo il linguaggio è organizzato dal punto di vista metrico, con un ritmo che guida la percezione della prosodia (**Marie, 2010**). L'accurata percezione del ritmo e della struttura metrica è alla base dello sviluppo della consapevolezza fonologica e quindi della abilità di letto-scrittura (**Corriveau, Pasquini, & Goswami, 2007**).

Se Hyde e Peretz (**2004**) classificano le *amusie* come problematiche legate ad un'imprecisione tonale ma non ritmica, Goswami e colleghi (**2007**) hanno rilevato che i bambini con disordini del linguaggio siano dotati di cervelli "*intonati ma fuori tempo*".

La connessione tra ritmo e abilità di lettura è indicativa dell'importanza fondamentale del ritmo nella produzione e nella percezione sia della musica che del linguaggio. Esiste l'evidenza, spostandosi nell'ambito della patologia, di un deficit basato su criteri selettivi nell'elaborazione del ritmo tra soggetti con disturbi specifici del linguaggio (SLI) che includono, ad esempio, la difficoltà di tenere il tempo (**Corriveau & Goswami, 2009**).

Risulta chiaro l'oggetto di discussione delle pagine successive dell'elaborato: la musica può apportare un contributo allo sviluppo e al potenziamento dei meccanismi uditivi per la

prevenzione e il trattamento di disturbi attentivi legati all'abilità percettiva di discriminazione del linguaggio parlato come il caso specifico della dislessia (**Chandrasekaran & Kraus, 2010**). In particolare, la natura multisensoriale, la richiesta di attenzione, la complessità della struttura sonora, l'organizzazione ritmica, l'immediata risposta audio-motoria sono i principali elementi che fanno della musica uno strumento potente per rimodellare la struttura cerebrale e il funzionamento dei processi uditivi (**Abraham et al., 2010**).

Relazione tra sistema motorio e sistema uditivo: la funzione della memoria

Diversi articoli indagano la relazione tra il sistema uditivo e il sistema motorio. Gli studi di Patel (**2006**) sembrano dimostrare che in ogni cultura esiste qualche forma di musica e di ritmo regolare che porta ad una coordinazione temporale tra gli esecutori provocando una risposta motoria sincronizzata negli ascoltatori; questo legame tra sistema uditivo e sistema motorio sembra avere, secondo l'autore, carattere di universalità oltre a presentarsi spontaneamente nell'infanzia. Secondo Patel (**2006**) è scorretto parlare di sincronizzazione motoria, ossia di risposta motoria a ritmo, in quanto le risposte motorie ritmiche precedono il battito esterno. Gli uomini colgono schemi ritmici in modo anticipatorio costruendone modelli interiori di precisione accurata.

Chen, Zatorre & Penhune (**2006**), si sono serviti di neuro-immagini funzionali per indagare la capacità umana di tenere il ritmo. E' stata verificata un'attivazione della corteccia motoria e dei sistemi sottocorticali nei gangli basali e nel cervelletto sia nei casi di ascolto musicale, sia, con sorpresa, nei casi di immaginazione musicale. Tenere il tempo, secondo gli autori, dipende da una interazione funzionale tra la corteccia uditiva e la corteccia premotoria dorsale. Di conseguenza il movimento ritmico, inteso come integrazione tra suono e movimento, può avere un ruolo fondamentale nel coordinare e rafforzare i movimenti locomotori fondamentali.

La musica, in caso di lesioni periferiche che hanno risonanze centrali, è un sistema molto valido che può aiutare a mettere nuovamente in azione un sistema motorio danneggiato o inibito (**Lurija, 1932**).

Come anticipato, la musica che ascoltiamo realmente ha molte analogie, in termini di attivazione neurale con la musica immaginata (**Sacks, 2008**).

Questa somiglianza sembra essere legata alla memoria musicale che, al pari della memoria inconscia dell'es freudiano, è dotata di grande forza: il sistema uditivo e il sistema nervoso degli esseri umani hanno una sensibilità raffinata nei confronti della musica.

La musica, oltre alla spinta al movimento che si esplica nel ballo, consente l'organizzazione di una capacità motoria strettamente legata al suo potere narrativo e mnemonico (**Sacks, 2008**).

E’ noto, anche a livello culturale, come la musica possa essere un supporto valido alla memoria, alla costruzione di una trama narrativa che può sopperire ad altre forme di organizzazione, talvolta fallimentari.

Seconda parte

Musica e dislessia: aspetti teorici

Nella parte precedente dell'elaborato sono stati portati alla luce gli elementi salienti che accomunano il linguaggio verbale con quello musicale. Queste due forme di comunicazione, nonostante le divergenze tra i ricercatori circa la direzione delle relazioni di dipendenza, appaiono strettamente interconnessi, sia per le analogie strutturali che le accomunano, sia per le somiglianze di attivazione dei circuiti corticali.

La seconda parte dell'elaborato si propone di mettere a fuoco con un'analisi più circoscritta l'ipotesi sostanziale della tesi: dove ci sono carenze nell'elaborazione del linguaggio verbale, quello musicale può essere un valido strumento di aiuto per colmare i deficit.

E' stata quindi condotta una ricerca approfondita in letteratura per dimostrare, con un certo grado di definizione, l'efficacia della musica in quanto strumento cognitivo.

Questa indagine, che si sviluppa all'interno di un sistema che pone l'ambito della normalità e quello della patologia in una soluzione di continuità, ha come obiettivo ultimo la proposta di un trattamento specifico di supporto nei casi di dislessia basato sulla componente ritmico-musicale.

Nel primo capitolo della seconda parte la rassegna degli studi indagati si focalizza sulla musica come valore aggiunto a livello cognitivo: il punto di vista scelto è quello dell'indagine del cervello del musicista. Quest'ultimo è un oggetto sperimentale affascinante che permette di cogliere, per eccesso e non per difetto, le specificità del potenziamento cognitivo e della plasticità neuronale garantiti a chi fa della musica il primo mezzo di comunicazione.

Nel secondo capitolo il punto di vista adottato è speculare e pone il fuoco sul deficit. In particolare, in virtù dell'obiettivo applicativo dell'elaborato, si sottolinea come le evidenze neurobiologiche che caratterizzano il disturbo specifico della dislessia siano deficitarie in modalità opposta rispetto alle attivazioni neuronali "rafforzate" dei musicisti.

In relazione al fatto che il cervello musicale sia in grado di sviluppare una plasticità neuronale laddove il cervello dislessico risulta carente e poco efficiente è plausibile supporre che la musica possa essere la chiave di lettura di questa patologia specifica e che, meglio di altri strumenti, possa essere utilizzata come supporto ad un trattamento per la dislessia.

I. La musica: strumento di potenziamento cognitivo

La musica viene definita come una forma di comunicazione universale costituita da sequenze di suoni che provocano nell'uomo modificazioni non solo neurofisiologiche ma anche emotive, comportamentali e cognitive. La dimensione ritmica e quella melodica costituiscono le basi

portanti della struttura musicale e permettono il raggruppamento di piccole unità percettivo-uditive in sistemi altamente organizzati che il cervello riconosce e comprende (**Krumhansl, 2000**). Le norme che definiscono lo stile della musica hanno preso forme diverse a seconda delle influenze culturali e la loro acquisizione precoce avviene secondo alcuni studiosi nel periodo infantile (**Trehub, 2003**), secondo altri nella vita intrauterina (**Hepper, 1991**).

Lo spazio sonoro viene organizzato in strutture indipendentemente dalla conoscenza dei principi teorici che stanno alla base dell'organizzazione musicale. Secondo Antonietti (**2006**) infatti, la comprensione della musica è universale e si basa su una consapevolezza implicita che non dipende dalla conoscenza grammaticale della stessa.

La tradizione vuole che la musica venga vista come un prodotto dell'interazione culturale e sociale piuttosto che come parte della nostra dotazione biologica. Ma la letteratura scientifica suggerisce, al contrario, che la musica abbia delle profonde radici biologiche: a supportare questa ipotesi sono fondamentali le scoperte delle abilità musicali delle scimmie e dei nostri progenitori e il fatto che la musica sia presente in modo trasversale in ogni differente cultura.

L'apprendimento della musica è correlato nello specifico allo sviluppo della plasticità neuronale dei circuiti coinvolti nella sua elaborazione e in generale al rafforzamento delle sinapsi tra le cellule cerebrali. Gli aspetti maggiormente coinvolti nell'apprendimento sonoro sono: la sensibilità e la percezione dei sistemi uditivi, visivi, tattili e cinestesici; lo sviluppo del sistema cognitivo dal punto di vista simbolico, linguistico e della lettura; la pianificazione dei movimenti e la coordinazione; i feedback e la valutazione dell'azione, il sistema motivazionale e la memoria di apprendimento (**Weinberg, 1998**).

Il cervello musicale: peculiarità neurobiologiche

L'indagine relativa alle basi neurali dell'elaborazione musicale ha portato alla scoperta di differenze significative nell'anatomia, nella struttura e nella funzionalità del cervello dei musicisti.

Il confronto tra le attivazioni corticali di due campioni, uno composto da adulti musicisti professionisti l'altro da non musicisti, ha evidenziato che il cervello musicale presenta una specializzazione cerebrale più marcata per l'elaborazione del ritmo e della melodia rispetto all'altro campione: l'emisfero destro sembra essere maggiormente coinvolto nell'elaborazione della melodia, quello sinistro nell'elaborazione del ritmo (**Samson, Ehrle, & Baulac, 2001**).

Grazie alle nuove tecniche di neuroimaging (MRI), (**Habib & Besson 2008**), hanno indagato la relazione tra caratteristiche neuroanatomiche e studio della musica, dimostrando la specificità di alcune caratteristiche cerebrali dei musicisti legate prevalentemente all'area dell'abilità

motoria e della percezione uditiva. Questo articolo sottolinea inoltre l'effetto che lo studio della musica ha sulla plasticità cerebrale in generale. L'influenza degli esercizi motori di tipo musicale sulla plasticità e sull'anatomia cerebrale era stata evidenziata già nel 1995 in uno studio pioneristico condotto da Schlaug.

Habib e Besson (**2008**) si soffermano sul fatto che il *corpo calloso*, l'area cerebrale che connette i due emisferi, ha nei musicisti un volume significativamente più ampio. Questa differenza rispetto ai non musicisti viene attribuita al trasferimento costante di una grande quantità di informazioni senso-motorie sofisticate.

Gli studi di Schmithorst e Milke (**2002**), ottenuti grazie agli sviluppi delle tecniche di DTI (*Diffusion Tensor Imaging*), hanno portato alla scoperta nei musicisti di una maggiore densità di fibre a regolazione anisotropica nella regione anteriore del *corpo calloso* dovuto probabilmente all'intensa attività motoria di precisione. Specularmente è stato individuato un decremento dell'anisotropia nei tratti piramidali che suggerisce un minore utilizzo dei tratti corticospinali dovuto all'automazione dell'esecuzione musicale.

La relazione positiva tra musica e plasticità neuronale è legata ad un'età specifica: dopo i 7 anni lo sviluppo degli ormoni sessuali diminuisce l'effetto delle potenzialità dello studio della musica nello sviluppo strutturale e plastico del cervello (**Habib & Besson 2008**).

I musicisti professionisti hanno due caratteristiche particolari che interessano la neuroscienza. In primo luogo fanno uso intenso dell'apparato motorio e dei più piccoli muscoli legati al movimento delle dita. Ad esempio, Elbert, Pantev, Wienbruck, Rockstroh,& Taub (**1995**) hanno dimostrato un ingrandimento corticale in relazione alla rappresentazione dell'area motoria connessa al mignolo per quanto riguarda i violoncellisti. In seconda istanza, si dimostrano molto più sensibili dei non musicisti nelle abilità di discriminazione dei suoni con meno specificità timbrica rispetto allo strumento suonato o maggiormente conosciuto (**Schneider e al., 2002**).

Queste due particolarità fanno del cervello del musicista un oggetto sperimentale affascinante a dimostrazione di come un'esperienza conoscitiva particolare può portare a differenti evoluzioni cerebrali.

Un altro aspetto importante a livello morfologico è l'asimmetria del *planum temporale* che nei musicisti risulta ancor più evidente. Il planum temporale, la superficie triangolare sita caudalmente rispetto alla corteccia uditiva primaria di Helsh, è conosciuto per la sua funzione di integrazione tra diversi tipi di stimoli primari processati dal giro di Helsh. Nei musicisti questa asimmetria è più evidente e l'emisfero sinistro ha, in proporzione, dimensioni maggiori rispetto alla media (**Schlaug, Jancke, Huang, Staiger, & Steinmetz, 2002**).

I musicisti hanno anche una attivazione maggiore del *tronco encefalico* in risposta a stimoli uditivi sia di tipo musicale che linguistico (**Musacchia, Sams, Skoe, & Kraus, 2007**). La differenza sembra essere legata ad un adattamento strutturale che si sviluppa grazie all'acquisizione di competenze sonore a lungo termine e all'allenamento ripetuto e costante tipico della formazione musicale come ad esempio i movimenti fini indipendenti di entrambe le mani e la discriminazione uditiva.

Le differenze strutturali sono state notate anche al di fuori delle regioni primarie strettamente connesse con l'elaborazione musicale. Sono state riscontrate differenze di attivazione nel giro frontale inferiore: questo dato supporta l'ipotesi che la plasticità cerebrale si verifichi sia in regioni del cervello che hanno il controllo su funzioni musicali primarie sia in aree deputate all' integrazione multimodale (**Schlaug, Jancke, Huang, Staiger, & Steinmetz, 2002**)

Il cervello musicale: studi sperimentali

Gli studi presenti in letteratura concordano sul fatto che il cervello musicale abbia un adattamento funzionale per processare la tonalità e il timbro ed una specializzazione strutturale nelle aree visuo-motorie (**Schlaug, Jancke, Steinmetz, 1995; Gaser & Schlaug, 2003**).

Attraverso l'analisi dei potenziali evocati molti autori hanno cercato di investigare le funzioni cerebrali correlate all'allenamento musicale. E' stato riscontrato, nei bambini pianisti, a dimostrazione della maggior sensibilità uditiva del cervello musicale, un incremento delle onde P100, N150 e P200 in risposta a suoni di pianoforte rispetto a quelle prodotte da bambini che non studiavano musica (**Shahin, Roberts, Pantev, Trainor, & Ross, 2004**).

Un recente studio condotto da Fujioka, Ross, Kakigi, Pantev, & Trainor (**2006**) esplora la durata degli effetti e le modificazioni cerebrali dopo un anno di un training musicale in bambini di 4-6 anni. Lo strumento utilizzato per misurare le differenze di potenziale è la Meg, applicata prima e dopo un training Suzuki. Un effetto evidente dello studio della musica è il miglioramento della qualità e della rapidità delle risposte in test di discriminazione musicale e verbale. In termini di onda, dopo il trattamento, si è verificata una risposta più larga e più rapida dei picchi negativi di N250 legati all'elaborazione dell'emisfero sinistro. Sempre nello stesso studio si dimostra come l'applicazione alla musica migliori le abilità di lettura di parole complesse e la sensibilità nella discriminazione dell'altezza dei suoni.

I musicisti sono quindi più precisi nell'elaborazione della dimensione soprasegmentale dell'altezza dei suoni e applicano questa raffinatezza anche alla percezione della variazione dell'intonazione frasale del parlato e alla metrica delle parole. Questo dato sembra connesso con

la sensibilità acquisita e accumulata negli anni di pratica, rispetto ai parametri acustici fondamentali per la musica come la frequenza e la durata dei suoni (**Gaab & Schlaug, 2003**).

Gaab e Schlaug (**2003**) hanno confrontato i pattern di attivazione cerebrale, rilevati tramite fMRI, durante un compito di discriminazione di suoni. Nel caso dei musicisti si rileva l'attivazione di una rete che comprende le aree deputate alla memoria uditiva, alla memoria di lavoro (giro sopramarginale, SMG) e le aree dell'elaborazione visuo-spaziale. I non musicisti invece presentano attivazioni di regioni legate alla discriminazione dell'altezza dei suoni (giro di Helsch) e alla memoria a lungo termine (giro ippocampale).

Molti studi evidenziano come la competenza musicale abbia effetti sulla plasticità neuronale, modificando i circuiti deputati all'elaborazione acustica. L'abilità musicale può essere sviluppata attraverso training specifici al fine di ottenere modificazioni a livello cognitivo. Schlaug e collaboratori (**2005**) hanno condotto uno studio longitudinale per indagare gli effetti di un allenamento musicale sullo sviluppo del cervello e della cognizione in bambini tra 5 e 7 anni. Dopo un anno di attività musicale i cambiamenti riscontrati riguardavano principalmente un incremento delle abilità motorie fini e un miglioramento nei compiti di discriminazione uditiva rispetto al gruppo di controllo a cui non era stato sottoposto il training. I dati ottenuti dalla risonanza magnetica post-trattamento mostrano cambiamenti funzionali nelle aree associative uditive (lobo temporale e giunzione temporo-parietale) di entrambi gli emisferi in compiti di discriminazione ritmica e melodica.

Overy e collaboratori (**2004**) hanno indagato le basi neurali dell'elaborazione della melodia e del ritmo confrontando un campione di bambini da 5 a 7 anni con uno di adulti. L'analisi, ottenuta da rilevazione fMRI e limitata al giro temporale superiore (STG), ha mostrato in corrispondenza dell'elaborazione della melodia del campione di bambini un'attivazione significativa di una piccola area nel giro temporale superiore che non si riscontra negli adulti. Questa differenza suggerisce che la specializzazione emisferica dell'elaborazione del ritmo e della melodia, verificata dai precedenti studi di Samson, Ehrle, & Baulac (**2001**), sia progressiva e si sviluppi con l'età.

Nel 2006 si è svolta ad Edimburgo la conferenza d'inaugurazione dell'Institute for Music in Human and Social Development. Nell'ambito di questo evento Thaut e colleghi (**2009**) hanno presentato i risultati di uno studio effettuato tramite rilevazioni PET (tomografia ad emissione di positroni) che mostrano come il *cervelletto* abbia un ruolo centrale nel controllo del tempo nella sincronizzazione ritmico-motoria. All'aumento di complessità ritmica e alla caratteristica di novità dello stimolo corrisponde una maggiore attivazione del cervelletto.

Il cervello musicale e l'elaborazione del ritmo

Un'altra particolarità del cervello musicale è lo sviluppo di risposte più rapide e raffinate in termini di sincronizzazione. Questa capacità oltre ad essere strettamente connessa con l'elaborazione del ritmo musicale è un elemento fondamentale dell'apprendimento della corrispondenza grafema-fonema del linguaggio ad ulteriore dimostrazione del coinvolgimento di aree neuronali comuni tra elaborazione della musica e della parola.

Geiser e collaboratori (**2009**) hanno indagato l'effetto della competenza musicale sulla percezione della metrica attraverso l'analisi dei potenziali evocati. Anche in questo studio si evidenziano differenze tra musicisti e non musicisti nell'attivazione dei circuiti coinvolti nell'elaborazione del segnale acustico. I cambiamenti ritmici determinano, sia nei musicisti che nei non musicisti, l'insorgenza di una deflessione negativa precoce (N150) in condizione di variazione di tonalità sia attesa che inattesa. Musicisti e non musicisti rispondono però in modo molto diverso alla violazione della metrica: nei musicisti infatti, a dimostrazione dell'attivazione di diversi processi neurofisiologici alla base dell'elaborazione uditiva del ritmo, la deflessione precoce compare solo nella condizione inattesa e non in quella attesa.

II. La dislessia: deficit cognitivo di elaborazione

Una molteplicità trasversale di studi ha teorizzato una relazione positiva, sia generale che specifica, tra competenze musicali e successo nell'apprendimento scolastico (**Butzlaff, 2000; Schmithorst & Holland, 2004**).

L'ipotesi principale è che un allenamento musicale porti ad un rafforzamento delle corrette attivazioni neuronali coinvolte nell'elaborazione uditiva musicale e del linguaggio con un conseguente beneficio nell'elaborazione di questo, deficitaria e problematica nei casi di dislessia.

Nella maggior parte dei casi, però, i dislessici hanno grande difficoltà nell'imparare a suonare uno strumento musicale a causa delle difficoltà che la dislessia comporta nell'apprendimento della notazione, nella lettura a prima vista e nell'esecuzione ritmica. E' opportuno quindi progettare esercizi musicali specifici, costruiti in modo mirato.

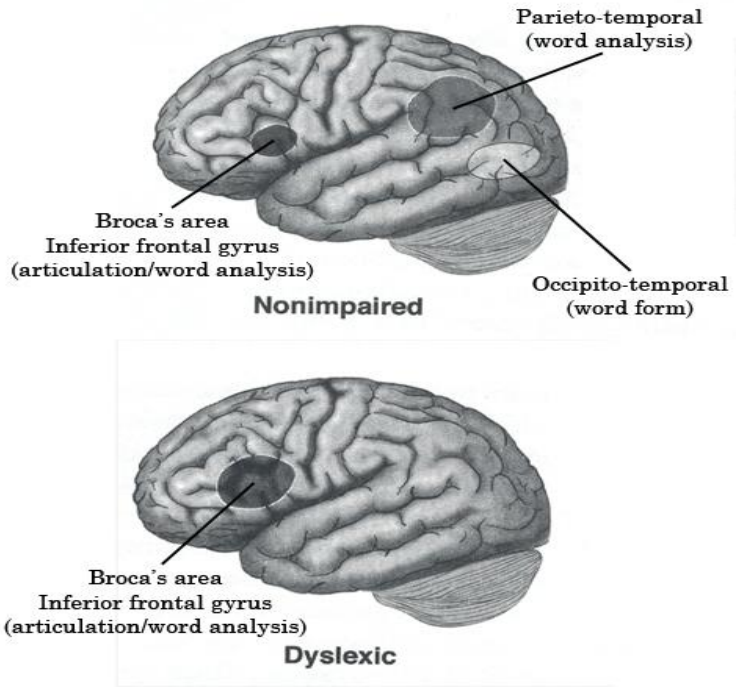
Il cervello dislessico: deficit di elaborazione uditiva

L'ipotesi ad oggi più accreditata sull'eziologia della dislessia evolutiva è legata ad un deficit di tipo fonologico connesso all'abilità di elaborazione ritmica (**Tallal e al., 1993; Snowling, 2000, Breier et al., 2001; Fitch & Tallal, 2003; Tallal, 2004**). I risultati sperimentali sui deficit di attivazione e di elaborazione neurobiologica specifici della dislessia dimostrano una evidente specularità rispetto alle caratteristiche del cervello dei musicisti: le carenze neuroanatomiche della dislessia sono opposte e strettamente complementari ai punti di forza specifici dei musicisti.

Shaywitz, S. (2003)

Differenze di attivazione neurale in compiti di lettura veloce tra cervello dislessico e non.

Dagli anni '80 le ricerche sulle basi neurobiologiche della dislessia si sono concentrate sul *planum temporale*, ossia la regione superficiale e superiore del lobo temporale. I due plana, che nei casi non patologici presentano asimmetricità con un maggiore volume del planum dell'emisfero sinistro, nei pazienti affetti da dislessia si presentano simmetrici e di pari dimensione. Questo dato neurobiologico sembra essere correlato con la debolezza, nei dislessici, dei compiti caratteristici dell'emisfero sinistro: lettura, scrittura e memorizzazione di simboli (**Miles, 1998**).



E' stato inoltre notato, nei casi di dislessia, un numero anomalo di malformazioni (ectopie) e di anomalie nella via magneto-cellulare (cellule grandi che rispondono agli stimoli in modo rapido e a bassa definizione) del sistema visivo-uditivo che sembrano essere all'origine delle difficoltà incontrate nella memorizzazione dei suoni delle parole (**Miles, 1998**).

La scarsa performance dei dislessici in compiti di lettura è strettamente connessa a problemi nell'acquisizione di consapevolezza fonologica.

Per *consapevolezza fonologica* si intende l'insieme delle conoscenze metalinguistiche che hanno come oggetto la struttura fonologica del linguaggio che offrono al bambino la possibilità di riflettere sulle caratteristiche intrinseche alla struttura della lingua (**Morais, 1989**). Il bambino prima di focalizzare l'attenzione all'aspetto grafico della parola, rivolge la sua attenzione all'analisi della dimensione sonora, traducendola nel codice grafico solo in un momento successivo. La capacità di eseguire una buona analisi dei suoni della parola costituisce un requisito fondamentale per lo sviluppo delle capacità di letto-scrittura. Si tratta di una acquisizione che si sviluppa nei bambini in età pre-scolare ed è indipendente, a differenza della metafonologia analitica, dall'apprendimento della lingua scritta. L'abilità metafonologica è, tra le competenze metalinguistiche, la più correlata all'acquisizione della letto-scrittura. Il nostro linguaggio scritto è infatti un sistema a base fonetica e richiede un'elaborazione dei suoni del linguaggio parlato in modo da permetterne un confronto con il codice scritto. La misura della consapevolezza fonemica è, per questo motivo, un indice predittivo delle difficoltà di lettura e scrittura nelle prime classi elementari (**Tressoldi et al.,1993**). I problemi fonologici possono essere considerati come disfunzioni neurolinguistiche che coinvolgono le rappresentazioni e l'organizzazione degli aspetti fonetici a livello corticale causando un deficit nei processi metafonologici; questi processi si impongono come un passaggio obbligato per l'apprendimento della lettura e della scrittura.

Nei pazienti dislessici la compromissione della costruzione della rappresentazione fonologica e il collegamento con quella ortografica, soprattutto nei casi di lingue ad ortografia trasparente come l'italiano, sostituiscono il riconoscimento diretto e veloce delle parole, con una decodifica accurata ma piuttosto lenta e faticosa (**Tressoldi, Lorusso, Brembati, & Donini, 2008**).

Tressoldi e collaboratori hanno dimostrato come lettori non fluenti abbiano un deficit specifico nell'immagazzinamento delle parole o di parti di esse nel lessico ortografico causata da difficoltà associative. L'ipotesi degli autori è la compromissione della via fonologica deputata alla lettura ad alta voce e della capacità di conversione grafema-fonema. La via lessicale e quella semantica della lettura, nei casi di dislessia evolutiva, risulterebbero intatte.

Ouimet e Balaban (**2010**) hanno proposto l'ipotesi secondo cui un deficit specifico di lettura sia legato ad una difficoltà di segmentazione del flusso uditivo (Auditory Stream Biasing, ASB), un aspetto di elaborazione uditiva olistica introdotto da Bregman nel 1978. Bregman ha scoperto come i suoni situati in regioni di frequenza diversa e non sovrapposte portino ad una segmentazione del flusso percettivo-uditivo dividendolo in due sotto-flussi. L'ASB viene

prodotta ogni 4 secondi e impiega lo stesso tempo a decadere. Questa segmentazione dell'elaborazione uditiva, secondo Bregman permette al sistema uditivo di evitare oscillazioni tra le percezioni alternative presenti in un ambiente ricco dal punto di vista sonoro (**Bregman, 1978**). Sulla base di questi studi Ouimet e Balaban (**2010**) hanno elaborato un esperimento analizzando un campione di 21 bambini con deficit di lettura, altrettanti bambini normo-lettori e 11 adulti di controllo. Ai soggetti veniva chiesto di ascoltare una sequenza di suoni della durata di 10 secondi che imponeva la segmentazione del flusso uditivo. Un suono veniva ripetuto a 1000 Hz di frequenza alternato ad una sequenza di 8 ripetizioni di 2 toni puri rispettivamente di 1000 Hz e di 1420 Hz. Tra le due sequenza vi era un intervallo di tempo variabile da 0.09 a 8 secondi. I bambini dislessici hanno mostrato una proporzione significativamente inferiore di risposte segmentate rispetto ai bambini normo-lettori e agli adulti; questo risultato dimostra che il deficit di lettura è legato a differenze globali di integrazione uditiva.

Il cervello dislessico e l'elaborazione del ritmo

Si sono sviluppate molte teorie che indagano la relazione tra il deficit specifico di lettura e la capacità di elaborazione uditivo-sonora, in particolare l'abilità di elaborazione del ritmo e dell'altezza dei suoni quali parametri fondamentali per l'elaborazione del linguaggio verbale. Il linguaggio parlato è un'informazione percettiva complessa che necessita di una analisi temporale, spettrale e ritmica. I problemi dell'elaborazione ritmica dei suoni sono strettamente correlati alle difficoltà di rappresentazione fonologica e la struttura ritmica svolge un ruolo fondamentale nell'organizzazione fonologica del linguaggio, per mezzo della prosodia.

Il ritmo, come anticipato, è l'elemento strutturale che i neonati utilizzano per discriminare le sillabe ed è determinato dalla struttura acustica di modulazione dell'ampiezza del segnale, ossia dalle variazioni di ritmo e altezza (**Goswami et al., 2002**).

Già nel 1993, gli studi di Tallal, Miller, & Fitch, dimostrano come i soggetti affetti da dislessia presentino deficit nella percezione del ritmo e della prosodia oltre che nell'elaborazione fonologica e negli aspetti temporali delle abilità acustiche e motorie legate all'elaborazione del linguaggio. Secondo questi autori la difficoltà di rappresentazione temporale e ritmico-musicale è legata ad una compromissione della capacità di individuazione delle unità fonologiche del linguaggio.

Wolff e colleghi nel 1990 hanno chiesto ad un gruppo di adolescenti dislessici di muovere a tempo di metronomo gli indici di entrambe le mani all'unisono, in alternanza ritmica o in configurazioni complesse. La risposta, rispetto al gruppo di controllo composto da adolescenti non dislessici, non è risultata scarsa nei compiti ritmici all'unisono mentre è risultata

significativamente deficitaria nei compiti ritmici alternati. Questo risultato ha portato gli autori a supporre un deficit funzionale emisferico sinistro o una compromissione della comunicazione interemisferica.

Alcuni studi di poco successivi (**Ganschow, Lloyd-Jones, & Miles, 1994; Jaarsma, Ruijssenaars, & Van der Broeck, 1998**) hanno dimostrato che i bambini con dislessia hanno difficoltà nell'imparare a leggere le note. Il deficit di lettura della semiografia musicale suggerisce che i bambini dislessici abbiano difficoltà di discriminazione uditiva, nella segmentazione dei suoni, nel raggruppamento di suoni in frasi e nella mappatura dei suoni in simboli visivi.

Sembra che i bambini dislessici che studiano musica trasferiscano le strategie cognitive che gli permettono di imparare la notazione musicale alla lettura e all'elaborazione linguistica, facilitando di conseguenza il processo deficitario di associazione tra stimoli visivi (lettere) e oggetti uditivi (fonemi) in strutture sonore complesse (parole) (**Goswami et al., 2002**).

Goswami e collaboratori (**2002**) hanno individuato nei dislessici un deficit percettivo nel meccanismo usato per estrarre le caratteristiche soprasegmentali del parlato che sarebbe alla base della difficoltà di acquisizione della consapevolezza fonologica e dell'abilità di lettura.

Questo studio di Goswami, conferma la complementarietà del cervello dislessico rispetto a quello musicale, in particolare rispetto alla"sensibilità soprasegmentale"dei musicisti descritta da Gaab e Schlaug **(2003).**

Il ritmo del parlato è una proprietà che dipende dalla variazione dell'ampiezza dell'onda sonora (*Amplitude Modulation:* AM) che determina l'intensità del segnale acustico. La percezione della variazione dell'ampiezza dell'onda coincide con l'elaborazione acustica a livello sillabico. I bambini dislessici hanno difficoltà nel rilevare le variazioni di ampiezza e di frequenza dell'onda sonora in particolare per valori che vanno dai 2 ai 10 Hz, valori simili a quelli corrispondenti alle sillabe del parlato.

Goswami e collaboratori (**2002**) si sono posti l'obiettivo di indagare l'impatto di queste difficoltà sulla percezione ritmica del segnale acustico nei bambini dislessici costruendo un compito per rilevare i battiti presentati all'interno di sequenze sonore caratterizzate da Amplitude Modulation. E' stata riscontrata una differenza significativa nella rilevazione della variazione dell'ampiezza dell'onda sonora rispetto ai bambini non dislessici. La sensibilità nella rilevazione del segnale acustico è un fattore determinante nell'acquisizione della letto-scrittura. In termini statistici di confronto tra i due campioni si parla di una differenza in performance del 25% indipendentemente dai valori del QI non verbale, età e conoscenze di vocabolario.

Nel 2004, Muneaux e collaboratori hanno esteso la validità degli studi precedentemente citati di Goswami e collaboratori (**2002**), legati alla lingua inglese, anche al francese, idioma con caratteristiche ritmiche molto differenti. Anche nel caso dei bambini dislessici francesi è stato riscontrato un deficit significativo nella percezione ritmica.

Il legame tra abilità di discriminazione uditivo-sonora e consapevolezza fonemica, predittore dell'abilità di lettura, individua nel training musicale uno strumento di potenziamento cognitivo particolarmente efficace per i bambini dislessici (**Overy, 2003**). L'allenamento musicale, secondo Overy (**2003**), porta ad un miglioramento dell'elaborazione temporale e ritmica che ha un ruolo centrale nello sviluppo delle abilità linguistiche di segmentazione e di consapevolezza fonologica; queste ultime sono direttamente correlate alla capacità di spelling e di lettura. In particolare i risultati sperimentali dimostrano che l'abilità di nominazione è significativamente correlata alla capacità di discriminazione temporale e ritmica.

Questi dati suggeriscono una soluzione al dibattito sulla teoria della dislessia come una patologia strettamente legata ad un deficit nell'elaborazione temporale (**Tallal, 2004**).

Una molteplicità di studi ha esplorato la difficoltà di elaborazione temporale e ritmica che caratterizza le persone affette da dislessia. In particolare Foregard e colleghi (**2008**) hanno analizzato la relazione tra abilità musicali e abilità linguistiche sia in bambini normodotati che in bambini dislessici. Le ipotesi da validare o da confutare hanno portato alla strutturazione di 4 studi differenti. Il *primo* studio, che ha come ipotesi la correlazione tra elaborazione fonologica e abilità di discriminazione sonora di tonalità e di ritmo, ha portato alla somministrazione di un training musicale della durata di 31 mesi a 32 bambini normo-lettori della prima classe della scuola primaria. Le performance del gruppo sperimentale ad un test di consapevolezza fonemica e ad uno di abilità di discriminazione musicale, misurate pre e post- training, sono state confrontate con quelle del gruppo di controllo e i risultati hanno mostrato una correlazione significativa tra abilità fonologica e discriminazione tonale molto maggiore nel gruppo sperimentale che era stato sottoposto al training. Il *secondo* studio aveva come obiettivo quello di verificare l'esistenza di una relazione tra abilità di lettura e abilità musicali (ritmo e tonalità). Prevedeva un gruppo sperimentale composto da 6 bambini normolettori della prima classe della scuola primaria sottoposti ad un training musicale di 86 settimane ed un gruppo di 4 bambini, a parità di istruzione, non sottoposti all'allenamento. I risultati, ottenuti grazie alla somministrazione delle stesso test di abilità di lettura pre e post trattamento ad entrambi i gruppi, hanno dimostrato una forte correlazione tra abilità musicali e capacità di lettura, specialmente nel gruppo sperimentale. Il *terzo* studio ha verificato, tramite la somministrazione di un test di discriminazione uditiva a 31 bambini dislessici, che i deficit di elaborazione

fonologica e di lettura tipici della dislessia sono predittori di deficit di elaborazione sonora e di discriminazione ritmica e tonale. *L'ultimo* studio di Foregard e colleghi (**2008**) valida l'ipotesi di una maggiore predittività dei deficit di elaborazione fonologica e di lettura nei confronti di deficit musicali in un campione di bambini dislessici rispetto ad uno di bambini non dislessici. I risultati di questi studi convergono nel confermare l'esistenza di una forte correlazione tra la discriminazione uditiva e le abilità legate al linguaggio. L'abilità di discriminazione melodica è un fattore che predice le abilità fonologiche e quelle di lettura in modo trasversale, sia nei soggetti normo-dotati sia nella patologia.

Nello stesso anno Thompson e Goswami (**2008**), alla luce dei risultati precedenti, hanno approfondito l'indagine sulla relazione tra abilità ritmico-motorie e capacità di letto-scrittura. E' stata confrontata la performance di bambini dislessici di 10 anni e soggetti non dislessici della stessa età in un compito ritmico percussivo del dito indice in una duplice condizione: con l'aiuto di un supporto ritmico di metronomo e senza supporto. I risultati hanno mostrato una difficoltà specifica dei bambini con dislessia nella *sincronizzazione* del comportamento motorio con un ritmo acustico esterno.

Huss e colleghi (**2010**), in virtù delle evidenze sperimentali sui deficit di elaborazione fonologica e quelli di sincronizzazione ritmica, hanno analizzato la relazione tra lo sviluppo fonologico della lettura in bambini dislessici tra 8 e 13 anni e una corretta percezione metrica musicale. Anche in compiti molto semplici basati su duplice struttura metrica la performance dei bambini con dislessia risulta essere significativamente inferiore rispetto a quella dei bambini non dislessici.

Il cervello dislessico e l'elaborazione della melodia

I bambini con difficoltà di lettura presentano inoltre un problema di discriminazione nelle *altezze* dei suoni e una anomalia nei circuiti neurali correlati alla loro elaborazione (**Santos, Joly-Pottuz, Moreno, Habib, & Besson, 2007**).

Gli studi sperimentali concentrati sul deficit di discriminazione delle altezze hanno condotto la ricerca all'analisi dell'elaborazione *cross-modale*: una modalità di elaborazione che ha interessato gli studiosi di neuroscienza nei primi anni del nuovo millennio e che fa della musica uno strumento fondamentale nel trattamento dei disordini del linguaggio.

E' stato dimostrato che i trombettisti (**Schulz, Ross, & Pantev, 2004**) hanno un pattern di attivazione cerebrale originata dalle informazioni somato-sensoriali connesse all'area del labbro che differiscono per combinazioni di stimolazioni labbro-tono e si ottengono dalla somma delle

risposte unimodali labbro-tono. Questo suggerisce che la ripetizione di esercizi con uno strumento specifico sviluppi abilità di natura cross-modale.

Likewise, Lahav, Saltzman e Schlaug (**2003**) hanno verificato, grazie all'utilizzo della risonanza magnetica funzionale, che i pianisti, quando ascoltano melodie che appartengono unicamente al repertorio di loro conoscenza e del loro strumento, attivano le regioni della corteccia che includono l'area motoria del linguaggio di Broca.

L'area di Broca sembra avere un ruolo nell' "ascolto in azione" che risulta compatibile con la centralità che questa regione cerebrale ha nella rete dei neuroni specchio (**Iacoboni et al., 1999**).

Queste evidenze di natura cross-modale specifiche del cervello musicale hanno una grande rilevanza per quanto riguarda i disordini del linguaggio e della lettura, dove i deficit cross-modali sono stati ripetutamente dimostrati. Questo è il caso particolare dell'elaborazione e della mappatura grafema-fonema che, come più volte sottolineato, costituisce il problema principale della dislessia.

Recenti studi che analizzano le risposte dei potenziali evocati dimostrano miglioramenti significativi in compiti di discriminazione dell'altezza di suoni parlati avvenuti dopo training cross-modali; questi risultati suggeriscono che il meccanismo di integrazione cross-modale alla base dello sviluppo della fonologia e della prosodia sia determinante per il successo del trattamento.

Questi dati sperimentali sono molto incoraggianti e costituiscono il background scientifico e motivazionale che sostiene la direzione della ricerca e della sperimentazione verso l'uso della musica in progetti di trattamento per la cura della dislessia.

Terza parte

Musica e dislessia: un progetto

In relazione ai risultati degli studi sperimentali esposti e in virtù dell'obiettivo finale dell'elaborato vengono riportati a titolo esemplificativo, nella prima parte di questo capitolo, alcuni metodi di insegnamento della musica che hanno ispirato la progettazione della parte musicale del training specifico che verrà proposto.

La maggior parte di questi metodi non sono nati come supporto in trattamenti di patologie ma per la loro natura si prestano ad essere adattate all'obiettivo della sperimentazione. Si tratta di

metodi di insegnamento musicale alternativi a quello classico con cui si avvicina il bambino alla musica nei Conservatori Italiani che non vedono nello sviluppo del virtuosismo estremo e nell'interpretazione stilistica gli obiettivi predominanti della lezione, ma si concentrano sul potenziamento olistico e integrato di diverse qualità come la sensibilità all'ascolto, la sintonizzazione con le altre unità musicali gruppo e lo sviluppo di capacità non specificatamente musicali.

La presenza di deficit fonologici e senso-motori nei bambini con dislessia suggerisce la possibile efficacia di un training, supportato dalla musica, nella riduzione dei problemi di lettura e nello sviluppo della capacità di elaborazione uditiva.

Una questione controversa, che richiede ulteriore attenzione sperimentale, è legata alla possibilità di trasferimento degli effetti del training sonoro dall'acquisizione evidente di abilità musicali all'area del linguaggio, con un miglioramento, conseguente ma non scontato, delle capacità di lettura. Secondo alcuni studiosi questo trasferimento sarebbe possibile perché una maggiore sensibilità nell'elaborazione dei parametri acustici avrebbe conseguenze nei livelli alti dell'elaborazione del linguaggio parlato che coinvolgono la dimensione fonologica e quella dell'intonazione musicale.

Metodi musicali

All'interno di questa indagine, soprattutto in virtù delle analogie sottolineate tra lo sviluppo del linguaggio musicale e di quello parlato, merita un'attenzione particolare il *Metodo Gordon*, un sistema di apprendimento musicale che vede come nucleo fondamentale lo sviluppo parallelo e integrato del linguaggio musicale e del linguaggio parlato (**Gordon, 2003**). Questo metodo, che si sviluppa a partire dalle prime ricerche di Gordon intorno al tema dell'attitudine musicale, esprime con il concetto di *audiation* la capacità di sentire e comprendere internamente i suoni non fisicamente presenti. Si tratta di una capacità che secondo questa didattica è innata e, la metodologia della Music Learning Theory che si sviluppa in questo terreno, evidenzia la possibilità di sviluppare un dialogo sonoro e libero a partire dall'infanzia. L'obiettivo non è quindi l'insegnamento della musica bensì lo sviluppo nei bambini molto piccoli di un vocabolario di suoni ascoltati, definito da Gordon *vocabolario musicale passivo,* che influenzerà i processi successivi di apprendimento del linguaggio.

Il *Metodo Yamaha* è un altro sistema di insegnamento della musica che privilegia soprattutto lo sviluppo dell'orecchio musicale e la capacità di ascolto. L'obiettivo principale di questo metodo è l'acquisizione della capacità di esprimere sentimenti ed emozioni attraverso la musica.

Il progetto di questa educazione musicale consiste in una serie di corsi strutturati per una larga fascia di allievi, che include i bambini, i giovani e gli adulti e interessa sia chi si avvicina per la prima volta alla musica, sia chi desidera invece perfezionarsi. Questa piramide ha, come base, il corso di musica per i bambini in età prescolare. E' proprio in quest'età che i bambini imparano a sviluppare la creatività in modo naturale. Per sviluppare le capacità creative di ogni individuo, è importante aiutarlo ad acquisire l'abilità di esprimersi in libertà all'interno delle relazioni sociali.

Il *Metodo Kodaly* è stato proposto negli anni '60 nell'ambito della scuola dell'infanzia e consiste in una teoria per l'insegnamento della musica che si pone l'obiettivo di sviluppare le capacità ritmiche dei bambini attraverso il canto, la marcia e altri movimenti corporei. I brani utilizzati sono semplici melodie che appartengono alla tradizione popolare ungherese e hanno la caratteristica di basarsi sulla scala pentatonica: una scala anemitonica, che esclude cioè i semitoni e le alterazioni. Ognuna delle cinque note che appartengono alla scala può essere considerata finale e tonica della melodia, proponendo percorsi musicali prevedibili per un pubblico di bambini. Le melodie pentafoniche non hanno la tendenza a risolversi verso la tonica o verso la dominante e hanno la caratteristica di contenere al loro interno contemporaneamente i due modelli tonali maggiori e minori; per questo motivo la scala pentatonica è stata usata con predilezione nelle composizioni più "pittoriche" di Claude Debussy. E' un metodo molto utilizzato per lo sviluppo dell'intonazione nei bambini: il procedere per toni congiunti, per salti disgiunti unicamente di terza, quarta o quinta e favoriscono lo sviluppo della percezione uditiva fine.

Nel 1975 Hurwitz e collaboratori hanno indagato l'efficacia di un allenamento musicale basato sul metodo Kodaly nello sviluppo di capacità temporali, spaziali e di lettura. Sono state messe a confronto le performance in esercizi di competenza ritmica e spaziale di due gruppi di 10 bambini della prima classe della scuola primaria. I risultati hanno mostrato che il gruppo sperimentale, sottoposto ad un training musicale Kodaly della durata di 7 mesi (40 minuti al giorno), ha ottenuto punteggi significativamente migliori in tutte le tipologie di test, rispetto a quelli del gruppo di controllo che non aveva subito nessun tipo di trattamento. Il gruppo sperimentale è stato poi messo a confronto con un gruppo di controllo di 20 bambini della prima classe della scuola primaria in un test di lettura: in accordo con i risultati precedenti, la performance del gruppo sperimentale è risultata significativamente migliore. E' stato quindi identificato, nello sviluppo longitudinale dello studio, un fattore di "facilitazione" riguardo all'apprendimento della lettura in relazione al proseguimento del training musicale.

Gli studi di Hurwitz evidenziano come la duttilità del metodo Kodaly possa essere indirizzata verso la progettazione di un supporto musicale per il miglioramento delle capacità di lettura.

Il *Metodo Bianchi* è un altro esempio di un sistema di insegnamento della musica che si propone come obiettivo quello di valorizzare il corpo, di sviluppare la multi-sensorialità e di stimolare la creatività. Giordano Bianchi è un musicista e musicoterapeuta ed è ritenuto il fondatore di un nuovo sistema di pedagogia musicale che ha come primo obiettivo, in linea con il metodo Yamaha, lo sviluppo della creatività.

Il metodo spiegato nel dettaglio nel suo testo ”*Il metodo Bianchi: apprendere la musica dai 3 ai 7 anni” (***2010***)* edito da Franco Angeli, è studiato e gradualmente bilanciato per un target di bambini dall'asilo nido ai primi anni della scuola primaria.

Il potenziamento della creatività si intreccia con altri obiettivi secondari: il coordinamento e il controllo motorio del corpo, l'educazione alle polifonie e alle poliritmie, il potenziamento dell'elaborazione temporale, l'avvio alla pre-lettura e alla pre-scrittura delle cellule ritmiche e lo sviluppo dell'intonazione attraverso la scala pentatonica.

Le potenzialità del metodo dal punto di vista dello sviluppo cognitivo globale sono raccontate nel suo testo "*Crescere con la musica. Esperienze cognitive terapeutiche vissute nella scuola attraverso il linguaggio dei suoni, il movimento, il simbolo e il sonema” (***1993***).*

La costruzione delle sequenze sonore elaborate da Bianchi è arricchita da un setting ludico-narrativo e risulta centrale nello sviluppo della dimensione senso-percettiva e corporeo-cinestesica (**Bottero & Carbone, 2003**). E' quindi un metodo, secondo questi autori, che permette di sviluppare, attraverso la musica, le competenze fondamentali per l'apprendimento e per lo svolgimento di tutte le attività scolastiche. Queste abilità sono fondamentalmente competenze di tipo corporeo e percettivo pre-categoriale e sono all'origine della possibilità di apprendimento della lettura, della scrittura, dell'espressione linguistica e della matematica. Si sottolinea quindi la funzione pedagogica della musica che deve essere inserita in un programma multidisciplinare. Il pensiero dell'autore si struttura a partire dall'importanza data all'educazione all'ascolto: l'individuazione delle cellule verbo-ritmiche nella parola e nella frase e la loro esecuzione in forma polifonica e poliritmica sono uno dei tratti distintivi del suo insegnamento.

La dimensione ludica in cui viene applicato il metodo Bianchi ha come obiettivo il consolidamento di due sistemi simbolici nel bambino: quello *musicale*, attraverso l'acquisizione e la comprensione delle sue componenti come il ritmo e la melodia e quello *linguistico*, legato alla prosodia e all'onomatopea. L'esperienza del ritmo musicale è, secondo Bianchi un'esperienza corporea pre-linguistica. Inizialmente il ritmo viene percepito attraverso il corpo e

attraverso il movimento, solo in un secondo momento viene esperito attraverso la parola e attraverso la voce. La stimolazione onomatopeica è alla base dell'acquisizione dell'operazione di astrazione simbolica tipica della costruzione del linguaggio. La dimensione del movimento corporeo e quella della rappresentazione grafica dei segni viene introdotta solo successivamente.

Il riconoscimento degli opposti e dei contrasti, che viene esperito dal bambino all'interno di una cornice espressiva, è il meccanismo basilare per apprendere le strutture musicali elementari, le competenze motorie e le strutture verbali. Uno dei primi giochi è ad esempio l'esperienza corporea e percettiva dell'assenza o della presenza di suono, quindi della percezione del silenzio in relazione alla percezione del suono.

Il trattamento della dislessia: studi e training specifici

I metodi raccontati sono esempi di come l'esperienza musicale possa rappresentare uno strumento valido non solo per l'acquisizione di competenze musicali ma anche per il potenziamento di abilità cognitive fondamentali per lo studio e l'apprendimento. In letteratura sono presenti alcuni progetti a contenuto musicale elaborati specificatamente per bambini dislessici.

Temple e collaboratori (**1993**) hanno somministrato a bambini con dislessia un training di elaborazione acustica rapida (Fast ForWord) che comprendeva l'ascolto di veloci sequenze uditive di linguaggio parlato modificato in modo che i segmenti spettro-temporali avessero maggior durata e ampiezza. L'analisi dei dati post-trattamento dimostrano un significativo miglioramento sia nelle capacità linguistiche che in quelle di lettura. Le rilevazioni ottenute tramite risonanza magnetica funzionale hanno dimostrato un aumento dell'attività metabolica cerebrale nelle regioni temporo-parietali dell'emisfero sinistro, aree deputate al linguaggio, che in misurazioni pre-trattamento risultavano meno attive rispetto ai soggetti normo-lettori del gruppo di controllo.

Il primo studio che indaga la ricaduta di un training musicale sulle abilità fonologiche e quelle di letto-scrittura dei bambini con dislessia evolutiva è stato condotto da Douglas & Willatts nel 1994. Gli autori hanno sottoposto ad un allenamento per il potenziamento delle capacità ritmiche sei bambini tra gli 8 e i 10 anni risultati scarsi in test di abilità di lettura. Il gruppo sperimentale in seguito all'allenamento sonoro ha ottenuto un miglioramento significativo delle abilità fonologiche, rispetto al gruppo di controllo a cui non era stato proposto il training.

In un recente studio pubblicato da Degè e Schwarzer (**2011**) sono stati confrontati gli effetti di un training musicale della durata di 20 settimane con quelli di un allenamento specifico sulla

consapevolezza fonologica in bambini di 5 e 6 anni. I soggetti, che venivano assegnati in modalità randomizzata ad uno dei due gruppi sperimentali, hanno mostrato un miglioramento significativo nella consapevolezza fonologica ed in particolare del riconoscimento delle unità fonologiche ampie in entrambe le situazioni sperimentali; questi dati dimostrano che un training musicale può avere la stessa efficacia di un trattamento specifico non musicale nel potenziamento della consapevolezza fonologica.

Un recente studio longitudinale, ancora in corso, compiuto daBesson e collaboratori (**2011**) presso l'*Institut de Neurosciences Cognitives de la Mèditeranèe di Marsiglia*, sta indagando se un training musicale, supportato da un intervento riabilitativo mirato, possa aiutare i bambini affetti da dislessia evolutiva a compensare le difficoltà linguistiche. L'ipotesi di partenza del progetto, che accomuna le ricerche in questo ambito, è che la sensibilizzazione ai parametri acustici di base (altezza e ritmo) e la conoscenza musicale possano facilitare la costruzione di rappresentazioni fonologiche di alto livello (categorie fonemiche), deficitarie in questa patologia.

Patel (2011) ha proposto, sulla base della teoria della plasticità cerebrale, il modello OPERA: gli effetti benefici dell'allenamento musicale sulla codifica del linguaggio verbale sono legati ad una plasticità adattativa delle reti di elaborazione del linguaggio parlato. Le condizioni in cui si presenta la plasticità sono 5 e precisamente:

- Overlap: ci deve essere una sovrapposizione anatomica dei circuiti cerebrali del linguaggio e della musica
- Precision: l'elaborazione della musica è più precisa rispetto al parlato
- Emotion: le attività musicali devono suscitare emozioni positive
- Repetition: le attività musicali devono essere ripetute
- Attention: le attività musicali richiedono attenzione focalizzata

Queste condizioni, che non si verificano in una semplice lezione di musica, sono secondo Patel, i mattoni per poter strutturare un training specifico che possa sviluppare la plasticità neuronale e l'elaborazione accurata dell'informazione linguistica.

Habib & Besson (**2008**), nel loro studio precedentemente citato, sottolineano come in molti casi l'indagine in questa area di ricerca ha trascurato l'importanza di fattori come la *motivazione* e la stimolazione cognitiva.

A dimostrazione dell'importanza del fattore motivazionale, viene spesso citato il laborioso studio di Chan e collaboratori (**1998**) che hanno monitorato 60 ragazze dell'università di Hong Kong, 30 delle quali avevano ricevuto lezioni di musica prima dei 12 anni. Ad un compito di rinominazione di parole legate a 4 categorie semantiche diverse, la performance del gruppo delle ragazze musiciste era migliore del 16% rispetto alle ragazze che non avevano competenze

musicali. Questa differenza nella performance secondo Chan non è solo correlata alla conoscenza della musica ma ad un numero elevato di fattori interconnessi tra cui la motivazione, la stimolazione cognitiva e la provenienza culturale.

Anche Foregard e colleghi (**2008**) sottolineano il carattere motivazionale di un training musicale rispetto ai trattamenti specifici. La componente del coinvolgimento è una leva efficace per facilitare l'esito positivo delle terapie.

Tallal e Gaab (**2006**) hanno costruito un modello che spiega come un training musicale possa avere una influenza su compiti che richiedono un'elaborazione linguistica o uditiva come la lettura. Viene individuata una triplice relazione causale tra l'abilità musicale e la capacità di elaborazione di parametri sonori (melodia, ritmo, timbro), la capacità elaborazione uditiva generale (ad es. la memoria tonale) e la dimestichezza linguistica e di lettura (consapevolezza fonologica, fluenza verbale, percezione della prosodia). Le capacità di elaborazione musicale, generale e linguistiche sarebbero, secondo il modello, correlate vicendevolmente. La direzionalità causale e la triplice correlazione sono aspetti discussi da studi in corso.

E' l'allenamento musicale a causare il miglioramento di elaborazione uditiva o viceversa le differenze dell'attivazione cerebrale determinano la predisposizione musicale (**Besson et al., 2011**)*?*

Gli studi più corposi nell'ambito della relazione musica-dislessia sono quelli di Katie Overy, una ricercatrice, specializzata in psicologia della musica, che ha concentrato la sua attività di ricerca in questo settore.

Nel 2003 Overy perfeziona un modello che definisce la relazione potenziale tra un training musicale e lo sviluppo di capacità di lettura, riassumendo sostanzialmente tutti gli studi precedentemente condotti sull'argomento. L'allenamento musicale porta ad un miglioramento dell'elaborazione temporale e ritmica che ha un ruolo centrale nello sviluppo delle abilità linguistiche di segmentazione e di consapevolezza fonologica; queste ultime sono direttamente correlate alla capacità di spelling e di lettura. Lo studio portato avanti da Overy nel 2003 e quello di Standley & Huges nel 1997 sembrano essere gli unici studi ad aver indagato a livello comportamentale l'effetto di un training musicale appositamente costruito per soggetti con difficoltà specifiche nel linguaggio. Con una sessione di giochi musicali sviluppati ad hoc e focalizzati sulla componente ritmica, Overy (**2003**) ha coinvolto bambini con dislessia, per un periodo di 15 settimane, in attività musicali di progressiva difficoltà. I risultati hanno dimostrato un miglioramento significativo nei domini legati all'elaborazione fonologica e allo spelling ma non nelle abilità di lettura che, secondo l'autrice richiedono maggior tempo per essere apprese.

Il progetto: training specifico a base ritmica

Sulla base dei numerosi studi presenti in letteratura la Dott.ssa Alice Cancer, presso lo SPAEE dell'Università Cattolica del Sacro Cuore di Milano, ha progettato un training riabilitativo rivolto a bambini con difficoltà specifica di lettura che comprende, oltre ad esercizi mirati per lo sviluppo delle capacità di elaborazione ritmica e fonologica, un supporto sonoro di accompagnamento alla lettura. La specificità e la complessità del training sono legate alla scarsa efficacia, rilevata dai precedenti studi, di semplici lezioni di musica nel miglioramento della fluidità di lettura (**Overy, 2003**).

Il training è strutturato per rivolgersi a bambini che incontrano problemi di lettura a partire dalla scuola primaria ma può essere applicato, calibrando la difficoltà anche a lettori non fluenti fino alla scuola secondaria di primo grado. L'obiettivo nucleare è il rafforzamento dell'associazione grafema-fonema in lettori non fluenti attraverso il potenziamento delle capacità di elaborazione fonologica su base ritmica.

Le basi teoriche che hanno permesso di strutturare il training sono:

- le evidenze neurobiologiche sull'analogia dell'dell'informazione musicale e di quella linguistica
- il trattamento Sublessicale elaborato da Tressoldi e colleghi (**2003**)
- i principi elaborati da Stella (**2003**) per la riduzione del deficit linguistico e la sensibilizzazione alla discriminazione uditiva
- il concetto di *flow experience* teorizzato da Csikszentmihalyi (**Nakamura & Csikszentmihalyi, 2002**)
- gli studi che indagano la relazione tra utilizzo di un mezzo informatico e incremento della motivazione.

La musica viene scelta come nucleo centrale del trattamento non solo per le sue potenzialità specifiche ma anche per il forte fattore motivazionale che la caratterizza. La motivazione è un elemento fondamentale che permette il raggiungimento di obbiettivi riabilitativi che con compiti tradizionali non riuscirebbero ad essere raggiunti. E' una proposta, come anticipato, che si basa sul concetto di *flow experience* (esperienza ottimale) nell'accezione proposta dello studioso russo Csikszentmihalyi (**Nakamura & Csikszentmihalyi, 2002**). Gli esercizi di lettura del training richiedono ai bambini dislessici un alto grado di attenzione e di concentrazione che possono rendere il lavoro ostile e demotivante. L'esperienza flow è un momento dove il soggetto è in grado di operare al massimo delle sue capacità; è uno stato caratterizzato da un equilibrio dinamico delicato tra la percezione delle difficoltà del compito da svolgere (challenges) e le abilità percepite dal soggetto (skills). Il flow è inoltre una condizione caratterizzata da una

motivazione intrinseca, dalla presenza di obiettivi prossimali, da un elevato livello di concentrazione, da una sensazione di alterazione temporale e da uno stato di piacevolezza integrato all'attività.

Sulla base di questa teoria la difficoltà del compito è stata calibrata in relazione alle abilità del soggetto per permettere il raggiungimento di uno stato di flow. In caso di sbilanciamento, il divario percepito tra estrema difficoltà del compito e capacità causerebbe al soggetto uno stato d'ansia, la relazione inversa produrrebbe noia: reazioni emozionali entrambe disfunzionali al raggiungimento dell'obiettivo. Un elemento chiave è la dimensione attentiva che accompagna costantemente il raggiungimento del risultato e il mantenimento della condizione di flow. In questo progetto il mantenimento dell'attenzione è stimolato dalla componente sonora che favorisce l'orientamento dell'attenzione sul compito, garantendo la costanza nella concentrazione e della componente motivazionale intrinseca.

Il training, sulla base del Trattamento Sublessicale elaborato da Tressoldi e colleghi (**Tressoldi et al., 2003**), si compone di una serie di esercizi, da svolgere al computer, che mirano all'automatizzazione dell'identificazione delle unità sub-lessicali più consistenti nella lingua italiana. La scelta di un metodo sub-lessicale è legata a due motivazioni principali: in primo luogo la lingua italiana è una lingua trasparente che presenta un alto livello di costanza delle corrispondenze, in seconda istanza l'efficacia di un metodo sub-lessicale è stata dimostrata sia nel miglioramento della velocità che in quello della correttezza della lettura (**Tressoldi et al., 2003**). E' stata usata la prova di abilità di lettura sub-lessicale compresa all'interno del Trattamento sub-lessicale (**Cazzaniga et al., 2005**) che consiste nella misurazione del tempo di lettura e nella valutazione della qualità degli errori commessi nella lettura di un insieme di sillabe di due o tre lettere. Gli esercizi selezionati sono quelli che meglio si adattavano ad un accompagnamento ritmico.

Il layout essenziale permette la riduzione di elementi e la dimensione del carattere è definita in relazione alla difficoltà del compito. La scelta della traduzione in una versione informatizzata, attraverso l'utilizzo del software *Keynote,* presenta alcuni vantaggi:

- Garantisce una maggiore motivazione al compito rispetto ai metodi tradizionali carta-matita, facilitando l'apprendimento (**Bruner, 1996**)
- Permette una presentazione multimodale dello stimolo (visiva e uditiva) che è garanzia di un'integrazione cross-modale delle informazioni
- Consente di registrare i tempi di lettura e gli errori commessi molto velocemente.

Ogni compito è supportato da una stimolazione ritmico-musicale correlato alla disposizione degli accenti tonici delle parole coinvolte nel compito. La stimolazione ritmica dipende quindi

dal numero delle sillabe, dalla posizione dell'accento tonico e dalla distanza tra le sillabe. L'ipotesi è che associare un compito di elaborazione ritmica con un compito di lettura e far coincidere le caratteristiche ritmiche della musica con quelle fonologiche della prosodia comporta il trasferimento degli effetti del training musicale sui compiti lettura. All'ascolto di ogni ritmo corrisponde una velocità di lettura specifica: un ritmo di 80 bpm accompagna la lettura di circa 1,3 sillabe al secondo. La velocità del ritmo di accompagnamento viene accelerata in maniera graduale per evitare la percezione di sforzo: l'attenzione durante il compito di lettura ritmata risulta essere focalizzata sul compito primario di sincronizzazione ritmica, rispetto ad un compito secondario implicito che è quello della lettura e dell'aumento di velocità.

L'ipotesi è che la sottolineatura degli accenti presenti nella produzione verbale abbia una duplice funzione di regolarizzare temporalmente il flusso dell'eloquio e di accompagnare le unità linguistiche con una traccia sonora, generando una rappresentazione multimodale utile ai fini dell'apprendimento (**Antonietti, 2006**). La ridondanza garantita dalla presentazione contemporanea di due compiti (ritmico e di lettura), insieme alla presentazione cross-modale dello stimolo (uditivo e visivo), hanno l'obiettivo di favorire l'elaborazione del linguaggio verbale.

Il trattamento offre la possibilità di graduare la difficoltà dei compiti sia dal punto di vista della complessità dei pattern ritmici sia della loro velocità ed è opportuno dosare la presentazione degli stimoli verbali che vanno presentati in un crescendo di difficoltà da bisillabiche piane ad alta frequenza, a parole polisillabiche rare.

Un aspetto caratteristico del training è il feedback positivo fornito al soggetto dopo ogni compito: uno stimolo visivo scritto (la scritta "bravo") ed uno visivo-motorio (omino stilizzato che muove le braccia) accompagnati da un commento sonoro (un applauso).

Il progetto: gli esercizi

Il programma riabilitativo comprende la somministrazione di una serie ordinata di esercizi successivi per complessità. Una spiegazione orale da parte dell'operatore precede ogni prova e, nelle prove di lettura accompagnata dall'elemento sonoro, lo stimolo audio viene fatto ascoltare una volta prima della prova e si chiede al soggetto di seguirne il ritmo con le mani al fine di sincronizzarsi con la velocità proposta.

Gli esercizi sono stati raggruppati in 5 sezioni ognuna relativa all'area di apprendimento specifica a cui si rivolgono.

1. *Automazione dei riconoscimento di sillabe e di parti di parola*

La prima sessione di esercizi consiste in compiti di lettura accompagnata da un ritmo che cresce progressivamente in velocità e ha come obiettivo l'allenamento dei riconoscimento dei gruppi ortografici più frequenti della lingua italiana.

Alla prima sessione appartengo 3 tipologie diverse di esercizi:

- 1.1 *Lettura di sillabe ordinate per vocale accompagnata da illuminazione sincronizzata e ritmo binario* (forte-debole). Il soggetto è invitato a leggere ad alta voce l'elenco bisillabico seguendo il ritmo.
- 1.2 *Lettura di sillabe frequenti di crescente complessità accompagnata da ritmo, senza illuminazione*. Il bambino deve leggere una serie di gruppi ortografici frequenti adeguando la velocità di lettura al ritmo proposto dal computer. A differenza del compito precedente non è presente la facilitazione prodotta dal segnale luminoso visivo.
- 1.3 *Individuazione di una sillaba target all'interno di un elenco.* Questo terzo compito è un esercizio di ricerca visiva in cui il soggetto ha il compito di cercare uno stimolo target assegnato impegnandosi parallelamente in un compito esplicito di attenzione selettiva visiva e in un secondo compito implicito di lettura a ritmo.

2. <u>*Fusione di sillabe*</u>

Questo gruppo di esercizi si focalizza sul passaggio dalla lettura alfabetica a quella lessicale, ossia al momento della fusione degli elementi sub-lessicali che costituiscono le parole.

- *2.1 Fusione di sillabe facile*. Un esempio di esercizio di fusione sillabica semplice è legato alla comparsa successiva al centro dello schermo di sillabe che compongono una parola accompagnate da battiti di strumento il cui timbro ricorda la percussione. Dopo le sillabe viene presentata la parola non suddivisa accompagnata da un arpeggio che assomiglia al timbro di un'arpa. La continuità tra la percussione ritmica e l'arpeggio creano un flusso melodico che aiuta l'idea della fusione. Il compito richiede di leggere le sillabe e la parola che appare sullo schermo seguendo una velocità che cresce in maniera progressiva e dipende dalla velocità iniziale del bambino.
- 2.2 *Fusione di sillabe difficile*. Rispetto all'esercizio precedente contiene un compito di orientamento dell'attenzione spaziale: le sillabe appaiono in aree diverse dello schermo e non al centro, richiedendo maggior attenzione e l'implementazione di strategie di organizzazione visiva.
- 2.3 *Lettura di parole bisillabe accompagnate da ritmo a velocità crescente con un accento forte seguito da uno debole.*
- 2.4 *Individuazione di una sillaba target all'interno di un elenco di parole.*

Il compito consiste nel battere le mani quando si incontra una sillaba o un gruppo di parole che appartengono ad uno stimolo target predefinito durante un compito di lettura di parole accompagnata da ritmo.

3. *Gruppi ortografici e consonantici difficili*

Questo gruppo di esercizi rivolge l'attenzione ai gruppi ortografici difficili che non hanno corrispondenza nella forma sonora (come ad esempio il gruppo "gli") attraverso compiti simili a quelli descritti precedentemente.

- 3.1 *Lettura rapida di gruppi ortografici difficili*. Vengono presentate in rapida successione e accompagnate da uno strumento percussivo parole che contengono, sottolineato in rosso, il gruppo ortografico difficile posto in posizioni diverse della parola.
- 3.2 *Lettura di parole con gruppi difficili accompagnata da illuminazione e ritmo che devono essere declamante quando cambiano di colore.*
- 3.4 *Lettura di parole con gruppi difficili accompagnata da ritmo e non da illuminazione eliminando in fattore facilitante dato dalla salienza visiva.*
- 3.5 *Individuazione del gruppo ortografico all'interno di un elenco di parole.*

4. *Manipolazione delle sillabe*

Questo gruppo di esercizi si propone di lavorare sulla discriminazione fonologica.

Viene richiesto ai soggetti di riconoscere timbri di suoni che hanno un ruolo di prime per lo svolgimento degli esercizi di manipolazione delle unità sub lessicali che formano la parola target.

- 4.1 *Individuazione della parola target corrispondente ad un timbro.* Il bambino, dopo aver ascoltato il verso di un animale, deve individuare, all'interno di una slide dove sono presenti diverse sillabe, quelle che compongono la parola dell'animale di cui ha ascoltato il verso.
- 4.2 *Individuazione della parola target a partire dal timbro corrispondente*. L'esercizio è simile a quello precedente ma l'associazione è legata agli strumenti musicali e non agli animali

5. *Lettura globale della parola*

Questo ultimo gruppo di esercizi ha come obiettivo quello di sviluppare la lettura lessicale, cioè la lettura globale di parole.

- 5.1 *Individuazione di parole appartenenti alla stessa categoria*. È un compito di lettura di parole accompagnata da ritmo e di discriminazione, grazie al battito di mani, delle parole che appartengono ad una categoria prescelta.

- 5.2 *Lettura di parole associate ad un suono*. Viene presentato un *prime* sonoro associato ad un oggetto. Successivamente la presentazione in forma tachistoscopica di stimoli prevede che il bambino discrimini tra le parole presentate declamando solo la parola associata al prime.
- 5.3 *Individuazione di parole nascoste all'interno di stringhe di non parole a difficoltà crescente.*
- 5.4 *Lettura di filastrocche accompagnata da ritmo di 4/4.* La struttura ritmica delle filastrocche coincide con la traccia musicale. La traccia musicale viene presentata prima dell'esercizio e il compito successivamente richiesto è quello di leggere la filastrocca a ritmo, con un aumento graduale della velocità.

Conclusioni

La prima sessione di sperimentazione del training sopra descritto è stata effettuata dalla Dott.ssa Cancer su un campione di sei bambini di cui uno dislessico e cinque normo-dotati.
L'applicazione pilota ha fatto emergere alcuni punti di debolezza del trattamento. Si è riscontrato, con una certa evidenza, che i compiti di lettura non risultano adeguati per la loro difficoltà ai bambini di sei anni. E' sembrato quindi opportuno modificare la fascia d'età e rivolgere il trattamento a soggetti a partire dalla seconda classe della scuola primaria che abbiano acquisito una maggior dimestichezza con il codice alfabetico. La difficoltà nello svolgimento di quasi tutti gli esercizi è stata riscontrata dalla totalità del campione indipendentemente dall'età con una conseguente ricaduta sulla motivazione.
Sono emersi anche problemi di perdita dell'attenzione correlati all'osticità del compito. Il problema della perdita di motivazione e di attenzione causata dalla difficoltà percepita porta alla necessità di introdurre esercizi mirati che possano riequilibrare la relazione challenges/skills. Si è quindi pensato di introdurre esercizi specifici per consolidare le capacità fonologiche e ritmiche del bambino. L'idea sulla quale si sta lavorando oggi è quella dell'alternanza e della variazione del compito piuttosto che quella dell'integrazione utilizzata precedentemente. La modifica effettuata porta ad alternare esercizi di lettura (altamente richiestivi in termini di attenzione) ad

esercizi di allenamento musicale (ritmico, timbrico o di discriminazione delle altezze). L'ipotesi è che l'alternanza possa favorire un livello costante di attenzione e di motivazione: la variazione del compito favorisce la concentrazione, gli esercizi musicali supportano l'interesse.

In collaborazione con la Dott.ssa Cancer si stanno costruendo alcuni esercizi musicali da inserire nella seconda versione del training.

Il *Sound memory* è un gioco interattivo che richiede al bambino, imitando le regole del gioco classico del Memory, di accoppiare elementi musicali uguali. Il gioco prevede uno sfidante: un avatar virtuale programmato dal software. La schermata del computer propone una serie pari di *carte-note* coperte di uguale colore e dimensione disposte secondo coordinate spaziali non fisse. Dietro ad ogni carta è nascosto un gruppo di quattro note connotate ritmicamente o melodicamente a seconda della variante dell'esercizio scelta. Ogni carta è presente in doppia copia all'interno della stessa schermata. Il bambino, a turno, ha il compito di scoprire due carte per volta e deve individuare le *carte-note* che coincidono per contenuto ritmico o melodico. Questo esercizio ha come obiettivo quello di migliorare le capacità di elaborazione ritmica e uditiva, favorendo lo sviluppo della consapevolezza fonemica. La dimensione ludica e di sfida hanno uno scopo intrinseco connesso alla motivazione e alla piacevolezza del compito.
Si pensa di proporre all'interno del protocollo, prima la versione ritmica di quella melodica, con esercizi di difficoltà progressivamente crescente.

Il *Sound building* è un gioco di ricostruzione melodica e ritmica. Al bambino viene fatta ascoltare una melodia pentatonica semplice composta da battute con suddivisione binaria ed eseguita da un solo strumento (omogeneità timbrica). In un momento successivo si fanno riascoltare nuclei sparsi della melodia (ogni nucleo è costituito da una battuta) e si chiede al bambino di ricostruire la melodia precedentemente ascoltata. La difficoltà è progressiva: inizialmente si propone la ricostruzione di una sequenza ritmica percussiva, successivamente si lavora sulla melodia e sulla discriminazione delle altezze. Questo gioco ha l'obiettivo di sviluppare principalmente l'attenzione e la memoria uditiva a breve termine. La scelta delle melodie, variazioni semplificate di linee conosciute, punta sulla piacevolezza per prolungare e mantenere costante il coinvolgimento del bambino.

Il *Sound connection* è un esercizio di associazione tra una rappresentazione grafica del ritmo e la corrispettiva battuta musicale. Questo gioco è pensato sulla base degli studi di Goswami (**2002**) che sostiene che i bambini dislessici che studiano musica siano in grado di trasferire le strategie cognitive che gli permettono di imparare la notazione musicale alla lettura e all'elaborazione linguistica. Sulla schermata del computer appare una semplice melodia le cui battute vengono messe in evidenza mentre vengono eseguite dal software. Successivamente le

battute vengono ripresentate sparse in una schermata nuova. Il bambino ha il compito di ricostruire la melodia ascoltata precedentemente. Spostando il cursore su ogni nucleo (battuta) è possibile riascoltare la melodia corrispondente. Il bambino è supportato per ricostruire la piccola melodia iniziale sia dalla rappresentazione grafica che da quella uditiva. L'ipotesi è che il lavoro di integrazione cross-modale favorisca il consolidamento della mappatura grafema-fonema.

Sulla base degli studi di Thompson e Goswami (**2008**) che hanno approfondito la relazione tra abilità ritmico-motorie e capacità di letto-scrittura e sottolineato i deficit di sincronizzazione nella dislessia, si propone anche un lavoro che coinvolge il comportamento motorio. L'idea di *I-sound* presuppone il coinvolgimento del sistema cinesico per rafforzare i deficit comunicativi e di apprendimento. Viene presentata al bambino una semplice coreografia musicata basata su una associazione arto-timbro ed eseguita da un avatar. Ad esempio, se il braccio destro rappresenta il timbro di un flauto, il bambino, all'ascolto del flauto, sarà chiamato a seguire il ritmo della melodia eseguendo con il braccio destro il movimento proposto. Lo scopo è quello di sensibilizzare l'area motorio-linguistica di Broca e la capacità imitativa legata ai neuroni a specchio (**Iacoboni, 1999**).

Un'altra proposta è quella di un *ascolto guidato* preliminare al trattamento che non richiede un esercizio particolare ma che possa predisporre al raggiungimento di uno stato di flow iniziale.

A modifiche ultimate, la fase successiva sarà quella dell'applicazione del trattamento ad un campione rappresentativo di bambini dislessici in una fascia d'età compresa tra la fine della seconda classe della scuola primaria e la scuola secondaria di primo grado, al fine di testarne l'efficacia. Nel caso in cui i risultati della sperimentazione portassero ad un effettivo miglioramento delle performance dei soggetti si auspica la diffusione e l'applicazione di questo nuovo trattamento, in alternativa a quelli già consolidati, per supportare le difficoltà scolastiche e di apprendimento dei bambini con dislessia.

Bibliografia

Abrams, D. A., Bhatara, A., Ryali, S., Balaban, E., Levitin, D. J. & Menon, V. (2010). Decoding temporal structure in music and speech relies on shared brain resources but elicits different fine-scale spatial patterns. *Cerebral Cortex*, doi: 10.1093/cercor/ bhq198.

Allamandri, V., Brenbati, F., Donini, R., Iozzino, R., Riccardi Ripamonti, I., Vio, C., Mattiuzzo, T. & Tressoldi, P. (2007). Trattamento della dislessia evolutiva: un confronto multicentrico di efficacia ed efficienza. *Dislessia*, 4(2); 143-162.

Allorto, R. & D'Agostino Schnirlin, V. (1967). *La moderna didattica dell'educazione musicale in Europa. Problemi e metodi*. Milano, Ricordi.

Antonietti, A. (2006). Significati musicali. Come la mente pensa i suoni. *Quaderni di Psicologia Cognitiva*, Milano, I.S.U. Università Cattolica.

Anvari, S. H., Trainor, L. J., Woodside, J. & Levy, B. A. (2002). Relations among musical skills, phonological processing, and early reading ability in preschool children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 83; 111-130.

Bakker, D. J. & Vinke, J. (1985). Effects of Hemisphere-Specific stimulation on brain activity and reading in dyslexics. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 7(5); 505-525.

Bakker, D. J. (1990). *Neuropsychological treatment of dyslexia*, New York, Oxford University Press.

Balconi, M. (2007). *Neuropsicologia della comunicazione*, Milano, Springer-Verlag.

Besson, M., Chobert, J. & Marie, C. (2011). Transfer of training between music and speech: common processing, attention, and memory. *Frontiers in Psychology*, 2(94); 1-12.

Bianchi G., Bagozzi A. C., (1993). *Crescere con la musica. Esperienze cognitive terapeutiche vissute nella scuola attraverso il linguaggio dei suoni, il movimento, il simbolo e il sonema*. Milano, Franco Angeli.

Bianchi G., (2010).*Il metodo Bianchi: apprendere la musica dai 3 ai 7 anni,* Milano, Franco Angeli.

Bottero, E. & Carbone, I. (2003). *Musica e creatività: la didattica di Giordano Bianchi*, Milano, Franco Angeli.

Bregman, A. S. (1978). Auditory streaming is cumulative. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 4(3); 380-387.

Bruner, J., (1996). *The Culture of Education*, Harvard, Harvard University Press.

Butzlaff, R. (2000). Can Music Be Used to Teach Reading? *Journal of Aesthetic Education*, 34; 167-178.

Cavanaugh, C. L., Kim, A., Wanzek, J. & Vaughn, S. (2004). Kindergarten Reading Interventions for At-Risk Students: Twenty Years of Research. *Learning Disabilities: A Contemporary Journal*, 2(1); 9–21.

Cazzaniga, S., Re, A. M., Cornoldi, C., Poli, S. & Tressoldi, P. E. (2005). *Dislessia e trattamento sublessicale: attività di recupero su analisi sillabica, gruppi consonantici e composizione di parole*. Gardolo, Erickson.

Chobert, J., Marie, C., François, C., Schön, D., Besson, M. (2011). Enhanced passive and active processing of syllables in musician children. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 0(0); 1-14.

Coltheart, M., Curtis, B., Atkins, P. & Haller, M. (1993). Models of reading aloud: Dual- route and parallel-distributed-processing approaches. *Psychological Review*, 100(4); 589-608.

Cornoldi, C. (2007). *Difficoltà e disturbi dell'apprendimento*, Bologna, Il Mulino.

Corriveau, K., Pasquini, E. & Goswami, U., (2007). Basic Auditory Processing Skills and Specific Language Impairment: A New Look at an Old Hypothesis. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 50; 647-666.

Corriveau, K. H. & Goswami, U. (2009). Rhythmic motor entrainment in children with speech and language impairments: tapping to the beat. *Cortex*, 45(1); 119-130.

Degé, F. & Schwarzer, G. (2011). The effect of a music program on phonological awareness in preschoolers. *Frontiers in Psychology*, 2(124); 1-7.

Douglas, S. & Willatts, P. (1994). The relationship between musical ability and literacy skills. *Journal of Research in Reading*, 17(2); 99-107.

Facoetti, A., Zorzi, M., Cestnick, L., Lorusso, M., Molteni, M., Paganoni, P., Umiltà, C. & Mascetti, G. G. (2006). The relationship between visuo-spatial attention and nonword reading in developmental dyslexia. *Cognitive Neuropsychology*, 23(6); 841-855.

Facoetti, A., Trussardi, A., Ruffino, M., Lorusso, M. L., Cattaneo, C., Galli, R., Molteni, M. & Zorzi, M. (2010). Multisensory spatial attention deficits are predictive of phonological decoding skills in developmental dyslexia. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(5); 1011-1025.

Fitch, R. H. & Tallal, P. (2003). Neural Mechanisms of Language-Based Learning Impairments: Insights from Human Populations and Animal Models. *Behavioral and Cognitive Neuroscience*, 2(3); 155-178.

Forgeard, M., Schlaug, G., Norton, A., Rosam, C., Lyengar, U., Winner, E. (2008). The relation between music and phonological processing in normal-reading children and children with dyslexia. *Music Perception*, 25(4); 383-390.

Gaab, N. & Schlaug, G. (2003). The effect of musicianship on pitch memory in performance matched

groups. *NeuroReport*, 14(18); 2291-2295.

Ganschow, L., Lloyd-Jones, J. & Miles, T. R. (1994). Dyslexia and musical notation. *Annals of Dyslexia*, 44; 185-202.

Gaser, C. & Schlaug G. (2003). Brain Structures Differ between Musicians and Non- Musicians. *Journal of Neuroscience*, 23(27); 9240-9245.

Geiser, E., Ziegler, E., Jancke, L. & Meyer, M. (2009). Early electrophysiological correlates of meter and rhythm area and exploring common themes such as sexual selection, processing in music perception. *Cortex*, 45; 93-102.

Goswami, U., Thomson, J., Richardson, U., Stainthorp, R., Hughes, D., Rosen, S. & Scott, S. K. (2002). Amplitude envelope onsets and developmental dyslexia: A new hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99(16); 10911-10916.

Habib, M., Besson, M., (2008). What do music training and musical experience teach us about brain plasticity?, *Music Perception*, 26, 279-285.

Hepper, P. G. (1991). An examination of fetal learning before and after birth. *Irish Journal of Psychology*, 12(2); 95-107.

Hille, K., Gust, K., Bitz, U., & Kammer, T., (2011). Association between music, intelligence, andspelling ability in elementary school. *Advances in Cognitive Psychology*, 7, 1-6.

Hurwitz, I., Wolff, Pe. H., Bortnick, B. D., Kokas, K. (1975). Nonmusical effects of the Kodaly music curriculum in primary grade children. *Journal of Learning Disabilities*, 8(3); 167-174.

Huss, M., Verney, J. P. , Fosker, T. , Mead, N. & Goswami, U. (2010). Music, rhythm, rise time perception and developmental dyslexia: Perception of musical meter predicts reading and phonology. *Cortex*, doi:10.1016/j.cortex.2010.07.010.

Jaarsma, B. S., Ruijssenaars, A. J. J. M. & Van den Broeck, W. (1998). Dyslexia and learning musical notation: A pilot study. *Annals of Dyslexia*, 48; 137-154.

Joanisse, M. F. & Gati, J. S. (2003). Overlapping neural regions for processing rapid temporal cues in speech and nonspeech signals. *NeuroImage*, 19; 64-79.

Keenan, J. P., Thangaraj, V., Halpern A. R., Schlaug G., (2001). Absolute pitch and planum temporal, *Neuroimage* 14, 1402-1408.

Krumhansl, C. (2000). Rhythm and pitch in music cognition. *Psychol Bull*, 126(1); 159-179.

Magne, C., Schön, D. & Besson, M. (2006). Musician children detect pitch violations in both music and language better than nonmusician children: Behavioral and electrophysiological approaches. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18; 199-211.

Marshall, J. C. & Newcombe, F. (1973). Patterns of paralexia: A psycholinguistic approach. *Journal of Psycholinguistic Research*, 2(3); 175-199.

Meyer, M., Elmer, S., Ringli, M., Oechslin, M. S., Baumann, S. & Jancke, L. (2011). Long-term exposure to music enhances the sensitivity of the auditory system in children. *European Journal of Neuroscience*, doi: 10.1111/j.1460-9568.2011.07795.x.

Miles, T.R., Westcombe, J. (2001). *Music and Dyslexia: Opening New Doors*. London & USA, Whurr.

Morais, J. (1991). Phonological awareness: a bridge between language and literacy. In: Sawer, D. J.,& Fox, B. J. (1991). *Phonological awareness in reading: The evolution of current perspectives*. New York, Springer-Verlag.

Muneaux, M., Ziegler, J. C., Truc, C., Thomson, J. & Goswami, U. (2004). Deficits in beat perception and dyslexia: evidence from French. *NeuroReport*, 15(7); 1-5.

Musacchia, G., Sams, M., Skoe, E. & Kraus, N. (2007). Musicians have enhanced subcortical auditory

and audiovisual processing of speech and music. *PNAS*, 104(40); 15894-15898.

Muter, V., et al. (1997). *Phonological Abilities Test*. The Psychological Corporation, Uk.

Nakamura J., & Csikszentmihalyi, M. (2002). The Concept of Flow. In: Snyder, C. R. & Lopez, S. J. (2002). *Handbook of positive psychology*, New York, Oxford University Press.

Nicolson, R. I. & Fawcett, A. J. (1996). *The Dyslexia Early Screening Test*, London, The Psychological Corporation.

Overy, K. (2000). Dyslexia, temporal processing and music: the potential of music as an early learning aid for dyslexic children. *Psychology of Music*. 28; 218-229.

Overy, K., Nicolson, R. I., Fawcett, A. & Clarke, E. F. (2003). Dyslexia and Music: Measuring musical timing skills. *Dyslexia*, 9; 18-36.

Overy, K. (2003). Dyslexia and Music: From timing deficits to musical intervention. *Annals of the New York Academy Sciences*, 999; 497-505.

Overy, K., Norton, A. C., Cronin, K. T., Gaab, N., Alsop, D. C., Winner, E. & Schlaug, G. (2004). Imaging melody and rhythm processing in young children. *NeuroReport: For Rapid Communication of Neuroscience Research*, 15(11); 1723-1726.

Overy, K., Norton, A., Cronin, K., Winner, E. & Schlaug, G. (2005). Examining Rhythm and Melody Processing in Young Children Using fMRI. In: Avanzini, G., Lopez, L., Koelsch, S. & Manjno, M. (2005). The Neurosciences and Music II: From Perception to Performance. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1060; 210-218.

Overy, K., Turner, R. (2009). The rhythmic brain. *Cortex: A Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, 45(1); 1-3

Ouimet, T. & Balaban, E. (2010). Auditory Stream Biasing in Children with Reading Impairments Dyslexia, 16; 45-65. Sondrio, Centro culturale e sociale Don Minzoni.

Patel, A. D. (2011). Why would musical training benefit the neural encoding of speech? The OPERA hypothesis. *Frontiers in Psychology*, 2(142); 1-14.

Sacks, O. (2008). *Musicofilia*, Milano, Biblioteca Adelphi.

Samson, S., Ehrle, N. & Baulac, M. (2001). Cerebral substrates for musical temporal processes. In: Zatorre, R. J., Peretz, I. (2001). The biological foundations of music. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 930; 166-178.

Schlaug, G., Jancke, L., Huang, Y. X. & Steinmetz, H. (1995). In vivo evidence of structural brain asymmetry in musicians. *Science*, 267(5198); 699-70.

Schlaug, G., Norton, A., Overy, K. & Winner, E. (2005). Effects of Music Training on the Child's Brain and Cognitive Development, *Annals New York Academy of Sciences*, 1060; 219-230.

Schmithorst, V. J. & Holland S.K., (2004). The effect of musical training on the neural correlates of math processing: a functional magnetic resonance imaging study in humans. *Neuroscience Letters*, 354(3); 193-196.

Schon, D., Besson, M., (2001). Processing pitch and duration in music reading: RT-ERP study, *Neuropsychologia* 40, 868-878.

Sloboda, J. A.(1998). *La mente musicale*, Bologna, Il Mulino.

Snowling, M. J. (2000). *Dyslexia*, UK, Wiley-Blackwell.

Snowling, M. J., Bishop, D. V. M. & Stothard, S. E. (2000). Is preschool language impairment a risk factor for dyslexia in adolescence? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 41(5); 587-600.

Snowling, M. J., Gallagher, A. & Frith, U. (2003). Family risk of dyslexia is continuous: Individual

differences in the precursors of reading skill. *Child Development*, 74(2),358-373.

Stein, J. & Walsh, V. (1997). To see but not to read; the magnocellular theory of dyslexia. *Trends in Neurosciences*, 20(4); 147-152.

Stella, G. (2003) *La dislessia : aspetti cognitivi e psicologici, diagnosi precoce e riabilitazione*, Milano, Franco Angeli.

Strait, D., Kraus, N., (2011). Playing music for a smarter ear: cognitive, perceptual and neurobiologicalevidence. *Music Perception*, 29, 133-146.

Tallal, P., Miller, S. & Fitch, R. H. (1993). Neurobiological Basis of Speech: A Case for the Preeminence of Temporal Processing. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 682; 27-47.

Tallal, P. (2004). Improving language and literacy is a matter of time. *Nature Reviews Neuroscience*, 5; 721-728.

Tallal, P. & Gaab, N. (2006). Dynamic auditory processing, musical experience and language development. *Trends in Neurosciences*, 29(7); 382-290.

Temple, C. M. & Marshall, J. C. (1983). A case study of developmental phonological dyslexia. *British Journal of Psychology*, 74(4); 517-533.

Temple, E. E., Deutsch, G. K., Poldrack, R. A., Miller‖, S. L., Tallal, P., Merzenich, M. M. & Gabrieli, J. D. E. (2003). Neural deficits in children with dyslexia ameliorated by behavioral remediation: evidence from functional MRI. *PNAS*, 100(5); 2860-2865.

Thaut, M. H., Stephan, K. M., Wunderlich G., Schicks, W., Tellmann, L. & Herzog H. (2009) Distinct cortico-cerebellar activations in rhythmic auditory motor synchronization. *Cortex: A Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, 45(1); 44-53.

Thompson, W. F., Dalla Bella S., Keller, P.E., (2006). Music performance, *Advances in Cognitive Psychology*, 2, 99-102.

Thomson, J. M. & Goswami, U. (2008). Rhythmic processing in children with developmental dyslexia: Auditory and motor rhythms link to reading and spelling. *Journal of Physiology*, 102; 120-129.

Trehub, S. (2003). The developmental origins of musicality. *Nature Neuroscience*, 6(7); 669-673.

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); 67-78.

Tressoldi, P. E., Vio, C., Lorusso, M. L., Facoetti, A. & Iozzino, R. (2003). Confronto di efficacia ed efficienza tra trattamenti per il miglioramento della lettura in soggetti dislessici. Psicologia clinica dello sviluppo, 3; 481-494.

Tressoldi, P. E., Iozzino, R., Vio, C. (2007). Ulteriori evidenze sull'efficacia dell'automatizzazione del riconoscimento sublessicale per il trattamento della dislessia evolutiva. *Psicologia clinica dello sviluppo*, 1; 27-38.

Tressoldi, P. E., Lorusso, M. L., Brenbati, F. & Donini, R. (2008). Fluency Remediation in Dyslexic Children: Does Age Make a Difference? *Dyslexia*, 14; 142-152.

Weinberg, N. M., the music in our minds educational leadership 1998.

Westcombe, J. (2001). *How dyslexia can affect musicians*, London, Whurr.

Westcombe, J., Miles, T. R. & Ditchfield, D. (2008). *Music and Dyslexia: A Positive Approach*, Chichester, UK, John Wiley & Sons Ltd.

Wong, P. C., Skoe, E., Russo, N. M., Dees, T. & Kraus, N. (2007). Musical experience shapes human brainstem encoding of linguistic pitch patterns. *Nature Neuroscience*,10(4); 420-422.

Zatorre, R. J., (1998). Functional specialization of human auditory cortex for musical processing. *Brain*, 121; 1817-1818.

Zatorre, R. (2001). Neural specializations for tonal processing. In: Zatorre R.J. & Peretz I. (2001). The biological foundations of music. *Annals of the New York Academy Sciences*, 930; 193-21