

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

**Dipartimento di Psicologia dello Sviluppo e
della Socializzazione - DPSS**

**Corso di Laurea Magistrale in Psicologia dello
Sviluppo e dell'Educazione**

Tesi di Laurea Magistrale

**Linguaggio e musica:
analisi della relazione tra le abilità di
comprensione linguistica e di
percezione musicale**

**Language and music:
analysis of the relationship between linguistic
comprehension and musical perception skills**

Relatrice/Relatore

Prof. Massimo Grassi

Dipartimento di Psicologia Generale - DPG

Laureanda:

Lucia Corsi

Matricola:

2014890

Anno Accademico 2022/2023

Abstract

In studi precedenti è stato individuato un legame tra il linguaggio e la musica riscontrando effetti di transfert del training musicale sulle competenze linguistiche, associazioni tra abilità proprie dei due domini (Cohrdes et al., 2016) e condivisione di meccanismi e aree corticali (Patel e Peretz, 1997; Patel et al., 1998; citati da Anvari et al., 2002). La presente tesi magistrale, basandosi su tali risultati, indaga la relazione tra l'abilità di comprensione linguistica e di percezione musicale ipotizzando che sia presente una correlazione positiva. È stato dunque svolto un esperimento online che prevedeva lo svolgimento autonomo di un breve questionario iniziale, di tre prove linguistiche e della batteria Mini-PROMS indagante la percezione musicale. Tra i partecipanti che hanno aderito all'esperimento, 102 rispettavano i criteri richiesti indicando di essere madrelingua italiani, non bilingui, residenti in Italia, con un'età compresa tra i 18 e i 60 anni e di non presentare difficoltà o disturbi dell'apprendimento. I risultati ottenuti hanno confermato l'ipotesi formulata, mostrando una correlazione positiva con effetto medio.

Sommario

1.	Introduzione	1
1.1	Abilità Linguistica.....	1
1.2	Abilità Musicale	4
1.3	Linguaggio e musica a confronto	5
2.	Esperimento	27
2.1	Partecipanti.....	27
2.2	Prove.....	28
2.3	Risultati	34
3.	Discussione	45
3.1	Limiti della ricerca	47
3.2	Prospettive future	47
	Bibliografia.....	49
	Ringraziamenti	73

1. Introduzione

L'abilità linguistica e l'abilità musicale sono due abilità cognitive sempre più indagate negli ultimi decenni. Associazioni tra abilità musicali e accuratezza nel percepire contrasto fonetico o prosodico sono state riportate in diversi studi. Wong et al. (2007b; citato da Patel e Iversen, 2007) suggeriscono che l'esperienza musicale influenzi i circuiti cerebrali del processamento sensoriale uditivo con conseguenze per il processamento linguistico. Studiare l'influenza del training musicale sulle abilità linguistiche è importante per questioni pratiche, quali l'importanza della musica in ambito educativo e riabilitativo, e teoriche, come il dibattito sulla modularità del processamento linguistico (Patel e Iversen, 2007). La presente ricerca ha come scopo quello di indagare la presenza di una correlazione tra l'abilità di comprensione linguistica e quella di percezione musicale. In particolare la si vuole studiare in una lingua trasparente come l'italiano, in quanto negli ultimi decenni la relazione tra i due domini è stata studiata maggiormente in lingue tonali o opache, come l'inglese. Prima di identificare la relazione tra linguaggio e musica, le somiglianze e le differenze è necessario descrivere questi domini.

1.1 Abilità Linguistica

Il linguaggio è una funzione cognitiva. Si tratta di un sistema complesso, che viene però acquisito in modo rapido e spontaneo e che è in continua evoluzione; è il risultato dell'interazione tra la componente genetica e l'esperienza ambientale. Si caratterizza come geneticamente determinato, in quanto la sua evoluzione è universale: l'acquisizione avviene in modi e tempi uguali, indipendentemente dalla lingua a cui i bambini sono sottoposti e dalla modalità in cui la lingua è espressa, sebbene ci siano delle differenze individuali nei tempi di apprendimento. Allo stesso tempo, il modo e la qualità con cui

avverrà lo sviluppo del linguaggio dipendono anche dal supporto fornito dall'ambiente. Secondo Bruner (1985) l'adulto ha il compito di sostenere il linguaggio offrendo: occasioni per sperimentare e praticare il linguaggio, supporto (inteso come supporto emotivo), insegnamenti pratici e momenti di condivisione e fungendo da modello. Sostiene dunque l'importanza della co-costruzione della conoscenza e riprende il concetto di "zona di sviluppo prossimale" di Vygotskij. Lo sviluppo linguistico, infatti, come lo sviluppo umano in generale, si forma nella relazione reciproca tra la parte genetica e quella ambientale: la parte genetica pone le basi e le limitazioni a ciò che si può diventare ed essere, configurandosi come condizione necessaria ma non sufficiente, mentre il compito della parte ambientale è allenare e fornire degli strumenti affinché l'espressione genetica si possa sviluppare, raccogliendo esperienze che poi si possono trasmettere alle generazioni future.

Una teoria sull'origine e sullo sviluppo del linguaggio sottolinea l'importanza della vicinanza del caregiver, che ha portato all'emissione di suoni melodici per attirare e mantenere l'attenzione dell'altra. Sostiene che la musica, sottoforma di vocalizzi melodici, sia stata la prima forma di comunicazione umana e che avrebbe cambiato funzione, nel momento in cui la funzione cognitiva era pronta a ricevere e a elaborare il loro significato, diventando parole e poi il loro insieme sintassi. Questa teoria è sostenuta dall'ontogenesi del linguaggio. Infatti, dallo sviluppo del sistema uditivo, durante il terzo mese di gravidanza, fino ai primi dieci mesi di vita il bambino percepisce il suono interpretandolo a livello cerebrale come una stessa cosa; soltanto in seguito riesce a distinguere la musica dal linguaggio. Inoltre, nei primi stadi del linguaggio il bambino produce la lallazione, composta da vocalizzi molto musicali. In più, il fatto che la musica si sia mantenuta e non estinta, pur non avendo una funzione di sopravvivenza, proverebbe il fatto per cui il

linguaggio si evolva da essa. Il linguaggio si è evoluto nella specie umana per assolvere una funzione comunicativa (Brandt et al., 2012), oltre che come strumento di rappresentazione concettuale: si impara a parlare con lo scopo comunicativo, cioè di condividere una conoscenza attraverso il messaggio linguistico. Ciò presuppone che il parlante e l'ascoltatore coinvolti abbiano un intento in comune e che abbiano una rappresentazione dell'altro come capace di avere intenzioni comunicative e di comprendere le intenzioni comunicative dell'altro. Questo implica che lo sviluppo del linguaggio e della comunicazione non avvenga in modo indipendente dalle altre competenze, per esempio l'intenzione comunicativa e la teoria della mente, presupponendo una stretta connessione tra il sistema cognitivo in generale e il sistema linguistico in particolare.

Il linguaggio, come osservabile nella comunicazione tra parlante e ascoltatore, si distingue in comprensione, cioè il linguaggio ricettivo, e produzione, competenza che viene eseguita nelle due fasi di pianificazione ed esecuzione e che segue sempre la comprensione. Oltre alla suddivisione in comprensione e produzione, il linguaggio è costituito da sottosistemi con regole e principi propri: fonologia, semantica, lessico, grammatica, testualità e pragmatica; che vengono acquisiti contemporaneamente dal bambino e sono padroneggiati dal parlante adulto sia in comprensione che in produzione.

1.1.1 Comprensione Linguistica

La comprensione è un processo automatico e ineluttabile. In essa sono implicate le competenze linguistiche, cognitive e sociali, che consentono di comprendere il messaggio linguistico e ciò che il parlante intende dire, anche dal punto di vista emotivo. Nel processo di comprensione linguistica si individua un input che arriva ai sensi, da cui vengono distinti i suoni linguistici, che vengono scansionati ed elaborati linguisticamente,

identificando le parole e la grammatica; da qui si costruisce una rappresentazione mentale del discorso, attribuendoci anche intenzioni, prosodia, motivazioni, etc. Si può dunque affermare che il processo di comprensione si divide in diverse tappe: riconoscimento delle parole, organizzazione del lessico, unione delle parole, comprensione di frasi, quindi l'analisi sintattica, e integrazione.

1.2 Abilità Musicale

La musica è l'arte di produrre successioni di suoni che possono variare per timbro, altezza o intensità. Come indicato da Brandt et al. (2012), per definire la musica è tuttavia necessario considerare anche la sua caratteristica culturale, la sua mutevolezza nel tempo, la sua ambiguità, anche a livello emotivo, e il fatto che qualsiasi suono possa essere trattato musicalmente. Nonostante venga spesso definita come “lingua delle emozioni” o “lingua universale”, è possibile osservare delle differenze nelle diverse culture, come si sia modificata negli anni e come le attribuzioni emotive, come le accezioni positive e negative legate alle scale maggiori e minori, siano culturalmente determinate. Per questi motivi gli autori suggeriscono di definire la musica come un modo creativo di giocare con i suoni contemporaneamente rigoroso e inclusivo, che abbraccia tutte le espressioni musicali attraversanti il tempo e le culture. La indicano, inoltre, come il naturale risultato nella relazione delle infrastrutture biologiche e della plasticità dell'immaginazione, evidenziando il dinamismo del processo creativo, e individuano la nascita delle capacità di impegnarsi e apprezzare la musica nelle prime fasi di acquisizione del linguaggio. Law e Zentner (2012) definiscono l'abilità musicale come il potenziale di apprendere la musica prima di una formazione e di risultati formali, sostenendo che diplomi e qualifiche possano al massimo indicare una stima di una generica realizzazione musicale.

Come nell'abilità linguistica, anche nell'abilità musicale sono presenti dei sottocomponenti, categorizzabili in due domini: frequenza, composto da tono, melodia e armonia, e tempo, comprendente ritmo, metro e pulsazione (Moritz et al., 2013). Queste componenti vengono organizzate in modalità sistematiche che variano a seconda della cultura, dello stile e del periodo storico. L'abilità musicale, inoltre, si suddivide in percezione, cioè nell'elaborazione ricettiva della musica, e produzione, competenza di composizione e riproduzione musicale.

1.2.1 Percezione Musicale

La percezione musicale è la componente di elaborazione ricettiva dell'abilità musicale. Per percepire correttamente la musica, l'ascoltatore deve essere in grado di segmentare i gruppi di toni in unità rilevanti e di riconoscere le variazioni tonali, ritmiche, di contesto e nella modalità di suonare degli esecutori del brano (Anvari et al., 2002). L'abilità di percezione musicale può dunque essere definita come la capacità di elaborare la musica nei sottocomponenti elencati precedentemente: tono, melodia, armonia, ritmo, metro e pulsazione.

1.3 Linguaggio e musica a confronto

Diversi studi indaganti gli effetti di transfert da un dominio all'altro e le relazioni tra i due domini supportano l'idea che le abilità linguistiche e musicali siano legate su diversi livelli (Cohrdes et al., 2016). Per esempio, Buzlaff (2000; citato da Cohrdes et al., 2016) ha riscontrato che in bambini di età prescolare il training di abilità musicali mostra un effetto di transfert positivo su abilità proprie del periodo precedente all'alfabetizzazione e sull'acquisizione dell'alfabetizzazione a scuola. Con il termine "transfert" si indica l'estendersi di abilità tra domini che condividono delle caratteristiche. Questa funzione, presentata nella "common-elements theory" di Thorndike e Woodworth (1901; citato da

Sala e Gobet, 2017a), si divide in near e far transfert, dove il near transfert è il transfert di abilità all'interno dello stesso dominio e viene osservato frequentemente, mentre il far transfert avviene tra due domini differenti ed è raro o pressoché inesistente (Melby-Lervåg et al., 2016; Sala et al., 2019; citati da Sala e Gobet, 2020). Tuttavia è possibile indurre il far transfert attraverso attività richiedenti uno sforzo cognitivo dominio specifico che stimolano abilità cognitive dominio generali, che si generalizzano attraverso i diversi domini (Strobach e Karbach, 2016; citato da Sala e Gobet, 2020), grazie all'attivazione delle strutture neurali condivise. Per questo motivo Taatgen (2016; citato da Sala e Gobet, 2020) considera il far transfert e l'accrescimento cognitivo dominio generale come prodotti del training dominio specifico. Nel caso specifico della musica e del suo ruolo nel portare a benefici cognitivi, Sala e Gobet (2020) propongono tre ipotesi: a. la musica ha un impatto diretto sull'intelligenza generale (Schellenberg, 2004; citato da Sala e Gobet, 2020), che poi si riflette sulle abilità cognitive specifiche: memoria, intelligenza fluida e generale, attenzione, processamento fonologico, etc.; b. la memoria di lavoro collega l'impegno nella musica con l'accrescimento cognitivo: le attività che richiedono un impegno cognitivo multimodale pensate per potenziare la memoria di lavoro portano a un aumento dell'intelligenza fluida e dell'apprendimento (Jaeggi et al., 2008; citato da Sala e Gobet, 2020); c. il training musicale ha un impatto positivo con la percezione dei suoni e, di conseguenza, sul processamento fonologico e sull'abilità di lettura (Patel, 2011; Tierney & Kraus, 2013; citati da Sala e Gobet, 2020); ipotesi sostenuta dalla condivisione di numerose strutture cerebrali e schemi neurali tra musica e linguaggio. Nonostante da diverse metanalisi sia risultato che il training musicale non abbia un impatto sulle abilità cognitive e accademiche (Sala e Gobet, 2017a, 2017b, 2020), è possibile osservare un near transfert, per esempio, utilizzando gli elementi delle

istruzioni musicali per facilitare l'apprendimento in altre discipline, come la notazione musicale aritmetica in aritmetica (Azaryahu et al., 2019; Courey et al., 2012; Ribeiro e Santos, 2017; Gobet, 2016; Gobet e Simon, 1996; citati da Sala e Gobet, 2020). Sono state anche identificate delle significative correlazioni positive per diverse competenze, come discriminazione tonale e fonetica (Anvari et al., 2002; Lamb e Gregory, 1993; citato da Cohrdes et al., 2016), ritmo e prosodia (Patel et al., 2006; citato da Cohrdes et al., 2016), abilità ritmiche e lettura (Douglas e Willats, 1994; citato da Cohrdes et al., 2016) e recupero di melodie e di frasi (Harms et al., 2014; citato da Cohrdes et al., 2016). Yu et al. (2017) hanno rilevato un effetto positivo sul processamento semantico, ma non su quello fonologico, negli individui con esperienza musicale. Sostengono che il processamento semantico possa beneficiare del miglioramento dell'integrazione uditivo-motoria generata dal training musicale: suonare uno strumento necessita dell'integrazione delle informazioni uditive con informazioni provenienti da altre modalità, che nel lungo periodo porta a un miglioramento delle funzioni percettive uditive e cognitive (George e Coch, 2011; Moreno et al., 2011; Strait et al., 2015; Wang et al., 2015; citati da Yu et al., 2017). Inoltre, il processamento semantico necessita dell'integrazione uditiva delle informazioni fonologiche e ortografiche per estrarre le informazioni semantiche. È stato poi riscontrato che abilità di processamento uditivo migliori portano a un miglioramento nel processamento del linguaggio parlato. Da ciò è stato suggerito che una costituzione genetica del sistema uditivo potrebbe essere alla base delle differenze della percezione del linguaggio parlato tra musicisti e non musicisti. Tale punto di vista suggerisce che effetti transfert del training musicale sarebbero particolarmente forti nelle abilità uditive e fonologiche (Cohrdes et al., 2016). In questo contesto, l'esperienza musicale (Gordon et al., 2015; citato da Cohrdes et al., 2016), l'intelligenza non verbale (Schellenberg,

2005; citato da Cohrdes et al., 2016) e le funzioni esecutive (Degé et al., 2011; citato da Cohrdes et al., 2016) medierebbero l'interrelazione tra competenze linguistiche e musicali. L'ipotesi della costituzione genetica del sistema uditivo alla base delle differenze della percezione del linguaggio parlato tra musicisti e non musicisti era stata suggerita anche sulla base delle differenze strutturali cerebrali. Come riportato da Norton et al. (2005), nei musicisti si osserva un volume maggiore della materia grigia o di alcune loro regioni cerebrali: corpo calloso anteriore, porzione mediale del giro di Heschl, giro frontale inferiore, cervelletto, tratto intrasulculare del giro precentrale (utilizzato come parametro della grandezza della corteccia motoria primaria). Nei musicisti con l'orecchio assoluto è stata poi osservata una maggiore asimmetria verso il lato sinistro del planum temporale (Keenan et al., 2001; Schlaug et al., 1995; citati da Norton et al., 2005). Tuttavia, i cambiamenti funzionali e strutturali del cervello possono essere dovuti alla plasticità e all'apprendimento, in quanto sono associati con l'acquisizione e l'esercitazione di nuove abilità (Karni et al., 1995; Maguire et al., 2000; Pascual-Leone et al., 1995; Stewart et al., 2003; Toni et al., 1998; citati da Norton et al., 2005) e le differenze nella struttura cerebrale variano con l'atteggiamento richiesto dall'ambiente (Emmorey et al., 2003; Hamzei et al., 2001; Penhune et al., 2003; citati da Norton et al., 2005). Queste differenze sono maggiori nei musicisti che hanno iniziato lo studio musicale in giovane età (Elbert et al., 1995; Hutchinson et al., 2003; Schlaug et al., 1995a, 1995b; citati da Norton et al., 2005). Inoltre, nei bambini che hanno frequentato lezioni di musica per 30 mesi è possibile osservare le differenze cerebrali anatomiche riscontrate nei musicisti, non presenti prima dell'inizio delle lezioni (Schlaug et al., 2009a; citato da Brandt et al., 2012). In più negli studi longitudinali in cui i bambini sono stati assegnati a lezioni musicali o di arte è stato osservato, tramite misurazioni comportamentali ed

elettrofisiologiche, che le lezioni musicali portano benefici per le abilità di lettura, dopo 6 mesi, e per la segmentazione linguistica, dopo 2 anni (Moreno et al., 2009; citato da Brandt et al, 2012; François et al., 2013).

È stato, infatti, riscontrato che l'esercizio e l'esperienza musicale comportano dei vantaggi rilevanti in ambito linguistico (Kraus e Chandrasekaran, 2010; Besson et al., 2011; Strait e Kraus, 2011; Slevc, 2012; citati da Brandt et al, 2012). Tra questi vi è un vantaggio nel processamento dei suoni a bassa frequenza: i musicisti mostrano una rappresentazione tronco encefalica tonale più fedele (Bidelman et al., 2011; citato da Brandt et al, 2012; Hutchins e Peretz, 2012; Kishon-Rabin et al., 2011; citati da Hutchins, 2018), sia per gli stimoli musicali che per le sillabe della lingua madre (Musacchia et al., 2007; citato da Brandt et al, 2012) e di una lingua tonale straniera (Wong et al., 2007a; citato da Brandt et al, 2012), probabilmente originata dal percorso di feedback che va dalla corteccia al tronco encefalico (Kraus e Chandrasekaran, 2010; citato da Brandt et al, 2012), portando a dei vantaggi pratici, come ad una migliore capacità di percepire i discorsi anche in contesti rumorosi (Parbery-Clark et al., 2009; Bidelman e Krishnan, 2010; citati da Brandt et al, 2012), riscontrata anche negli anziani (Parbery-Clark et al., 2011; Zendel e Alain, 2012; citati da Hutchins, 2018). L'esercizio musicale porta vantaggi anche nel processamento prosodico: i musicisti mostrano una maggiore sensibilità agli indizi prosodici emotivi (Thompson et al., 2004; Lima and Castro, 2011; citati da Brandt et al, 2012), sono più bravi ad individuare variazioni prosodiche sottili alla fine di espressioni nella lingua madre e in lingua straniera (Schön et al., 2004; Marques et al., 2007; citati da Brandt et al, 2012) e mostrano una migliore discriminazione di sottili contrasti di tempo nella lingua madre e nelle lingue straniere (Marie et al., 2011; Sadakata e Sekiyama, 2011; citati da Brandt et al, 2012). Questi benefici si traducono

nella capacità di percepire e imparare le strutture sonore di una seconda lingua (Slevc and Miyake, 2006; Lee and Hung, 2008; Delogu et al., 2010; citati da Brandt et al, 2012; Yang et al., 2014): i bambini che studiano musica sono più efficienti nell'estrarre le parole da un discorso in lingua straniera, oltre che nella discriminazione delle variazioni tonali e dell'inviluppo nel linguaggio parlato, hanno poi un vocabolario più ampio, un'abilità di lettura e un'intelligenza verbale migliori (Flaugnacco et al., 2015). Inoltre, il training musicale intensifica lo sviluppo comunicativo prelinguistico, come i gesti comunicativi (Gerry et al., 2012; citato da Brandt et al, 2012), la consapevolezza fonologica e la lettura (Lamb and Gregory, 1993; citato da Brandt et al, 2012; Anvari et al., 2002; Forgeard et al., 2008).

In alcuni studi è stato riscontrato che il linguaggio e la musica condividono alcuni meccanismi e aree corticali (Patel e Peretz, 1997; Patel et al., 1998; citati da Anvari et al., 2002), suggerendo che siano fortemente legati nel primo periodo dello sviluppo. Per esempio, il child directed speech o motherese, il linguaggio utilizzato per comunicare con gli infanti, contiene delle caratteristiche musicali: abbondanti ripetizioni, tono acuto, ritmo lento e variazioni di tono lente e ampie (Fernald, 1989; citato da Brandt et al, 2012); costituisce la prima trasmissione del linguaggio al bambino e favorisce l'apprendimento delle strutture sonore basandosi sugli aspetti musicali. L'infant directed speech e il canto aiutano l'apprendimento linguistico coinvolgendo il bambino catturandone l'attenzione, comunicandogli informazioni affettive (Fernald, 1989; citato da Brandt et al, 2012) e, successivamente, evidenziando gli schemi linguistici importanti (Kuhl et al., 1997; citato da Brandt et al, 2012). Inoltre, insieme alle espressioni facciali e ai gesti, le caratteristiche musicali del linguaggio forniscono un contesto più ricco di stimoli (Brandt et al, 2012). Questa tipologia di linguaggio è utilizzata in modo simile e spontaneo con gli infanti nelle

diverse culture e lingue (Dunn e Kendrick, 1982; Ferguson, 1964; Fernald, 1991; Fernald et al., 1989; Papousek, 1992; Werker et al., 1994; citati da Anvari et al., 2002). Inoltre gli infanti sono sensibili ad aspetti universali della struttura melodica (Schellenberg e Trainor, 1996; Schellenberg e Trehub, 1996; Trainor, 1997; Trainor e Heinmiller, 1998; Trainor e Trehub, 1993; citati da Anvari et al., 2002) e al ritmo (Baruch e Drake, 1997; Demany et al., 1977; Thorpe and Trehub, 1989; citati da Anvari et al., 2002). Ciò nonostante, l'inizio del completamento dell'apprendimento implicito delle scale e delle strutture armoniche avviene intorno ai 7 anni (Costo-Gioma, 1994; Trainor e Trehub, 1992, 1994; citati da Anvari et al., 2002).

Il linguaggio parlato è composto da suoni e i suoi attributi acustici possono essere utilizzati anche in ambito musicale: tono, ritmo e timbro. Le caratteristiche del linguaggio cui il feto è esposto sono le più musicali: suoni vocalici, toni e ritmi caratterizzati da una bassa frequenza. Ciò spiega la familiarità di queste caratteristiche alla nascita: i neonati mostrano preferenze per la voce materna (Mehler et al., 1978; citato da Brandt et al, 2012), i suoni della lingua madre (Mehler et al., 1988; Moon et al., 1993; citati da Brandt et al, 2012) e riconoscono gli stimoli sonori specifici uditi nell'utero materno, sia i discorsi (DeCasper e Spence, 1986; citato da Brandt et al, 2012) che parti di brani strumentali (James et al., 2002; citato da Brandt et al, 2012). Sono infatti in grado di discriminare i fonemi di tutte le lingue (Eimas et al., 1971; Werker e Tees, 1984; Dehaene-Lambertz e Dehaene, 1994 ; citati da Brandt et al, 2012) e di utilizzare il timbro per suddividere le sequenze sonore in segmenti distinti (McAdams e Bertoncini, 1997; citato da Brandt et al, 2012). Inoltre, la sensibilità alla componente ritmica nei neonati permette loro di distinguere le diverse lingue basandosi sulle caratteristiche ritmiche (Nazzi et al., 1998; citato da Brandt et al, 2012). Come riscontrato da Nazzi et. al (1998;

citato da Brandt et al, 2012) e Gervain e Mehler (2010; citato da Brandt et al, 2012) nelle loro ricerche, a 4 mesi i bambini mostrano una preferenza per le lingue facenti parte della stessa classe ritmica della loro lingua madre, indicando una predilezione per il ritmo più che per la lingua in sé (Friederici et al., 2007; citato da Brandt et al, 2012). Questa precoce attenzione al ritmo suggerisce che gli infanti assorbono gli accenti ritmici e la fonemica caratteristica della lingua madre nello stesso modo in cui ascoltano la musica (Ramus e Mehler, 1999; Ramus et al., 1999; citato da Brandt et al, 2012). Il pianto, la cui complessità melodica aumenta dopo i primi mesi di vita, è invece una prova dell'importanza che l'abilità melodica svolge nello sviluppo del linguaggio. Infatti, sono state osservate performance linguistiche più povere nei bambini che nei due anni precedenti non avevano mostrato un aumento della complessità melodica del pianto (Wermke e Mende, 2009; Wermke et al., 2007; citati da Brandt et al, 2012). Gli infanti utilizzano gli aspetti musicali del linguaggio come base di sostegno per il successivo sviluppo degli aspetti semantici e sintattici del linguaggio. Ne è un esempio il tono che è una caratteristica importante del linguaggio parlato anche nelle lingue atonali, in quanto le sillabe accentate aiutano a suddividere le parti del discorso in singole parole (Cutler and Norris, 1988; citato da Brandt et al, 2012). L'inflessione tonale è poi una delle principali caratteristiche della prosodia, che conferisce la struttura semantica e l'affezione emotiva; influenza, infatti, il significato della frase a seconda dell'enfasi attribuita. L'apprendimento del linguaggio per esposizione continua anche dopo la nascita attraverso il processo di apprendimento statistico o implicito (Perruchet e Pacton, 2006; citato da Brandt et al, 2012). Si tratta di un fenomeno generale ed è stato identificato anche nello sviluppo musicale (McMullen e Saffran, 2004; Hannon, 2010; citato da Brandt et al, 2012; Daikoku et al., 2014), oltre ad essere stato dimostrato per

l'apprendimento della segmentazione linguistica (Saffran et al., 1996; Mattys e Jusczyk, 2001; citati da Brandt et al, 2012), delle categorie fonetiche (Maye et al., 2002; citato da Brandt et al, 2012), degli schemi nelle sequenze tonali (Saffran et al., 1999; citato da Brandt et al, 2012) e timbriche (Tillmann and McAdams, 2004; citato da Brandt et al, 2012) e delle sequenze visive e tattili (Conway e Christiansen, 2005; citato da Brandt et al, 2012). Conway e Christiansen (2005; citato da Brandt et al, 2012) sostengono che gli schemi musicali sono i più suscettibili all'apprendimento statistico: un periodo di privazione uditiva in bambini con sordità congenita porta a difficoltà nell'apprendimento uditivo e nelle abilità di sequenziamento visivo (Conway et al., 2011; citato da Brandt et al, 2012), indicando che l'apprendimento musicale riveste un ruolo importante nell'acquisizione degli schemi sequenziali e temporali in generale (Conway et al., 2009; citato da Brandt et al, 2012). Un'informazione contrastante è stata rilevata da Peretz et al. (2012; citato da Brandt et al, 2012), che hanno riscontrato una difficoltà nell'apprendimento statistico delle sequenze tonali musicali in adulti con amusia congenita, a fronte di un apprendimento statistico dei suoni del linguaggio parlato nella norma. I risultati ottenuti da Daikoku et al. (2015) suggeriscono invece che l'amusia sia un disturbo della consapevolezza piuttosto che percettivo, in quanto, sebbene possano mostrare un apprendimento statistico musicale, mostrano poca fiducia in tale capacità. Tuttavia, l'apprendimento statistico delle informazioni musicali, sia del linguaggio che della musica, occupa un ruolo di rilievo nello sviluppo acustico.

La percezione musicale e linguistica inizia a specializzarsi per la cultura nativa tra i 6 e i 12 mesi. A 9 mesi, i bambini sono particolarmente sensibili agli schemi di accenti della loro lingua madre (Jusczyk, 2000; citato da Brandt et al, 2012), mentre a 12 mesi i bambini occidentali mostrano una capacità di identificare le note stonate superiore nelle

scale occidentali che in quelle giavanesi, come gli adulti (Lynch e Eilers, 1992; citato da Brandt et al., 2012). Il restringimento percettivo, specifico dell'esperienza culturale dell'infante, sembra essere un fenomeno dominio-specifico che attraversa tutte le modalità percettive, quindi non specifico della musica o del linguaggio (Pascalis et al., 2002; Scott et al., 2007; citati da Brandt et al., 2012). Johnson (2011; citato da Brandt et al., 2012) presume che il cervello si specializzi con lo sviluppo, riflettendo il graduale emergere dei circuiti neurali adulti. L'area temporale della voce nel solco temporale superiore sviluppa la selettività per l'identità vocale e la prosodia emotiva tra i 4 e i 7 mesi (Grossmann et al., 2010; Blasi et al., 2011; citati da Brandt et al., 2012), in corrispondenza con l'aumento della sensibilità culturale specifica agli aspetti del linguaggio parlato e della musica. Con il raggiungimento della sensibilità culturale iniziano a formarsi le basi per il processamento del significato e della sintassi (Figura 1).

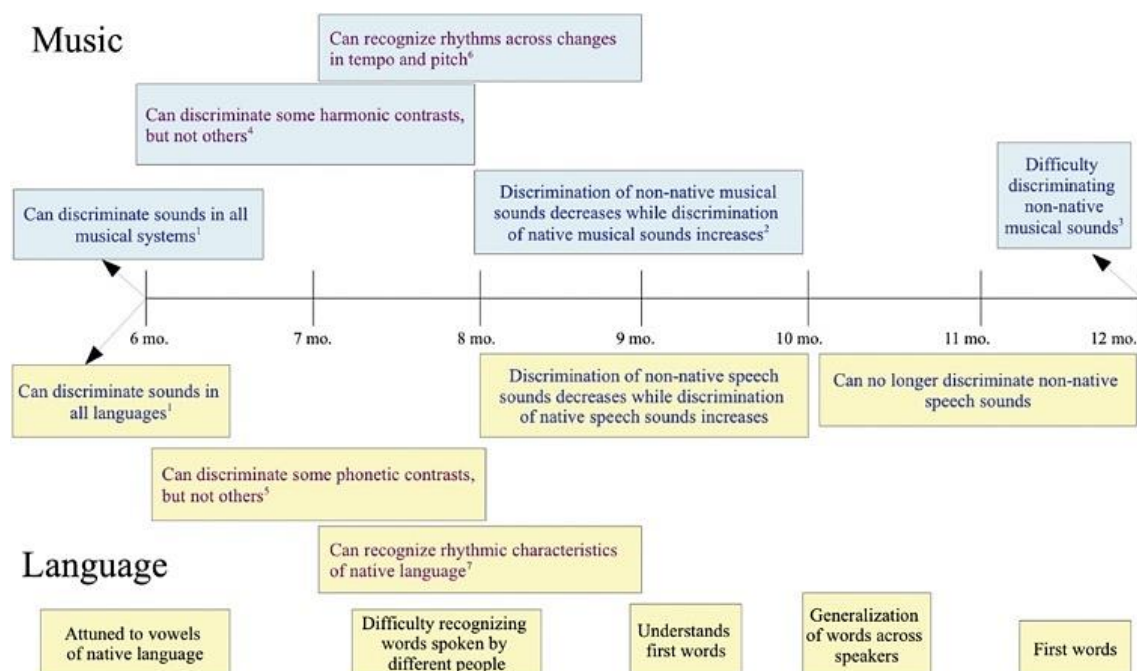
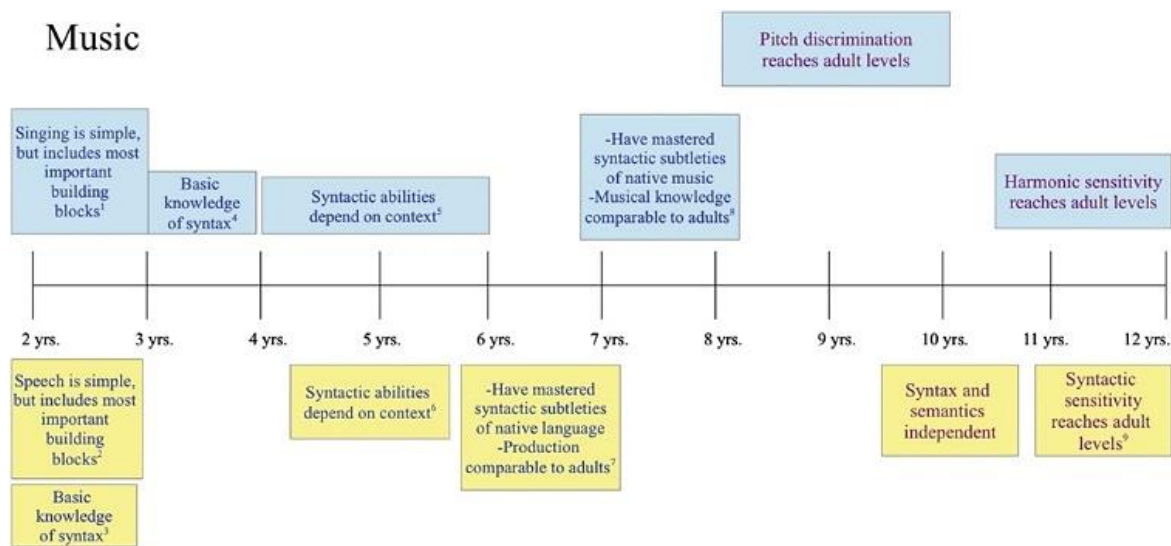


Figura 1 Lo sviluppo musicale e linguistico durante il primo anno di vita.

Sono riportate in blu le tappe che indicano un parallelismo nello sviluppo dei due domini, mentre in viola quelle che indicano una relazione ma non uno sviluppo analogo. (Brandt et al., 2012).

Esaminando lo sviluppo linguistico si osserva che tutti gli aspetti linguistici appresi alla nascita e durante il primo anno di vita sono musicali, mentre quelli che si allontanano più dalla musica si acquisiscono successivamente: lo sviluppo sintattico e semantico seguono la scoperta del significato referenziale delle parole. Dal momento in cui l'apprendimento sintattico raggiunge il suo culmine, tra i 18 e i 36 mesi, lo sviluppo musicale e linguistico procedono in modo separato ma parallelamente; gli aspetti musicali del linguaggio diventano secondari rispetto alle funzioni referenziali e discorsive. Tra i 2 e i 3 anni i bambini iniziano ad acquisire le competenze sintattiche proprie della loro lingua madre (Höhle et al., 2001; citato da Brandt et al, 2012) e della musica tipica della loro cultura (Corrigall e Trainor, 2009; citato da Brandt et al, 2012). A 6 anni padroneggiano la sintassi basica della lingua madre (Scott, 2004; Nuñez et al., 2011; citati da Brandt et al, 2012), ma l'apprendimento sintattico delle costruzioni linguistiche più complesse continua fino ai 10 anni (Friederici, 1983; citato da Brandt et al, 2012). Al contempo, i bambini di 5 anni mostrano delle risposte elettrofisiologiche agli accordi scorretti simili a quelle dell'adulto (Koelsch et al., 2003; citato da Brandt et al, 2012), ma non sono in grado di identificare i cambiamenti melodici che implicano armonie differenti fino all'età di 7 anni, quando la conoscenza delle strutture tonali native raggiunge quella dell'adulto (Trainor e Trehub, 1994; citato da Brandt et al, 2012). La capacità di discriminazione tonale e la sensibilità armonica raggiungono un livello pari a quello degli adulti alle età di 8 – 10 anni (Werner e Marean, 1996; citato da Brandt et al, 2012) e di 12 anni (Costa-Giomi, 2003; citato da Brandt et al, 2012). Nonostante tali similitudini temporali, Trainor e Corrigal (2010; citato da Brandt et al, 2012) hanno riscontrato che la formazione musicale permette ai bambini di raggiungere prima i traguardi dello sviluppo musicale (*Figura 2*).



Language

Figura 2 Lo sviluppo musicale e linguistico dai 2 ai 12 anni.

Sono riportate in blu le tappe che indicano un parallelismo nello sviluppo dei due domini, mentre in viola quelle che indicano una relazione ma non uno sviluppo analogo. (Brandt et al., 2012).

Come indicato da Yang et al. (2014), la musica e il linguaggio sono dei sistemi di comunicazione uditiva che condividono similitudini linguistiche e cognitive. Per esempio, la forma di produzione musicale del canto utilizza lo stesso apparato vocale della parola. In aggiunta, sia il linguaggio parlato che la musica utilizzano delle regole per combinare fonemi o note per generare un numero illimitato di frasi o enunciati significativi (Lerdahl e Jackendoff, 1983; citato da Anvari et al., 2002). Inoltre, come per il linguaggio, anche l'acquisizione delle strutture musicali può avvenire anche senza una formazione formale, ma semplicemente attraverso l'esperienza giornaliera (Anvari et al., 2002). Risulta poi possibile riconoscere un fonema o una melodia nonostante le variazioni di durata o ritmo, intensità, timbro e di tono, se gli intervalli tra i diversi toni rimangono corretti (Dowling and Harwood, 1986; citato da Anvari et al., 2002).

Sia nel linguaggio che nella musica gli elementi che le compongono sono ordinati in sequenze strutturate secondo i principi della sintassi. Tuttavia, negli ultimi decenni gli

studi di imaging neurale e neurofisiologici riguardanti la sintassi musicale e linguistica hanno portato risultati contrastanti. L'analisi di Patel (2003) illustra i due possibili risultati: una dissociazione dei processi sintattici musicali e linguistici o una sovrapposizione di questi processi. Molti hanno sostenuto che il linguaggio e la musica siano dei sistemi modulari innatamente distinti (Peretz e Coltheart, 2003; citato da Brandt et al, 2012). La prova a sostegno di ciò è la lateralizzazione dell'emisfero sinistro per la comprensione linguistica e la lateralizzazione dell'emisfero destro per la percezione della frequenza negli infanti (Dehaene-Lambertz et al., 2002, 2010; citati da Brandt et al, 2012). Ciò nonostante, queste asimmetrie emisferiche potrebbero riflettere le specializzazioni corticali per le proprietà uditive in genere (Zatorre et al., 2002; Hickok e Poeppel, 2007; citati da Brandt et al, 2012). Altri risultati suggeriscono che la specializzazione emisferica emerge con lo sviluppo. A sostegno di ciò, Betes et al. (1997; citato da Brandt et al, 2012) hanno riscontrato che precoci danni all'emisfero destro portano a più severe problematiche linguistiche, rispetto a precoci danni all'emisfero sinistro. Una seconda argomentazione a favore della separazione neurale della musica e del linguaggio riguarda la dissociazione delle abilità musicali e linguistiche che a volte è presente in alcuni pazienti con danni cerebrali. In alcuni casi possono essere presenti dei deficit musicali anche in assenza di deficit linguistici. Per esempio, in pazienti con amusia si riscontrano difficoltà nel processamento tonale a fronte di abilità linguistiche normotipiche (Ayotte et al., 2002; Peretz, 2006; citati da Brandt et al, 2012). Ciò nonostante, Liu et al. (2010; citato da Brandt et al, 2012) e Jones et al. (2009; citato da Brandt et al, 2012) hanno osservato negli amusici difficoltà in alcuni aspetti della percezione prosodica e delle competenze fonologiche e fonetiche. Possono anche essere presenti dei deficit linguistici a fronte di processamenti musicali preservati, provando la divisione dei due domini, pur

potendo essere anche dovuti alla specializzazione di abilità danneggiate che si sono evolute separatamente (Karmiloff-Smith, 1995; citato da Brandt et al, 2012). Come riportato da Tzortzis et al. (2000; citato da Brandt et al, 2012), la maggior parte dei casi che riporta processamenti musicali preservati e deficit linguistici è composta da musicisti professionisti. La piccola porzione di casi di non musicisti suggerisce che l'afasia in questa popolazione è accompagnata da deficit in aspetti dei processamenti tonali e armonici (Frances et al., 1973; Tallal e Piercy, 1973; citati da Brandt et al, 2012; Patel et al., 2008). Ulteriore prova a sfavore della tesi secondo cui l'acquisizione linguistica abbia una base musicale è la sua intrinseca natura sociale. Per esempio, l'efficacia del child directed speech è dovuta alla sua forte espressività sociale ed emotiva (Trehub, 2003; citato da Brandt et al, 2012). Poi, nonostante le caratteristiche musicali si abbinino bene a questa tipologia di comunicazione, esiste anche un motherese utilizzato nella lingua dei segni, preferito sia dai bambini sordi che udenti al linguaggio dei segni utilizzato dagli adulti (Masataka, 1996; citato da Brandt et al, 2012). Un ultimo punto è costituito dal fatto che i bambini sordi sono in grado di imparare la lingua dei segni, sebbene Petitto e Marentette (1991; citato da Brandt et al, 2012) e McClave (1994; citato da Brandt et al, 2012) suggeriscano che la natura ritmica ed espressiva dei gesti e la lallazione segnata possano essere considerati come un parallelo visivo della musicalità del linguaggio. Le prove a favore della sovrapposizione dei processi sintattici sono fornite dagli studi di imaging neurale: studi di imaging funzionale riportano che i compiti musicali attivano le aree linguistiche e viceversa, suggerendo che la musica e il linguaggio condividano dei substrati neurali (Gaab et al., 2003; Gaab e Schlaug, 2003; Koelsch et al., 2002, 2004; Patel, 2003; citati da Norton et al., 2005). Delle associazioni simili sono state trovate tra l'attitudine musicale e l'alfabetizzazione (Anvari et al., 2002) e tra il riconoscimento degli

schemi tonali e dell'abilità di lettura (Foxton et al., 2003; citato da Norton et al., 2005). Inoltre, a favore dell'ipotesi di condivisione dei substrati neurali, la ricerca di Lamb e Gregory (1993; citato da Anvari et al., 2002) suggerisce che le abilità di analisi uditiva utilizzate per il processamento linguistico, come l'unione e la segmentazione dei suoni in unità più piccole, siano simili a quelle necessarie per la percezione musicale, cioè la discriminazione ritmica, melodica e armonica. Infatti, l'apprendimento del linguaggio e quello della musica si basano su processi di apprendimento simili, nonostante si compongano di blocchi strutturali diversi: il linguaggio è composto da parole, sillabe e fonemi, mentre la musica occidentale è formata da ritmo, melodia (sequenze di toni) e armonie (toni simultanei) (Saffran et al., 1999; citato da Anvari et al., 2002). Inoltre, il processamento linguistico dipende dall'elaborazione globale dell'intonazione dei pattern del linguaggio parlato (Foxton et al., 2003; citato da Norton et al., 2005).

Seguendo le teorie cognitive per cui le rappresentazioni sintattiche linguistiche e musicali siano diverse, Patel (2003) suggerisce di distinguere la rappresentazione sintattica, cioè la conoscenza strutturale del dominio, dal processamento sintattico, l'operazione condotta su tale conoscenza per costruire un concetto coerente. Propone di analizzare il processamento linguistico e musicale alla luce della "Dependency Locality Theory" (DLT) di Gibson (1998; 2000; citati da Patel, 2003) e della "Tonal Pitch Space Theory" (TPS) di Lerdahl (2001; citato da Patel, 2003) per poi illustrare la "Shared Syntactic Integration Resource Hypothesis" (SSIRH). La DLT studia la comprensione delle frasi linguistiche e sostiene che essa coinvolge due componenti: il magazzino strutturale, che tiene traccia delle categorie sintattiche della frase mentre la si percepisce, e l'integrazione strutturale, che connette le parole con quelle precedenti a seconda della struttura della frase (Gibson, 1998; 2000; citati da Patel, 2003). La TPS riguarda, invece,

la percezione tonale in un contesto musicale: fornisce un modello algebrico per quantificare la distanza tonale tra due accordi musicali sequenziali, analizzando le distanze tra classi, accordi e chiavi tonali. Suggerisce che l'ascoltatore possa individuare le relazioni tra gli accordi e che il processamento impiegato sia influenzato dalla loro distanza in uno spazio cognitivo strutturato di classi, accordi e chiavi tonali (Lerdahl, 2001; citato da Patel, 2003). Entrambe le teorie sostengono che l'integrazione strutturale è una parte fondamentale del processamento sintattico. Considerando la sovrapposizione dei processi sintattici musicali e linguistici come una sovrapposizione delle aree neurali e delle operazioni necessarie per l'integrazione sintattica, Patel (2003) propone la SSIRH. Sostiene che le regioni neurali dove avviene l'integrazione sintattica sono delle "regioni processanti" che servono per attivare rapidamente e in modo selettivo le "regioni di rappresentazione" per fare in modo che avvenga l'integrazione. In questo modo riconcilia i contrasti riscontrati negli studi di imaging neurale e di neurofisiologia. Per esempio, sostiene l'attivazione delle aree linguistiche anteriori durante il processamento delle armonie musicali, trovata in studi precedenti (Maess et al., 2001; Koelsch et al., 2002; citati da Patel, 2003). Secondo questo punto di vista, le aree anteriori sono delle "regioni processanti" condivise che aiutano nell'attivazione delle rappresentazioni nelle regioni posteriori. Indica poi il danno alle rappresentazioni dominio-specifiche della sintassi musicale come la causa dell'amusia acquisita: in questi casi è stato spesso osservato un danneggiamento al giro superiore temporale (Peretz, 1993; Peretz et al., 1994; citati da Patel, 2003), importante per le rappresentazioni delle conoscenze armoniche. Nel 2002 Ayotte et al. (citato da Patel, 2003) hanno suggerito che l'amusia congenita sia causata da difficoltà nella discriminazione tonale fine, suggerendo che ci siano degli input strutturali necessari perché le mappe cognitive si sviluppino. La condivisione delle

“regioni processanti” alla base dell’integrazione sintattica linguistica e musicale proposta dalla SSIRH implica l’osservazione di un’interferenza tra l’integrazione sintattica musicale e linguistica nei compiti in cui siano richieste in modo combinato. Si ipotizza dunque che la sintassi linguistica e musicale condividano alcuni processi sintattici, che, dalle aree cerebrali sovrapposte, vengono elaborati su diverse rappresentazioni sintattiche dominio-specifiche nelle aree posteriori del cervello (Patel, 2003).

Nel 2011 Patel presenta la sua ipotesi “OPERA”, partendo dagli assunti secondo cui sia la musica che il linguaggio condividono le informazioni utilizzando tono, ritmo e timbro e che anni di allenamento nel processamento musicale migliorino la comprensione linguistica (Kraus e Chandrasekaran, 2010; citato da Patel, 2011). Indica che sono necessarie cinque condizioni perché ci sia un adattamento della plasticità della comprensione linguistica: 1. Sovrapposizione (Overlap) delle reti neurali processanti le caratteristiche acustiche linguistiche e musicali; 2. Precisione (Precision): un processamento di elaborazione uditiva preciso; 3. Emozione (Emotion): l’attività musicale deve comportare una forte emozione positiva; 4. Ripetizione (Repetition): l’attività musicale dev’essere ripetuta frequentemente; 5. Attenzione (Attention): l’attività musicale richiede la focalizzazione dell’attenzione. Una volta soddisfatti questi criteri, la plasticità neurale porta le reti neurali interessate a lavorare con maggiore precisione. Tale precisione è maggiore rispetto a quella richiesta dal linguaggio, che, condividendo queste reti neurali con la musica, ne beneficia (Patel, 2011, 2012; Choi, 2022). A sostegno di ciò è stato riscontrato che la qualità della decodifica subcorticale dei suoni linguistici è più alta negli individui che studiano musica (Musacchia et al., 2007; Wong et al., 2007a, Lee et al., 2009; Parbery-Clark et al., 2009; Strait et al., 2009; citati da Patel, 2011). È possibile interpretare queste differenze nel sistema uditivo tra musicisti

e non musicisti come anatomicamente innate o come fisiologiche. Per esempio, delle latenze più brevi e delle risposte FFR più forti al linguaggio parlato nei musicisti potrebbero essere dovute a un aumento della sincronia tra i neuroni in risposta ai suoni armonicamente complessi, riflettendosi a livello genetico nel numero o nella distribuzione spaziale delle connessioni sinaptiche tra i neuroni. È possibile spiegare l'associazione positiva tra il training musicale e una migliore decodifica neurale dei suoni linguistici, in assenza di plasticità del tronco encefalico applicata dalle esperienze, considerando la maggiore possibilità che una persona dall'udito più acuto persegua una formazione musicale. In alternativa, il training musicale porterebbe a una plasticità neurale tale da causare un migliore processamento subcorticale del linguaggio parlato. A evidenza di ciò la decodifica tronco encefalica dei suoni linguistici mostra segni di plasticità neurale dovuti all'esercizio di ascolto anche negli adulti (Song et al., 2008; citato da Patel, 2011). Inoltre, il grado di miglioramento della codifica tronco encefalica superiore del linguaggio nei musicisti correla in modo significativo con la quantità di esercizio musicale (Musaccia et al., 2007, 2008; Wong et al., 2007a; Lee et al., 2009; Strait et al., 2009; citati da Patel, 2011). Infine, negli studi longitudinali di imaging neurale sono state osservati dei cambiamenti strutturali e funzionali della corteccia uditiva, causati dal training musicale, che correlano con l'aumento dell'acutezza uditiva (Hyde et al., 2009; Moreno et al., 2009; citati da Patel, 2011). Il training musicale può migliorare l'attenzione selettiva, la capacità della memoria di lavoro e l'apprendimento delle regole acustiche che legano i suoni musicali tra loro; abilità cognitive importanti anche per lo sviluppo linguistico: la categorizzazione sonora può migliorare l'abilità di percezione linguistica e l'integrazione visiva delle informazioni musicali acustiche può facilitare il collegamento delle etichette linguistiche con il referente (Yang et al., 2014).

Allargando l'ipotesi OPERA, Choi (2022) ha riscontrato che può essere applicata in modo specifico alla comprensione della lingua madre e che è possibile osservare i vantaggi offerti dal training musicale nel differente utilizzo degli indizi acustici nei musicisti, per esempio nella percezione degli accenti.

Un ulteriore modello del transfert tra domini è proposto da “Precise Auditory Timing Hypothesis” (PATH; Tierney e Kraus, 2014; citato da Flaugnacco et al., 2015), secondo cui la maggiore precisione ritmica richiesta a livello uditivo e motorio dalla musica porterebbe a un miglioramento della percezione ritmica dei suoni del linguaggio, mostrandosi nei musicisti come un perfezionamento delle abilità fonologiche.

Si ricordi che il linguaggio è comunemente definito come il mezzo simbolico per la comunicazione, cui viene dunque riconosciuto lo scopo di essere compresi. Tuttavia il linguaggio parlato è un simbolo, mentre il suono è il portatore del messaggio. Lo stesso stimolo può quindi essere percepito come linguaggio o musica a seconda di come esso venga ascoltato. Per esempio, Deutsch et al. (2011; citato da Brandt et al, 2012) e Tierney et al. (2013; citato da Brandt et al, 2012) riportano che la registrazione di un discorso ascoltata in loop viene percepita come canto perché, una volta saturata l'attenzione per il significato, risultano più evidenti le caratteristiche melodiche dell'inflessione prosodica. Ciò nonostante, gli adulti processano il linguaggio parlato e la musica in modo differente, utilizzando pattern di dominanza emisferica opposta (Callan et al., 2006; Schön et al., 2010; citati da Brandt et al, 2012): il processamento linguistico si appoggia maggiormente sull'emisfero sinistro, mentre il processamento musicale su quello destro. Tuttavia, anche negli adulti sono presenti delle sovrapposizioni nelle regioni neurali adibite alla percezione musicale e del linguaggio: entrambi gli stimoli utilizzano il circuito bilaterale fronte-temporale (Griffiths et al., 1999; Merrill et al., 2012; citati da Brandt et al, 2012);

ma sono comunque presenti delle differenze nelle regioni responsive a questi stimoli, in quanto, con lo sviluppo, il cervello si specializza sempre di più nei vari domini (Durstun et al., 2006; Scott et al., 2007; citati da Brandt et al, 2012). L'attivazione fortemente sovrapposta al child directed speech e alla musica strumentale, che è invece presente nei neonati (Kotilahti et al., 2010; citato da Brandt et al, 2012), suggerisce che il diverso processamento cerebrale adulto emerga gradualmente con lo sviluppo. È stato inoltre riscontrato che la focalizzazione alle caratteristiche musicali del linguaggio può essere una strategia efficace nell'apprendimento di una seconda lingua (Slevc and Miyake, 2006; citato da Brandt et al, 2012). Nella ricerca di Gottfried et al. (2004; citato da Yang et al., 2014), per esempio, i partecipanti inglesi musicisti imitano meglio i toni lessicali del mandarino rispetto ai non musicisti. Ludke et al. (2014) hanno poi identificato il canto come la migliore condizione di apprendimento in confronto al parlato o al parlare a ritmo. Il canto sostiene l'apprendimento di una seconda lingua grazie alla sua natura melodica: la struttura tonale sostiene l'apprendimento verbale e la memoria, in quanto, come riscontrato in ricerche precedenti, aiuta il recupero e il richiamo delle informazioni (Peretz et al., 2004; Serafine et al., 1984; Yalch, 1991; citati da Ludke et al., 2014).

In studi indaganti i disturbi e i ritardi linguistici nei bambini sono state osservate anche difficoltà negli aspetti musicali del linguaggio e nei processi musicali. Ciò mostra che difficoltà nell'ascolto musicale sono associate a problematiche linguistiche, sostenendo l'idea secondo cui, sebbene la musica e il linguaggio si sviluppino separatamente, non siano mai separate a livello cerebrale. Si osservino la dislessia e il disturbo primario del linguaggio. La dislessia è un disturbo dell'apprendimento con effetti sulle abilità di spelling e di decodifica della scrittura, a fronte di comprensione e intelligenza nella norma, di un'adeguata educazione e in assenza di danni neurologici (Snowling e Hulme,

2012; citato da Flaugnacco et al., 2015). È associata a deficit nel processamento uditivo (Hämäläinen et al., 2013; citato da Brandt et al, 2012) e deriva da problemi nel rapido processamento temporale (Tallal e Piercy, 1973; citato da Brandt et al, 2012). Overy (2000; Overy et. al, 2003; citati da Brandt et al, 2012) ha riscontrato una percezione timbrica alterata in bambini con dislessia. Sono state poi osservate una minore sensibilità all'ampiezza delle modulazioni sonore e un'alterazione della percezione dell'aumento della velocità e del momento in cui si verifica il suono (Goswami et al., 2002; Muneaux et al., 2004; Surányi et al., 2009; citati da Brandt et al, 2012). Dato che questi ultimi due aspetti sono componenti del ritmo linguistico, è possibile affermare che i bambini dislessici riscontrino difficoltà nei compiti ritmici. Overy (2000; citato da Brandt et al, 2012), Goswami et al. (2002; citato da Brandt et al, 2012) e Huss et al. (2011; citato da Brandt et al, 2012) hanno trovato in questa popolazione difficoltà nel parlare e battere a tempo con il metronomo, nella percezione ritmica e della velocità. I deficit nel processamento uditivo riscontrati nella dislessia suggeriscono che l'ascolto musicale sia necessario per sviluppare le competenze di lettura. In alcuni casi di dislessia l'intervento musicale si è dimostrato utile (Bhide et al., 2013; Habib et al., 2016; Overy, 2003; citati da Hutchins, 2018): i musicisti con dislessia mostrano abilità uditive migliori e abilità fonologiche leggermente migliori rispetto a gruppi di controllo composti da non musicisti con dislessia (Hutchins, 2018). In particolare Overy (2000; citato da Yang et al., 2014) ha osservato che giochi ritmici e cantati portano a un miglioramento della consapevolezza fonologica. Flaugnacco et al. (2015) suggeriscono che i miglioramenti nelle abilità ritmiche e metriche causate dal training musicale portino al perfezionamento di alcune abilità, tra cui i processi uditivi e la sensibilità prosodica e fonemica, le abilità sequenziali, uditive e temporali orientanti l'attenzione. Ciò porterebbe a un miglioramento delle abilità

di lettura e della consapevolezza fonologica. Il disturbo primario del linguaggio si caratterizza per uno sviluppo atipico dell'abilità linguistica con un'intelligenza e un ambiente di apprendimento nella norma e in assenza di problematiche legate all'udito o emotive. Anche questo disturbo riflette le problematiche dell'ascolto musicale sottostanti. Presenta difficoltà nel rapido processamento temporale (Benasich e Tallal, 2002; citato da Brandt et al, 2012) e nella discriminazione dell'aumento della velocità (Corriveau et al., 2007; citato da Brandt et al, 2012), come nella dislessia. I bambini che hanno ricevuto diagnosi tardiva mostrano una sensibilità ridotta alla durata del suono (Friedrich et al., 2004; Corriveau et al., 2007; citati da Brandt et al, 2012). Il deficit prototipico del disturbo primario del linguaggio è legato al processamento sintattico (Jentschke et al., 2008; citato da Brandt et al, 2012). In aggiunta è associato a un indebolimento dell'apprendimento statistico delle sequenze tonali linguistiche e non (Evans et al., 2009; citato da Brandt et al, 2012). Queste informazioni suggeriscono che i deficit di apprendimento linguistico siano più facilmente comprensibili come deficit nel processamento degli input uditivi complessi, come la musica. Inoltre, una terapia a base musicale può essere un efficace trattamento per lo sviluppo e l'acquisizione linguistica in presenza di deficit (Schlaug et al., 2009b; citato da Brandt et al, 2012).

2. Esperimento

2.1 Partecipanti

Hanno aderito all'esperimento 117 partecipanti, tuttavia soltanto 102 rispettavano i criteri richiesti. Indagando la comprensione linguistica nella lingua italiana, è stato richiesto che quest'ultima fosse la loro lingua madre e non sono stati considerati casi di bilinguismo, residenze estere e di difficoltà e disturbi dell'apprendimento. Questi criteri hanno permesso di osservare dei risultati linguistici più puri, in quanto possono influenzare l'abilità linguistica: nel bilinguismo in particolare sono state osservate traiettorie dello sviluppo linguistico leggermente più lente e la capacità del vocabolario risulta distribuita nelle diverse lingue. Inoltre, come illustrato nel capitolo precedente, è stato osservato che i disturbi dell'apprendimento sono legati sia alle abilità linguistiche che musicali. Un ulteriore criterio di esclusione riguarda l'età: è stato chiesto che i partecipanti fossero maggiorenni e con età inferiore ai 60 anni per evitare influenze dovute alla presbiacusia, il declino uditivo dovuto all'età.

Tra i partecipanti rispettanti i criteri di esclusione 26 sono maschi e 76 femmine, con età media pari a 30.46 anni e una deviazione standard pari a 12.11 . Di questi due persone hanno dichiarato che il livello di istruzione più alto che avessero conseguito fosse la scuola media, 3 la scuola di formazione professionale, 14 l'istituto tecnico o professionale con diploma di maturità, 22 il liceo, 32 la laurea triennale, 3 il diploma in strumento di vecchio ordinamento, 22 la laurea magistrale, laurea a ciclo unico di vecchio ordinamento o il master e 4 il dottorato di ricerca. All'interno del campione sono state individuate 26 persone capaci di suonare uno strumento, di cui 24 da almeno tre anni. È stato poi chiesto di fare una stima del proprio livello uditivo e 49 persone hanno dichiarato che sia buono, 50 nella media e 3 scarso. Inoltre, sono state individuate due persone con orecchio

assoluto, che hanno risposto correttamente alla domanda in cui è stato loro chiesto di individuare la nota riprodotta.

I partecipanti sono stati reclutati tramite messaggio inoltrato tramite social network e servizi di messaggistica (facebook, whatsapp, telegram, etc.), dove sono state illustrate loro le caratteristiche richieste ed è stata fornita una spiegazione dell'esperimento insieme alla stima della durata.

2.2 Prove

L'esperimento è stato costruito sulla piattaforma LimeSurvey ed era possibile accedervi utilizzando il link presente nel messaggio di invito. È stato svolto dai partecipanti attraverso l'utilizzo di un dispositivo connesso ad internet in autonomia e in forma anonima: nella fase iniziale è stato richiesto di creare il proprio codice identificativo seguendo le indicazioni fornite. L'esperimento si divide in tre parti: un breve questionario iniziale sulle caratteristiche anagrafiche, tre compiti di comprensione linguistica ricavate dalla DDE-2 (Sartori et al., 2007) e dalle prove MT-2 (Cornoldi et al., 2010) e la batteria Mini-PROMS (Zentner e Strauss, 2017) per le prove di percezione musicale, con una durata complessiva di circa 25-30 minuti. Per completare i compiti al meglio è stato suggerito ai partecipanti di svolgere l'esperimento in un luogo silenzioso e utilizzando le cuffie.

2.2.1 Prove di comprensione linguistica

Per indagare l'abilità di comprensione linguistica è stato scelto di utilizzare le prove linguistiche 4 e 5 della batteria DDE-2 (Sartori et al., 2007) analizzanti rispettivamente il lessico e la morfosintassi e un compito di comprensione del testo: il brano A per la classe seconda della scuola superiore di secondo grado proveniente dalle prove MT-2 (Cornoldi et al., 2010). In ogni prova linguistica è stato attribuito 1 punto per ogni risposta corretta

e 0 punti per ogni risposta errata; il punteggio totale è composto dalla somma dei punti ottenuti.

Lessico

Il lessico è l'aspetto linguistico che più si modifica in relazione all'età e il dominio linguistico più influenzabile dall'esposizione: l'unico modo per acquisire il lessico è quello di essere esposti a quella parola. È dunque condizionato dal bilinguismo e dallo status socioeconomico: il bambino bilingue divide la propria giornata esposto alle due lingue, raggiungendo più tardi il quid per la comprensione e l'input a cui sono sottoposti i bambini a diverso SES sono qualitativamente e quantitativamente diversi (Hart e Risley, 2003). Si osserva poi un Matthew effect: chi ha un vocabolario migliore impara più velocemente mentre chi è più lento continuerà a essere più lento tanto da diventare un'atipia perché la forbice si allarga. Come per la semantica, anche il livello di elaborazione del dominio linguistico del lessico è la parola. Per questo motivo, lo si può considerare un indice del vocabolario. Quando si parla dello sviluppo del vocabolario si fa riferimento a tre suoi aspetti strettamente connessi tra loro: la parola, cioè la stringa di suoni, il significato, il concetto cui la parola si riferisce, e il referente, che indica la porzione di realtà a cui la parola si riferisce ed è collegato allo sviluppo simbolico. Per imparare una nuova parola, è necessario che la parola appena sentita venga associata sia al suo significato che al suo referente: soltanto conoscendone il significato e possedendone una rappresentazione sarà poi possibile riconoscerla. L'acquisizione delle parole e del loro significato implica l'identificazione della parola nel flusso sonoro del parlato, stabilire il significato della parola, capire in quali situazioni comunicative è opportuno usarla e fissare le relazioni semantiche e grammaticali con le altre parole presenti nel lessico.

Nella prova indagante l'abilità lessicale è stato chiesto di rispondere a ventiquattro domande riguardanti il significato della parola scegliendo tra le quattro opzioni fornite.

Morfosintassi

La morfosintassi è un insieme finito di regole utilizzabili per produrre un numero infinito di frasi. Riguarda la morfologia, cioè lo studio della forma delle parole e la loro classificazione nelle distinte parti del discorso, e la sintassi, lo studio delle funzioni delle parole nella frase e le regole in base a cui le parole si combinano in frasi. È il principale marker clinico del disturbo primario del linguaggio: infatti è particolarmente vulnerabile nei bambini a rischio o con disturbi del linguaggio, sia primari che secondari.

Per valutare questo indice è stata utilizzata una prova in cui si richiede di indicare se le venti parole presentate siano scritte in modo corretto o errato.

Comprensione del testo

Il testo è l'unità base della comunicazione umana e può trovarsi sia in forma scritta che orale. È la principale fonte di costruzione delle conoscenze, ma, contemporaneamente, sono necessarie delle competenze di base per poter comprendere i testi. Come indicato da Kintsch (1988) nel suo "Situational Model", per elaborare il testo è necessario cercare la coerenza tra le frasi, ma oltre a un'elaborazione linguistica è necessario utilizzare anche competenze non linguistiche. Per comprendere un testo è necessario costruirsi una rappresentazione del suo significato; per fare ciò è necessario coordinare e integrare le differenti fonti d'informazioni lessicali, sintattiche, semantiche e contestuali del testo con le proprie conoscenze linguistiche e non linguistiche. Deriva da un insieme di processi che avvengono a diverse profondità di elaborazione: il lettore maturo assegna un significato ai diversi item lessicali identificati tramite un'analisi e traduzione percettiva dello stimolo grafico, attribuendo contemporaneamente significato, valore sintattico e

coerente connessione interna alle diverse parti del testo, costruendo una macrostruttura globale che riflette l'argomento generale del testo (Kintsch e Van Dijk, 1978; citato da Cornoldi et al., 2010). Un ulteriore modello proposto è il modello multicomponente della comprensione del testo secondo cui sarebbe predetta da: abilità linguistiche di basso livello, tra cui il vocabolario recettivo e la conoscenza morfosintattica; abilità cognitive di alto livello, come le abilità inferenziali, che permettono di fare collegamenti, distinguibili in interferenze a ponte o di coesione, basate sul testo, e interferenze di integrazione, che permettono l'integrazione e la coerenza con le conoscenze precedenti, l'abilità di metacomprendimento e l'uso delle conoscenze sul mondo, sia linguistiche che non linguistiche di concetti e schemi, acquisite tramite l'esperienza; utilizzo della memoria verbale a breve e lungo termine e di lavoro e dell'attenzione. I testi sono infatti la principale fonte di apprendimento di nuove parole e la comprensione della frase e della struttura morfosintattica del testo sono prerequisiti della comprensione del testo, nonostante coinvolgano processi diversi. Per la comprensione del testo sono poi necessari meccanismi di inibizione, che consentono di selezionare le informazioni rilevanti per costruire una rappresentazione semantica coerente del testo. È stato infatti dimostrato che i bambini con difficoltà nella comprensione del testo hanno difficoltà a inibire le informazioni irrilevanti, mantenendo troppe informazioni.

Nella prova di comprensione del testo utilizzata è stato richiesto di leggere un testo scritto e, in seguito, rispondere a dieci domande, scegliendo tra le quattro alternative fornite.

2.2.2 Prove di percezione musicale

Per la valutazione dell'abilità di percezione musicale è stata utilizzata la versione in lingua italiana della batteria Mini-PROMS (Zentner e Strauss, 2017), nata dalla necessità

di proporre un test più breve della versione originale del Profile of Music Perception Skills (PROMS; Law e Zentner, 2012): composta dalle quattro prove di melodia, accento, intensità e tempo, richiede 15 minuti per la compilazione, un quarto del tempo proposto nella versione originale. In tutte le domande di ogni prova vengono presentate una traccia di riferimento, che verrà ripetuta una volta, e una traccia di confronto. Il compito del partecipante è riferire se queste tracce sono uguali o diverse, indicando anche il proprio grado di sicurezza (“decisamente uguali/diverse” o “probabilmente uguali/diverse”); nel caso in cui il partecipante non sia sicuro sulla risposta da fornire è invitato a selezionare la risposta “non so”. Sono stati attribuiti 1 punto per ogni risposta corretta con piena certezza (“decisamente uguali/diverse”), 0.5 punti per ogni risposta corretta con bassa certezza (“probabilmente diverse/uguali”) e 0 punti per ogni risposta errata o quando veniva selezionata l’opzione “non so”. Ogni prova inizia con un’esercitazione in cui viene fornito un feedback al partecipante.

Melodia

Con il termine “melodia” ci si riferisce a una successione di toni musicali che l’ascoltatore percepisce come un’unica entità. Nella prova di melodia, composta da 10 domande, sono state presentati degli stimoli musicali monofonici, con ritmo costante e con range tonale da G3 a C5 prodotti con una tastiera. La difficoltà è stata regolata manipolando la densità delle note e l’atonalità.

Accento

Nella presente prova viene utilizzato il termine “accento” per indicare una successione di elementi forti e deboli. Attraverso 10 domande, valuta, infatti, la capacità di distinguere l’enfasi posta ad alcune note facenti parte di un pattern ritmico, chiedendo di indicare se lo schema di accenti di riferimento sia seguito da un altro schema di accenti uguali o

diverso. In ogni domanda i ritmi delle tracce di riferimento e di confronto sono uguali. Per mostrare l'enfasi degli stimoli proposti, le note accentate vengono presentate con un'intensità pari a quella delle altre prove, mentre per le note non-accentate viene utilizzata un'intensità inferiore di 3dB. La difficoltà è stata modulata aumentando il numero dei cambiamenti d'intensità.

Intonazione

La prova di intonazione valuta la percezione delle differenze di tono: in ognuna delle 8 domande viene chiesto di indicare se il tono di riferimento sia seguito da un altro suono con intonazione uguale o diversa, quindi più acuto o più grave. Il tono è la controparte percettiva della frequenza acustica: maggiore è la frequenza, più alto è il tono. Il livello di difficoltà nel corso della prova è stato manipolato variando la differenza tonale tra la traccia di riferimento e di confronto, mentre l'intensità delle note è stata mantenuta costante.

Tempo

La prova di tempo valuta l'abilità di tenere il tempo, cioè la velocità o cadenza dell'estratto musicale. Indagando la percezione delle differenze nella velocità della musicale, nelle 8 domande che la compongono vengono presentate delle tracce di riferimento e di confronto che potrebbero avere una velocità uguale o diversa, utilizzando una velocità tra i 110 bpm e i 130 bpm. La difficoltà è stata manipolata diminuendo la differenza di velocità tra la traccia di riferimento e di confronto, da 7 bpm a 1 bpm, nei casi con maggiore difficoltà. Gli stimoli sono stati presentati utilizzando diverse strutture ritmiche e timbri: tamburi, basso, armonie e melodie, conga e shaker, rim shot voice.

2.3 Risultati

I risultati ottenuti dai partecipanti sono stati divisi nelle due categorie di comprensione linguistica e di percezione musicale sommando i punteggi ottenuti nelle prove di lessico, morfosintassi e comprensione del testo per la comprensione linguistica e nelle prove di melodia, intonazione, accento e tempo per la percezione musicale. Per ogni prova sono state calcolate la media e la deviazione standard dei punteggi riportate nella *Tabella 1*, da cui è possibile osservare la presenza di medie elevate e di scarsa variabilità nelle prove linguistiche, in particolar modo nelle prove di morfosintassi e di lessico.

Punteggi grezzi	media	deviazione standard	valore minimo	valore massimo
Lessico	23.29	1.35	0	24
Morfosintassi	19.78	0.52	0	20
Comprensione del testo	7.65	1.55	0	10
Comprensione linguistica	50.73	2.44	0	54
Melodia	5.13	1.58	0	10
Intonazione	4.18	1.64	0	8
Accento	4.96	1.76	0	10
Tempo	4.84	1.75	0	8
Percezione musicale	19.12	5.17	0	36

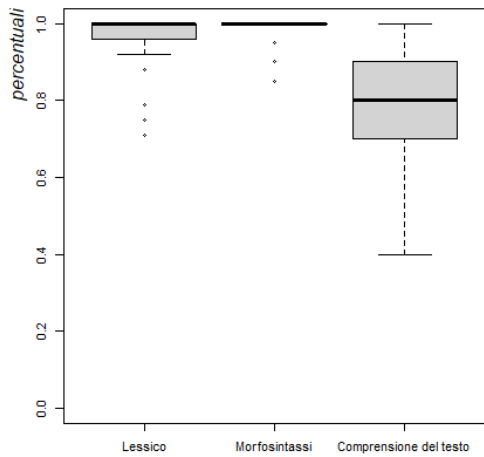
Tabella 1 Medie, deviazioni standard e valori minimi e massimi delle prove e degli indici composti di comprensione linguistica e di percezione musicale.

Sono state inoltre calcolate le percentuali dei punteggi ottenuti da ogni partecipante in ogni prova rispetto al punteggio massimo ottenibile e un indice totale della prestazione nelle due categorie di comprensione linguistica e di percezione musicale calcolando la

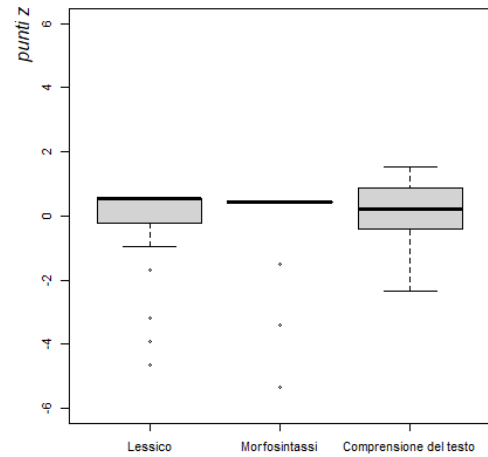
media delle proporzioni in ogni prova. Ciò ha permesso di ridistribuire equamente il peso delle prove, attribuendone uguale importanza, in quanto differiscono nel numero di domande. Sono stati poi computati anche gli scarti dalla media del gruppo per ogni prova e, come per le percentuali, la media degli scarti all'interno delle tre prove linguistiche e delle quattro prove musicali.

L'effetto soffitto, caratterizzato da una scarsa variabilità a fronte di una media molto alta, è particolarmente evidente nelle rappresentazioni grafiche del boxplot in cui il secondo, il terzo quartile e il baffo superiore del lessico tendono a sovrapporsi e l'intera scatola della prova di morfosintassi si riduce alla linea della mediana, nonostante si osservi uno scarso numero di outliers (*Grafici 1a e 1b*). Questa ridotta variabilità impatta anche sul punteggio complessivo dell'abilità linguistica dei partecipanti e potrebbe essere spiegata sulla base della loro età e scolarità, in quanto la maggior parte ha dichiarato di aver conseguito la laurea. Suddetto effetto è visibile sia nei grafici in cui i punteggi delle prove sono espressi sotto forma di percentuali che di punti z, nonostante i due grafici forniscano informazioni diverse per la descrizione dei dati: mentre le percentuali informano sulla loro collocazione, come la minore accuratezza riscontrata nella comprensione del testo rispetto alle altre prove linguistiche, i punti z rappresentano la distribuzione dei dati, per esempio l'indicazione di una mediana superiore a 0 nelle prove linguistiche, suggerisce la presenza di un maggior numero di valutazioni sopra la media. Per le competenze musicali si osserva invece una variabilità maggiore (*Grafici 1c e 1d*), ma è importante ricordare che soltanto una piccola porzione del campione sa suonare uno strumento. Questa differenza nella distribuzione dei risultati nelle prove linguistiche e musicali è maggiormente osservabile dai boxplot rappresentanti i due indici compositi (*Grafici 1e e 1f*). Nel boxplot in cui vengono rappresentati sotto forma di media degli

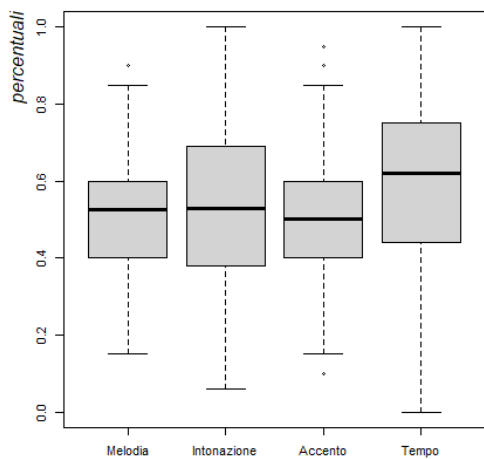
scarti si osservano scarti positivi e negativi per entrambi ma, mentre la mediana della musica è molto simile alla media, nel linguaggio la mediana è superiore alla media indicando un maggior numero di scarti positivi rispetto a quelli negativi e, conseguentemente, una prestazione più elevata.



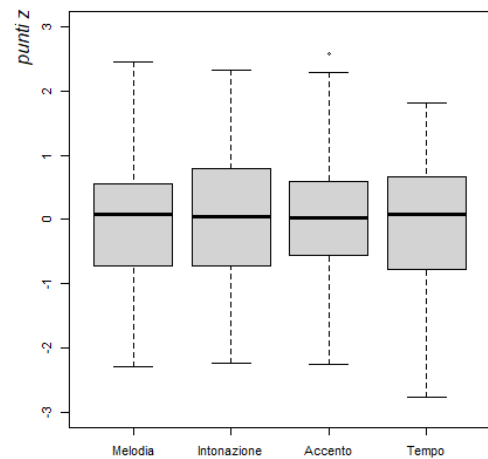
a.



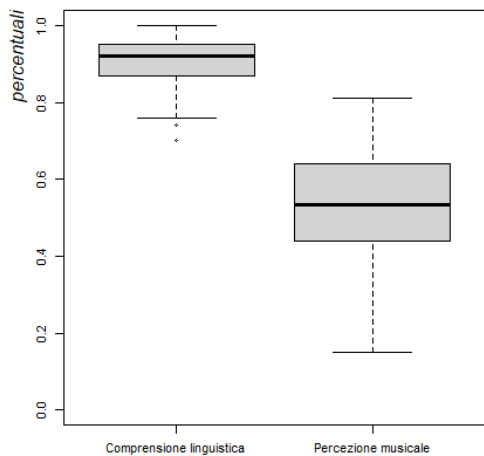
b.



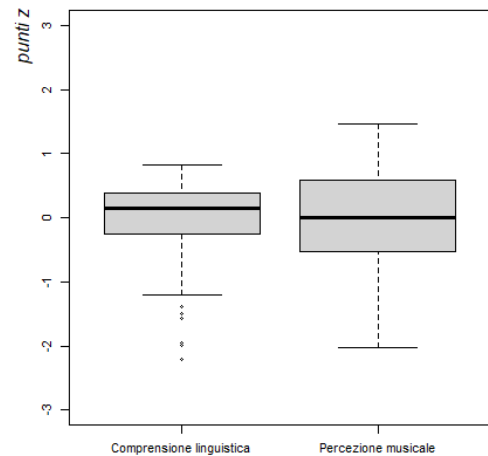
c.



d.



e.



f.

Grafico 1 Boxplot rappresentanti l'accuratezza e la distribuzione dei dati sotto forma di percentuali e di punti z nelle prove linguistiche (a. e b.), nelle prove musicali (c. e d.) e negli indici compositi di comprensione linguistica e di percezione musicale (e. e f.).

Dopo aver calcolato i diversi indici e osservato la distribuzione dei dati, sono stati poi messi in correlazione gli indici complessivi della comprensione linguistica e della percezione musicale espressi in forma di punteggi grezzi e di medie delle percentuali di risposte corrette ottenute nelle prove che li compongono. Considerando l'effetto soffitto ottenuto nelle prime due prove linguistiche, oltre all'indice di correlazione di Pearson sono stati calcolati anche quelli per ranghi di Spearman e di Kendall. In entrambe le forme la correlazione è risultata positiva e con un effetto medio, tranne utilizzando l'indice di Kendall con cui è stato riscontrato un effetto leggermente più debole. Tutti gli indici sono poi stati comparati con quelli della media degli scarti della comprensione linguistica e della percezione musicale (*Tabella 2 e Grafico 2*). In tutti i casi, sebbene con delle lievi differenze, è stata riscontrata una correlazione positiva con effetto medio e statisticamente significativa. Tuttavia, gli indici di correlazione calcolati sono stati influenzati dall'effetto soffitto sopradescritto, che si caratterizza come uno dei limiti della ricerca: la ridotta variabilità dell'abilità di comprensione linguistica rende ridotta la probabilità di osservare una correlazione con un'altra abilità, in questo caso la percezione musicale, perché dov'è presente poca variabilità può essere presente anche poca covariazione intrinseca. La moderata correlazione di 0.34 potrebbe dunque essere spiegata dalla scarsa variabilità dell'indice di comprensione linguistica legata al fatto che i soggetti sono adulti con alta scolarità, per cui ottengono delle prestazioni molto buone. Si osserva anche che la modalità del punto z si distribuisce un po' diversamente rispetto alle percentuali, la cui distribuzione è più vicina alla somma dei punti grezzi: soprattutto nell'area linguistica, gli indici nelle forme di percentuale e di punti z, sebbene in accordo, sono meno legati che non nella singola prova, in quanto indici compositi, e la loro differenza risente della poco omogenea ripartizione del numero di domande, quindi anche dei punteggi, tra le tre

prove. La scelta dell'adozione dei due indici compositi di media delle percentuali e di media degli scarti deriva dalla decisione di attribuire alla prova di comprensione del testo importanza pari a quella delle altre due prove. Pertanto, la differenza riscontrata attraverso la correlazione tra i due indici compositi nel linguaggio ($r = 0.85, p < 0.001$), rispetto alla musica dove l'indice r dista dalla corrispondenza positiva assoluta per due millesimi con un p -value inferiore a 0.001, potrebbe risalire a una minore variabilità nell'interpretazione come media degli scarti rispetto a quella delle percentuali dei punteggi nelle due aree come percentuale media.

		percezione musicale		
		punteggi grezzi	media delle percentuali	media degli scarti
comprensione linguistica	punteggi grezzi	$r(100) = 0.34$, $p < 0.001$; $\rho = 0.34$, $p < 0.001$; $\tau = 0.25$, $p < 0.001$	—	—
	media delle percentuali	—	$r(100) = 0.34$, $p < 0.001$; $\rho = 0.30$, $p = 0.002$; $\tau = 0.20$, $p = 0.003$	—
	media degli scarti	—	—	$r(100) = 0.29$, $p = 0.003$; $\rho = 0.30$, $p = 0.002$; $\tau = 0.20$, $p = 0.003$

Tabella 2 Tabella contenente gli indici di correlazione di Pearson, Spearman e Kendall rappresentanti la relazione della comprensione linguistica con la percezione musicale espresse in forma di punteggi grezzi, media delle percentuali ottenute nelle prove e media degli scarti del gruppo.

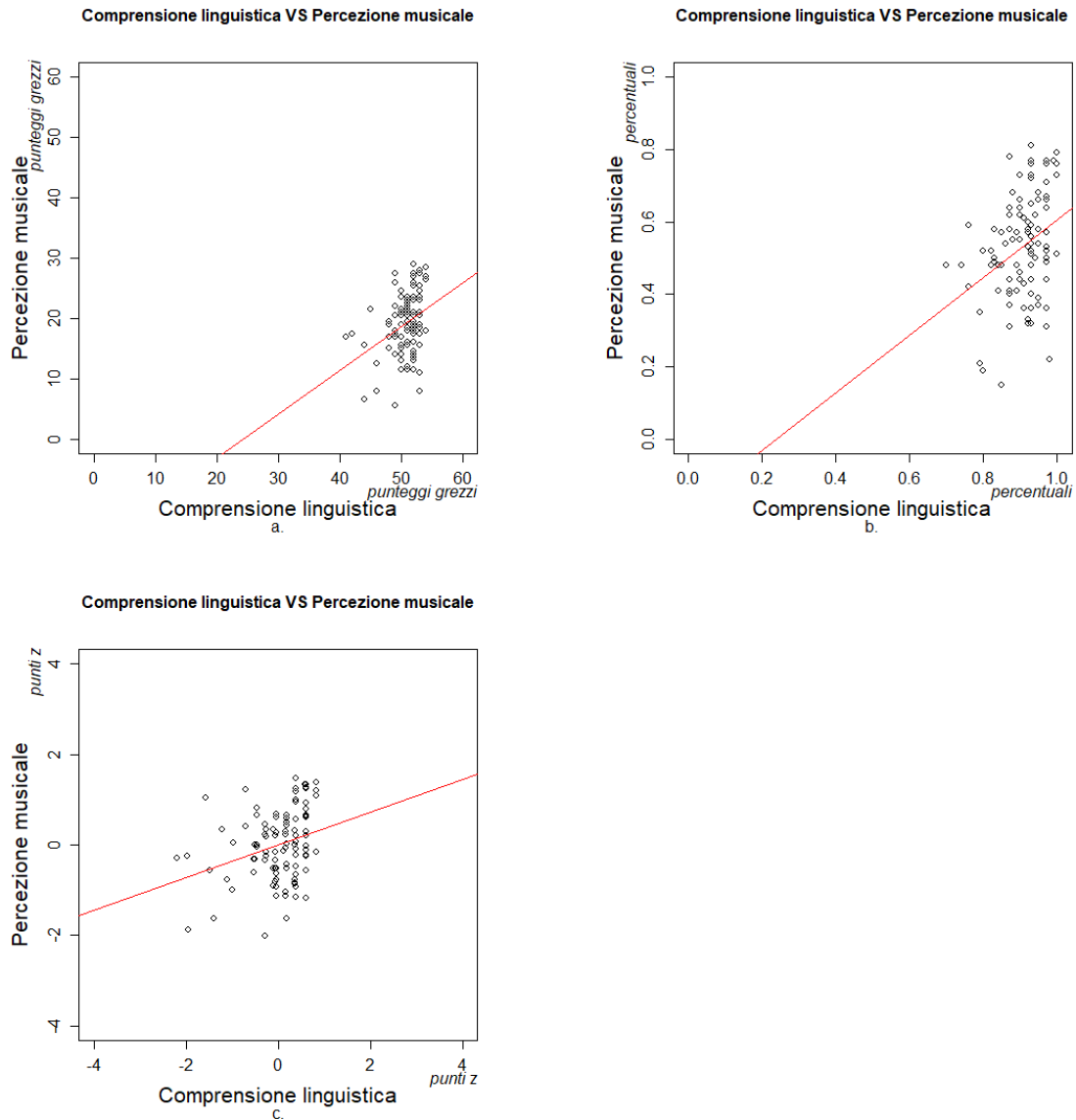


Grafico 2 Scatterplot rappresentanti la correlazione tra gli indici di comprensione linguistica e di percezione musicale nelle forme di a. punteggi grezzi, b. media delle percentuali e c. media degli scarti. La linea rossa rappresenta la retta di regressione individuata tra la comprensione linguistica e la percezione musicale nelle tre diverse forme.

Infine sono stati considerati gli indici di correlazione di Pearson tra le prove linguistiche e tra quelle musicali, indicati nelle *Tabelle 3 e 4* e rappresentati nei *Grafici 3 e 4*. In particolare sono state riscontrate tutte correlazioni positive, ad eccezione della correlazione tra le prove di morfosintassi e di comprensione del testo, caratterizzata da

un effetto piccolo ma non significativo, come l'effetto medio individuato tra quelle di lessico e morfosintassi, che potrebbero essere dovuti alla scarsa variabilità della prova di morfosintassi. È stato poi individuato un effetto medio anche tra lessico e comprensione del testo, melodia e tempo, intonazione e accento e tra accento e tempo. Sono state invece osservati degli effetti grandi tra melodia e intonazione, melodia e accento e tra intonazione e tempo.

comprensione linguistica	lessico	morfosintassi	comprensione del testo
morfosintassi	$r(100) = 0.35,$ $p = 0.73$	—	
comprensione del testo	$r(100) = 0.40,$ $p < 0.001$	$r(100) = -0.16,$ $p = 0.12$	—

Tabella 3 Tabella di correlazione contenente i coefficienti di correlazione di Pearson delle prove linguistiche.

percezione musicale	melodia	intonazione	accento	tempo
intonazione	$r(100) = 0.48,$ $p < 0.001$	—		
accento	$r(100) = 0.52,$ $p < 0.001$	$r(100) = 0.40,$ $p < 0.001$	—	
tempo	$r(100) = 0.39,$ $p < 0.001$	$r(100) = 0.53,$ $p < 0.001$	$r(100) = 0.39,$ $p < 0.001$	—

Tabella 4 Tabella di correlazione contenente i coefficienti di correlazione di Pearson delle prove musicali.

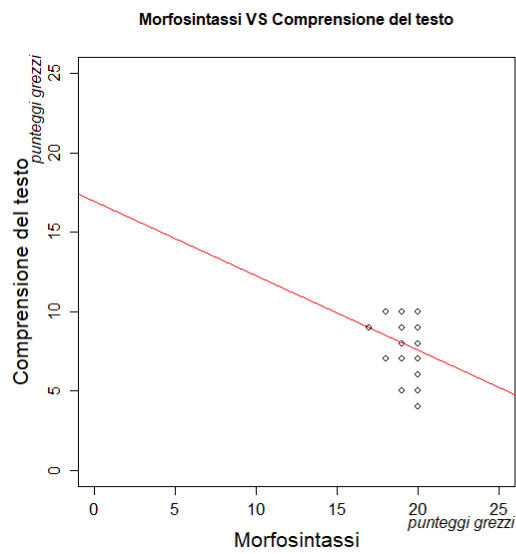
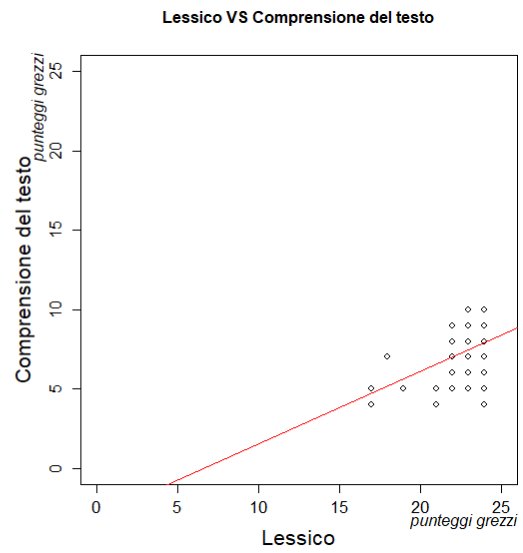
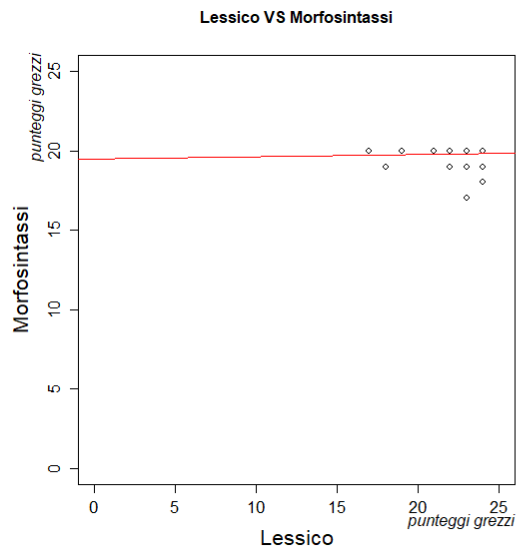


Grafico 3 Scatterplot rappresentanti le correlazioni tra le tre prove linguistiche e le relative rette di regressione tracciate in rosso.

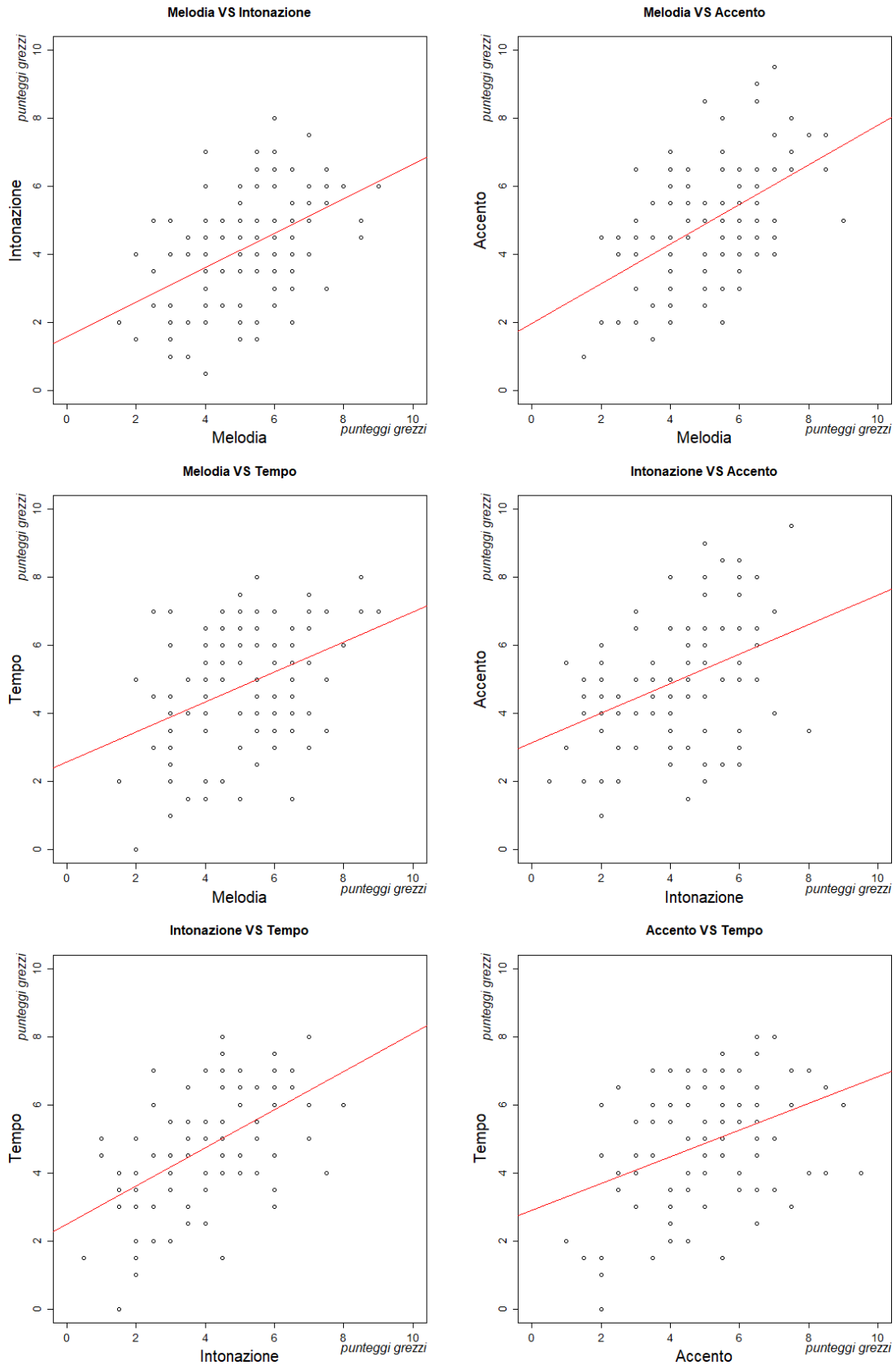


Grafico 4 Scatterplot rappresentanti le correlazioni tra quattro le prove musicali e le relative rette di regressione tracciate in rosso.

3. Discussione

La presente tesi indaga la relazione presente sulle abilità di comprensione linguistica e di percezione musicale. Basandosi sui risultati ottenuti precedentemente in letteratura in merito ad associazioni tra abilità musicali e accuratezza nel percepire il contrasto fonemico o prosodico, agli effetti di transfert del training musicale sulle competenze linguistiche (Cohrdes et al., 2016), alla condivisione di meccanismi e aree corticali (Patel e Peretz, 1997; Patel et al., 1998; citati da Anvari et al., 2002) e ad alcune correlazioni positive riscontrate tra competenze proprie dei domini linguistici e musicali (Cohrdes et al., 2016), si è ipotizzato che sia presente una correlazione positiva tra le due abilità. È stato dunque svolto un esperimento in cui si chiedeva ai partecipanti di completare, in autonomia utilizzando il proprio computer o cellulare, tre prove linguistiche di lessico, morfosintassi e comprensione del testo e quattro prove musicali di melodia, intonazione, accento e tempo.

I risultati ottenuti mostrano una correlazione positiva tra l'abilità di comprensione linguistica e di percezione musicale, confermando l'ipotesi formulata all'inizio dell'esperimento. Tuttavia, nell'osservare i dati raccolti è importante ricordare che, a fronte di un'alta scolarità, soltanto una piccola porzione del campione ha dichiarato di saper suonare uno strumento. Questo si traduce in una differente distribuzione della variabilità nelle prove linguistiche e musicali e, in particolar modo, in un effetto soffitto osservabile nelle prove di morfosintassi e di lessico. Ciò impatta sul punteggio complessivo e potrebbe spiegare la modesta correlazione positiva riscontrata tra le due abilità. Tale influenza si riscontra anche nella correlazione tra le tre prove linguistiche, dove la bassissima variabilità riscontrata nella prova di morfosintassi ha portato a delle

correlazioni poco significative con le altre due prove. Tra gli altri compiti, invece, sono stati trovate delle correlazioni positive significative con effetto medio o grande.

La correlazione positiva con effetto medio individuata tra le abilità di comprensione linguistica e di percezione musicale nel presente studio allarga le prospettive precedentemente illustrate in letteratura in cui venivano riportate delle correlazioni soltanto in alcuni aspetti dei due domini: discriminazione tonale e fonetica (Anvari et al., 2002; Lamb e Gregory, 1993; citato da Cohrdes et al., 2016), ritmo e prosodia (Patel et al., 2006; citato da Cohrdes et al., 2016), abilità ritmiche e lettura (Douglas e Willats, 1994; citato da Cohrdes et al., 2016), recupero di melodie e di frasi (Harms et al., 2014; citato da Cohrdes et al., 2016). Trova poi riscontro in precedenti osservazioni, in quanto si rispecchia nel parallelismo riscontrato nello sviluppo dei due domini che avviene per apprendimento statistico (Brandt et al., 2012) e nella presenza in entrambi di una sintassi di cui alcune ipotesi, come la SSIRH, riconoscono la sovrapposizione (Patel, 2003). Tale relazione trova conferma anche nell'effetto transfert individuato nelle precedenti ricerche, che secondo l'ipotesi OPERA avverrebbe in presenza delle cinque condizioni da cui prende nome e per cui la maggiore precisione richiesta alle reti neurali dalla musica porterebbe a un beneficio linguistico, in quanto i due domini condividerebbero le reti neurali (Patel, 2011). In particolare è stato osservato che l'esercizio e l'esperienza musicale portino a vantaggi in ambito linguistico nel processamento dei suoni a bassa frequenza, nel processamento prosodico e semantico, nella lettura, a un'intensificazione dello sviluppo comunicativo prelinguistico e della consapevolezza fonologica (Brandt et al., 2012; Anvari et al., 2002; Forgeard et al., 2008), come indicato dal modello di transfert tra domini PATH (Tierney e Kraus, 2014; citato da Flaugnacco et al., 2015). Inoltre, il suddetto legame tra le due abilità è visibile anche nei disturbi linguistici e uditivi, come

la dislessia e il disturbo primario del linguaggio, in cui si osservano difficoltà nella percezione timbrica, ritmica e della velocità (Overy, 2000; Goswami et al., 2002; Huss et al., 2011; citati da Brandt et al, 2012), nel processamento sintattico (Jentschke et al., 2008; citato da Brandt et al, 2012) e nell'apprendimento statistico delle sequenze tonali (Evans et al., 2009; citato da Brandt et al, 2012) e miglioramenti nella consapevolezza fonologica a seguito di giochi ritmici e cantati (Overy, 2000; citato da Yang et al., 2014), e la sordità congenita, dove periodi di deprivazione uditiva portano a difficoltà nell'apprendimento uditivo e nelle abilità di sequenziamento visivo, indicando l'importanza dell'apprendimento musicale nell'acquisizione degli schemi sequenziali e temporali in generale (Conway et al., 2009, 2011; citato da Brandt et al, 2012).

3.1 Limiti della ricerca

Il principale limite della ricerca è rappresentato dall'effetto soffitto riscontrato nelle prove linguistiche, dovuto, oltre all'età, all'alta scolarità dei partecipanti rispetto a quella per cui i test utilizzati sono standardizzati. Per questo motivo sarebbe opportuno ripetere l'esperimento utilizzando delle differenti prove linguistiche standardizzate per un'età e una scolarità più alte per osservare se anche in quel caso l'ipotesi venga confermata e si ottengano dei risultati analoghi.

3.2 Prospettive future

In futuro, oltre a verificare i risultati ottenuti con degli strumenti standardizzati per l'età indagata, sarebbe interessante analizzare la relazione tra la produzione linguistica e musicale. Indagare poi la relazione tra i due domini sia in comprensione che in produzione in età evolutiva permetterebbe di comprendere meglio la loro natura e sviluppo. Inoltre, ciò potrebbe avere un impatto sull'utilizzo della musica in ambito educativo e

riabilitativo, in quanto la conoscenza del legame tra queste due abilità consentirebbe un utilizzo più consapevole garantendo risultati migliori.

Bibliografia

Anvari, S.H., Trainor, L.J., Woodside, J., and Levy, B. A. (2002). Relations among musical skills, phonological processing, and early reading ability in preschool children. *J. Exp. Child Psychol.* 83, 111–130.

* Ayotte, J., Peretz, I., and Hyde, K. (2002). Congenital amusia: A group study of adults afflicted with a music-specific disorder. *Brain*, 125(2), 238-251.

* Azaryahu, L., Courey, S. J., Elkoshi, R., and Adi-Japha, E. (2020). ‘MusiMath’ and ‘Academic Music’—Two music-based intervention programs for fractions learning in fourth grade students. *Developmental science*, 23(4), e12882.

* Baruch, C., and Drake, C. (1997). Tempo discrimination in infants. *Infant Behavior and Development*, 20, 573–577.

* Bates, E., Thal, D., Trauner, D., Fenson, J., Aram, D., Eisele, J., and Nass, R. (1997). From first words to grammar in children with focal brain injury. *Developmental neuropsychology*, 13(3), 275-343.

* Benasich, A. A., and Tallal, P. (2002). Infant discrimination of rapid auditory cues predicts later language impairment. *Behavioural brain research*, 136(1), 31-49.

* Besson, M., Chobert, J., and Marie, C. (2011). Transfer of training between music and speech: common processing, attention, and memory. *Front. Psychol.* 2:94.

* Bhide, A., Power, A., and Goswami, U. (2013). A rhythmic musical intervention for poor readers: A comparison of efficacy with a letter-based intervention. *Mind, Brain, and Education*, 7(2), 113-123.

* Bidelman, G. M., Krishnan, A. (2010). Effects of reverberation on brainstem representation of speech in musicians and non-musicians. *Brain Res.* 1355, 112–125.

* Bidelman, G. M., Krishnan, A., and Gandour, J. T. (2011). Enhanced brainstem encoding predicts musicians' perceptual advantages with pitch. *Eur. J. Neurosci.* 33, 530–538.

* Blasi, A., Mercure, E., Lloyd-Fox, S., Thomson, A., Brammer, M., Sauter, D., Deeley, Q., Barker, G. J., Renvall, V., Deoni, S., Gasston, D., Williams, S. C. R., Johnson, M., Simmons, A., and Murphy, D. G. M. (2011). Early specialization for voice and emotion processing in the infant brain. *Curr. Biol.* 21, 1220–1224.

Brandt, A. K., Slevc, R., and Gebrian, M. (2012). Music and early language acquisition. *Frontiers in psychology*, 3, 327.

Bruner, J. (1985). Child's talk: Learning to use language. *Child Language Teaching and Therapy*, 1(1), 111-114

* Butzlaff, R. (2000). Can music be used to teach reading? *J. Aesthetic Educ.* 34, 167–178.

* Callan, D. E., Tsytsarev, V., Hanakawa, T., Callan, A. M., Katsuhara, M., Fukuyama, H., and Turner, R. (2006). Song and speech: brain regions involved with perception and covert production. *Neuroimage* 31, 1327–1342.

Choi, W. (2022). Towards a native OPERA hypothesis: musicianship and English stress perception. *Language and Speech*, 65(3), 697-712.

Cohrdes, C., Grolig, L., and Schroeder, S. (2016). Relating language and music skills in young children: a first approach to systemize and compare distinct competencies on different levels. *Frontiers in psychology*, 7, 1616.

* Conway, C. M., and Christiansen, M. H. (2005). Modality-constrained statistical learning of tactile, visual, and auditory sequences. *J. Exp. Psychol. Learn Mem. Cogn.* 31, 24–39.

* Conway, C. M., Pisoni, D. B., and Kronenberger, W. G. (2009). The importance of sound for cognitive sequencing abilities: the auditory scaffolding hypothesis. *Curr. Dir. Psychol. Sci.* 18, 275–279.

* Conway, C. M., Pisoni, D. B., Anaya, E. M., Karpicke, J., and Henning, S. C. (2011). Implicit sequence learning in deaf children with cochlear implants. *Dev. Sci.* 14, 69–82.

* Costo-Gioma, E. (1994). Recognition of chord changes by 4- and 5-year-old American and Argentine children. *Journal of Research in Music Education*, 42, 68–85.

* Costa-Giomi, E. (2003). Young children's harmonic perception. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 999, 477–484.

Cornoldi, C., Pra Baldi, A., Friso, G., Giacomini, A., Giofrè, D., & Zaccaria, S. (2010). Prove MT Avanzate di Lettura e Matematica 2 per il biennio della Scuola Secondaria di II grado. *Firenze: Organizzazioni Speciali*.

* Corrigan, K. A., and Trainor, L. J. (2009). Effects of musical training on key and harmony perception. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1169, 164–168.

* Corriveau, K., Pasquini, E., and Goswami, U. (2007). Basic auditory processing skills and specific language impairment: A new look at an old hypothesis.

* Courey, S. J., Balogh, E., Siker, J. R., and Paik, J. (2012). Academic music: Music instruction to engage third-grade students in learning basic fraction concepts. *Educational studies in mathematics*, 81(2), 251-278.

* Cutler, A., and Norris, D. (1988). The role of strong syllables in segmentation for lexical access. *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.* 14, 113–121.

Daikoku, T., Yatomi, Y., and Yumoto, M. (2015). Statistical learning of music-and language-like sequences and tolerance for spectral shifts. *Neurobiology of learning and memory*, 118, 8-19.

* DeCasper, J., and Spence, M. (1986). Prenatal maternal speech influences newborns' perception of speech sounds. *Infant Behav. Dev.* 9, 133–150.

* Dehaene-Lambertz, G., and Dehaene, S. (1994). Speed and cerebral correlates of syllable discrimination in infants. *Nature* 370, 1–4.

* Dehaene-Lambertz, G., Dehaene, S., and Hertz-Pannier, L. (2002). Functional neuroimaging of speech perception in infants. *science*, 298(5600), 2013-2015.

* Dehaene-Lambertz, G., Montavont, A., Jobert, A., Alliol, L., Dubois, J., Hertz-Pannier, L., and Dehaene, S. (2010). Language or music, mother or Mozart? Structural and environmental influences on infants' language networks. *Brain and language*, 114(2), 53-65.

Degé, F., and Schwarzer, G. (2011). The effect of a music program on phonological awareness in preschoolers. *Front. Psychol.* 2:124.

* Degé, F., Kubicek, C., and Schwarzer, G. (2011). Music lessons and intelligence: a relation mediated by executive functions. *Music Percept.* 29, 195–201.

* Delogu, F., Lampis, G., and Belardinelli, M. O. (2010). From melody to lexical tone: musical ability enhances specific aspects of foreign language perception. *Eur. J. Cogn. Psychol.* 22, 46–61.

* Demany, L., McKensie, B., and Vurpillot, E. (1977). Rhythm perception in early infancy. *Nature*, 266, 718–719.

* Deutsch, D., Henthorn, T., and Lapidis, R. (2011). Illusory transformation from speech to song. *J. Acoust. Soc. Am.* 129, 2245–2252.

* Douglas, S., and Willats, P. (1994). The relationship between musical ability and literacy skills. *J. Res. Read.* 17, 99–107.

* Dowling, W. J., and Harwood, D. L. (1986). *Music cognition*. Orlando, FL: Academic Press.

* Dunn, J., and Kendrick, C. (1982). The speech of two- and three-year-olds to infant siblings: “Baby talk” and the context of communication. *Journal of Child Language*, 9, 579–595.

* Durston, S., Davidson, M. C., Tottenham, N., Galvan, A., Spicer, J., Fossella, J. A., and Casey, B. J. (2006). A shift from diffuse to focal cortical activity with development. *Dev. Sci.* 9, 1–8.

* Eimas, P., Siqueland, E., Jusczyk, P., and Vigorito, J. (1971). Speech perception in infants. *Science* 171, 202–206.

* Elbert, T., Pantev, D., Wienbruch, C., Rockstroh, B., and Taub, E. (1995). Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players. *Science*, 270, 305–306.

* Emmorey, K., Allen, J. S., Bruss, J., Schenker, N., and Damasio, H. (2003). A morphometric analysis of auditory brain regions in congenitally deaf adults. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(10), 10049–10054.

* Evans, J. L., Saffran, J. R., and Robe-Torres, K. (2009). Statistical learning in children with specific language impairment.

* Ferguson, C. A. (1964). Baby Talk in six languages. *American Anthropologist*, 66, 103–114.

* Fernald, A. (1989). Intonation and communicative intent in mothers’ speech to infants: is the melody the message? *Child Dev.* 60, 1497–1510.

* Fernald, A. (1991). Prosody in speech to children: Prelinguistic and linguistic functions. *Annals of Child Development*, 8, 43–80.

* Fernald, A., Taeschner, T., Dunn, J., Papousek, M., de Boysson-Bardies, B., and Fukui, I. (1989). A cross-language study of prosodic modifications in mothers_ and fathers_ speech to preverbal infants. *Journal of Child Language*, 16, 477–501.

Flaugnacco, E., Lopez, L., Terribili, C., Montico, M., Zoia, S., and Schön, D. (2015). Music training increases phonological awareness and reading skills in developmental dyslexia: A randomized control trial. *PloS one*, 10(9), e0138715.

* Foxton, J. M., Talcott, J. B., Witton, C., Brace, H., McIntyre, F., and Griffiths, T. D. (2003). Reading skills are related to global, but not local, acoustic pattern perception. *Nature Neuroscience*, 6(4), 343–344.

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

François, C., Chobert, J., Besson, M., and Schön, D. (2013). Music training for the development of speech segmentation. *Cerebral Cortex*, 23(9), 2038-2043

* Frances, R., Lhermitte, F., and Verdy, M. F. (1973). Le déficit musical des aphasiques. *Applied Psychology*, 22(2), 117-135.

* Friederici, A. D. (1983). Children's sensitivity to function words during sentence comprehension. *Linguistics* 21, 717–739.

* Friederici, A. D., Friedrich, M., and Christophe, A. (2007). Brain responses in 4-month-old infants are already language specific. *Curr. Biol.* 17, 1208–1211.

- * Friedrich, M., Weber, C., and Friederici, A. D. (2004). Electrophysiological evidence for delayed mismatch response in infants at-risk for specific language impairment. *Psychophysiology*, 41(5), 772-782.
- * Gaab, N., and Schlaug, G. (2003). The effect of musicianship on pitch memory in performance matched groups. *NeuroReport*, 14, 2291–2295.
- * Gaab, N., Gaser, C., Zaehle, T., Jancke, L., and Schlaug, G. (2003). Functional anatomy of pitch memory—An fMRI study with sparse temporal sampling. *Neuroimage*, 19(4), 1417–1426.
- * George, E. M., and Coch, D. (2011). Music training and working memory: An ERP study. *Neuropsychologia*, 49(5), 1083-1094.
- * Gerry, D., Unrau, A., and Trainor, L. J. (2012). Active music classes in infancy enhance musical, communicative and social development. *Dev. Sci.* 15, 398–407.
- * Gervain, J., and Mehler, J.(2010). Speech perception and language acquisition in the first year of life. *Annu. Rev. Psychol.* 61, 191–218.
- * Gibson, E. (1998). Linguistic complexity: Locality of syntactic dependencies. *Cognition*, 68(1), 1-76.
- * Gibson, E. (2000). The dependency locality theory: A distance-based theory of linguistic complexity. *Image, language, brain*, 2000, 95-126.
- * Gobet, F. (2017). *Understanding expertise: A multi-disciplinary approach.* Bloomsbury Publishing.
- * Gobet, F., and Simon, H. A. (1996). Recall of random and distorted chess positions: Implications for the theory of expertise. *Memory and cognition*, 24(4), 493-503.
- * Gordon, R. L., Fehd, H. M., and McCandliss, B. D. (2015). Does music training enhance literacy skills? A meta-analysis. *Front. Psychol.* 6:1777.

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

* Gottfried, T. L., Staby, A. M., and Ziemer, C. J. (2004). Musical experience and Mandarin tone discrimination and imitation. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 115(5), 2545-2545.

* Griffiths, T. D., Johnsrude, I., Dean, J. L., and Green, G. G. (1999). A common neural substrate for the analysis of pitch and duration pattern in segmented sound? *Neuroreport* 10, 3825–3830.

* Grossmann, T., Oberecker, R., Koch, S. P., and Friederici, A. D. (2010). The developmental origins of voice processing in the human brain. *Neuron* 65, 852–858.

* Habib, M., Lardy, C., Desiles, T., Commeiras, C., Chobert, J., and Besson, M. (2016). Music and dyslexia: a new musical training method to improve reading and related disorders. *Frontiers in psychology*, 7, 26.

* Hämäläinen, J. A., Salminen, H. K., and Leppänen, P. H. (2013). Basic auditory processing deficits in dyslexia: systematic review of the behavioral and event-related potential/field evidence. *Journal of learning disabilities*, 46(5), 413-427.

* Hamzei, F., Liepert, J., Dettmers, C., Adler, T., Kiebel, S., Rijntjes, M., and Weiller, C. (2001). Structural and functional cortical abnormalities after upper limb amputation during childhood. *NeuroReport*, 12, 957–962.

* Hannon, E. E. (2010). “Musical enculturation: How young listeners construct musical knowledge through perceptual experience,” in *Neoconstructivism: the New Science of Cognitive Development*, ed. S. P. Johnson (New York, NY: Oxford University Press), 132–158.

* Harms, V. L., Cochran, C., and Elias, L. J. (2014). Melody and language: an examination of the relationship between complementary processes. *Open Psychol. J.* 7, 1–8.

Hart, B., and Risley, T. R. (2003). The early catastrophe: The 30 million word gap by age 3. *American educator*, 27(1), 4-9.

* Hickok, G., and Poeppel, D. (2007). The cortical organization of speech processing. *Nature reviews neuroscience*, 8(5), 393-402.

* Höhle, B., Weissenborn, J., Schmitz, M., and Ischebeck, A. (2001). “Discovering word order regularities: the role of prosodic information for early parameter setting,” in *Approaches to Bootstrapping: Phonological, Lexical, Syntactic and Neurophysiological Aspects of Early Language Acquisition*, eds J. Weissenborn and B. Höhle (Amsterdam: John Benjamins Publishing Company), 249–265.

* Huss, M., Verney, J. P., Fosker, T., Mead, N., and Goswami, U. (2011). Music, rhythm, rise time perception and developmental dyslexia: perception of musical meter predicts reading and phonology. *Cortex*, 47(6), 674-689.

Hutchins, S. (2018). Early childhood music training and associated improvements in music and language abilities. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 35(5), 579-593.

* Hutchinson, S., Lee, L. H. L., Gaab, N., and Schlaug, G. (2003). Cerebellar volume: Gender and musicianship effects. *Cerebral Cortex*, 13, 943–949.

* Hutchins, S. M., and Peretz, I. (2012). A frog in your throat or in your ear? Searching for the causes of poor singing. *Journal of Experimental Psychology: General*, 141(1), 76.

- * Hyde, K. L., Lerch, J., Norton, A., Forgeard, M., Winner, E., Evans, A. C., and Schlaug, G. (2009). Musical training shapes structural brain development. *Journal of Neuroscience*, 29(10), 3019-3025.
- * Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Jonides, J., and Perrig, W. J. (2008). Improving fluid intelligence with training on working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(19), 6829-6833.
- * James, D. K., Spencer, C. J., and Stepsis, B. W. (2002). Fetal learning: a prospective randomized controlled study. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 20, 431–438.
- * Jentschke, S., Koelsch, S., Sallat, S., and Friederici, A. D. (2008). Children with specific language impairment also show impairment of music-syntactic processing. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(11), 1940-1951.
- * Johnson, M. H. (2011). Interactive specialization: a domain-general framework for human functional brain development? *Dev. Cogn. Neurosci.* 1, 7–21.
- * Jones, J. L., Lucker, J., Zalewski, C., Brewer, C., and Drayna, D. (2009). Phonological processing in adults with deficits in musical pitch recognition. *Journal of communication disorders*, 42(3), 226-234.
- * Jusczyk, P. (2000). *The Discovery of Spoken Language*. Cambridge, MA: MIT Press.
- * Karmiloff-Smith, B. A. (1994). Beyond modularity: A developmental perspective on cognitive science. *European journal of disorders of communication*, 29(1), 95-105.
- * Karni, A., Meyer, G., Jezzard, P., Adams, M. M., Turner, R., and Ungerleider, L. G. (1995). Functional MRI evidence for adult motor cortex plasticity during motor skill learning. *Nature*, 377, 155–158.
- * Keenan, J. P., Thangaraj, V., Halpern, A. R., and Schlaug, G. (2001). Absolute pitch and planum temporale. *Neuroimage*, 14, 1402–1408.

Kintsch, W. (1988). The role of knowledge in discourse comprehension: a construction-integration model. *Psychological review*, 95(2), 163.

* Kintsch, W., and Van Dijk, T. A. (1978). Toward a model of text comprehension and production. *Psychological review*, 85(5), 363.

* Kishon-Rabin, L., Amir, O., Vexler, Y., and Zaltz, Y. (2001). Pitch discrimination: are professional musicians better than non-musicians?. *Journal of basic and clinical physiology and pharmacology*, 12(2), 125-144.

* Koelsch, S., Gunter, T. C., Cramon, D. Y. V., Zysset, S., Lohmann, G., and Friederici, A. D. (2002). Bach speaks: a cortical “language-network” serves the processing of music. *Neuroimage*, 17(2), 956-966.

* Koelsch, S., Grossmann, T., Gunter, T. C., Hahne, A., Schröger, E., and Friederici, A. D. (2003). Children processing music: electric brain responses reveal musical competence and gender differences. *J. Cogn. Neurosci.* 15, 683–693.

* Koelsch, S., Kasper, E., Sammler, D., Schulze, K., Gunter, T., and Friederici, A. D. (2004). Music, language and meaning: Brain signatures of semantic processing. *Nature Neuroscience*, 7, 302–307.

* Kotilahti, K., Nissilä, I., Näsi, T., Lipiäinen, L., Noponen, T., Meriläinen, P., Huotilainen, M., and Fellman, V. (2010). Hemodynamic responses to speech and music in newborn infants. *Hum. Brain Mapp.* 31, 595–603.

* Kraus, N., and Chandrasekaran, B. (2010). Music training for the development of auditory skills. *Nat. Rev. Neurosci.* 11, 599–605.

* Kuhl, P. K., Andruski, J. E., Chistovich, I., Chistovich, L. A., Kozhevnikova, E. V., Ryskina, V. L., Stolyarova, E. I., Sundberg, U., and Lacerda, F. (1997). Cross-language analysis of phonetic units in language addressed to infants. *Science* 277, 684–686.

* Lamb, S. J., and Gregory, A. H. (1993). The relationship between music and reading in beginning readers. *Educational Psychology*, 13, 13–27.

Law, L. N., and Zentner, M. (2012). Assessing musical abilities objectively: Construction and validation of the Profile of Music Perception Skills. *PloS one*, 7(12), e52508.

* Lee, C.-Y., and Hung, T.-H. (2008). Identification of Mandarin tones by English-speaking musicians and nonmusicians. *J. Acoust. Soc. Am.* 124, 3235–3248.

* Lee, K. M., Skoe, E., Kraus, N., and Ashley, R. (2009). Selective subcortical enhancement of musical intervals in musicians. *Journal of Neuroscience*, 29(18), 5832-5840.

* Lerdahl, F. (2001). *Tonal pitch space*. Oxford University Press, USA.

* Lerdahl, F., and Jackendoff, R. (1983). *A Generative Theory of Tonal Music*. London: MIT Press.

* Lima, C. F., and Castro, S. L. (2011). Speaking to the trained ear: musical expertise enhances the recognition of emotions in speech prosody. *Emotion* 11, 1021–1031.

* Liu, F., Patel, A. D., Fourcin, A., and Stewart, L. (2010). Intonation processing in congenital amusia: discrimination, identification and imitation. *Brain*, 133(6), 1682-1693.

Ludke, K. M., Ferreira, F., and Overy, K. (2014). Singing can facilitate foreign language learning. *Memory and cognition*, 42(1), 41-52.

* Lynch, M. P., and Eilers, R. E. (1992). A study of perceptual development for musical tuning. *Perception and Psychophysics*, 52(6), 599-608.

* Maess, B., Koelsch, S., Gunter, T. C., and Friederici, A. D. (2001). Musical syntax is processed in Broca's area: an MEG study. *Nature neuroscience*, 4(5), 540-545.

- * Maguire, E. A., Gadian, D. G., Johnsrude, I. S., Good, C. D., Ashburner, J., Frackowiak, R. S. J., et al.(2000). Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 97, 4398–4403.
- * Marie, C., Magne, C., and Besson, M. (2011). Musicians and the metric structure of words. *J. Cogn. Neurosci.* 23, 294–305.
- * Marques, C., Moreno, S., Castro, S. L., and Besson, M. (2007). Musicians detect pitch violation in a foreign language better than non-musicians: behavioural and electrophysiological evidence. *J. Cogn. Neurosci.* 19, 1453–1463.
- * Masataka, N. (1996). Perception of motherese in a signed language by 6-month-old deaf infants. *Developmental psychology*, 32(5), 874.
- * Mattys, S., and Jusczyk, P. W. (2001). Do infants segment words or recurring contiguous patterns? *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.* 27, 644–655.
- * Maye, J., Werker, J. F., and Gerken, L. (2002). Infant sensitivity to distributional information can affect phonetic discrimination. *Cognition* 82, B101–B111.
- * McAdams, S., and Bertoncini, J. (1997). Organization and discrimination of repeating sound sequences by newborn infants. *J. Acoust. Soc. Am.* 102, 2945–2953.
- * McClave, E. (1994). Gestural beats: The rhythm hypothesis. *Journal of psycholinguistic research*, 23(1), 45-66.
- * McMullen, E., and Saffran, J. R.(2004). Music and language: a developmental comparison. *Music Percept.* 21, 289–311.
- * Mehler, J., Bertoncini, J., Barriere, M., and Gerschenfeld, D. J.(1978). Infant recognition of mother’s voice. *Perception* 7, 491–497.

* Mehler, J., Jusczyk, P., and Lamsertz, G. (1988). A precursor of language acquisition in young infants. *Cognition* 29, 143–178.

* Melby-Lervåg, M., Redick, T. S., and Hulme, C. (2016). Working memory training does not improve performance on measures of intelligence or other measures of “far transfer” evidence from a meta-analytic review. *Perspectives on Psychological Science*, 11(4), 512-534.

* Merrill, J., Sammler, D., Bangert, M., Goldhahn, D., Lohmann, G., Turner, R., and Friederici, A. D.(2012). Perception of words and pitch patterns in song and speech. *Front. Psychol.* 3:76.

* Moon, C., Cooper, R. P., and Fifer, W. P.(1993). Two-day-olds prefer their native language. *Infant Behav. Dev.* 16, 495–500.

* Moreno, S., Marques, C., Santos, A., Santos, M., Castro, S. L., and Besson, M. (2009). Musical training influences linguistic abilities in 8-year-old children: more evidence for brain plasticity. *Cereb. Cortex* 19, 712–723.

* Moreno, S., Bialystok, E., Barac, R., Schellenberg, E. G., Cepeda, N. J., and Chau, T. (2011). Short-term music training enhances verbal intelligence and executive function. *Psychol. Sci.* 22, 1425–1433.

Moritz, C., Yampolsky, S., Papadelis, G., Thomson, J., and Wolf, M. (2013). Links between early rhythm skills, musical training, and phonological awareness. *Reading and Writing*, 26(5), 739-769.

* Muneaux, M., Ziegler, J. C., Truc, C., Thomson, J., and Goswami, U. (2004). Deficits in beat perception and dyslexia: Evidence from French. *NeuroReport*, 15(8), 1255-1259.

* Musacchia, G., Sams, M., Skoe, E., and Kraus, N. (2007). Musicians have enhanced subcortical auditory and audiovisual processing of speech and music. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(40), 15894-15898.

* Musacchia, G., Strait, D., and Kraus, N. (2008). Relationships between behavior, brainstem and cortical encoding of seen and heard speech in musicians and non-musicians. *Hearing research*, 241(1-2), 34-42.

* Nazzi, T., Bertoni, J., and Mehler, J. (1998). Language discrimination by newborns: toward an understanding of the role of rhythm. *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.* 24, 756–766.

Norton, A., Winner, E., Cronin, K., Overy, K., Lee, D. J., and Schlaug, G. (2005). Are there pre-existing neural, cognitive, or motoric markers for musical ability?. *Brain and cognition*, 59(2), 124-134

* Nuñez, S. C., Dapretto, M., Katzir, T., Starr, A., Bramen, J., Kan, E., Bookheimer, S., and Sowell, E. R. (2011). fMRI of syntactic processing in typically developing children: structural correlates in the inferior frontal gyrus. *Dev. Cogn. Neurosci.* 1, 313–323.

* Overy, K. (2000). Dyslexia, temporal processing and music: The potential of music as an early learning aid for dyslexic children. *Psychology of music*, 28(2), 218-229.

* Overy, K. (2003). Dyslexia and music: From timing deficits to musical intervention. *Annals of the New York academy of sciences*, 999(1), 497-505.

* Overy, K., Nicolson, R. I., Fawcett, A. J., and Clarke, E. F. (2003). Dyslexia and music: measuring musical timing skills. *Dyslexia*, 9(1), 18-36.

* Papousek, M. (1992). Early ontogeny of vocal communication in parent–infant interactions. In H. Papousek, U. Jurgens, and M. Papousek (Eds.), *Nonverbal vocal communication* (pp. 230–261). New York: Cambridge University Press.

* Parbery-Clark, A., Skoe, E., and Kraus, N. (2009). Musical experience limits the degradative effects of background noise on the neural processing of sound. *Journal of Neuroscience*, 29(45), 14100-14107.

* Parbery-Clark, A., Strait, D. L., Anderson, S., Hittner, E., and Kraus, N. (2011). Musical experience and the aging auditory system: implications for cognitive abilities and hearing speech in noise. *PLoS ONE* 6, e18082.

* Pascual-Leone, A., Dang, N., Cohen, L. G., et al. (1995). Modulation of muscle responses evoked by transcranial magnetic stimulation during the acquisition of new fine motor skills. *Journal of Neurophysiology*, 74, 1037–1044.

Patel, A. D. (2003). Language, music, syntax and the brain. *Nature Neuroscience*, 6, 674–681.

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

Patel, A. D. (2012). The OPERA hypothesis: assumptions and clarifications. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1252(1), 124-128.

* Patel, A. D., and Peretz, I. (1997). Is music autonomous from language? A neuropsychological appraisal. In I. Deliège and J. A. Sloboda (Eds.), *Perception and cognition of music* (pp. 191– 215). Hove, England: Erlbaum.

* Patel, A. D., Peretz, I., Tramo, M. J., and Labrecque, R. (1998). Processing prosodic and musical patterns: A neuropsychological investigation. *Brain and Language*, 61, 123–144.

* Patel, A. D., Iversen, J. R., and Rosenberg, J. C. (2006). Comparing the rhythm and melody of speech and music: the case of British English and French. *J. Acoust. Soc. Am.* 119, 3034–3047.

Patel, A. D., and Iversen, J. R. (2007). The linguistic benefits of musical abilities. *Trends in cognitive sciences*, 11(9), 369-372.

Patel, A. D., Iversen, J. R., Wassenaar, M., and Hagoort, P. (2008). Musical syntactic processing in agrammatic Broca's aphasia. *Aphasiology*, 22(7-8), 776-789.

* Pascalis, O., deHaan, M., and Nelson, C. A. (2002). Is face processing species-specific during the first year of life? *Science* 296, 1321–1323.

* Penhune, V. B., Cismaru, R., Dorsaint-Pierre, R., Petitto, L. A., and Zatorre, R. J. (2003). The morphometry of auditory cortex in the congenitally deaf measured using MRI. *Neuroimage*, 20, 1215–1225.

* Peretz, I. (1993). Auditory atonalia for melodies. *Cognitive Neuropsychology*, 10(1), 21-56.

* Peretz, I. (2006). The nature of music from a biological perspective. *Cognition*, 100(1), 1-32.

* Peretz, I., Kolinsky, R., Tramo, M., Labrecque, R., Hublet, C., Demeurisse, G., and Belleville, S. (1994). Functional dissociations following bilateral lesions of auditory cortex. *Brain*, 117(6), 1283-1301.

* Peretz, I., and Coltheart, M. (2003). Modularity of music processing. *Nature neuroscience*, 6(7), 688-691.

* Peretz, I., Radeau, M., and Arguin, M. (2004). Two-way interactions between music and language: Evidence from priming recognition of tune and lyrics in familiar songs. *Memory and Cognition*, 32(1), 142-152.

* Peretz, I., Saffran, J., Schön, D., and Gosselin, N. (2012). Statistical learning of speech, not music, in congenital amusia. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1252, 361–366.

* Perruchet, P., and Pacton, S.(2006). Implicit learning and statistical learning: one phenomenon, two approaches. *Trends Cogn. Sci. (Regul. Ed.)* 10, 233–238.

* Petitto, L. A., and Marentette, P. F. (1991). Babbling in the manual mode: Evidence for the ontogeny of language. *Science*, 251(5000), 1493-1496.

* Ramus, F., and Mehler, J. (1999). Language identification with suprasegmental cues: study based on speech resynthesis. *J. Acoust. Soc. Am.* 105, 512–521.

* Ramus, F., Nespors, M., and Mehler, J. (1999). Correlates of linguistic rhythm in the speech signal. *Cognition* 73, 265–292.

* Ribeiro, F. S., and Santos, F. H. (2017). Enhancement of numeric cognition in children with low achievement in mathematic after a non-instrumental musical training. *Research in Developmental Disabilities*, 62, 26-39.

* Sadakata, M., and Sekiyama, K. (2011). Enhanced perception of various linguistic features by musicians: a cross-linguistic study. *Acta Psychol. (Amst.)* 138, 1–10.

* Saffran, J. R., Johnson, E. K., Aslin, R. N., and Newport, E. L. (1999). Statistical learning of tone sequences by human infants and adults. *Cognition*, 70, 27–52.

Sala, G., and Gobet, F. (2017a). Does far transfer exist? Negative evidence from chess, music, and working memory training. *Current directions in psychological science*, 26(6), 515-520.

Sala, G., and Gobet, F. (2017b). When the music's over. Does music skill transfer to children's and young adolescents' cognitive and academic skills? A meta-analysis. *Educational Research Review*, 20, 55-67.

* Sala, G., Aksayli, N. D., Tatlidil, K. S., Tatsumi, T., Gondo, Y., and Gobet, F. (2019). Near and far transfer in cognitive training: A second-order meta-analysis. *Collabra: Psychology*, 5(1).

Sala, G., and Gobet, F. (2020). Cognitive and academic benefits of music training with children: A multilevel meta-analysis. *Memory and cognition*, 48(8), 1429-1441.

Sartori, G., Job, R., & Tressoldi, P. E. (2007). DDE-2. Batteria per la Valutazione della Dislessia e della Disortografia Evolutiva-2, Manuale seconda edizione. *Firenze: Giunti OS: Organizzazioni Speciali*.

* Schellenberg, E. G. (2004). Music lessons enhance IQ. *Psychological science*, 15(8), 511-514.

* Schellenberg, E. G. (2005). Music and cognitive abilities. *Psychol. Sci.* 14, 317–320.

* Schellenberg, E. G., and Trainor, L. J. (1996). Sensory consonance and the perceptual similarity of complex-tone harmonic intervals: Tests of adult and infant listeners. *Journal of the Acoustical Society of America*, 100, 3321–3328.

* Schellenberg, E. G., and Trehub, S. E. (1996). Natural musical intervals: Evidence from infant listeners. *Psychological Science*, 7, 272–277.

* Schlaug, G., Jancke, L., Huang, Y., and Steinmetz, H. (1995a). In vivo evidence of structural brain asymmetry in musicians. *Science*, 267, 699–701.

* Schlaug, G., Jancke, L., Huang, Y., Staiger, J. F., and Steinmetz, H. (1995b). Increased corpus callosum size in musicians. *Neuropsychologia*, 33, 1047–1054.

* Schlaug, G., Forgeard, M., Zhu, L., Norton, A., Norton, A., and Winner, E. (2009a). Training-induced neuroplasticity in young children. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1169, 205–208.

* Schlaug, G., Marchina, S., and Norton, A. (2009b). Evidence for plasticity in white matter tracts of chronic aphasic patients undergoing intense intonation-based speech therapy. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1169, 385–394.

- * Schön, D., Magne, C., and Besson, M. (2004). The music of speech: music facilitates pitch processing in language. *Psychophysiology* 41, 341–349.
- * Schön, D., Gordon, R. L., Campagne, A., Magne, C., Astésano, C., Anton, J.-L., and Besson, M. (2010). Similar cerebral networks in language, music and song perception. *Neuroimage* 51, 450–461.
- * Scott, C. (2004). “Syntactic ability in children and adolescents with language and learning disabilities,” in *Language Development Across Childhood and Adolescence*, ed. R. A. Berman (Amsterdam: John Benjamins Publishing Company), 111–134.
- * Scott, L. S., Pascalis, O., and Nelson, C. A. (2007). A domain-general theory of the development of perceptual discrimination. *Curr. Dir. Psychol. Sci.* 16, 197–201.
- * Serafine, M. L., Crowder, R. G., and Repp, B. H. (1984). Integration of melody and text in memory for songs. *Cognition*, 16(3), 285-303.
- * Slevc, L. R. (2012). *Language and music: sound, structure, and meaning*. Wiley Interdiscip. Rev. Cogn. Sci. 3, 483–492.
- * Slevc, L. R., and Miyake, A. (2006). Individual differences in second language proficiency: does musicalability matter? *Psychol. Sci.* 17, 675–681.
- * Snowling, M. J., and Hulme, C. (2012). Annual Research Review: The nature and classification of reading disorders—a commentary on proposals for DSM-5. *Journal of child psychology and psychiatry*, 53(5), 593-607.
- * Song, J. H., Skoe, E., Wong, P. C., and Kraus, N. (2008). Plasticity in the adult human auditory brainstem following short-term linguistic training. *Journal of cognitive neuroscience*, 20(10), 1892-1902.
- * Stewart, L., Henson, R., Kampe, K., Walsh, V., Turner, R., and Frith, U. (2003). Brain changes after learning to read and play music. *Neuroimage*, 20, 71–83.

* Strait, D. L., Kraus, N., Skoe, E., and Ashley, R. (2009). Musical experience and neural efficiency: effects of training on subcortical processing of vocal expressions of emotion. *European Journal of Neuroscience*, 29(3), 661-668.

* Strait, D., and Kraus, N. (2011). Playing music for a smarter ear: cognitive, perceptual and neurobiological evidence. *Music Percept.* 29, 133–146.

* Strait, D. L., Slater, J., O’Connell, S., and Kraus, N. (2015). Music training relates to the development of neural mechanisms of selective auditory attention. *Developmental cognitive neuroscience*, 12, 94-104.

* Strobach, T., and Karbach, J. (Eds.) (2016). *Cognitive training: An overview of features and applications*. New York: Springer.

* Surányi, Z., Csépe, V., Richardson, U., Thomson, J. M., Honbolygó, F., and Goswami, U. (2009). Sensitivity to rhythmic parameters in dyslexic children: A comparison of Hungarian and English. *Reading and Writing*, 22(1), 41-56.

* Tallal, P., and Piercy, M. (1973). Defects of non-verbal auditory perception in children with developmental aphasia. *Nature*, 241(5390), 468-469.

* Thompson, W. F., Schellenberg, E. G., and Husain, G. (2004). Decoding speech prosody: do music lessons help? *Emotion* 4, 46–64.

* Thorpe, L. A., and Trehub, S. E. (1989). Duration illusion and auditory grouping in infancy. *Developmental Psychology*, 25, 122–127.

* Tierney, A., and Kraus, N. (2014). Auditory-motor entrainment and phonological skills: precise auditory timing hypothesis (PATH). *Frontiers in human neuroscience*, 8, 949.

* Tierney, A., Dick, F., Deutsch, D., and Sereno, M. (2013). Speech versus song: multiple pitch-sensitive areas revealed by a naturally occurring musical illusion. *Cerebral Cortex*, 23(2), 249-254.

* Tillmann, B., and McAdams, S. (2004). Implicit learning of musical timbre sequences: statistical regularities confronted with acoustical (dis)similarities. *J. Exp. Psychol. Learn Mem. Cogn.* 30, 1131–1142.

* Toni, I., Krams, M., Turner, R., and Passingham, R. E. (1998). The time course of changes during motor sequence learning: A whole-brain fMRI study. *Neuroimage*, 8, 50–61.

* Trainor, L. J. (1997). The effect of frequency ratio on infants' and adults' discrimination of simultaneous intervals. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23, 1427–1438.

* Trainor, L. J., and Heinmiller, B. M. (1998). The development of evaluative responses to music: Infants prefer to listen to consonance over dissonance. *Infant Behavior and Development*, 21, 77–88.

* Trainor, L. J., and Corrigall, K. A. (2010). “Music acquisition and effects of musical experience, ”in *Music Perception*, Vol. 36, eds M. Riess Jones, R. R. Fay, and A. N. Popper (New York, NY: Springer), 89–127.

* Trainor, L. J., and Trehub, S. E. (1993). Musical context effects in infants and adults: Key distance. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 19, 615– 626.

* Trainor, L. J., and Trehub, S. E. (1994). Key membership and implied harmony in Western tonal music: developmental perspectives. *Percept. Psychophys.* 56, 125–132.

- * Trehub, S. E. (2003). The developmental origins of musicality. *Nature neuroscience*, 6(7), 669-673.
- * Tzortzis, C., Goldblum, M. C., Dang, M., Forette, F., and Boller, F. (2000). Absence of amusia and preserved naming of musical instruments in an aphasic composer. *Cortex*, 36(2), 227-242.
- * Wang, X., Osshers, L., and Reuter-Lorenz, P. A. (2015). Examining the relationship between skilled music training and attention. *Consciousness and cognition*, 36, 169-179.
- * Werker, J. F., and Tees, R. (1984). Cross-language speech perception: evidence for perceptual reorganization during the first year of life. *Infant Behav. Dev.* 7, 49–63.
- * Werker, J. F., Pegg, J. E., and McLeod, P. J. (1994). A cross-language investigation of infant preference for infant-directed communication. *Infant Behavior and Development*, 17, 321–331.
- * Wermke, K., Leising, D., and Stellzig-Eisenhauer, A. (2007). Relation of melody complexity in infants' cries to language outcome in the second year of life: a longitudinal study. *Clin. Linguist. Phon.* 21, 961–973.
- * Wermke, K., and Mende, W. (2009). Musical elements in human infants' cries: in the beginning is the melody. *Music. Sci.* 13, 151–175.
- * Werner, L. A., and Marean, G. C. (1996). *Human Auditory Development*. Madison, WI: Brown Bench mark.
- * Wong, P. C. M., Skoe, E., Russo, N. M., Dees, T., and Kraus, N. (2007a). Musical experience shapes human brainstem encoding of linguistic pitch patterns. *Nat. Neurosci.* 10, 420–422.

* Wong, P. C., Perrachione, T. K., and Parrish, T. B. (2007b). Neural characteristics of successful and less successful speech and word learning in adults. *Human brain mapping*, 28(10), 995-1006.

* Yalch, R. F. (1991). Memory in a jingle jungle: Music as a mnemonic device in communicating advertising slogans. *Journal of Applied Psychology*, 76(2), 268.

Yang, H., Ma, W., Gong, D., Hu, J., and Yao, D. (2014). A longitudinal study on children's music training experience and academic development. *Scientific reports*, 4(1), 1-7.

Yu, M., Xu, M., Li, X., Chen, Z., Song, Y., and Liu, J. (2017). The shared neural basis of music and language. *Neuroscience*, 357, 208-219.

* Zatorre, R. J., Belin, P., and Penhune, V. B. (2002). Structure and function of auditory cortex: music and speech. *Trends in cognitive sciences*, 6(1), 37-46.

* Zendel, B. R., and Alain, C. (2012). Musicians experience less age-related decline in central auditory processing. *Psychology and aging*, 27(2), 410.

Zentner, M., and Strauss, H. (2017). Assessing musical ability quickly and objectively: development and validation of the Short-PROMS and the Mini-PROMS. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1400(1), 33-45.

* = opere non direttamente consultate

Ringraziamenti

Ringrazio la Dott.ssa Francesca Talamini per la sua disponibilità e per aver facilitato la comunicazione con il Laboratorio di Psicologia dell'Università di Innsbruck.

I also want to thank Hannah Strauß, Prof. Marcel Zentner and the Psych Lab of the University of Innsbruck for allowing me to translate the PROMS test into Italian and to use the mini-PROMS test for my research.

Ringrazio il Prof. Francesco Facchin per avermi aiutata durante la traduzione del test PROMS nello spiegarmi i diversi titoli accademici ottenibili in ambito musicale e alcuni termini musicali specifici.

Vorrei inoltre ringraziare il mio relatore Prof. Massimo Grassi per avermi dato l'opportunità di studiare un argomento che avrei sempre voluto approfondire.

Ringrazio Gianmarco per il suo sostegno e per il suo aiuto nella prima stesura della traduzione a quattro mani del test PROMS.

Infine vorrei ringraziare i miei genitori e mio fratello per essermi sempre stati vicini e per aver reso possibile questo percorso.