



Alice Mado Proverbio

# Neuroscienze cognitive della musica

Il cervello musicale  
tra arte e scienza

**NEUROSCIENZE** **ZANICHELLI**

Alice Mado Proverbio

# **Neuroscienze cognitive della musica**

Il cervello musicale  
tra arte e scienza

**NEUROSCIENZE ZANICHELLI**

# Indice

Prefazione VII

## CAPITOLO 1

### **Il cervello del musicista**

1.1 Effetti della musica su mente e cervello	1
1.2 Esercizio e plasticità cerebrale	2
1.3 Cervello del musicista: anatomia e struttura	5
1.3.1 Corpo calloso	5
1.3.2 Cervelletto	6
1.3.3 Regioni corticali frontoparietali	7
1.3.4 Corteccia motoria	9
1.3.5 Regioni temporali uditive	10
1.4 Abilità musicali specifiche	11
1.4.1 Elaborazione spettrotemporale rapida	12
1.4.2 Immaginazione uditiva	12
1.4.3 Codifica dell'aspetto armonico e ritmico	14
1.5 Principali aree coinvolte	16

## CAPITOLO 2

### **Il cervello del cantante**

2.1 Canto e cervello: la musica come protolingua	19
2.2 Cantanti e cervello: neuroanatomia funzionale	21
2.3 Intonazione e abilità di non "steccare"	26
2.4 Benefici del ripasso silenzioso	29
2.5 Effetti dell'età di acquisizione	31
2.6 Effetti terapeutici del canto in neurologia	33

## CAPITOLO 3

### **Esiste un'attitudine alla musica?**

3.1 Ruolo dei geni nell'attitudine musicale	35
3.2 Esercizio ed eccellenza nella prestazione	40
3.3 Orecchio assoluto	45

## CAPITOLO 4

### **Abilità musicale e NS audiovisuomotori**

4.1 Neuroni visuomotori nella codifica dell'azione	49
4.2 Neuroni audiovisuomotori nel linguaggio	54

4.3	Neuroni audiovisuomotori e suono degli oggetti	55
4.4	Codifica di azioni musicali e suoni	59
4.5	Sviluppo delle connessioni audiovisuomotorie	63
4.5.1	Risultati dello studio sugli allievi del conservatorio	64
4.5.2	Circuiti audiovisuomotori nei musicisti professionisti	65
4.5.3	<i>Expertise</i> e codifica del timbro di uno strumento	67

## CAPITOLO 5

### Neuroni specchio e musica d'insieme

5.1	Coordinazione tra cointerpreti	69
5.2	Direzione dello sguardo dei cointerpreti	71
5.3	Sincronizzazione dell' <i>ensemble</i> e NS	73
5.4	Asimmetrie di rango nella <i>leadership</i>	75
5.5	Gesti del direttore d'orchestra	77
5.6	Esecuzione meccanica vs espressiva	79

## CAPITOLO 6

### Movimenti oculari e lettura dello spartito

6.1	Notazione: segni analogici e simbolici	81
6.2	Meccanismi neurali di lettura della notazione	82
6.3	Lettura "a prima vista" dello spartito	84
6.4	Lettura dello spartito e movimenti oculari	86

## CAPITOLO 7

### Il bambino musicista e la dislessia

7.1	Ascolto di musica in età prenatale	91
7.1.1	Ascolto di musica nel neonato	93
7.1.2	Effetti della pratica musicale nell'infanzia	94
7.2	Musica e dislessia	97
7.2.1	Tipi di dislessia	98
7.2.2	Teoria magnocellulare della dislessia	101
7.2.3	Dislessia superficiale e dislessia fonologica	102
7.2.4	Effetti benefici dello studio musicale sulla dislessia	104
7.3	Bambino musicista dislessico	107

## CAPITOLO 8

### Musica, movimento, ritmo e sincronizzazione

8.1	Programmare il gesto musicale	111
-----	-------------------------------	-----

8.2	Movimenti automatici e controllati	116
8.3	Suonare correttamente e intonati	119
8.4	Percepire il ritmo e andare a tempo	120
8.5	Sincronizzazione neurale alla pulsazione	121

## CAPITOLO 9

### Apprendimento della musica in età adulta

9.1	Studi musicali e sinaptogenesi in età adulta	127
9.2	Effetti benefici della musica nella demenza	130
9.3	Effetti benefici della musica nel Parkinson	132
9.4	Pratica musicale nella riabilitazione motoria	134
9.5	Pratica musicale per il benessere dell'anziano	135

## CAPITOLO 10

### Improvvisazione e memoria

10.1	Basi neurali dei processi creativi	137
10.2	Improvvisazione in musica	138
10.2.1	Circuiti neurali della creatività nei compositori	138
10.2.2	Circuiti neurali della creatività nell'improvvisazione jazz	140
10.3	Prestazione musicale e memoria	141
10.4	Musicista e memoria: ansia da prestazione	143

## CAPITOLO 11

### Consonanza/dissonanza: basi neurali

11.1	Intervalli armonici consonanti e dissonanti	147
11.2	Preferenza per la scala cromatica diatonica	152
11.3	Basi innate della sensibilità alla consonanza	156
11.4	Tonalità e stati d'animo	160

## CAPITOLO 12

### Neuroestetica della musica

12.1	Musica ed emozioni	165
12.2	Basi neurali dell'esperienza estetica musicale	167
12.3	Ruolo della tonalità e dello stile musicale	169
12.4	Aspettative e familiarità	178
12.5	Prevedibilità delle sensazioni estetiche	181

## CAPITOLO 13

**Musica da film**

13.1 Colonna sonora ed emozioni	185
13.2 Film indimenticabili: uso della musica	188
<b>Bibliografia</b>	195
<b>Ringraziamenti</b>	207
<b>Indice analitico</b>	209

## Prefazione

Premetto che in genere non leggo mai le prefazioni e neppure le scrivo. È una cosa sbagliata perché è proprio la prefazione che dovrebbe guidare il lettore a una lettura più informata, ma onestamente non riesco per impazienza. Quindi capirò bene chi aprendo la prima pagina di questo libro salterà direttamente al primo capitolo e me lo merito per giusto contrappasso. Ho però ritenuto giusto accettare di scrivere due parole introduttive a questo libro di Alice Mado Proverbio per diverse ragioni. La prima è che è davvero un bel libro che tratta di un bell'argomento con competenza e completezza. Delle altre dirò brevemente adesso.

Lo studio dei meccanismi cerebrali che portano alla produzione e alla comprensione musicale è un tema di grande interesse. La musica è una forma di comunicazione molto sofisticata, governata da una sintassi e animata da una semantica. La musica, come intelligentemente mi diceva un paio di anni fa Riccardo Muti, ha una destinazione. Non esiste la musica ferma. La musica racconta una storia, è composta da frasi, è evocativa senza essere invadente. Inoltre, proprio la sua natura evocativa lascia libero ciascuno di noi di sentirne il messaggio attraverso il filtro soggettivo. Un po' come la poesia. In altre parole, la capacità evocativa della musica deriva dall'interazione tra la sequenza delle note e il vissuto individuale, lo stato emozionale, l'esperienza di ciascuno. Ciò è estremamente affascinante per chi studia il cervello.

Al pari del linguaggio (ed esistono forme musicali affascinanti come l'opera, dove linguaggio e musica interagiscono in maniera sinergica), la musica attiva rappresentazioni cerebrali. Per meglio dire "riattiva" rappresentazioni, attraverso un processo che ricorda la sinestesia. Una sinestesia di ordine elevato, che coinvolge sentimenti profondi, che ci dà il sapore delle sensazioni e dei vissuti, che fa sì che la Primavera di Vivaldi sia molto più "primavera" delle altre tre stagioni della stessa composizione. Non solo perché quella sequenza musicale concorda con i colori, i profumi, i suoni della primavera, ma anche perché ne evoca il movimento, la destinazione. Non esiste la musica ferma, non solo perché le note si sviluppano nel tempo (cosa ovvia), ma soprattutto perché evoca in noi anche un senso di movimento. Perché la musica è armonia ma è anche ritmo. Perché attraverso la musica si guidano i movimenti di una danza, ma anche la marcia di un esercito.

Non è un caso che tra le aree cerebrali che si attivano durante l'ascolto musicale non vi siano solo aree uditive, ma anche motorie. Una regione che si attiva quasi sempre è l'area di Broca, dal nome del neurologo francese che per primo nel 1861 ne descrisse il ruolo fondamentale nella produzione del

linguaggio. Una lesione dell'area di Broca, regione frontale e premotoria, produce un'afasia cosiddetta non fluente: difficoltà nel generare correttamente un linguaggio parlato o scritto in assenza di deficit motori di basso livello. La cosa interessante è che molti pazienti afflitti da afasia di Broca, non solo parlano a fatica, ma spesso faticano anche a capire frasi complesse dal punto di vista grammaticale (sintattico). La cosa ancor più interessante è che spesso a tale forma di afasia si associa l'amusia: l'incapacità di produrre musica e di distinguere i vari generi musicali. Esempi tipici di questa sindrome sono stati il musicista Ravel, che in tarda età non riusciva più a comporre nonostante affermasse di sapere cosa avrebbe voluto esprimere o il famoso rivoluzionario Che Guevara, incapace di distinguere un tango da un valzer. Il ruolo dell'area di Broca (o per meglio dire della corteccia frontale) durante la percezione musicale è un argomento molto interessante che sta ispirando diversi neuroscienziati nel mondo. Il mio punto di vista è che il suo coinvolgimento vada ricercato in un possibile ruolo di organizzazione sopramodale della sintassi. Una sorta di grammatica universale, ben diversa da quella proposta da alcuni chomskiani di oggi, ma universale in quanto condivisa da tutti perché tutti condividono il medesimo apparato analitico. Ma qui mi fermo.

Esistono poi altre ragioni che spingono neurofisiologi, psicologi, neurologi e così via a interessarsi alla musica. I gruppi di musicisti (ma anche l'insieme musicisti-spettatori) formano un set di laboratorio estremamente utile. Innanzitutto è possibile misurare con grande precisione movimenti e risultato (note e suoni), poi è possibile quantificare accuratamente parametri diversi, come efficacia dell'interazione della *leadership*, modificazioni vegetativo-emozionali, coordinazione sensorimotoria, ecc. Infine, è relativamente facile controllare le variabili in gioco, cosa molto difficile in altre situazioni interattive naturalistiche. Non si dimentichi che quel gruppo di musicisti è mosso verso uno scopo comune: l'armonia, cosa arduamente replicabile studiando, che so, la conversazione di un gruppo di tifosi in un bar.

C'è poi un'ulteriore ragione che accomuna la musica e la scienza. Mi si potrebbe dire: ma come? La musica è arte ed emozione, la scienza è fredda misura e precisione. Errore. Entrambe queste attività umane sono dominate dalla creatività. Esiste un'estetica della musica ma esiste anche un'estetica della scienza. Entrambe ricercano continuamente e guardano al profondo delle cose ed era addirittura lo stesso Einstein a dire che è possibile esprimere il bello con la scienza, fosse anche attraverso una formula fisica o matematica. D'altro canto chi dice che la musica non è precisione? Basta pensare a Bach e alla struttura delle sue composizioni per ritrovare talvolta analogie così vicine alla matematica da lasciarci ancora oggi affascinati. Inoltre, credo che viven-



do la scienza di intuizioni e sapendo che le intuizioni hanno origine in un cervello, esse possano talvolta ben interpretare fenomeni scientifici che con il cervello stesso hanno a che fare. In altri termini, studiare la musica è un po' come guardare al cervello con un cervello, cosa che in altre discipline, come la fisica o la biofisica, non è ovviamente possibile. È vero che anche in fisica sono possibili brillanti intuizioni, ma qui il discorso si farebbe difficile e tortuoso. Rimane comunque il fatto che creatività, intuizione ed espressione artistica rappresentano i livelli più alti delle capacità cognitive umane ed è bello poterli riunire assieme in un'attività come la ricerca in ambito musicale.

Infine, esiste a mio avviso una ragione squisitamente politica che rende ai miei occhi così affascinante lo studio dell'espressione musicale. In un mondo sempre più dominato dalla tecnologia, dove si chiede alla scienza di produrre cose utili, trovo giusto che qualcuno possa permettersi di andare in una direzione contraria. A dimostrare che ciò che rende umano l'essere umano non sono sostanze, ricchezze o mezzi tecnologici, ma soprattutto pensiero, arte, amore per il bello. Queste cose sono fattibili da chiunque (chiunque ne sia capace), povero o ricco che sia, in un mondo giusto e purtroppo ideale, dove le abilità non si possono acquistare con il denaro e dove i prodotti di queste abilità sono fruibili da chiunque, senza discriminazioni e soprattutto in gruppo. Questo è il bello dell'espressione artistica, questo è come io credo dovrebbe anche essere, o rimanere, la ricerca scientifica.

Il libro di Alice Mado Proverbio si muove bene tra questi aspetti e ne discute anche molti altri. Non solo ci descrive il cervello del musicista e del cantante, ma si addentra in aspetti altamente affascinanti come l'apprendimento musicale, l'attitudine alla musica, la percezione estetica, le relazioni tra musica e danza, la musica da film. Inoltre, stabilisce parallelismi interessanti tra percezione musicale e dislessia, con uno sguardo di attenzione particolare sui bambini. Insomma, un bel libro, nuovo e affascinante che non deluderà certamente chi vorrà approfondire l'argomento.

Luciano Fadiga  
*Professore ordinario di Fisiologia Umana*  
*Università di Ferrara*  
*Center Coordinator, Istituto Italiano di Tecnologia*

# Il cervello del musicista

*Per “musica” intendiamo la creazione e l’ascolto intenzionale di effetti sonori, prodotti con la voce o con i più vari strumenti musicali, articolando il suono nello spazio (toni, armonia) e nel tempo (melodia e ritmo), generalmente per comunicare, esprimersi o trarne sensazioni estetiche. Alcune di queste sensazioni dipendono strettamente dalla tipologia di musica: una ninna nanna, per esempio, produrrà effetti differenti rispetto alla disco dance. Altri tipi di sensazione dipendono, invece, dalla cultura, dall’esposizione e familiarità con un certo stile e dalla soggettività individuale. Nella parte finale di questo libro (capp. 11-13) verrà trattato il modo in cui i sistemi acustico e cognitivo elaborano la dissonanza e verranno prese in esame le principali teorie sulle basi neurali delle nostre sensazioni emotive ed estetiche, ampiamente note e utilizzate dai compositori di musica da film.*

### 1.1 Effetti della musica su mente e cervello

La musica e l’utilizzo dei suoni a scopo ludico, comunicativo e funzionale ha da sempre interessato la nostra specie, fin dagli albori dell’umanità. Si ritiene che l’*Homo neanderthalensis* cantasse prima ancora di essere in grado di parlare e creasse strumenti a fiato con le ossa degli animali, come il celebre flauto ritrovato a Divje Babe, in Slovenia (**fig. 1.1**).

Suonare, ascoltare musica, cantare hanno effetti straordinari sulla mente e sul cervello fin dalle ultime settimane di vita del feto e nel corso di tutte le età dell’essere umano, inclusa quella tardiva. L’ascolto della musica nella persona molto anziana, o addirittura affetta da demenza, è molto piacevole, poiché stimola i ricordi episodici e autobiografici, suscitando emozioni quali il ricordo dell’amore e la *joie de vivre*. In generale, l’attività musicale:

- promuove la neuroplasticità e aumenta la connettività (fibre bianche), producendo sinaptogenesi, non solo ippocampale (ci rende, in definitiva, più “intelligenti”);
- facilita la comunicazione e l’espressione emotiva;
- induce il movimento e la danza stimolando la corteccia motoria e i gangli della base;
- migliora l’acquisizione del linguaggio (per esempio nei dislessici e nei sordi congeniti);



**Figura 1.1** Flauto preistorico di Divje Babe, attualmente esposto al Museo nazionale di Lubiana: un frammento di femore di giovane orso con alcuni fori distanziati. Secondo molti studiosi sarebbe il frutto dell'opera artigianale di un ominide di epoca paleolitica (Pleistocene superiore: 60 000-43 000 anni fa), per tale motivo ritenuto il più antico strumento musicale dell'umanità. Secondo altre fonti sarebbe solo un frammento osseo roscchiato da una iena, non forato intenzionalmente dagli ominidi, ma la scoperta successiva di un altro flauto di avorio di mammut molto simile (datato 35 000 anni) ha definitivamente avvalorato l'ipotesi del flauto neandertaliano (Turk e Dimakarski, 2011). Thilo Parg/Wikimedia Commons. Licenza: CC BY-SA 3.0.

- fornisce una forte stimolazione sensoriale (per esempio negli autistici e nei non vedenti);
- riduce il dolore, dando conforto (per esempio nei pazienti oncologici o depressi e nel lutto);
- crea un senso di appartenenza, induce comportamento prosociale, rafforza la coesione;
- induce sonno nel bambino, è rilassante nell'adulto, può rallentare l'EEG;
- è piacevole in quanto stimola il centro del piacere (nucleo accumbens), il sistema dopaminergico striatale del rinforzo, e produce endorfine e oppioidi.

Al pari del linguaggio o del movimento, la musica è in grado di plasmare il sistema nervoso, anche grazie alla sua forte componente emotiva.

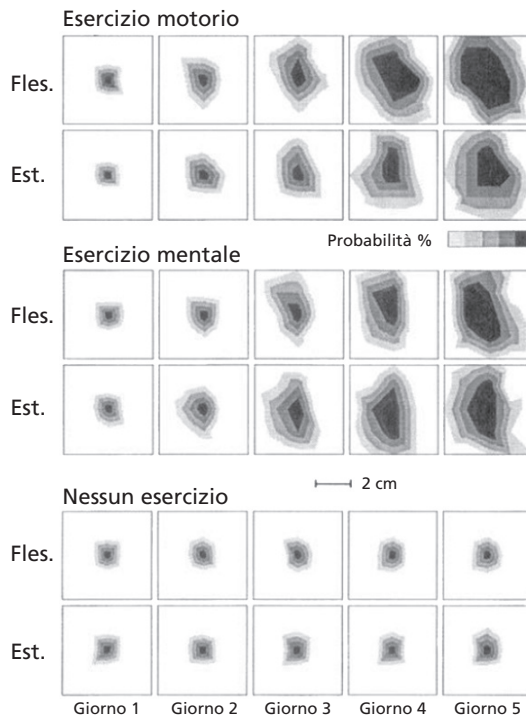
## 1.2 Esercizio e plasticità cerebrale

Le connessioni neurali, il numero di neuroni e sinapsi e le tipologie di circuiti nel nostro cervello non sono immutabili, ma godono di un certo grado di plasticità, che è necessariamente massimo durante l'età dello sviluppo gestazionale e postnatale, ma ancora presente in età adulta, come adattamento a

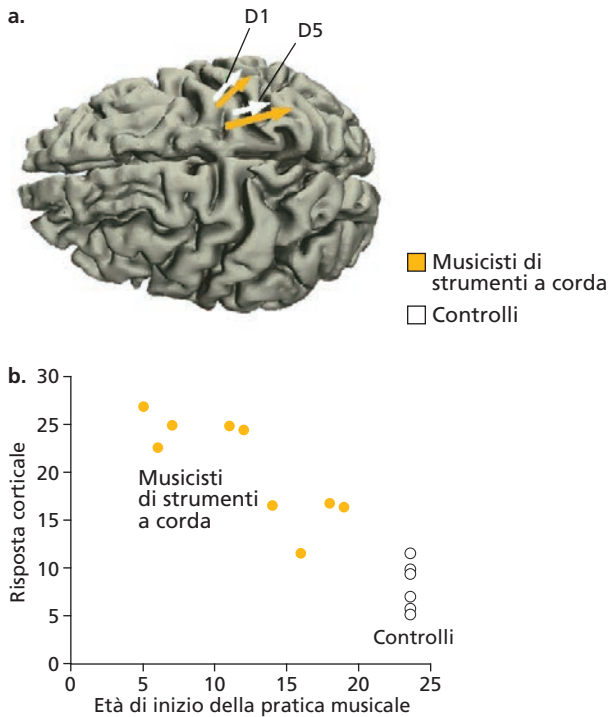
stimoli ambientali e a esigenze di prestazione e modalità di ritenzione delle informazioni (memoria).

È stato calcolato che ciascuno dei 100 miliardi di neuroni che compongono il nostro cervello può connettersi fino a 1000 altri neuroni, per un totale di quaranta quadrilioni ( $4 \times 10^{16}$ , o 40 000 000 000 000 000) di connessioni sinaptiche. Numerosi studi dimostrano che possono verificarsi modificazioni neuroplastiche dovute alla pratica musicale, specie se l'esordio degli studi musicali è stato precoce (Nakada et al., 1998; Gaser e Schlaug, 2003, Musacchia et al., 2007; Yang, 2015).

Gli studi di Pascual-Leone (Pascual-Leone et al., 1995) hanno evidenziato quanto rapidamente il cervello risponda all'educazione musicale. Facendo eseguire ai soggetti alcuni esercizi per pianoforte con le cinque dita, si è dimostrato come la corteccia motoria manifesti cambiamenti già qualche minuto dopo l'inizio dell'esecuzione: il fenomeno è stato associato non solo all'esercizio eseguito fisicamente, ma anche al solo esercizio mentale (fig. 1.2).



**Figura 1.2** Probabilità di eccitabilità corticale in seguito a stimolazione TMS della corteccia motoria, in funzione dell'eventuale pratica motoria, o esercizio mentale di flessione ed estensione del dito, nell'arco temporale di 5 giorni. Tratto e modificato da Pascual-Leone et al. (1995), con il permesso degli autori.



**Figura 1.3** (a) Localizzazione cerebrale dei dipoli elettromagnetici relativi alla stimolazione tattile delle dita secondo lo studio di Elbert e altri (1995). (b) Rapporto tra entità della risposta corticale ed età di inizio della pratica musicale. Come si può notare, è maggiore per i musicisti che hanno iniziato a suonare prima dei 12 anni. Tratto e modificato da Gazzaniga, Ivry, Mangun (2015).

Alcuni studi (Karni et al., 1998) hanno dimostrato cambiamenti rapidi e non permanenti delle rappresentazioni corticali in seguito all'esecuzione ripetuta di specifici compiti motori, mentre altri hanno evidenziato cambiamenti persistenti nelle rappresentazioni in risposta all'acquisizione precoce di abilità sensomotorie fini. La pratica musicale a lungo termine aumenta l'area della corteccia motoria responsabile del controllo delle dita dei violinisti (Elbert et al., 1995) e dei pianisti (Meister et al., 2005).

Nello studio di magnetoencefalografia (MEG) di Elbert e altri è stato osservato come la rappresentazione corticale delle dita vari molto a seconda che si suoni uno strumento musicale o meno. Nella fattispecie, sono stati considerati i musicisti di strumento ad arco come il violino o il violoncello, che notoriamente impugnano l'archetto con la mano destra e utilizzano profusamente le quattro dita della mano sinistra, mentre il pollice svolge un ruolo più secondario. In questo studio è stata misurata l'attività elettromagnetica

cerebrale legata alla stimolazione tattile delle dita, correlandola con l'*expertise* di musicisti e controlli.

È stato osservato che la porzione di corteccia somatosensoriale che rappresenta le dita è più ampia nei musicisti che nei controlli, come indicato nella figura dalle frecce, rispettivamente arancioni e bianche. In particolare, l'effetto era maggiore per il mignolo, scarsamente usato dalle persone comuni ma molto sollecitato nei musicisti, per esempio nei violinisti, come contrassegnato dal dipolo 5 nella **figura 1.3**. Il dato più interessante è che l'entità della risposta corticale somatosensoriale varia in modo quasi lineare: è massima quando l'esordio degli studi musicali avviene durante l'infanzia e diminuisce progressivamente con l'aumentare dell'età di esordio, essendo pur sempre maggiore di quella dei non musicisti. Questo studio dimostra che la plasticità è massima nell'età dello sviluppo, ma dipende anche dall'entità della pratica motoria effettuata.

In generale, i cambiamenti neurofisiologici alla base di questi adattamenti funzionali possono riguardare il rafforzamento di sinapsi già esistenti, la formazione di nuove sinapsi o il reclutamento di tessuto corticale, precedentemente non utilizzato, durante l'esecuzione di gesti musicali.

### 1.3 Cervello del musicista: anatomia e struttura

Schlaug (2001), utilizzando le tecniche di analisi morfometrica delle immagini fornite dalla risonanza magnetica (MRI), ha dimostrato che lo studio precoce e persistente di uno strumento musicale può portare a cambiamenti macrostrutturali nel volume di alcune strutture del cervello umano (in particolare: il corpo calloso, la corteccia motoria e uditiva e il cervelletto). Lo studioso identifica tre principi legati all'adattamento cerebrale alle abilità musicali:

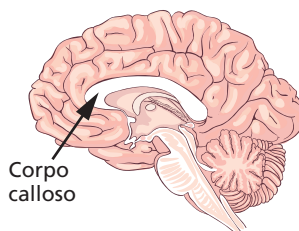
- l'inizio della formazione musicale di solito si verifica nella prima infanzia, quando il cervello è ancora in grado di adattarsi;
- i musicisti investono molto tempo nella loro formazione motoria, necessaria all'uso dello strumento musicale e praticano continuamente esercizi motori bimanuali complessi;
- l'apprendimento motorio e l'acquisizione di competenze specifiche possono portare a un cambiamento delle rappresentazioni delle mappe motorie e a cambiamenti microstrutturali.

#### 1.3.1 Corpo calloso

Il corpo calloso, costituito dall'insieme di fibre che connettono i due emisferi cerebrali, svolge l'importante ruolo di ponte per la comunicazione e l'integrazione interemisferica. Com'è noto, i movimenti degli arti sono controllati

## Integrazione e coordinazione interemisferica

	Area totale del CC	Area CC anteriore
Tutti i musicisti (N = 30)	687 ± 85	371 ± 46
Età di esordio ≤ 7 anni	709 ± 81	384 ± 42
Età di esordio successiva	637 ± 77	340 ± 43
Controlli (N = 30)	649 ± 88	344 ± 48



**Figura 1.4** Valori morfometrici (in mm<sup>2</sup>) dell'area mediosagittale del corpo calloso (media ± deviazione standard). In generale, il corpo calloso era più spesso nei musicisti che nei controlli. Inoltre, la porzione anteriore del corpo calloso era significativamente più sviluppata nei musicisti che avevano iniziato la loro formazione precocemente rispetto a coloro che avevano iniziato a studiare musica più tardi (Schlaug et al., 2001).

dalla corteccia motoria e premotoria controlaterale, e se non vi fosse il corpo calloso i due emisferi agirebbero indipendentemente, a livello corticale. Gli studi di Schlaug (2001) dimostrano che la formazione musicale precoce, più precisamente prima dei sette anni, determina cambiamenti nella composizione e nella dimensione delle fibre del corpo calloso, a causa della maggiore esigenza di scambi interemisferici ultrarapidi, e alla necessità del musicista di eseguire correttamente complesse sequenze motorie bimanuali, soprattutto se non sincronizzate: per esempio, per eseguire una terzina con una mano e una quartina con l'altra. Lo studio morfologico ha evidenziato differenze anatomiche significative, riguardanti soprattutto la parte anteriore del corpo calloso – nella quale vengono trasmesse informazioni da e verso le aree motorie – in un gruppo di musicisti rispetto a quello dei non musicisti, e tra coloro che avevano iniziato la loro formazione musicale prima dei sette anni e coloro che l'avevano iniziata dopo (fig. 1.4).

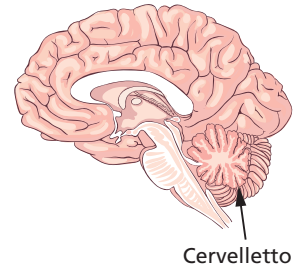
### 1.3.2 Cervelletto

Il cervelletto, che si trova nella parte posteriore del cervello sottostante i lobi occipitale e temporale, rappresenta circa il 10% del volume cerebrale, ma contiene oltre il 50% del numero totale di neuroni. Svolge un ruolo molto rilevante nelle seguenti funzioni:

- mantenimento dell'equilibrio e della postura;
- coordinamento dei movimenti volontari;
- temporizzazione e fluidità del movimento;
- apprendimento motorio e procedurale.

### Temporizzazione e fluidità del movimento

	Vol. (%)	Vol. (in cc)
Musicisti maschi (N = 32)	10,30(0,64)	145,3 (9,7)
Controlli maschi (N = 24)	9,85(0,68)*	139,6 (15,4)
Musicisti femmine (N = 24)	10,43 (0,65)	134,7 (12,1)
Controlli femmine (N = 15)	10,43 (0,82)	131,8 (12,9)



**Figura 1.5** Valori morfometrici (in mm<sup>2</sup>) dell'area mediosagittale del corpo calloso (media  $\pm$  deviazione standard). Percentuale del volume cerebellare rispetto a quello cerebrale. In generale, il corpo calloso era più spesso nei musicisti piuttosto che nei controlli, soprattutto se di sesso maschile (Schlaug et al., 2001).

Gli studi morfometrici di Schlaug e altri (2001) mostrano che i musicisti di sesso maschile possiedono un volume cerebellare relativo medio maggiore del 5% circa rispetto ai non musicisti del medesimo sesso (come illustrato nella **fig. 1.5**), mentre non ci sarebbero differenze per quanto riguarda il sesso femminile, a causa della migliore coordinazione motoria di base delle stesse. Questi dati mostrano come vi sia una stretta correlazione positiva tra la pratica musicale e il relativo esercizio necessari alla progressione degli studi e il volume cerebellare corticale. In altre parole, la pratica musicale sviluppa il cervelletto, migliorandone le funzioni.

### 1.3.3 Regioni corticali frontoparietali

Yang (2015) ha condotto una meta-analisi quantitativa su ventisei studi di risonanza magnetica funzionale (fMRI) che hanno indagato gli effetti neuroplastici dell'addestramento motorio a lungo termine in atleti, musicisti e ballerini rispetto a partecipanti di controllo. Il contrasto tra esperti di una certa disciplina motoria e il gruppo di controllo (*naïve*) ha mostrato come gli esperti attivassero maggiormente il lobulo parietale inferiore sinistro BA40, implicato nella rappresentazione dell'azione (essendo anche una regione di neuroni specchio visuomotori), nell'esecuzione motoria e nei compiti di previsione. Il giro frontale inferiore sinistro e il giro precentrale sinistro BA6 (regioni dei neuroni specchio F4/F5) erano più attivi, invece, nei compiti di osservazione del movimento (per un approfondimento sullo sviluppo dei neuroni specchio audiovisuomotori nei musicisti si veda il cap. 4 e il cap. 10 per un'analisi del ruolo dei neuroni specchio nella musica di insieme). Al contrario, i controlli mostravano una maggiore attivazione nelle aree motorie e nei gangli della base di destra rispetto agli esperti. Questi risultati indicano come





**Figura 1.10** Raffigurazione ritmica. Cambiando tipologia di simboli (per esempio semibreve, minime, semiminime, semiminime puntate, semicrome, terzine di crome ecc.) si indica una diversa durata temporale dei suoni rispetto all'unità di misura (battuta di 4/4).

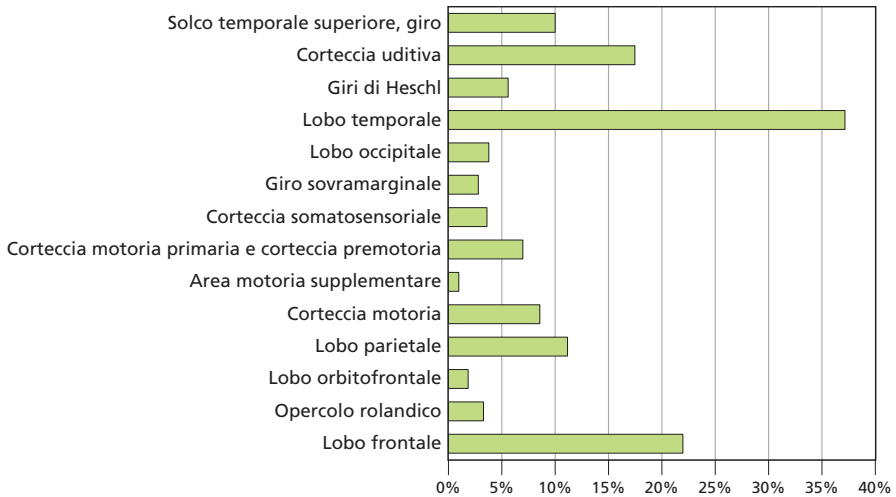
implicate nella simulazione motoria del *tapping*, nonché del cervelletto anteriore destro. Quest'ultimo svolgerebbe un ruolo chiave nell'identificazione del profilo ritmico di una stimolazione.

Infine, mentre la percezione del ritmo verrebbe elaborata prevalentemente dall'emisfero sinistro, i processi di raggruppamento metrico (cioè, la percezione di un *tactus*) coinvolgerebbero in misura maggiore l'emisfero destro. A questo proposito, gli studi di Penhune e altri (1999) hanno investigato quale fosse il coinvolgimento della corteccia uditiva (lobo temporale sinistro o destro) nella percezione e ritenzione dei *pattern* ritmici in pazienti con epilessia intrattabile che avevano subito la rimozione del lobo temporale anteriore destro o sinistro, inclusa la corteccia uditiva primaria.

I risultati hanno mostrato che i pazienti con lesioni destre avevano una compromissione della capacità di ritenere e riprodurre il ritmo udito, in particolare quando era richiesta un'accurata riproduzione delle durate degli stimoli. Al contrario, i pazienti con lesioni sinistre avevano una prestazione relativamente non compromessa. Complessivamente, questi dati rafforzano ulteriormente la nozione che l'elaborazione musicale sia un processo olistico che coinvolge l'intero cervello.

## 1.5 Principali aree coinvolte

Le aree coinvolte negli effetti neuroplastici della musica sono molteplici: per uno sguardo d'insieme, relativo alla sola corteccia, si veda la **figura 1.11**. Edwards (2008) ha analizzato un database contenente 473 studi di neuroscienze della musica, intitolato *Musical Brain Imaging*, "Database di ricerca MusicBIRD", osservando il numero di articoli scientifici (allora disponibili) che evidenziavano un effetto dell'*expertise* musicale sull'anatomia o sulle funzioni cerebrali. I risultati forniscono un'immagine grafica del ruolo primario svolto



**Figura 1.11** Percentuali di articoli scientifici aventi come oggetto una specifica regione cerebrale modulata, nelle sue proprietà anatomiche e funzionali, dall'*expertise* o dagli studi musicali. I dati illustrati si riferiscono ai risultati dello studio di Edwards (2008).

dalle regioni temporali e frontali, ma anche di molte altre. Per quanto riguarda le aree sottocorticali, queste includevano:

- l'insula, coinvolta nella codifica emotiva e nella rappresentazione corporea;
- il cingolato (implicato nella connotazione emotiva);
- il corpo calloso;
- il cervelletto e i gangli della base (nucleo caudato, putamen, globo pallido).

I gangli della base sarebbero coinvolti sia nella regolazione del movimento sia nel sistema motivazionale dopaminergico. Sono risultati fortemente coinvolti anche l'amigdala – per l'elaborazione emotiva e della paura – l'ippocampo – centro del consolidamento della memoria a lungo termine – e il talamo e l'ipotalamo per la codifica multisensoriale.

Alice Mado Proverbio

# Neuroscienze cognitive della musica

Il cervello musicale tra arte e scienza

La predisposizione alla musica è codificata geneticamente? Quanto conta la pratica per lo sviluppo delle abilità musicali? È possibile imparare a suonare o cantare in età avanzata? Qual è il segreto per non «steccare»? Perché si avverte l'impulso di muoversi a ritmo ascoltando un brano musicale? Perché una melodia in tonalità minore sembra triste? La percezione della dissonanza è culturale o innata? Quando un musicista improvvisa, cosa accade nel suo cervello?

*Neuroscienze cognitive della musica* esamina i diversi processi che si attivano, da un lato, durante l'esecuzione e la composizione musicale e, dall'altro, durante l'ascolto, mettendo in luce i principi del godimento estetico della musica. Tra i temi approfonditi: gli effetti della musica su mente e cervello, le basi neurali dell'immaginazione musicale, il ruolo dei processi automatici e controllati nell'apprendimento della musica, l'importanza della memoria procedurale per la prestazione musicale, la lettura «a prima vista» dello spartito, gli effetti terapeutici del canto e della pratica musicale nella riabilitazione motoria e per il trattamento delle malattie neurodegenerative.

È un testo per studiosi di neuroscienze, edu-

catori e musicoterapeuti, musicisti e studiosi di musica. L'autrice segue lo sviluppo della mente musicale nell'arco della vita dell'essere umano, dal grembo materno fino all'età senile. Attraverso studi sperimentali provenienti dai laboratori di tutto il mondo vengono sfatati miti e spiegati fenomeni: espressioni quali «avere orecchio», «buttare l'occhio», «la memoria della mano» trovano qui un'adeguata spiegazione scientifica.

Due le sezioni particolarmente innovative: una relativa al ruolo dei **neuroni specchio** audiovisuomotori nell'apprendimento della musica, nell'affinamento dell'abilità esecutiva, nella capacità di coordinarsi con i cointerpreti e cogliere le intenzioni espressive del direttore d'orchestra; l'altra riservata alla **Neuroestetica**, disciplina che descrive i meccanismi neurali dell'esperienza estetica musicale, offrendo una spiegazione scientifica a come la musica sia in grado di modificare lo stato d'animo dell'ascoltatore e indurre emozioni specifiche, tanto da essere utilizzata a fini espressivi e narrativi in altri ambiti artistici quali, ad esempio, il cinema: alla neuroestetica della musica da film è dedicato appunto l'ultimo capitolo del libro.

---

**Alice Mado Proverbio** è professore associato di Psicobiologia e Psicologia fisiologica presso l'Università degli Studi di Milano Bicocca, dove insegna Neuroscienze cognitive e altri corsi nelle lauree triennali e in quelle magistrali.

## Le risorse digitali



[online.universita.zanichelli.it/proverbio](https://online.universita.zanichelli.it/proverbio)

A questo indirizzo sono disponibili le risorse digitali di complemento al libro.

PROVERBIO\*NEUROSC COGNITIVE MUSICA

ISBN 978-88-08-52032-6



9 788808 520326

0 1 2 3 4 5 6 7 8 (60A)

[www.zanichelli.it](http://www.zanichelli.it)