

Un'interpretazione psicofisiologica del percolato musicale

I CONTRIBUTI

Arianna Mignozzi

Università del Salento

Rosanna Scardino

Conservatorio Musicale, Lecce

Sara Invitto

Università del Salento

ABSTRACT

This paper takes a review of the various theories that study the percept of music. We analyzed the adaptive theory, the theory of transformative music and the idea of cultural evolution. Also we featured the neuropsychological approach to music through the analysis of patients with amusia or with aphasia without amusia, we discussed the latest research in the psychology of emotions related to music and hemispheric lateralization produced by listening to music with emotional connotations. Finally, we presented some studies based on cross-modal priming paradigm, able to provide new answers to the interpretation of the music. A study of musical emotions cross-modal complex and may offer an opportunity to expand the knowledge on how the music cognition may affect other activities, behaviors, domains.

Keywords: Music percept, cross modal; priming.

Un'interpretazione psicofisiologica del percolato musicale

Negli ultimi dieci anni c'è stata un'esplosione nell'attività di ricerca sulla percezione, sulle performance musicali, e sui loro correlati neurali.

La musica, come il linguaggio, esiste in tutte le società umane, è un'attività complessa governata da regole e sembra avere un'architettura specifica nel cervello. Si sviluppa precocemente negli individui, senza sforzo cosciente e nella maggior parte della popolazione.

La capacità musicale estremamente precoce che si può notare nei bambini ci porta a pensare che ci sia una predisposizione biologica e che questo si possa interpretare in un'ottica evolutiva che vede la musica come un dominio con un particolare valore filogenetico (Invitto, Francioso, 2013). La musica sembra appartenere agli esseri umani ed alcuni ricercatori, già da diversi anni, stanno esaminando le possibili origini evolutive in altre specie (Wallin, Merker, Brown, 2000).

La musica ha un ruolo privilegiato nello studio della plasticità cerebrale in quanto solo una minoranza di individui, a differenza di altre funzioni cognitive superiori e del linguaggio, diventano abili musicisti attraverso l'insegnamento.

Un'altra distinzione rispetto al linguaggio è che una grande varietà di sistemi senso-motori possono essere studiati grazie ai diversi modi di produrre musica. Questa varietà di espressione musicale permette interessanti confronti tra i sistemi.

Il fatto che le attività musicali siano state considerate come un prodotto della cultura umana, e quindi un artefatto meramente culturale, non dovrebbe impedire il raggiungimento di una comprensione scientifica della loro base. Infatti, Peretz e Zatorre sostengono che la sovrapposizione culturale associata alla musica abbia un ruolo chiave per la comprensione della biologia delle funzioni cognitive umane.

L'ubiquità della musica, le sue caratteristiche di sviluppo ed i substrati cerebrali implicati danno forza al fondamento della sua naturali-

tà, della portata delle sue basi biologiche e di come queste interagiscano con la cultura.

Il problema dell'origine della musica, attualmente, si fonda su tre principali ipotesi esplicative:

- l'ipotesi adattativa,
- l'ipotesi non adattativa,
- l'ipotesi dell'evoluzione culturale.

1. Ipotesi adattativa

Secondo l'ipotesi adattativa le capacità musicali estremamente precoci sono innate; essa vede la musica come un dominio con un particolare valore adattivo nel processo filogenetico e come competenza critica per la selezione naturale governata da geni. Quindi le nostre abilità musicali deriverebbero dai processi di selezione naturale (Mithen, 2005) indagati nelle aree della selezione sessuale, dello sviluppo mentale, e della coesione sociale.

Secondo Miller (2000), la musica possiede alcuni dei criteri classici che caratterizzano un processo di adattamento umano complesso, come l'universalità, lo sviluppo ordinato lungo l'arco della vita, il coinvolgimento di specifiche aree cerebrali, le analogie con altre specie non umane e la capacità di evocare emozioni.

Secondo questo ricercatore l'evoluzione della musica potrebbe essere basata su un beneficio riproduttivo come il coinvolgimento sessuale (Invitto, Francioso, 2013). Riguardo i meccanismi di selezione sessuale, rifacendosi ad un'idea di Darwin, sostiene che la musica ha la stessa valenza del canto degli uccelli che è il prodotto della selezione sessuale (Miller, 2000).

Inoltre Miller ipotizza che la musica sia un adattamento psicologico che permette ai maschi complesse forme di corteggiamento per la conquista della femmina. L'autore, a sostegno di questa ipotesi, dichiara che gli esseri umani hanno un particolare aumento d'interesse per la musica durante l'adolescenza e che i maschi musicisti partecipano con più frequenza ad attività musicali rispetto alle femmine musiciste della stessa età.

L'ipotesi adattativa, però, appare debole in numerosi punti. Per esempio, le produzioni sonore attivate da uccelli, balene, rane, grilli, per la

selezione sessuale, evidenziano cambiamenti significativi nell'anatomia e/o nel comportamento dei maschi e delle femmine (Huron, 2003). Tuttavia, negli umani, non vi è alcuna prova che le produzioni musicali o le capacità di percezione maschili si differenzino da quelle femminili (Cross, 2003).

Un altro problema è che il corteggiamento è solo una delle tante funzioni della musica, essa svolge un ruolo preminente nei riti di guarigione, lutto, e riti di coesione sociale delle varie culture.

Un'ulteriore punto debole di questa ipotesi è che i modelli sociali forniti da Miller a sostegno della teoria della selezione sessuale negli adolescenti, possono essere spiegati anche da fattori culturali che potrebbero contribuire al processo di formazione dell'identità.

Per quanto concerne lo sviluppo mentale, un'idea sostanzialmente diversa circa il valore adattivo della musica è stata articolata da Cross (Cross, 2003), il quale sostiene che la musica gioca un ruolo importante nello sviluppo mentale ed esercita ed integra una varietà di abilità cognitive e motorie. In altre parole, secondo lo studioso la musica aiuta lo sviluppo delle capacità cognitive, promuove la flessibilità cognitiva facilitando le dinamiche sociali e permettendone l'esplorazione.

Sebbene l'idea sia affascinante, emergono delle problematiche. Se la musica fosse un importante elemento dello sviluppo mentale, allora, ci si aspetterebbe che un individuo con un deficit musicale congenito dovrebbe avere problemi o difficoltà nelle abilità cognitive e sociali. Ma, sebbene, si stima che circa il 4% della popolazione (Peretz, Hyde, 2003) sia affetta da amusia congenita (una patologia di natura genetica che causa l'impedimento permanente della percezione musicale, tanto che il soggetto non è in grado di riconoscere melodie familiari e di rilevare la presenza di note stonate all'interno di un brano musicale), le ricerche attuali non evidenziano che individui con questa patologia abbiano ritardi mentali o deficit cognitivi (Ayotte, Peretz, Hyde, 2002).

L'ultima area di indagine dell'ipotesi adattiva riguarda il ruolo della musica come strumento promotore di coesione sociale tra membri di un gruppo. La musica avrebbe il potere di fortificare i legami sociali attraverso il suo ruolo preminente nei rituali e per l'aspetto grupppale del far musica. La prospettiva intuitiva di quest'idea è supportata da alcune ricerche. È ormai noto che la maggior parte delle attività musicali nelle culture contemporanee tribali sia di natura sociale (Morley,

2003); la musica è un potente regolatore dell'umore che consente agli individui di condividere gli stati emotivi vissuti, sviluppando un forte senso di coesione e appartenenza (Sloboda, O'Neill, 2001).

2. Ipotesi non adattiva

L'ipotesi non adattativa, in netto contrasto con quella adattiva, sostiene che l'evoluzione non ha assunto alcun ruolo specifico nella selezione e nello sviluppo delle capacità musicali umane¹⁶ (Pinker, 1997). Pertanto le abilità musicali necessitano di una particolare forma di apprendimento e sono modellate dall'ambiente (Pinker, 2002).

Nel 1890 William James nei *Principi di psicologia* definisce la musica come “una mera peculiarità incidentale del sistema nervoso” legata al possedere un “organo dell'udito” (James, 1890).

La versione moderna dell'idea di James è quella di Pinker, diventata la teoria non adattiva più importante della musica. Steven Pinker sostiene che la musica sia un'ideazione umana con il fine di generare sensazioni piacevoli. Pertanto la considera un ‘dolcetto uditivo’, “*auditory cheesecake*”, un sottoprodotto della selezione naturale che servirebbe solo per ‘solleticare’ le vere funzioni adattive.

Tale proposta parte dalla considerazione che molte facoltà mentali umane sono state bersaglio diretto della selezione naturale. La musica è un'invenzione umana ed è universale a causa del suo legame col piacere.

La proposta di Pinker è singolare nel suggerire le fondamenta non musicali su cui si costruisce la musica. Esse sono: la componente prosodica del linguaggio, analisi del quadro uditivo; richiami emozionali; selezione dell'ambiente; controllo motorio.

Secondo Pinker, la musica ci fa piacere perché ha proprietà prosodiche per cui il cervello premia i segnali prosodici (pattern di ritmo e intonazione linguistica). È ricca di suoni armonici e il cervello premia l'analisi di tali suoni perché l'armonicità è uno spunto acustico utilizzato per identificare le sorgenti sonore, una parte importante di analisi del sistema uditivo. Può evocare forti emozioni, contiene pattern melodici e ritmici che evocano sensazioni emotive. Essa contiene schemi sonori che richiamano suoni ambientali suggestivi (ad esempio, suoni sicuri o non sicuri, come il tuono, il vento, o grugniti). Il rit-

mo musicale genera movimenti ritmici (ad esempio, nella danza), e tale movimento ha una salienza nel cervello perché gli schemi motori ritmici sono associati con comportamenti biologicamente significativi, come camminare, correre, o scavare.

Attualmente esistono diverse teorie fondate sull'ipotesi non adattiva della musica, ognuna di esse propone ipotesi diverse sull'implicazioni dei sistemi cerebrali nella musica, ma nessuno considera il potere che ha la musica di modellare le funzioni del cervello umano. È su questo punto che la teoria trasformativa musicale (TTM) differisce dalle teorie musicali non adattive.

3. Ipotesi dell'evoluzione culturale

L'ipotesi basata sull'evoluzione culturale è stata recentemente proposta da Patel, il quale sostiene che la musica è una tecnologia inventata dall'uomo in grado di trasformare la mente; la musica è dunque una tecnologia trasformativa, la cui presenza altera la cultura che la ospita in modo irreversibile ¹⁹ (Patel, 2008; Patel, 2010). La teoria trasformativa si fonda sulle premesse che il comportamento musicale non sarebbe un tratto selezionato per via evolutiva. Una serie di ricerche ha dimostrato che la capacità di elaborazione della melodia e del ritmo è legata a competenze di elaborazione del linguaggio, pertanto non ci sarebbero dei moduli dominio specifici musicali ma la musica avrebbe esiti positivi e persistenti sulle competenze linguistiche, attentive e sulle funzioni esecutive, tutte proprietà non musicali importanti dal punto di vista biologico per gli esseri umani. La teoria tecnologica trasformativa non si limita a sostenere che i comportamenti musicali modificano il cervello, né che l'apprendimento musicale si traduce in cambiamenti strutturali e duraturi al cervello, sostiene piuttosto che la musica è una invenzione umana che può avere effetti duraturi sulle funzioni cerebrali non musicali come linguaggio, attenzione e funzioni esecutive, spiegandone i meccanismi biologici alla base di queste funzioni. Considerare gli effetti duraturi della musica sulle altre abilità cognitive è importante per distinguere la teoria TTM dalle teorie che esaminano gli effetti a breve termine della musica su altre abilità cognitive (Thompson, Schellenberg, Husain, 2001).

La teoria TTM fa un parallelo con le teorie neurobiologiche

della lettura, un'altra invenzione umana che ha un impatto saliente nel cervello degli individui nell'arco della vita (Dehaene, Cohen, 2007).

Certo, la musica è molto più antica e più diffusa della lettura. Inoltre, a differenza delle capacità di lettura, le abilità musicali di base si sviluppano senza alcuna istruzione specifica (Bigand, Poulin-Charronnat, 2006).

La teoria tecnologica trasformativa propone che un tratto umano complesso e universale (la musica) possa nascere come un'invenzione piuttosto che come un adattamento biologico, presupponendo però che non vi sia alcuna modificazione evolutiva che faciliti le abilità musicali nel nostro cervello. La musica è vista come una tecnologia che è continuamente appresa da ogni nuova generazione di menti umane.

È importante notare, tuttavia, che la teoria TTM non afferma che gli esseri umani sono musicalmente tabula rasa. Un punto rilevante di questa teoria riguarda la questione del perché gli esseri umani sono attratti da comportamenti musicali.

La teoria TTM postula che le persone sono attratte dalla musica per la sua forza emotiva che emana nei rituali e nella memoria. Gli effetti duraturi sulle abilità non musicali sono quindi una conseguenza di come la musica impegna il cervello, non una causa del comportamento musicale.

4. Musica e Neuroscienze Cognitive

Come abbiamo potuto osservare precedentemente, emergono posizioni che si trovano tra due estremi: ad un estremo l'ottica evolutiva, con l'idea di fondo che le capacità musicali estremamente precoci siano innate e che vede la musica come competenza critica per la selezione naturale governata da geni; all'estremo opposto, l'idea che le abilità musicali necessitano di un particolare apprendimento e sono modellate dall'ambiente (Peretz, 2006, pp. 1-32).

Diversi sviluppi hanno creato un profondo cambiamento nel modo in cui gli studi sulla musica sono stati considerati a partire dallo sviluppo della psicologia cognitiva durante la seconda metà del XX secolo. Gli psicologi cognitivisti sono stati tra i primi a riconoscere il valore della musica come mezzo per studiare i processi cognitivi tra cui

percezione, memoria e attenzione. La neuropsicologia ha permesso progressi nella comprensione degli effetti di lesioni cerebrali sulle funzioni musicali. Si sono sviluppate nuove tecnologie che hanno permesso di sondare come in epoca prenatale, perinatale e post natale venga percepito il percolato musicale. Infine, l'arrivo sulla scena di tecniche di neuro imaging come la risonanza magnetica funzionale, EEG e MEG, hanno permesso di individuare l'architettura anatomico-funzionale dei processi cognitivo/musicali (Peretz, Zatorre, 2003).

Le teorie sulle differenze emisferiche vedono la musica elaborata nell'emisfero destro e il linguaggio in quello sinistro, anche se tale suddivisione non è così netta.

Prima della messa a punto di tecniche di neuroimaging che ci permettono di misurare l'attività cerebrale, le conoscenze sulla lateralizzazione e sulla localizzazione delle funzioni cerebrali erano legate allo studio dei pazienti cerebrolesi. L'unica tecnica che permette lo studio di soggetti normali è la tecnica dell'ascolto dicotico, in cui due stimoli diversi (ad esempio due note o due sillabe) vengono presentate simultaneamente alle due orecchie. In seguito si chiede al soggetto di ripetere ciò che ha sentito e si valuta se riporta in maniera sistematica le sillabe o note udite in un orecchio. Nella maggior parte dei casi se il soggetto ha ascoltato le sillabe, riporterà solo quelle presentate a destra. Questo processo di lateralizzazione si spiega con il fatto che la via controlaterale, ossia quella che va dall'orecchio destro all'emisfero sinistro, sia prioritaria rispetto a quella ipsilaterale, orecchio destro-emisfero destro. Quest'ultima sarebbe addirittura bloccata per un breve periodo a favore della via controlaterale.

I primi studi che hanno utilizzato la tecnica di ascolto dicotico con stimoli musicali hanno dimostrato una dominanza dell'emisfero destro per il riconoscimento delle melodie. Tuttavia studi successivi hanno dimostrato che se gli stimoli usati erano sillabe cantate, la preferenza passava dall'orecchio destro a quello sinistro. Bever e Chiarello hanno dimostrato che un fattore importante per determinare la specializzazione emisferica è il livello della conoscenza musicale dei soggetti (Bever, Chiarello, 1974). In effetti i soggetti senza una specifica conoscenza musicale presentano una superiorità dell'emisfero destro in quanto ascolterebbero la musica in modo globale, mentre i soggetti con training musicale hanno una musicalità nell'emisfero sinistro in quanto ascolterebbero la musica in modo analitico. La dicotomia ana-

litico/globale corrisponde e conferma le diverse modalità di elaborazione dei due emisferi: l'emisfero sinistro è analitico, mentre l'emisfero destro elabora l'informazione in modo globale.

Utilizzando la tecnica dell'ascolto dicotico, i due studiosi hanno dimostrato che non soltanto i musicisti riconoscono meglio le melodie con l'emisfero sinistro, ma che sono i soli a poter riconoscere due note isolate appartenenti a quelle melodie. Questi risultati dimostrano che l'educazione musicale induce una strategia di ascolto fondata sugli intervalli, e di questo si fa carico l'emisfero sinistro. Quanto poi ai non musicisti, essi si attengono a una versione grossolana della melodia connessa al profilo melodico, il che indurrebbe piuttosto a optare per l'emisfero destro. L'idea secondo la quale gli intervalli e il profilo sono attributi musicali che attengono, rispettivamente, all'emisfero sinistro e destro costituisce un principio di organizzazione cerebrale relativamente ben stabilito. Per contro, l'idea secondo la quale solo i musicisti sarebbero sufficientemente dotati per ricorrere all'emisfero sinistro è stata vivacemente contestata. La specializzazione musicale degli emisferi non sembra potere essere spiegata con un fattore soltanto. A seconda del compito proposto e dei parametri musicali individuati come elementi di studio, i musicisti, così come i non musicisti, possono utilizzare l'emisfero destro. Allo stesso modo, i non musicisti possono essere indotti a utilizzare l'emisfero sinistro.

Ma il processo di elaborazione musicale è unico?

Purtroppo, la questione della unicità ha dibattiti irrisolti alimentati sia nel dominio del linguaggio (Lieberman, Whalen, 2000) sia nel riconoscimento dei volti (Gauthier, Curby, 2005). Per Howard Gardner la risposta è affermativa. Egli considera la musica come emanazione di una intelligenza distinta. Gardner identifica di fatto sei principali facoltà umane: l'intelligenza linguistica, musicale, logico-matematica, spaziale, cinestetico-corporea e personale.

Considerando la proposta di Gardner sembra, dunque, che il cervello debba possedere un substrato cerebrale a essa riservato, geneticamente programmato, che avrebbe la sola funzione di assicurare l'allocazione di un dispositivo altamente specializzato e riservato alla musica. Tale dispositivo andrebbe a collocarsi all'interno dei circuiti neurali in modo relativamente costante in tutti gli individui appartenenti alla specie che si trovano esposti agli stimoli musicali.

5. Modularità o specializzazione cerebrale?

Per quanto riguarda uno studio della percezione musicale, un modello cognitivo influente è costituito dalla *teoria modulare della mente*, formulata da Jerry Fodor, che ipotizza la possibilità che il cervello sia in parte organizzato in moduli separati e specializzati. Le informazioni in input sono elaborate da componenti, detti moduli, le quali trasmettono al sistema centrale. I moduli in input sono dominio specifici, cioè specializzati nell'elaborazione di alcuni tipi di input; operano in maniera obbligatoria, automatica e veloce, pertanto non sono accessibili alla coscienza. Le conoscenze all'interno del modulo non sono influenzate da variabili se non da quelle contenute nel modulo stesso. Secondo Fodor (2001), come per Coltheart (2001), un sistema può essere modulare anche se non innato e ciò implica che non è indispensabile la compresenza delle caratteristiche modulari per poterlo definire tale. In effetti, il sistema modulare di lettura non ha componenti innate. Fodor considera l'incapsulamento informativo la proprietà più importante, caratterizzata dall'impermeabilità rispetto alle informazioni fornite dagli altri moduli o dal sistema centrale. Sul piano specificamente musicale lo stesso Fodor ipotizza sistemi computazionali *“che rilevano la struttura melodica o ritmica dello stimolo acustico”* (Fodor, 1983). Secondo Peretz e Coltheart (2003) il dominio specifico è altrettanto importante come proprietà, non solo essenziale ma necessaria al sistema considerato “modulare”. È importante considerare che un modulo può essere formato da sottosistemi di processo, più piccoli, considerati essi stessi come moduli (per esempio, il modulo linguistico contiene moduli elaboratori con componenti lessicali e fonetiche). Affermare che vi sia un modulo di elaborazione musicale è confermare l'esistenza di un sistema di elaborazione dell'informazione mentale, il cui funzionamento è specifico per la musica. Tale sistema può contenere moduli più piccoli deputati a particolari aspetti musicali. La possibilità che esista una tale “architettura cognitiva” per l'elaborazione musicale è stata accettata per più di un decennio. I primi dati a favore della modularità o specializzazione cerebrale per la musica vengono dagli studi sui pazienti cerebrolesi. Un caso famoso di afasia senza amusia è quello del compositore russo Vissarion Shebalin, fu colpito da un'emorragia nell'emisfero cerebrale sinistro ed ebbe come conseguenze una paralisi temporanea del lato destro del corpo e un'afasia permanente che gli impedì di parlare e di capire.

Tuttavia, Shebalin continuò a comporre senza evidenziare differenze significative con le composizioni scritte prima della sua malattia. L'autopsia post mortem di Shebalin evidenziò un danno nel lobo temporale e nel lobo parietale dell'emisfero sinistro, generando il disturbo afasico senza compromissioni delle capacità musicali.

Un altro caso famoso di amusia senza afasia è quello della paziente Isabelle R. proposto da Peretz, Belleville e Fontane (Peretz, Belleville, Fontaine, 1997). che a causa della rottura di un aneurisma dell'arteria cerebrale media dell'emisfero destro subì degli interventi chirurgici che le provocarono lesioni cerebrali bilaterali estese alla corteccia uditiva e lesioni nelle aree frontali dell'emisfero destro. Isabelle mostrò, comunque, un buon funzionamento intellettuale, linguistico e di memoria, mentre emergeva l'incapacità a riconoscere la musica a lei familiare prima della lesione.

I casi appena descritti sono esplicitativi del concetto di doppia dissociazione utile per esaminare l'ipotesi di modularità.

L'esistenza di un modulo di elaborazione musicale è provata da studi su soggetti con disturbi selettivi nella capacità di riconoscimento musicale dopo danno cerebrale.

Questi pazienti non possono più riconoscere melodie (presentate senza parole) a loro familiari prima del danno cerebrale. Al contrario, essi riescono a riconoscere testi parlati (e le parole pronunciate in generale), voci familiari e altri suoni ambientali (come versi di animali, rumori di traffico e suoni vocali umani). Questa condizione si chiama amusia acquisita. Allo stesso modo, gli individui con amusia congenita (Peretz, et al., 2002) hanno difficoltà permanenti nell'individuazione della melodia ma sono in grado di riconoscere i testi delle canzoni conosciute, anche se non sono in grado di individuare la melodia che li accompagna (Ayotte, Peretz, Hyde, 2002).

La maggior parte delle persone sono esperte a riconoscere le parole pronunciate, ma dilettanti a riconoscere la musica. Peretz e Coltheart sostengono, quindi, che non esiste un modulo specifico per riconoscere la musica, ma solo un modulo generale di riconoscimento uditivo. Esistono: non musicisti che possono perdere la loro capacità di riconoscere le parole pronunciate pur rimanendo in grado di riconoscere la musica.

I pazienti cerebrolesi affetti da agnosia verbale che hanno perso la loro capacità di riconoscere le parole pronunciate, possono, al contra-

rio, riconoscere i suoni non verbali, tra cui quelli musicali. Le ricerche evidenziano l'esistenza di almeno due moduli di elaborazione distinti: una per la musica e uno per il parlato.

6. Musica ed emozioni

La ricerca empirica suggerisce che gli adulti e i bambini discriminano immediatamente le emozioni musicali. I segnali acustici che differenziano le emozioni investono tutti gli aspetti della struttura musicale e comprendono sia l'aspetto strutturale che le caratteristiche della performance (Gabrielsson, Lindstrom, 2001). Ad esempio, la tristezza è trasmessa dal ritmo lento, dalle pause, da un'articolazione legata e da abbellimenti musicali (acciaccature, appoggiature), mentre la felicità o la gioia sono trasmesse dalle note acute, veloci, staccate, da trilli e mordenti (Juslin, 2001).

Tuttavia, la musica sembra esprimere con maggiore precisione le emozioni. Gli ascoltatori generalmente concordano sul fatto che un brano musicale è felice o triste ma sono meno d'accordo se sono coinvolte altre emozioni. Per esempio, acusticamente le differenze tra la tenerezza e la tristezza sono piuttosto sottili. Juslin sostiene che entrambe, hanno tempi lenti, note legate. Anche se possono differire per altre caratteristiche sottili, non sembra che la struttura musicale sia impostata per differenziare queste due emozioni.

Le emozioni possono essere classificate in diversi modi. Un approccio è di estrarne le dimensioni sottostanti e di collocare ciascuna emozione in uno spazio multidimensionale. Tale analisi rivela due dimensioni emotive principali: la valenza (negativa o positiva) e l'intensità (forte o debole). Le emozioni positive sono associate ai comportamenti di avvicinamento e le emozioni negative con comportamenti di ritiro e la corteccia prefrontale ventromediale è deputata a valutare tali comportamenti. Anche se l'elaborazione emotiva in generale, tende ad essere più lateralizzata a destra che a sinistra vi è anche la prova che la lateralizzazione segue la dimensione di valenza, con le aree prefrontali sinistre specializzate per le emozioni positive e le aree prefrontali destre specializzate per le emozioni negative (Davidson, 2000). Questi modelli sono stati sviluppati senza riferimento a stimoli musicali. La musica è un interessante stimolo a questo proposito, poiché, nella maggior

parte dei casi non porta a comportamenti palesi di avvicinamento o di allontanamento. In realtà, le persone spesso trovano che la musica triste sia bellissima. Pertanto la musica non sembra essere collegata direttamente con il comportamento di avvicinamento/ritiro ed è possibile che la musica comunichi informazioni emotive ma che non induca direttamente emozioni. La questione importante è capire se gli stimoli musicali generano attività nella corteccia prefrontale e se quest'attivazione esprime emozioni diverse.

7. Attivazioni neurali

La musica, sempre più frequentemente, viene riconosciuta come una componente importante delle attività umane indispensabile per conoscere l'organizzazione funzionale del cervello umano. Si può sostenere che la percezione, la codifica e la riproduzione di suoni musicali richiede meccanismi neurali che sono complessi come quelli del linguaggio parlato, infatti si ipotizza che parola e musica coinvolgano gli aspetti cognitivi dell'elaborazione uditiva. Lo studio della musica con tecniche di neuroimaging o con tecniche ERP è spesso legato al desiderio di comprendere meglio sia le funzioni cognitive, quali attenzione, memoria, motricità, percezione, sia i processi emotivi che essa elicit, in particolare attraverso l'attività di ascolto.

Alcuni ricercatori (Zatorre, Krumhansl, 2002; Drake, Bertrand, 2001). hanno studiato gli aspetti neuro cognitivi presenti su un campione di ascoltatori con competenze musicali. I soggetti sono stati sottoposti ad un compito di percezione musicale che consisteva nell'ascolto di due brani e nella successiva identificazione di variazioni timbriche e note dissonanti, estranee alla tonalità dei brani. Le immagini prodotte dalla risonanza magnetica hanno rilevato l'attivazione del giro temporale superiore dei due emisferi, dei lobi frontale, parietale, temporale, e del sistema limbico. Inoltre risultano coinvolti anche il talamo e il cervelletto.

In effetti, studi recenti hanno dimostrato il potere emozionale della musica. In questi studi i brani musicali presentati in assenza di stimoli visivi concomitanti hanno suscitato forti risposte emotive attivando le regioni cerebrali deputate al sistema della ricompensa/motivazione, attacco/fuga, o eccitazione, includendo la porzione ventrale

dello striato, il mesencefalo, la corteccia orbitofrontale, l'insula e la corteccia prefrontale ventro-mediale (Blood, Zatorre, 2001; Brown, Martinez, Parsons, 2004).

Altri studi hanno affrontato la questione della percezione dell'emozione integrando il riconoscimento di stimoli facciali e l'ascolto di brani musicali. Una recente ricerca di Joydeep Bhattacharya (Logeswaran, Bhattacharya, 2009) ha dimostrato che è davvero possibile influenzare la valutazione emozionale di stimoli visivi con l'ascolto di brani musicali anche prima della valutazione. I volontari hanno ascoltato un breve estratto musicale (15 secondi) e poi hanno giudicato il contenuto emotivo di un volto. I ricercatori hanno scoperto che il precedente ascolto di musica allegra migliora in modo significativo la felicità percepita di un volto e allo stesso modo l'ascolto di musica triste migliora in modo significativo la tristezza percepita di un volto. Questo effetto indotto dalla musica è massimo quando il volto è emotivamente neutro. Inoltre, con le onde cerebrali di registrazione, lo studio ha dimostrato che ascoltare prima la musica potrebbe indurre cambiamenti nei pattern di attivazione cerebrale che non sono di solito direttamente sotto il nostro controllo cosciente.

La musica è spesso considerata come il linguaggio delle emozioni, nata come comunicazione. In una vasta rassegna di performance musicali (Juslin, Laukka, 2003), l'analisi accurata della comunicazione ha dimostrato che esecutori di musica professionali sono in grado di comunicare emozioni di base (ad esempio, felicità, tristezza, rabbia) agli ascoltatori con una alta precisione, paragonabile all'espressione facciale e vocale delle emozioni. Inoltre, una notevole evidenza empirica sostiene l'affermazione che l'emozione è parte integrante di una esperienza musicale (Juslin, Sloboda, 2001).

Ma le emozioni sono musicalmente indotte similmente ad altre esperienze emozionali? (Trainor, Schmidt, 2007; Baumgartner, Esslen, Jänke, 2006). In uno studio EEG hanno dimostrato una differenza caratteristica in pattern di attivazione cerebrale corticale: brani musicali "positivi" hanno prodotto una lateralizzazione più marcata verso la corteccia fronto-temporale sinistra, mentre brani musicali "negativi" hanno prodotto l'attivazione fronto-temporale destra.

Questo primo risultato è supportato da recenti studi che dimostrano che le aree frontali sinistre sono coinvolte nell'elaborazione della musica "positiva" mentre le aree frontali destre con la musica negativa

(Altenmuller, Schurmann, Lim, Parlitz, 2002; Flores-Gutierrez, Diaz, Barrios, Favila-Humara, Guevara, Rio-Portilla, Corsi-Cabrera, 2007). Si segnala la stessa asimmetria frontale nell'elaborazione degli stimoli visivi affettivi (Canli, Desmond, Zhao, Glover, Gabrieli, 1998; Davidson, 1992).

Pertanto, è ragionevole dedurre che ci sono alcune sovrapposizioni tra emozioni musicali e emozioni visive.

Le ricerche sull'integrazione cross modale di emozioni visive e uditive (Gelder, Vroomen, 2000) suggeriscono che la valutazione delle informazioni affettive in una modalità sensoriale può tendere verso la valenza emotiva generata da un'altra modalità sensoriale. Studi condotti con la tecnica dei potenziali evento correlati (ERP) che presentano simultaneamente stimoli volto – voce, emotivamente congruenti e/o incongruenti, rivelano effetti ERP precoci (componenti N1, P2) per le coppie congruenti volto-voce, suggerendo una interazione precoce tra stimoli emozionali uditivi e visivi (Pourtois, Gelder, Vroomen, Rossion, Crommelinck, 2000). Pertanto, l'emozione musicale può interagire con l'emozione visiva contemporaneamente all'elaborazione visiva (Spreckelmeyer, Kutas, Urbach, Altenmuller, Munte, 2006).

8. Integrazione cross-modale delle emozioni: stimolo musicale, riconoscimento volti, ERP

Una serie di recenti studi cross-modali comportamentali e neurali sulle emozioni hanno evidenziato gli effetti di priming indagando se e come il contenuto emotivo di una modalità sensoriale influenza l'interpretazione delle informazioni emotive derivanti da altre modalità sensoriali. Nel caso della musica, questo paradigma offre spunti importanti sul fatto che le emozioni suscitate dalla musica vengono elaborate e interpretate in modo simile o diverso rispetto alle emozioni suscitate da altri domini.

Uno studio comportamentale pionieristico è stato condotto da Bouhuys et al., i quali hanno osservato come l'ascolto di musica deprimente o esaltante influenzi profondamente la percezione delle espressioni facciali. I partecipanti che riferivano di essere influenzati negativamente dalla musica sceglievano espressioni facciali ambigue (elicitanti emozioni meno intense) o più tristi o volti meno felici, il

che suggerisce una correlazione tra la musica e la percezione delle espressioni facciali emotive (Marin, Bhattacharya, 2010).

In un altro studio (Sollberger, Reber, et al., 2003), l'effetto priming affettivo, è stato osservato utilizzando accordi consonanti e dissonanti come effetto priming e parole come stimoli target. I soggetti hanno valutato più velocemente e con maggiore precisione le coppie stimolo-target affettivamente congruenti rispetto a quelle incongruenti. Nel contesto dell'effetto priming semantico, l'ascolto anticipato della musica ha prodotto un effetto sulla valutazione degli stimoli verbali presentati simultaneamente (Poulin-Charronnat, Bigand, et al., 2005). La prevedibilità armonica dell'accordo finale in una sequenza modulava la prestazione in un compito di decisione lessicale. Inoltre, l'induzione di felicità e tristezza attraverso l'ascolto di musica classica ha influenzato i compiti di decisione lessicale (Niedenthal, Halberstadt et al., 1997).

Recentemente, il comportamento dell'effetto priming affettivo è stato dimostrato in uno studio in cui i partecipanti dovevano valutare il carattere neutro fra gli stimoli proposti costituiti da colonne sonore dei film abbinata alla visione di sequenze dei film (Tan, Spackman, et al., 2007). I brani musicali da film, tratti dal repertorio classico, non variavano lungo un'unica scala bipolare (polo positivo o polo negativo), ma avrebbero dovuto indurre felicità, tristezza, paura o rabbia. La valutazione emozionale è stata influenzata dalla specifica emozione espressa dalla musica.

Baumgartner ha studiato le risposte psicofisiologiche e neurali suscitate da immagini e brani di musica classica che inducono la felicità, tristezza o paura proponendo tre condizioni: solo immagini, solo musica, coppia di immagine-musica congruenti. Le emozioni percepite più intensamente sono emerse per la condizione musica-immagine combinata. Analogamente, l'attivazione cerebrale, misurata dal potenziale EEG nella banda alfa, era maggiore per la condizione combinata. Gli stessi autori, usando un insieme simile di stimoli in uno studio fMRI, hanno trovato una maggiore attivazione nell'amigdala bilaterale, nella corteccia frontale ventrale, nello striato sinistro, a sinistra dell'insula, nei nuclei del tronco cerebrale e nel lobo temporale mediale, compreso l'ippocampo e la zona paraippocampale (Baumgartner, Lutz et al. 2006). Per sostenere l'idea che la combinazione di stimoli visivi e musicali amplifica l'esperienza emotiva, alcuni ricercatori hanno utilizzato la stimolazione magnetica transcranica per esaminare se la va-

lenza emotiva produce modulazioni del sistema motorio e del tratto corticospinale ad esso associato (Baumgartner, Willi et al. 2000). Indipendentemente dalla valenza emotiva, sono stati rilevati potenziali evocati motori nella condizione combinata rispetto alla presentazione unimodale degli stimoli. Le risposte di conduttanza cutanea sono migliorate nella condizione di stimoli combinati con musica, ma non nella condizione di solo immagine. Questo fatto indica che l'eccitazione è un requisito necessario, ma non sufficiente, per l'attivazione del sistema motorio del cervello.

L'approccio di Baumgartner dimostra chiaramente l'importanza di combinare diverse misure di risposta emotiva al fine di capire il rapporto sottostante tra i vari meccanismi psicologici, psicofisiologici e neurofisiologici nella percezione multisensoriale.

In modo simile, Eldar et al. (Eldar, Ganor, et al. 2007) hanno abbinato stimoli visivi e musicali in uno studio di fMRI. Essi abbinavano spezzoni di film "positivi" (felice), o "negativi" (paura) alla musica neutra (semplice e monotonale) in tre condizioni: solo musica, solo film, musica e film. In un successivo esperimento comportamentale, i partecipanti hanno valutato la valenza e l'arosal delle clip considerando che i filmati erano finalizzati a far emergere informazioni concrete e le clip musicali informazioni emotive. La condizione musica-film è stata valutata in modo simile alla condizione musica. I dati fMRI indicano che l'amigdala, l'ippocampo anteriore e la corteccia prefrontale laterale sono state esposte a una maggiore attivazione nella condizione musica-pellicola negativa rispetto alla presentazione unimodale degli stessi stimoli. Inoltre, queste regioni non sono state attivate nella condizione di musica senza film, suggerendo che l'elaborazione emotiva dell'amigdala può essere legata al contenuto associato, fornendo così la prova per l'approccio cognitivo nelle scienze affettive.

Chen et al. (Chen, Yuan, et al. 2008) hanno presentato il primo studio neuroscientifico basato sul paradigma di priming affettivo con brani musicali presentati come stimoli affettivi primari. Gli studiosi erano particolarmente interessati al bias negativo del processo di elaborazione emotiva nel contesto di un priming affettivo elicitato da musica cinese e immagini complesse. I dati ERP hanno confermato una netta polarizzazione negativa in ognuna nella condizione. Immagini negative suscitavano componenti P2 più piccole di quelle prodotte da immagini positive e la differenza delle ampiezze tra le immagini positive e

negative era maggiore nella condizione primaria musica triste che nella condizione primaria musica felice. Inoltre, le immagini negative hanno prodotto deflessioni negative durante l'intervallo 500 - 700ms su tutte le condizioni primarie rispetto alle immagini positive. Questo studio fornisce la prova che l'arousal si ottiene maggiormente per emozioni negative e che il bias è maggiore negli stati emotivi negativi.

In modo simile, i già citati Logeswaran e Bhattacharya (Logeswaran, Bhattacharya, 2009) hanno condotto due esperimenti e raccolto i dati comportamentali utilizzando anche i dati EEG con lo scopo di esaminare se le emozioni musicali sono simili o dissimili rispetto alle emozioni indotte dal dominio visivo. Utilizzando il paradigma di priming affettivo, hanno utilizzato: brani con musica positiva e negativa in stili diversi della durata di 15 secondi; stimoli visivi mostrando volti felici, tristi e neutri. Nello studio del comportamento, ai partecipanti è stato chiesto di valutare la valenza dei volti e i risultati hanno confermato un effetto priming cross-modale: volti felici sono stati valutati come più felici quando venivano presentati dopo una musica allegra, e lo stesso è avvenuto per i volti tristi dopo la musica triste. È interessante notare che l'effetto priming della musica è massimo per gli obiettivi neutri. L'analisi delle componenti ERP ha evidenziato che negli stimoli suscitati dal volto neutro, la musica positiva suscita una componente N1 maggiore rispetto alla musica negativa, in linea con i risultati di Pourtois et al. (Pourtois, de Gelder, et al. 2000), che hanno rilevato un maggiore effetto N1 sulla corteccia uditiva durante la presentazione simultanea di coppie volto voce emotivamente congruenti. L'effetto della componente N1 era distribuito nelle regioni frontali, suggerendo un coinvolgimento delle regioni del cervello responsabili dei meccanismi top-down.

Inoltre hanno rilevato il potenziale della componente P2 per volti felici e neutri ma non per i target tristi, corroborando la constatazione di Spreckelmeyer et al. (Spreckelmeyer, Kutas et al., 2006).

Il ruolo funzionale della componente P2 in tali paradigmi di priming non è ancora chiaro, ma i risultati attuali suggeriscono che la componente ha una notevole valenza per comprendere le diverse funzioni cognitive legate agli aspetti percettivi.

La maggior parte dei ricercatori concordano su un approccio componenziale delle emozioni, il che implica che un episodio emozionale sia dovuto ai cambiamenti coordinati nelle diverse componenti (ec-

citazione fisiologica, espressione motoria, preparazione del comportamento, sensazione soggettiva) (Scherer, 2004).

Un altro aspetto rilevante da considerare è il comportamento, una componente essenziale di risposta emotiva ad uno stimolo (Gross, 2007). Alcune ricerche hanno evidenziato l'attivazione dell'azione o delle reti neurali senso motorie in risposta a dipinti percepiti come belli o come brutti (Kawabata, Zeki, 2004). Pertanto secondo l'approccio componenziale delle emozioni, questo potrebbe indurre ad una preparazione del comportamento con tendenze di avvicinamento/allontanamento. Di conseguenza, si potrebbe sostenere che l'esperienza estetica è caratterizzata da risposte comportamentali che hanno le caratteristiche tipiche delle emozioni utilitaristiche.

Studi di neuroimaging su musica ed emozione hanno sottolineato, dunque, l'attivazione delle aree motorie (Blood, Zatorre, 2001). Inoltre, gli studi che utilizzano l'elettromiografia facciale hanno dimostrato che le emozioni indotte dalla musica (Khalfa, Roy, M. et al., 2008; Roy, Mailhot et al., 2009) portano a specifiche attività dei muscoli facciali tra cui il muscolo corrugatore del sopracciglio (il muscolo della "disapprovazione") e il muscolo zigomatico maggiore (attivo quando si sorride), indicando che le risposte comportamentali indotte dalla musica coinvolgono anche altri domini (Marin, Bhattacharya, 2009). Indipendentemente dalla loro valenza, le emozioni ad alta eccitazione positiva/negativa (tensione, potenza e gioia) sono anche correlate con l'attivazione nelle aree sensoriali e motorie, mentre le categorie con un livello minore di arousal (tranquillità, nostalgia, e tristezza) attivano la corteccia prefrontale ventromediale e l'ippocampo. Questi dati rivelano un differente reclutamento delle emozioni interessando reti neurali coinvolte nei processi di ricompensa, della memoria, e senso motori, il che può spiegare la multicomponenzialità delle emozioni musicali.

L'ampia discussione sulle ultime scoperte nel campo della ricerca sulle emozioni indotte dalla musica è volta ad affrontare diversi temi di attualità che riguardano principalmente i confronti tra elaborazione emotiva ed esperienza in diversi ambiti sensoriali. Allo stato attuale, le questioni irrisolte sono più numerose delle risposte soddisfacenti e la comprensione delle emozioni musicali, e alcune delle loro caratteristiche particolari, può essere migliorata solo con gli studi cross-modalità mediante l'applicazione di una vasta gamma di differenti tecniche e paradigmi neuroscientifici e comportamentali.

Gli studi cross-modali basati su paradigmi di priming in particolare, possono fornire nuove risposte a vecchie domande relative alla musica. Seguendo il pensiero della Peretz (Peretz, 2009) si ipotizza che lo studio indiretto delle emozioni musicali possa offrire un'occasione per ampliare la conoscenza su come siano influenzati anche altre attività, comportamenti, domini, senza consapevolezza esplicita.

Bibliografia

- Altenmuller E., Schurmann K., Lim V.K., Parlitz D. (2002). Hits to the left, flops to the right: different emotions during listening to music are reflected in cortical lateralization patterns. *Neuropsychologia*, 40, pp. 2242-2256.
- Ayotte J., Peretz I., Hyde K. (2002). Congenital amusia: A group study of adults afflicted with a music-specific disorder. *Brain*, 125, pp. 238-251.
- Baumgartner T., Lutz K. et al. (2006). The emotional power of music: How music enhances the feeling of affective pictures. *Brain Research*, 1075(1), pp. 151-64.
- Baumgartner T., Willi M. et al. (2007). Modulation of corticospinal activity by strong emotions evoked by pictures and classical music: A transcranial magnetic stimulation study. *Neuroreport*, 18(3), pp. 261-5.
- Bever T.G., Chiarello R.G. (1974). Cerebral Dominance in Musicians and non Musicians. *Science*, 185, pp. 137-139.
- Bigand E., Poulin-Charronnat B. (2006). Are we “experienced listeners”? A review of the musical capacities that do not depend on formal musical training. *Cognition*, 100, pp. 100-130.
- Blood A.J., Zatorre R.J. (2001). Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98(20), pp. 11818-23.
- Brown S., Martinez M.J., Parsons L.M. (2004). Passive music listening spontaneously engages limbic and paralimbic systems. *NeuroReport* 15, pp. 2033-2037.
- Canli T., Desmond J.E., Zhao Z., Glover G., Gabrieli J.D.E. (1998). Hemispheric a symmetry for emotional stimuli detected with fMRI. *Neuroreport*, 9, pp. 3233-3239
- Chen J., Yuan J. et al. (2008). Music-induced mood modulates the strength of emotional negativity bias: An ERP study. *Neuroscience Letters*, 445(2), pp. 135-139.
- Coltheart M. (2001). Assumptions and Methods in Cognitive Neuropsychol-

- ogy. In B. Rapp (Ed.), *The Handbook of Cognitive Neuropsychology*. Philadelphia, PA: Psychology Press.
- Cross I. (2003). Music, cognition, culture, and evolution. In N.L. Wallin, B. Merkers, & S. Brown, *Biol. Found. of Music*, vol. 930.
- Davidson R.J. (2000). Affective style, psychopathology, and resilience: brain mechanisms and plasticity. *American Psychologist* 55, pp. 1196-214.
- Davidson R.J., Anterior cerebral asymmetry and the nature of emotion. *Brain and Cognition*, 20 (1992), pp. 125-151.
- de Gelder B., Vroomen J. (2000). The perception of emotions by ear and by eye. *Cognition & Emotion*, 14, pp. 289-311.
- Dehaene S., Cohen L. (2007). Cultural recycling of cortical maps. *Neuron*, 56, pp. 384-398.
- Eldar E., Ganor O. et al. (2007). Feeling the real world: Limbic responses to music depends on related content. *Cerebral Cortex*, 17(12), pp. 2828-2840.
- Flores-Gutierrez E.O., Diaz J.L., Barrios F.A., Favila-Humara R., Guevara M.A., del Rio-Portilla Y., Corsi-Cabrera M. (2007). Metabolic and electric brain patterns during pleasant and unpleasant emotions induced by music masterpieces. *International Journal of Psychophysiology*, 65, pp. 69-84.
- Fodor J. (1983). *The modularity of mind*. Cambridge Mass.: The MIT Press (tr. it. *La mente modulare*, Il Mulino, Bologna 1988).
- Fodor J. (2001). *The Mind Doesn't work that Way*. Cambridge: Massachusetts MIT press.
- Gabrielsson A., Lindstrom E. (2001). The influence of musical structure on emotional expression. In P. N. Juslin, J. A. Sloboda (eds.), *Music and Emotion*. Oxford: Oxford University Press.
- Gauthier I., Curby K.M. (2005). A perceptual traffic jam on highway N170. *Psychological Science*, 14(1), pp. 30-32.
- Gross J.J. (2007). *Handbook of emotion regulation*. New York: Guilford Press
- Huron D. (2003). Is music an evolutionary adaptation? In N. L. Wallin, B. Merker, S. Brown (Eds.), *The origin of music* (pp. 57-75). Cambridge, MA: MIT Press.
- Invitto S., Francioso A. (2013). Neuroarcheologia musicale: musica come protolinguaggio. *Psychofenia*, XVI, 28, pp. 35-72.
- James W. (1890). *The Principles of Psychology*. New York: Dover Publications.
- Juslin P.N., Laukka P. (2003). Communication of emotions in vocal expression and music performance: different channels, same code? *Psychological Bulletin*, 129, pp. 770-814.
- Juslin P. N., Sloboda J.A. (Eds.) (2001). *Music and Emotion*. Oxford University Press, Oxford.
- Juslin P. N. (2001). Communicating emotion in music performance: a review and a theoretical framework. In P. N. Juslin, J. A. Sloboda (eds.), *Music and*

- Emotion* (pp. 309-37). Oxford: Oxford University Press.
- Kawabata H., Zeki S. (2004). Neural Correlates of Beauty. *Journal of Neurophysiology*, 91(4), pp. 1699-1705.
- Khalfa S., Roy M. et al. (2008). Role of tempo entrainment in psychophysiological differentiation of happy and sad music? *International Journal of Psychophysiology*, 68(1), pp. 17-26.
- Liberman A.M., Whalen D. H. (2000). On the relation of speech to language. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(5), pp. 187-196.
- Logeswaran N., Bhattacharya J. (2009). Crossmodal transfer of emotion by music. *Neuroscience Letters*, Vol. 2.
- Marin M.M., Bhattacharya J. (2009). Music induced emotions: some current issues and cross-modal comparisons. In *Music Education*. Joao Hermida and Mariana Ferrero, Nova Science Publishers, Inc.
- Miller G. (2000). Evolution of human music through sexual selection. In N. L. Wallin, B. Merkers, S. Brown (Eds.), *The Origins of Music*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Mithen S. (2005). *The Singing Neanderthals: The Origins of Music, Language, Mind and Body*. London: Weidenfeld & Nicolson
- Morley I. (2003). *The Evolutionary Origins and Archaeology of Music: An Investigation into the Prehistory of Human Musical Capacities and Behaviours*. Ph.D dissertation, University of Cambridge.
- Niedenthaland P. M., Halberstadt J. B. et al. (1997). Being happy and “seeing” happy: Emotional state mediates visual word recognition. *Cognition and Emotion*, 11(4), pp. 403-432.
- Patel A. (2008). *Music, Language and the Brain*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Patel A. (2010). Music, biological evolution, and the brain. In M. Bailar (Ed.), *Emerging Disciplines*. Houston: Rice University Press.
- Peretz I., Belleville S., Fontaine S., Dissociation between Music and Language Functions after Cerebral Resection : A New Case of Amusia without Aphasia, in *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 51 (4), pp. 354-68, 1997.
- Peretz I., Zatorre J. (Eds.) (2003). *The Cognitive Neuroscience of Music*. Oxford: Oxford University Press.
- Peretz I. (2006). The nature of music from a biological perspective. *Cognition*, 100, pp. 1-32.
- Peretz I. (2009). *Music, language and modularity in action. Language and music as cognitive systems*. P., Rebuschat, M., Rohrmeier, J., Hawkins, & I. Cross. Oxford, Oxford University Press.
- Peretz I., Coltheart M. (2003). Modularity of music processing. *Nature Neuroscience*, 6(7), pp. 688-691.

- Peretz I., Hyde K.L. (2003). What is specific to music processing? Insights from congenital amusia. *Trends in Cognitive Sciences*, 7, pp. 362-367.
- Peretz I. et al. (2002). Congenital amusia: a disorder of fine-grained pitch discrimination. *Neuron*, 33, pp. 185-191.
- Pinker S. (1997). *How the mind works*. New York: Norton.
- Pinker, S. (2002). *The blank slate. The modern denial of human nature*. New York: Viking
- Poulin-Charronnat B., Bigand E. et al. (2005). Musical structure modulates semantic priming in vocal music. *Cognition*, 94, pp. B67-B78.
- Pourtois G., de Gelder B., Vroomen J., Rossion B., Crommelinck M. (2000). The time course of intermodal binding between seeing and hearing affective information, *Neuroreport*, 11, pp. 1329-1333.
- Pourtois G., de Gelder B. et al. (2000). The time-course of intermodal binding between seeing and hearing affective information. *Neuroreport*, 11, pp. 1329-1333.
- Roy M., Mailhot J. P. et al. (2009). Modulation of the startle reflex by pleasant and unpleasant music. *International Journal of Psychophysiology*, 71(1), pp. 37-42.
- Scherer K.R. (2004). Which emotions can be induced by music? What are the underlying mechanisms? And how can we measure them? *Journal of New Music Research*, 33(3), pp. 239-251.
- Sloboda J. A., O'Neill S. A. (2001). Emotions in everyday listening to music. In P. N. Juslin, J.A. Sloboda (Eds.), *Music and Emotion: Theory and Research*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Sollberger B., Reber R. et al. (2003). Musical chords as affective priming context in a word-evaluation task. *Music Perception*, 20(3), pp. 263-282.
- Spreckelmeyer K.N., Kutas M., Urbach T.P, Altenmuller E., Munte T.F (2006). Combined perception of emotion in pictures and musical sounds. *Brain Research* 1070, pp. 160-170.
- Tan S.L., Spackman M. P. et al. (2007). Viewer's interpretations of film characters' emotions: Effects of presenting film music before or after a character is shown. *Music Perception*, 25(2), pp. 135-152.
- Thompson W.F., Schellenberg E.G., Husain G. (2001). Arousal, mood, and the Mozart effect. *Psychological Science*, 12, pp. 248-51.
- Trainor L.J., Schmidt L.A. (2007). Processing emotions induced by music. In I. Peretz, R. Zatorre (Eds.), *The Cognitive Neuroscience of Music* (pp. 310-324). Oxford: Oxford University of Press.
- Wallin N., Merker B., Brown S. (Eds.) (2000). *The Origins of Music*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Zatorre R.J., Krumhansl C. (2002). Musical Models and Musical Minds. *Science*, 298, pp. 2138-2139.

