



LA MUSICA, I SUOI EFFETTI COMUNICATIVI E NEUROFISIOLOGICI, E LA MUSICOTERAPIA

FRANCO PANIZON

Professore Emerito, Dipartimento di Scienze della Riproduzione e dello Sviluppo, Università di Trieste

Musica, mente e cervello

La musica è costituita da un insieme artificiale di stimoli sonori, legati tra loro dal ritmo e dai rapporti matematici di frequenza (tono) tra i singoli suoni, che vengono emessi e ricevuti dall'uomo per altri uomini a scopo comunicativo; che arrivano alla corteccia cerebrale dove vengono letti e implicitamente decodificati; e dove producono effetti secondari, prevalentemente di tipo emotivo (considerando tra questi sia l'emozione estetica che le emozioni primordiali, di eccitazione, aggressione, rilassamento, paura), ma anche di tipo motorio (danza) e di tipo cognitivo (lettura testuale).

Le vie e i meccanismi che consentono l'elaborazione e il passaggio da un insieme di stimoli sonori a un messaggio interumano coerente e significativo, e alle sue conseguenze biologiche, e che si svolgono, per la maggior parte, al di fuori della consapevolezza dell'ascoltatore, sono stati oggetto di curiosità e studio fin dalla nascita delle neuroscienze. Anche se non si può dire che questi studi abbiano aggiunto molto a una reale comprensione dell'evento mu-

sicale, dei suoi percorsi neurali e dei suoi effetti biologici, certamente qualche spiraglio lo hanno aperto.

D'altra parte, non è che per le altre forme di comunicazione, cioè di produzione, trasmissione, processazione di stimoli sensoriali artificiali, visivi per la pittura, visivi e tattili per la scultura, visivi e uditivi per il teatro, ma anche per le lettere e le matematiche, si sia andati molto più in là, anche se, in tutte queste forme di comunicazione e/o di arte, la componente cognitiva è più presente, sicché l'interpretazione a prima vista potrebbe sembrare più semplice.

Ma le cose non sono affatto semplici per nessuno di questi tipi di comunicazione artificiale, termine che confina col termine di artistico e che occasionalmente lo diventa.

Musica come linguaggio

Il linguaggio parlato è indirizzato alla frazione più consapevole del nostro cervello, quella, appunto, che si esprime con la parola, che funge da "inter-

prete" tra noi e gli altri, e tra la parte implicita e quella esplicita del nostro stesso essere.

La musica è invece il mezzo creato per dettare dei sentimenti nell'ascoltatore, utilizzando, a questo fine, la frazione inconsapevole del cervello.

Non esistono ricette per elaborare una musica "alta" (altamente espressiva). La ricetta non scritta, creata "sul campo", la trova il compositore nella parte inconsapevole di sé (e tuttavia ricca dell'esperienza universale), e riesce poi a riversarla nel linguaggio scritto, esplicito, ripetibile, dello spartito. Nel messaggio musicale assumono un significato emotivo peculiare il *ritmo*, la *melodia* e il *timbro*.

Il *ritmo* è per se stesso una componente ripetitiva, certamente connessa coi ritmi biologici (come il ritmo cardiaco, respiratorio e i ritmi circadiani), così come mostra anche l'estrema precisione e invarianza del ritmo nei richiami amorosi degli insetti. Il ritmo, il ritmo dei passi, o dei colpi di remo, o del lancio delle sementi, fornisce una base stabile all'azione e protegge dall'ansia decisionale. Così, il ritmo della frase musicale costituisce l'intelaiatura sulla quale si stende la storia raccontata dalla melodia.

Così come il ritmo è ripetitivo, la *melodia*, in cui giocano gli accordi tra le note e l'ampiezza dei suoni, è invece continuamente mutevole.

Ma la natura stessa del suono, il *timbro*, la voce specifica dello strumento che l'ha prodotta, anche solo una campana, o una tromba, o un tamburo, o più naturalmente la voce del vento, o del ruscello, o del mare, o il canto degli uccelli, ha una sua componente espressiva che, di per sé, produce un sentimento.

Il prodotto finale di un ascolto musicale è uno "stato d'animo", che ha due componenti: una personale, emotiva, di gioia, o di malinconia, o di nostalgia, o di bisogno, o di ricerca; e una collettiva, o addirittura universale, di condivisione, di appartenenza, di empatia. La cosa può avere aspetti ed espressioni, anche corporali e motorie, assai diverse nella partecipazione a una musica "apollinea" (diciamo l'ascolto o la produzione di musica classica) oppure a una musica "dionisiaca" (un rock o un canto di guerra).

Steven Pinker, un neuroscienziato, ha detto una volta che la musica, per il cervello, è poca cosa, solo una piccola ghiottoneria, un *cheesecake*. In effetti, i soggetti perfettamente stonati (amusici) vivono una vita del tutto normale. E tuttavia, il giudizio di Pinker appare improbabile (non impossibile), se si considerano alcuni fenomeni biologici e antropologici che suggeriscono invece che il cervello sia fatto "anche" per la musica e che la musica (non la musica di Beethoven, ma quella del tamburo, o della tromba di guerra, e del corno, e quella che accompagna le danze tribali) ha un ruolo comunicativo pre-verbale e certamente assai antico, forse precedente a quella del linguaggio articolato. Ce lo fanno pensare:

a) l'affermazione banale (ma non per questo falsa) che assai poche cose nel nostro cervello, in base al-

le nostre conoscenze, appaiono superflue o di divertimento;

b) il fatto che una determinata musica, in ciascuna delle sue componenti, il ritmo, la melodia, il timbro, produce in tutti, o quasi, gli stessi effetti emozionali;

c) la considerazione che il primo messaggio sonoro che arriva al feto è il ritmo (il battito del cuore della madre); che il feto è già capace di memorizzare una melodia; e che il primo messaggio che riceve il neonato, al tempo stesso gestuale e verbale, ma ancor prima timbrico, ritmato e melodico, è la ninna nanna, in tutti i popoli;

d) l'osservazione che il messaggio di richiamo, di sfida, di corteggiamento, di molte specie animali (non solo degli uccelli, ma anche, per esempio, il richiamo luminoso delle lucciole, e naturalmente anche il richiamo sonoro del cervo e del lupo) è costruito sul ritmo, sul timbro e sulle note (anche se, eccetto che per gli uccelli, certo non si può parlare di musica).

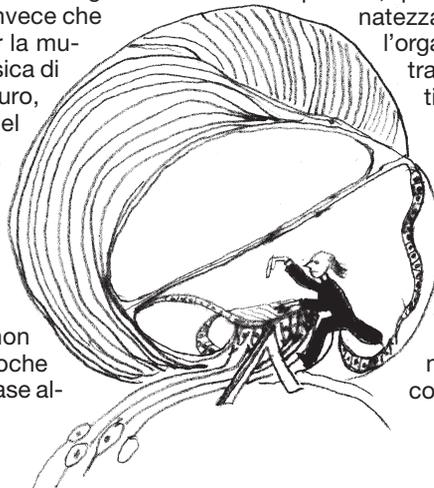
Gli ultimi tre punti indicano la possibilità/probabilità di un ruolo ancestrale della musica come strumento di comunicazione; possibilità/probabilità che ritroviamo analizzando il modo con cui il cervello decodifica il segnale musicale.

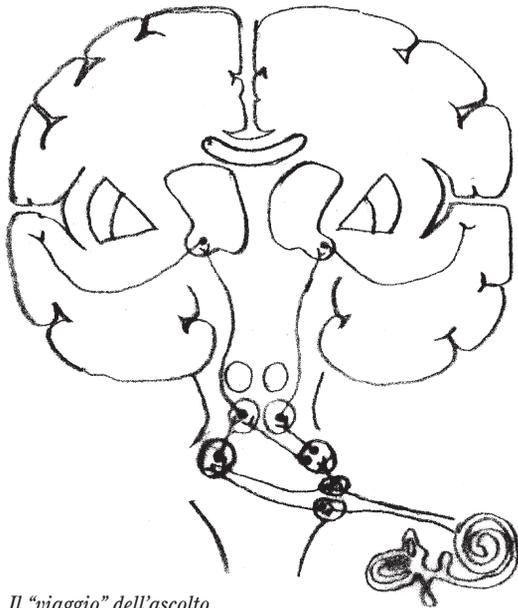
Lo fa in modo molto più arcaico e indifferenziato rispetto al linguaggio articolato, che richiede una struttura, un centro di decodifica (il centro di Wernicke) molto specializzato, per quella che è probabilmente l'ultima, in ordine di tempo, delle funzioni acquisite dall'uomo per diventare uomo: la parola. Lo decodifica, cioè - parliamo del segnale musicale - in entrambi gli emisferi, senza una localizzazione precisa. In realtà nemmeno si può dire che lo decodifica; semmai che lasci questa funzione di decodifica all'inconscio (come nel richiamo animale), piuttosto che alla coscienza esplicita (altra funzione tardiva della nostra specie); inoltre, lo trasmette, senza mediazione, al corpo (danza) e al sistema neurovegetativo (ritmo cardiaco, conduttanza cutanea, pressione arteriosa, richiamo sessuale) ed endocrino (ACTH, ossitocina, vasopressina).

Primo tempo: dall'orecchio alla corteccia

Un viaggio ipersemplicito nel SNC, dall'orecchio alla corteccia uditiva, ci permetterà di capire forse qualcosa di più, non tanto del tema affrontato in apertura, quanto della complessità e della raffinatezza della riproduzione (a livello dell'organo di Corti), della trasmissione (attraverso le vie acustiche ascendenti), della decodifica (nella corteccia uditiva associativa), delle vie di diffusione da questa ad altre aree corticali, delle molecole messe in gioco, degli effetti emotivi, biologici, motori che ne derivano.

A livello dell'organo di Corti troviamo un primo piccolo miracolo: la complessità e la duttilità di quest'organo, che si presenta come un minuscolo pianoforte a coda con 15.000 tasti (le cellule di Corti),





Il "viaggio" dell'ascolto.

che ci permette (a differenza di quanto accade coi colori) di riconoscere in un'orchestra la voce dei diversi strumenti, o in un coro quella di diverse persone; e in uno spartito gli accordi musicali e le composizioni complesse.

Già a livello del nucleo dell'acustico, le note trovano una collocazione spaziale, in una mappa tono-topica suddivisa in lamine isotoniche. Ma, dalla prima delle tappe successive -il nucleo olivare superiore- in poi, le mappe diventano anche topo-topiche, ci fanno sapere cioè da dove, da che direzione dello spazio, ogni singola componente del suono, ogni nota, ogni timbro proviene.

Anche qui c'è un piccolo miracolo: è a questo livello che avviene la decussazione delle vie uditive ascendenti (che in piccola parte si dirigono poi verso l'emisfero ipsilaterale, e per la parte maggiore verso l'emisfero controlaterale); ed è a questo livello che un sensibilissimo sistema sensore permette di riconoscere differenze di 10 microsecondi: 0,001 millisecondi, quanto basta per separare e distinguere lo stimolo che viene dall'orecchio di destra (e che si dirigerà prevalentemente all'emisfero sinistro) da quello che viene da sinistra (e viaggerà verso destra).

È possibile che a questo livello ci sia un primo *switch* (*switch* basso) che orienti verso uno o l'altro emisfero i suoni in funzione di alcune caratteristiche strutturali, mentre un secondo *switch* (*switch* alto) attraverso il corpo calloso trasferisca all'emisfero sinistro i suoni "di linguaggio".

Secondo tempo: la corteccia uditiva primaria e la corteccia associativa

La corteccia uditiva non è visibile sulla superficie dell'encefalo perché è localizzata sulla parete inferiore del solco laterale (aree 41 e 42 di Brodmann). È organizzata, come tutta la corteccia, in colonne verticali, ciascuna delle quali composta da neuroni sensibili a uno stesso stimolo sonoro, e tutte correlate, strato per strato, alle colonne adiacenti, ma anche a

colonne lontane, fino all'emisfero opposto. Qui, in questa sede, lo stimolo diviene sensazione significativa, e il significato si allarga, e nello stesso tempo si precisa, con l'espandersi dell'onda, dalle colonne dell'area uditiva primaria alle colonne dell'area uditiva associativa e da queste alle aree più lontane, secondariamente arruolate e coinvolte.

Subito dietro alla piccola area uditiva primaria, nel pavimento del solco laterale e sulla superficie esterna del lobo temporale (parte posteriore dell'area 22 di Brodmann), è collocata la parte associativa della corteccia uditiva, il *planum temporale*. Nell'emisfero dominante, usualmente il sinistro, quest'area viene indicata come area di Wernicke e le è attribuito un ruolo fondamentale nella decodificazione del linguaggio parlato. E per il linguaggio musicale?

Per il linguaggio musicale le cose sono un po' meno chiare e certamente meno ben definite. Si può dire tuttavia con ragionevole certezza che per la musica non c'è niente che assomigli alla specializzazione emisferica stretta che si ha per il linguaggio parlato; che entrambi gli emisferi giocano un ruolo significativo nella decodifica del linguaggio musicale, o nella sua trasformazione (in cosa?, questo è più difficile da dire; ma forse potremo accontentarci di dire "in messaggio"); e che tuttavia, sebbene questo punto sia oggetto di controversie, in questa funzione il *planum temporale* destro è più coinvolto che quello di sinistra. Vanno in questo senso, oltre a una serie di dati sperimentali, una serie di osservazioni cliniche (perfetta conservazione di tutte le funzioni musicali in musicisti resi afasici da lesioni ischemiche all'emisfero di sinistra; e viceversa una singola osservazione di un direttore di cori reso totalmente amusico - stonato - da una lesione ischemica localizzata al *planum temporale* di destra). Così, il blocco funzionale selettivo dell'emisfero destro (iniezione endocarotidea di pentobarbital) non modifica la capacità di parola, ma inibisce specificamente il canto.

In ogni modo, il coinvolgimento delle due aree associative, destra e sinistra, è diverso a seconda del tipo di musica (familiare o esotica, facile o difficile) e del tipo dell'ascolto (ingenuo, esperto, passivo, attivo, di apprendimento).

D'altronde, tra il linguaggio parlato e il linguaggio musicale esiste una naturale e complessa interazione: nel linguaggio parlato esiste una componente musicale, che viene esaltata nella poesia; a sua volta il linguaggio parlato (che nel canto è naturalmente "poetico") rinforza e arricchisce il messaggio musicale. Ritorneremo su questo tema parlando della filogenesi e dell'ontogenesi delle due forme di comunicazione sonora.

L'onda del suono si estende alle altre aree corticali

Ma l'onda provocata dallo stimolo sonoro musicale non si ferma all'area acustica primaria né a quella associativa. Lo possiamo valutare con differenti tipi di approccio: quello diretto con risonanza magnetica, quello indiretto con lo studio dei potenziali evocati, quello basato sullo studio degli effetti periferici neurovegetativi (pressione arteriosa, concentrazione di sodio nel sudore), quello basato sul dosaggio di molecole neurotrasmettrici;

infine lo possiamo “vedere” mediante una valutazione obiettiva dei comportamenti associati all’ascolto.

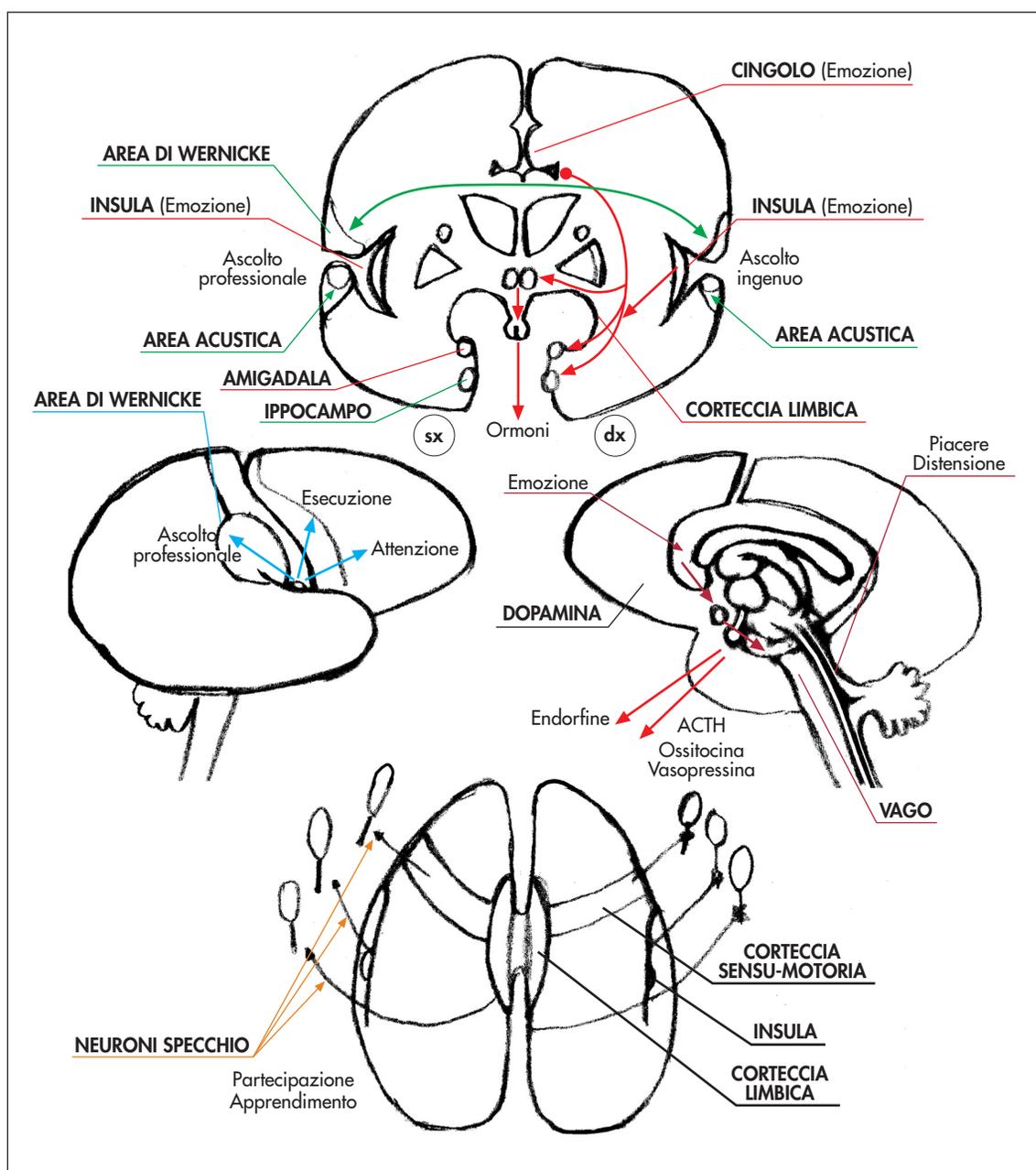
Qui le cose diventano in parte differenti a seconda che l’ascoltatore sia “ingenuo”, “incolto”, ovvero sia “educato” all’ascolto o ancor più alla produzione di musica; infine, al tipo della musica (musica tonale o musica atonale, musica occidentale o musica giapponese, musica familiare o musica non familiare, musica con dissonanze o musica senza dissonanze).

In linea di massima, possiamo dire che la musica che ci è familiare attiva principalmente le *aree corticali non uditive di sinistra* (in particolare quelle *parietali e motorie*); e che invece quella non familiare (occidentale per gli orientali, e viceversa), o comunque la musica nuova e difficile, attiva le *aree corticali non uditive di destra* (in particolare *prefrontali e parietali*); e possiamo dire anche che i

musicisti, o comunque coloro che praticano “attivamente” la musica, sviluppano capacità cognitive e motorie evocate dalla musica che sono superiori a quelle degli ascoltatori “passivi”.

A parte queste differenze, possiamo aggiungere che l’ascolto della musica ha tre ordini di effetti: uno *sulla regione temporo-parietale sinistra di Wernicke*, e sulle attività linguistiche e logiche; uno *sulla corteccia presilviana* e su alcune attività motorie, in particolare della mano per i musicisti, ma anche sul resto del corpo (movimento ritmico, danza); e un terzo effetto *sulle regioni e sulle funzioni della corteccia limbica* (sentimenti elementari), e da questa all’ipotalamo, con risultato periferico misurabile sulle funzioni dell’omeostasi (pressione arteriosa, conduttanza cutanea) e del controllo dell’immunità (produzione di linfociti NK, ridotta produzione di interleuchina-6).

La memorizzazione della musica, poi, coinvolge



specialmente l'*ippocampo di destra*, ma anche il grigio sottocorticale, specialmente a livello del tronco.

Più in generale possiamo aggiungere che ci sono evidenze concrete: a) sull'effetto di facilitazione della musica all'apprendimento, in particolare all'apprendimento delle lingue, e al rinforzo della memoria "ripetitiva" (canzoni piuttosto che poesie) e allo sviluppo di attività motoria "armonica"; b) su un coinvolgimento emotivo per interessamento delle strutture limbiche, in particolare dell'amigdala e dell'ippocampo, a cui va correlato l'effetto della musica sul comportamento (aggressivo per la musica dionisiaca, prosociale per la musica apollinea), effetto riproducibile anche sui primati; c) su un effetto "distensivo" gratificante e analgesico opioide-simile, mediato dalle endorfine, a livello del nucleo *accumbens* e del grigio periacqueduttale; d) su un effetto neurovegetativo mediato dal vago, al punto di partenza ipotalamico; e) su un effetto ormonale (vasopressina, ossitocina, ACTH) per la via ipotalamo-ipofisaria.

L'apprendimento attivo della musica e il ruolo dei neuroni specchio

I neuroni specchio sono dei neuroni molto particolari, che "scaricano" sia quando si osserva una determinata azione (rispondono selettivamente ad atti compiuti da un altro individuo), sia quando la si ripete, sia quando si immagina, nella propria mente, di ripeterla. Il sistema dei neuroni specchio sembra essere la base per la comprensione del significato degli atti altrui, che dell'apprendimento per imitazione, forse della più antica forma comunicativa, gestuale, interpersonale, che riguarda sia l'attività motoria fine (mano-bocca) sia le sensazioni e manifestazioni di rifiuto-disgusto-approvazione, sia quelle di dolore-sofferenza.

I neuroni specchio, a quanto è dato di sapere, sono collocati, per la prima di queste funzioni, nella *corteccia presilviana* (parte inferiore dell'area 6 e area 44, corrispondenti all'area di Broca), nella *corteccia temporale, al di sopra del solco temporale superiore* (area 28), e nella parte antero-inferiore della corteccia parietale (area 40); per la condivisione delle manifestazioni "empatiche", di rifiuto-disgusto-approvazione, sono collocati invece nell'*insula dell'emisfero di sinistra*; per la condivisione empatica del dolore sono collocati infine nel ginocchio del *giro cingolato dell'emisfero di destra* (NB. Solo nelle aree 40 e 44 hanno però una densità elevata, circa il 20% di tutti i neuroni: nelle altre aree menzionate la loro presenza è sparsa e più rada; il tutto è, comunque, ancora allo studio).

Ma il sistema dei neuroni specchio deve sicuramente attivarsi nell'apprendimento del canto, o dell'uso di uno strumento musicale, che sono per loro natura manifestazioni di apprendimento imitativo. In effetti, durante l'apprendimento attivo (non durante l'ascolto passivo), si attivano sia l'area di Broca che l'insula.

È probabile che i neuroni specchio abbiano un ruolo nella condivisione dei sentimenti e dei comportamenti motori che accompagnano l'esecuzione (orchestra, coro) e anche l'ascolto collettivo "dionisiaco", di piazza.

Il talento musicale, amusia e orecchio assoluto

La sordità per la musica, ovvero l'essere stonati, riguarda una porzione non piccola della popolazione, un po' inferiore al 5%, più o meno come la dislessia, alla quale per molti versi si avvicina e alla quale può concomitare. Ai questionari, peraltro, la percentuale di studenti che si dichiarano stonati o poco intonati è alquanto superiore. Si tratta, per questo eccesso di casi dichiarati, di disturbi minori, in parte dovuti a insufficiente educazione o attenzione all'ascolto, facilmente "rieducabili". All'amusia si associano una ridotta densità della sostanza bianca e un aumentato spessore della sostanza grigia in corrispondenza della corteccia prefrontale inferiore destra.

All'altro lato della gamma di capacità di intendere la musica sta l'orecchio assoluto, una rara capacità di riconoscere le singole note, isolate dal contesto musicale. Sia l'amusia che l'orecchio assoluto presentano un'aggregazione familiare che indica per entrambi una base genetica chiara. In alcuni casi di amusia, questa sembra trasmessa da un gene autosomico a elevata penetranza.

Aspetti "applicativi" potenziali della musica; musicoterapia

Ci limiteremo a brevissime note, ciascuna delle quali merita approfondimento e discussione.

Un primo effetto è quello della musica sul linguaggio, peraltro ben noto a ogni bambino di scuola elementare: il suo rinforzo della memoria (imparare a ricordare attraverso una poesia e meglio ancora una canzone), più specifico e meglio studiato; l'applicazione dell'insegnamento musicale e della parola "cantata" come aiuto per il recupero dai disturbi di letto-scrittura. È un fatto che l'esposizione alla musica esercita un misurabile effetto protettivo anche nei riguardi della demenza; e (si può forse indurre) sui meccanismi generali dell'apprendimento.

Un altro effetto, già molto utilizzato nella vita, anche professionale, o anche solo esistenziale (la musica in sala operatoria, o in sala parto, o in sala d'aspetto); ma anche effetto ben misurabile sulla *sopportazione dello stress e del dolore*, è quello mediato dalle endorfine e dalle encefaline prodotte nel grigio periacqueduttale e nei gangli sensitivi (ridotta sensazione di dolore, ridotto fabbisogno di farmaci analgesici); come l'effetto in parte simile e concorrente (*paura = dolore*), ansiolitico o de-stressante (ridotto livello di ACTH; liberazione in circolo, dall'ipotalamo all'ipofisi, di neuropeptidi e di ormoni dell'attaccamento, ossitocina e vasopressina), prevalentemente mediato dall'asse ipotalamo-ipofisario.

Questo effetto, a sua volta, è associato alla produzione di *empatia*, al sentimento di interconnessione con la vita degli altri, di *appartenenza a una realtà universale* (effetto "placebo", effetto "buon samaritano"); e qui c'entrano l'attivazione del ginocchio del giro cingolato, le endorfine del nucleo *accumbens*, e quelle liberate, in circolo, dall'ipotalamo. L'aumento dei linfociti NK, espressione di un effetto immuno-attivo, dunque di un indiretto, ma misurabile, rinforzo delle difese, è verosimilmente secondario all'azione de-stressante.

L'introduzione della musica nei programmi di *riabilitazione dei soggetti autistici* (è un campo di difficile valutazione) sembra poter rappresentare un elemento di integrazione significativo.

Un effetto di tutt'altra natura è quello esercitato dalla musica sul sistema neuro-motorio: si tratta del *rinforzo ritmico alla "intelligenza del corpo"* (ballo, o qualunque altro tipo di movimento ginnico-sportivo armonioso e creativo); ma anche dell'effetto della musica sull'*impaccio psico-motorio*, sulla riabilitazione del bambino con disturbo della coordinazione del movimento, come dell'impiego della musica (e del suono attivo di uno strumento) nella *riabilitazione post-lesionale*.

Infine, sembra possibile valutare a priori, sulla base di una valutazione computerizzata degli effetti neurofisiologici misurabili dell'ascolto musicale da parte dei singoli pazienti da sottoporre a musicoterapia, quali siano gli effetti che se ne possono ottenere nello specifico.

Immagine di apertura

Caravaggio, *Riposo durante la fuga in Egitto*. Olio su tela. Roma, Galleria Doria Pamphilj.

Indirizzo per corrispondenza:

Franco Panizon
e-mail: f.panizon@libero.it

Bibliografia di riferimento

Generalità sui rapporti ed educazione musicale

- Busnel MC, Granier-Deferre C, Lecanuet JP. Fetal audition. *Ann N Y Acad Sci* 1992;662:118-34.
- Causa P, Moschetti AM, Volta A, Manetti S. Dalla voce materna al cervello del bambino. *Quaderni acp* 2007;14:188-9.
- Fujjioka T, Ross B, Kakigi R, Pantev C, Trainor LJ. One year of musical training development of auditory cortical-evoked fields in young children. *Brain* 2006;129:2593-608.
- Lopez L. Incontro tra Neuroscienze e Musica. *Quaderni acp* 2007;14:190-2.
- Lopez L. Music Therapy: The long way to evidence-based methods-pending issues and perspectives. *Ann NY Acad Sci* 2005;1060:269-27.
- Mancina M. Dalla neurofisiologia alla psicanalisi dell'ascolto musicale. In: Porta M, Cremaschi Trovers G. L'uomo e il suono. Milano: Ghedini ed, 1991:41-54.
- Merletti V, Cascio P. Nati per leggere e nati per la musica. L'opportunità di non disperdere talenti. *Quaderni acp* 2005;12:1-2.
- Tafuri J. *Nascere musicali*. EDT ed, 2007, 212 pp.
- Weichbold V, Zorowka P. Can a hearing education campaign for adolescents change their music listening behavior. *Int J Audiol* 2007;46:128-33.
- Wong PC, Skoe E, Russo NM, Dees T, Kraus N. Musical experience shapes human brainstem encoding a linguistic pitch pattern. *Nat Neurosci* 2007;10:420-2.

La musica come linguaggio

- Boso M, Politi P, Barale F, Emanuele E. Neurophysiology and neurobiology of the musical experience. *Funct Neurol* 2007;14:122-8.
- Gomez P, Danuser B. Relationships between musical structure and psychophysiological measures of emotions. *Emotion* 2007;7:377-87.
- Koelsch S, Jentschke S, Sammler D, Mietschen D. Untangling syntactic and sensory processing: An ERP study

of music perception. *Psychophysiology* 2007;44:476-90.

- Mitterschiffthaler MT, Fu CH, Dalton JA, Andrew CM, Williams SC. A functional MRI study of happy and sad affective states induced by classic music. *Hum Brain Mapp* 2007;28:1150-62.
- Plailly J, Tillmann B, Royet JP. The feeling of familiarity of music and odors: the same neural signature? *Cereb Cortex* 2007;17:2650-8.
- Schön D, Boyer M, Moreno S, Besson M, Peretz I, Kolinsky R. Songs as an aid for language acquisition. *Cognition* 2008;106:975-83.

Dall'orecchio alla corteccia uditiva

- Barr L, Barr Kierman JA. Il sistema uditivo. In: *Anatomia del sistema nervoso umano*. Ed. italiana a cura di Francesco Giovannesi. Mc Graw Hill, 1995:300-10.
- Brown MC. Audition. In: Zigmund MJ, Bloom FE, Landis SC, Roberts JL, Squire LR (Eds). *Fundamental Neuroscience*. London: Academic Press, 1999:791-820.
- Kosslyn SM, Gazzaniga MS, Galaburda AM, Rabin C. Hemispheric Specialization. In: Zigmund MJ, Bloom FE, Landis SC, Roberts JL, Squire LR (Eds). *Fundamental Neuroscience*. London: Academic Press, 1999:1521-42.

Corteccia uditiva e associativa

- Lunghi A, Della Sala S. Neuropsicologia dei deficit auditivi. In: Porta M, Cremaschi Trovers G. *L'uomo e il suono*. Milano: Ghedini ed, 1991:55-70.
- Matsuyama K, Ohsawa I, Ogawa T. Do children with tuberous sclerosis complex have superior musical skill? A unique tendency of musical responsiveness in children with TSC. *Med Sci Monit* 2007;13:CR156-64.
- Petridfes KV, Nuven L, Mouskounti T. The trait emotional intelligence of ballet dancers and musicians. *Psychothema* 2006;18:101-7.
- Tsunoda T. The difference in the cerebral processing mechanisms for musical sounds between Japanese and non-Japanese and in relation to mother tongue. In: Porta M, Cremaschi Trovers G. *L'uomo e il suono*. Milano: Ghedini ed, 1991:119-42.

Altre aree corticali coinvolte e molecole trasmettitoriali

- Baumgarten T, Willi M, Janke L. Modulation of corticospinal activity by strong emotions evoked by pictures and classical music: a transcranial magnetic stimulation study. *Neuroreport* 2007;18:261-5.
- Eldar E, Ganor O, Admon R, Bleich A, Hendler T. Feeling the real world: limbic response to music depends on related content. *Cereb Cortex* 2007;17:2828-40.
- Flores-Gutierrez EO, Diaz JL, Barrios FA, Favila-Humara R, Guevara MA. Metabolic and electric brain patterns during pleasant and unpleasant emotions induced by music masterpieces. *Int J Psychophysiol* 2007;65:69-84.
- Nakamura T, Tanida M, Nijima A, Hibino H, Shen J, Nagai K. Auditory stimulation affects renal sympathetic nerve activity and blood pressure in rats. *Neurosci Lett* 2007;416:107-12.
- Petrides KV, Niven L, Mouskonti T. The trait emotional intelligence of ballet dancers and musicians. *Psychothema* 2006;18:S101-S7.
- Sparing R, Meister IG, Wienemann M, Buelte D, Staedtgen M, Boorjordi B. Task dependent modulation of functional connectivity between hand motor cortices and neuronal networks underlying language and music: a transcranial magnetic stimulation study in humans. *Eur J Neurosci* 2007;25:319-23.
- Wachi M, Koyama M, Utsuyama M, Bittman BB, Kitawaga M, Hirokawa K. Recreational music-making modulates natural killer activity, cytokines, and mood states in corporate employees. *Med Sci Monit* 2007;18:CR57-70.

Apprendimento della musica e neuroni specchio

- Hall DA, Edmondson-Jones AM, Fridriksson J. Periodicity and frequency coding in human auditory cortex. *Eur J Neurosci* 2006;24:3601-10.
- Lahav A, Saltzman E. Action representation of sound: audiomotor recognition network while listening to newly acquired actions. *J Neurosci* 2007;27:308-14.
- Mutschler I, Schultze-Bonhane, Glauche V, Demandt E, Speck O, Ball T. A rapid sound-action association effect in human insular cortex. *PLoS ONE* 2007;2:e259.
- School of Health Sciences Division of Medical Imaging and Radiotherapy, Liverpool. Broca's area supports enhanced visospatial cognition in orchestral musicians. *J Neurosci* 2007;14:3799-806.

Talento musicale, amusia, orecchio assoluto

- Drayna Z, Jones J, Brewer C, Zalewsky C. Genetics and phenotypes in tune-deafness. Special Issue on the International Workshop on the biology and genetics of music. Bologna 2007, 20-22 may.
- Gitschier J, Athos A, Levinson B, et al. Absolut pitch: genetics and perception. Special Issue on the International Workshop on the biology and genetics of music. Bologna 2007, 20-22 may.
- Griffiths TD, McDonald C, Kumar S., Deutsch D, Chinery P, Stewart L. Could a congenital disorder of musical perception be explained by a single gene? Relating neuronal organization to a complex behavioral phenotype. Special Issue on the International Workshop on the biology and genetics of music. Bologna 2007, 20-22 may.
- McDermott J. Probing the evolutionary origins of music perception. Special Issue on the International Workshop on the biology and genetics of music. Bologna 2007, 20-22 may.
- Peretz I. The genetics of congenital amusia (or tone-deafness): Family aggregation. Special Issue on the International Workshop on the biology and genetics of music. Bologna 2007, 20-22 may.
- Sloboda J. Explaining exceptional high and exceptionally low achievement in music: elite performers, savants, and the self-defined "tone deaf". Special Issue on the International Workshop on the biology and genetics of music. Bologna 2007, 20-22 may.
- Zatorre RJ. Structural and functional features of human auditory-related cortex: possible clues in the search for genetic links. Special Issue on the International Workshop on the biology and genetics of music. Bologna 2007, 20-22 may.

Applicazioni di ordine pratico e musicoterapia

- Baumgarten T, Willi M, Jancke L. Modulation of corticospinal activity by strong emotions evoked by pictures and classical music; a transcranial magnetic stimulation study. *Neuroreport* 2007;18:261-5.
- Chikahisa S, Sano A, Kitaoka K, Miyamoto KI, Sei H. Anxiolytic effect of music depends on ovarian steroid in female mice. *Behav Brain Res* 2007;6:160-7.
- Kern P, Aldridge D. Using embedded music therapy interventions to support outdoor play of young children with autism in an inclusive community-based child care program. *J Music Ther* 2006;43:270-94.
- Lahav A, Saltzman E. Action representation of sound:

audiomotor recognition network while listening to newly acquired actions. *J Neurosci* 2007;27:308-14.

- O'Callaghan C, Sexton M, Wheeler G. Music therapy as a non-pharmacological anxiolytic for paediatric radiotherapy patients. *Australas Radiol* 2007;51:159-62.
- Ovaloyu N. Listening to turkish classical music decreases patient's anxiety, pain, dissatisfaction and the dose of sedative and analgesic drugs during colonoscopy: a prospective randomized controlled trial. *World Gastroenterol* 2006;12:7532-6.
- Porta M. Su qualche aspetto etico-metodologico della musicoterapia. In: Porta M, Cremaschi Troversi G. L'uomo e il suono. Milano: Ghedini ed, 1991:97-104.
- Register D, Darrow AA, Standley J, Swedberg O. The use of music to enhance reading skills of second grade students and students with reading disabilities. *J Mus Ther* 2007;44:23-37.
- Schneider S, Schonie PW, Altenmuller E, Munte TF. Using musical instruments to improve motor skill recovery following a stroke. *J Neurol* 2007;254:1339-46.
- Sparing R, Meister IG, Wieneman M, Buelte D, Staedigen M, Boroojerdi B. Task dependent modulation of functional connectivity between hand motor cortices and neuronal networks underlying language and music: a transcranial magnetic stimulation study in humans. *Eur J Neurosci* 2007;25:319-23.
- Takahashi T, Matsushita H. Long term effects of music therapy on elderly with moderate/severe dementia. *J Mus Ther* 2006;43:317-20.
- Videan EN, Fritz J, Howell S, Murphy J. Effects of two types and two genre of music on social behavior in captive chimpanzees (*Pan troglodytes*). *J Am Assoc Lab Anim Sci* 2007;46:66-70.
- Waalorth DD. The use of music therapy within the SCERTS model for children with autism spectrum disorder. *J Mus Ther* 2007;44:2-22.
- Wachi M, Koyama M, Utsuyama M, Bittman BB, Kitagawa M, Hirokawa K. Recreational music-making modulates natural killer cell activity, cytokines and mood states in corporate employees. *Med Sci Monit* 2007;12:CR57-70.
- Waldon EG, Wolfe DE. Predictive utility of the computer-based music perception assessment for children (CMPAC). *J Music Ther* 2006;43:356-71.
- Wright KD. Prevention and intervention strategies to alleviate preoperative anxiety in children: a critical review. *Behav Modif* 2007;31:52-9.