

Alice Mado Proverbio

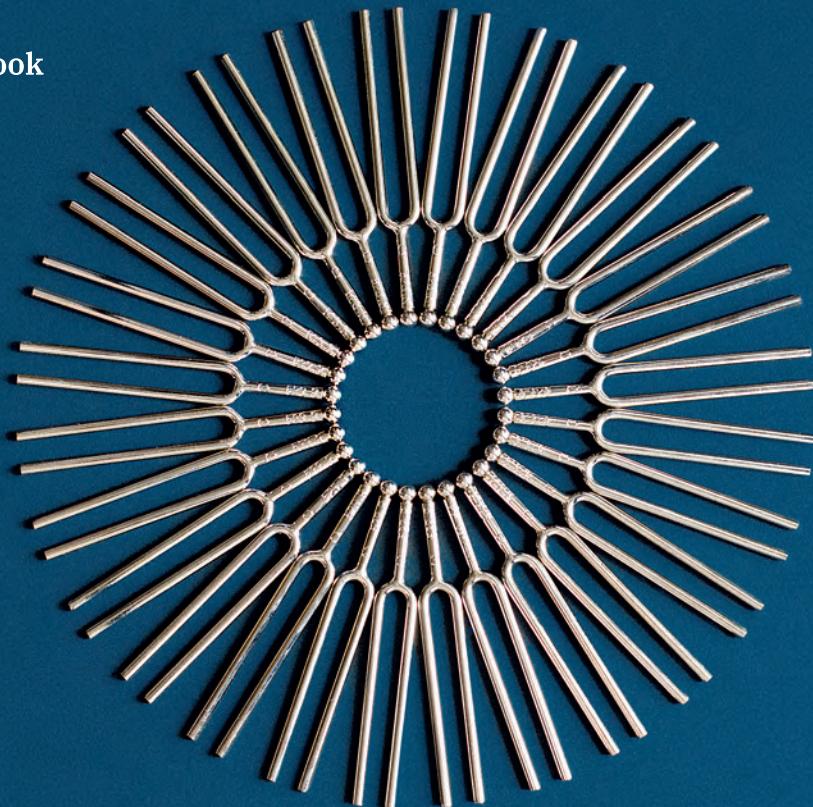
# Neuroscienze cognitive della musica

La neurobiologia della mente musicale

Seconda edizione



la Z  
Ebook



NEUROSCIENZE **ZANICHELLI**

Alice Mado Proverbio

# Neuroscienze cognitive della musica

La neurobiologia della mente musicale

Seconda edizione

## Se vuoi accedere alle risorse online riservate

1. Vai su **my.zanichelli.it**
2. Clicca su *Registrati*.
3. Scegli *Studente*.
4. Segui i passaggi richiesti per la registrazione.
5. Riceverai un'email: clicca sul link per completare la registrazione.
6. Cerca il tuo codice di attivazione stampato sull'etichetta in questa pagina.
7. Inseriscilo nella tua area personale su **my.zanichelli.it**

Se hai già effettuato la registrazione, per accedere ai contenuti riservati ti serve solo il codice di attivazione.



# Indice dell'opera

## Presentazione

XI

## Prefazione

XIII

## Parte prima

La neuroplasticità cerebrale: come la musica cambia il cervello

### Capitolo 1 Il cervello del musicista

<b>1.1</b>	Effetti della musica su mente e cervello .....	1
<b>1.2</b>	Esercizio e plasticità cerebrale .....	2
<b>1.3</b>	Cervello del musicista: anatomia e struttura .....	4
<b>1.3.1</b>	Corpo calloso .....	5
<b>1.3.2</b>	Cervelletto .....	5
<b>1.3.3</b>	Regioni corticali frontoparietali .....	6
<b>1.3.4</b>	Corteccia motoria .....	8
<b>1.3.5</b>	Regioni temporali uditive .....	9
<b>1.4</b>	Abilità musicali specifiche .....	10
<b>1.4.1</b>	Elaborazione spettrotemporale rapida .....	10
<b>1.4.2</b>	Immaginazione uditiva .....	10
<b>1.4.3</b>	Codifica dell'aspetto armonico e ritmico .....	12
<b>1.5</b>	Principali aree coinvolte .....	14

### Capitolo 2 Il cervello del cantante

<b>2.1</b>	Canto e cervello: la musica come protolingua .....	15
<b>2.2</b>	Cantanti e cervello: neuroanatomia funzionale .....	17
<b>2.3</b>	Intonazione e abilità di non "steccare" .....	21
<b>2.4</b>	Benefici del ripasso silenzioso .....	24
<b>2.5</b>	Effetti dell'età di acquisizione .....	25
<b>2.6</b>	Effetti terapeutici del canto in neurologia .....	26

### Capitolo 3 Musica e specializzazione emisferica

<b>3.1</b>	Primato dell'emisfero sinistro nei musicisti .....	28
<b>3.2</b>	Ruolo dei due emisferi nella percezione musicale .....	28
<b>3.2.1</b>	Emisfero destro e percezione del contenuto armonico della musica .....	30
<b>3.2.2</b>	Consonanza/dissonanza: stimolazione differente dei due emisferi .....	30
<b>3.2.3</b>	Emisfero destro e percezione del timbro .....	32

<b>3.2.4</b>	Emisfero sinistro ed elaborazione temporale: il ritmo della musica .....	33
<b>3.2.5</b>	Emisfero sinistro e comprensione sintattica della musica .....	35
<b>3.3</b>	Asimmetrie emisferiche per l'apprezzamento emotivo della musica .....	37
<b>3.4</b>	Circuito biemisferico per la lettura delle note .....	40
<b>3.4.1</b>	Asimmetrie emisferiche nella lettura del setticlavio .....	41
<b>3.5</b>	Emisferi cerebrali e controllo corticale del movimento .....	43
<b>3.5.1</b>	Specificità degli strumenti musicali e specializzazione emisferica .....	44
<b>3.5.2</b>	Ruolo dell'emisfero sinistro nella pianificazione dell'azione e nel controllo motorio fine .....	46

## Capitolo 4 Musica e sinestesia

<b>4.1</b>	Basi neurali della sinestesia .....	48
<b>4.1.1</b>	Sinestesia e multisensorialità .....	48
<b>4.1.2</b>	Circuiti neurali alla base della sinestesia .....	49
<b>4.1.3</b>	Ruolo del fascicolo fronto-occipitale inferiore destro .....	50
<b>4.2</b>	Processi sinestesici nella percezione della musica .....	51
<b>4.2.1.</b>	Sinestesia colore-nota .....	51
<b>4.2.2</b>	Sinestesia spazio-musica .....	54
<b>4.2.3</b>	Sinestesia sensoriale multipla negli artisti: un cervello associativo .....	55
<b>4.3</b>	Fondamenti biologici della sinestesia musica-colore: un quadro complesso .....	58
<b>4.4</b>	Ereditarietà della sinestesia .....	59

## Parte seconda

### La neurobiologia dell'esecuzione musicale

## Capitolo 5 Abilità musicale e neuroni specchio audiovisuomotori

<b>5.1</b>	Neuroni visuomotori nella codifica dell'azione .....	61
<b>5.2</b>	Neuroni audiovisuomotori nel linguaggio .....	65
<b>5.3</b>	Neuroni audiovisuomotori e suono degli oggetti .....	67
<b>5.4</b>	Codifica di azioni musicali e suoni .....	69
<b>5.5</b>	Sviluppo delle connessioni audiovisuomotorie .....	73
<b>5.5.1</b>	Risultati dello studio sugli allievi del conservatorio .....	73
<b>5.5.2</b>	Circuiti audiovisuomotori nei musicisti professionisti .....	74
<b>5.5.3</b>	<i>Expertise</i> e codifica del timbro di uno strumento .....	75

## Capitolo 6 Neuroni specchio e musica d'insieme

<b>6.1</b>	Coordinazione tra cointerpreti .....	77
<b>6.2</b>	Direzione dello sguardo dei cointerpreti .....	79
<b>6.3</b>	Sincronizzazione dell' <i>ensemble</i> e neuroni specchio .....	80
<b>6.4</b>	Asimmetrie di rango nella <i>leadership</i> .....	82
<b>6.5</b>	Gesti del direttore d'orchestra .....	83
<b>6.6</b>	Esecuzione meccanica <i>vs</i> espressiva .....	85

## **Capitolo 7 Movimenti oculari e lettura dello spartito**

<b>7.1</b> Notazione: segni analogici e simbolici .....	87
<b>7.2</b> Meccanismi neurali di lettura della notazione .....	88
<b>7.3</b> Lettura "a prima vista" dello spartito .....	90
<b>7.4</b> Lettura dello spartito e movimenti oculari .....	92

## **Capitolo 8 Solfeggio come simulazione multisensoriale**

<b>8.1</b> Solfeggio cantato e parlato .....	95
<b>8.2</b> Effetti del saper solfeggiare: categorizzazione tonale dei suoni .....	96
<b>8.3</b> Pratica e utilità del solfeggio: simulazione del gesto musicale .....	98
<b>8.4</b> Solfeggio e integrazione talamica multisensoriale .....	99
<b>8.5</b> Solfeggio e ritmo: il cervelletto come oscillatore endogeno .....	101
<b>8.6</b> Simulazione motoria e apprendimento della temporizzazione .....	105

## **Parte terza**

### La struttura acustica della musica

## **Capitolo 9 Psicoacustica**

<b>9.1</b> La fisica del suono .....	108
<b>9.2</b> Musica e rumori .....	108
<b>9.3</b> Timbro e inviluppo .....	111
<b>9.4</b> Risposta cerebrale al rumore .....	112
<b>9.5</b> Neurofisiologia del silenzio .....	114

## **Capitolo 10 Consonanza/dissonanza: basi neurali**

<b>10.1</b> Intervalli armonici consonanti e dissonanti .....	117
<b>10.2</b> Preferenza per la scala cromatica diatonica .....	121
<b>10.3</b> Basi innate della sensibilità alla consonanza .....	124
<b>10.4</b> Tonalità e stati d'animo .....	128

## **Capitolo 11 Immaginazione musicale**

<b>11.1</b> Aspetti psicologici dell'immaginazione uditiva .....	131
<b>11.2</b> Basi neurali dell'immaginazione musicale .....	132
<b>11.2.1</b> Primi studi neuroscientifici .....	132
<b>11.2.2</b> Attività cerebrale durante l'immaginazione musicale .....	133
<b>11.2.3</b> Immaginazione motoria uditiva .....	135
<b>11.2.4</b> Immaginazione musicale e "lettura della mente" .....	137
<b>11.3</b> Immaginazione involontaria: il "tarlo nell'orecchio" .....	138
<b>11.3.1</b> Quali caratteristiche dovrebbe avere una canzone per diventare un tormentone? ....	139
<b>11.3.2</b> Ci sono dei metodi per limitare il fenomeno e liberarsi dal tarlo? .....	139

<b>11.4</b>	Immaginazione nel musicista e nel compositore .....	140
<b>11.4.1</b>	Ripasso silenzioso nel musicista .....	140
<b>11.4.2</b>	Ruolo dell'immaginazione uditiva nella composizione .....	143

## **Capitolo 12 Esiste un'attitudine alla musica?**

<b>12.1</b>	Ruolo dei geni nell'attitudine musicale .....	145
<b>12.2</b>	Esercizio ed eccellenza nella prestazione .....	150
<b>12.3</b>	Orecchio assoluto .....	153

## **Parte quarta**

Ritmo, battito e frequenza: l'elaborazione temporale della musica

## **Capitolo 13 Musica, movimento, ritmo e sincronizzazione**

<b>13.1</b>	Programmare il gesto musicale .....	156
<b>13.2</b>	Movimenti automatici e controllati .....	161
<b>13.3</b>	Suonare correttamente e intonati .....	162
<b>13.4</b>	Percepire il ritmo e andare a tempo .....	164
<b>13.5</b>	Sincronizzazione neurale alla pulsazione .....	164

## **Capitolo 14 Seguire il ritmo e muoversi a tempo**

<b>14.1</b>	Percezione e analisi del ritmo .....	168
<b>14.2</b>	Il senso del groove e il muoversi a ritmo di musica .....	169
<b>14.3</b>	La capacità ritmica dei musicisti .....	172
<b>14.4</b>	L'integrazione ritmica audiovisiva .....	172
<b>14.5</b>	Esistono frequenze più adatte per le cellule del nostro corpo? .....	174
<b>14.6</b>	Esiste una musica più adatta per le nostre cellule? .....	176
<b>14.7</b>	C'è qualcosa di speciale nell'accordatura ai 432 Hz? .....	177

## **Capitolo 15 Effetti della musica sulla vigilanza e sul sonno**

<b>15.1</b>	L'impatto della musica sulle oscillazioni bioelettriche del cervello .....	181
<b>15.1.1</b>	Trascinamento neurale al ritmo .....	181
<b>15.1.2</b>	Controllo della locomozione e del ritmo musicale preferito tramite "orologio interno" .....	182
<b>15.2</b>	Effetti della musica sull'EEG e sul sonno .....	184
<b>15.2.1</b>	Musica rilassante e sonno a onde lente .....	184
<b>15.2.2</b>	Musiche adatte per addormentarsi .....	187

## **Capitolo 16 Musica e *Brain-Computer Interface***

<b>16.1</b>	Interfaccia cervello-macchina .....	189
-------------	-------------------------------------	-----

<b>16.2</b> I sistemi BCMI ( <i>Brain-Computer Music Interface</i> ) .....	192
<b>16.3</b> EEG, performance motoria e composizione musicale .....	194
<b>16.4</b> BCI: musica ed emozioni .....	195
<b>16.5</b> BCI e performance dal vivo con orchestra .....	197

## Parte quinta

Neuroestetica e neurobiologia delle emozioni

### Capitolo 17 Improvvisazione e memoria

<b>17.1</b> Basi neurali dei processi creativi .....	199
<b>17.2</b> Improvvisazione in musica .....	200
<b>17.2.1</b> Circuiti neurali della creatività nei compositori .....	200
<b>17.2.2</b> Circuiti neurali della creatività nell'improvvisazione jazz .....	201
<b>17.3</b> Prestazione musicale e memoria .....	202
<b>17.4</b> Musicista e memoria: ansia da prestazione .....	204

### Capitolo 18 Neuroestetica della musica

<b>18.1</b> Musica ed emozioni .....	206
<b>18.2</b> Basi neurali dell'esperienza estetica musicale .....	207
<b>18.3</b> Ruolo della tonalità e dello stile musicale .....	210
<b>18.4</b> Aspettativa e familiarità .....	217
<b>18.5</b> Prevedibilità delle sensazioni estetiche .....	220

### Capitolo 19 Come il cervello reagisce alla musica da film

<b>19.1</b> Colonna sonora ed emozioni .....	223
<b>19.2</b> Film indimenticabili: uso della musica .....	226

### Capitolo 20 Significato semantico della musica

<b>20.1</b> Il ruolo della tonalità: modo maggiore o minore .....	231
<b>20.2</b> Studi elettrofisiologici sulla N400 semantica in musica .....	232
<b>20.3</b> Elaborazione semantica nella musica e nelle arti figurative .....	234
<b>20.4</b> Il solco temporale superiore come hub multimodale .....	241
<b>20.5</b> Ritmo gamma dell'EEG ed elaborazione semantica della musica .....	242
<b>20.6</b> Semiotica della musica .....	245

### Capitolo 21 Significato emotivo della musica

<b>21.1</b> Come la musica influenza lo stato d'animo .....	247
<b>21.1.1</b> Perché una musica triste è piacevole da ascoltare: ruolo della prolattina .....	247
<b>21.1.2</b> Com'è fatta una musica triste? .....	250
<b>21.1.3</b> Vocalizzazioni ed espressività emotiva .....	251

<b>21.2</b> Perché una musica in tonalità minore sembra triste e in tonalità maggiore allegra? .....	253
<b>21.3</b> Espressione <i>vs</i> esecuzione della tristezza .....	254
<b>21.3.1</b> Interpretazione ed espressività .....	254

## Parte sesta

### La musica come terapia

#### **Capitolo 22 I piccoli musicisti e la dislessia**

<b>22.1</b> Ascolto di musica in età prenatale .....	259
<b>22.1.1</b> Ascolto di musica nei neonati .....	260
<b>22.1.2</b> Effetti della pratica musicale nell'infanzia .....	261
<b>22.2</b> Musica e disturbi di lettura .....	263
<b>22.2.1</b> Vari tipi di dislessia .....	265
<b>22.2.2</b> Teoria magnocellulare della dislessia .....	267
<b>22.2.3</b> Dislessia superficiale e dislessia fonologica .....	267
<b>22.2.4</b> Effetti benefici dello studio musicale sulla dislessia .....	269
<b>22.3</b> Effetti dell'alfabetizzazione musicale sulla capacità di lettura .....	272
<b>22.4</b> I bambini musicisti dislessici .....	274

#### **Capitolo 23 Apprendimento della musica in età adulta**

<b>23.1</b> Studi musicali e sinaptogenesi in età adulta .....	276
<b>23.2</b> Effetti benefici della musica nella demenza .....	278
<b>23.3</b> Effetti benefici della musica nel Parkinson .....	280
<b>23.4</b> Effetti dell'età sulla velocità di conduzione nervosa e sulla destrezza delle dita .....	282
<b>23.5</b> Il musicista anziano virtuoso .....	283
<b>23.6</b> Pratica musicale nella riabilitazione motoria .....	285
<b>23.7</b> Pratica musicale per il benessere dell'anziano .....	287

#### **Capitolo 24 Effetti terapeutici della musica**

<b>24.1</b> La musica come strumento terapeutico .....	288
<b>24.2</b> Musica nei reparti di maternità e terapia intensiva neonatale .....	288
<b>24.3</b> Effetti analgesici e terapia del dolore .....	291
<b>24.4</b> Effetti della musica sull'umore .....	292
<b>24.5</b> Uso della musicoterapia in clinica neurologica .....	292
<b>24.5.1</b> Sclerosi multipla, Parkinson e canto .....	292
<b>24.5.2</b> Musicoterapia nei disturbi motori .....	293
<b>24.5.3</b> Pratica musicale e destrezza degli arti superiori .....	293
<b>24.5.4</b> Miglioramento dell'andatura e dell'equilibrio .....	293
<b>24.5.5</b> Effetti della musicoterapia sull'EEG: l'applicazione clinica in neurologia e psichiatria .....	294
<b>24.5.6</b> Pazienti in stato di coma cerebrale .....	295
<b>24.5.7</b> Pazienti con condizione neurodegenerativa e problemi motori (Parkinson) .....	296

## Parte settima

### I disturbi professionali del musicista

#### **Capitolo 25 Distorbia focale nel musicista**

<b>25.1</b> Distorbia: un disturbo motorio .....	297
<b>25.2</b> Caratteristiche della distonia in ambito musicale .....	299
<b>25.2.1</b> Specificità legate allo strumento musicale .....	301
<b>25.2.2</b> Basi neurali .....	304
<b>25.2.3</b> Basi fisiologiche e cellulari: insufficiente attività del globo pallido .....	307
<b>25.3</b> Aspetti psicologici e psichiatrici nella distonia focale .....	308
<b>25.3.1</b> Stress .....	308
<b>25.3.2</b> Tratti di personalità .....	309
<b>25.3.3</b> Disturbo ossessivo compulsivo .....	309
<b>25.4</b> Alterazioni somatosensoriali e sensomotorie .....	310

#### **Capitolo 26 Ipoacusia nel musicista professionista, sordità per i toni e amusia ritmica**

<b>26.1</b> Effetti clinici dell'eccessiva esposizione al rumore .....	314
<b>26.1.1</b> Differenza tra musica e rumore in termini di effetti sull'udito .....	315
<b>26.2</b> Ipoacusia nel musicista professionista .....	316
<b>26.3</b> Amusia per i toni .....	320
<b>26.4</b> La MMN come indicatore efficace dell'amusia .....	321
<b>26.5</b> Amusia per il ritmo .....	325

#### **Capitolo 27 Beethoven: gli strani casi del suo metronomo e della sua sordità**

<b>27.1</b> Ludwig van Beethoven, geniale (e irascibile) compositore .....	328
<b>27.2</b> La sordità di Beethoven .....	330
<b>27.2.1</b> Insorgenza della malattia .....	330
<b>27.2.2</b> Teoria dell'avvelenamento da piombo .....	331
<b>27.2.3</b> Aspetti psicologici della malattia di Beethoven .....	333
<b>27.3</b> Il metronomo di Beethoven .....	335
<b>27.3.1</b> Il mistero dei metronomi Mälzel .....	335
<b>27.3.2</b> Tempo metronomico e direttori d'orchestra storicamente informati .....	338

#### **Capitolo 28 Genio musicale e "follia"**

<b>28.1</b> Genialità e creatività .....	340
<b>28.1.1</b> Caratteristiche mentali e psicologiche del genio creativo .....	340
<b>28.1.2</b> Compromissione dell'emisfero sinistro di Maurice Ravel .....	342
<b>28.1.3</b> Deliri e allucinazioni di Robert Schumann .....	344

<b>28.2</b> Quadro clinico neuropatologico di alcuni grandi compositori e virtuosi nella storia della musica .....	346
<b>28.2.1</b> Giovanni Battista Lulli .....	347
<b>28.2.2</b> Antonio Vivaldi .....	347
<b>28.2.3</b> Johann Sebastian Bach .....	348
<b>28.2.4</b> Franz Joseph Haydn .....	348
<b>28.2.5</b> Wolfgang Amadeus Mozart .....	348
<b>28.2.6</b> Franz Schubert .....	349
<b>28.2.7</b> Louis Hector Berlioz .....	350
<b>28.2.8</b> Felix Mendelssohn Bartholdy .....	350
<b>28.2.9</b> Fryderyk Chopin .....	351
<b>28.2.10</b> Johannes Brahms .....	351
<b>28.2.11</b> Edvard Grieg .....	352
<b>28.2.12</b> Achille-Claude Debussy .....	352
<b>28.2.13</b> Sergei Vasil'evič Rachmaninov .....	352
<b>28.2.14</b> George Gershwin .....	353
<b>Ringraziamenti</b>	356
<b>Indice analitico</b>	357

## Le risorse digitali

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

[universita.zanichelli.it/proverbio2e](http://universita.zanichelli.it/proverbio2e)

Per accedere alla risorse protette è necessario registrarsi su **my.zanichelli.it** e inserire il codice di attivazione personale che si trova sull'etichetta adesiva nella prima pagina del libro.

Nel sito del libro puoi:

- guardare i **video**;
- consultare la **bibliografia** di riferimento;
- accedere all'**Ebook**.

Le risorse digitali protette sono disponibili per chi acquista il libro nuovo. L'accesso alle risorse digitali protette è personale, non condivisibile e non cedibile, né autonomamente né con la cessione del libro cartaceo.

# Presentazione

La musica è una delle esperienze umane più ricche e sublimi. Ascoltare e fare musica costituiscono elementi imprescindibili della nostra esistenza. Il piacere che la musica suscita, insieme ad abilità musicali come la discriminazione delle altezze sonore e la sensibilità ritmica, sono profondamente radicati nel nostro DNA e probabilmente accompagnano l'umanità da centinaia di migliaia di anni. La percezione e l'apprendimento musicale iniziano ancor prima della nascita: già alla 28<sup>a</sup> settimana di gestazione il feto reagisce agli stimoli sonori, e alla 33<sup>a</sup> settimana si possono osservare attivazioni della corteccia uditiva indotte dalla musica. Fin dagli albori della vita le pratiche musicali ci affiancano e si intrecciano con la trama della nostra cultura quotidiana. Le ninne-nanne rinsaldano il legame tra genitori e figli, attenuano lo stress infantile e sostengono la regolazione delle emozioni. Il canto e la danza sono elementi fondamentali della pedagogia della prima infanzia negli asili nido e nelle scuole materne di tutto il mondo, e la musica è una componente regolare dei programmi scolastici della scuola primaria in molti paesi.

Più tardi, durante l'adolescenza, la musica diventa una parte essenziale della formazione dell'identità, un biglietto d'ingresso per i gruppi di coetanei e un passo fondamentale verso l'autonomia. Nell'età adulta, continuiamo a godere della musica, per arricchimento estetico, relax o semplicemente per una breve fuga dalla realtà. Molti eventi biografici importanti, come battesimi, matrimoni, funerali, celebrazioni di successi, commemorazioni e festività religiose, sono accompagnati dalla musica, creando ricordi emotivi potenti che rimangono vividi fino alla vecchiaia.

Il libro di Alice Mado Proverbio *Neuroscienze cognitive della musica: la neurobiologia della mente musicale* offre una panoramica eccezionale delle basi scientifiche della nostra capacità di percepire, eseguire, godere e guarire attraverso la musica. Allo stesso tempo, trasmette in modo vivo i principi generali della fisiologia sensoriale e delle neuroscienze. I fondamenti dell'acustica, della fisiologia uditiva, dei metodi neuroscientifici e degli approcci alla misurazione dell'attività cerebrale sono spiegati con chiarezza, così come i meccanismi neurali coinvolti nel canto e nella pratica strumentale. Il libro dimostra come la musica interagisce con il cervello, mostrando che l'attività musicale non è solo una forma d'arte, ma anche un potente motore di neuroplasticità, cognizione e salute. Attingendo alle neuroscienze, alla psicologia e alla ricerca clinica, rivela come l'ascolto, l'esecuzione e la creazione di musica modellino il cervello nel corso della vita, dall'infanzia alla vecchiaia.

Il libro abbraccia l'intero universo delle neuroscienze musicali. Le leggi della neuroplasticità e gli straordinari effetti delle attività musicali sulla struttura e sulla funzione del cervello sono spiegati in dettaglio. La formazione musicale rimodella le reti cerebrali e favorisce l'acquisizione del linguaggio e la comunicazione. Infatti, il canto precede il linguaggio parlato nell'evoluzione umana: i bambini dimostrano precisione nell'intonazione prima ancora di imparare a parlare, e i pazienti con disturbi del linguaggio come l'afasia di Broca o la balbuzie spesso conservano la capacità di cantare. Il canto rivela dunque circuiti cerebrali sovrapposti e distinti per parole e melodie, e si offre come uno strumento di straordinario potenziale terapeutico in neurologia e psichiatria.

La specializzazione emisferica del cervello è evidente anche nell'elaborazione della musica. I musicisti mostrano spesso una dominanza dell'emisfero sinistro per il ritmo, la sintassi e l'analisi acustica fine, mentre l'emisfero destro contribuisce in misura più rilevante alla percezione

del timbro e dei contorni melodici. La formazione musicale precoce rafforza la comunicazione interemisferica attraverso il corpo calloso e il cervelletto. Suonare musica integra percezione, controllo motorio, memoria e attenzione. La ricerca sui movimenti oculari, il solfeggio e la sincronizzazione dell'*ensemble* evidenzia lo stretto legame tra cognizione e azione nei musicisti. Le dinamiche di *leadership* negli *ensemble* da camera illustrano il delicato equilibrio tra creatività individuale e coordinamento di gruppo. Vengono affrontate anche questioni scientificamente impegnative sui correlati neurali della creatività e dell'estetica: l'improvvisazione coinvolge sia la rete prefrontale che quella di *default mode*, collegando il pensiero divergente con la competenza motoria. La flessibilità, piuttosto che la routine, emerge come fondamento neurale della creatività musicale.

È ampiamente riconosciuto che la musica evochi intense emozioni, tanto attraverso risposte neurali innate (per esempio di fronte alla consonanza o alla dissonanza), quanto mediante complesse associazioni di natura culturale e biografica. Studi di neuroimmagine dimostrano che l'esecuzione espressiva, la musica tonale rispetto a quella atonale e la mimica semantica basata sul suono (come le onde o il canto degli uccelli) attivano le reti cerebrali di ricompensa, limbiche e associative. Questi potenti effetti suggeriscono naturalmente applicazioni terapeutiche. Infatti, la musica è ora ampiamente utilizzata in contesti clinici per sostenere il recupero del linguaggio nell'afasia, migliorare la funzione motoria nel morbo di Parkinson e nell'ictus e migliorare il benessere emotivo nella depressione e nella demenza. Gli studi dimostrano, inoltre, che la formazione musicale negli anziani rafforza le funzioni esecutive, la memoria e la riserva cognitiva, mentre la pratica per tutta la vita offre protezione contro la demenza migliorando la resilienza.

Il libro si chiude con alcune prospettive storiche, mostrando come diversi musicisti famosi, tra cui Ludwig van Beethoven e Maurice Ravel, abbiano sofferto di malattie neurologiche. Le loro storie sono descritte con commovente sensibilità e precisione scientifica. Guardando al futuro, vengono discusse interessanti prospettive, come le nuove interfacce che collegano l'attività cerebrale (EEG) con la musica generativa, aprendo la strada a una riabilitazione personalizzata e a nuove forme di espressione artistica attraverso l'intelligenza artificiale e l'interazione cervello-computer.

Questo libro è splendidamente illustrato, scritto in uno stile chiaro e coinvolgente, e accessibile sia agli esperti sia ai non esperti. Il nucleo del suo messaggio risiede nell'idea che la musica sia un'attività peculiare dell'essere umano, intimamente inscritta nella nostra biologia. Essa modella il cervello dal punto di vista strutturale e funzionale, favorisce la comunicazione e le emozioni e offre profondi benefici terapeutici. Unendo scienza e arte, Alice Mado Proverbio mostra come la musica sia al contempo un fondamento evolutivo dell'espressione umana e uno strumento moderno per la salute e la creatività.

Mi congratulo vivamente con Alice Mado Proverbio per questo autentico capolavoro e auguro sinceramente che possa incontrare un vasto e appassionato seguito di lettori.

Hannover, agosto 2025

*Prof. Dr. Med. Eckart Altenmüller*

Professore Emerito presso l'Università di Musica, Dramma  
e Media di Hannover, Burgdorf, Germania

## CAPITOLO 9

# Psicoacustica

*Ciò che chiamiamo suoni dipende da vibrazioni psicoacustiche di tipo fisico che hanno il potere di determinare una sensazione psicologica, cioè di essere sentite. Le onde sonore sono variazioni di pressione nell'atmosfera.*

### 9.1 La fisica del suono

Le vibrazioni (date dal movimento delle particelle che compongono la materia) creano una serie di compressioni ed espansioni nell'aria circostante che si propagano a circa 300 metri al secondo sotto forma di onde sonore, che si propagano come le increspature di uno stagno (Welch et al., 2022). Queste oscillazioni si possono misurare in funzione del tempo come oscillazioni al secondo (in Hz o cicli al secondo), e in funzione della pressione del suono come intensità (in decibel).

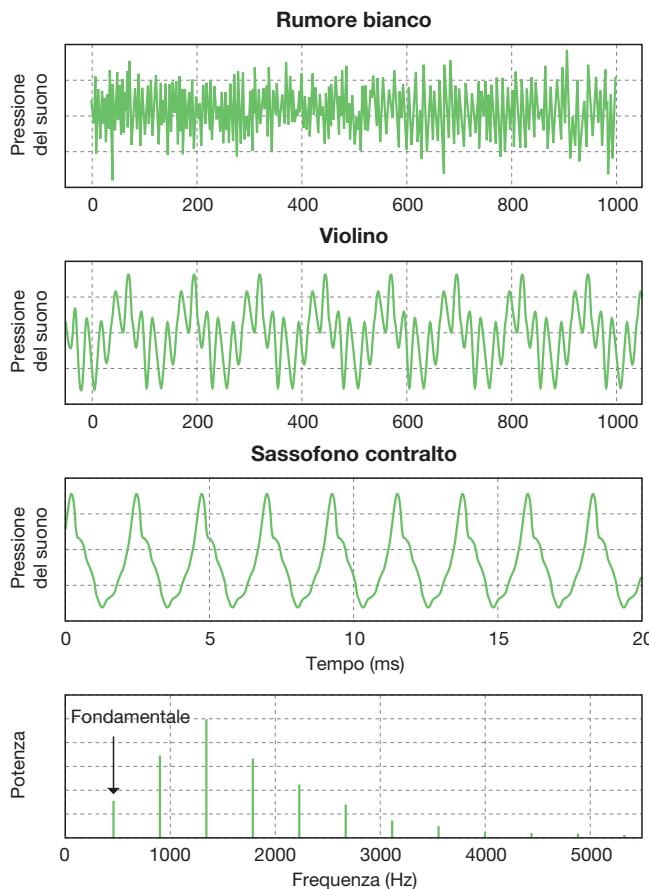
Le note musicali o i toni hanno un'altezza che determina se sono gravi o acute nello spazio sonoro. L'altezza di una particolare nota si indica con un numero, per esempio il La al centro di un pianoforte ha una frequenza di 440 Hz, che indica quante oscillazioni avvengono in 1 secondo. Se si pizzica una corda di violino accordata sul La medio, la corda vibrerà o oscillerà avanti e indietro e avrà una certa intonazione. Il termine tecnico per indicare l'altezza è frequenza, cioè il numero di volte in un secondo in cui la corda oscilla avanti e indietro.

Negli strumenti reali i suoni non sono puri come i toni generati da un digitalizzatore, ma sono composti da più componenti di frequenza, chiamate armoniche parziali.

La frequenza fondamentale (F0) è la parziale più bassa, mentre le frequenze più alte sono i sovratoni (si veda la parte inferiore della Figura 9.1). Quando queste frequenze sono multipli interi della fondamentale, il suono è considerato armonico, come vedremo nei prossimi paragrafi. L'altezza del tono corrisponde alla frequenza fondamentale e la nostra rappresentazione mentale della melodia si basa sulle frequenze di queste altezze (Figura 9.2). L'orecchio umano è in grado di rilevare suoni a frequenze comprese tra circa 20 e 20.000 Hz.

### 9.2 Musica e rumori

A livello acustico, la musica è diversa da tutti gli altri suoni, a causa delle complesse vibrazioni prodotte dagli strumenti musicali e dalle voci cantanti. Questo vale per la distinzione tra i suoni musicali e i suoni ambientali e naturali, ma la distinzione è ancora più drammatica rispetto a quei suoni che sono classificati come rumore, e che sono caratterizzati da vibrazioni sonore disarmoniche e da relazioni di frequenza irregolari tra le vibrazioni che le costituiscono (Reybrouck et al., 2019). I neonati, per esempio, sono in grado di discriminare immediatamente tra musica e rumore ambientale, riconoscendo che la musica come struttura



**Figura 9.1** Variazioni stocastiche (rumore) o periodiche (musica) della pressione sonora in funzione del tempo per: il rumore bianco (in alto) oppure un suono di 440 Hz prodotto con il violino, o il sassofono contralto. Il grafico in basso illustra come il timbro di uno strumento, ma anche le voci o i rumori ambientali non contengano generalmente un'unica frequenza sonora, ma siano composti da più frequenze sovrapposte (armoniche) superiori a quella fondamentale. Creative Commons BY-NC-SA 4.0

uditiva è qualitativamente diversa dal rumore disorganizzato che li circonda (Standley et al., 1990). Sembrano mostrare una preferenza per la coerenza estetica e la struttura organizzativa della musica, con la capacità di individuare proprietà formali e dettagli della musica, come l'intonazione, la melodia, il tempo e la strutturazione della frase musicale.

Il rumore è un suono che contiene una moltitudine di armoniche distribuite in modo casuale in tutto lo spettro, rendendolo privo di un'altezza percepibile. Il rumore è, dunque, un suono non periodico, contiene cioè elementi casuali che non possono essere descritti come una serie regolare di componenti di un'onda sinusoidale. Il termine "rumore bianco" viene utilizzato per descrivere questo suono, in quanto è caratterizzato dall'assenza di ordine e dalla presenza di frequenze provenienti da tutto lo spettro udibile. Ha una distribuzione spettrale piatta, il che significa che ha la stessa potenza su tutte le frequenze. In altre parole, contiene una quantità uguale di energia a tutte le frequenze. Vi sono altri tipi di rumore, come il rumore rosa, che ha una distribuzione spettrale in cui la potenza diminuisce per ottava, così che ha più energia nelle frequenze basse rispetto al rumore bianco.

Il rumore svolge un ruolo essenziale nella musica. La maggior parte degli strumenti a percussione è caratterizzata da un notevole grado di rumore, così come i suoni ambientali

## CAPITOLO 14

# Seguire il ritmo e muoversi a tempo

*È probabilmente capitato a tutti di osservare, con divertimento, filmati di bimbetti di pochi mesi che si molleggiano sulle gambine, ballando a suon di musica con una buona sincronizzazione temporale. Fin dalla nascita, segnali uditivi ritmici isocroni sono in grado di attirare automaticamente l'attenzione dei piccoli umani, spesso inducendo un comportamento motorio ritmico che potremmo definire ballare, o muoversi a tempo, per puro divertimento.*

### 14.1 Percezione e analisi del ritmo

Alla base del ritmo musicale c'è il fenomeno dell'induzione del battito: l'estrazione e l'attribuzione psicologica di una pulsazione regolare o *tactus* (il battito) in una sequenza uditive che permette di sincronizzare il tempo in modo flessibile, rispondendo a questa pulsazione, anche durante gli intervalli, le irregolarità o l'assenza di suono (Von Domburg, 2024). Infatti un battito non deve sempre essere fisicamente presente per essere percepito. Kasdan e altri (2022) hanno analizzato decine di studi di risonanza magnetica funzionale (fMRI) per identificare i circuiti neurali alla base dell'elaborazione del ritmo musicale. Le regioni maggiormente coinvolte sembrano essere il putamen bilaterale (nucleo appartenente ai gangli della base) per la pulsazione o il battito, l'area supplementare motoria (SMA) per la complessità ritmica, e il solco intraparietale. Sono, inoltre, coinvolte le regioni uditive (corteccia temporale superiore), altri nuclei basali, l'insula, il cervelletto bilaterale, aree anteriori e talamiche (Heard e Lee, 2020; Thaut et al., 2014). I ritmi più complessi (per esempio i ritmi sincopati *vs* isocroni) stimolano maggiormente la SMA, il cervelletto bilateralemente, il giro precentrale sinistro e il solco intraparietale.

Interessante notare che le stesse aree sono coinvolte nella programmazione motoria delle figure ritmiche, e sono fortemente interconnesse a talamo, gangli della base e cervelletto. In particolare, Nozaradan e altri (2017) hanno esplorato il contributo specifico dei gangli basali e del cervelletto nella capacità di seguire un ritmo. Gli autori hanno utilizzato la tecnica della stimolazione magnetica transcranica (TMS) per inibire funzionalmente le aree motorie, i gangli basali e il cervelletto in soggetti sani e valutare l'impatto sulla loro capacità di seguire un ritmo. I partecipanti dovevano premere un pulsante in sincronia con un ritmo uditive. L'applicazione della TMS sulle prime 2 aree perturbava la capacità dei partecipanti di premere i tasti in sincronia col ritmo udito, mentre l'inibizione delle aree cerebellari non aveva alcun effetto. Ciò suggerisce che i gangli basali sono essenziali per il controllo motorio e la pianificazione dei movimenti da emettere con una precisa temporizzazione. Per comprendere meglio il ruolo del cervelletto, gli autori hanno analizzato la differenza di attività cerebrale tra i soggetti sani e quelli con danni ai gangli basali e al cervelletto. È emerso che i

pazienti cerebellari mostravano prestazioni peggiori quando dovevano codificare gli eventi rapidamente e precisamente, mentre i pazienti basali avevano maggiori difficoltà nell'elaborazione di ritmi complessi che richiedevano una generazione interna del battito.

La capacità di rilevare e reagire a un ritmo isocrono (cioè il ritmo di una pulsazione) sembra, dunque, essere innata. Per esempio, è stata dimostrata una relazione tra ritmo udito e risposta motoria in bambini di 7 mesi, ben prima che sappiano di stare ballando a suon di musica (Trainor e Marsh-Rollo, 2019). L'estrazione di una pulsazione regolare viene appresa automaticamente nei primi 2-4 anni, ma il mantenimento del metro, cioè la capacità di andare a tempo, deve essere perfezionato con lo studio e l'esercizio; interessante notare che gli allievi musicisti utilizzino il movimento ritmico del piede (governato automaticamente a livello basale) per aiutarsi ad andare a tempo.

La percezione della struttura ritmica della musica è spesso accompagnata da un altrettanto piacevole volontà di muoversi: il groove (Janata et al., 2012). Questo avviene grazie al coinvolgimento di circuiti della ricompensa cerebrali (Hodges e Thaut, 2021).

## 14.2 Il senso del groove e il muoversi a ritmo di musica

Letteralmente groove significa in inglese “fenditura nella superficie di un oggetto”, per esempio un disco di vinile. Questo termine è stato adottato per descrivere la sensazione di essere immersi in una atmosfera musicale coinvolgente, che assorbe anche dal punto di vista motorio, con riferimento specifico al ritmo della musica, in particolare il funk, il soul e il jazz. Quando ascoltiamo una musica molto ritmata, ci viene quasi spontaneo accompagnare questo ritmo con movimenti del corpo, muovendoci spontaneamente a ritmo. Come abbiamo visto, questo fenomeno deriva dal fatto che le aree motorie del cervello sono attive in associazione a questo tipo di stimolazione.

Madison e altri (2009; 2011) hanno analizzato quali proprietà ritmiche e temporali facciano sì che le persone si trovino ad annuire o a battere il tempo con la musica, correlando il grado di groove individuale (auto-riferito) verso lo stimolo ascoltato con le proprietà strutturali dei diversi generi musicali. I fattori principali sembrano essere la salienza del battito, la sua ritmicità e la densità degli eventi. Secondo Janata e altri (2012) il grado di groove percepito sarebbe inversamente correlato alla difficoltà sperimentata nell'accompagnare il ritmo percepito con movimenti percussivi bimanuali: eccessive complessità non favorirebbero ovviamente il muoversi a tempo. Questo significa che quando questa difficoltà diminuisce aumenta il senso di partecipazione.

I modelli psicologici del groove (Senn et al., 2023) ipotizzano che l'impulso a muoversi sia favorito da quattro diversi processi mentali (piacere, rappresentazione interna della regolarità temporale, interesse ed eccitazione energetica), a seconda della musica, dell'ascoltatore e del contesto. Maggiore l'interesse, l'*arousal* e il piacere, maggiore il senso di groove (**Figura 14.1**), massimo, per esempio, in coloro che sono impegnati a suonare o cantare il brano stesso.

Il dimenarsi mentre si suona è considerato altamente improprio nel contesto della musica colta, perché potrebbe portare a imprecisioni nell'esecuzione (per esempio variazioni nell'intonazione). Al contrario, agitarsi visibilmente (e financo saltare) viene considerato apprezzabile, e facente parte della performance espressiva, nella musica “leggera”.

## CAPITOLO 26

# Ipoacusia nel musicista professionista, sordità per i toni e amusia ritmica

### 26.1 Effetti clinici dell'eccessiva esposizione al rumore

Negli ultimi anni, la crescente attenzione per l'esposizione al rumore nei luoghi di lavoro è stata rivolta anche all'industria dello spettacolo, compresi i musicisti. L'esposizione al rumore nei luoghi di lavoro è solitamente controllata dalle normative nazionali in materia di salute sul lavoro che si applicano a tutti i dipendenti (Parlamento europeo e Consiglio dell'Unione europea, 2003). Poiché il suono dannoso è normalmente considerato come un suono sgradevole e fastidioso (Daniel, 2007), i suoni prodotti dai musicisti sono stati difficilmente considerati potenzialmente dannosi. Tuttavia, anche gli elevati livelli di pressione sonora (SPL) prodotti dalla musica possono essere dannosi per l'udito (**Tabella 26.1**).

Queste tematiche sono regolamentate dal Testo unico in materia di sicurezza DLgs 81/2008 (Attuazione della direttiva 2003/10/CE relativa all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (rumore) Titolo VIII – capo II). Sono diversi i parametri che vengono valutati, tra cui la frequenza della stimolazione (valori giornalieri e settimanali) e il tempo di esposizione (continuo *vs* impulsivo).

A un livello acustico 80-85 dB corrisponde una fascia di preallarme detta “valore inferiore di azione”, con l'obbligo di informazione, fornitura dei dispositivi di protezione

Intensità (dB)	Risposta tipica (dopo un'esposizione di routine o ripetuta)
Da 0 a 60	I suoni a questi livelli di sonorità non causano in genere alcun danno all'udito.
70	Potreste sentirvi infastiditi dal rumore
80–85	Potreste sentirvi molto infastiditi
80–85	Possibili danni all'udito possibili dopo 2 ore di esposizione
95	I danni all'udito sono possibili dopo circa 50 minuti di esposizione
100	Possibile perdita dell'udito dopo 15 minuti
105–110	Possibile perdita dell'udito in meno di 5 minuti
110	Possibile perdita dell'udito in meno di 2 minuti
120	Dolore e lesioni all'orecchio interno
140–150	Dolore e lesioni permanenti all'orecchio

**Tabella 26.1** Livelli di pericolosità dei rumori/suoni in base all'intensità

individuale (DPI), controllo sanitario (su richiesta del lavoratore e conferma del medico competente), programmazione di misure tecniche e organizzative. Tra 85 e 87 dB scatta un vero e proprio allarme detto “valore superiore di azione”, per il quale vi è l’obbligo di usare i DPI, sorveglianza sanitaria (una volta all’anno o diversamente indicato dal medico competente), segnaletica e regolamentazione per l’accesso ai luoghi in cui si possono determinare livelli acustici > 85 dB, programmazione di misure tecniche e organizzative. Oltre gli 87 dB, o in presenza di forti rumori impulsivi, si entra in emergenza rumore “limite di esposizione”, con l’adozione di misure immediate per riportare l’esposizione al di sotto dei valori limite, l’individuazione delle cause dell’esposizione eccessiva, e la modifica delle misure di protezione e di prevenzione per evitare che la situazione si ripeta. Per quanto riguarda la pressione acustica istantanea il limite è 140 dB. Secondo le «Osservazioni sulle Linee Guida per il settore della musica e delle attività ricreative approvate nella Conferenza Stato Regioni del 25/07/2012» (DLgs 81/2008)<sup>1</sup> queste norme sarebbero ancora poco applicate in nei vari settori (teatri, auditorium, discoteche ecc.). Il Teatro alla Scala di Milano (2011), il Teatro di Torino, e l’Accademia Nazionale Santa Cecilia (2012), tra gli altri, hanno fatto indagini acustiche sofisticate e dettagliate, dalle quali comunque emerge la difficoltà a trarre delle conclusioni uniformi, perché le condizioni dei lavoratori (musicisti, professori d’orchestra, impiegati e addetti) sono comunque troppo variabili in riferimento agli spazi in cui si trovano e alle loro attività. In generale (secondo il documento di Assoacustici prima citato) sarebbe utile distinguere la musica amplificata (molto più dannosa e pericolosa), dalla musica dal vivo, fornire ai musicisti schermi per proteggersi dal suono degli altri (come inserti auricolari, la presenza di pedane per creare più livelli, sordine, schermi di Hearwig per la testa, schermi in vetro acrilico ecc.), progettare sale prove con caratteristiche acustiche non riverberanti, progettare buche e sale d’orchestra in modo che il suono sia proiettato lontano dai musicisti, controllare la posizione degli altoparlanti nei pub, discoteche ecc., limitare l’intensità della riproduzione sonora con amplificatori e ridurre i livelli di esposizione continuativa.

### 26.1.1 Differenza tra musica e rumore in termini di effetti sull’udito

Alcuni studi hanno esaminato la differenza tra musica e rumore in termini di effetti sull’udito. Hanno scoperto che, sebbene entrambi possano causare perdita uditiva a volumi elevati, il rumore industriale tende ad avere effetti più dannosi rispetto alla musica. La musica forte, a bassa frequenza e penetrante, a differenza del rumore industriale (le cui frequenze sono spesso ad ampio spettro, cioè a banda larga, il che è più dannoso), non è considerata stressante dall’amante della disco music fino a livelli sonori di 105 dB. A questo proposito, Reybrouk e altri (2019), discutendo della differenze tra musica e rumore in termini di intensità e impatto sull’udito, concludono che ascoltare musica ad alto volume equivale a “flirtare con la soglia del dolore”, essendo dipendenti dal piacere dato dalla violenta stimolazione vibrotattile e aptica. Difatti, anche la musica, per quanto piacevole, può causare problemi all’uditivo se l’intensità è troppo elevata, ma il rumore sarebbe per sua natura più dannoso perché non ha una struttura armonica ben definita, e può essere percepito come più fasti-

<sup>1</sup> <https://www.assoacustici.it/2437/d-lgs-81-osservazioni-sulle-linee-guida-per-il-settore-della-musica-e-delle-attivita-ricreative-approvate-nella-conferenza-stato-regioni-del-25072012-2/>

# Neuroscienze cognitive della musica

## La neurobiologia della mente musicale

Seconda edizione



Inquadra e scopri i contenuti

*Neuroscienze cognitive della musica* è una panoramica sulle basi scientifiche della capacità umana di percepire, eseguire, godere e guarire attraverso la musica, unita a un'esposizione lineare dei principi generali della fisiologia sensoriale e delle neuroscienze, che rende l'opera adatta anche a chi non ha una formazione specifica. I fondamenti dell'acustica, della fisiologia uditiva, dei metodi neuroscientifici e degli approcci alla misurazione dell'attività cerebrale sono spiegati con chiarezza, così come i meccanismi neurali coinvolti nel canto e nella pratica strumentale.

Questa nuova edizione include e integra i contenuti dell'opera *Percezione e creazione musicale* (Zanichelli, 2022), abbracciando l'intero universo delle neuroscienze musicali, dalla neuroplasticità alla neuroestetica. Contiene tre nuovi capitoli: *Psicoacustica* (cap. 9), *Seguire il ritmo e muoversi a tempo* (cap. 14) e *Ipoacusia nel musicista professionista, sordità per i toni e amusia ritmica* (cap. 26). Dedica anche

maggior spazio alle patologie, alla musicoterapia e all'apprendimento della musica in età adulta. Il libro mostra come la musica interagisce con il cervello, modellandolo nel corso della vita e rivelandosi un potente motore di neuroplasticità, cognizione e salute.

Nei contesti clinici la musica è da tempo utilizzata per sostenere il recupero del linguaggio nell'afasia, aiutare la funzione motoria nel morbo di Parkinson e nell'ictus e migliorare il benessere emotivo nella depressione e nella demenza; in generale, la formazione musicale rafforza nelle persone anziane la memoria, la riserva cognitiva e le funzioni esecutive, offrendo protezione dalle malattie neurodegenerative e supportando la resilienza. Nell'opera sono, inoltre, discusse le prospettive legate alle nuove interfacce che collegano l'attività cerebrale con la musica generativa.

La parte finale presenta storie di diversi grandi musicisti che hanno sofferto di malattie neurologiche, come Beethoven e Ravel.

---

**Alice Mado Proverbio** è professoressa di Neuropsicologia e Neuroscienze cognitive presso l'Università degli Studi di Milano-Bicocca, dove insegna Neuroscienze sociali, cognitive e affettive, oltre ad altri corsi nelle lauree triennali e in quelle magistrali.

### Le risorse digitali

[universita.zanichelli.it/proverbio2e](http://universita.zanichelli.it/proverbio2e)

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

Per accedere alle risorse protette è necessario registrarsi su [my.zanichelli.it](http://my.zanichelli.it) inserendo il codice di attivazione personale contenuto nel libro.

### Libro con Ebook

Chi acquista il libro nuovo può accedere gratuitamente all'Ebook, seguendo le istruzioni presenti nel sito.

L'accesso all'Ebook e alle risorse digitali protette è personale, non condivisibile e non cedibile, né autonomamente né con la cessione del libro cartaceo.

PROVERBIO\*NEUROSC COGNIT MUS 2E LUMK  
ISBN 978-88-08-59931-5



9 788808 599315  
6 7 8 9 0 1 2 3 4 (60A)