



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE

Laboratori di Antropologia

Alessandro Bertirotti

Organizzazione dei suoni e patterns neuronali



Firenze University Press

Introduzione

La musica è considerata una *espressione artistica* e questa valutazione condiziona il modo in cui ci si avvicina alla musica stessa. Il concetto di *arte* ha subito, nel corso del pensiero filosofico ed estetico occidentale, continue e costanti *specificazioni definitorie*. In questa sede, si tenta di *collocarla* in una dimensione *meno estetica*, più scientificamente *indagabile*.

Nel suo significato etimologico, il termine *arte* implica l'intervento di un *artigiano*, il quale "ha a che fare con i suoni" (Schöenberg A., 1922). La musica è *artigianato sonoro* che assurge a dimensione estetica nel momento in cui questa *operazione* approda al *musicale* provenendo dal *sonoro*. In effetti, esiste una netta differenza fra organizzazione sonora ed organizzazione musicale: la prima caratterizza il rapporto base della nostra specie con i suoni della natura; la seconda diventa *espressione cognitiva dell'interpretazione sonora del mondo*¹.

Una notevole quantità di persone ha imparato ad utilizzare una *téchne*, ossia un'*arte*, affinandosi sempre più nell'utilizzazione di uno fra i possibili linguaggi², vale a dire, uno fra i diversi *metodi cognitivamente validi per la classificazione di noi stessi e della realtà* (Aristotele, 1447a, 18ss).

Si ritiene, e con diffusa convinzione, che lo studio della musica sia ad appannaggio di pochi individui, eletti e particolarmente dotati. Questo "grandioso equivoco cognitivo" condiziona il nostro modo di considerare sia l'educazione musicale sia la musica in generale. Nella valutazione antropologica della *relazione circolare suono-uomo-suono* si pone la questione ontologica dell'esistenza della musica (Bertirotti A., 2003). In altri termini, diventa importante tentare di definire sia la musica stessa sia il suo campo di intervento culturale. La musica, per esistere, deve essere eseguita e quindi, in qualche modo, ascoltata. Di questa prerogativa si sono occupati per lungo tempo diverse discipline. I filosofi si sono chiesti i motivi che definiscono l'identità di un'opera musicale (Ingarden R., 1966); i matematici e i fisici hanno sostenuto l'esistenza della musica intesa come *organizzazione cronologica di suoni* (Einstein A., 1957); gli antropologi hanno visto nella musica una *espressione sonora organizzata* utile alla selezione naturale (il passaggio dal periodo neanderthaliano all'*Homo sapiens sapiens*, tra i 70.000 e i 50.000 anni fa) (Darwin Ch., 1871). In effetti, l'avvento del *sapiens sapiens* ha comportato, fra le altre cose³, l'espressione delle prime forme artistiche, quindi

¹ Sull'origine della musica e del canto le opinioni sono ancora discordi. Dal punto di vista della teoria musicale, si ha il canto (quindi anche la musica) quando le differenze intervallari fra suono e suono sono avvertibili dall'orecchio umano, al contrario della lingua parlata, nella quale la prosodia (ossia l'andamento *melodico* della frase) è una costante e continua variazione di registro.

² L'utilizzazione della *téchne* è funzionale al distacco dall'*empeiria*, cioè dal "lavoro diretto verso un fine". Nell'*empeiria* risiede il raggiungimento di uno scopo secondo una metodologia che non è ancora governata da regole generali, mentre con le *téchnai*, in seguito mimetiche e poetiche, il metodo diviene fondamentale allontanandosi sempre di più dallo scopo a vantaggio del modo.

³ Si tenga presente che il passaggio dal periodo neanderthaliano a quello dell'*Homo sapiens sapiens* ha comportato: a), il passaggio da uno stile di caccia ravvicinato, corpo a corpo, a quello di caccia a distanza (ad esempio con l'ausilio di archi e lance più lunghe); b), il

presumibilmente anche delle prime forme di *organizzazione musicale* (Chiarelli B., 2003). *Elaborare* e *decodificare* sono stati e sono atti cognitivi importanti per lo sviluppo e il mantenimento della nostra specie. Due *procedimenti* attraverso cui le diverse parti del cervello (romboencefalo, mesencefalo e proencefalo) si sono costantemente integrate fra loro, coinvolgendo anche l'area più antica che condividiamo con i rettili, l'*archiopallio* (Chiarelli B., 1997). Le ultime ricerche rivelano che le *proiezioni diffuse* di tipo musicale, afferenti ed efferenti il talamo, sono decodificate dalla corteccia uditiva con un ritardo di 8 ms (Tramo M.J., Cariani P.A., Delgutte B., Braidà L.D., 2001; Zatorre R.J., Krumhansl C., 2002). Quindi alcune reattività comportamentali indotte musicalmente sono, in prima istanza, motorio-emozionali-affettive.

Ognuno di noi "riceve" dall'ascolto della musica "stati" di gratificazione intellettuale o di coinvolgimento emotivo. Ogni essere umano instaura un rapporto particolare con la musica, sia per quanto riguarda il genere di musica, "i tempi" di ascolto, sia per la *soddisfazione* che ne trae. Nel settore delle arti figurative, è sufficiente ricordare la *sindrome di Stendhal*, sintomatologia conseguente l'esposizione intensa ad un'opera d'arte (Musio G., 2003). Dostojewski, epilettico, era colto da un attacco di questo tipo, dopo lunghe esposizioni a determinati quadri. Diventa quindi spontaneo domandarsi perché accadano questi fenomeni e perché in alcuni casi si verifichi una evidente e massima sintonia tra emettitore, mediatore e ricevente. La mobilitazione del Sistema Nervoso a questi livelli può avvenire soltanto se il messaggio artistico pone in sufficiente contatto tre strutture mentali: quella dell'artista compositore, dell'artista esecutore e quella del fruitore. Gli effetti prodotti dal contatto tra queste tre strutture mentali apparentemente lontane fanno parte di una fenomenologia che non è solo psicologica, ma anche cognitiva, ossia cerebro-mentale.

Tutte le informazioni che provengono dall'ambiente esterno, e tutte le risposte a queste informazioni, sono *mediate* dall'area limbica, la quale carica di *tensione emotiva* sia i messaggi afferenti sia quelli efferenti la corteccia (Musio G., 2003). Questa interazione è funzionale alla vita umana sul pianeta e, nel caso specifico della musica, Mark Jude Tramo sostiene infatti che ogni *bioma* esistente è oltremodo caratterizzato da una specifica *biofonia* (Tramo M.J., Cariani P.A., Delgutte B., Braidà L.D., 2001).

Le ricerche di Geissmann hanno dimostrato che i gibboni *eseguono* dei veri e propri duetti, durante il periodo dell'accoppiamento. Egli non si è accorto però che queste scimmie catarrine *cantano* secondo uno schema-struttura compositiva assai simile alla produzione della musica occidentale. In altri termini: il duetto (maschi e femmine) dei gibboni inizia con un *piano* e poi continua sino a raggiungere un concitato ritmico in *forte*, per poi ritornare con un *diminuendo* al punto di partenza. Quasi tutta la produzione della musica occidentale "colta" segue, a grandi linee, lo stesso schema. Ulteriore caratteristica che ci accomuna alle nostre antenate scimmie è il *senso del ritmo*

passaggio da una alimentazione prevalentemente carnivora ad una prevalentemente onnivora; c), il passaggio da una cultura materiale poco differenziata ad una assai differenziata; d), il passaggio dall'assenza di arte alla presenza di questa.

(cosa diversa dalla reiterazione ossessiva di uno stesso suono)⁴: codificato dall'ipotalamo e dal talamo, e solo in seguito dalla corteccia.

La stretta relazione selezionata dall'evoluzione fra sistema limbico e corteccia, non solo è funzionale al miglioramento delle strategie cognitive, ma permette la realizzazione di uno scambio informativo efficace fra gli aspetti emotivo-affettivi irrazionali e la loro interpretazione corticale. Risulta quindi importante ricordare che entrambe le funzionalità biologiche di queste due sezioni cerebrali sono *cognitive*, ossia l'aspetto della conoscenza è tanto emozionalmente elaborato quanto razionalmente decodificato. Per questi motivi, la produzione e fruizione della musica costituiscono un codice *paralinguistico* emotivo e razionale assieme. È annosa la diatriba fra coloro che sostengono l'*asemanticità* della musica e coloro che le attribuiscono invece una propria e peculiare *semanticità* (Wallin N.L. - Merker B. - Brown S., 2000). Secondo l'opinione di chi scrive, il problema, posto in questi termini, non potrà mai essere risolto. Definire la musica come coincidenza *sonora* di *significante* e *significato* esclude ogni tipo di semanticità, poiché questa coincidenza passa attraverso i soggetti individuali che la ascoltano e che le attribuiscono contenuti diversi. La questione si risolve adottando il punto di vista che altri autori hanno proposto e che trova nella musica una caratteristica comune a tutti i linguaggi: l'organizzazione strutturale di aspettative significanti (Delalande F., 1993). La musica soddisfa aspettative perché rappresenta una doppia mediazione fra una cognizione emozionale e razionale di tipo individuale, e una cognizione emozionale e razionale di tipo culturale.

⁴ Esiste una differenza sostanziale e sensibilmente percepibile fra una serie di suoni/rumori ritmicamente successivi ed una serie di suoni/rumori non ritmicamente successivi. È l'*accentuazione* di alcuni di essi a determinare la percezione del *ritmo*, rispetto ad una reiterazione ossessiva ma priva di significato. In altri termini, è l'accento *forte* posto su alcuni suoni/rumori in contrapposizione ad accenti *deboli* che crea il ritmo e ci permette di percepirlo.

La questione dei patterns neuromusicali

Fare, ascoltare musica ed agire attorno alla musica sono azioni presenti in tutte le culture sinora conosciute e con caratteristiche formali precise. Le ricerche condotte sulle strutture cerebrali e le aree della corteccia che entrano in azione quando si ascolta la musica (anche in individui non alfabetizzati musicalmente) hanno favorito la rivalutazione scientifica dell'esperienza musicale (Drake C., Bertrand D., 2001). Inoltre, hanno riproposto all'attenzione della scienza e della filosofia una questione importante: il rapporto fra il cervello e la mente⁵.

L'immagine cerebrale funzionale ha rivelato le basi neurofisiologiche sottese ad una molteplice varietà di funzioni cognitive, specie in riferimento all'ascolto della musica. Le ultime ricerche, cui si è accennato nell'introduzione, dimostrano che i modelli compositivi formali della musica occidentale tonale, si riflettono in altrettanti modelli mentali cerebrali (Zatorre R.J., Krumhansl C., 2002). Affermare l'esistenza di una ripercussione topografica fra l'attivazione di specifiche aree cerebrali e i modelli strutturali che caratterizzano il codice musicale implica un collegamento teorico diretto fra due aspetti del cervello-mente: la fisiologia e la cognizione.

Per fare un esempio: il sistema musicale temperato, di cui J.S. Bach è stato l'espressione musicale più eminente, non è solo il frutto di un naturale approdo evolutivo delle forma tonale occidentale, ma risulterebbe l'espressione di una esigenza evolutiva, in base alla quale il sistema temperato ne rappresenta la *notazione*. Si afferma così che il sistema tonale è *naturale*, confermando le intuizioni speculative di Platone ed Aristosseno⁶ (Fubini E., 1979). Si conosce, si produce, si esegue e si ascolta la musica perché *predeterminati geneticamente* alla comprensione della tonalità. Assunto che contiene però un errore teorico di fondo. Gli esperimenti di cui si discute in questo testo sono stati effettuati negli Stati Uniti, su individui occidentali, esponenti della macro-cultura occidentale. Grazie alla *plasticità cerebrale*, la reattività cognitiva musicale è ripercussione neurofisiologica di un cervello-mente *abituato*, sin dal grembo materno, alla musica *tonale*. L'attivazione di precise mappe neuronali, conseguenza dell'ascolto, è semplicemente *naturale*, perché culturalmente indotto. Invece, sarebbe oltremodo interessante verificare se un altro sistema musicale non tonale *prescriva* una organizzazione di patterns neuronali diversa da quella cui siamo abituati. Esisterebbero, in base ai luoghi di provenienza geografica e culturale, differenziate *modalità cognitive musicali*, effetto di risposte adattative. Rispetto alla ipotesi espressa da Tramo, esisterebbe quindi una *biofonia* per ogni bioma vivente e un'altra forma di *biofonia culturalmente e cognitivamente determinata* (Tramo M.J., 2001). Allo stato attuale della ricerca non esistono dati che possano confutare o confermare tale ipotesi.

⁵ A questo proposito è interessante ricordare che lo scorso gennaio è uscito il primo numero di un nuovo periodico intitolato *Mente & Cervello*, del gruppo editoriale di *Le Scienze*.

⁶ Platone nella *Repubblica* considera la musica (intesa come "armonia delle sfere") esercizio filosofico-matematico essenziale e sintetico di una mente universale. Aristosseno, sostenendo l'esistenza di una stretta relazione fra *arte* e *scienza*, sposta l'accento speculativo dalla musica, come espressione intellettuale, alla musica come *esperienza vissuta*, quindi come *cognizione*.

Alla fine dell'anno 2002, sono apparsi su *Science*, i resoconti delle ricerche effettuate da Janata e collaboratori (Zatorre R.J., Krumhansl C., 2002). Con l'utilizzazione dell'immagine cerebrale per risonanza magnetica, questi ricercatori hanno indagato gli aspetti neuro-cognitivi presenti in otto ascoltatori con competenze musicali. Sono stati somministrati al campione due "compiti di percezione musicale" (ossia due brani musicali), chiedendo loro di individuare variazioni timbriche e l'inserimento di alcune note violanti l'impianto tonale generale. È stata evidenziata l'attivazione del *giro temporale superiore* di ambedue gli emisferi e di altre regioni cerebrali: i lobi temporale, parietale, frontale e limbico. Inoltre risultano coinvolti anche il *talamo* e il *cervelletto*.

In ottica cognitivistica, il coinvolgimento del *talamo* induce ad una serie di considerazioni. L'area limbica del cervello è la parte filogeneticamente più antica. Come si è già detto, grazie a continue *proiezioni* neuronali, il *talamo* decodifica gli *input* entranti che si dirigono alla corteccia per essere elaborati semanticamente, e gli *output* in uscita, che si presentano come risposte individuali e culturali agli stimoli esterni ed interni. La funzione del *talamo*, in questo processo di "scambio dati" è di *caricare di tensione emotiva* i messaggi in entrata e quelli in uscita (Musio G., 2003). L'azione talamica (aumento o diminuzione della tensione emotiva) è particolarmente efficace quando il tipo di ascolto è *evocativo-immaginario*. Nella maggior parte dei casi ed in prima istanza, un brano viene percepito e decodificato a livello emozionale e irrazionale, indipendentemente dal grado di alfabetizzazione dell'ascoltatore. Solo in un secondo momento – a meno che l'ascoltatore non abbia affinato un automatismo recettivo grazie a molti anni di studio musicale, nel cui caso tutto sembra avvenire contemporaneamente – sarà possibile individuare la struttura *armonica, contrappuntistica* sottesa al brano.

All'interno del rapporto appena descritto (talamo-corteccia), i ricercatori ritengono che la citoarchitettura e le connessioni delle zone corticali uditive contribuiscano funzionalmente all'elaborazione della musica, utilizzando uno schema gerarchico efficace e funzionale alla decodificazione stessa. L'attivazione di queste zone avviene grazie alle *proiezioni elaborative* che giungono da un nucleo principale della corteccia uditiva primaria, per estendersi successivamente a diverse porzioni del giro temporale superiore e di quello medio. Sono infatti le regioni corticali uditive (aventi reti neurali assai estese) a presentare proiezioni spazialmente organizzate, dirette ai lobi frontali e parietali, e provenienti da essi, svolgendo la funzione di *processare* i suoni complessi⁷. La decodificazione della musica dipende quindi dal *lavoro* di particolari circuiti cerebrali, diversi da quelli attivati durante l'elaborazione di suoni linguistici⁸. L'immagine funzionale cerebrale rivela infatti la presenza di modelli di attività specializzati per l'elaborazione tonale, comprendendo le tipiche aree frontali e temporali, particolarmente coinvolte nella ritenzione mnemonica della tonalità. Inoltre, come Janata e colleghi confermano, si sono riscontrate sensibili asimmetrie emisferiche: l'emisfero destro del cervello si

⁷ Anche nel caso di un compito musicale apparentemente semplice, come la percezione e il riconoscimento di una melodia, è richiesta l'attivazione di una varietà complessa di processi cognitivi, di risposte percettive, attenzionali, mnemoniche ed affettive.

⁸ Questi dati emergono dalle ricerche effettuate su individui con disagi o lesioni cerebrali, quindi a volte anche afasici ed agnosici.

attiva principalmente per il riconoscimento dell'altezza del suono (ossia della frequenza), rispetto a quello sinistro. Fino a qualche anno fa si riteneva invece che l'emisfero destro presiedesse alla percezione olistica emotivo-evocativa del suono, mentre quello sinistro, "sede" della razionalità, a compiti logici e di identificazione strutturale. Ora si è certi che le risposte emotive di fronte alla musica coinvolgono invece molte strutture neuronali, appartenenti ad aree limbiche e paralimbiche del cervello (anche a regioni del mesencefalo e del proencefalo basale). Inoltre, si è accertato che la loro attivazione dipende da meccanismi motivazionali e di gratificazione, localizzati anche nella corteccia frontale ventromediale (Zatorre R.J., Krumhansl C., 2002).

Questi risultati ridefiniscono il rapporto esistente fra musica ed emozione e permettono altresì lo sviluppo di altre aree di ricerca. Ad esempio, le indagini rivolte all'identificazione di strutture musicali che attivano specifiche risposte emozionali, utili all'intervento terapeutico. I primi *musico-teorici* ad accorgersi dell'influenza della musica sulla personalità e sulla mente furono i greci. Essi formularono la *Teoria dell'Ethos*, che trovava una delle sue più interessanti applicazioni nella concezione della *coreia una e trina*⁹. Sostenevano, precorrendo i tempi della moderna neuroscienza, che l'andamento ritmico di un brano musicale procurasse precise reazioni a livello di sistema simpatico, parasimpatico e, ancora più lungimirante, a livello volitivo. Sulla base di questa concezione formularono appunto la *Teoria dell'Ethos* che, nella sua dimensione più applicativa, costituiva un intervento musicoterapeutico *ante litteram*. L'accostamento di precisi ritmi a precise menomazioni fisiche o psichiche procurava sollievo e determinava un lento ma progressivo miglioramento delle prestazioni emotive e/o fisiche del soggetto. Tutti gli ascoltatori ed esecutori di musica sono influenzati, nelle loro risposte emotive e nelle loro giustificazioni razionali, dall'utilizzazione di modelli tonali, armonici, melodici, ritmici e metrici. La conoscenza di espedienti compositivi (come l'andamento delle modulazioni, ai toni vicini o lontani) veicola sia il livello di decodificazione sia l'insorgenza di specifici comportamenti reattivi ad essa. Questa conoscenza, direttamente correlata quindi ad un diverso grado di alfabetizzazione musicale, *organizza il modo* attraverso cui si ricorda la musica, o si pianifica una performance musicale. L'emissione intonata della voce si acquista, ad esempio, spesso senza istruzione formale od esplicita e, se consolidata nel tempo dalla costanza dello studio, favorisce la formazione di precisi comportamenti musicali.

La struttura tonale ed armonica della musica occidentale è caratterizzata dalla concatenazione di frequenze-disposizione secondo uno schema generale di riferimento (pattern neuronale delle frequenze). Ci si riferisce all'analisi delle scale musicali, dei toni parziali e delle relazioni fra le chiavi¹⁰. La musica è, nella maggior parte delle culture, organizzata attorno ad una o più note stabili di riferimento (che costituiscono un "centro gravitazionale armonico", ad

⁹ La *coreia una e trina*, è l'insieme di *danza, musica e poesia*.

¹⁰ La locuzione "relazione fra le chiavi" è da intendersi come "insieme delle configurazioni armoniche determinate dall'andamento delle modulazioni". Sono infatti le modulazioni che suggeriscono e sviluppano, ad esempio, il circolo delle quinte.

esempio la tonica nel sistema temperato occidentale)¹¹. Le rimanenti note della scala, ossia le altre undici, differiscono armonicamente (ma non contrappuntisticamente) dalla tonica, proprio perché gerarchicamente organizzate attorno ad essa. Nel nostro caso ad esempio, le frequenze più acute sono ricordate precisione e utilizzate con un intento compositivo sofisticato. Si tratta di note a fine frase, cioè più *attese* all'interno della frase musicale. Tutte le tonalità del sistema temperato partecipano allo stesso schema gerarchico di frequenze. La scelta di una successione armonica che permette di armonizzare una melodia in *do maggiore* è dello *stesso tipo* anche nel caso in cui si voglia armonizzare la stessa melodia in *sol diesis minore*. È stato quindi dimostrato che l'utilizzazione di queste successioni armoniche, codificate dal sistema tonale occidentale grazie anche all'opera di J.S. Bach, avviene grazie all'utilizzazione cognitiva di *patterns neuronali computazionali* (Zatorre R.J., Krumhansl C., 2002). Il compositore segue, nel suo atto creativo, una successione armonico-tonale che è *speculare* ai calcoli computazionali che avvengono nella sua mente. In altri termini, la teoria del sistema temperato (e del suo grado di applicabilità alla gestione dei suoni) è *cognitivamente parallela* al modo in cui la nostra mente organizza i suoni. Questo tipo di organizzazione, che si struttura storicamente nel Settecento, rispecchia una precisa strutturazione dei rapporti fra le diverse tonalità che il nostro cervello conserva. La mappa che i ricercatori hanno evidenziato è in effetti un modello della struttura relazionale fra le diverse tonalità: una mappa, integrata e plastica, di popolazioni di neuroni in stretto rapporto fra loro, frutto di un lungo tirocinio formale e musicale¹².

Sorgono però alcuni importanti quesiti: la topografia della mappa delle modulazioni riflette esattamente il modello di rappresentazione mentale delle stesse modulazioni a livello neuronale? È possibile ricercare una sorta di "riflessi di mappe corticali" che ripercorrono processi mnemonici e di comparazione fra note? Quanto i modelli neuronali di attivazione (in particolare quelli dell'area frontale ventromediale) si collegano alle risposte emotive alla musica? Questi modelli dovrebbero essere implicati ed attivi anche e specialmente durante le modulazioni. In realtà, le ricerche di Janata ed altri, anche se ineccepibili dal punto di vista epistemologico, non riescono ancora a dimostrare come e quanto la reattività biochimica della corteccia temporale superiore interagisca con le reattività distribuite lungo altre regioni del cervello. È probabile che le mappe tonali si distribuiscano ampiamente in molte zone del cervello, perché nella maggioranza delle culture l'individuo è soggetto

¹¹ Questo accade nel sistema tonale, ma non nel sistema dodecafonico seriale, nel quale tutte e dodici le note godono dello stesso "potere gravitazionale".

¹² La tecnica della modulazione è di non facile assimilazione. Il corso di composizione si dispiega, nei nostri attuali Conservatori di Musica – Istituti di Alta Cultura, lungo il corso di dieci anni, attraverso i quali l'allievo studia le diverse tecniche e forme compositive che hanno caratterizzato tutta la musica occidentale ed impara, anch'egli, a comporre secondo un proprio personale gusto e tecnica. La modulazione consiste nella capacità di passare da una tonalità di partenza ad altre tonalità. Nel corso della composizione è possibile "passare attraverso molte" tonalità e quindi organizzare il discorso musicale attorno a questi passaggi. Per fare un esempio, è come organizzare un viaggio che preveda diverse tappe, ognuna delle quali rappresenta una tonalità. Giunti ad ogni tappa, vi si può soggiornare più o meno a lungo, quindi decidere di ammirarne le caratteristiche, oppure dare una semplice occhiata per proseguire frettolosamente.

all'ascolto della musica, con differenti gradi di consapevolezza, e l'assimilazione implicita delle strutture delle chiavi musicali diventa quindi automatica.

Tutti noi *facciamo, ascoltiamo e produciamo* musica, anche se a diversi livelli di complessità. E lo facciamo perché è una necessità biologica e un modo efficace per conoscere il mondo. Per conoscerlo nella sua parte sonora, oltremodo interessante.

Bibliografia

- Aristotele, *Poetica*, Firenze.
- Bellone E., 2003, *La stella nuova. L'evoluzione e il caso Galilei*, Einaudi Editore, Torino.
- Bertirotti A., 2003, *L'uomo, il suono e la musica*, (in stampa) Firenze University Press, Firenze.
- Chiarelli B., 1997, *Evoluzione del cervello e la nascita dell'autocoscienza*, in *Systema Naturae. L'uomo, la natura e il pensiero*, Vol. 4, Edizioni Polistampa, Firenze.
- Chiarelli B., 2003, *Dalla natura alla cultura. Principi di antropologia biologica e culturale. Evoluzione dei primati e origine dell'uomo*, Vol. I°, Piccin Editore, Padova.
- Darwin Ch., 1871, *The Descent of Man, and Selection in Relatio to Sex*.
- Delalande F., 1993, *Le condotte musicali. Comportamenti e motivazioni del fare musica e ascoltare musica*, Editrice Clueb Bologna.
- Drake, C., Bertrand, D., 2001, *The Quest for Universals in Temporal Processing in Music*, in Robert J. Zatorre and Isabelle Peretz, (a cura di), June 2001, *Biological Foundations of Music*, Annales of the New York Academy of Sciences, vol. 930, New York.
- Einstein A., 1957, *Mein Weltbild*, Schwarz, Milano, trad. it. 1996, *Idee e opinioni. Come io vedo il mondo*, Fabbri Editori, Milano.
- Fubini E., 1979, *L'estetica musicale dall'antichità al Settecento*, Einaudi Editore, Torino.
- Ingarden R., 1966, *Utwor muzyczny i sprawa iego tozsamosci*, Panstwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, trad. it. 1989, *L'opera musicale e il problema della sua identità*, SV. Flaccovio Editore, Palermo.
- Musio G., 2003, *Prefazione*, in Bertirotti A., *L'uomo, il suono e la musica*, Firenze University Press, Firenze.
- Schönenberg A., 1922, *Harmonielehre*, Universal Edition, Wien, trad. it 1991, *Manuale di armonia*, Il Saggiatore, Mondadori, Milano.
- Tramo M.J., 2001, *Music of the Hemispheres*, in 2001, *Science*, n. del 5 gennaio.
- Tramo M. J., Cariani P. A., Delgutte B., Braidà L. D., 2001, *Neurobiological Foundations for the Theory of Harmony in Western Tonal Music*, in *The Biological Foundations of Music*, Annales of the New York Academy of Sciences, Vol. 930, New York.
- Wallin N. L.- Merker B.- Brown S., 2000, (eds.), *The Origins of Music*, MIT Press, Cambridge, Mass.
- Zatorre R.J., Krumhansl C., 13 dicembre 2002, *Musical Models and Musical Minds*, in *Science*, vol. 298, pagg. 2138-2139. Drake, C., Bertrand, D., 2001.