

Musica, cibo per le neuroscienze?

Robert Zatorre

Professore di Neuroscienze cognitive, Montreal Neurological Institute (USA)

Traduzione di Roberta Arena

Abstract

Music, the food of neuroscience?

Playing, listening to and creating music involves practically every cognitive function. Robert Zatorre, neuroscientist, explains how music can teach us about speech, brain plasticity and even the origins of emotion.

Quaderni acp 2007; 14(1): 22-25

Key words *Music. Neuroscience. Brain plasticity. Neurobiology*

Suonare, ascoltare e creare musica coinvolge praticamente ogni funzione cognitiva. Robert Zatorre discute cosa può insegnarci la musica riguardo al linguaggio, alla plasticità del cervello e persino riguardo alle origini dell'emozione.

Parole chiave *Musica. Neuroscienze. Plasticità del cervello. Neurobiologia*

Si tende a considerare l'arte e la cultura da una prospettiva umanistica o storica piuttosto che biologica. Tuttavia questi prodotti della mente hanno la loro origine nella funzione e nella struttura del sistema nervoso. Come tali, quindi, dovrebbero essere in grado di produrre preziose intuizioni scientifiche. Queste considerazioni sono molto evidenti nell'interesse che oggi è rivolto dalle neuroscienze alla musica.

La musica offre una opportunità per studiare numerosi aspetti delle neuroscienze: dall'acquisizione delle abilità motorie all'emozione. In realtà, dal punto di vista di uno psicologo, ascoltare e creare musica coinvolge un allettante mix di ogni funzione cognitiva umana. Persino ciò che potrebbe sembrare una semplice attività, come canticchiare un motivetto familiare, necessita di un complesso meccanismo di elaborazione schematica degli stimoli uditivi, di attenzione, immagazzinamento e recupero mnemonico, di programmazione motoria, di coordinazione sensoriale e motoria, e così via.

Allo stesso modo, il musicista non considera la musica monolitica, ma riconosce all'interno di essa molteplici caratteristiche, incluse le melodie, gli accordi, i temi, i riff*, i ritmi e i tempi. Questa complessità – sia psicologica che musicale – rende la musica uno stimolante oggetto di programmi di ricerca scienti-

fica. Sempre più numerosi ricercatori sono convinti che la musica può condurre a preziose informazioni su come lavora il cervello: credono che lo studio del cervello e lo studio della musica possano essere mutuamente rivelatori.

Come si può studiare questo oggetto intricato chiamato musica? Pochi scienziati accetterebbero di affermare che una funzione così complessa possa essere studiata senza prima identificare e descrivere le sue varie componenti. Ma questo fa sorgere la spinosa questione del decidere quali componenti siano esclusive della musica, e come tali componenti siano condivise o distribuite tra le differenti funzioni cognitive. Alcune funzioni cognitive, come intuire gli intervalli di tonalità, possono essere esclusive della musica, mentre altre, come la memoria, possono essere dei sistemi generali utilizzati in molti campi diversi.

La tecnica scientifica più antica per comprendere le funzioni cerebrali è quella di studiare le conseguenze di lesioni al cervello. Sappiamo bene che un danno grave alla corteccia uditiva – dove le informazioni che arrivano dall'orecchio sono primariamente analizzate e interpretate – compromette l'abilità di dare un senso ai suoni in generale. Ma talvolta lesioni a certe regioni della corteccia uditiva danno come risultato un fenomeno inusuale: un pro-

blema altamente specifico che coinvolge la percezione e l'interpretazione della musica, chiamato "amusia" (1). Le persone con questo tipo di danno non hanno problemi nel parlare e nel comprendere le parole o a interpretare i suoni quotidiani. Non riescono, però, a riconoscere delle note sbagliate inserite in una melodia o a riconoscere persino il motivo più familiare. Ancora più sorprendente è che una minoranza di persone normali nasce con la stessa incapacità a riconoscere i motivi musicali. In alcuni casi, il deficit sembra essere di tipo familiare: il che fa pensare a una componente genetica (2).

Questo problema straordinariamente specifico nell'elaborazione della musica, acquisito o congenito, potrebbe risultare da un danno limitato o da una disfunzione in un'area della corteccia uditiva dove sono processate le piccole differenze di tonalità e i rapporti tra le frequenze dei suoni (gli intervalli musicali) (3). Un difetto così specifico a uno dei primi gradini nel meccanismo di elaborazione musicale potrebbe propagarsi attraverso il sistema percettivo, dando come risultato una invalidità globale. L'abilità di distinguere le relazioni tra i toni è critica nel processo musicale, e se il cervello non è in grado di riconoscere l'intonazione, l'intero meccanismo di percezione della musica può essere facilmente destabilizzato.

Lo studio di persone con *amusia* ci ha mostrato che la musica dipende da certi tipi di processi neurali. Queste persone rappresentano esempi viventi dei risultati che si ottengono quando questi processi nervosi sono danneggiati e ci hanno dimostrato che la musica può veramente prestarsi a uno studio scientifico.

Musica e linguaggio

Gli scienziati vorrebbero capire perché prima di tutto abbiamo sviluppato un

Per corrispondenza:
e-mail: redazionequaderni@tiscali.it

musical-mente

senso per la musica e, in particolare, se l'abilità musicale è in qualche modo un'estensione della parola: molti hanno discusso di questo argomentando ragionevolmente che la musica e il linguaggio condividono le molte similitudini strutturali. Così i ricercatori hanno provato, usando varie tecniche, a determinare fino a che punto l'elaborazione della musica e quella della parola condividono le medesime risorse nervose. I risultati ottenuti finora sono in un certo senso contrastanti, ma anche intriganti. Una delle cose che più colpisce, riguardando al processo di elaborazione neurobiologico del linguaggio, è che esso si svolge soprattutto nella metà sinistra del cervello. È stato quindi naturale chiedersi se questa asimmetria di competenze si rifletta nella predominanza dell'emisfero destro per la musica. Sono stati riportati molti casi di persone che hanno perso la funzione della parola dopo aver subito danni estesi in regioni dell'emisfero sinistro, ma che tuttavia continuano a mostrare capacità musicali intatte e ad alti livelli: è il caso del compositore russo Vissarion Shebalin (4).

Questi dati suggeriscono che la musica e il linguaggio non utilizzano substrati nervosi completamente sovrapponibili. Ma ci sono studi con neuroimmagini che indicano che alcune funzioni, come la sintassi, possono richiedere risorse neurali comuni per entrambi, linguaggio e musica (5). In sostanza, l'incapacità di organizzare una serie di parole in una frase di senso compiuto e l'abilità di organizzare una serie di note in una melodia ben strutturata potrebbero coinvolgere i meccanismi cerebrali in maniera somigliante.

I dati dai quali abbiamo tratto queste conclusioni hanno dei limiti. Da una parte, molti dei casi riportati sono stati studiati in maniera descrittiva, aneddotica. Dall'altra parte, le neuroimmagini possono essere difficili da interpretare: schemi simili dell'attività cerebrale non significano necessariamente che sono coinvolti gli stessi substrati nervosi, poiché la complessità degli schemi neurali va oltre la capacità di misurazione della tecnologia che abbiamo, al momento, a nostra disposizione.

La chiave per rispondere a queste domande proviene da una comprensione più sistematica delle diverse componenti cognitive coinvolte, e degli specifici circuiti nervosi associati con esse.

L'elaborazione di specifiche tonalità – una componente altamente critica nella percezione musicale – si è dimostrata particolarmente preziosa nel comprendere il comportamento differente del cervello nei confronti del linguaggio e della musica.

Dimostrazioni recenti, ottenute con l'attivazione funzionale del cervello, con registrazioni mediante risonanza magnetica e con studi sulle lesioni, suggeriscono che una particolare area della corteccia uditiva nell'emisfero destro è molto più specializzata per elaborare dettagliati dati sulle tonalità rispetto alla stessa regione situata nell'emisfero sinistro. Note che sono vicine tra loro per tonalità sembrano essere meglio percepite da neuroni dell'emisfero di destra. Perché sarebbe dovuta emergere questa separazione funzionale? Potrebbe essere collegata all'esigenza di captare informazioni sonore dall'ambiente circostante in modi differenti, in base al bisogno del momento: a volte velocemente e in maniera approssimativa, o, se il tempo lo permette, accuratamente (6). Se l'energia sonora sta cambiando molto rapidamente, per esempio, potrebbe essere utile uno scatto veloce.

Il sistema percettivo necessita di cogliere questi cambiamenti istantaneamente e per questo deve sacrificare alcuni dettagli per ottenere velocità. Questo potrebbe essere il caso dell'elaborazione del linguaggio, in cui dettagliate informazioni temporali sono essenziali per recuperare i suoni prodotti dal rapido movimento di articolazione delle labbra e della lingua.

Di contro, alcuni aspetti di suoni che sono importanti nella percezione musicale evolvono molto più lentamente, così che il sistema nervoso può dare un'occhiata più dettagliata alla struttura del suono. Questo richiede più tempo, ovviamente, ma porta a una rappresentazione interna più finemente organizzata. Naturalmente suoni che si presentano periodicamente (molti oggetti che vibrano, voci o versi di animali) contengono

informazioni di tonalità che è importante elaborare. La tonalità è inoltre un buon mezzo per distinguere un suono dall'altro in un ambiente rumoroso. Così il meccanismo di elaborazione della tonalità non ha avuto la necessità di svilupparsi per la musica indipendentemente, ma potrebbe fare parte di un sistema generale per usare i suoni naturali provenienti dall'ambiente.

Quindi, le diverse specializzazioni della corteccia uditiva nelle due parti del cervello potrebbero essere interpretate come strutture con differenti parametri di quelli che sono essenzialmente due sistemi paralleli. Questo approccio ci mostra che forse è meno interessante chiedere "in quale parte del cervello viene elaborata la musica?" che stabilire su studi sistematici i vari componenti che contribuiscono ai vari aspetti della funzione musicale.

Musica e sviluppo

Un'altra ragione per cui la musica ha attratto l'attenzione dei neuroscienziati è che l'abilità di percepire la musica sembra essere presente già molto precocemente durante lo sviluppo. Naturalmente, impariamo le nozioni specifiche della nostra cultura musicale dall'ambiente. Ma il bambino sembra venire al mondo con un cervello già ben preparato a elaborare il proprio mondo musicale. Ogni madre conosce il modo con cui il bambino risponde al tono e al ritmo della sua voce. Ma i bambini sono dei mini-musicisti sorprendentemente sofisticati: sono in grado di distinguere diverse scale e accordi, e, ad esempio, mostrano di preferire combinazioni armoniche rispetto a quelle disarmoniche (7). Possono riconoscere a distanza di giorni e settimane melodie che hanno ascoltato, e sono capaci di notevole prodezza di apprendimento, una volta entrati a contatto regolarmente con i suoni (8). Si può dire che nei bambini il sistema nervoso sembra essere equipaggiato con una capacità di percepire le differenze nei suoni musicali che raggiungono le loro orecchie in modo tale da costruire una grammatica, ovvero un sistema di regole.

Potrebbe essere obiettato che questa è

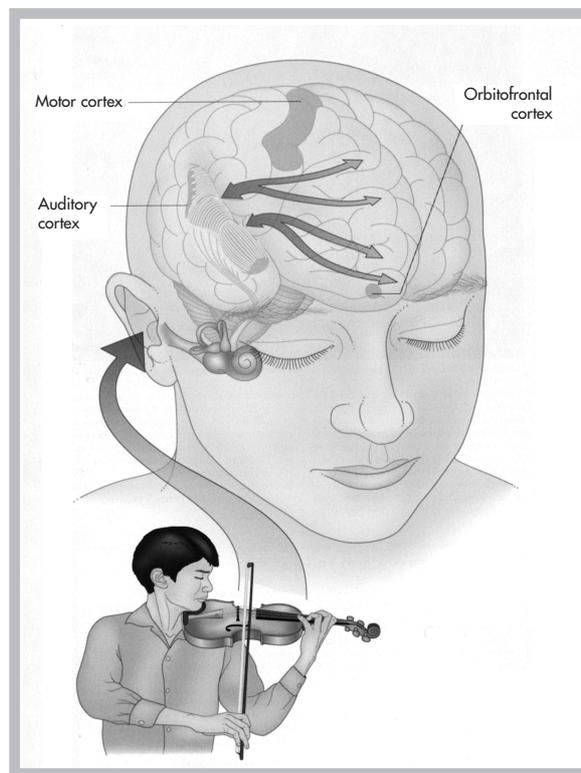
una parte della capacità generale di comprendere il mondo, di essere in grado di predire cosa avverrà nel tempo immediatamente successivo. In un certo senso questo è certamente vero. Ma è importante chiarire che questa abilità arricchisce i bambini della capacità espressa in seguito, nel corso della loro vita, di rispondere alla musica e a godere di essa. Queste evidenze supportano l'idea generale che l'abilità di percepire e processare la musica non è una recente integrazione alla nostra cognizione, ma che è stata presente da un periodo di tempo tanto lungo da essere espressa sin dai primi stadi del nostro sviluppo nervoso.

La musica comprende non solo l'ascolto, ma anche il suonare e il creare. Qui le differenze individuali sono molto più spiccate. Nonostante quasi tutti possiedano un sofisticato sistema neurale tale da permettere loro di percepire la musica, non tutti sono in grado di suonare il pianoforte come Vladimir Horowitz.

Questo porta a formulare due domande scientifiche molto interessanti, che sono oggetto di attiva ricerca: 1) Come possiamo spiegare le differenze individuali nelle capacità "innate"? 2) Quali effetti può portare l'allenamento nelle funzioni e nella struttura del cervello? Piccoli progressi sono stati fatti per quanto riguarda la prima domanda, fatta eccezione del caso molto specifico del cosiddetto "orecchio assoluto"**, per il quale iniziano a essere scoperti fattori genetici e ambientali (9). È ora chiaro che l'"orecchio assoluto" non può svilupparsi senza allenamento musicale, ma, necessariamente, il contatto con la musica deve avvenire durante l'infanzia: passata l'età dai 12 ai 15 anni, è praticamente impossibile apprenderlo. Da questo si può concludere che il cervello deve essere particolarmente sensibile durante un certo periodo dello sviluppo. Ma non tutti i bambini che prendono lezioni di musica sviluppano questa abilità, e quindi altri fattori devono entrare in gioco. Nuovi dati suggeriscono che la

genetica svolge un ruolo importante (10). Questo è un campo su cui si deve studiare nel prossimo futuro.

Sta ormai emergendo un numero di scoperte molto chiare che ci aiutano a capire come il cervello è scolpito dall'esperienza musicale. Molti di questi lavori mostrano che l'allenamento musicale promuove l'attività di certi sistemi neu-



rali. Per esempio, aree della corteccia motoria corrispondenti specificamente alle dita della mano sinistra mostrano una reattività elettrica migliore tra i violinisti (11). Questi cambiamenti sono direttamente collegati all'età alla quale è iniziato l'allenamento: coloro che hanno cominciato a studiare musica nella prima infanzia mostrano le modificazioni più estese nella risposta cerebrale; quelli che hanno atteso fin dopo la pubertà mostrano benefici molto più ristretti. Effetti simili sono stati descritti per la reattività della corteccia uditiva ai suoni prodotti dagli specifici strumenti.

Inoltre cambiamenti anatomici accompagnano questi miglioramenti nella prontezza cerebrale. Molti studi hanno

riportato una maggiore densità del tessuto nervoso o un allargamento delle strutture correlate alle capacità motorie e uditive tra i musicisti, indicando che anni di allenamento cambiano effettivamente la sottostante struttura del sistema nervoso (12). Queste scoperte non dovrebbero essere usate per evidenziare che la musica rende il cervello delle persone più grande e quindi migliore. Tali cambiamenti sono molto specifici, e potrebbero avvenire a spese di altre funzioni. Ma queste scoperte circa la plasticità cerebrale hanno implicazioni molto generali per la nostra comprensione della collaborazione tra l'ambiente e il cervello, in particolare nel contesto dello sviluppo, così come è critica l'età a cui si inizia l'allenamento.

Musica ed emozione

Una domanda che sorge frequentemente nelle discussioni sulla musica, e che tuttavia ha ricevuto un'attenzione relativamente modesta nella comunità neuroscientifica, riguarda l'emozione.

In realtà, i non-scienziati rimangono spesso perplessi per il fatto che questo aspetto è stato messo relativamente in secondo piano rispetto a interessi più misteriosi, visto che, per la maggior parte delle persone, la musica esiste solamente per esprimere o comunicare emozioni. Esistono alcuni

trattati sofisticati nella tradizione musicale su questa questione (ad esempio, il classico volume di Leonard Meyer) (13), ma solo recentemente l'argomento ha cominciato ad attrarre seriamente l'attenzione dei neuroscienziati (14).

Una nozione che abbiamo è che la musica può provocare non solo cambiamenti psicologici relativi all'umore, ma anche cambiamenti fisiologici nella frequenza cardiaca e respiratoria e in altri ambiti che rispecchiano i cambiamenti dell'umore. L'effetto ansiolitico della musica è noto a ogni persona che ascolta il pezzo musicale preferito dopo una giornata stancante.

Quali reazioni del cervello possono spiegare questi effetti? Attualmente non

lo sappiamo, ma ipotesi plausibili indirizzano le ricerche. Una ipotesi è che la musica rappresenti un innesco delle funzioni motorie e fisiologiche: la musica guida il corpo. Così una musica forte, ritmica e veloce tende a farci sentire pieni di vitalità, o persino induce la voglia di ballare; una musica lenta, soft, conduce a uno stato di calma, persino di malinconia. Una spiegazione possibile è che questi effetti potrebbero essere mediati attraverso circuiti sensoriali-motori, che funzionano con un meccanismo di feed-back, che sono stati molto discussi in neurofisiologia; si tratta del cosiddetto sistema dei neuroni a specchio di cui si parla sempre più frequentemente (15). Nonostante non ci sia una diretta evidenza per questa idea, è plausibile che questo sistema sia stato pensato per mediare il comportamento imitativo collegando la percezione direttamente all'azione.

Un meccanismo simile potrebbe spiegare alcuni degli effetti della musica sul movimento fisico e così pure le influenze sull'umore. Ma le correnti emozionali della musica vanno assai più in profondità di quanto un'analisi come questa potrebbe suggerire. Studiare le reazioni molto complesse e idiosincrasiche alla musica è difficoltoso, perché queste dipendono da molti fattori difficili da controllare, non ultime le preferenze individuali. Ciò che è musica per le orecchie di una persona è spesso sgradevole per un'altra: un tipico esempio sono i teenagers e i loro genitori. In questo modo i fattori culturali e sociali chiaramente svolgono ruoli importanti nel modulare la nostra reazione emozionale alla musica. Ci sono alcune, probabilmente comuni, vie neurali che mediano reazioni, come il piacere, alla musica.

Una risposta emozionale intrigante e molto specifica è l'effetto dei "brividi lungo la schiena". Qualsiasi persona che ne ha fatto esperienza conosce esattamente a che cosa mi sto riferendo: per quella minoranza che non ha mai provato questa sensazione, non sarebbe per niente utile che io provassi a spiegarlo. Ma stiamo cominciando a comprendere alcuni dei meccanismi neurali che stanno alla base di questo tipo di reazioni.

Quando chi ascolta sente il brivido, la neuroimmagine mostra che le aree del cervello coinvolte includono regioni che si pensava fossero coinvolte in meccanismi di gratificazione e motivazione. Esempi sono il proencefalo e certi aggregati del tronco encefalico, insieme alle aree corticali coinvolte nella valutazione emozionale, come le regioni orbitofrontale e insulare (16). Questi circuiti sono simili a quelli coinvolti nella mediazione delle reazioni agli stimoli biologicamente gratificanti, come il cibo o lo stimolo sessuale. Ma come mai la musica, che è una sequenza astratta di suoni, dovrebbe avere qualcosa in comune con questi sistemi collegati alla sopravvivenza? È un indizio che suggerisce che la musica è essenziale alla vita e alla riproduzione. Queste ricerche stanno cominciando a illuminare la complessa relazione tra sistemi cognitivo-percettivi che analizzano ed elaborano il mondo che ci circonda, e sistemi neurali primordiali, dal punto di vista evolutivo, coinvolti nel valutare l'importanza di uno stimolo relativo alla sopravvivenza e nel decidere quale azione intraprendere. Forse la musica, e tutte le arti in un certo senso, riescono a trascendere la semplice percezione, precisamente perché entrano in contatto con la nostra neurobiologia più primordiale.

Per marcare il concetto, possiamo pensare che la nostra neocorteccia sia in grado di analizzare le relazioni e di notare gli schemi, ma queste informazioni, una volta processate, interagiscono con il sistema emozionale/valutativo, che a turno conduce al piacere (o tristezza, paura, eccitazione e così via). L'astrattezza di questi concetti indica quanto siamo lontani dall'aver qualcosa di simile a un modello dei processi che avvengono; anche se un ottimista potrebbe pensare che l'essere in grado di discuterne, pur tuttavia in termini ancora non chiarissimi, mostra quanta strada è stata fatta (si veda anche la recensione a pag. 26). ♦

Articolo comparso su *Nature* 2005;434:312-5. Traduzione di Roberta Arena, studentessa di Medicina presso l'Università Cattolica del Sacro Cuore, Roma.

* *Riff*: nella musica jazz, breve frase ritmico-melodica ripetuta ostinatamente, semplice, generalmente facile a ricordare, destinata a durare più o meno a lungo come sottofondo a improvvisazioni solistiche, ma che può anche costituire il nucleo di un brano musicale (*ndr*).

** *Orecchio assoluto/Orecchio relativo*: per orecchio assoluto si intende la capacità di poter riconoscere e identificare all'ascolto l'altezza delle note. Con orecchio relativo si intende la capacità di riconoscere esattamente gli intervalli tra le note, ma non le note stesse. Tra i più noti compositori dotati di orecchio assoluto si annoverano Mozart, Leonard Bernstein e Paganini. Molti altri grandi compositori, fra i quali Igor Stravinsky, Maurice Ravel e Richard Wagner, non erano invece dotati di tale caratteristica. Questo dimostra come l'orecchio assoluto non sia una facoltà indispensabile per un musicista (*ndr*).

Bibliografia

La bibliografia viene riportata in modo diverso dal Vancouver Style, adottato da Quaderni acp, perché così è nell'articolo di Nature.

- (1) Ayotte J, Peretz I, Roussou I, Bar C, Bojanowski M. *Brain* 2000;123:1926-38.
- (2) Drayna D, Manichaikul A, de Lange M, Snieder H, Spector T. *Science* 2001;291:1969-72.
- (3) Peretz I, et al. *Neuron* 2002;33:185-91.
- (4) Luria A, Tsvetkova L, Futer DJ. *Neurol Sci* 1965;2:288-92.
- (5) Patel A. *Nature Neurosci* 2003;6:674-81.
- (6) Zatorre RJ, Belin P, Penhune VB. *Trends Cogn Sci* 2002;6:37-46.
- (7) Trehub SE. *Nature Neurosci* 2003;6:669-73.
- (8) Saffran JR. In *The Cognitive Neuroscience of Music* (eds. Peretz I & Zatorre RJ). New York: Oxford Univ Press, 2003;32-41.
- (9) Zatorre JR., *Nature Neurosci*, 2003;6:692-5.
- (10) Baharloo S, Service S, Risch N, Gitschier J, Freimer N, Am J Hum Genet 2000;67:755-8.
- (11) Pantev C, Engelien A, Candia V, Elbert T. In *The Cognitive Neuroscience of Music* (eds. Peretz I & Zatorre RJ). New York: Oxford Univ Press, 2003;382-95.
- (12) Schlaug G. In *The Cognitive Neuroscience of Music* (eds. Peretz I & Zatorre RJ). New York: Univ Press, 2003;366-81.
- (13) Meyer LB. *Emotion and Meaning in Music*. Chicago: Univ Chicago Press, 1956.
- (14) Juslin PN, Sloboda JA. *Music and Emotion: Theory and Research*. Oxford: Oxford Univ Press, 2001.
- (15) Rizzolatti G, Arbib M. *Trends Neurosci* 1988;21:188-94.
- (16) Blood AJ, Zatorre RJ. *Proc Natl Acad Sci USA* 98, 2001;11818-23.