

Dislessia e musica: dai meccanismi comuni ai trattamenti

Serena Germagnoli, Silvia Bonacina, Alice Cancer e Alessandro Antonietti

Sommario

Il lavoro ha lo scopo di presentare i principali contributi riguardanti il rapporto tra dislessia evolutiva e musica. In questi ultimi anni l'attenzione di diversi autori si è concentrata sullo studio della relazione che intercorre tra le abilità di lettura e quelle musicali, assumendo che esistano meccanismi comuni di analisi sottesi ai processi di lettura e all'elaborazione musicale. Le ricerche condotte evidenziano che la musica può facilitare l'acquisizione delle competenze implicate nella lettura, aprendo la strada alla realizzazione di nuovi percorsi riabilitativi per il trattamento della dislessia. Occorre sottolineare che il potenziamento delle abilità di analisi e di produzione di stimoli musicali può essere indirizzato a ridurre il livello di compromissione della lettura, mantenendo un elevato livello di coinvolgimento da parte di coloro che si sottopongono al trattamento.

Parole chiave

Dislessia evolutiva, lettura, riabilitazione, musica, ritmo.

DYSLEXIA AND MUSIC: FROM SHARED MECHANISMS TO TREATMENTS

Abstract

This paper aims to present the main contributions regarding the relationship between developmental dyslexia and music. In recent years, the attention of several authors has focused on the investigation of the relationship between reading and musical skills by assuming the existence of shared mechanisms underlying reading and musical processing. Studies conducted have highlighted that music can improve the acquisition of reading skills. This perspective has

paved the way towards new rehabilitative treatments. The enhancement of skills involved in both analysis and production of musical stimuli can reduce reading impairments while increasing the level of subjects' engagement in treatment.

Keywords

Developmental dyslexia, reading, rehabilitation, music, rhythm.

Introduzione

Il rapporto tra Dislessia Evolutiva (DE) e musica è un tema che sta riscuotendo crescente interesse tra i ricercatori e gli operatori. Da un lato, infatti, si è avvertita l'esigenza di comprendere come possano essere aiutati coloro che vengono avviati allo studio della musica, se affetti da DE, poiché l'apprendimento musicale richiede, come quello del linguaggio verbale, la decodifica di segni scritti e quindi le difficoltà nella lettura delle parole si riscontrano anche nella lettura del pentagramma (Ganschow, Lloyd-Jones e Miles, 1994; Jaarsma, Ruijsenaars e Van den Broek, 1998). Le difficoltà degli allievi con DE non sono tuttavia circoscritte alla sola lettura degli spartiti, ma interessano anche le capacità di ascolto della musica e di esecuzione (Oglethorpe, 2002), soprattutto di pianificazione delle azioni motorie da applicarsi agli strumenti (Miles e Westcombe, 2001). Da qui la recente attenzione a metodologie per l'educazione musicale che tengano conto delle specificità dell'allievo con DE (Montanari, 2013; 2014).

Dall'altro lato si è colto che la formazione musicale — o il coinvolgimento, anche solamente per un periodo di tempo limitato, in attività di tipo musicale — si associa a migliori capacità linguistiche e a progressi nell'acquisizione della lettura o delle specifiche capacità in essa coinvolte. Metodologie originariamente proposte con lo scopo di fare imparare la musica a bambini e ragazzi si sono così rivelate utili anche per gli interventi riabilitativi indirizzati alla DE e nuove tecniche e approcci su base musicale sono stati ideati a tal fine.

Entrambi i fronti (l'insegnamento della musica ad allievi con DE e il ricorso a tecniche musicali per incrementare le competenze di lettura), pur con finalità differenti (l'apprendimento musicale da un lato e quello della lettura dall'altro), presuppongono che vi siano dei collegamenti tra i processi coinvolti nella lettura e quelli implicati nel linguaggio musicale. L'assunto di base è che la musica e il linguaggio condividano le medesime basi neurologiche già a partire dai primi anni dello sviluppo, a seguito della particolare tipologia di interazione sonora (riguardante sia il parlato che il canto) che i genitori instaurano con i neonati (McMullen e Saffran, 2004; Koelsch e Siebel, 2005).

Lo scopo di questo contributo è fornire una sintetica presentazione delle ricerche che sono state svolte in riferimento ai collegamenti esistenti tra linguaggio e musica nella DE e delle proposte avanzate circa l'impiego di metodologie musicali per l'intervento nella DE, riferendo di alcune sperimentazioni che sono state condotte in proposito, illustrando infine alcune ipotesi avanzate per rendere conto dell'efficacia dei trattamenti a base musicale.

Meccanismi musicali nella DE

Abilità e disabilità musicali dei soggetti con DE

Nel 2003 Overy e collaboratori misero a punto una batteria di test attitudinali con lo scopo di valutare le competenze ritmico-musicali di bambini con diagnosi di DE, analizzando le abilità di discriminazione ritmica e di riconoscimento delle altezze dei suoni e della velocità di questi ultimi. L'applicazione dei test a un campione di 15 bambini di 7-11 anni a rischio di DE e 11 bambini normolettori di pari età evidenziò le difficoltà che i soggetti con DE incontrano durante l'esecuzione di compiti che richiedono una rapida elaborazione ritmica e l'utilizzo di abilità temporali, riportando punteggi significativamente peggiori, rispetto al gruppo di controllo, nei test finalizzati a misurare la percezione temporale e la produzione ritmica. L'autrice rilevò però anche un risultato inatteso: i bambini con DE ottennero una prestazione migliore, rispetto ai normolettori, nei compiti di discriminazione delle altezze dei suoni. Ciò porta alcuni autori a classificare coloro che hanno ricevuto una diagnosi di DE come soggetti «in tune but out of time» (intonati ma fuori tempo), in grado cioè di discriminare le altezze dei suoni e di riconoscere le variazioni tonali, ma non quelle ritmiche (Thompson e Goswami, 2008; Corriveau e Goswami, 2009).

Una valutazione complessiva del profilo di competenza musicale di soggetti con DE è stata fornita da una recente ricerca condotta in Italia (Flaugnacco et al., 2014). Un campione di 48 bambini con DE di circa 9 anni fu sottoposto a test standardizzati, prove uditive e attività volte a misurare le competenze fonologiche e musicali. Emerse che il compito temporale che più si correla con le abilità di lettura è la riproduzione di ritmi, compito che richiede competenze notoriamente deficitarie nei bambini con DE, quali l'attenzione uditiva e la memoria di lavoro, ma soprattutto la sincronizzazione temporale, che, come vedremo, risulta essere difficoltosa negli individui con DE. Un ulteriore risultato riguarda la misura della percezione del *rise-time*, ovvero la quantità di tempo che un suono impiega a raggiungere il massimo livello di ampiezza. La percezione del *rise-time* risultò essere deficitaria nei soggetti con DE, indicando una difficoltà nella discriminazione tra sillabe afone e atone (che influenzano la modulazione dell'ampiezza sonora all'interno di una frase e la sua segmentazione).

Uno studio sistematico fu condotto da Forgeard e collaboratori (2008), che esaminarono la relazione tra abilità musicali e abilità linguistiche sia in bambini con DE che in normolettori. Furono realizzati quattro studi al fine di indagare le seguenti ipotesi:

1. l'esistenza di una correlazione tra elaborazione fonologica e abilità di discriminazione musicale;
2. l'esistenza di una correlazione tra abilità di lettura e abilità musicale;
3. i deficit nell'elaborazione fonologica e nella lettura come predittori della presenza di deficit nell'elaborazione musicale;
4. i deficit nell'elaborazione fonologica e nella lettura come predittori della presenza di deficit musicali in misura maggiore nel caso dei bambini con DE rispetto ai normolettori (con specifiche abilità musicali o meno).

La prima ipotesi fu verificata tramite la somministrazione di un training musicale strumentale della durata di 31 mesi a 32 bambini normolettori della prima classe della scuola primaria. Le prestazioni del gruppo sperimentale a un test di consapevolezza fonemica e a uno di abilità di discriminazione musicale, prima e dopo il training, furono confrontate con quelle di un gruppo di controllo. I risultati mostrarono una correlazione tra abilità fonologica e discriminazione di altezze dei suoni e questa correlazione risultò più alta nei bambini che avevano ricevuto il training musicale rispetto al gruppo di controllo.

Nel secondo studio a 6 bambini normolettori della prima classe della scuola primaria fu somministrato un test di abilità di lettura prima e dopo un training musicale della durata di 86 settimane. I risultati al test, confrontati con quelli di un gruppo di 4 bambini che non aveva preso parte al training, mostrarono una stretta correlazione tra abilità musicali e capacità di lettura e questa relazione risultò essere particolarmente alta per il gruppo musicale.

Il terzo studio indagò la relazione tra le capacità uditive musicali e linguistiche in bambini con DE. I 31 bambini con DE di 10 anni sottoposti a un test di discriminazione musicale mostrarono deficit nella discriminazione sia ritmica che tonale. Inoltre la consapevolezza fonemica fu predetta dalle abilità di discriminazione musicale, che rappresentano un fattore predittivo dell'abilità di lettura.

Il quarto studio pose a confronto i risultati dei test di discriminazione musicale di 5 bambini con DE e di 10 normolettori. Dei bambini normolettori, 5 seguirono attività musicali, mentre i bambini con DE non ricevettero alcun training musicale. Le prestazioni dei bambini con DE risultarono significativamente deficitarie rispetto a quelle dei normolettori e dei bambini del gruppo musicale. Non si osservarono differenze significative tra i due gruppi di bambini normolettori.

I risultati dei quattro studi citati confermano l'esistenza di una correlazione tra discriminazione uditiva musicale e abilità linguistiche. Nei bambini normolettori l'abilità di discriminazione musicale fu un fattore predittivo sia delle abilità fonologiche che delle abilità di lettura, mentre l'abilità di discriminazione ritmica risultò essere correlata solamente all'abilità di lettura. Queste correlazioni risultarono più strette nel caso dei bambini che avevano preso parte a training musicali rispetto a quelli del gruppo di controllo, il che suggerisce come l'allenamento musicale possa aiutare a sviluppare le capacità legate al linguaggio.

Le tre indagini citate offrono un preliminare quadro generale del rapporto tra DE ed elaborazione musicale. Altri studi si sono focalizzati su specifici aspetti di questo rapporto, rivolgendo l'attenzione distintamente alle caratteristiche tonali (ossia dipendenti dall'altezza dei suoni) e a quelle temporali-ritmiche. Si tratta quindi ora di considerare nel dettaglio questi due ambiti.

Aspetti fonologici e toni musicali

Le vocali e le consonanti sono caratterizzate da una frequenza, che dà luogo a differenze nell'altezza dei corrispettivi suoni, la quale è soggettivamente percepita come «tono». Si è ipotizzato che la percezione del tono e quella dei fonemi potrebbero condividere i



medesimi processi di discriminazione delle frequenze, cosicché deficit nell'elaborazione dei toni si accompagnerebbero a deficit linguistici. Alcuni studi, infatti, hanno messo in evidenza la stretta relazione esistente tra l'abilità di discriminare le variazioni nelle frequenze dei suoni e la consapevolezza fonemica in bambini di 4-5 anni (Lamb e Gregory, 1993). Loui (Loui et al., 2011) trovò in bambini di 7-9 anni una correlazione tra consapevolezza lessicale fonologica e consapevolezza dei toni, indipendentemente dall'età dei soggetti, dal QI non verbale e dalla partecipazione a training musicali. Negli studi di Foxton (Foxton et al., 2003) sulle modalità di processamento dei toni come predittori delle abilità di lettura fu messa in luce una correlazione tra percezione dei toni e prestazione nella lettura.

Partendo da queste evidenze si è cercato di comprendere il legame esistente nei soggetti con DE tra la consapevolezza fonologica e il processo di elaborazione dei toni musicali, poiché l'accurata percezione di variazioni della frequenza dei suoni costituisce un fattore determinante dello sviluppo fonologico (Ziegler e Goswami 2005). Breier e collaboratori (2001) condussero una ricerca con bambini con DE di età compresa tra 7 e 15 anni, evidenziando difficoltà nella discriminazione sia dei suoni fonetici del parlato (come, ad esempio, la distinzione tra le sillabe «ba» e «da») sia dei toni all'interno di stimoli non linguistici. Questi risultati portarono a concludere che i bambini con DE mostrano deficit nei compiti che richiedono un rapido processamento temporale indipendentemente dal tipo di stimolo acustico presentato (linguistico o non linguistico).

Con più specifico riferimento ai toni musicali, Ahissar e collaboratori (2000) osservarono che la discriminazione di toni era deficitaria nei soggetti con DE. Ziegler e collaboratori (2012) svilupparono un paradigma di ricerca per indagare la percezione globale e locale dei toni in soggetti con DE tra gli 8 e gli 11 anni. Nel corso delle due prove dell'esperimento furono fatte ascoltare due melodie in successione, ciascuna formata da 4 note in sequenza: la metà delle melodie proposte presentava un'alterazione della seconda o terza nota. Ai soggetti fu chiesto di ascoltare attentamente le melodie e di dire se le melodie udite erano uguali o diverse. I risultati rivelarono prestazioni inferiori dei bambini con DE rispetto al gruppo di controllo.

Un approfondimento degli specifici meccanismi coinvolti nella discriminazione dei toni che può spiegare la connessione con la DE è stato compiuto da Goswami (Goswami et al., 2011), che mise in evidenza una difficoltà da parte di soggetti con DE nella discriminazione delle sillabe «ba» e «wa» quando il contrasto fonetico era stato realizzato manipolando la modulazione di ampiezza del suono (*Amplitude Modulation* – AM, da cui deriva l'intensità del suono), caratteristica dalla quale dipende l'intelligibilità del segnale parlato e utile allo sviluppo della consapevolezza fonologica. Al contrario, tali soggetti si mostrarono maggiormente sensibili alle variazioni delle frequenze delle formanti (ossia le frequenze di risonanza attorno alle quali un suono mostra un picco di ampiezza), riportando una prestazione migliore. Il risultato confermò la presenza di un deficit nella percezione della variazione delle caratteristiche acustiche dei suoni del linguaggio parlato e, di conseguenza, una difficoltà nel riconoscimento delle informazioni sopra-segmentali (accenti, intonazione e tempo di durata di pronuncia dei fonemi), che appaiono importanti per discriminare le sillabe e per effettuare un'adeguata segmentazione delle parole. Anche Huss e collaboratori (2011) giunsero al medesimo risultato, rilevando una difficoltà

O dei partecipanti all'esperimento (64 soggetti con DE di 8-13 anni) a selezionare, in una coppia di parole udite, quella che secondo loro aveva un accento collocato erroneamente (ad esempio, «mi/LIT/ary» – «MI/litary»). Hämäläinen (Hämäläinen et al., 2012), in una recente rassegna degli studi condotti, ha rilevato che il deficit nella discriminazione del rise-onset e la percezione dell'ampiezza erano strettamente correlati con la DE nel 100% degli studi condotti sull'argomento, mentre l'abilità di discriminazione delle altezze tonali è associata alla DE nel 57% delle ricerche effettuate. In conclusione, appare che la difficoltà nella percezione dei toni contribuisce a un ritardo o a una compromissione dello sviluppo fonologico nei bambini con DE.

Aspetti ritmici nel linguaggio e nella musica

Su un secondo versante i rapporti tra linguaggio, e suoi deficit, e musica si sono focalizzati sulla dimensione ritmica. Il linguaggio è temporalmente scandito soprattutto dalle vocali, che dotano di ritmo la sequenza di parole contenute in una frase; quindi l'incapacità di prestare attenzione ad esse e a come le sillabe si succedono temporalmente porterebbe al mancato riconoscimento delle parole stesse contenute in un brano.

Così come nella musica il ritmo ha una funzione organizzatrice del tempo e di suddivisione della frase musicale in parti strutturalmente simili, anche nel linguaggio verbale il ritmo ha la funzione di suddividere la struttura frasale in segmenti in base ai vincoli motori necessari per la produzione delle sillabe e per l'identificazione del contorno delle parole (Chandrasekaran et al., 2009). Spesso si verifica, ad esempio, che sillabe corte e lunghe o atone e toniche si alternino all'interno di un'unica frase. Ne deriva l'importanza di un'accurata percezione degli aspetti ritmici durante l'apprendimento delle regole fonologiche per la suddivisione del flusso frasale in parole e sillabe, al fine di comprendere le variazioni sonore che caratterizzano un enunciato.

Huss e collaboratori (2011) indagarono la correlazione esistente tra una corretta percezione della ritmica musicale e lo sviluppo fonologico e della lettura in bambini con DE di età compresa tra gli 8 e i 13 anni. Una batteria di compiti fu messa a punto per indagare la percezione della ritmica musicale, la consapevolezza fonologica e l'abilità di lettura. I risultati evidenziarono che la sensibilità alla ritmica musicale predice la consapevolezza fonologica e lo sviluppo della lettura. Anche nei compiti ritmicamente più semplici la prestazione dei bambini con DE risultò essere significativamente inferiore rispetto ai normolettori.

Le competenze di ordine ritmico possono essere indagate attraverso protocolli sperimentali di ascolto o di esecuzione motoria. Nel primo caso Goswami e collaboratori (2013) misero a confronto un gruppo di bambini con DE con un gruppo costituito da loro coetanei normolettori, individuando nei primi una minore sensibilità al ritmo. La ricercatrice chiese ai bambini di prestare attenzione a due brevi melodie: la prima era molto ritmata, mentre la seconda presentava delle variazioni graduali di intensità sonora. Ai soggetti fu successivamente chiesto di ascoltare ulteriori brani e di riconoscere a quale delle due melodie ascoltate in precedenza assomigliassero. I soggetti con DE ebbero una prestazione peggiore

rispetto al gruppo di controllo. Ulteriori studi condotti su soggetti con DE mostrano che le difficoltà emergono anche durante l'esecuzione di compiti che richiedono di suddividere e raggruppare non soltanto suoni ma anche parole (Petkov, O'Connor e Benmoshea, 2005).

Per quanto riguarda i protocolli di esecuzione motoria, i bambini con DE incontrano difficoltà nel compito di *tapping* (battere il tempo) (Corriveau e Goswami, 2009). Si è inoltre rilevata una correlazione tra capacità di *tapping* e sviluppo del lessico fonologico (Corriveau e Goswami, 2009). Wolff e collaboratori (1990) chiesero a un gruppo di soggetti con DE (adolescenti e giovani adulti) di muovere a tempo, sulla base di un ritmo fornito da un metronomo, gli indici di entrambi le mani insieme, in alternanza ritmica, oppure in configurazioni più complesse. I soggetti con DE mostrarono deficit maggiori nella precisione ritmica durante lo svolgimento dei compiti bimanuali che richiedevano l'integrazione di risposte asincrone, mentre la loro prestazione non risultò deficitaria quando il compito richiedeva di muovere le dita in maniera sincrona. Con tecniche più sofisticate si è messo in luce che i bambini con DE mostrano una difficoltà nel tenere il ritmo durante l'ascolto di una canzone o nel seguire il tempo scandito da un metronomo e nel rispondere alla richiesta di «picchiettare» le proprie dita su una superficie sotto alla quale sono posti dei sensori atti a rilevare la precisione dei battiti compiuti (Overy et al., 2003). Wolff (2002) riscontrò che soggetti con DE nei compiti di *tapping* tendevano ad anticipare lo stimolo sonoro di circa 100 ms, interpretando il risultato come legato a un deficit nel meccanismo interno di regolazione temporale.

Thompson e Goswami (2008) analizzarono la relazione tra abilità ritmica motoria e capacità di letto-scrittura. Gli autori confrontarono la destrezza motoria di bambini di 10 anni con DE e normolettori attraverso la misurazione dei battiti ritmici di un dito nelle due condizioni di accompagnamento o meno da parte di un metronomo. I risultati mostrarono una difficoltà specifica dei bambini con DE nel sincronizzare il comportamento motorio con un ritmo acustico esterno.

Attraverso analisi minuziose Goswami e collaboratori (2002) individuarono nei soggetti con DE un deficit percettivo del meccanismo usato per estrarre le caratteristiche sopra-segmentali del parlato, il quale potrebbe contribuire a causare difficoltà nella consapevolezza fonologica e nella lettura, specifiche della DE. Il ritmo del parlato è una proprietà che dipende dalla variazione dell'AM, la quale determina l'intensità del segnale acustico. La percezione della variazione dell'ampiezza dell'onda coincide con l'elaborazione della struttura acustica a livello delle sillabe. I bambini con DE incontrano difficoltà nella rilevazione della variazione dell'ampiezza e della frequenza dell'onda sonora, in particolare per valori tra i 2 e i 10 Hz (ossia simili a quelli corrispondenti alle sillabe del parlato).

Al fine di indagare l'impatto di queste difficoltà sulla percezione del ritmo del segnale acustico, Goswami e collaboratori (2002) costruirono un apposito compito di rilevazione di «battiti» presentati all'interno di sequenze sonore caratterizzate da AM. Gli autori riscontrarono una differenza significativa tra soggetti con DE e normolettori nella rilevazione della variazione dell'ampiezza dell'onda sonora. Fu osservato come la capacità di rilevazione della variazione dell'ampiezza dell'onda fosse un fattore che determinava il 25% della varianza nell'acquisizione della letto-scrittura, indipendentemente da età, QI non verbale e vocabolario. Dal momento che i dati raccolti da Goswami riguardo al deficit di

percezione di ritmo e intensità dei segnali acustici si riferiscono a un campione di lingua inglese, l'autrice indagò la presenza del deficit di percezione ritmica anche nel caso di una lingua con caratteristiche ritmiche differenti: il francese. La ricerca (Muneaux et al., 2004) confermò l'ipotesi della presenza del deficit anche nel caso dei bambini francesi con DE.

Woodruff Carr e collaboratori (2014) utilizzarono un compito di percussione. In particolare misurarono la capacità di 35 bambini di 3-4 anni nel sincronizzare la percussione di un tamburo con quella compiuta dallo sperimentatore e la correlarono non soltanto ad abilità linguistiche, ma anche alla decodifica neurale di modulazioni temporali in risposta a sillabe («ba», «da», «ga»). Chi ottenne una migliore prestazione nel compito di percussione («sincronizzatori») riportò una prestazione migliore nei test di consapevolezza fonologica, memoria uditiva a breve termine e rapida automatizzazione, processi notoriamente implicati nella lettura. Inoltre, nei «sincronizzatori» si riscontrò, a livello neurale, una maggiore precisione nella decodifica dell'ampiezza degli stimoli ascoltati rispetto ai «non-sincronizzatori». In linea con le precedenti ricerche, lo studio corrobora la centralità di un'affinata sensibilità alla dimensione temporale del linguaggio per lo sviluppo delle abilità di lettura.

Intreccio di aspetti fonologici e temporali nel linguaggio

Nei due paragrafi precedenti sono stati distinti gli studi che hanno indagato il rapporto tra linguaggio verbale (e DE) e musica, focalizzandosi sugli aspetti tonali e quelli ritmico-temporali. Tuttavia questi due aspetti sono connessi, in quanto i parametri temporali della produzione dei suoni linguistici influiscono anche sui loro aspetti fonologici. In questo paragrafo rendiamo allora conto delle prospettive in cui sono presi in considerazione congiuntamente i due aspetti.

Sono diverse le ipotesi formulate per spiegare le difficoltà che i soggetti con DE incontrano nella lettura e tra queste vi è l'idea che alla base del disturbo vi sia un deficit di elaborazione temporale degli stimoli (Gaab et al., 2005; Goswami et al., 2011). Tallal, Miller e Ficht (1993) sostengono più precisamente che vi sia un deficit a livello del processamento temporale rapido delle informazioni sensoriali, specialmente per quanto riguarda le informazioni che giungono agli apparati visivo e uditivo. La discriminazione dei fonemi richiede che vi sia una precisa analisi di suoni e segni grafici spazialmente vicini, competenza che risulta essere compromessa nei soggetti con DE, con conseguente difficoltà a mantenere attivo il sistema attentivo. L'elaborazione temporale in oggetto consente il riconoscimento delle caratteristiche acustiche degli stimoli percepiti; tale meccanismo permette il riconoscimento delle componenti prosodiche del discorso, quali l'accento e l'intonazione, elementi che agevolano la comprensione del materiale linguistico. Ne risulta che i soggetti con DE faticano maggiormente a distinguere fonemi diversi costituiti da rapide variazioni nelle formanti (con conseguente difficoltà a distinguere, ad esempio, «t» o «d» o sillabe quali «va», «ga», «ba»).

Una questione tutt'oggi oggetto di discussione riguarda la natura del deficit fonologico, ovvero se sia specifico del linguaggio verbale oppure sia derivato dai domini della percezione, della memoria, dell'attenzione e da vincoli motori. In questa direzione, le ricerche che hanno indagato i deficit senso-motori hanno portato allo sviluppo di numerose ipotesi, tra cui quella del vincolo della velocità di elaborazione (*rate-processing*

constraint hypothesis; si veda Fitch e Tallal, 2003). Secondo questa teoria, in soggetti con DE esiste un vincolo nella velocità di elaborazione dell'informazione, il quale comporta un disturbo delle componenti essenziali dell'apprendimento del linguaggio, che ha origine dall'acquisizione della rappresentazione fonologica.

Anche l'ipotesi di un deficit nell'elaborazione temporale, avanzata da Habib (2000), fa riferimento alla dimensione temporale. Questo autore individua una difficoltà nel processamento del tempo nelle sue molteplici dimensioni quale caratteristica dei soggetti con DE. A suo parere, vi sarebbe una generale difficoltà non solamente nell'integrare stimoli che cambiano rapidamente, ma anche nel valutare o eseguire attività in sequenza temporale e nel portare a termine più processi in rapida successione. Per quanto riguarda specificamente la lettura, la difficoltà si manifesterebbe in relazione alla consapevolezza fonemica, competenza che richiede contemporaneamente di rappresentarsi i fonemi, di processarne efficacemente i costituenti e di mantenerli in memoria. In tal senso egli ha ipotizzato la presenza, alla base della DE, di un possibile sviluppo deficitario in un circuito cerebrale deputato a vari aspetti della codifica temporale.

Diversi autori hanno indagato le problematiche che emergono da un'impossibilità a compiere una corretta elaborazione temporale: i soggetti con DE mostrano difficoltà legate al calcolo del tempo (Nicolson, Fawcett e Dean, 1995), al ritmo (Wolff et al., 1990), ai processi di denominazione rapida (Denckla e Rudel, 1976; Wolf, 1991), alla percezione delle caratteristiche che si succedono in rapida successione all'interno di un discorso (Wood e Terrel, 1998) e alla rilevazione visiva del movimento (Talcott et al., 2000). Ne deriva che l'inadeguato sviluppo delle competenze di lettura è associato all'esistenza di problematiche relative alla segmentazione temporale.

Sulla base di queste evidenze si sono sviluppate teorie che suggeriscono la presenza di una relazione tra DE e deficit nella capacità di elaborazione «musicale», in particolare di ritmo e altezza, parametri che risultano fondamentali nell'elaborazione del linguaggio verbale. Il parlato, infatti, è un'informazione percettiva molto complessa che necessita di un'analisi spettrale, temporale e ritmica. I problemi che i soggetti con DE incontrano nell'elaborazione ritmica dei suoni si rifletterebbero nelle difficoltà nella rappresentazione fonologica. La struttura ritmica, oltre a organizzare i fenomeni musicali in strutture complesse, svolge un ruolo fondamentale nell'organizzazione fonologica del linguaggio tramite la prosodia. Il ritmo del parlato è uno dei primi indizi che i neonati utilizzano per discriminare le sillabe ed è determinato principalmente dalla struttura acustica di modulazione dell'ampiezza del segnale, ovvero dalle variazioni di ritmo e altezza (Goswami et al., 2002). In bambini con disturbi evolutivi del linguaggio un ruolo fondamentale nel deficit è rivestito dall'elaborazione dei segnali acustici del ritmo (Corriveau, Pasquini e Goswami, 2007). È quindi possibile aspettarsi che deficit nell'elaborazione acustica di base incidano sullo sviluppo sia del linguaggio che delle abilità musicali.

Gli interventi su base musicale per la DE

Nella ricerca di Overy e collaboratori (2003) precedentemente menzionata i test applicati furono nuovamente somministrati dopo un periodo di training musicale della durata

di 3 mesi. Risultò un significativo miglioramento nelle abilità fonologiche dei bambini con DE. Analoghi miglioramenti o vantaggi dovuti ad attività musicali o alla competenza musicale si riscontrarono anche nel citato studio di Forgeard et al. (2008). Occorre quindi considerare l'ambito di ricerca che si innesta su quello preso in esame nella prima sezione, ossia quello in cui si indaga come, basandosi sulle comunanze tra linguaggio verbale e musicale, si possa cercare di incidere sui deficit che si riscontrano nel primo attraverso la stimolazione del secondo.

Come anticipato nell'introduzione, nell'intervento con soggetti con DE sono stati talvolta proposti training o attività tratti da sistemi messi a punto per la didattica musicale, senza che gli originari ideatori pensassero a un impiego di tipo riabilitativo. È opportuno farvi inizialmente cenno poiché alcuni di essi saranno richiamati nella descrizione delle metodologie musicali elaborate per la DE. Nel secondo paragrafo di questa sezione si riporteranno alcuni interventi volti a migliorare, attraverso specifiche esperienze musicali, l'abilità di lettura in campioni non clinici e, nel terzo paragrafo, in soggetti con DE. Il quarto paragrafo sarà focalizzato sulla descrizione di esperienze italiane.

Metodi musicali

Metodo Kodály

Il compositore ed etnomusicologo ungherese Zoltan Kodály ideò un metodo di insegnamento della musica finalizzato a promuovere lo sviluppo delle capacità ritmiche dei bambini. Esso prevede innanzitutto l'apprendimento del linguaggio musicale mediante la stimolazione al riconoscimento delle relazioni esistenti tra le note e i suoni; soltanto successivamente viene avviato un processo di alfabetizzazione musicale, con cui si impara a decodificare i segni grafici musicali. La voce rappresenta lo strumento principe, grazie al quale è possibile sviluppare le competenze legate alla percezione uditiva; i movimenti corporei, come marciare o compiere dei gesti con le mani, aiutano invece il bambino ad affinare le competenze ritmiche e di sincronizzazione temporale.

Metodo Orff

Il compositore tedesco Carl Orff elaborò un approccio volto al miglioramento delle competenze ritmiche e di sincronizzazione dei bambini attraverso attività che richiedono l'impiego dell'improvvisazione. L'approccio all'apprendimento della musica non passa attraverso regole formali, ma crea un ambiente piacevole e coinvolgente nel quale si sviluppa un apprendimento implicito del linguaggio musicale, simulando le condizioni di apprendimento del linguaggio verbale. In particolare, il metodo combina attività di canto corale, allenamento all'ascolto, improvvisazione e imitazione del momento con l'utilizzo di strumenti a percussione ritmici e melodici progettati *ad hoc* (il cosiddetto strumentario Orff). Si presta attenzione non solo al ritmo ma anche al linguaggio, mediante lo svolgimento di esercizi di riconoscimento delle sonorità delle parole e di segmentazione.

Metodo Dalcroze

Il musicista svizzero Emile Jacques-Dalcroze ha sviluppato un sistema di lezioni di gruppo per l'apprendimento musicale basato sulla pratica della cosiddetta *gymnastique rythmique* (in inglese nota come *eurhythmic*s). Tale approccio mira a favorire la consapevolezza fisica della musica attraverso attività nelle quali risulta centrale il ruolo del corpo e del movimento. L'esperienza corporea e il coinvolgimento multisensoriale veicolano l'apprendimento delle basi teoriche della pratica musicale. La metodologia favorisce lo sviluppo di una percezione ed elaborazione accurata di ritmo, altezze dei suoni e fraseggio, che rappresentano elementi che risultano cruciali anche nell'apprendimento del linguaggio verbale (Mead, 1996).

Metodo Gordon

In virtù delle analogie esistenti 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). Centrale è il concetto di *audiation*, ossia la capacità di sentire e comprendere internamente i suoni non fisicamente presenti. Si tratta di una capacità che secondo questa metodologia didattica è innata. La *music learning theory* che sta alla base del metodo evidenzia la possibilità di sviluppare un dialogo sonoro libero a partire dall'infanzia. L'obiettivo non è quindi l'insegnamento diretto della musica, bensì lo sviluppo nei bambini molto piccoli di un vocabolario di suoni ascoltati, definito «vocabolario musicale passivo», che influenzerà i processi successivi di apprendimento del linguaggio.

Metodo Suzuki

Anche il metodo Suzuki rappresenta una metodologia di insegnamento della musica di cui però è stata proposta un'applicazione alla DE. L'approccio di Shinichi Suzuki, un violinista giapponese, all'insegnamento della musica prevede un aumento graduale e sequenziale di difficoltà degli stimoli musicali, con l'obiettivo di portare gli allievi a utilizzare competenze sempre più complesse. Il metodo si basa su un processo cumulativo delle competenze, secondo cui le abilità acquisite in precedenza non sono solo mantenute nel tempo, ma vengono anche costantemente rafforzate e implementate.

Il programma Suzuki richiede che vi sia un'adeguata padronanza delle competenze musicali apprese prima di procedere con l'acquisizione di ulteriori abilità, rispettando così il criterio di completezza. Sono previste attività canore e ritmiche sia individuali che di gruppo, consentendo ai ragazzi con DE di utilizzare diverse competenze sensoriali (uditive, visive e cinestesiche) per incrementare le competenze di sincronizzazione temporale. Il metodo Suzuki favorisce, inoltre, l'acquisizione da parte del bambino di una maggiore sicurezza nella lettura delle note musicali, accrescendo la propria autostima e influenzando così positivamente anche sul percorso scolastico. Queste caratteristiche rendono il metodo particolarmente adatto all'apprendimento della musica da parte dei bambini con DE (Macmillan, 2004).

Metodo Bianchi

Nel contesto italiano merita di essere ricordato il metodo Bianchi. L'insegnante Giordano Bianchi ha elaborato un sistema di pedagogia musicale che annovera tra i suoi principi di base la valorizzazione del corpo, la multisensorialità e la continua stimolazione della creatività, nella forma di invenzione di sequenze ritmiche e delle loro combinazioni; esso si intreccia con altri obiettivi: il coordinamento e il controllo motorio del corpo, l'educazione uditiva alle poliritmie e alle polifonie, il potenziamento dell'elaborazione temporale, l'avvio alla pre-lettura e pre-scrittura delle cellule ritmiche e lo sviluppo dell'intonazione. Per Bianchi (Bianchi e Bagozzi, 2001) risultano essere centrali la dimensione senso-percettiva e corporeo-cinestesica per lo sviluppo della concettualizzazione (Bottero e Carbone, 2003). Grazie a specifici giochi il bambino è stimolato simultaneamente alla costruzione di due sistemi simbolici: quello musicale, tramite la comprensione delle sue componenti (timbro, ritmo, melodia, ecc.), e quello linguistico, partendo dall'utilizzo dell'onomatopea e della prosodia. La didattica è incentrata sull'individuazione delle «cellule verbo-ritmiche» nella parola e nella frase e sulla loro esecuzione. Il ritmo inizialmente è vissuto attraverso il corpo e il movimento, ma successivamente viene percepito anche attraverso la parola, esplorando la musicalità della voce. Bianchi sottolinea il ruolo svolto, nell'esperienza primaria del bambino, dal riconoscimento degli opposti, quali suono/silenzio, forte/piano, contrasti timbrici, acuto/grave, battere/levare.

Interventi musicali per incrementare le abilità di lettura

È possibile rintracciare nella letteratura ricerche che suggeriscono che la formazione musicale può agire positivamente sullo sviluppo di abilità non strettamente legate ad essa: eseguire esercizi musicali favorirebbe quindi un miglioramento dell'intelligenza verbale e di diverse competenze integrate non soltanto in soggetti con sviluppo tipico (Anvari et al., 2002; Moreno et al., 2009; 2011), ma anche in coloro che sono affetti da diversi disturbi a carattere cognitivo e motorio (Goswami et al., 2011).

In relazione alla lettura, si possono ricordare i risultati di Hurwitz e collaboratori (1975), che svilupparono un disegno di ricerca con l'obiettivo di indagare l'efficacia di un training musicale basato sul metodo Kodàly sullo sviluppo delle capacità temporali, spaziali e di lettura. A tale scopo furono poste a confronto le prestazioni in compiti di competenza ritmica e spaziale di due gruppi di 10 bambini della prima classe della scuola primaria. Il gruppo sperimentale fu sottoposto al training musicale Kodàly per 7 mesi (40 minuti al giorno), mentre il gruppo di controllo non fu sottoposto ad alcun trattamento. Il gruppo sperimentale ottenne risultati migliori rispetto al gruppo di controllo in entrambe le tipologie di test (ritmica e spaziale). Il confronto con un gruppo di controllo di 20 bambini della prima classe della scuola primaria indicò che il gruppo sperimentale ebbe una prestazione migliore nel test di lettura rispetto al gruppo di controllo. Questo effetto di facilitazione nella prestazione di lettura fu osservato anche successivamente alla prima classe della scuola primaria nel proseguimento del training musicale.



In uno studio pilota di Douglas e Willats (1994), condotto con 12 bambini di età compresa tra gli 8 e i 10 anni, vennero formati 2 gruppi (sperimentale e controllo), prestando attenzione al fatto che fossero bilanciati per abilità di lettura. Per 6 mesi il gruppo sperimentale fu sottoposto a un percorso musicale per lo sviluppo di abilità uditive, visive e motorie basato su giochi ritmici e melodici, mentre il gruppo di controllo partecipò ad attività non musicali basate sulla discussione per lo sviluppo di abilità descrittive, immaginative e di ragionamento. I risultati al test di lettura effettuato al termine dei 6 mesi misero in luce un miglioramento nella lettura nel gruppo sperimentale, a fronte di nessuna variazione nel gruppo di controllo.

A sostenere ulteriormente le potenzialità di percorsi musicali sono i risultati dello studio condotto da Moreno e collaboratori (2009), finalizzato a insegnare a un gruppo di bambini di circa 8 anni, senza alcuna formazione musicale pregressa, a esercitare l'udito nel riconoscimento e nella discriminazione di toni; inoltre il training prevedeva attività volte ad apprendere differenti concetti musicali — quali intervallo, ritmo, melodia, armonia e timbro — attraverso l'utilizzo di diverse forme di espressione musicale, dalle melodie infantili alle sonorità legate al genere classico; in particolare il training, basato su una combinazione tra il metodo Kodàly e il metodo Orff, includeva le seguenti attività:

- per quanto riguarda il ritmo, ai bambini venne chiesto di produrre e improvvisare un particolare ritmo, variando il tempo di esecuzione;
- per quanto concerne la melodia, gli esercizi furono basati sulla riproduzione di brani musicali con lo scopo di individuare le differenze nelle altezze dei suoni e gli intervalli;
- in relazione all'armonia, i bambini furono invitati ad ascoltare differenti sequenze di accordi musicali, identificandoli e riproducendoli.

Gli effetti derivanti dal training vennero confrontati con quelli di un gruppo di controllo al quale fu proposto un training che prevedeva la stimolazione di abilità visuo-spaziali mediante attività di pittura. Entrambi i training ebbero una durata di 6 mesi (durante la quale venne registrata l'attività elettroencefalografica di tutti i bambini), al termine dei quali si procedette alla rivalutazione delle competenze dei bambini.

Il primo importante cambiamento che si verificò all'interno del gruppo sperimentale riguardò le abilità di lettura: i risultati misero in evidenza un miglioramento nella conversione fonema-grafema; secondo gli autori, il training musicale favorì lo sviluppo delle abilità di segmentazione e fusione dei suoni, non soltanto in relazione alla sfera musicale, ma anche per quanto riguarda la rappresentazione fonologica, indispensabile per la lettura corretta. Nei compiti d'individuazione delle variazioni di tono all'interno di frasi, i soggetti appartenenti al gruppo sperimentale furono maggiormente in grado di individuare anche le sottili incongruenze, fornendo un maggior numero di risposte corrette rispetto al pre-test; tale risultato non fu, invece, rilevato nel gruppo di controllo. Inoltre, si osservò l'influenza del training musicale a livello neurale in relazione ad alcuni andamenti registrati delle onde cerebrali. Emerse un chiaro incremento dell'ampiezza sia della componente P600 sia della N300, che riflette da un lato una difficoltà nei processi di categorizzazione e dall'altro un aumento dei livelli di attenzione durante l'individuazione delle piccole variazioni di frequenza tonale poste alla fine delle frasi musicali udite (Fujioka et al., 2006). In tal senso

l'esercizio ritmico aiuta il soggetto ad allenare il mantenimento della concentrazione durante l'esecuzione di un compito. In alternativa, si ritiene che il rilevamento di un'aumentata ampiezza delle componenti ERP uditive possa essere interpretato come un incremento dell'efficienza della rete neurale che coinvolge le aree interessate nell'elaborazione delle frequenze e delle altezze dei toni: il dato può essere spiegato tenendo conto sia di un'attivazione dei neuroni coinvolti sia di un incremento di sintonia tra le attività svolte dai neuroni stessi (Bosnyak, Eaton e Roberts, 2004; Shahin et al., 2003). Gli autori precisano, inoltre, che è possibile escludere l'effetto della motivazione sui risultati ottenuti, in quanto entrambi i training risultarono essere due attività extrascolastiche ugualmente coinvolgenti.

Degé e Schwarzer (2011) vollero verificare se gli effetti derivanti dall'applicazione di un training a base musicale e quelli prodotti da un programma volto a promuovere le abilità fonologiche fossero sovrapponibili. Secondo gli autori la consapevolezza fonemica farebbe riferimento all'abilità di analisi del linguaggio su due livelli distinti: il livello delle parole denoterebbe la capacità di manipolare unità fonologiche più grandi (fusione di parole), mentre il livello fonemico farebbe riferimento alla capacità di gestire le singole unità sonore contenute nelle parole (fonemi). Gli autori si basarono sul quasi-esperimento di Gromko (2005), in cui emerse che un trattamento musicale applicato a bambini di una scuola dell'infanzia apportò benefici allo sviluppo della consapevolezza fonologica, rilevando miglioramenti soprattutto per quanto riguarda la segmentazione fonemica, rispetto al gruppo di bambini che non ricevettero alcun trattamento.

Degé e Schwarzer vollero replicare l'esperimento assegnando casualmente i soggetti (41 bambini di 5-6 anni) a 3 diverse condizioni che prevedevano la partecipazione a uno dei 3 programmi di intervento: il primo a base musicale, il secondo finalizzato all'acquisizione di competenze fonologiche e il terzo a carattere sportivo (gruppo di controllo). I soggetti furono sottoposti a una sessione preliminare di valutazione dell'intelligenza e della consapevolezza fonologica; furono in seguito ripartiti in tre gruppi omogenei e, infine, sottoposti a una valutazione post-training. I soggetti seguirono l'allenamento musicale per 10 minuti al giorno per un periodo di 20 settimane. Il training musicale comprendeva la pratica di canto corale, danza, esercizi ritmici, l'utilizzo di strumenti a percussione e l'insegnamento della notazione musicale a un livello di base. Il programma fonologico proponeva esercizi con sillabe, rime e fonemi.

I dati indicarono la presenza di un effetto positivo sui livelli di consapevolezza fonologica in entrambi i gruppi sperimentali, mentre il miglioramento non si verificò nel caso dei soggetti del gruppo di controllo. Più precisamente, gli effetti positivi furono rilevati soprattutto in relazione al primo livello di consapevolezza fonologica (legato alle competenze di analisi e manipolazione delle unità fonologiche più grandi). Secondo gli autori le attività ritmiche e il gioco svolto sui testi delle canzoni favorirono l'incremento di abilità quali la segmentazione e la fusione, competenze che si rivelano necessarie al corretto apprendimento della lettura. Sembra dunque possibile sostenere che la consapevolezza fonologica può essere allenata sia con un programma fonologico mirato, sia con un programma musicale.

Un'ulteriore conferma a sostegno dell'efficacia di interventi musicali a favore delle abilità di lettura giunge dallo studio longitudinale di Slater e collaboratori (2014), in cui

furono monitorati e confrontati i cambiamenti nelle abilità di lettura di 42 bambini di 6-9 anni assegnati in modo pseudo-randomizzato a 2 gruppi esposti, per periodi di tempo differenti, a un percorso di training musicale. I risultati rivelarono che, al termine del primo anno, coloro che furono esposti al percorso di training musicale manifestarono un mantenimento nelle loro abilità di lettura, a differenza di coloro che non furono esposti ad esso e che mostrarono, invece, un deterioramento nelle abilità di lettura. Anche se dai risultati ottenuti non fu possibile rilevare un incremento nelle abilità di lettura, questo studio riveste particolare importanza considerando le caratteristiche del campione di riferimento: i bambini coinvolti appartenevano, infatti, a un contesto socio-economico svantaggiato. In quest'ottica, i risultati rivelarono che un programma musicale può compensare l'impatto negativo di un ambiente poco favorevole, promuovendo uno sviluppo tipico nelle abilità di letto-scrittura.

Interventi musicali per la DE

Una prima possibilità per verificare gli effetti benefici della musica sulla DE è di valutare l'incidenza della didattica musicale. In questa prospettiva, Overy (2003) analizzò gli effetti di lezioni di musica progettate per lo sviluppo del linguaggio e della lettura nei bambini con DE. Furono coinvolti nella ricerca 9 bambini con DE con età media di 9 anni e provenienti da due scuole, che garantivano elevati livelli di supporto alle capacità di letto-scrittura e lezioni di musica regolari. Fu individuato un periodo di controllo durante il quale i bambini ricevettero lezioni di musica aggiuntive. Lo sviluppo delle competenze fu valutato sulla base del confronto tra il periodo di controllo, della durata di 15 settimane, e il successivo periodo di 15 settimane, nel corso del quale fu realizzato l'intervento musicale. In quest'ultimo periodo le lezioni di musica vennero condotte 3 volte alla settimana in sessioni di 20 minuti (per un totale di un'ora di training alla settimana).

Furono applicate prove di lettura di singole parole e di sillabazione, in parte selezionate dal *Phonological Ability Test* (Muter, Hulme e Snowling, 1997) e dal *Dyslexia Early Screening Test* (Nicolson, Fawcett e Dean, 1995). I risultati mostrarono che il programma musicale produsse effetti positivi significativi in 4 aree di competenze: ripetizione ritmica, elaborazione ritmica veloce, abilità fonologica e abilità di sillabazione. Questi risultati corroborano l'ipotesi secondo la quale le abilità temporali rivestono un ruolo fondamentale nel trasferimento di abilità musicali alle competenze legate al linguaggio. Non fu però riscontrato alcun aumento significativo nelle capacità di lettura.

Overy giustificò l'assenza di un effetto diretto sottolineando la durata del percorso musicale, troppo breve per poter completare il passaggio potenziale dal miglioramento nelle abilità fonologiche e di sillabazione alle abilità di lettura. Secondo la ricercatrice un miglioramento rilevante della capacità di lettura richiede un intervento più duraturo e intensivo, che permetta di compiere ulteriori progressi nelle capacità di supporto alla lettura come l'elaborazione uditiva e le abilità fonologiche.

Un'altra possibilità è quella di progettare attività musicali specificamente indirizzate alla riabilitazione di processi implicati nella lettura. Lungo questa linea Temple et

al. (2003) rilevarono un miglioramento significativo nelle capacità di lettura di bambini con DE in seguito alla partecipazione a un training delle abilità di elaborazione acustica rapida, chiamato *Fast ForWord*, che comprendeva l'ascolto di rapide sequenze uditive e di linguaggio parlato modificato in modo che i segmenti spettro-temporali avessero un livello maggiore di durata e ampiezza. Si riscontrò un miglioramento della prestazione in lettura dei bambini con DE immediatamente dopo il training, mentre i normolettori non mostrarono significativi cambiamenti. I dati ottenuti con la fMRI evidenziarono, nel caso di bambini con DE, un aumento dell'attività cerebrale nelle regioni temporo-parietali dell'emisfero sinistro (deputate al linguaggio) in seguito al training, con valori di attivazione simili a quelli rilevati nei normolettori. Le rilevazioni prima del training evidenziarono invece un'assenza di attività metabolica nelle suddette regioni durante un compito di individuazione di rime.

Register e collaboratori (2007) misurarono gli effetti sulla lettura di bambini con DE di seconda primaria (7-8 anni) derivanti dall'applicazione intensiva di un programma musicale progettato per stimolare anche le competenze di vocabolario e comprensione verbale. Gli autori rilevarono degli effetti significativi nel miglioramento della lettura di parole e nella comprensione del testo scritto maggiori rispetto a un gruppo di bambini che non aveva seguito il programma musicale.

Esperienze in Italia

In ambito italiano è possibile citare il progetto ReMus (*Rhythm and Music to Rehabilitate Reading Disorders*) (Flaughnacco et al., 2015), finalizzato a sperimentare l'efficacia riabilitativa di un training educativo strutturato a base musicale. Una prima ricerca in questo ambito coinvolse 48 bambini di 8-11 anni con diagnosi di DE, con l'obiettivo di sperimentare l'efficacia riabilitativa di un concomitante percorso musicale di tipo didattico-ludico organizzato in incontri di un'ora con cadenza bisettimanale per un anno.

I soggetti, dopo essere stati sottoposti a una serie di prove di valutazione delle abilità cognitive e delle capacità di discriminazione metrica, *tapping*, riproduzione ritmica e altre competenze musicali, furono assegnati in modo casuale a uno dei seguenti gruppi: «musica» o «pittura». Al primo gruppo furono proposte attività musicali basate sul metodo Kodály e Orff, mentre per il secondo gruppo furono previsti esercizi pittorici basati sul metodo Munari (il bambino impara a conoscere il mondo esterno utilizzando in modo libero e originale il linguaggio artistico) e il metodo Edward (tramite il disegno il soggetto impara a osservare e ad affinare le abilità percettive, intuitive e deduttive). Per entrambi i gruppi alle attività citate fu abbinato un percorso a domicilio volto al potenziamento delle abilità fonologiche attraverso schede preparate *ad hoc* che venivano ritirate settimanalmente.

La ricerca ha previsto una procedura test/training/re-test con un successivo follow-up a distanza di 6 mesi. Il training ebbe una durata di 7 mesi, al termine dei quali si registrò un miglioramento nel gruppo «musica» nella consapevolezza fonologica e nell'elaborazione ritmica e temporale, rilevando un incremento dei livelli di correttezza nella lettura di un brano e di liste di parole e non parole; il gruppo «pittura» riportò dati significativamente migliori per quanto riguarda le competenze visuo-spaziali. I risultati furono incoraggianti:



soltanto coloro che svolsero il percorso musicale mostrarono infatti un miglioramento significativo nella conversione grafema-fonema, nella consapevolezza fonologica, nell'attenzione uditiva, nella memoria fonologica di lavoro, nell'elaborazione temporale e nella riproduzione di schemi ritmici. Alla luce di questi primi riscontri, secondo i ricercatori sarebbe stato il lavoro sul ritmo ad agire indirettamente sulle funzioni cognitive compromesse nei bambini con DE e a promuoverne il potenziamento.

Un altro progetto realizzato nel contesto italiano si è posto come obiettivo la valutazione degli effetti di una metodologia musicale sul miglioramento delle abilità di lettura di bambini e ragazzi con DE. Caratteristica di tale metodologia, che consiste in un programma informatizzato (*Training Lettura Ritmica*; si veda Cancer e Antonietti, 2011), è il simultaneo allenamento dell'abilità di decodifica e di sincronizzazione ritmica. Il training prevedeva una serie di esercizi sublessicali e lessicali di allenamento della lettura (la cui struttura è ispirata dal trattamento sublessicale di Tressoldi, in Cazzaniga et al., 2005), combinati a compiti di elaborazione del ritmo e delle altezze dei suoni. Il training, che è progettato per l'applicazione rivolta a bambini e ragazzi dislessici dalla terza classe della scuola primaria fino alla terza classe della scuola secondaria di primo grado, consente di modulare la difficoltà dei compiti proposti agendo sia sulla complessità del materiale verbale presentato che sulla velocità dei pattern ritmici.

Dati preliminari sull'efficacia dell'applicazione del trattamento ritmico sulla lettura furono raccolti nell'ambito di due studi. Il primo (Bonacina et al., 2015), che vide coinvolti 18 ragazzi con DE di scuola secondaria di primo grado, evidenziò effetti significativi per quanto riguarda il miglioramento della correttezza della lettura di brani e della velocità di lettura di non-parole corte nel gruppo sperimentale rispetto a un gruppo di controllo che non fu sottoposto ad alcun trattamento. Il secondo (Cancer et al., 2016) permise di rilevare in bambini con DE miglioramenti nella lettura comparabili a quelli ottenuti in gruppi omologabili a seguito dell'applicazione di altri trattamenti, ossia il potenziamento dell'attenzione visiva selettiva attraverso i videogiochi (Franceschini et al., 2013) e una combinazione di tale metodologia con il *balance method* (Bakker e Vinke, 1985).

Perché gli interventi a base musicale sono efficaci con la DE?

Alla luce di quanto documentato dalla letteratura attualmente esistente, è possibile affermare che gli interventi a base musicale favoriscono lo sviluppo delle abilità intellettive, come emerge dagli studi condotti da Schellenberg (2003; 2004) finalizzati a indagare l'effetto della partecipazione ad attività musicali sul QI. Più specificamente, si può evidenziare la presenza di un trasferimento tra abilità specifiche stimulate dalla pratica musicale e funzioni cognitive come l'attenzione (Moreno et al., 2009), la memoria verbale (Ho, Cheung e Chan, 2003), l'articolazione fine e la discriminazione uditiva (Schlaug, 2005), utili non soltanto durante lo svolgimento di attività musicali, ma anche nell'esecuzione di compiti extra-musicali. Tra questi vi è la lettura. Gli studi, assumendo l'esistenza di processi comuni di elaborazione degli stimoli sia linguistici sia musicali, rivelano che la formazione e l'esercizio musicale influenzano positivamente lo sviluppo delle abilità di lettura.

Su quali processi incidono i training musicali?

Dalle ricerche esposte emergono vari punti di forza dell'utilizzo dei training musicali come strumenti per sviluppare le abilità di lettura. Essi, infatti, determinano delle variazioni a livello dell'elaborazione uditiva all'interno del circuito sensoriale subcorticale e tali modificazioni influenzano positivamente i livelli di sensibilità acustica (Kraus e Chandrasekaran, 2010). Di conseguenza il potenziamento della percezione dei toni permette di migliorare il riconoscimento, oltre che delle componenti extra-linguistiche del codice verbale (ad esempio l'espressione delle emozioni), anche di quelle linguistiche, grazie a un incremento delle capacità di identificare le sonorità proprie di ciascuna sillaba. Le attività ritmiche possono poi aiutare il bambino a migliorare l'elaborazione temporale e a comprendere così le regole di segmentazione del messaggio (Overy, 2000). L'esercizio musicale consente inoltre di potenziare anche alcune abilità cognitive extra-linguistiche, in particolare mnestiche e attentive, due competenze coinvolte nei compiti di lettura (Besson, Chobert e Marie, 2011).

Pur essendo inevitabile il coinvolgimento di molteplici funzioni — motivazionali, emotive, comunicative, cognitive — nei training musicali, è importante cercare di comprendere quali siano gli specifici meccanismi linguistici su cui essi vanno a operare. Al riguardo Overy (2003) ritiene che i training che prevedono l'interazione con materiale musicale rappresentino uno strumento divertente e multisensoriale, adatto a migliorare specifiche abilità deficitarie nei bambini con DE. In particolare, la musica consente di esercitare le competenze di calcolo del tempo a livello sia uditivo che motorio, mentre il canto permette di simulare le caratteristiche sonore proprie del linguaggio parlato.

Overy (2000) ipotizza che i training musicali possano apportare benefici alle abilità di gestione e valutazione del tempo, competenza in cui i soggetti con DE risultano essere deficitari, migliorando le abilità percettive di base, importanti per l'acquisizione delle competenze di lettura. Suonare uno strumento è un'attività coinvolgente che richiede un'accurata abilità ritmica e il canto enfatizza naturalmente i suoni tipici del parlato. Un vantaggio specifico delle attività ritmico-musicali come supporto al linguaggio è rappresentato dal fatto che possono essere usate a differenti livelli di sviluppo linguistico e a qualunque età, a partire dai bambini in età prescolastica fino ai ragazzi che frequentano la scuola secondaria di secondo grado.

Overy (2003) ha proposto un modello che riassume la relazione tra un training musicale e lo sviluppo delle capacità di lettura. L'allenamento musicale comporta un miglioramento della capacità di elaborazione temporale e ritmica; quest'ultima svolge un ruolo fondamentale di supporto delle abilità linguistiche (come la segmentazione e la consapevolezza fonologica), che risultano direttamente correlate alla capacità di sillabazione e di lettura. Più specificamente, eseguire esercizi di ritmo e di lettura dello spartito musicale consente al ragazzo di sviluppare le abilità necessarie per leggere un testo, mentre le prove canore hanno effetti positivi sullo sviluppo del riconoscimento fonologico.

L'altra evidenza come suonare uno strumento a percussione mentre si intonano filastrocche facendo risaltare le rime accentate potrebbe rivelarsi un valido esercizio per favorire lo sviluppo delle competenze fonologiche; ritiene, inoltre, che i bambini che stu-



diano musica presentino miglioramenti legati sia alla sfera cognitiva sia a quella emotiva e un incremento nello sviluppo delle abilità attinenti il linguaggio, la memoria, l'attenzione, la concentrazione e la coordinazione motoria. Overy suggerisce quindi di proporre attività inseribili all'interno di un più ampio percorso d'intervento di tipo multisensoriale, permettendo al bambino con DE di allenare le capacità di rappresentazione del tempo attraverso esercizi che richiedono l'utilizzo di strumenti a percussione o di combinare attività che prevedono il canto con esercizi che possano stimolarne le abilità visuo-motorie. Gli esercizi ritmici e canori si rivelano utili anche per aiutare i bambini con DSA nella memorizzazione dell'alfabeto o delle tabelline.

In diversa prospettiva Tallal e Gaab (2006) hanno proposto un modello per spiegare in che modo l'allenamento musicale possa avere un'influenza su compiti che richiedono un'elaborazione linguistica. Secondo le autrici, la competenza musicale ha effetti su tre abilità:

- elaborazione di parametri musicali, quali melodia, ritmo, metrica, timbro, ecc.;
- elaborazione uditiva generale, come la discriminazione dei toni, la memoria tonale e l'elaborazione ritmica rapida;
- elaborazioni linguistiche (consapevolezza fonologica, elaborazione dell'intonazione del parlato, percezione della prosodia, memoria verbale, fluenza verbale).

Forgeard e collaboratori (2008) suggeriscono che un intervento musicale finalizzato al potenziamento dell'elaborazione uditiva ritmica e tonale potrebbe rappresentare un efficace strumento di miglioramento dei deficit caratteristici della DE. Secondo i ricercatori, esistono molte ragioni a favore di questa ipotesi:

- fare pratica di ascolto e di produzione di suoni musicali costituisce un training uditivo piacevole e coinvolgente che porta a migliorare l'elaborazione del suono del parlato;
- la pratica del canto aiuta i bambini a segmentare le parole nelle sillabe costituenti;
- leggere le note musicali richiede la decodifica di simboli (spostare lo sguardo da sinistra a destra, riconoscere i pattern grafici, effettuare la mappatura sonora dei simboli), così come nel linguaggio scritto, e in questo modo permette di generalizzare i risultati dell'allenamento a entrambi i tipi di sviluppo (dell'elaborazione del linguaggio e della capacità di lettura).

Secondo Hornsby e Miles (1980) e Hulme (1981) gli esercizi multisensoriali, comuni a molti training musicali, che coinvolgono simultaneamente la vista e l'udito, risultano essere efficaci nella riabilitazione della DE in quanto consentono di fare apprendere le modalità di unione dei diversi suoni per comporre le parole o, viceversa, come ricavare i fonemi che formano la parola stessa.

Recentemente Proverbio e collaboratori (2013) hanno mostrato che l'educazione musicale in età precoce (a partire dagli 8 anni) modifica i meccanismi neurali deputati al riconoscimento delle lettere. Le attivazioni neurali dei musicisti (in particolare delle circonvoluzioni fusiforme e occipitale inferiore) durante la lettura di parole sono risultate essere bilaterali, e non lateralizzate a sinistra come nei non musicisti, e simili a quelle rilevate durante l'elaborazione della notazione musicale. È evidente pertanto un effetto della competenza musicale sui correlati neurali coinvolti durante la lettura.

Da ultimo occorre non dimenticare che, così come avviene nella lettura, anche la simbologia impiegata negli spartiti musicali è percepita dai soggetti con DE come eccessiva e confusa. È quindi possibile che, mentre imparano a leggere la notazione musicale, i bambini con DE che studiano musica imparino a trasferire questa strategia di conversione segno-suono all'elaborazione linguistica; in questo modo risulterebbe facilitata l'associazione arbitraria tra simboli visivi (le lettere) e oggetti uditivi (i fonemi) in strutture sonore complesse (le parole).

Nei training musicali sperimentati per la DE è possibile riconoscere alcuni elementi ricorrenti. Si è visto come, negli studi di Goswami e collaboratori (2002) e di Overy e collaboratori (2003), appaia centrale in primo luogo la presenza di attività focalizzate sulla dimensione ritmica, che rappresenta una componente rivelatasi particolarmente problematica nella DE e associata da più punti di vista all'elaborazione del linguaggio. Le attività musicali includono esercizi di riproduzione e di sincronizzazione ritmica, che prevedono molto spesso anche la sperimentazione della musica con il corpo al fine di raggiungere una maggiore consapevolezza.

Alla luce dei risultati ottenuti nelle ricerche precedentemente illustrate, è possibile supportare ulteriormente la progettazione di interventi che mirino alla riduzione dei deficit di lettura propri dei soggetti con DE tramite la proposta di attività che prevedono il potenziamento della componente ritmica: gli studi citati, infatti, hanno evidenziato che la manipolazione di stimoli musicali può condurre al potenziamento di differenti competenze sia linguistiche che extralinguistiche, con effetti positivi sullo sviluppo delle abilità necessarie per una corretta acquisizione della lettura.

Come dovrebbero essere impostati e condotti i training musicali?

Si ritiene che un training musicale, per risultare efficace, debba essere metodologicamente strutturato, intensivo e prolungato nel tempo. A tal riguardo, Patel (2011) ha proposto un modello, denominato OPERA, per rendere conto dei benefici dei training a base musicale sullo sviluppo delle funzioni linguistiche. L'acronimo OPERA racchiude in sé le cinque condizioni che, se presenti simultaneamente in un percorso riabilitativo musicale, permetterebbero una maggiore plasticità adattiva delle reti deputate all'elaborazione del linguaggio parlato:

- *Overlap* (sovrapposizione): l'attenzione viene posta sulla sovrapposizione delle reti anatomiche deputate al processamento delle caratteristiche del suono, attive durante l'elaborazione musicale e linguistica;
- *Precision* (precisione): il termine si riferisce alla richiesta di una maggiore accuratezza e precisione da parte delle reti condivise rispetto all'elaborazione del parlato durante il processo di elaborazione della musica;
- *Emotion* (emozione): è fondamentale fornire la possibilità di sperimentare forti emozioni positive durante l'esecuzione di attività musicali, giacché vi sono evidenze circa la stretta relazione esistente tra l'elaborazione di stimoli musicali e l'attivazione del sistema deputato alla regolazione delle emozioni (Koelsch, 2010); l'emozione positiva suscitata dall'ascolto di un brano ben eseguito o dall'esperienza gratificante di suonare uno strumento rappresenta quindi, una ricompensa, rendendo il soggetto maggiormente in grado di compiere un'elaborazione accurata dei suoni;

- *Repetition* (ripetizione): il termine fa riferimento alla ripetizione di attività musicali che, stimolando la rete neurale interessata, determina un rafforzamento delle abilità uditive;
- *Attention* (attenzione): è data importanza alla presenza di alti livelli di attenzione focalizzata durante le attività musicali. L'attenzione, infatti, oltre a essere una funzione cognitiva centrale in qualunque esperienza di apprendimento, sembrerebbe promuovere la plasticità.

Il sistema linguistico e il sistema musicale condividono i medesimi meccanismi cognitivi e sensoriali e, poiché l'elaborazione musicale richiede uno sforzo cognitivo maggiore rispetto al linguaggio, Patel individua nei training musicali lo strumento più idoneo per aiutare il soggetto a sviluppare le competenze linguistiche. L'autore ritiene che la ripetizione sistematica di attività musicali, in grado di generare intense emozioni e connessa al mantenimento di alti livelli di attenzione focalizzata, porti all'attivazione di meccanismi di plasticità neurale che inducono modificazioni a livello delle aree cerebrali deputate all'elaborazione del linguaggio, con conseguenti effetti positivi anche a lungo termine. Quando si verificano tutte e cinque le condizioni citate, la plasticità neurale porta le reti neurali in questione a funzionare con maggiore precisione rispetto a quella normalmente richiesta dall'elaborazione del linguaggio verbale. Le semplici lezioni di musica, nel corso delle quali non sono garantite le condizioni proposte da Patel, non risultano essere sufficienti a sortire l'effetto di miglioramento delle abilità di codifica del linguaggio. L'autore suggerisce che l'ipotesi OPERA possa essere un punto di partenza per la costruzione di training musicali che si pongono come obiettivo il miglioramento delle abilità di letto-scrittura.

In accordo con Patel (2011), Flaugnacco e collaboratori (2014) propongono quattro principi da tenere in considerazione nel momento in cui si intende progettare un intervento a base musicale per bambini con DE. In primo luogo consigliano di proporre le attività all'interno di un setting grupppale, anziché individuale, in quanto vi sono maggiori possibilità di massimizzare gli effetti positivi di divertimento e di coinvolgimento emozionale. Gli studi condotti da Kirschner e Tomasello (2009) rilevarono una maggiore partecipazione alle attività musicali e un miglioramento delle abilità di sincronizzazione quando i bambini furono inseriti in un contesto di tipo sociale e imitativo a contatto con altre figure umane, piuttosto che in interazione individuale con un programma elettronico.

La seconda raccomandazione riguarda le modalità di svolgimento delle attività, che devono consentire una partecipazione dinamica e attiva dei soggetti tramite la proposta di compiti che prevedano la composizione di musica e la stimolazione del movimento corporeo, in grado di attivare un complesso processo di tipo emotivo e intenzionale (Maes et al., 2014).

In terzo luogo gli autori consigliano di concentrarsi maggiormente sulla riabilitazione delle competenze legate al ritmo, anziché sulla correttezza di esecuzione delle altezze tonali: a tal riguardo si rivelano d'aiuto attività quali la danza e il movimento corporeo; vi sono esercizi che, pur stimolando la componente ritmica, non richiedono che il bambino distingua in modo preciso le variazioni di tono (ad esempio il rap), preferendo attività che possano favorire e incrementare l'elaborazione temporale dei suoni prodotti da diverse fonti sonore, quali la bocca, il corpo o gli strumenti a percussione, lavorando prevalentemente con le variazioni timbriche.

Infine, secondo gli autori è di fondamentale importanza che le attività siano varie e che vi sia la possibilità di proporre varianti del medesimo esercizio, affinché si mantenga viva l'attenzione dei bambini per favorire il processo di trasferimento delle abilità musicali al linguaggio e alla lettura.

Conclusioni

Secondo Kraus e Chandrasekaran (2010) le metodologie musicali non sembrano essere sufficienti per ottenere i risultati desiderati sulle abilità di lettura, in quanto un training musicale non sembra essere in grado di sostituire *in toto* un intervento tradizionale. A tal proposito essi suggeriscono di affiancare a un trattamento tradizionale un percorso di musica.

Una meta-analisi (Cogo-Moreira et al., 2012) ha sistematicamente valutato le evidenze sperimentali disponibili circa gli effetti dell'allenamento musicale sulle difficoltà di lettura in soggetti con DE. È emerso come nessuno degli studi reperiti in letteratura possieda le caratteristiche necessarie a garantire replicabilità e generalizzazione dei risultati ottenuti. L'assenza di trial randomizzati, di campioni sufficientemente numerosi e omogenei, di gruppi di controllo e di una chiara definizione di «educazione musicale» non permetterebbe di considerare validi i risultati sinora ottenuti. In accordo con tale rassegna, nonostante le solide premesse teoriche suggeriscano la possibilità che i soggetti con DE traggano beneficio dalla musica, i dati pubblicati fino al 2012 non permettono di dimostrare convincentemente l'efficacia dell'attività musicale nel miglioramento delle capacità di lettura.

L'interesse crescente che soprattutto negli ultimi anni è stato rivolto dalla comunità scientifica alla relazione tra musica e dislessia rimane tuttavia un forte indice della validità delle premesse teoriche su cui si basano le ipotesi di ricerca finora formulate. Inoltre, è un dato di fatto la necessità di promuovere l'utilizzo di metodologie alternative agli interventi tradizionalmente utilizzati per il potenziamento della lettura, le quali dovrebbero essere non soltanto efficaci, ma anche coinvolgenti e orientate a incrementare la motivazione del bambino, riducendo la possibilità di sperimentare vissuti di frustrazione e affaticamento. La musica, alla luce delle sue potenzialità, sembra rappresentare un mediatore adatto per realizzare tale obiettivo. Ulteriori studi, con sufficiente potere statistico e disegni sperimentali controllati, potranno produrre le auspiccate evidenze scientifiche a sostegno di questa linea di intervento.

Autori

SERENA GERMAGNOLI, SILVIA BONACINA, ALICE CANCER E ALESSANDRO ANTONIETTI

Servizio di Psicologia dell'Apprendimento e dell'Educazione in Età Evolutiva, Università Cattolica del Sacro Cuore, Milano.

Bibliografia

Ahissar M., Protopapas A., Reid M. e Merzenich M. (2000), *Auditory processing parallels reading abilities in adults*, «Proceeding of the National Academy of Science», vol. 97, pp. 6832-6837.

- Anvari S.H., Trainor L.J., Woodside J. e Levy B.A. (2002), *Relations among musical skills, phonological processing, and early reading ability in preschool children*, «Journal of Experimental Child Psychology», vol. 83, pp. 111-130.
- Bakker D.J. e Vinke J. (1985), *Effects of hemisphere-specific stimulation on brain activity and reading in dyslexics*, «Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology», vol. 7, pp. 505-525.
- Besson M., Schön D., Moreno S., Santos A. e Magne C. (2007), *Influence of musical expertise and musical training on pitch processing in music and language*, «Restorative Neurology and Neuroscience», vol. 25, pp. 399-410.
- Besson M., Chobert J. e Marie C. (2011), *Transfer of training between music and speech: Common processing, attention, and memory*, «Frontiers in Psychology», vol. 2, pp. 1-12.
- Bianchi G. e Bagozzi A.C. (2001), *Crescere con la musica. Esperienze cognitive e terapeutiche vissute nella scuola attraverso il linguaggio dei suoni, il movimento, il simbolo e il sonema*, Milano, FrancoAngeli.
- Bonacina S., Cancer A., Lanzi P.L., Lorusso M.L. e Antonietti A. (2015), *Improving reading skills in students with dyslexia: The efficacy of a sublessical training with rhythmic background*, «Frontiers in Psychology», vol. 6, n. 1510, pp. 1-8.
- Bosnyak D.J., Eaton R.A. e Roberts L.E. (2004), *Distributed auditory cortical representations are modified when non-musicians are trained at pitch discrimination with 40 Hz amplitude modulated tones*, «Cerebral Cortex», vol. 14, pp. 1088-1099.
- Bottero E. e Carbone I. (2003), *Musica e creatività: la didattica di Giordano Bianchi*, Milano, FrancoAngeli.
- Breier J.I., Gray L., Fletcher J.M., Diehl R.L., Klaas P., Foorman B.R. e Molis M.R. (2001), *Perception of voice and tone onset time continua in children with dyslexia with and without attention deficit/hyperactivity disorder*, «Journal of Experimental Child Psychology», vol. 80, pp. 245-270.
- Cancer A. e Antonietti A. (2011), *Integrazione del metodo sublessicale per la dislessia con attività ritmico-musicali*, XX Congresso Nazionale dell'Associazione Italiana per la Ricerca e l'Intervento nella Psicopatologia dell'Apprendimento (AIRIPA) «I disturbi dell'apprendimento», Prato, 21-22 ottobre 2011, p. 107.
- Cancer A., Bonacina S., Lorusso M.L., Lanzi P.L. e Antonietti A. (2016), *Rhythmic Reading Training (RRT): A computer-assisted intervention program for dyslexia*. In S. Serino, A. Matic, D. Giakoumis, G. Lopez e P. Cipresso (a cura di), *Communications in Computer and Information Science*, New York, Springer, pp. 249-258.
- Cazzaniga S., Re A.M., Cornoldi C., Poli S. e Tressoldi P.E. (2005), *Dislessia e trattamento sublessicale*, Trento, Erickson.
- Chandrasekaran C., Trubanova A., Stillitano S., Caplier A. e Ghazanfar A.A. (2009), *The natural statistics of audiovisual speech*, «PloS Computational Biology», vol. 5, pp. 1-18.
- Cogo-Moreira H., Andriolo R.B., Yazigi L., Ploubudis G.B., Brandao de Avila C.R. e Mari J.J. (2012), *Music education for improving reading skills in children and adolescents with dyslexia*, «Cochrane Database of Systematic Reviews», pp. 1-12, doi: 10.1002/14651858.CD009133.pub2.
- Corriveau K. e Goswami U. (2009), *Rhythmic motor entrainment in children with speech and language impairment: Tapping to the beat*, «Cortex», vol. 45, pp. 119-130.
- Corriveau K., Pasquini E. 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», vol. 50, pp. 647-666.
- Degé F. e Schwarzer G. (2011), *The effect of a music program on phonological awareness in preschoolers*, «Frontiers in Psychology», vol. 2, pp. 1-7.
- Denckla M.B. e Rudel R.G. (1976), *Rapid «automatized» naming (R.A.N.). Dyslexia differentiated from other learning disabilities*, «Neuropsychologia», vol. 14, pp. 471-479.

- Douglas S. e Willats P. (1994), *The relationship between musical ability and literacy skill*, «Journal of Research in Reading», vol. 17, pp. 99-107.
- Fawcett A.J. e Nicolson R.I. (1996), *The dyslexia screening test*, London, The Psychological Corporation.
- Fitch R.H. e Tallal P. (2003), *Neural mechanisms of language based learning impairments: Insights from human populations and animal models*, «Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews», vol. 2, pp. 155-178.
- Flaunacco E., Lopez L., Terribili C., Zoia S., Buda S., Tilli S., Monasta L., Montico M., Sila A., Ronfani L. e Schön D. (2014), *Rhythm perception and production predict reading abilities in developmental dyslexia*, «Frontiers in Human Neuroscience», vol. 8, pp. 1-14.
- Flaunacco E., Lopez L., Terribili C., Montico M., Zoia S. e Schön D. (2015), *Music training increases phonological awareness and reading skills in developmental dyslexia: A randomized control trial*, «PlosOne», vol. 10, n. 9, pp. 1-17.
- Forgeard M., Schlaug G., Norton A., Rosam C., Lyengar U. e Winner E. (2008), *The relation between music and phonological processing in normal-reading children and children with dyslexia*, «Music Perception», vol. 25, pp. 383-390.
- Foxton J.M., Talcott J. B., Witton C., Brace H., McIntyre F. e Griffiths T.D. (2003), *Reading skills are related to global, but not local, acoustic pattern perception*, «Nature Neuroscience», vol. 6, pp. 343-344.
- Franceschini S., Gori S., Ruffino M., Viola S., Molteni M. e Facoetti A. (2013), *Action video games make dyslexic children read better*, «Current Biology», vol. 23, pp. 462-466.
- Fujioka T., Ross B., Kakigi R., Pantev C. e Trainor L. (2006), *One year of musical training affects development of auditory cortical-evoked fields in young children*, «Brain», vol. 129, pp. 2593-2608.
- Gaab N., Tallal P., Kim H., Lakshminarayanan K., Glover G.H. e Gabrieli J.D.E. (2005), *Neural correlates of rapid spectro-temporal processing in musicians and non-musicians*, «Annals of the New York Academy of Science», pp. 82-88.
- Ganschow L., Lloyd-Jones J. e Miles T.R. (1994), *Dyslexia and musical notation*, «Annals of Dyslexia», vol. 44, pp. 185-202.
- Gordon E.E. (2003), *A music learning theory for newborn and young children*, Chicago, GIA Publication.
- Goswami U., Thomson J., Richardson U., Stainthorp R., Hughes D., Rosen S. e Scott S.K. (2002), *Amplitude envelope onsets and developmental dyslexia: A new hypothesis*, «Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States», vol. 99, pp. 10911-10916.
- Goswami U., Fosker T., Huss M., Mead N. e Szűcs D. (2011), *Rise time and formant transition duration in the discrimination of speech sounds: The ba-wa distinction in developmental dyslexia*, «Developmental Science», vol. 14, pp. 34-43.
- Goswami U., Huss M., Mead N., Fosker T. e Verney J.P. (2013), *Perception of patterns of musical beat distribution in phonological developmental dyslexia: Significant longitudinal relations with word reading and reading comprehension*, «Cortex», vol. 49, pp. 1363-1376.
- Gromko J.E. (2005), *The effect of music instruction on phonemic awareness in beginning readers*, «Journal of Research in Music Education», vol. 53, pp. 199-209.
- Habib M. (2000), *The neurological basis of developmental dyslexia: An overview and working hypothesis*, «Brain», vol. 123, pp. 2372-2399.
- Hämäläinen J.A., Salminen H.K. e Leppänen P.H.T. (2012), *Basic auditory processing deficits in dyslexia: Systematic review of the behavioural, event-related potential/Field evidence*, «Journal of Learning Disabilities», vol. 46, pp. 413-427.
- Ho Y.C., Cheung M.C. e Chan A.S. (2003), *Music training improves verbal but not visual memory: Cross-sectional and longitudinal explorations in children*, «Neuropsychology», vol. 17, pp. 439-450.

- Hornsby B. e Miles T.R. (1980), *The effects of a dyslexia centred teaching programme*, «British Journal of Educational Psychology», vol. 50, pp. 236-242.
- Hulme C. (1981), *Reading retardation and multisensory teaching*, London, Routledge and Kegan-Paul.
- Hurwitz I., Wolff P.H., Bortnick B.D. e Kokas K. (1975), *Non-musical effects of the Kodály music curriculum in primary grade children*, «Journal of Learning Disabilities», vol. 8, pp. 167-174.
- Huss M., Verney P.J., Fosker T., Mead N. e Goswami U. (2011), *Music, rhythm, rise time perception and developmental dyslexia: Perception of musical meter predicts reading and phonology*, «Cortex», vol. 47, pp. 674-689.
- Jaarsma B.S., Ruijssenaars A.J.J.M. e Van den Broeck W. (1998), *Dyslexia and learning musical notation: A pilot study*, «Annals of Dyslexia», vol. 48, pp. 137-154.
- Kirschner S. e Tomasello M. (2009), *Joint drumming: Social context facilitates synchronization in preschool children*, «Journal of Experimental Child Psychology», vol. 102, pp. 299-314.
- Koelsch S. (2010), *Towards a neural basis of music-evoked emotions*, «Trends Cognitive Science», vol. 14, pp. 131-137.
- Koelsch S. e Siebel W.A. (2005), *Towards a neural basis of music perception*, «Trends in Cognitive Science», vol. 9, pp. 578-584.
- Koelsch S. (2010), *Towards a neural basis of music-evoked emotions*, «Trends Cognitive Science», vol. 14, pp. 131-137.
- Kraus N. e Chandrasekaran B. (2010), *Music training for developmental auditory skills*, «Nature Reviews Neuroscience», vol. 11, pp. 599-605.
- Kraus N. e Slater J. (2015), *Music and language: Relations and disconnections*, «Handbooks of Clinical Neurology», vol. 129, pp. 207-222.
- Lamb S.J. e Gregory A.H. (1993), *The relationship between music and reading in beginning readers*, «Educational Psychology», vol. 13, pp. 19-27.
- Loui P., Kroog K., Zuk J., Winner E. e Schlaug G. (2011), *Relating pitch awareness to phonemic awareness in children: Implications for tone-deafness and dyslexia*, «Frontiers in Psychology», vol. 2, pp. 1-5.
- Macmillan J. (2002), *Music and dyslexia – and how Suzuki helps*, «Adult Dyslexia Organisation», pp. 1-12.
- Macmillan J. (2004), *Suzuki training for children with dyslexia*, «American Suzuki Journal», vol. 32, n. 3, pp. 1-12.
- Maes P.J., Leman M., Palmer C. e Wanderley M.M. (2014), *Action-based effects on music perception*, «Frontiers in Psychology», vol. 4, pp. 1-14, doi:10.3389/fpsyg.2013.01008.
- McMullen E. e Saffran J.R. (2004), *Music and language: A developmental comparison*, «Music Perception», vol. 21, pp. 289-311.
- Mead V.H. (1996), *More than mere movement: Dalcroze eurhythmics*, «Music Educators Journal», pp. 38-41.
- Miles T.R. e Westcombe J. (a cura di) (2001), *Music and dyslexia. Opening new doors*, London-Philadelphia, Whurr Publishers, trad. it. *Musica e dislessia. Aprire nuove porte*, Milano, Rugginenti, 2008.
- Montanari M. (2013), *Dislessia a quattro mani*, Milano, Rugginenti.
- Montanari M. (2014), *Dislessia nota per nota. Manuale di pratica musicale*, Milano, Rugginenti.
- Moreno S., Marques C., Santos A., Santos M., Castro S.L. e Besson M. (2009), *Musical training influences linguistic abilities in 8-year-old children: More evidence for brain plasticity*, «Cerebral Cortex», vol. 19, pp. 712-723.
- Moreno S., Bialystok E., Barac R., Schellenberg E.G., Cepeda N.J. e Chau T. (2011), *Short term music training enhances verbal intelligence and executive function*, «Psychological Science», vol. 22, pp. 1425-1433.
- Muneaux M., Ziegler J.C., Truc C, Thomson J. e Goswami U. (2004), *Deficits in beat perception and dyslexia: Evidence from French*, «NeuroReport», vol. 15, pp. 1255-1259.

- Muter V., Hulme C. e Snowling M. (1997), *Phonological Abilities Test*, London, The Psychological Corporation.
- Nicolson R.I., Fawcett A.J. e Dean P. (1995), *Time estimation in developmental dyslexia: Evidence of cerebellar involvement*, «Proceedings of the Royal Society», vol. 259, pp. 43-47.
- Oglethorpe S.M. (2002), *Instrumental music for dyslexics*, London-Philadelphia, Whurr Publishers, trad. it. *Dislessia e strumenti musicali*, Milano, Rugginenti, 2011.
- Ouimet T. e Balaban E. (2010), *Auditory stream biasing in children with reading impairments*, «Dyslexia», vol. 16, pp. 45-65.
- Overy K. (2000), *Dyslexia, temporal processing and music: The potential of music as an early learning aid for dyslexic children*, «Psychology of Music», vol. 28, pp. 218-229.
- Overy K. (2003), *Dyslexia and music: From timing deficits to music intervention*, «Annals of the New York Academy of Sciences», vol. 1060, pp. 210-218.
- Overy K. e Turner R. (2009), *The rhythmic brain*, «Cortex», vol. 45, pp. 1-3.
- Overy K., Nicolson R.I., Fawcett A. e Clarke E.F. (2003), *Dyslexia and music: Measuring musical timing skills*, «Dyslexia», vol. 9, pp. 497-505.
- Patel A.D. (2011), *Why would musical training benefit the neural encoding of speech? The OPERA hypothesis*, «Frontiers in Psychology», vol. 2, pp. 1-14.
- Petkov C.I., O'Connor K.N. e Benmoshea G. (2005), *Auditory perceptual grouping and attention in dyslexia*, «Cognitive Brain Research», vol. 24, pp. 343-354.
- Proverbio A.M., Manfredi M., Zani A. e Adorni R. (2013), *Musical expertise affects neural bases of letter recognition*, «Neuropsychologia», vol. 51, pp. 538-549.
- Register D., Darrow A.A., Swedberg O. e Standley J. (2007), *The use of music to enhance reading skills of second grade students and students with reading disabilities*, «Journal of Music Therapy», vol. 44, pp. 23-37.
- Schellenberg E.G. (2003), *Does exposure to music have beneficial side effects?*. In I. Peretz e R.J. Zatorre (a cura di), *The cognitive neuroscience of music*, Oxford, UK, Oxford University Press, pp. 430-448.
- Schellenberg E.G. (2004), *Music lessons enhance IQ*, «Psychological Science», vol. 15, pp. 511-514.
- Schlaug G., Norton A., Overy K. e Winner E. (2005), *Effects of music training on brain and cognitive development*, «Annals of New York Academy of Science», vol. 1060, pp. 219-230.
- Shahin A., Bosnyak D.J., Trainor L.J. e Roberts L.E. (2003), *Enhancement of neuroplastic P2 and N1c auditory evoked potentials in musicians*, «The Journal of Neuroscience», vol. 23, pp. 5545-5552.
- Slater J., Strait D.L., Skoe E., O'Connell S., Thompson E. e Kraus N. (2014), *Longitudinal effects of group music instruction on literacy skills in low-income children*, «PLOS ONE», vol. 9, n. 11, doi:10.1371/journal.pone.0113383.
- Talcott J., Hansen P., Assoku E. e Stein J. (2000), *Visual motion sensitivity in dyslexia: Evidence for temporal and energy integration deficits*, «Neuropsychologia», vol. 38, pp. 935-943.
- Tallal P. e Gaab N. (2006), *Dynamic auditory processing, musical experience and language development*, «Trends in Neurosciences», vol. 29, pp. 382-390.
- Tallal P., Miller S. e Fitch R.H. (1993), *Neurobiological basis of speech: A case for the preeminence of temporal processing*, «Annals of the New York Academy of Sciences», vol. 682, pp. 27-47.
- Tallal P., Miller S.L., Bedi G., Wang X., Nagarajan S.S., Schreiner C., Jenkins W.M. e Merzenich M.M. (1996), *Language comprehension in language-learning impaired children improved with acoustically modified speech*, «Science», vol. 272, pp. 81-84.
- Temple E.E., Deutsch G.K., Poldrack R.A., Miller S.L., Tallal P., Merzenich M.M. e Gabrieli J.D.E. (2003), *Neural deficits in children with dyslexia ameliorated by behavioral remediation: Evidence from functional MRI*, «Proceeding of the National Academy of Science», vol. 100, pp. 2860-2865.

- Thompson J.M. e Goswami U. (2008), *Rhythmic processing in children with developmental dyslexia: Auditory and motor rhythms link to reading and spelling*, «Journal of Physiology», vol. 102, pp. 120-129.
- Tierney A. e Kraus N. (2013), *Music training for the development of reading skills*, «Progress in Brain Research», vol. 207, pp. 209-241.
- Wolf M. (1991), *Naming speed and reading: The contribution of the cognitive neurosciences*, «Reading Research Quarterly», vol. 26, pp. 123-141.
- Wolff P.H., Michel G.F., Ovrut M. e Drake C. (1990), *Rate and timing precision of motor coordination in developmental dyslexia*, «Developmental Psychology», vol. 26, pp. 82-89.
- Wolff P.H. (2002), *Timing precision and rhythm in developmental dyslexia*, «Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal», vol. 15, pp. 179-206.
- Wood C. e Terrell C. (1998), *Poor readers' ability to detect speech rhythm and perceive rapid speech*, «British Journal of Developmental Psychology», vol. 16, pp. 397-413.
- Woodruff Carr K., White-Schwoch T., Tierney A.T., Strait D.L. e Kraus N. (2014), *Beat synchronization predicts neural speech encoding and reading readiness in pre-schoolers*, «Proceedings of the National Academy of Sciences», vol. 111, pp. 14559-14564, doi:10.1073/pnas.1406219111.
- Ziegler J.C. e Goswami U. (2005), *Reading acquisition, developmental dyslexia, and skilled reading across languages: A psycholinguistic grain size theory*, «Psychological Bulletin», vol. 131, pp. 3-29.
- Ziegler J.C., Pech-Georgel C., George F. e Foxton J.M. (2012), *Global and local pitch perception in children with developmental dyslexia*, «Brain and Language», vol. 120, pp. 265-270.

Autore per corrispondenza

Alessandro Antonietti
Dipartimento di Psicologia
Università Cattolica del Sacro Cuore
Largo Gemelli, 1
20123 Milano
E-mail: alessandro.antonietti@unicatt.it

Germagnoli S., Bonacina S., Cancer A. e Antonietti A. (2016), *Dislessia e musica: dai meccanismi comuni ai trattamenti*, «Dislessia», vol. 13, n. 2, pp. 137-163, doi: 10.14605/DIS1321601