

**MUSICA E  
MUSICOTERAPIA  
*BASI SCIENTIFICHE E  
APPLICAZIONI IN CAMPO  
NEUROLOGICO***



*Società  
Medico Chirurgica  
di Ferrara*

# MUSICA E MUSICOTERAPIA BASI SCIENTIFICHE E APPLICAZIONI IN CAMPO NEUROLOGICO


**Sabato 26 Maggio 2012**  
**Aula Magna delle Nuove Cliniche**  
**Arcispedale S. Anna, Ferrara**

Il Segretario  
Dr. V. Giancarlo Matarase

Il Presidente  
Dr. Sergio Gullini

Sono stati richiesti crediti formativi ECM

Per medici, laureati delle professioni sanitarie, psicologi, dottori in Scienze Motorie.  
Sono disponibili attestati di partecipazione per studenti di Medicina, delle Professioni  
Sanitarie e dei Corsi di Laurea di Scienze Motorie, per dottorandi e specializzandi e per  
studenti del Conservatorio

Segreteria Organizzativa 

MCR C.so Isonzo 53 - 44100 Ferrara Tel 0532.242418 e.mail [info@mcrferrara.org](mailto:info@mcrferrara.org)

- 8.30 Registrazione Partecipanti
- 8.45 Saluto del Presidente della Società Medico  
Chirurgica,  
*Dr. Sergio Gullini*  
Moderatore: **Maria Rosaria Tola**
- 9.00 Cervello e Musica: Fondamenti neuroscientifici  
*Enrico Granieri*
- 9.30 Patologie Neurologiche correlate alla Musica  
*Patrik Fazio*
- 10.00 Music Mind System *Giorgio Fabbri*
- 10.30 Musicoterapia *Alfredo Raglio*
- 11.00 *Coffee Break*
- 11.30 Moderatore: *Giorgio Fabbri*  
Musicoterapia in campo neurologico *Annarita  
Giovagnoli*
- 12.00 Promozione di attività motoria adattata attraverso la  
musica in neurologia *Giulia Brugnoli – Gino  
Granieri – Carola Nagliati*
- 12.30 Considerazioni finali da parte di un musicista e di un  
amministratore pubblico e discussione plenaria
- 13.00 Compilazione questionari ECM e Chiusura convegno

Clinica  
Neurologica



Ferrara

University of Ferrara



Founded in 1391

# Cervello e Musica

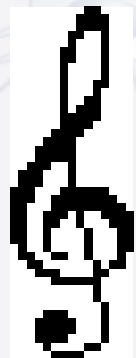
## Fondamenti neuroscientifici

**Enrico Granieri & Patrik Fazio**

Sezione di Clinica Neurologica

*Dipartimento di Discipline Medico-Chirurgiche  
della Comunicazione e del Comportamento*

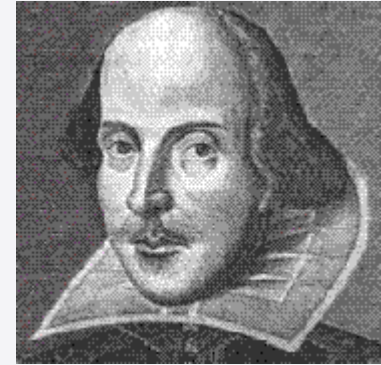
*Dipartimento di Neuroscienze & Riabilitazione*



Ferrara, 26 Maggio 2012

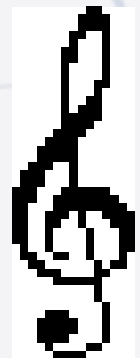
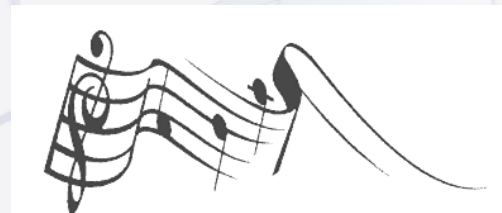


# Hanno detto...



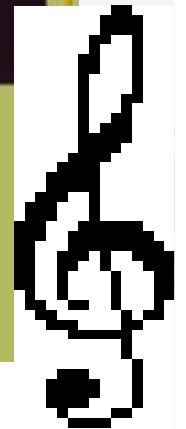
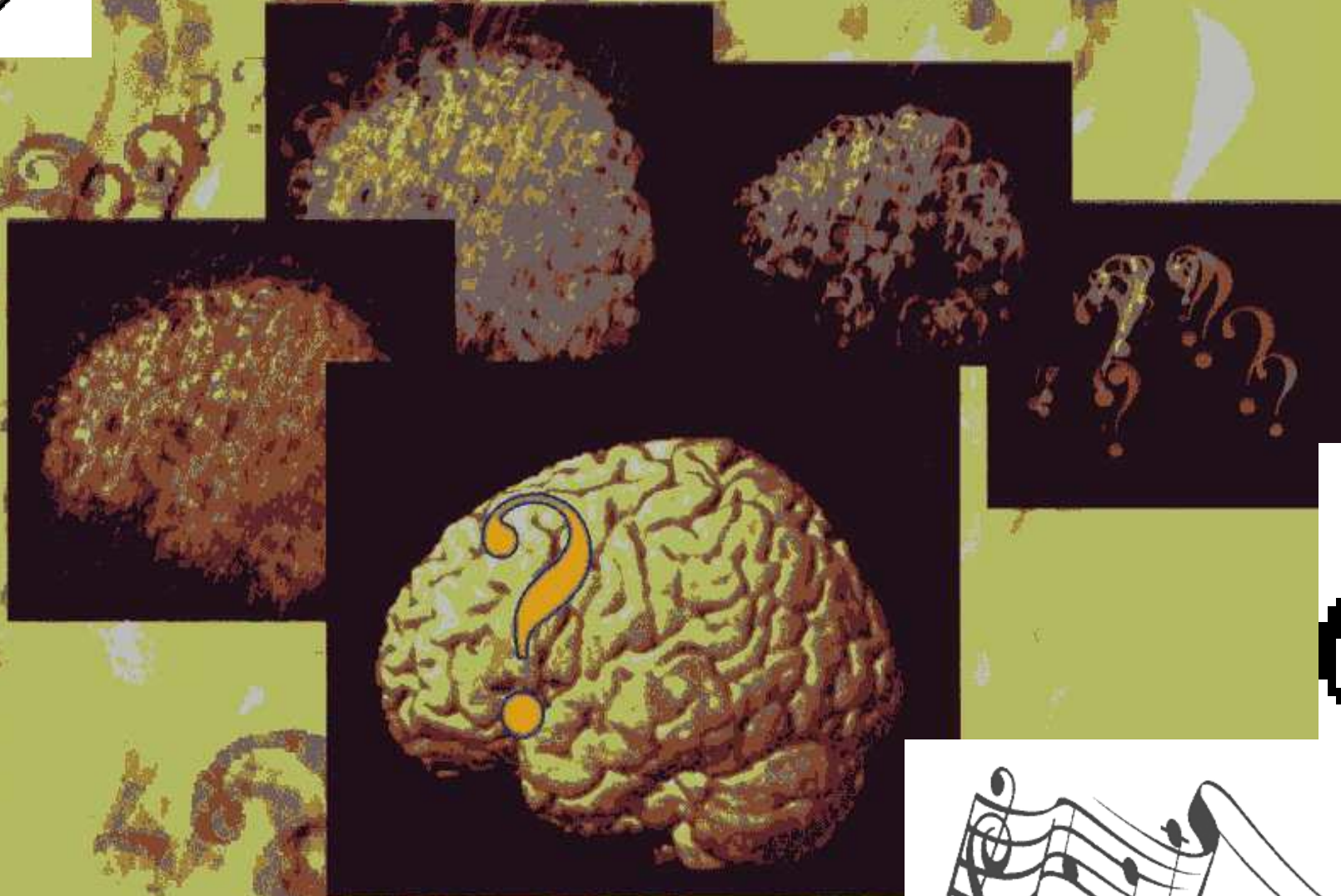
- L'uomo che non ha musica dentro di sé e non è commosso dall'accordo di dolci suoni, è incline ai tradimenti, agli stratagemmi e ai profitti; i moti del suo spirito sono tristi come la notte, e i suoi effetti bui come l'Erebo: non fidatevi di un uomo simile.

- *WILLIAM SHAKESPEARE*  
*Il Mercante di Venezia*





**Musica:** espressione artistica particolarmente rappresentativa delle funzioni cognitive superiori.

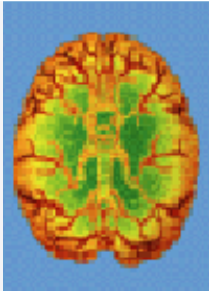




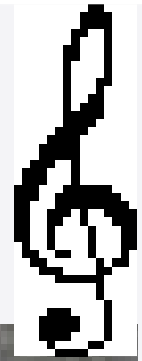
# THE NEUROSCIENCES AND MUSIC

[www.fondazione-mariani.org](http://www.fondazione-mariani.org)

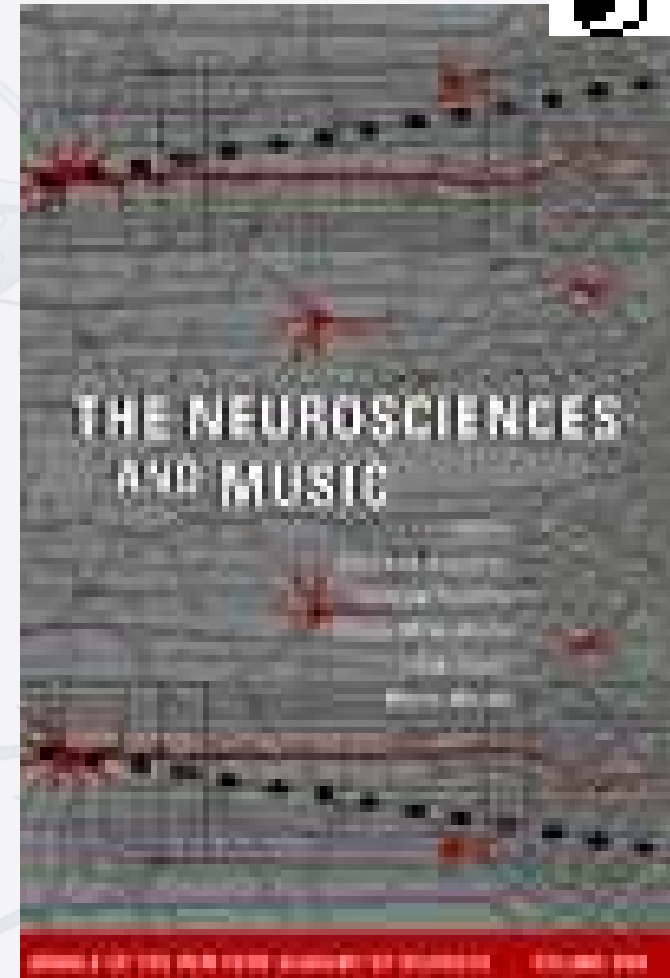
Fondazione  
Pierfranco e Luisa Mariani  
**THE NEUROSCIENCES AND MUSIC**  
Mutual interactions and implications  
of developmental functions



# Cervello e Musica

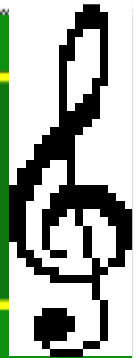


- **Musica:** in generale carattere astratto, ma assoggettata a una serie di regole complesse,
- Richiede l'attività di molte parti del cervello e, con ogni evidenza, coinvolge sia il pensiero che i sentimenti.
- *Altra caratteristica importante: il talento musicale ha una forte componente genetica.*





# What is the "Neuroesthetics"?



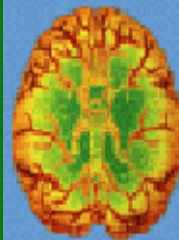
**Neuroesthetics is a relatively recent subdiscipline linking neurosciences and empirical aesthetics**

A  
neurological  
theory of  
aesthetic  
experience

Neuroesthetics takes a  
scientific approach to the study  
of aesthetic perceptions and  
production of art

The  
science  
of art

Neuroesthetics investigates the  
structure and activity of the brain  
during the experiences and  
production of aesthetic  
phenomena and art.



Neuroesthetics investigates the  
effects of brain diseases on  
artistic experience and  
production.

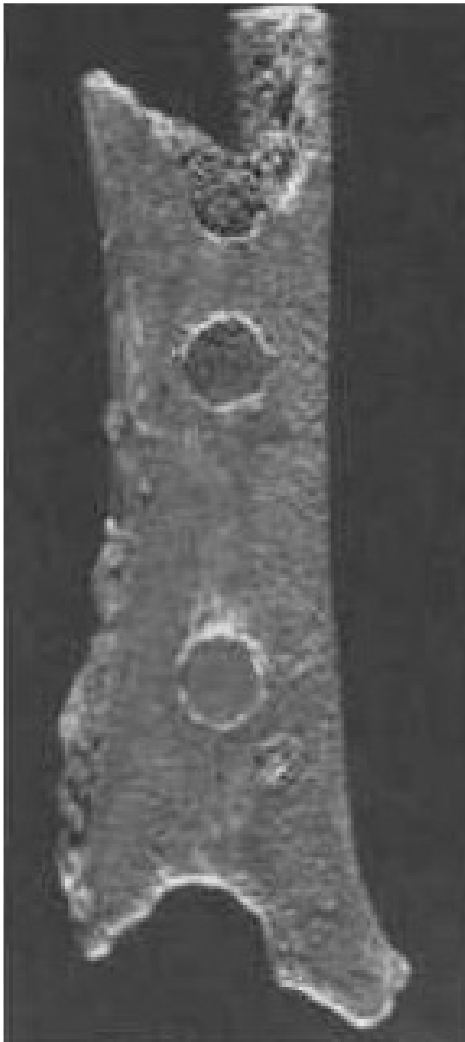
**Neuroesthetics may contribute to knowledge of brain functions, brain diseases, history of ideas and art**



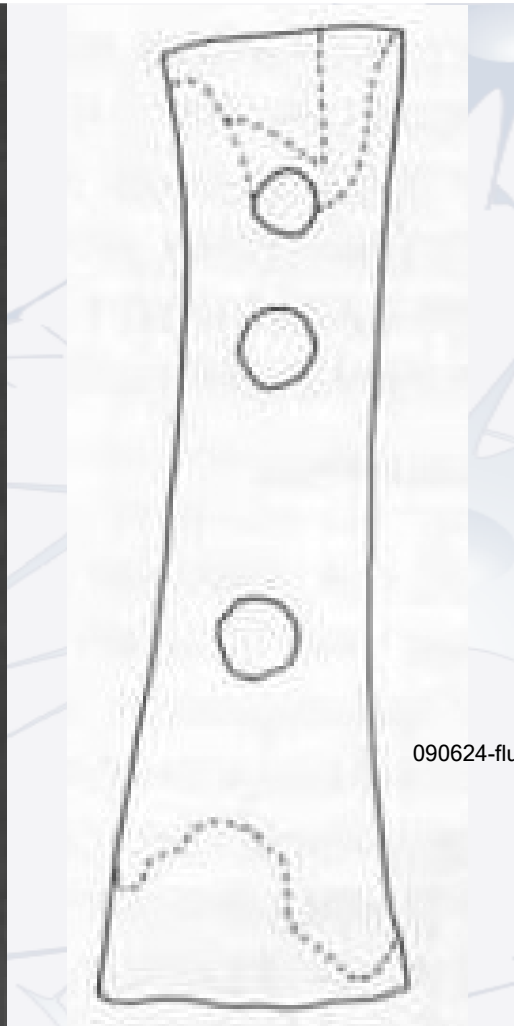
## Cervello e Musica

- La musica non è solo un'attività artistica, ma un linguaggio per comunicare, che evoca e rinforza le **emozioni**.
- Come il linguaggio, la musica è uno dei fondamenti di ogni civiltà.
- **Darwin**: utilità della musica dal punto di vista evolutivo: *dai canti di richiamo derivò poi il linguaggio.*

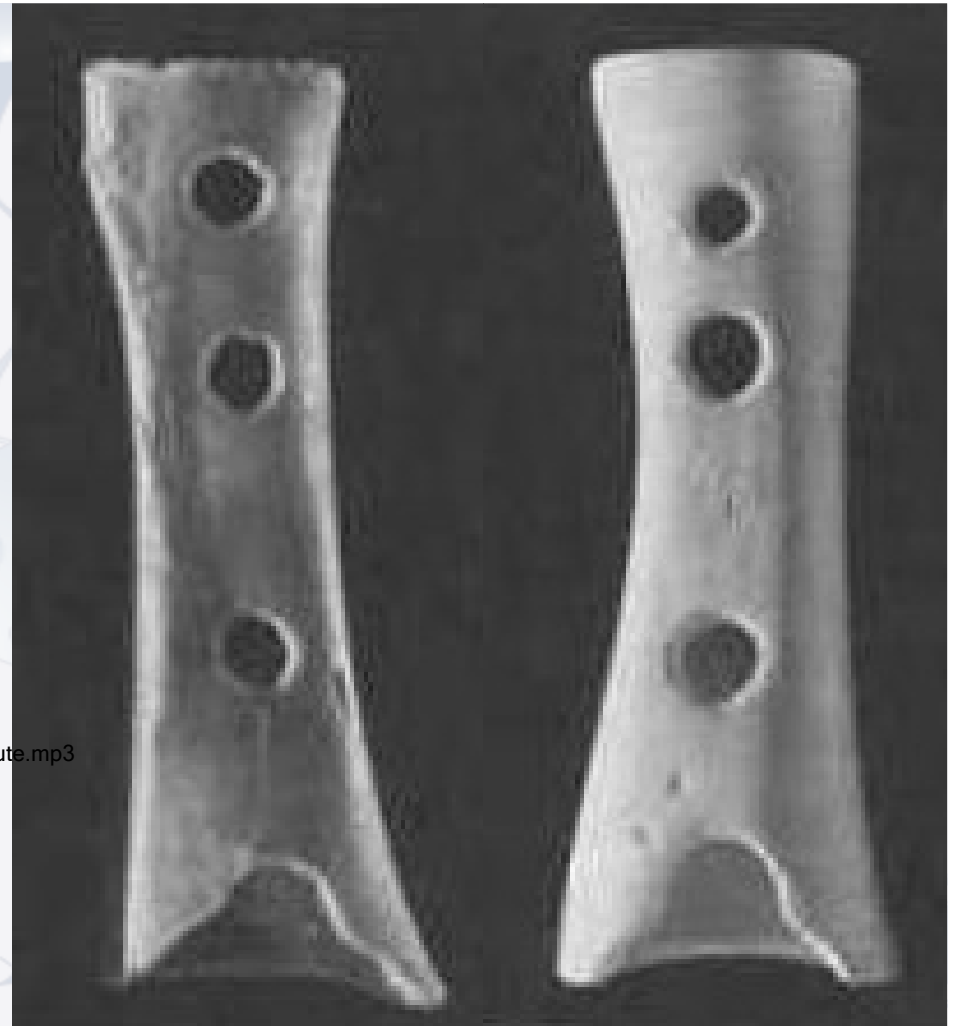




**original**



**drawing**



**Modern reproduction**

**Artifact identified as a flute made by the femoral bone of a paleolithic cave bear. Found in the Slovenian Divje babe I cave and considered 43000-45000 years old. (Kunej e Turk 2000)**



# MUSICA

## e fondamenti di civiltà



Launeddas,  
in Sardegna

- L'uomo costruì i primi strumenti musicali più di 50.000-60.000 anni fa: strumenti a percussione, flauti fabbricati con ossa.

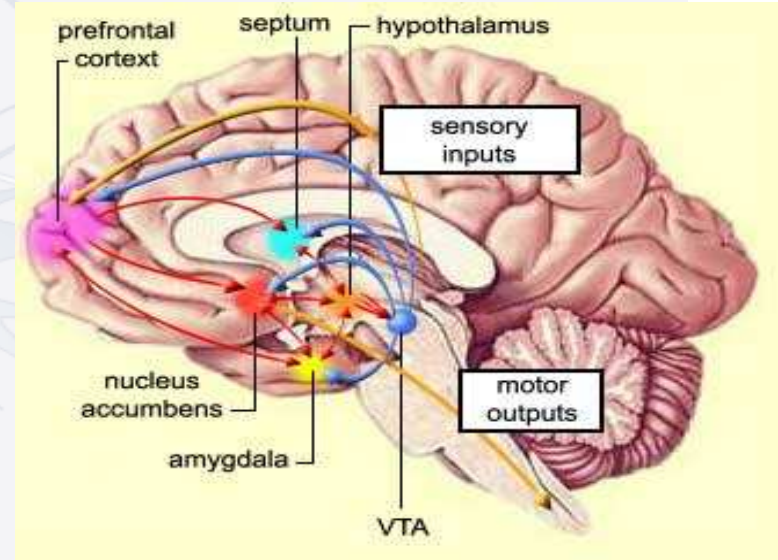


# Musica, sistema nervoso vegetativo, gratificazione, piacere



- Le reazioni del sistema vegetativo suscitate dalla musica, hanno in origine un preciso significato biologico:
- quando il cucciolo sente la voce della madre, i suoi peli si rizzano e lo riscaldano.
- Ognuno di noi ha potuto avere avuto esperienza dei brividi di piacere suscitati dalla musica;

## SISTEMA LIMBICO E MESOLIMBICO



- durante questa “*sorta di orgasmo delle pelle*” a livello cerebrale si attiva il sistema deputato all’analisi delle emozioni e alle gratificazioni

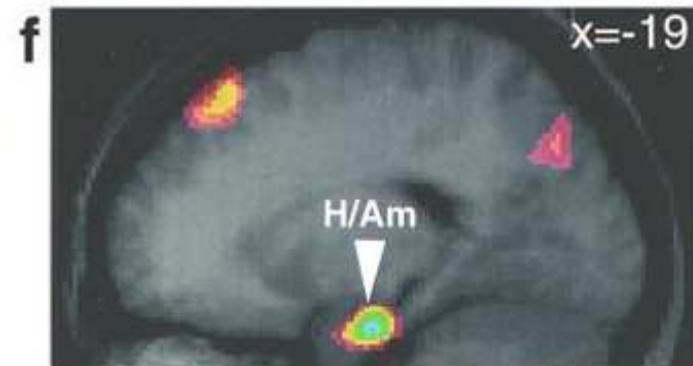
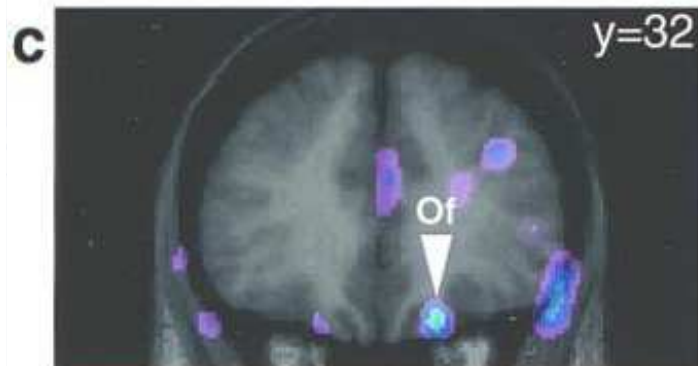
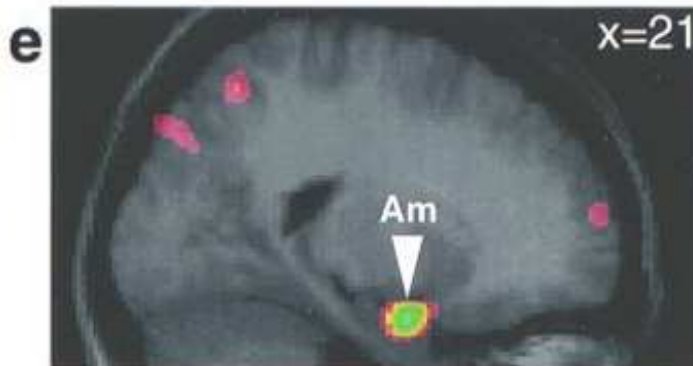
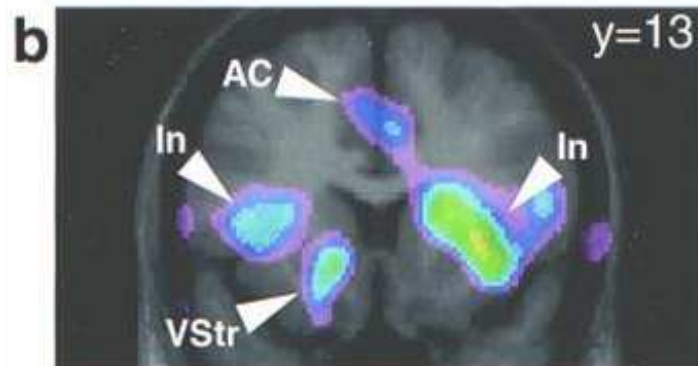
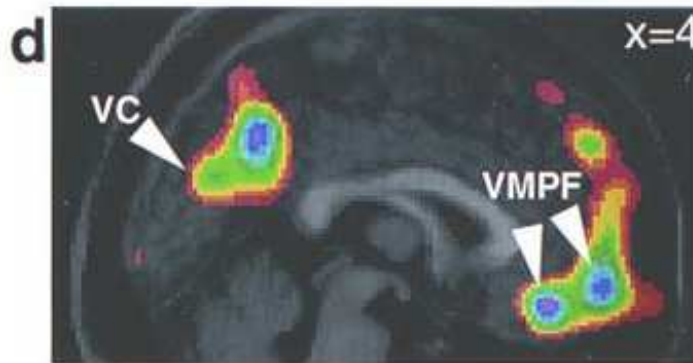
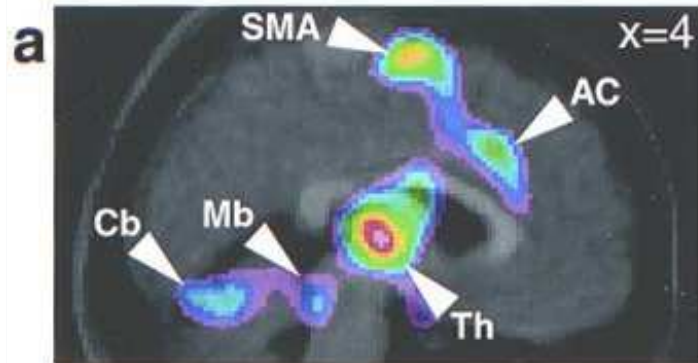
Nessuna altro mezzo di comunicazione è in grado di provocare reazioni emotive altrettanto forti.

*La musica può essere legata a processi di autogrificazione e ricerca del piacere.*



Positive correlation

Negative correlation



**Brain activations associated with music related chills**  
(Blood and Zatorre PNAS 2001)

**AC:** Anterior Cingulate

**A:** Amygdala

**Cb:** Cerebellum

**H:** Hippocampus

**In:** Insula

**Mb:** midbrain

**Of:** orbito-frontal

**SMA:** Supplementary Motor Area

**Th:** Thalamus

**Vc:** Visual cortex

**VMPF:** Ventro Medial Prefrontal

**VStr:** Ventral Striatum

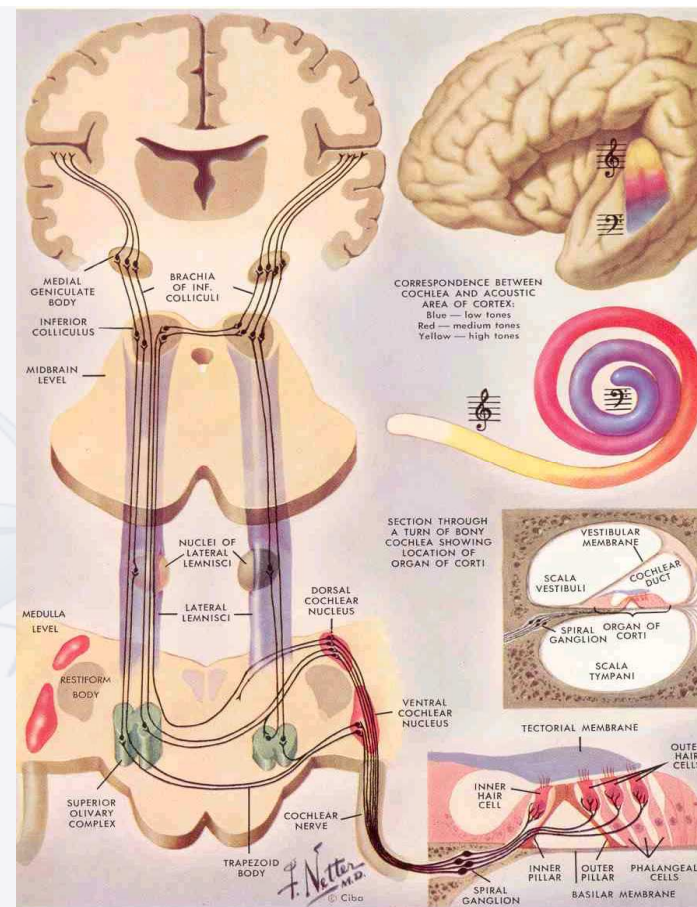


# Musica e cervello

La musica è uno stimolo uditivo articolato in maniera complessa.

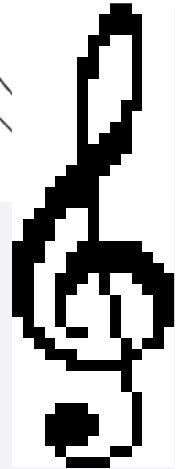
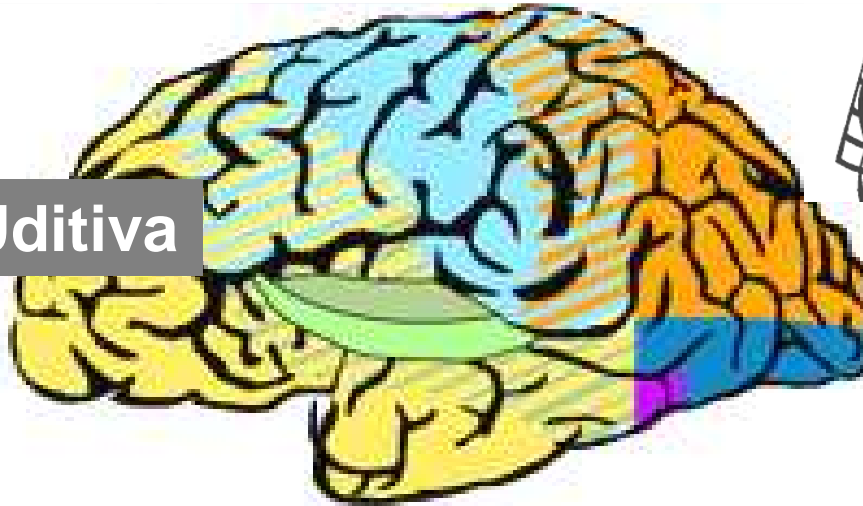
Molti processi percettivi si svolgono contemporaneamente in diverse aree cerebrali.

- Il cervello così elabora la musica in maniera gerarchica e distribuita.
- **La musica è psicologicamente olistica nel senso che coinvolge tutto il cervello in quanto le sue differenti componenti sono processate attraverso circuiti diversi.**
- A livello cerebrale gli ascoltatori e gli stessi musicisti hanno diverse risposte emotive ed intellettive a diversi tipi di musica.





## Corteccia Uditiva



### ANALISI ACUSTICA E RAPPRESENTAZIONE

Tonalità, melodia, armonia, ritmo, dinamiche, timbro, voce, lirica, equivalenza di ottave, equivalenza in trasposizione, scale, chiavi, modi, metrica, arrangiamenti, "mix"

### EXPECTANCY GENERATION, VIOLATION, SATISFATION

Ripetizione, ritmo, risoluzione, downbeats and offbeats, cadenza, key change, appoggiatura, tempo change

### CINETICA E CINESTETICA

Battere i piedi, danzare, battere il tempo, Performances strumentali e vocali, Sincinesia, Sinestesia

### PERSONALITÀ & PREFERENZA

Stile, Gusto, Cultura, Generazione, Individualità

### PERCEZIONE VISIVA

Espressione facciale, Linguaggio del Corpo, Espressione nella danza, Lettura della musica, Sinestesia

### ASSOCIAZIONI con POPOLI e EVENTI

Feste, Matrimoni, Funerali, Storie personali, (*Lobo Temporale Mesiale*)

### CONCOMITANTI EMOZIONALI e VISCERALI

Eccitamento, Frequenza cardiaca, Tono vascolare, Endorfine, Ormoni, "pelle d'oca", brividi, .....  
(Lobo Temporale Mediale, Cervello Limbico, Tronco Encefalico, Ipotalamo)



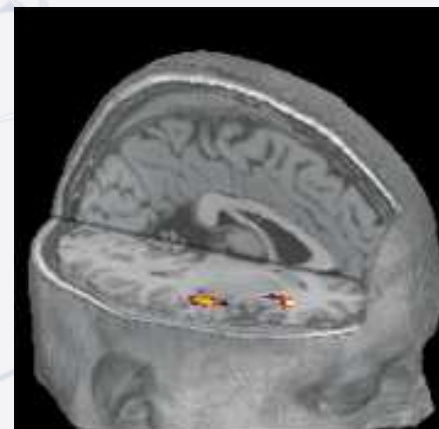
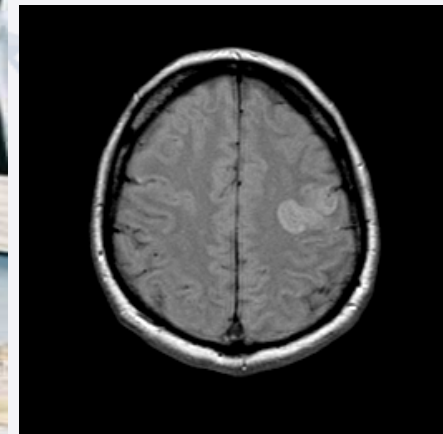
## La ricerca di un centro cerebrale per la musica risale al XIX secolo

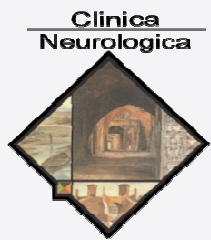
L'unico strumento di cui disponevano gli scienziati era l'**osservazione dei pazienti cerebrolesi** per qualsiasi causa.






Già nel XIX secolo fu possibile identificare con buona precisione luoghi della percezione del linguaggio.

Si capì soprattutto che nei destrimani è di solito l'emisfero sinistro a elaborare il linguaggio.

**Dalla perdita di una capacità, per esempio quella di riconoscere una canzone, si deduceva che l'area della lesione era correlata alla relativa prestazione.**











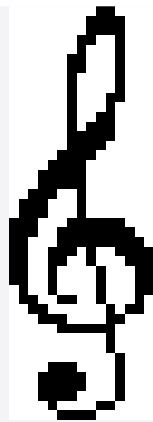
 Written language	12345 12345 12345 Number skills
 Reasoning	
 Spoken language	
 Scientific skills	 Right-hand control

Left Brain Functions

Right Brain Functions



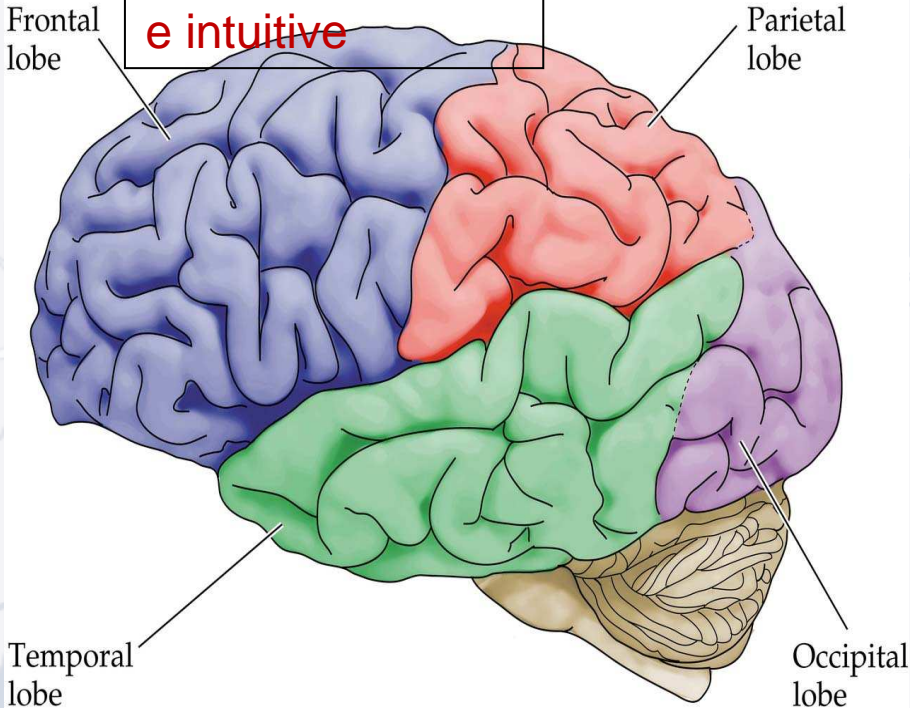
 Insight	 3-D forms
 Art awareness	
 Imagination	
	



**Funzioni analitiche e razionali**

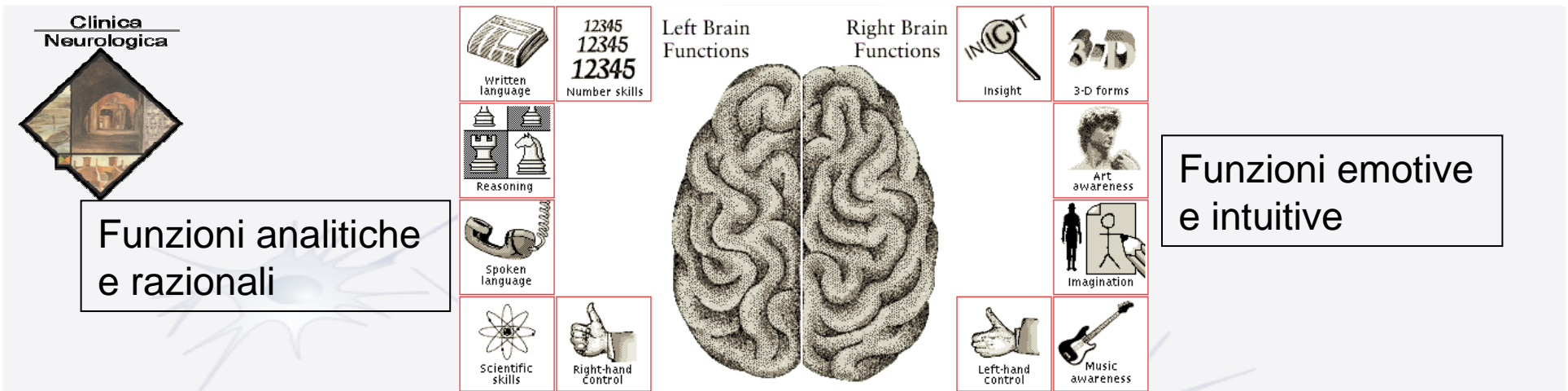


**Funzioni emotive e intuitive**



**Le variazioni individuali riscontrate associando prestazioni musicali e funzioni di aree cerebrali apparivano molto più ampie di quelle legate alla perdita dell'elaborazione del linguaggio.**

Da questi dati e dai dati relativi a pazienti sottoposti ad intervento chirurgico per forme di epilessia farmaco-resistenti e dagli studi di risonanza magnetica funzionale (fMRI) sono emersi risultati importanti.



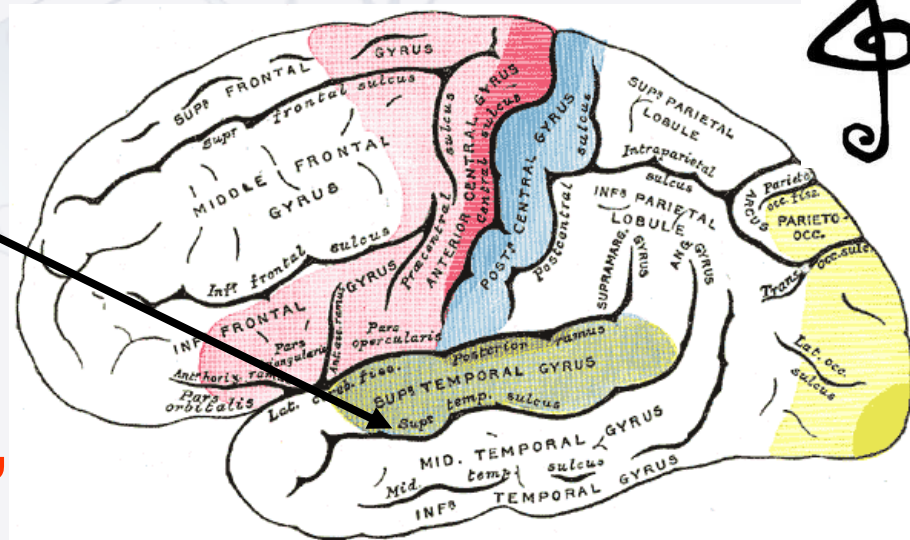
- Le capacità musicali possono venire a mancare sia che una lesione interessi l'emisfero destro sia quello sinistro.
- Il problema si può rappresentare non solo se è danneggiata l'area uditiva del **lobo temporale**, ma anche se sono colpiti il **lobo frontale e quello parietale**.
- In linea di massima, partendo da una revisione della più recente letteratura, si suppone che sia l'**emisfero destro** quello che, in un primo momento riconosce/capta la melodia nel suo complesso (le caratteristiche più complessive del tempo e della linea melodica).
- È poi l'**emisfero sinistro** che esegue un'analisi più precisa.



# MUSICA:

## Attività cerebrale molto complessa

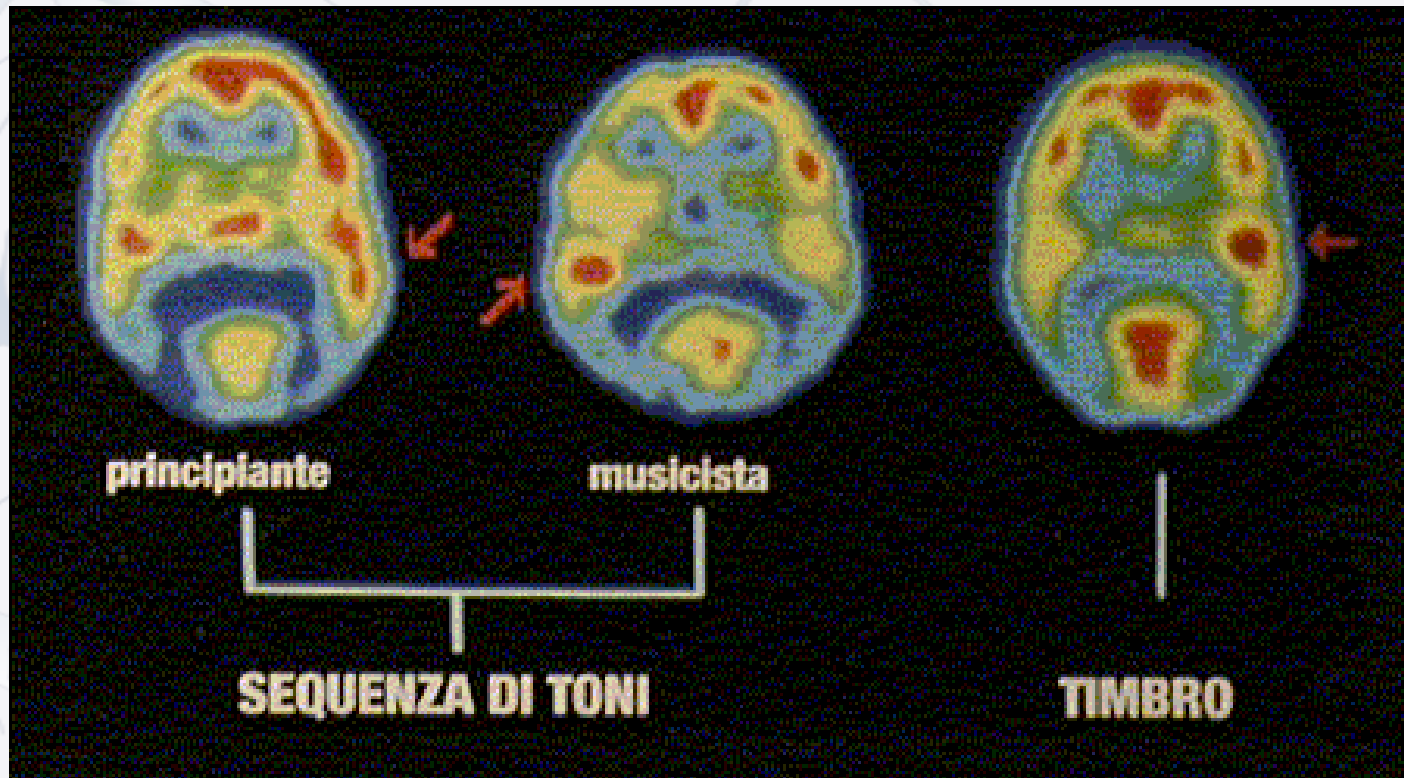
- Coinvolge il **lobo temporale destro**, indispensabile per *riconoscere ed eseguire le melodie*, e il **lobo temporale sinistro**, da cui dipendono *l'elaborazione del linguaggio musicale, ma anche la scrittura, la composizione e l'esecuzione della musica*.





**Negli ascoltatori inesperti, l'ascolto della musica attiva la parte destra del cervello, quella più intuitiva (*visibile in rosso*).**

pet

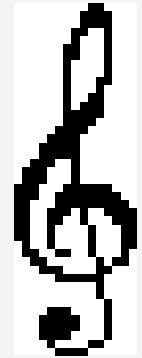


**Nei musicisti si attiva la parte più razionale, cioè quella sinistra.**





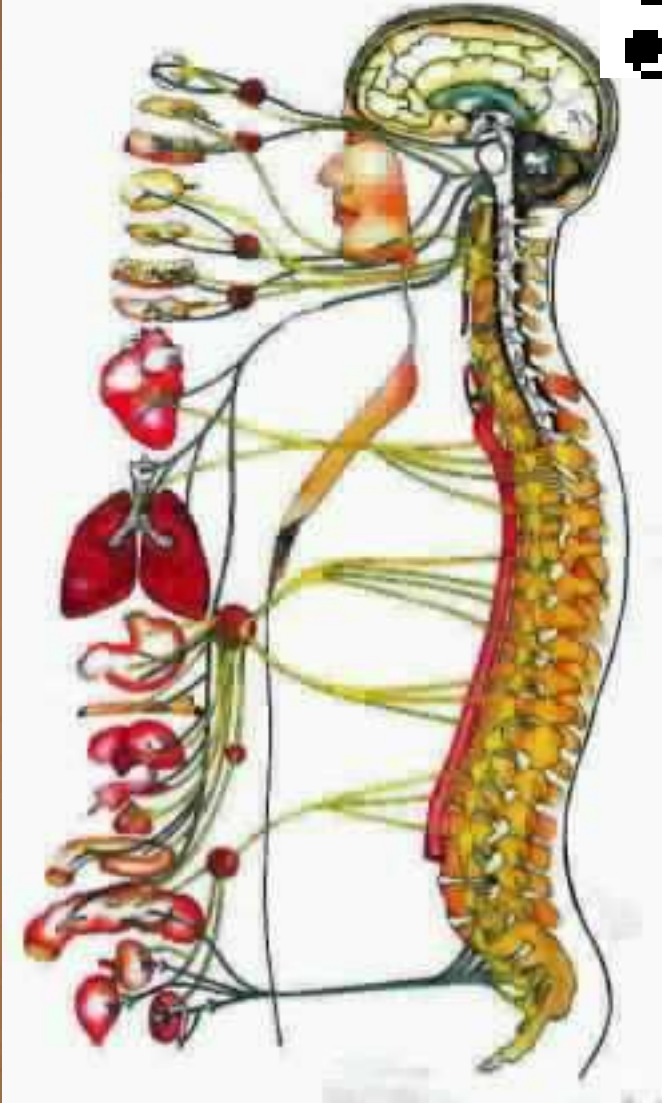
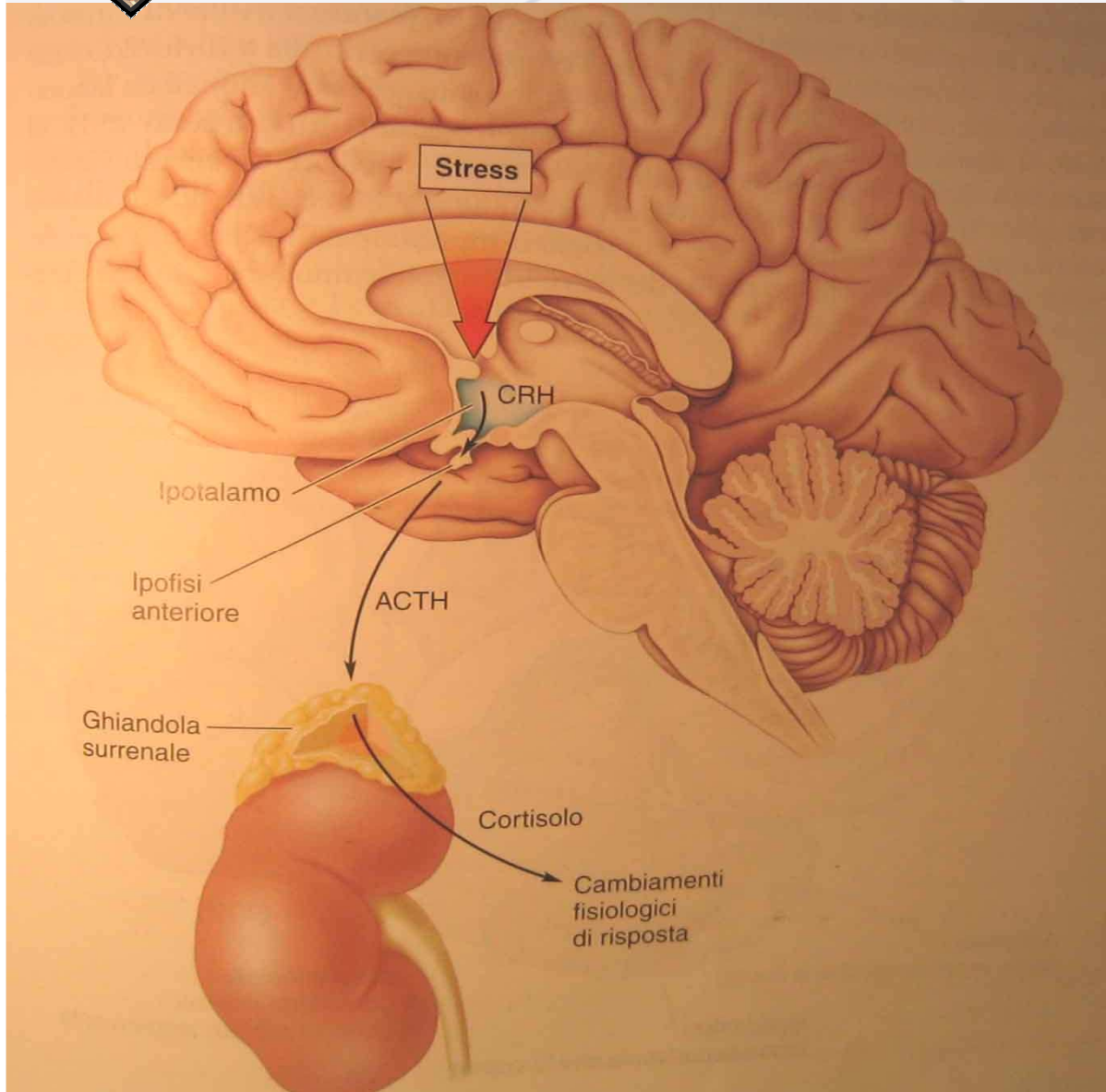
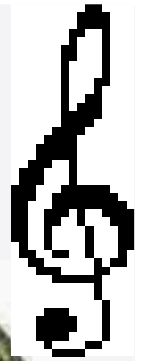
# Come il ritmo agisce su cuore e cervello



- **Ascoltando musiche allegre o sentimentali, esaltanti o rilassanti:** *modifiche del sistema nervoso vegetativo che regola la pressione arteriosa, il ritmo cardiaco, la respirazione, la sudorazione e altre reazioni fisiologiche. Altri tipi di musica possono, invece, provocare soprattutto risposte respiratorie o cardiovascolari: il respiro rallenta e il cuore riduce la sua frequenza. (Sistema Nervoso Vegetativo)*
- **Brani musicali come i ballabili o le marce per orchestra provocano risposte soprattutto di tipo motorio:** *quei momenti che ci portano, quasi nostro malgrado, a segnare il tempo con il piede o con l'oscillazione delle spalle. (Sistema Motorio)*
- **Poiché la musica è una forma di comunicazione strutturata, dotata di un suo linguaggio, gran parte della sua decodifica avviene nell'emisfero sinistro, preposto ai processi logici, mentre il destro ne coglie i processi emotivi (Sistema Cognitivo&Comportamentale)**



# Asse Cervello-ipotalamo-ipofisi- surrene e sistema vegetativo

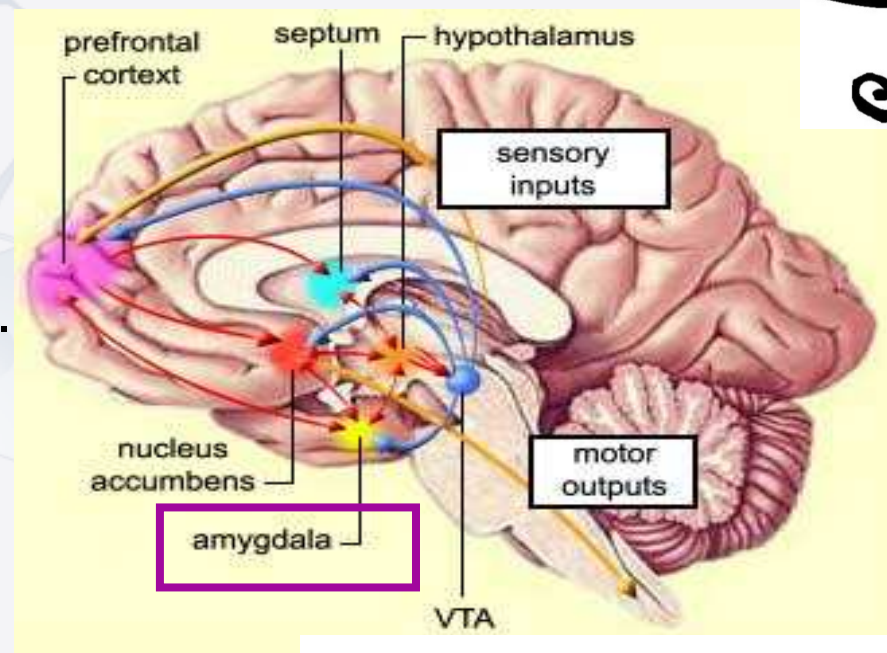




# MUSICA, MOVIMENTO e EMOZIONE

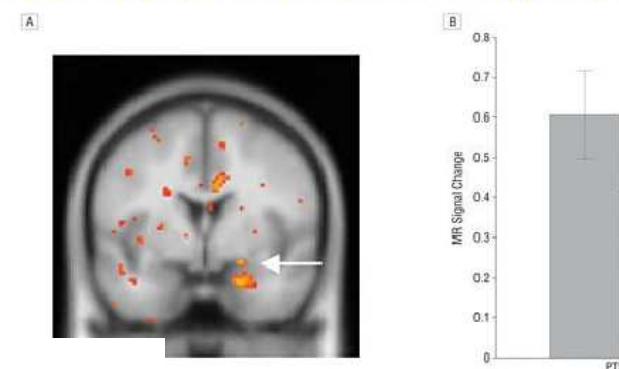


- Un **musicista** proverà emozione mentre suona e a sua volta la comunicherà all'audience.
- Un **ascoltatore** proverà emozione in relazione alla musica stessa e all'esecuzione del musicista stesso.
- La musica induce sentimenti, reazioni del sistema vegetativo, variazioni del ritmo cardiaco e del respiro, **ma anche motivazioni al movimento.**



- Le emozioni indotte dalla musica attivano i circuiti di compenso e gratificanti (**reward**) motivazionali, gli emisferi cerebrali, il mesencefalo e le regioni orbito-frontali e l'amigdala: **L'amigdala attribuisce il significato emozionale degli stimoli**
- **Ancora pochi studi al riguardo**

Aumento dell'attività dell'amigdala:

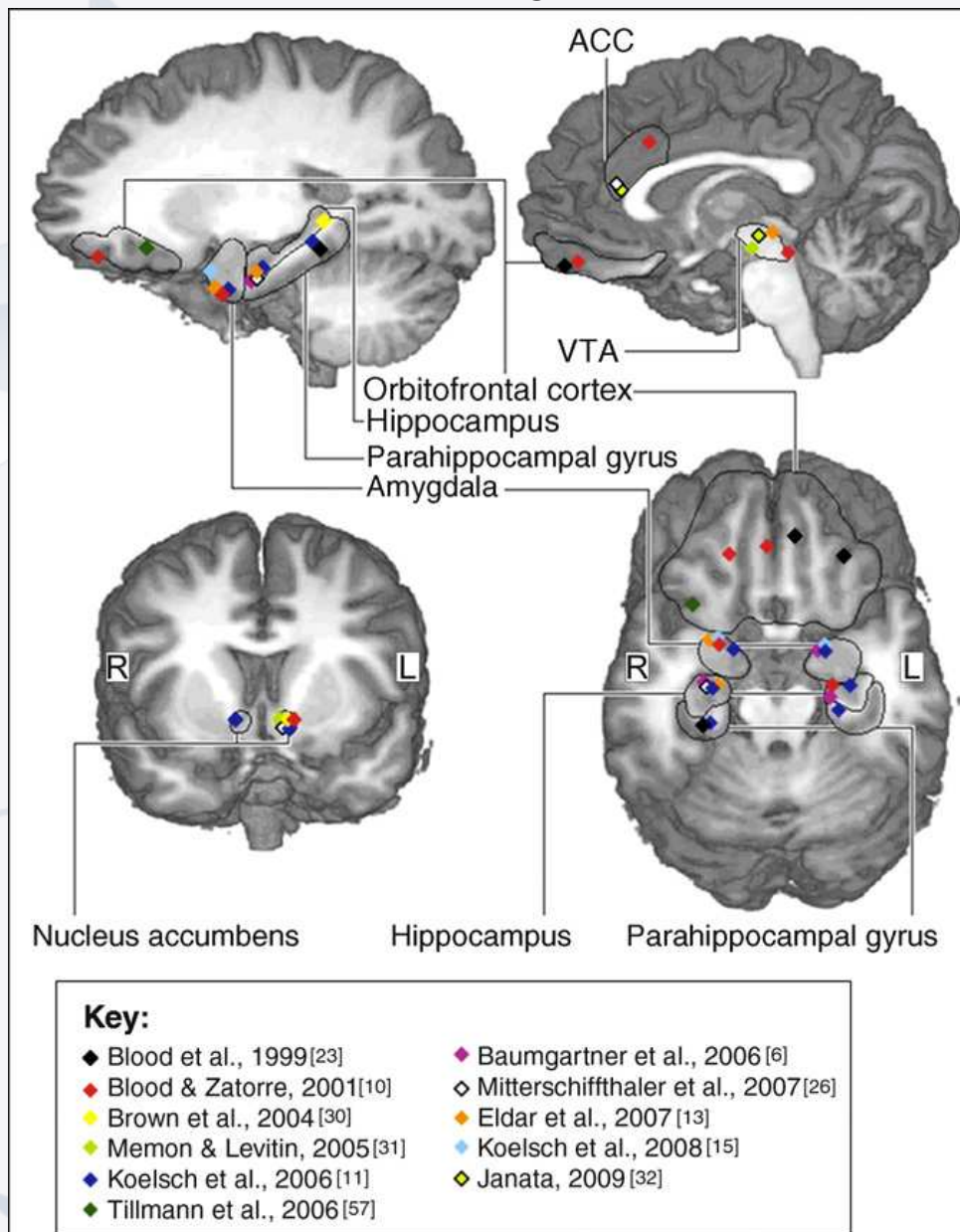




# Sistema limbico stimolato da emozioni evocate dalla musica *(Koelsch, 2010, Trends in Cognitive Sciences)*

musica/emozioni,  
musica/apprendimento,  
localizzazione delle  
funzioni cerebrali  
rispetto alla percezione  
e produzione  
dell'elemento sonoro,  
etc.

da Raglio





# PROMOZIONE DI ATTIVITA' MOTORIA IN NEUROLOGIA UTILIZZANDO STIMOLI MUSICALI



- La Clinica Neurologica di Ferrara impegnata nella formazione di **studenti e degli specialisti e Dottori di Ricerca in Scienze Motorie della Facoltà di Medicina.**



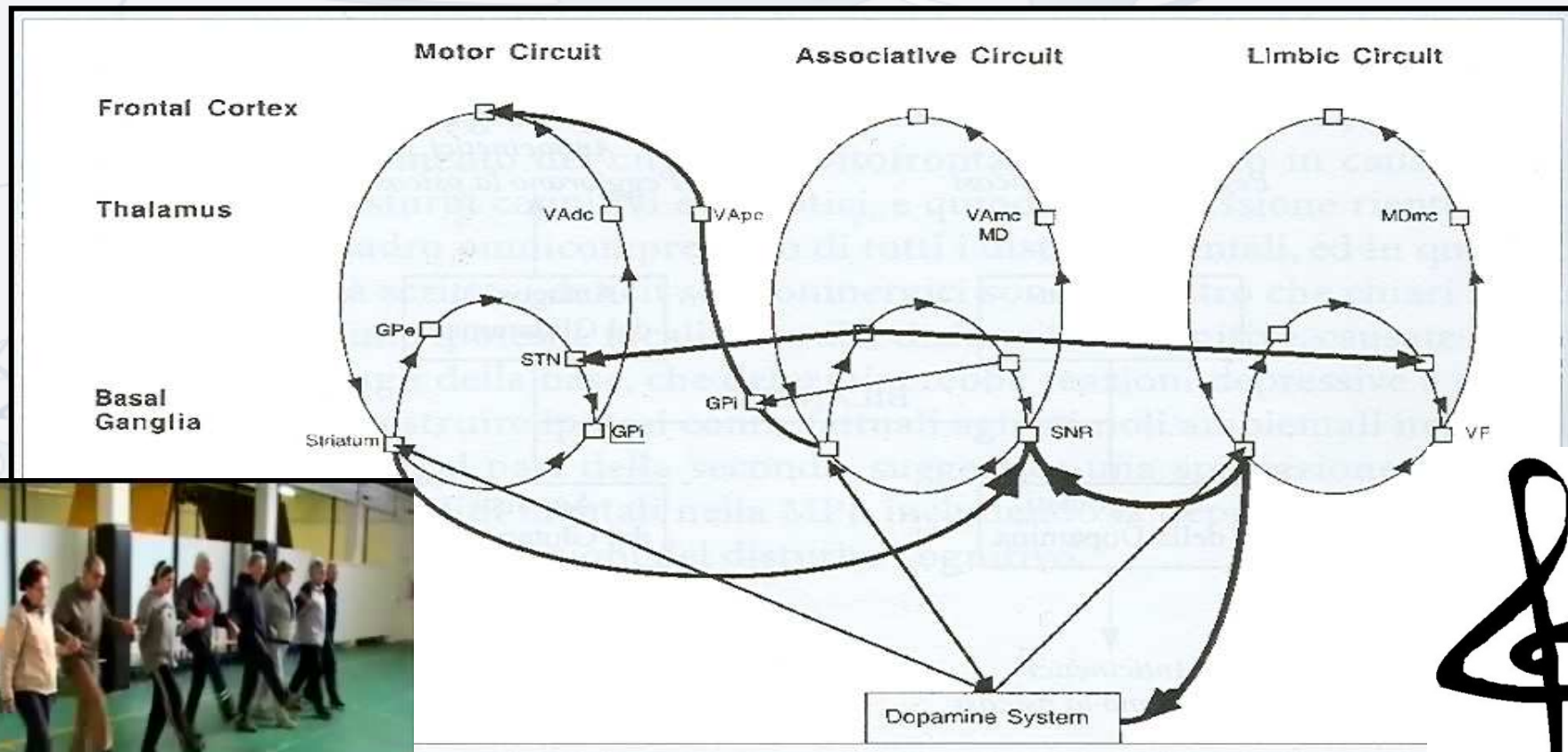
## Ruolo della musica

- ***stimolo emotivo***
  - ***compensare il deficit di ritmo interno***
  - ***attivazione del sistema limbico***
  - ***rendere possibili attività giocose***
  - ***definire intensità e durata delle attività***
- **Sindromi parkinsoniane,**
  - **Sclerosi multipla e Atassie**
  - **Demenze**
  - **Altre patologie**



# Allenare il paziente con morbo di Parkinson a sviluppare l'iniziativa motoria

Risposta dei pazienti al movimento non indotto: si “sfrutta” la stimolazione uditiva-motoria in un contesto di movimenti guidati dall'esterno, esercizi prestabiliti dalla facilitazione



Joel et al.( 2003)





# Problemi generali e specifici



- *Apprezzare Mozart anziché Verdi mi rende differente da chi ama i Beatles o Fabrizio De Andrè o Raul Casadei o i Cugini di Campagna o le ballate popolari o la Tecno-Music o il Rap?*
- Che dire del musicista che ha la fortuna di saper suonare uno strumento? O di un direttore d'orchestra?
- Il pianoforte produce a livello cerebrale gli stessi effetti del violoncello o del corno o della batteria?





# Problemi generali e specifici



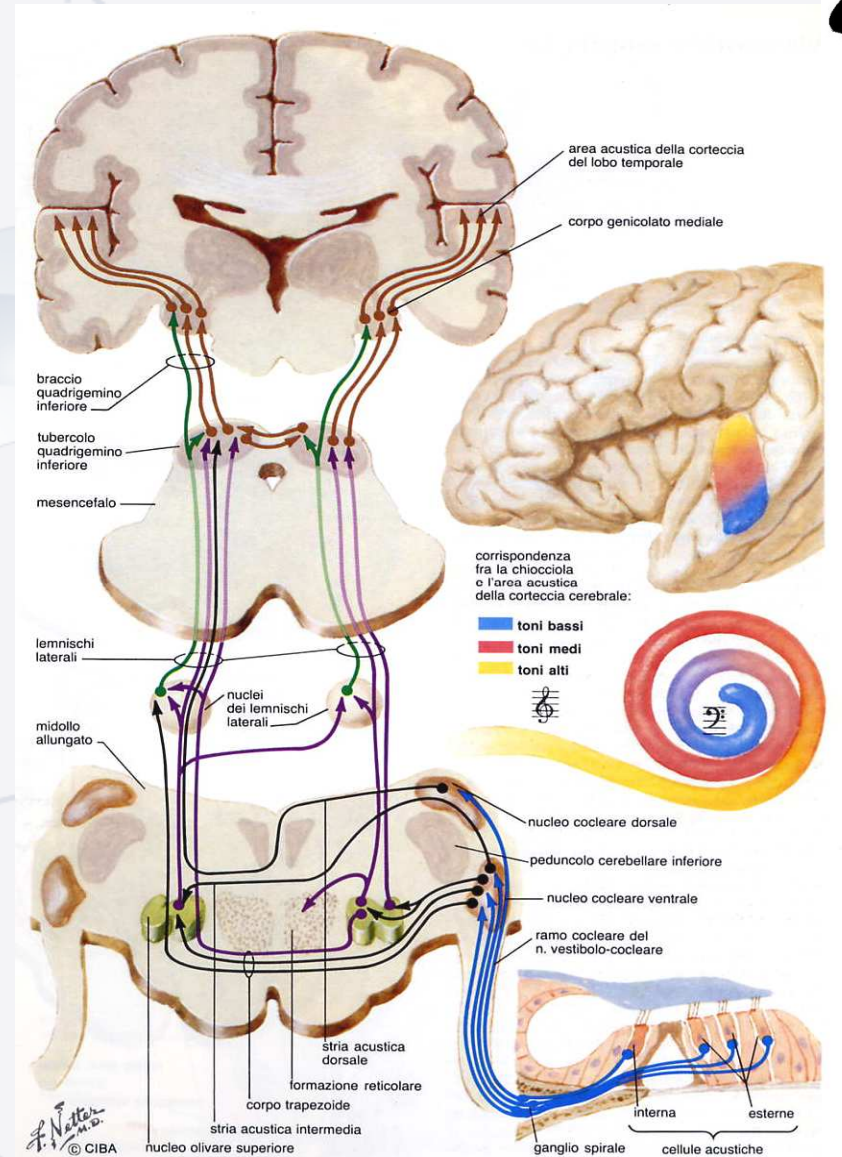
- *Il compositore è paragonabile al grande tenore o al direttore d'orchestra o al batterista?*
- *Quali effetti producono i cori di montagna o il coro gregoriano sul cervello dei cantanti e degli ascoltatori?*
- Fiati e percussioni non entrano quasi mai nelle valutazioni cognitive sugli effetti specifici degli strumenti, tanto meno i sintetizzatori.





# Ricerche sperimentali

- **Dominanza dell'orecchio destro-emisfero sinistro per i messaggi verbali,**
- **Dominanza dell'orecchio sinistro-emisfero destro per i messaggi melodici.**





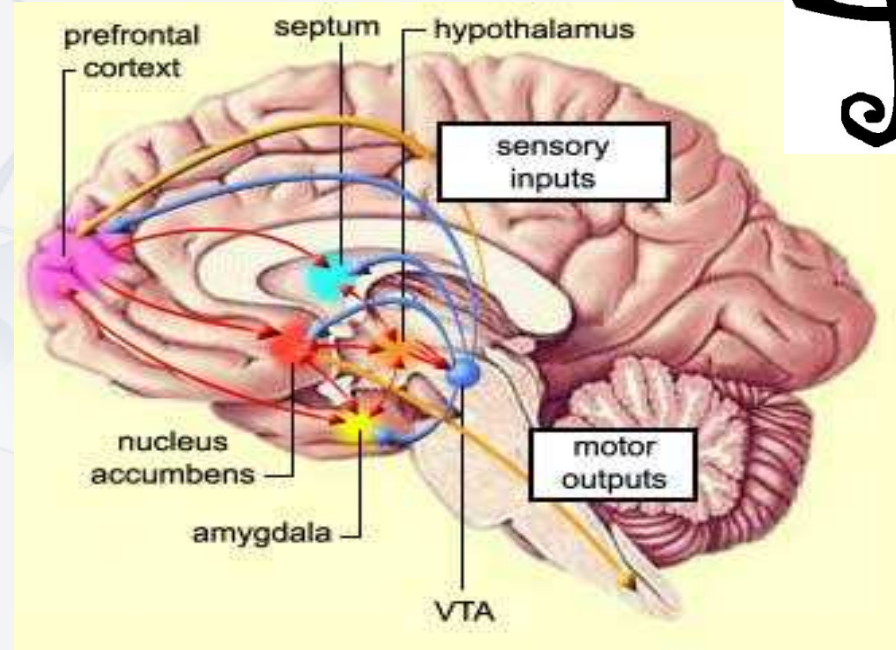
# PERCEZIONE DELLA MUSICA



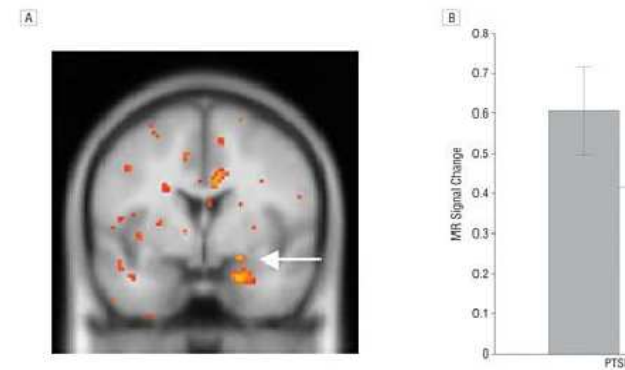
- Forma speciale di percezione uditiva.
- **Musica: suoni di varie tonalità e timbri, eseguiti in particolari sequenze con un ritmo sottostante.**

La percezione della musica richiede

- *il riconoscimento di sequenze di note,*
- *la loro aderenza alle regole che governano le tonalità permesse,*
- *la combinazione armonica delle note*
- *la struttura ritmica.*



**Aumento dell'attività dell'amigdala:**





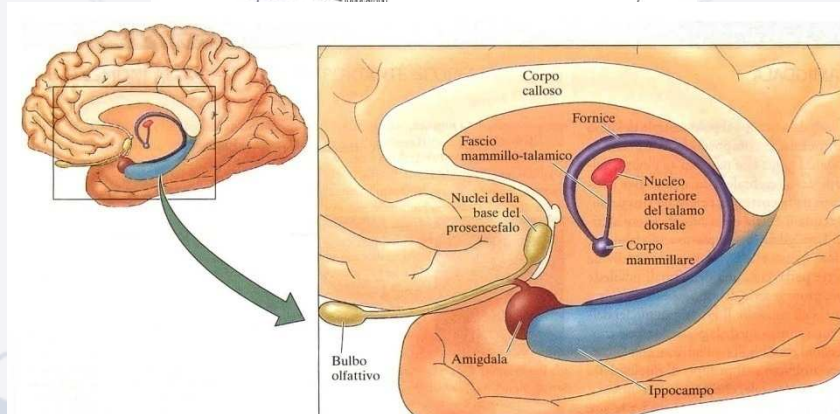
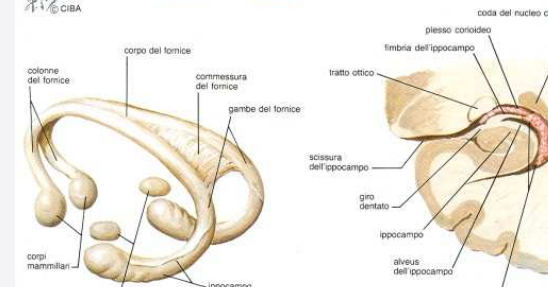
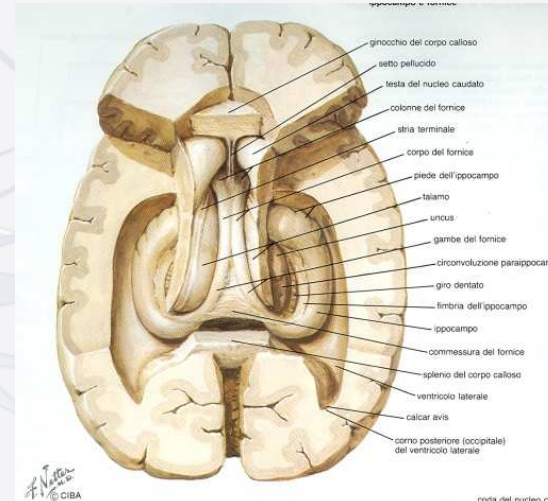
# Percezione della musica



Poiché la durata dei pezzi musicali varia da pochi secondi a diversi minuti,

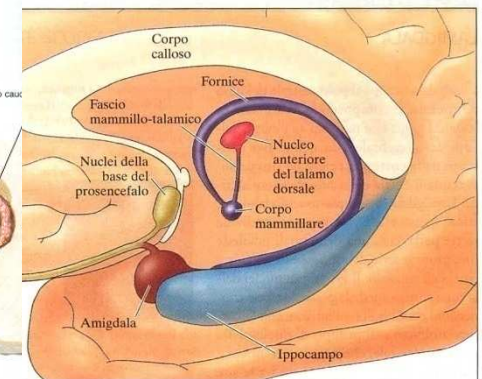
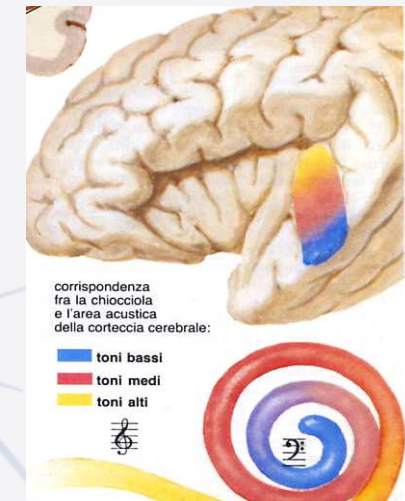
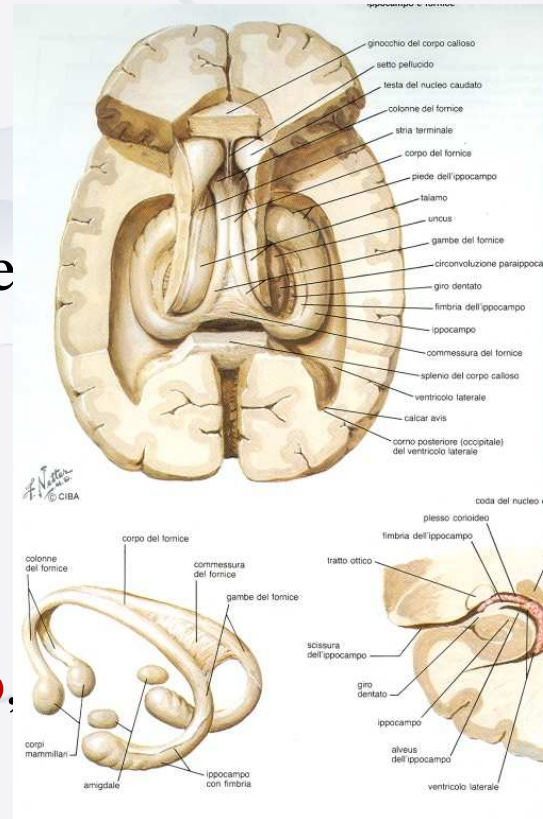
**la percezione della musica implica una sostanziale capacità mnesica.**

Di conseguenza, i meccanismi musicali richiesti per la percezione della musica devono necessariamente essere complessi.



# Non esiste un *centro* cerebrale della musica

- L'informazione è elaborata in diverse aree, a partire dalla corteccia uditiva primaria che permette allo stimolo di arrivare alla coscienza.
- In contemporanea si attivano:
  - le regioni del linguaggio,
  - la corteccia motoria e il cervelletto, legati al movimento,
  - l'ipotalamo e l'amigdala, coinvolti nelle emozioni legate all'ascolto,
  - l'ippocampo, centro della memoria.

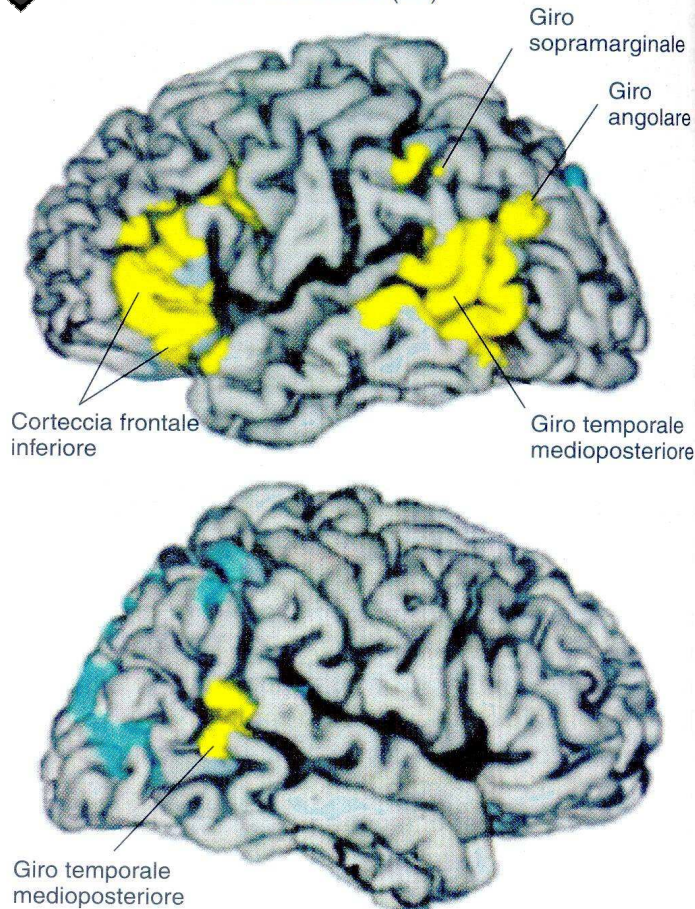




# Percezione della musica



Suoni riconosciuti (giallo) vs.  
non riconosciuti (blu)



*Recente individuazione di nuova area temporale, connessa alla musica: se danneggiata, saltano tutte le capacità musicali, dall'esecuzione al riconoscimento*

- **La percezione di melodie** attiva regioni del giro temporale superiore, situate rostralmente e lateralmente alle aree che rispondono ai toni semplici.
- Altre regioni del cervello sono implicate nella percezione del tempo sottostante la musica e dei modelli ritmici specifici di ogni brano.

Aree attivate da suoni ambientali riconosciuti da soggetti testati, comparati con gli stessi suoni riprodotti all'indietro, che i soggetti testati non sono più in grado di riconoscere  
(Lewis JW et al Cerebral Cortex, 2004)



# Percezione della Musica



L'analisi della musica: comincia nelle vie uditive sottocorticali e nella corteccia uditiva primaria.

Quindi, gli aspetti più complessi della musica sono analizzati dalle regioni della **corteccia uditiva associativa**.

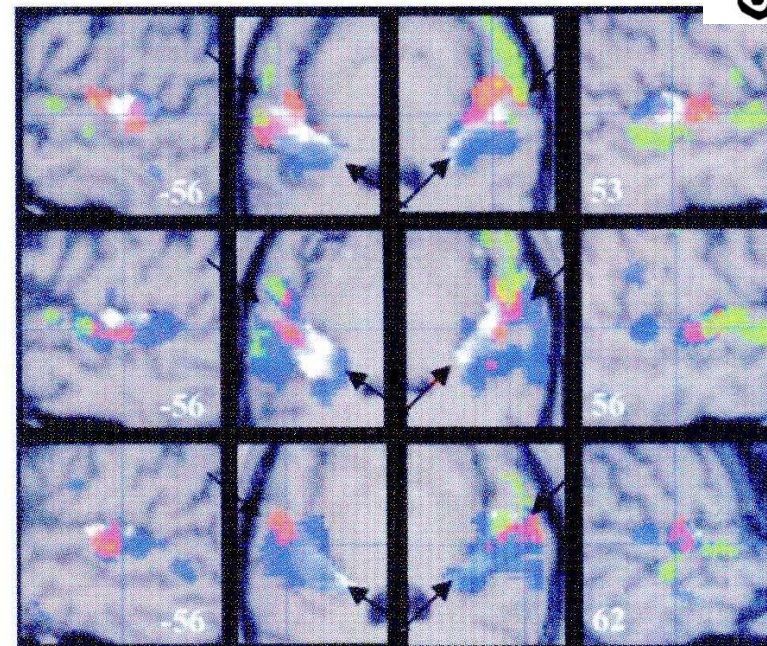
**Studio fMRI:** presentati suoni complessi con informazioni di tonalità variabili, dal rumore bianco al rumore con un debole tono nascosto in esso, fino a suoni con un tono evidente.

Alcuni suoni contengono un singolo tono, mentre altri contengono melodie.

**RISULTATI:** tutti i suoni attivano la corteccia uditiva primaria e la porzione del giro temporale superiore appena adiacente ad essa. Mano a mano che nei suoni si distingue più chiaramente una tonalità e quindi una melodia, si attivano regioni della corteccia uditiva associativa localizzate più rostralmente e lateralmente

Emisfero sinistro

Emisfero destro



Rostrale ↔ Caudale Laterale ↔ Mediale ↔ Laterale Rostrale ↔ Caudale  
Sezioni sagittali      Sezioni frontali      Sezioni sagittali

fMRI di 3 persone che ascoltano rumore bianco (blu), rumore con tono fisso (rosso) e melodie (verde).  
Le frecce indicano la localizzazione della corteccia uditiva primaria  
(Patterson et al, *Neurons*, 36, 767-776, 2002)

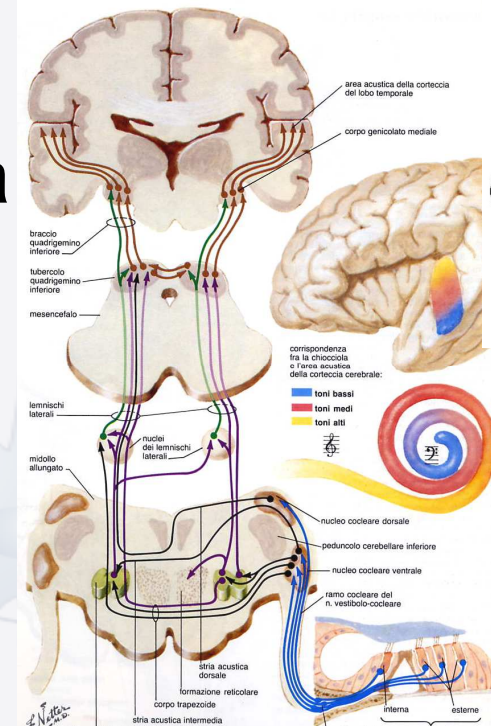
# Differenti aree del cervello implicate nei diversi aspetti della Percezione Musicale

Esempi: (Peretz, -Zatorre, 2005).

**Corteccia frontale inferiore** sembra implicata nel riconoscimento dell'armonia,

**Corteccia uditiva destra** forse coinvolta nella percezione del tempo sottostante la musica,

**Corteccia uditiva sinistra** sembra coinvolta nella percezione dei pattern ritmici sovrapposti al tempo di base (*un batterista scandisce il tempo sottostante, regolare, con il pedale della grancassa, e sovrimpone un pattern ritmico più complesso sui tamburi più piccoli con le bacchette*)..





# Differenti aree del cervello implicate nei diversi aspetti della Percezione Musicale (Peretz,-Zatorre,2005)



Inoltre,

**il cervelletto**

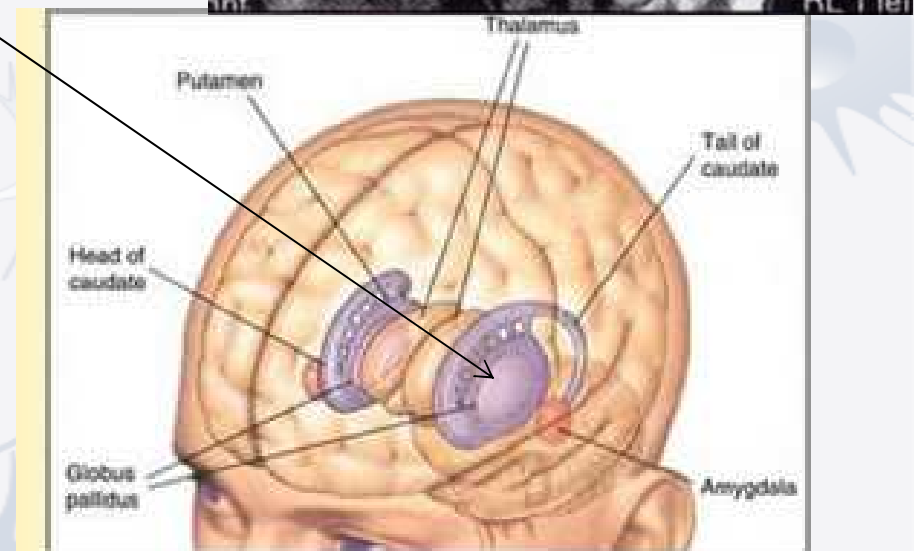
**i gangli della base:**

implicati nella

***sincronizzazione dei ritmi musicali,***

così come nella

***sincronizzazione e coordinazione dei movimenti.***

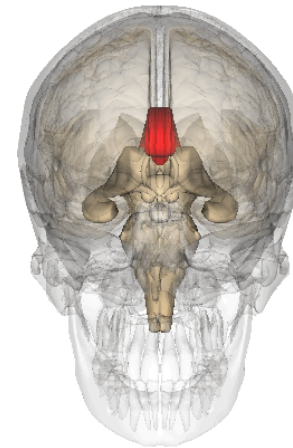




# I DUE EMISFERI



- La maturazione della capacità della corteccia cerebrale fa sì che l'emisfero destro e quello sinistro acquistino delle **specificità**:
- **l'emisfero sinistro è quello deputato al controllo delle capacità linguistiche, mentre**
- **l'emisfero destro è competente nell'analisi degli insiemi della musicalità e delle dimensioni spazio-temporali.**



Il ponte fra emisfero sinistro e destro del cervello, il **corpo calloso**, permette ad entrambi gli emisferi cerebrali di essere in grado di rispondere contemporaneamente ad un evento.



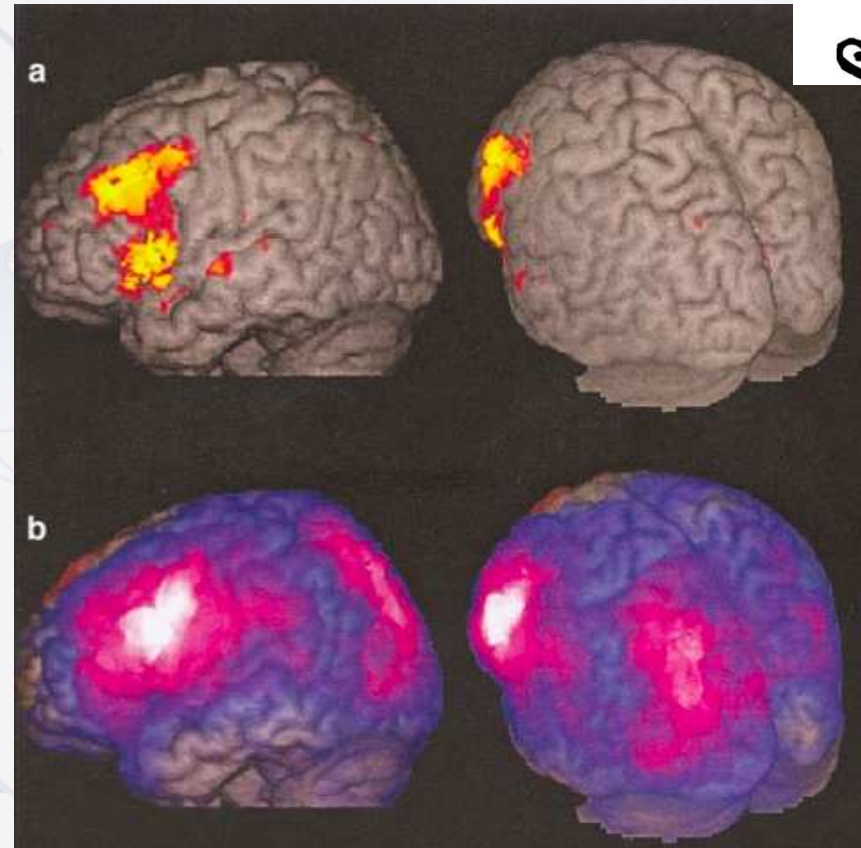
Tutti noi apprendiamo un linguaggio, ma solo alcuni di noi diventano musicisti.



L'addestramento musicale induce:

**cambiamenti nel cervello,**

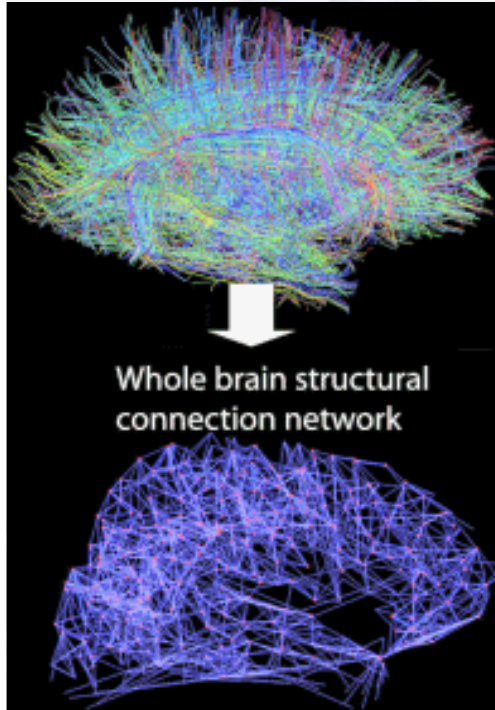
- modificazioni nei sistemi motori coinvolti nel canto o
- nel suonare uno strumento, (*e che strumento? tastiere, fiati, archi,..?*)
- ***cambiamenti nelle aree del sistema uditivo*** deputate a riconoscere le sottili variazioni di entità complesse come:
  - armonia,
  - ritmo e
  - ***altre caratteristiche della struttura musicale.***



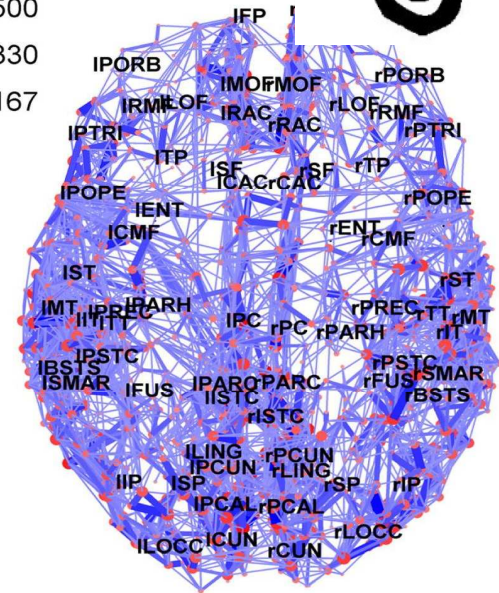
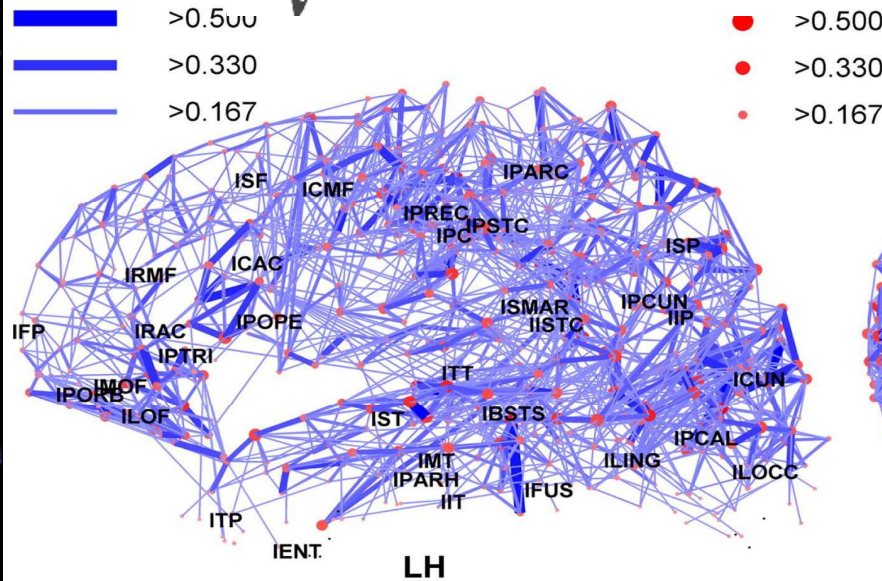
Alcuni effetti dell'addestramento musicale si traducono in modificazioni della struttura o dell'attività di parti del sistema uditivo del cervello.



# Concetto di network specie in presenza di compiti complessi.



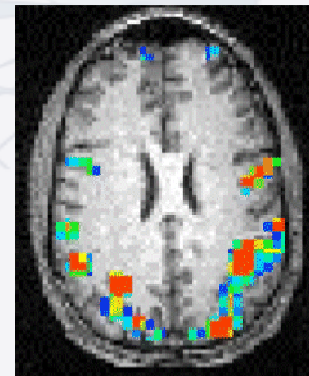
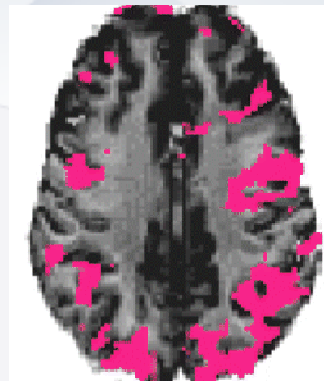
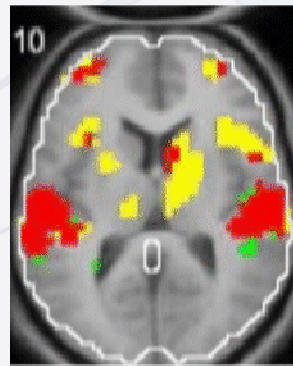
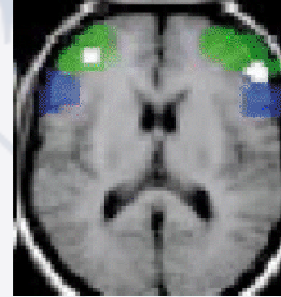
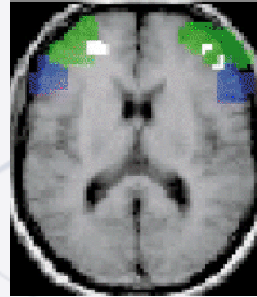
Whole brain structural connection network



Sarubbo S., Latini F., Cavallo M.A. in preparation



Sarubbo S., Latini F., Cavallo M.A. in preparation



*Upper images shows 'frontal' activation with recalling 5 letters, then alphabetizing them (Rypma).*

*Lower images show widespread 'posterior' activation with listening to a baroque flute duet (Zatorre), visual imagination (reversing a checkerboard; Hirsch), and a musician listening to a popular tune (U Cincinnati)*



# Alcuni effetti dell'addestramento musicale si traducono in modificazioni della struttura o dell'attività di parti del sistema uditivo del cervello.

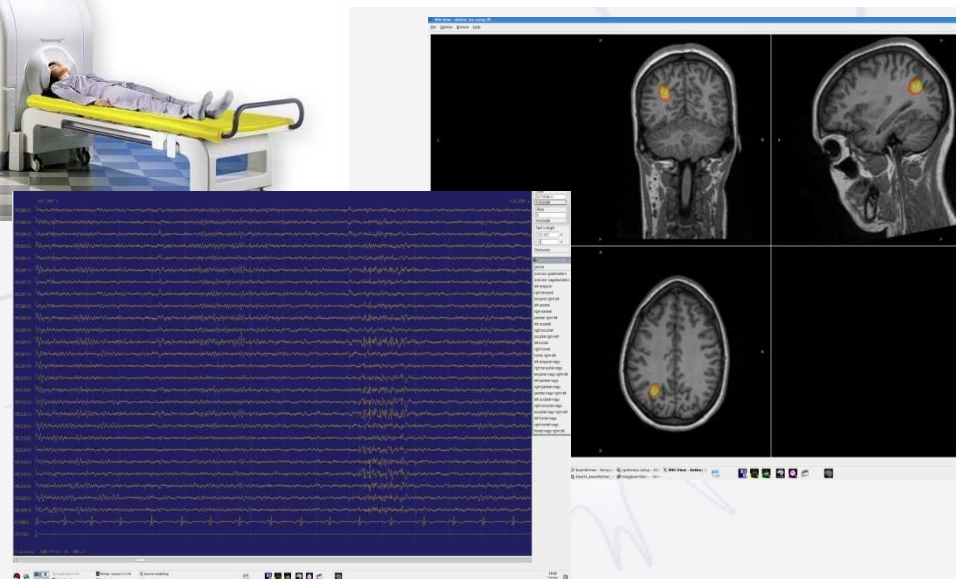
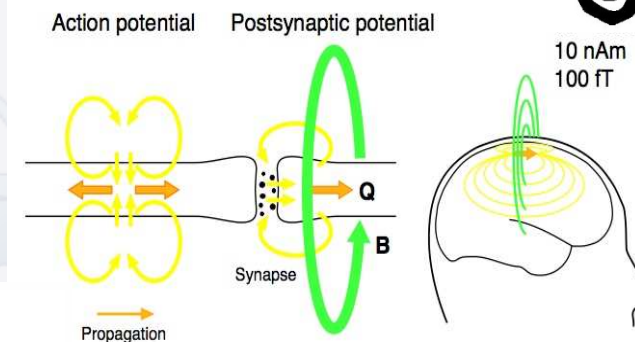


*Pantev et al.*(1998) hanno utilizzato la Magneto-EncefaloGrafia (MEG)\*\* per registrare l'attività di varie regioni cerebrali in musicisti e non musicisti.

La risposta della corteccia uditiva alle note suonate su un pianoforte è risultata maggiore del 25% nei musicisti.

Questo incremento risulta correlato all'età in cui il soggetto ha iniziato a studiare musica:

**prima ha cominciato, maggiore è l'incremento.**



- \*\*"Lettura" attività magnetica del cervello . "Legge" meglio l'attività all'interno dei solchi. Misura le Correnti Primarie
- Alcune modellizzazioni e algoritmi matematici permettono di localizzare sulla MRI gli spikes di attività epilettiche focali o generalizzate.
- Mappaggio funzionale aree corticali eloquenti : Sensitivo Motorie, Linguaggio, memoria etc. ( Localizzazione prechirurgica).
- Potenziali Evocati Multimodali.



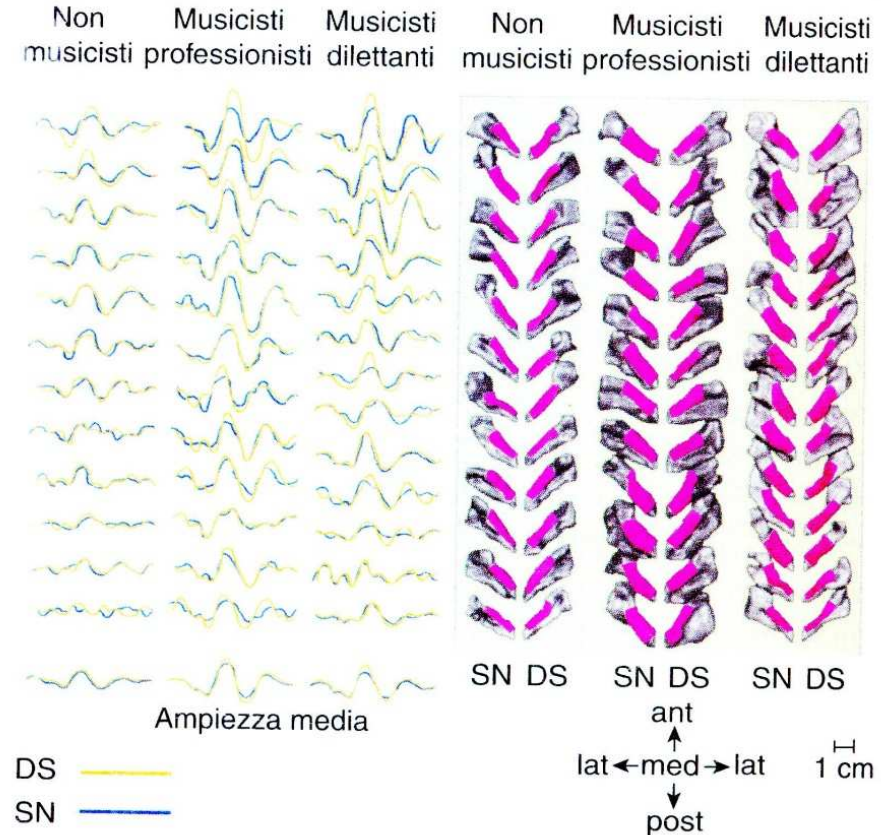
# Aree e network cerebrali nella competenza musicale acquisita



*Schneider et al. (2002)* hanno trovato differenze non solo nella risposta elettromagnetica **MEG** alle note musicali, ma anche nelle dimensioni della corteccia uditiva primaria fMRI di musicisti e non musicisti.

- **Attività MEG** maggiore del 102%,
- **MRI volume della sostanza grigia** della corteccia uditiva primaria antero-mediale è risultato maggiore del 130%.

*Risposta elettromagnetica e dimensioni della corteccia uditiva primaria (misurate con la RM) dei non musicisti, musicisti professionisti e musicisti dilettanti.*



Dimensioni aumentate della corteccia uditiva primaria e ampiezza della sua risposta MEG ai toni musicali, in musicisti professionisti e musicisti dilettanti (*Schneider et al, Nature Neuroscience, 5, 688-694, 2002*)



# CERVELLO e MUSICA

## Studi su MUSICAL ABILITY



- ABILITÀ FONDAMENTALI
- ABILITÀ TONALI (PERCEZIONE DEL TONO, SENSO DELLA TONALITA', ARMONIA E POLIFONIA, ..)
- ABILITÀ RITMICHE
- ABILITÀ CHINESTESICHE (STRUMENTALI, CANORE,..)
- ABILITÀ ESTETICHE
- ABILITÀ CREATIVE
- ALTRE (MEMORIA, LINGUAGGIO, CULTURA, ETC.)



# Cervello e Musica



- **STUDIO DELLA PATOLOGIA**
- MUSICA E LINGUAGGIO
- MEZZI DI ESPLORAZIONE
- STUDIO DELLE COMPONENTI
- INFLUENZA DELLE COMPETENZE
- ASPETTI INTERCULTURALI



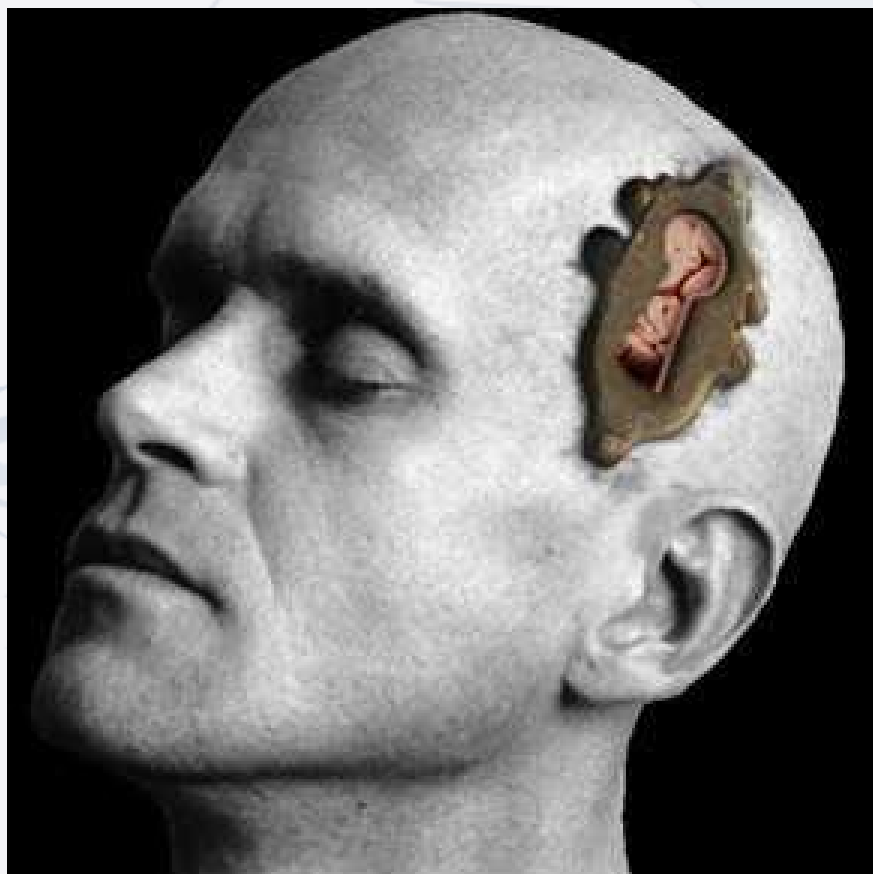


# Compromissione delle competenze musicali in corso di patologia neurologica



VOCE, DIAPASON  
E NANOTECH

Ferrara, Teatro Comunale  
12-15 settembre 2007



*Patrik Fazio UNIFE & Besta*





# Cervello e Musica

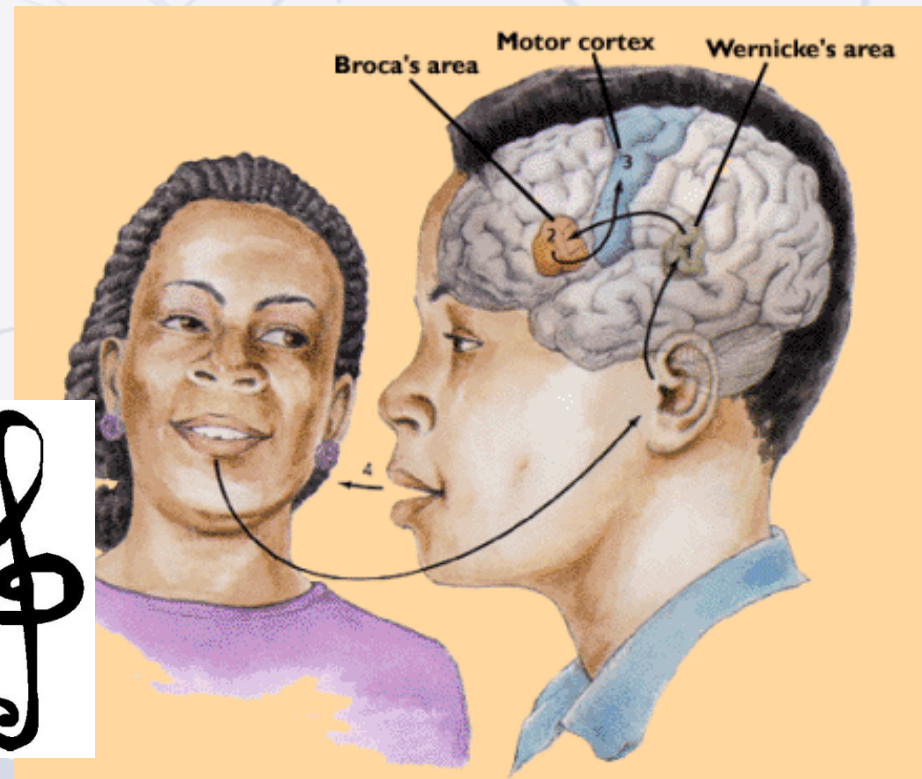
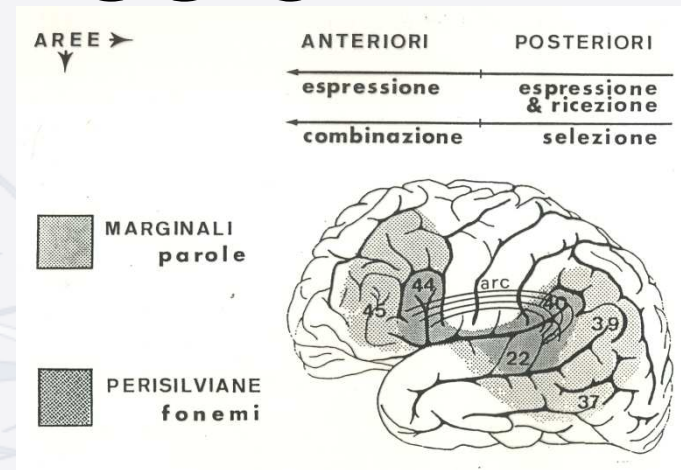
- STUDIO DELLA PATOLOGIA
- **MUSICA E LINGUAGGIO**
- MEZZI DI ESPLORAZIONE
- STUDIO DELLE COMPONENTI
- INFLUENZA DELLE COMPETENZE
- ASPETTI INTERCULTURALI



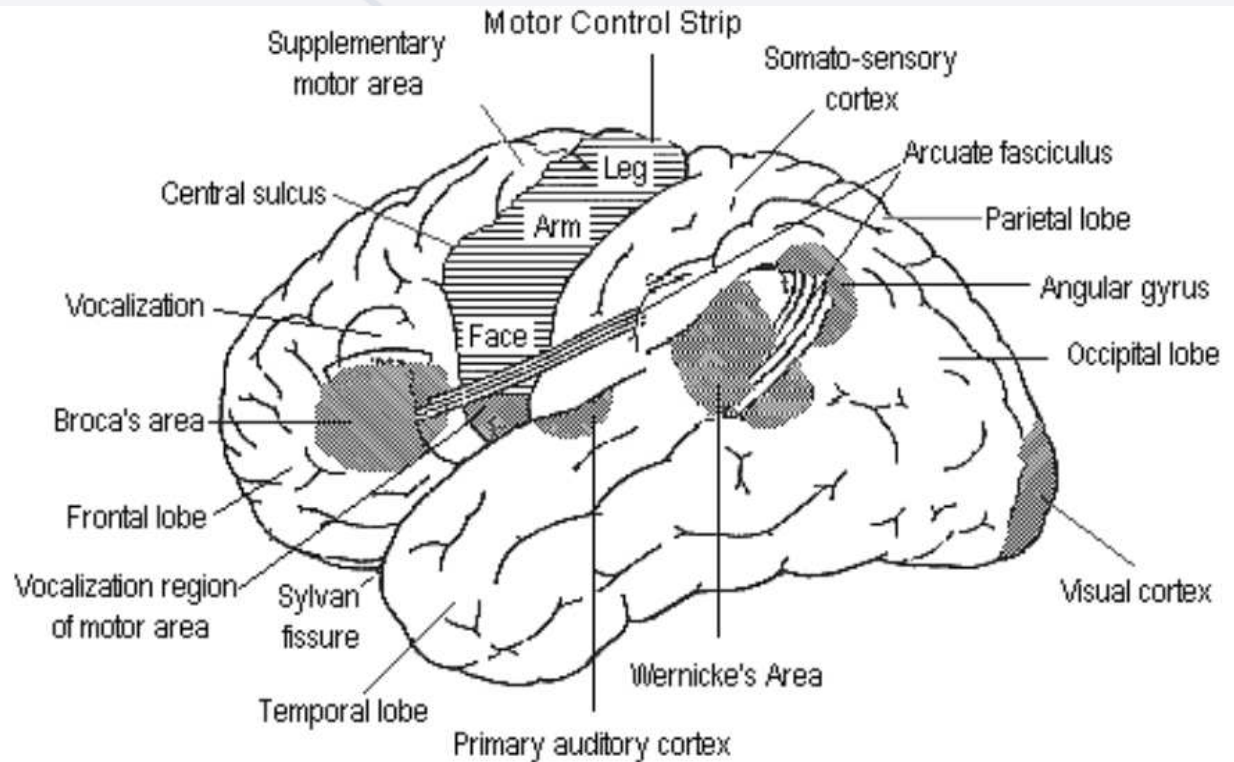


# IL LINGUAGGIO MUSICALE

- **Linguaggio e musica:**
- Linguaggio e musica usano, fondamentalmente, lo stesso canale uditivo-vocale;
- • ambedue possono produrre un numero illimitato di frasi;
- • i bambini imparano tutti e due i linguaggi, esponendosi agli esempi prodotti dagli adulti;



**P. Broca. Remarque sur la siége de la faculté du langage articulé, suivies d'une observation d'aphémie (perte de la parole Bull. Soc. Anat. Paris,36: 330-337; 1861**

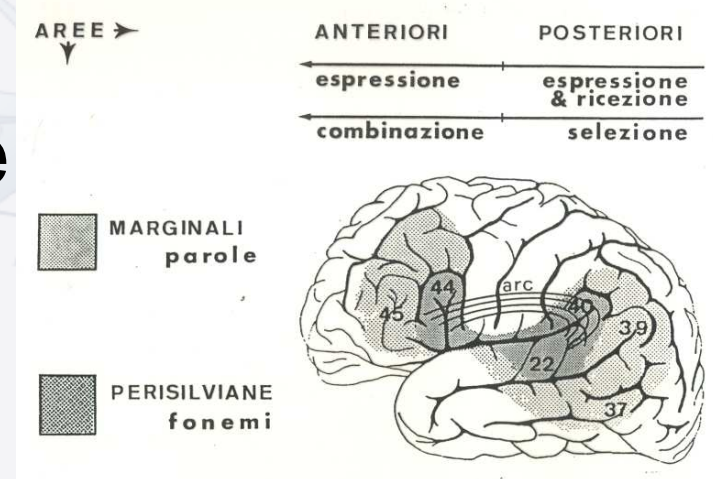


***Knoblauch A (1888)  
Ueber Störungen der  
musikalischer Leistungsfähigkeit  
infolge  
von Gehirnläsionen.  
Dtsch Arch Klin Med 43,331***



# MUSICA E LINGUAGGIO

- Musica e linguaggio sono entrambi sistemi di comunicazione nel dominio uditivo
- Musica e linguaggio sono attività precipuamente umane attestate in tutte le culture.
- Lo studio delle competenze linguistiche e delle loro disfunzioni è oggetto primario della neurologia
- Musica e linguaggio impiegano entrambi suoni gerarchicamente organizzati secondo sistemi sintattici parzialmente comuni.





# Centro di Wernicke e Musica



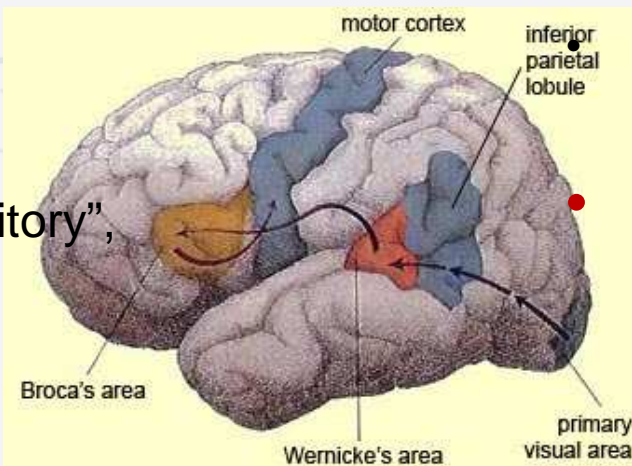
- .Nell'uomo il centro di Wernicke, specializzato nella parola, decodifica il segnale musicale in entrambi gli emisferi e lo trasmette senza mediazione **al corpo (danza)** e **al sistema neurovegetativo** (ritmo cardiaco, conduttanza cutanea, pressione arteriosa, richiamo sessuale) **ed endocrino** (ACTH, ossitocina, vasopressina).

- **Lobulo parietale inferiore** di sinistra

- I **neuroni** di questo lobulo hanno la particolarità di essere **multimodali**, ovvero possono processare differenti modalità degli stimoli acustici, visivi, e sensorimotori, etc. simultaneamente.
- La combinazione di peculiarità rende il lobulo parietale inferiore un candidato ideale per **apprendere le proprietà multiple** delle parole dette, scritte o ascoltate: il loro suono, la loro funzione, etc.

Il lobulo può allora aiutare il cervello a classificare e distinguere, prerequisito per elaborare concetti e pensieri astratti.

“Geschwind’s territory”,

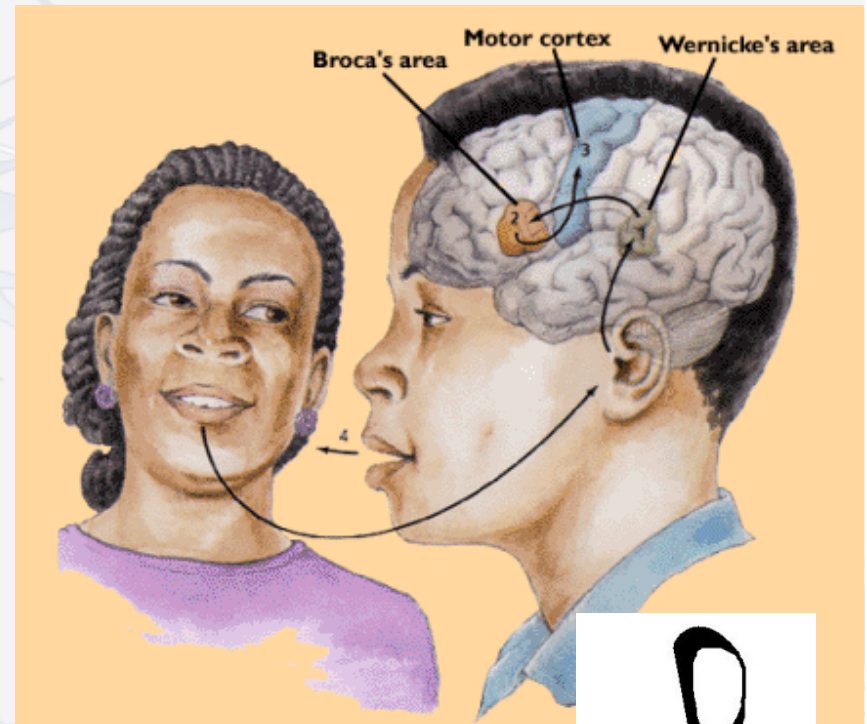


- **Oggi si studia questo lobulo nel comprenderne il ruolo all'interno del complesso iter del linguaggio musicale.**



# IL LINGUAGGIO MUSICALE

- **il piano temporale**, situato nel lobo temporale della corteccia cerebrale, è l'area del cervello che sembra essere associata all'elaborazione del linguaggio e sembra anche che **'classifichi i suoni e stabilisca sintassi e semantica'**.

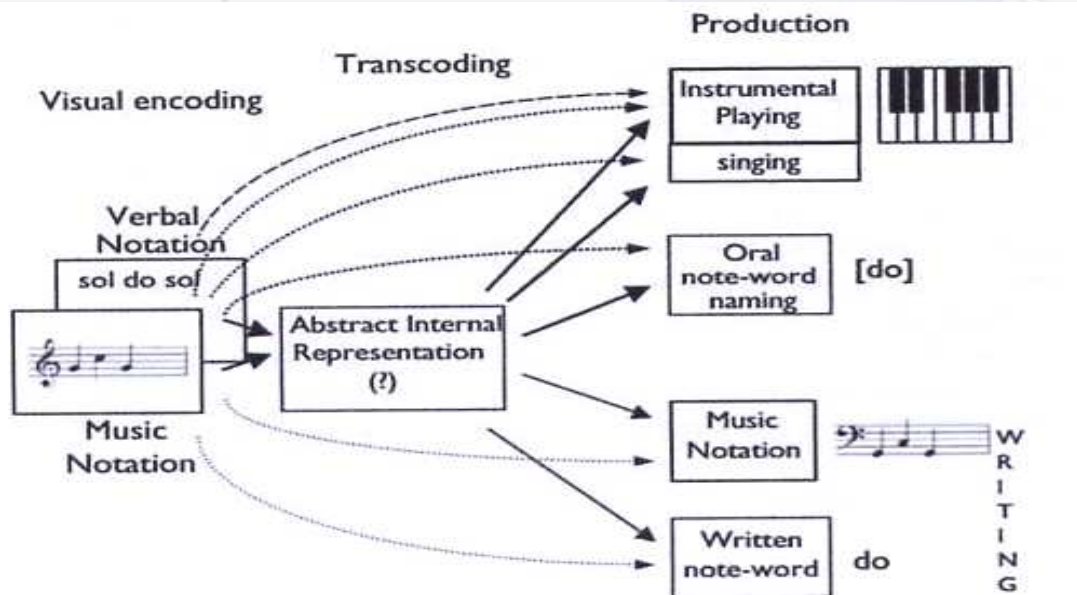


Sintassi e Semantica  
nella Musica





# Modelli di lettura musicale



**Fig. 1.** A minimal model of music reading. Solid lines indicate an indirect route mediated by an abstract internal representation. Dotted lines indicate a direct (asemantic) route from music notation to different types of output. The dashed line indicates that routes different from those associated with music notation, constrain the transcoding from verbal notation. For the sake of simplicity the dashed line is only illustrated for the instrumental playing output.



**Fig. 2.** Illustration of the mapping between the stimuli presented on the screen in the different experimental conditions and the fingers used for the response. Note that in the experiment, stimuli appeared in random order.

## Encoding of human action in Broca's area

Patrik Fazio,<sup>1,2</sup> Anna Cantagallo,<sup>2</sup> Laila Craighero,<sup>1</sup> Alessandro D'Ausilio,<sup>1</sup> Alice C. Roy,<sup>3</sup> Thierry Pozzo,<sup>4,5</sup> Ferdinando Calzolari,<sup>2</sup> Enrico Granieri<sup>2</sup> and Luciano Fadiga<sup>1,5</sup>

1 DSBTA, Section of Human Physiology, University of Ferrara, Ferrara, Italy

2 Department of Neuroscience Rehabilitation, Hospital and University of Ferrara, Ferrara, Italy

3 Institute of Cognitive Science, CNRS, Lyon, France

4 INSERM-ERM 207 Motricité Plasticité, Université de Bourgogne, Dijon, France

5 Italian Institute of Technology (IIT), Genova, Italy

Correspondence to: Prof. Luciano Fadiga, DSBTA,

Section of Human Physiology,

University of Ferrara,

Via Fossato di Mortara 17/19,

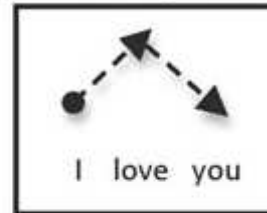
44100 Ferrara, Italy

E-mail: [luciano.fadiga@unife.it](mailto:luciano.fadiga@unife.it)

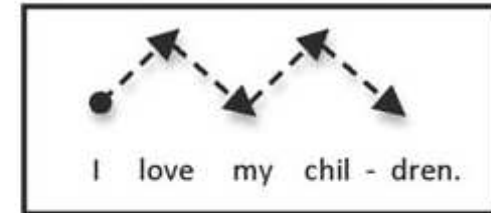
The Neurosciences  
and Music III  
Disorders and Plasticity



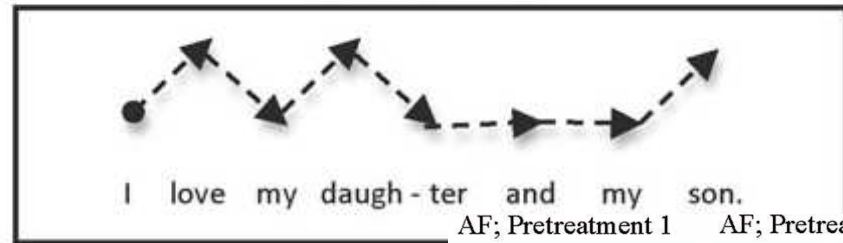
Elementary Level



Intermediate Level

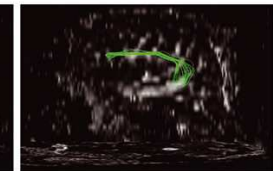
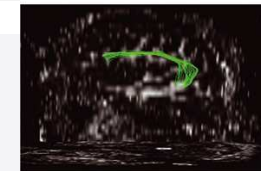


Advanced Level



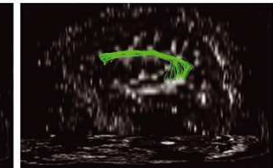
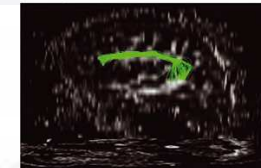
AF; Pretreatment 1

AF; Pretreatment 2



AF; Posttreatment 1

AF; Posttreatment 2



**Part VII. Music, Language, and Motor Programming:  
A Common Neural Organization?**

Part VII Introduction: Music, Language, and Motor Programming: A Common Neural Organization? <i>By</i> Katie Overy and Giuliano Avanzini .....	446
Broca's Area in Language, Action, and Music. <i>By</i> Luciano Fadiga, Laila Craighero, and Alessandro D'Ausilio .....	448
Studying Synchronization to a Musical Beat in Nonhuman Animals. <i>By</i> Aniruddh D. Patel, John R. Iversen, Micah R. Bregman, and Irena Schulz .....	459
Effects of Context on Electrophysiological Response to Musical Accents. <i>By</i> Caroline Palmer, Lisa R. Jewett, and Karsten Steinhauser .....	470



# Cervello e Musica



- STUDIO DELLA PATOLOGIA
- MUSICA E LINGUAGGIO
- **MEZZI DI ESPLORAZIONE**
- STUDIO DELLE COMPONENTI
- INFLUENZA DELLE COMPETENZE
- ASPETTI INTERCULTURALI

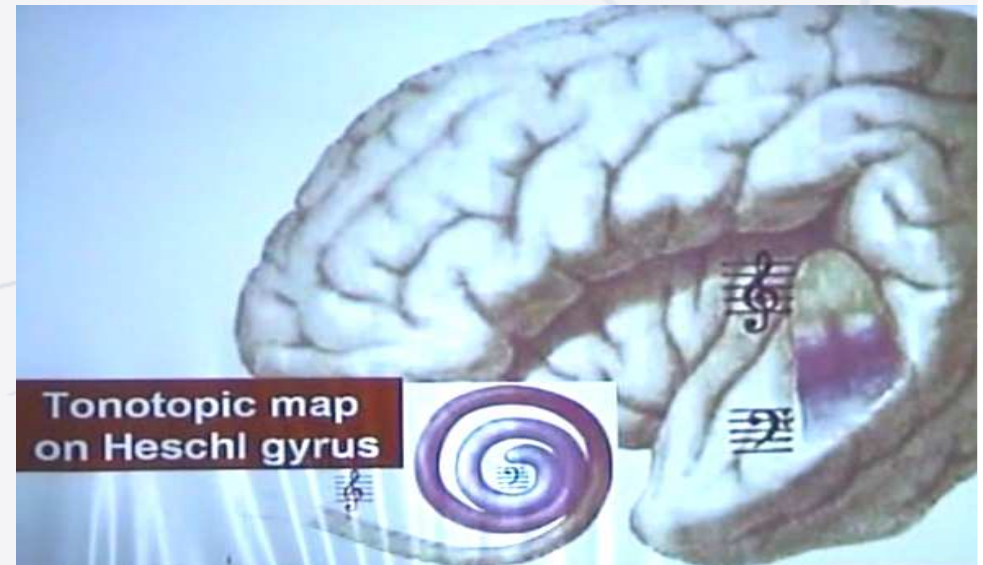




# NEUROPSICOLOGIA NEUROFISIOLOGIA, e NEUROIMMAGINI



- In questo ambito si sono effettuate ricerche collegate con la fisiologia dell'udito e del cervello per verificare la reazione dei vari soggetti
- *agli stimoli musicali,*
- *alla percezione dei toni,*
- *dell'intensità,*
- *del timbro,*
- *del volume,*
- *della densità;*





Acoustic input

Acoustic analysis



*Pitch organization*

*Temporal organization*

Tonal  
encoding

Interval  
analysis

Contour  
analysis

Rhythm  
analysis

Meter  
analysis

Acoustic to  
phonological  
conversion

Emotion  
expression  
analysis

Musical  
lexicon

Vocal plan  
formation

Phonological  
lexicon



*Singing*

*Tapping*

Associative  
memories

*Speaking*

*Modular model of music processing proposed by Peretz and Coltheart, 2003*

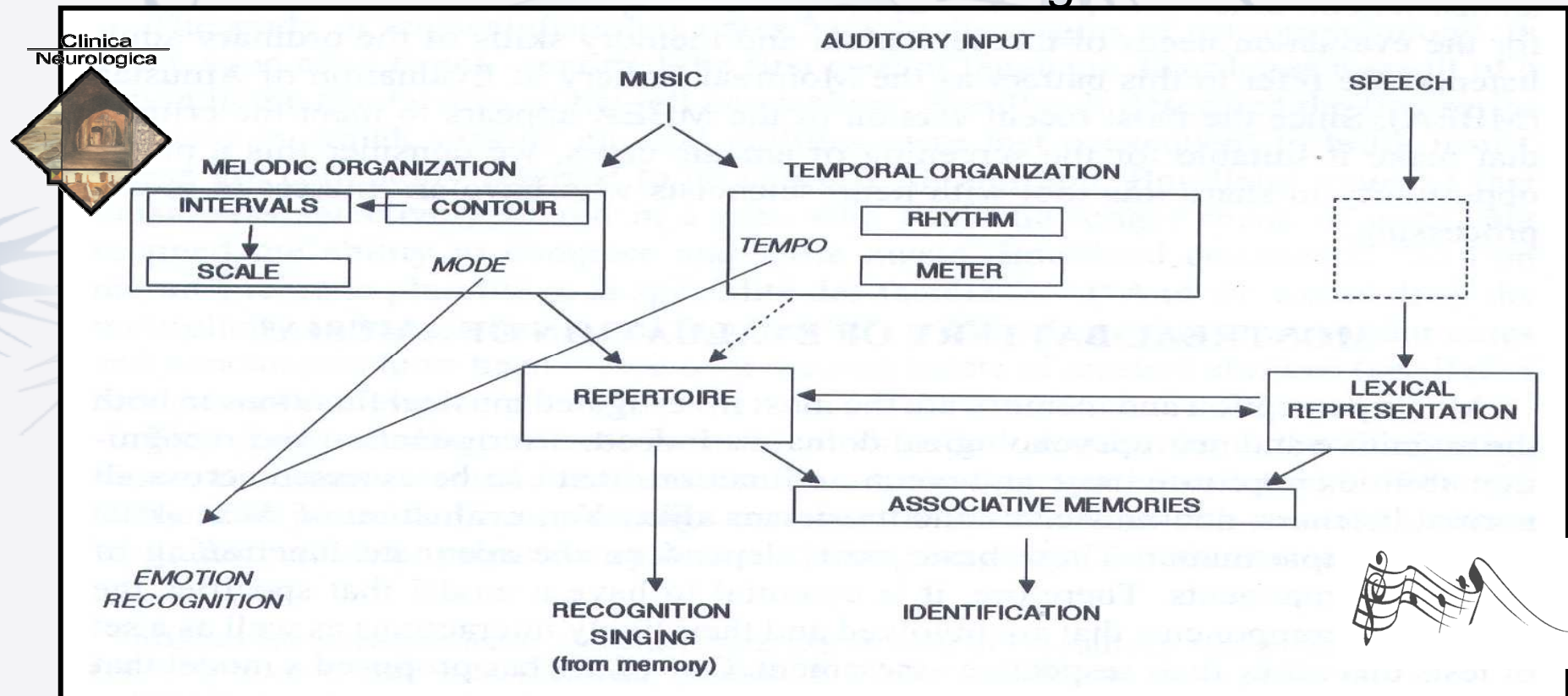
# MONTREAL BATTERY FOR EVALUATION OF AMUSIA:



6 tests consentono la valutazione della funzionalità di ciascuna delle componenti musicali proposte dal test.

**Schema delle componenti coinvolte nel riconoscimento della musica**

- Questi tests si riferiscono all'organizzazione melodica e temporale e alla memoria. I tests usano lo stesso gruppo di 30 frasi musicali insolite composte in accordo con le norme del sistema tonale occidentale di Irène Deliège.





# Postulati *interconnessi* del

## “Musical Brain Model” (*Mauro, 2005*)



- 1) I brani musicali consistono in sequenze temporali (ritmi) di eventi di frequenze (toni) che sono organizzati in serie (melodia) e parallelo (armonia).
- 2) Il cervello elabora l'informazione tramite meccanismi che codificano tempo e frequenza attraverso circuiti operanti in serie e parallelo (*studi di neurofisiologia*);
- 3) Le modalità acustiche con cui i brani musicali sono creati sincronizzano con i codici neurali preposti a frequenza e ritmo, inducendo di conseguenza una varietà di risposte cerebrali extramusicali (*studi di neurofisiologia*):

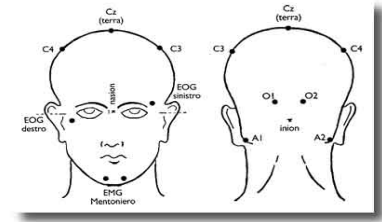
- **Musiche barocche inducono ritmo  $\alpha$  (EEG) nell'ascoltatore e riduzione di frequenza cardiaca e di respiro;**
- **al contrario il rock o l'heavy metal inducono ritmo  $\beta$  e incremento di respiro e di frequenza cardiaca;**

- 4) ***La musica può allora essere usata come uno strumento sistematico per dimostrare i meccanismi di codifiche dinamiche cerebrali.***



# NEUROFISIOLOGIA

## The Mismatch Negativity Paradigm



- L'architettura delle rappresentazioni sonore e musicali nel cervello dell'uomo rappresenta un campo d'interesse fondamentale.
- Conoscenza di come i suoni e le loro variabili sono codificati e processati, e in particolare il linguaggio e la musica.
- Conoscenza di quali aspetti dell'informazione acustica sono codificati senza l'attenzione conativa di chi ascolta e l'accuratezza del processo informativo automatico è necessario per comprendere i processi percettivi di linguaggio e musica.

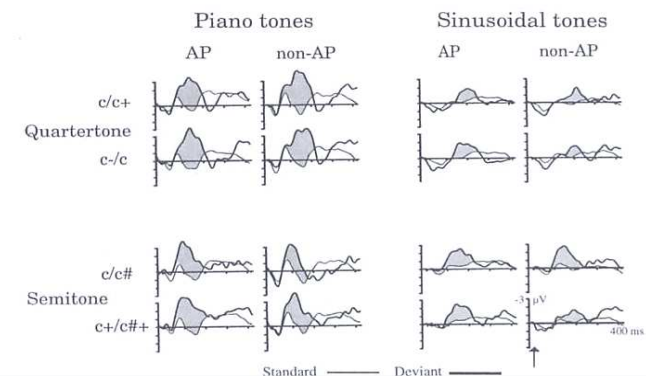




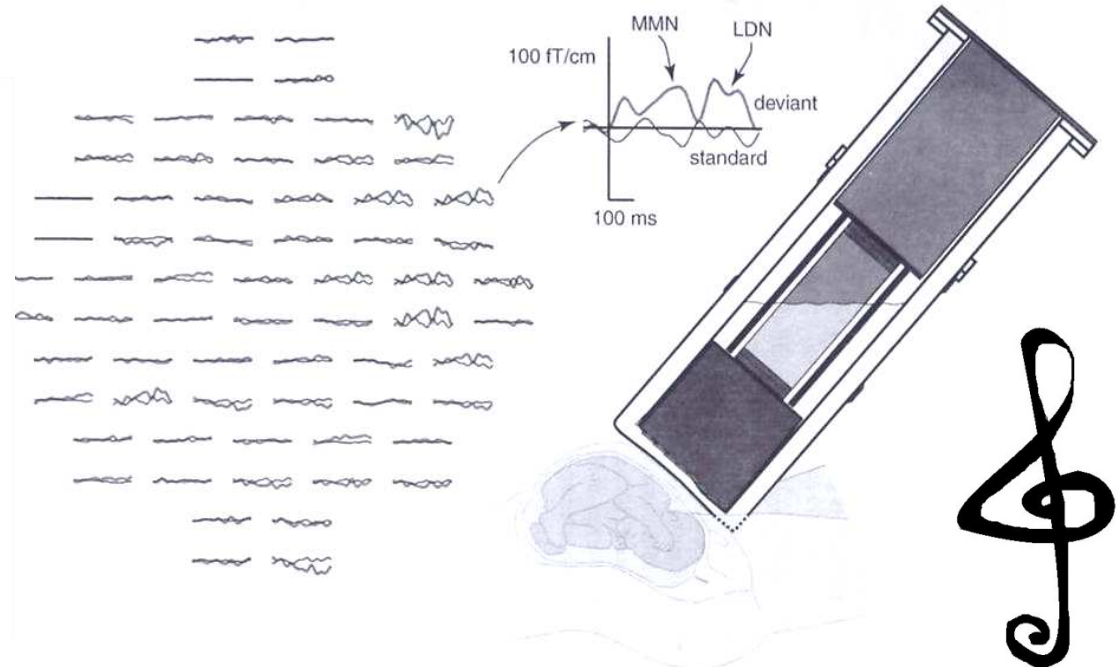
# The Mismatch Negativity Paradigm



- Uno strumento che risponde a questi quesiti è il MisMatch Negativity (MMN) Paradigm, sviluppato più di 30 anni fa: componente di **Potenziale Evocato Acustico Evento-Correlato**, **esprime un indice di similarità tra due rappresentazioni sonore.**
- In altre parole: ***Riflette l'accuratezza delle tracce di memoria neurale nel codificare le caratteristiche dei suoni***



# Change-Related Event-Related Potentials in Infants and Children *Magnetoencefalografia (MEG) in un feto sano:*



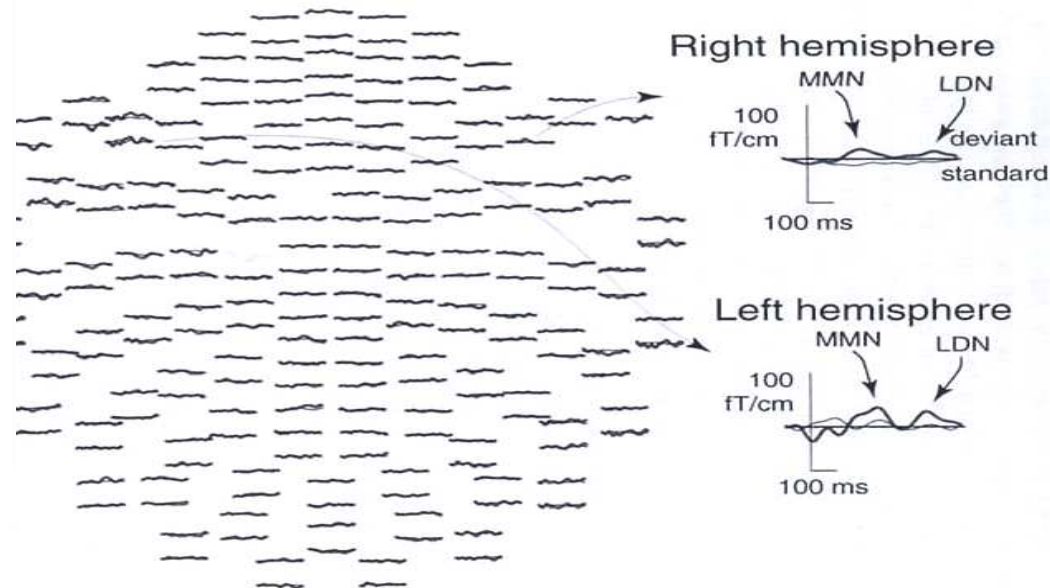
Rilevazione sull'addome della madre.

Magnetometro a 99 canali, registrazioni da 33 posizioni con magnetometro e due gradiometri in ogni posizione.

Risposte dai canali dei gradiometri ai toni standard (in nero) di 500 Hz e toni devianti di 750 Hz sono indicati a sinistra. Canale ingrandito: possibili correlati delle risposte del MMN (MisMatch Negativity) fetale e del LDN (Late Discriminative Negativity)

# Change-Related Event-Related Potentials in Infants and Children Magnetoencefalografia (MEG)

nello stesso soggetto a 3 giorni dalla nascita:



Clinica  
Neurologica



Il cervello risponde alla musica sin dal feto (riposa al ritmo materno), i bambini nascono in qualche modo musicisti (sanno riconoscere note, accordi, scale diverse suonate a distanza di giorni),  
Messaggi di richiamo, sfida o corteggiamento di molte specie animali (quello luminoso delle lucciole o sonoro del cervo e del lupo) è costruito sul ritmo, sul timbro e sulle note.



# NEUROFISIOLOGIA **MEG**

## EARLY RIGHT ANTERIOR

## NEGATIVITY (ERAN)



- **Risposta cerebrale elettrica relativamente precoce:**

**effetto bioelettrico negativo con distribuzione anteriore destra nello scalpo.**

Come per MMN, l'ERAN inverte la polarità a livello della mastoide.

- L'ERAN usualmente è seguito da una negatività frontale tardiva, **N5**.
- L'ampiezza dell'ERAN è massima attorno a 190-250 ms.
- N5 in genera raggiunge il picco di 500-550 ms.

**ERAN e N5 sono stati osservati in musicisti e non-musicisti.**



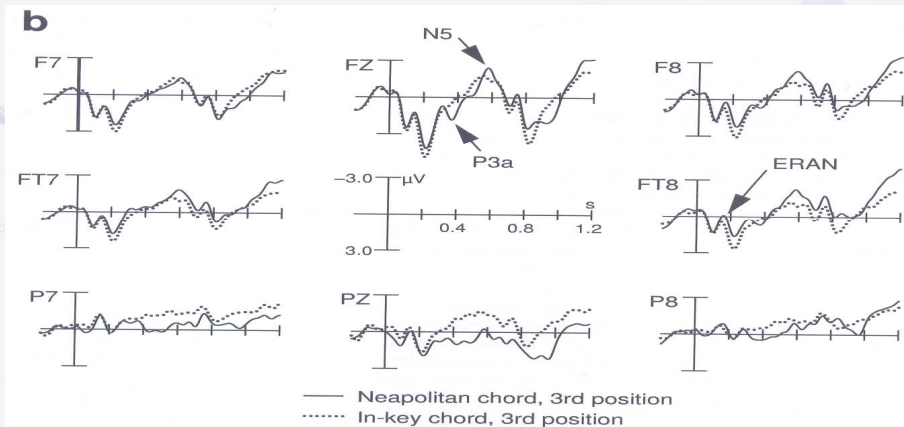
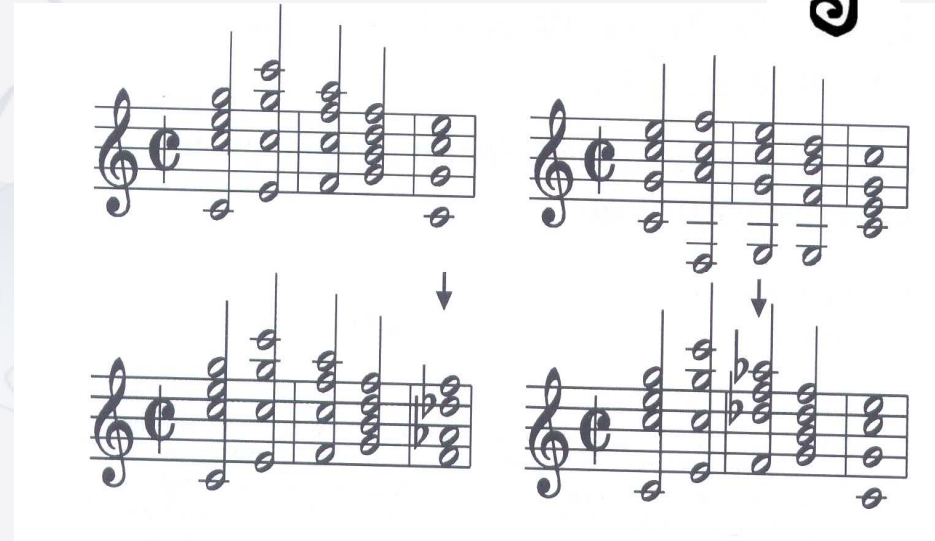
# EARLY RIGHT ANTERIOR NEGATIVITY (ERAN)



- **ERAN: considerata come RIFLESSO DELLA DELLA VIOLAZIONE e DELL'ATTESA DI UNA SONORITA' MUSICALE**
- **Attesa generata in accordo alle regolarità complesse di musica a maggiore-minore tonalità.**
- **I non musicisti acquisiscono queste regolarità durante l'esposizione a musica a maggiore-minore tonalità nella vita di ogni giorno?**

- **Gli effetti degli ERP suggeriscono che anche i non musicisti possiedono una conoscenza sofisticata e implicita riguardo alle regolarità complesse della musica a maggiore-minore tonalità**

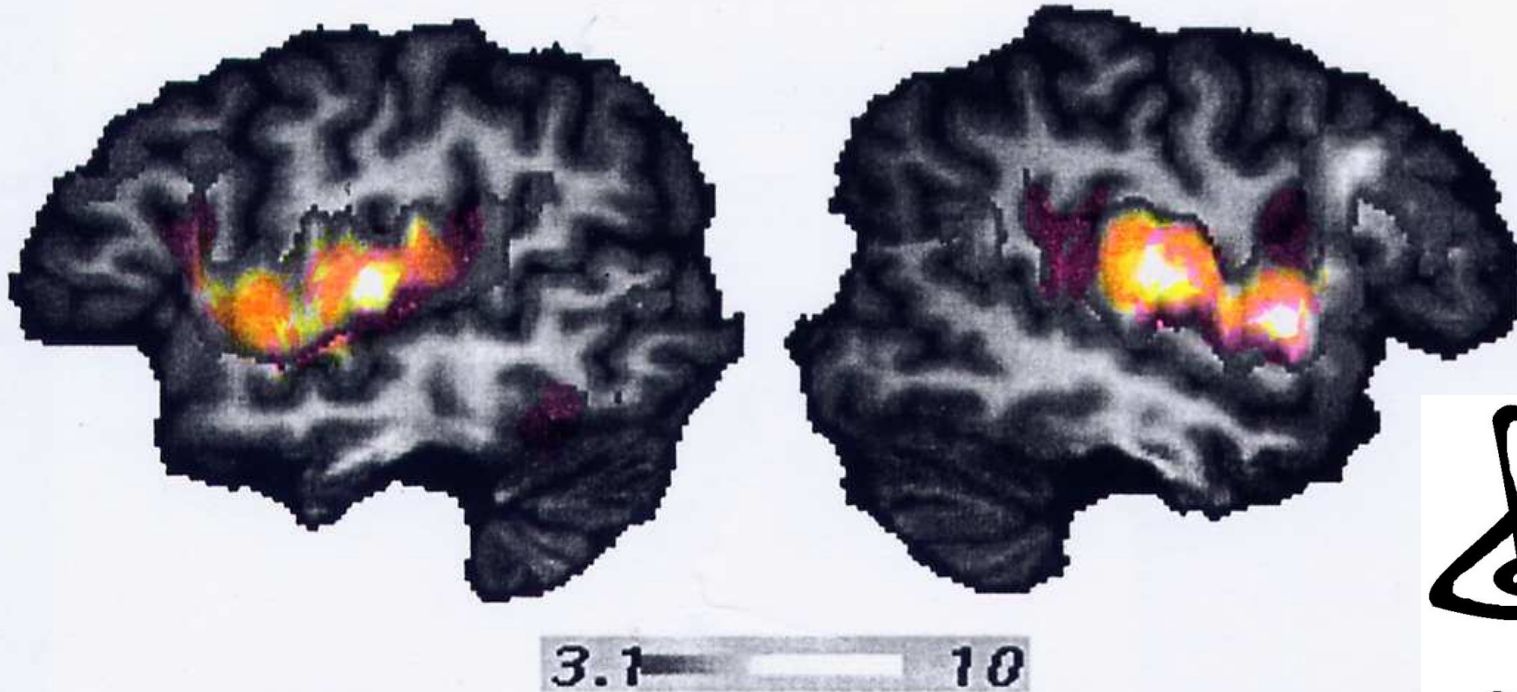
**l'acquisizione delle regolarità musicali come pure la processazione dell'informazione musicale in accordo a queste regolarità è un'abilità comune nel genere umano.**





## Correlati fMRI e MEG

modulations - in-key chords



**L'fMRI concorre nel proporre risultati che indicano una considerevole sovrapposizione di strutture neurali e di processi che sottostanno alla percezione di musica e linguaggio.**

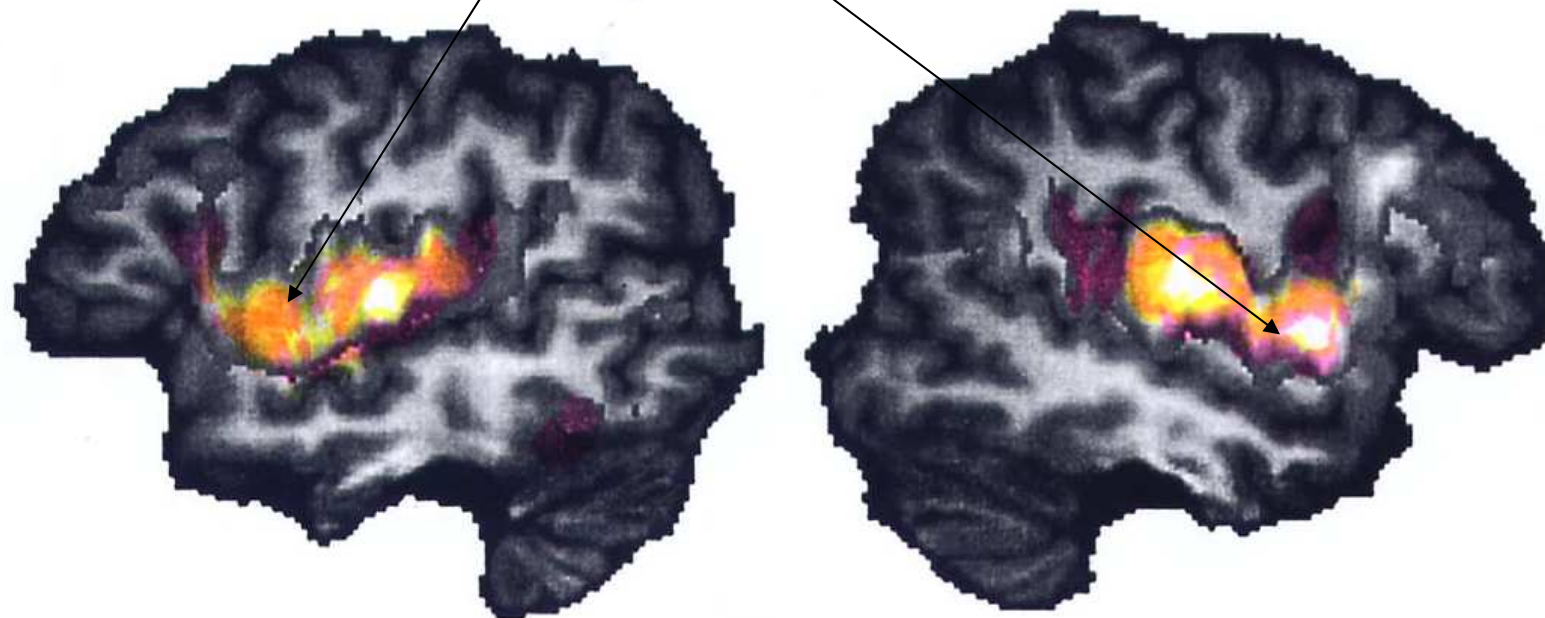


fMRI

**La corteccia frontolaterale inferiore si attiva durante la processazione di stimoli musicali**



modulations - in-key chords



*Correlati fMRI e MEG*

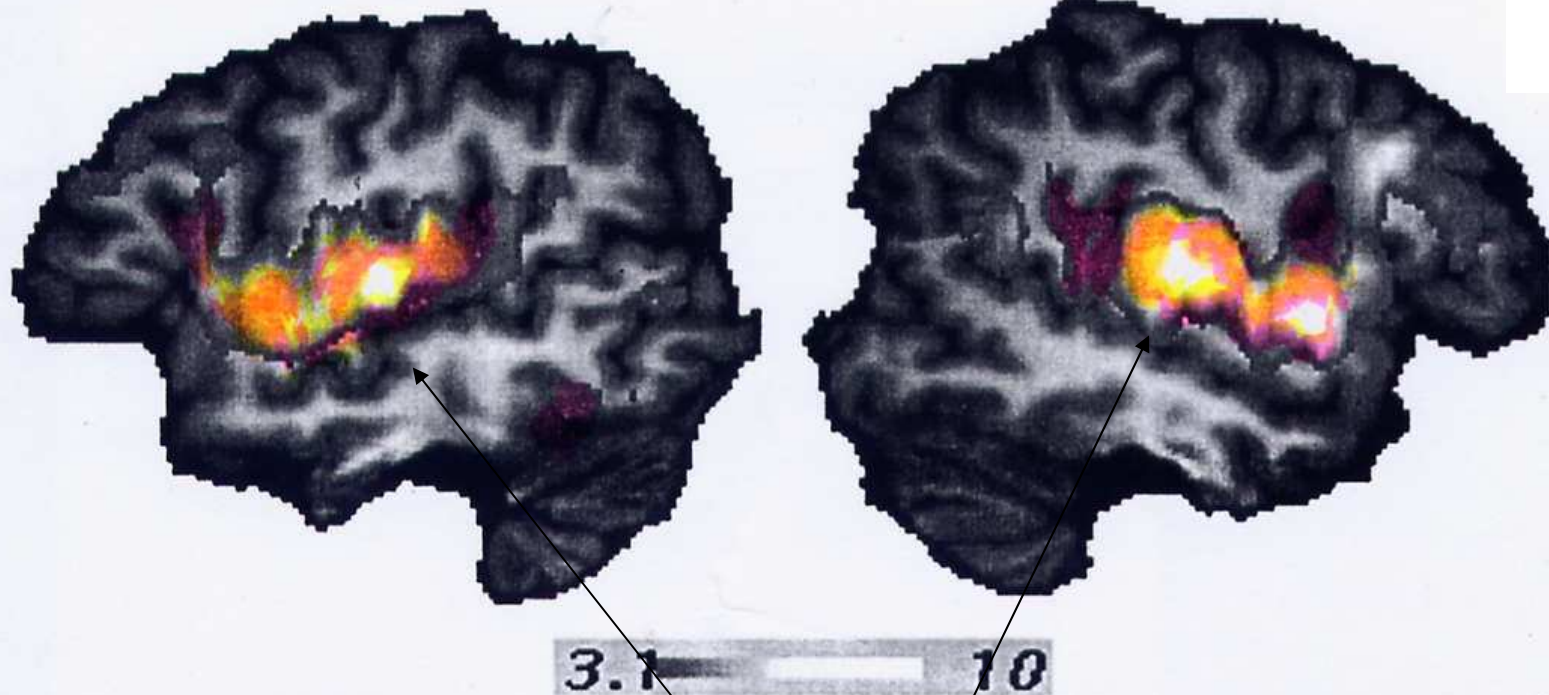
**Mappe parametriche statistiche (nella scala z-scores) delle modulazioni di contrasto verso chords in-key mappate in un cervello.**



# fMRI

modulations - in-key chords

*Correlati fMRI e MEG*



Oltre che le aree fronto-laterali inferiori, si attivano bilateralmente anche **le aree temporali (a sinistra l'area di Wernicke)** per la processazione di eventi musicali strutturalmente inadeguati.

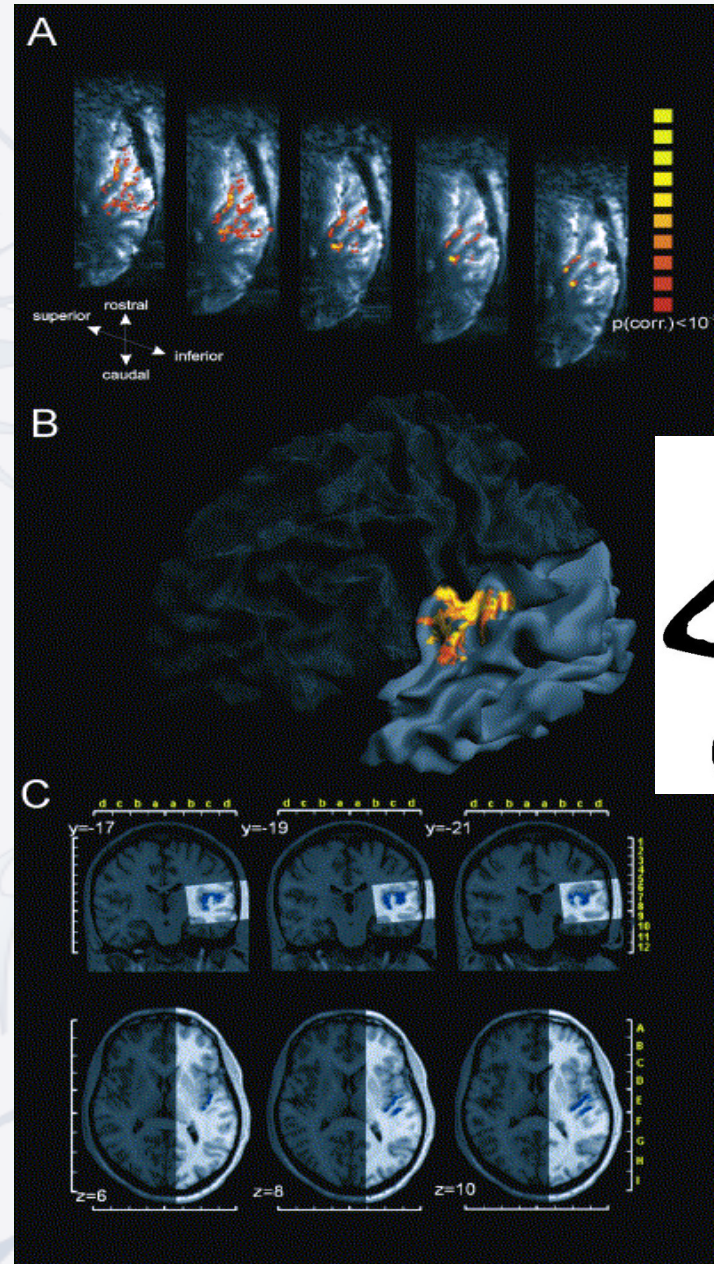
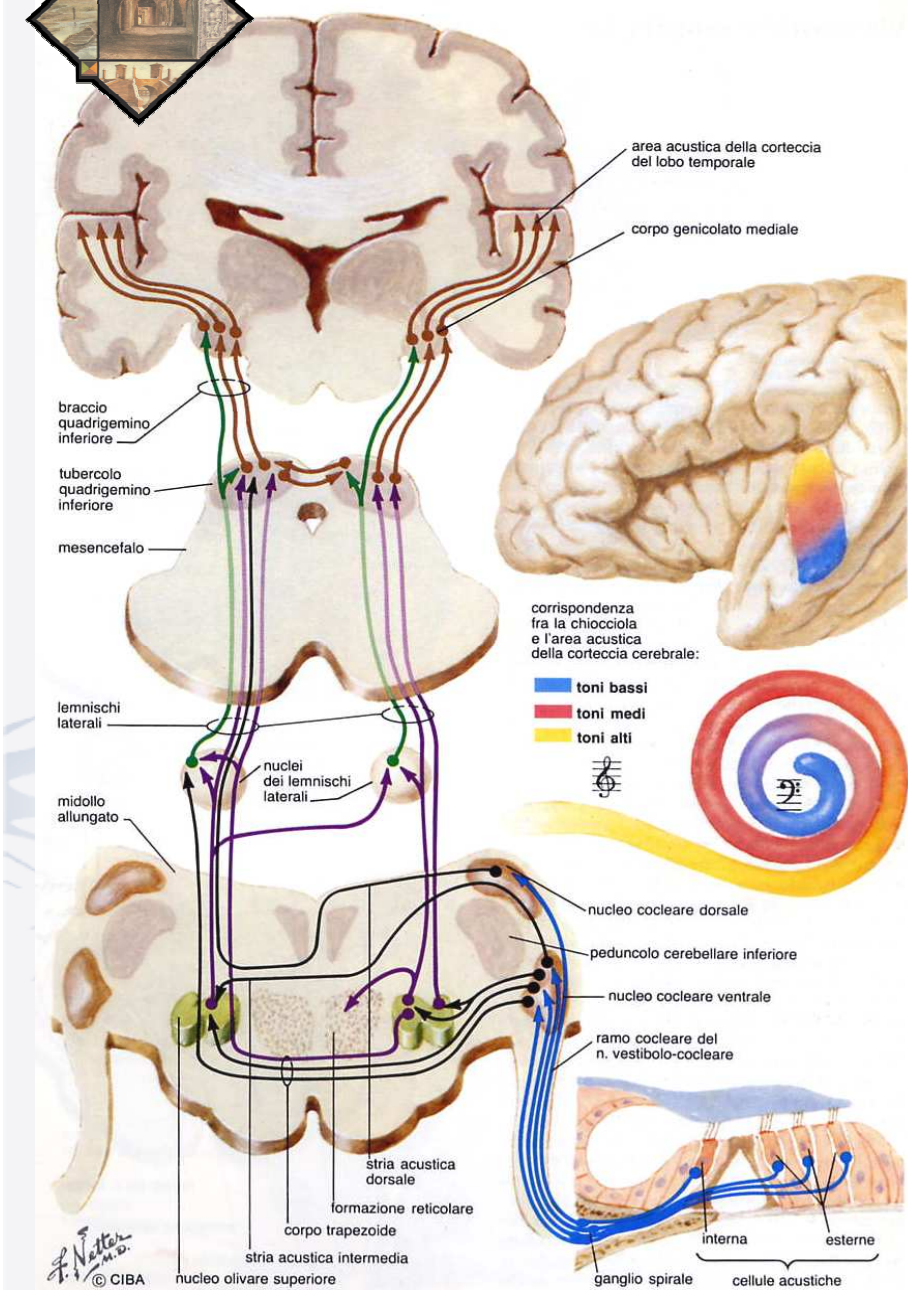


# Cervello e Musica



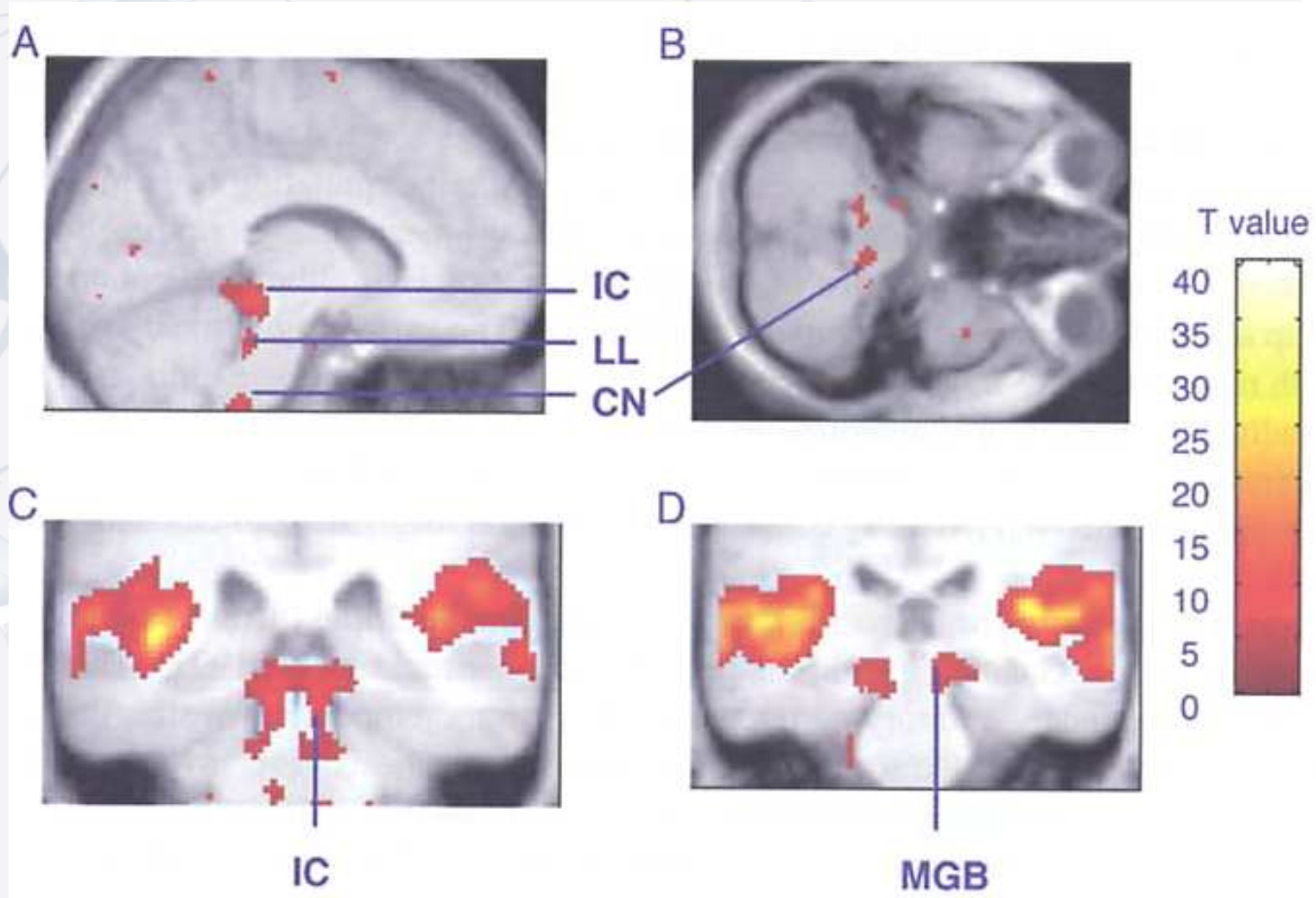
- STUDIO DELLA PATOLOGIA
- MUSICA E LINGUAGGIO
- MEZZI DI ESPLORAZIONE
- **STUDIO DELLE COMPONENTI**
- INFLUENZA DELLE COMPETENZE
- ASPETTI INTERCULTURALI

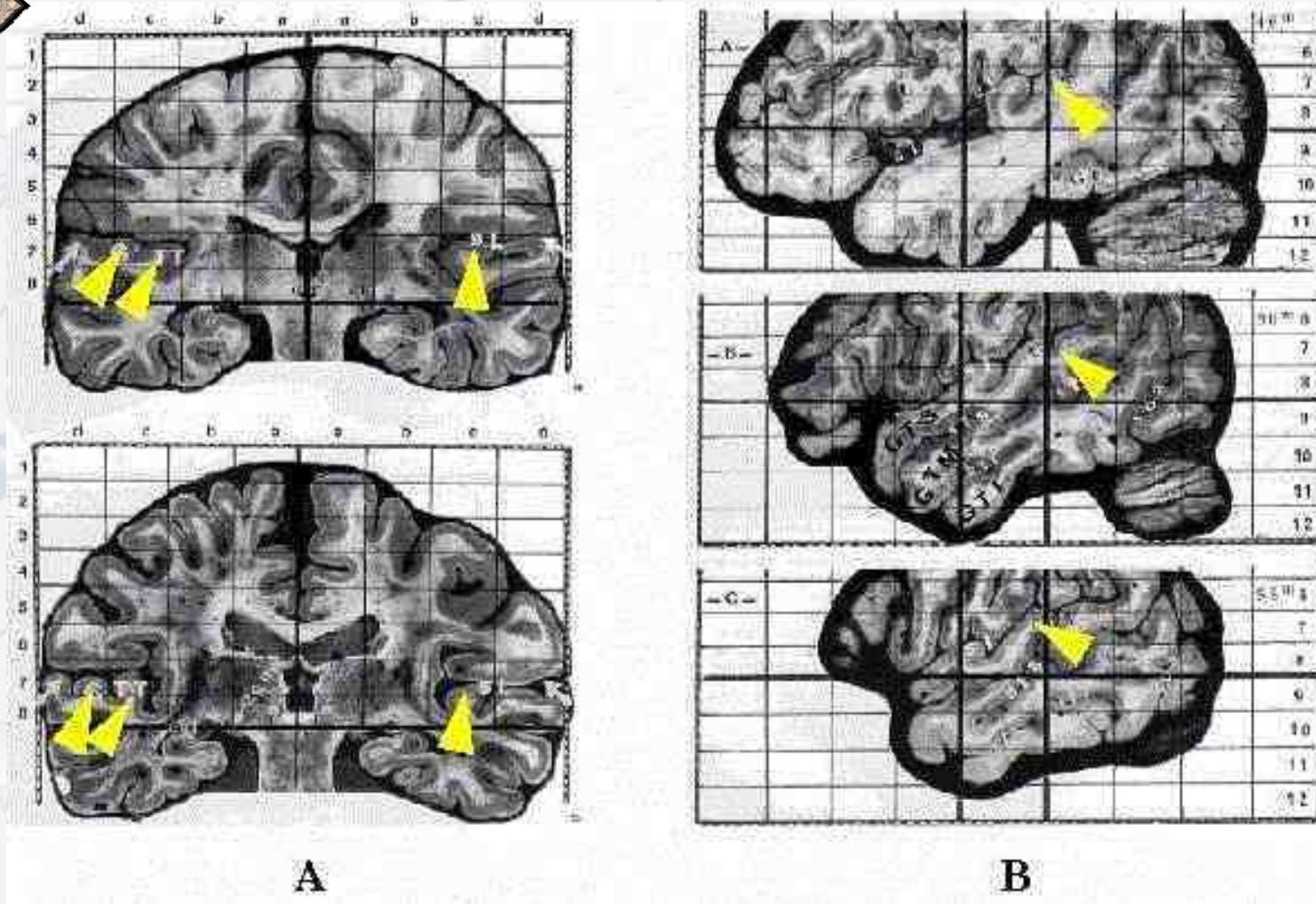
# Mappa tonotopica nel giro di Heschl





# fMRI: attività cerebrale nel sistema acustico ascendente



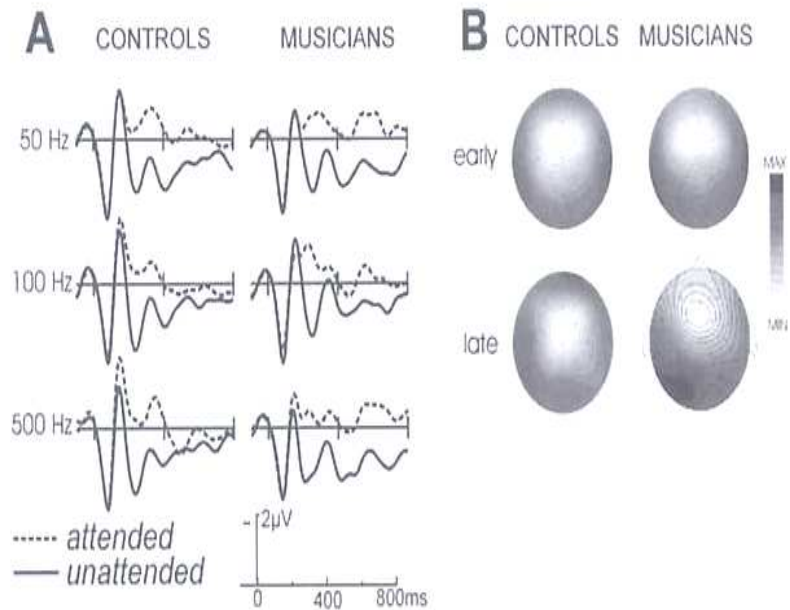


**Coronal (A) and Sagittal (B) views of primary auditory cortex indicated by the yellow arrows.**

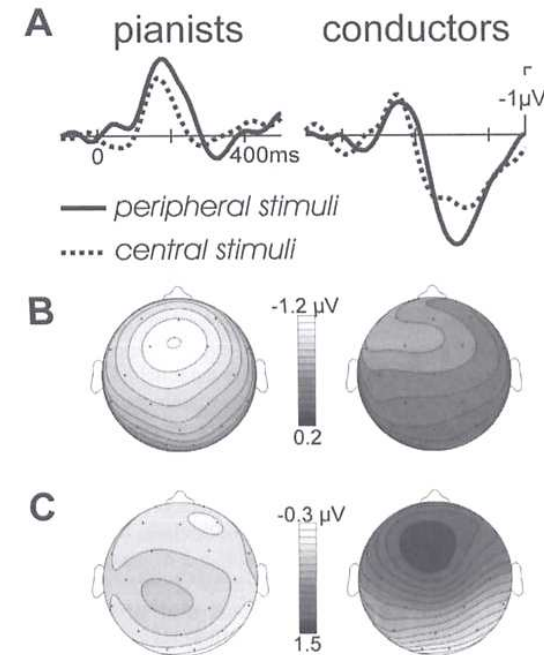
***(Adapted from Talairach and Tournoux, 1993.)***



La necessità di indagare anche le frequenze più gravi ha spinto alla ricerca di stimoli più caratterizzati in frequenza come ad esempio **toni puri di breve durata, con rapidi tempi di attacco e rilascio: TONE-PIP.**



**FIGURE 1.** Group averages for the musicians and controls for the frontal midline site. From about 150 ms onwards, the ERPs to the attended tones are characterized by a more negative waveform in both groups. This effect is more short-lived in the control group, however. The spline-interpolated isovoltage maps show a similar distribution of the early attention effect (250–300 ms) in musicians and nonmusicians, whereas during the 500–750 ms interval a considerably more frontal distribution is observed in the musician group.



**FIGURE 2.** (A) Deviant minus standard difference waves for stimuli coming from the unattended direction (e.g., from the three speakers located to the right of the subject, when the centermost speaker was attended). In pianists, sizable mismatch negativity can be observed. The mismatch negativity (MMN) is somewhat smaller in conductors. However, it is followed by pronounced positivity in this group. (B) Spline-interpolated isovoltage maps illustrating the distribution of the mismatch negativity. A typical frontocentral maximum is observed. (C) Distribution of the positive peak following mismatch negativity. A distribution very similar to the MMN is observed.



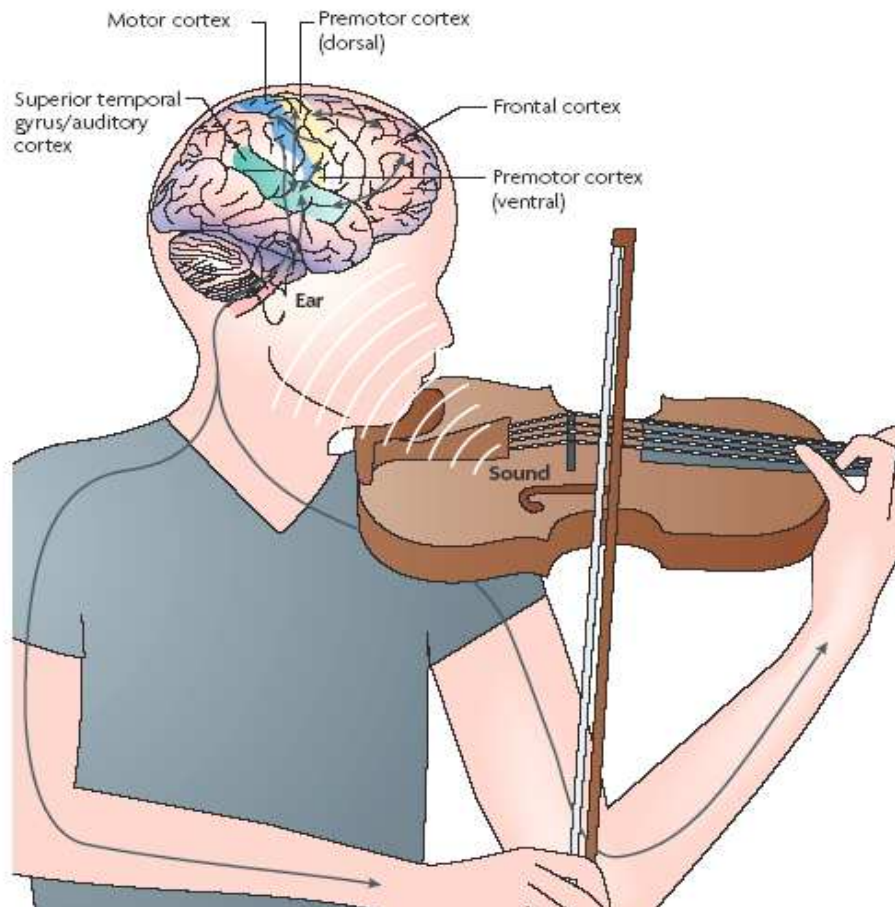
# Cervello e Musica



- MUSICA E LINGUAGGIO
- MEZZI DI ESPLORAZIONE
- STUDIO DELLE COMPONENTI
- **INFLUENZA DELLE COMPETENZE**
- STUDIO DELLA PATOLOGIA
- ASPETTI INTERCULTURALI



# INTERAZIONE UEDITIVO-MOTORIA durante una performance musicale



When the brain plays music: auditory-motor interactions in music perception and production  
Zatorre et al, July 2007  
*Nature Review Neuroscience*

- **Durante l'esecuzione:** sistemi motori controllano i movimenti fini necessari a produrre il suono.
- *Suono processato dai circuiti acustici che a loro volta adattano il sistema motorio per ottenere il suono desiderato.*
- I segnali dalle aree corticali probabilmente influenzano le risposte nella corteccia uditiva, anche in assenza di suono o prima del suono;
- *Viceversa, le rappresentazioni motorie probabilmente sono attive anche in assenza di movimento o di suono.*
- **Stretta correlazione tra meccanismi di produzione e sensorialità acustica.**

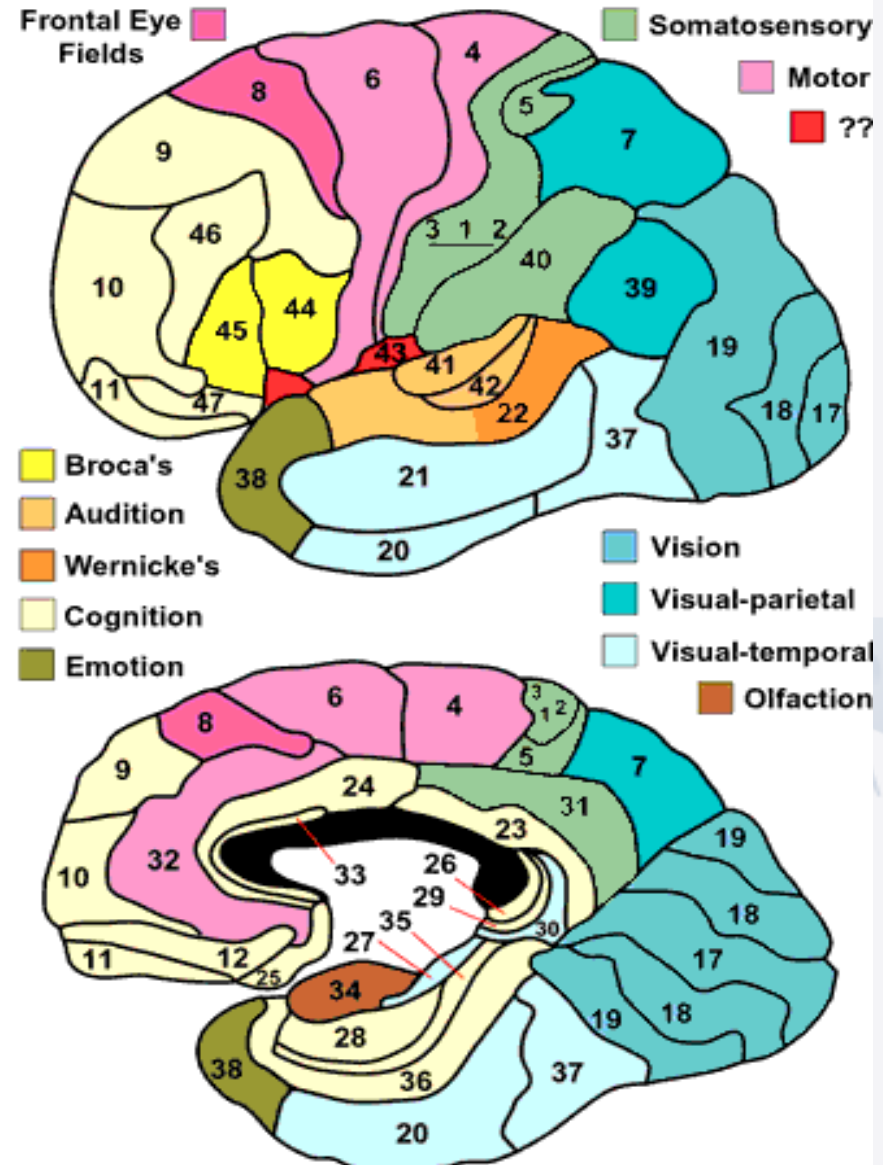




# Produzione musicale: sistemi di controllo motorio



- Tempo
- Sequenze
- Organizzazione spaziale dei movimenti
- **Corteccia PreMotoria dorsale**
- **Area Motoria Supplementare**

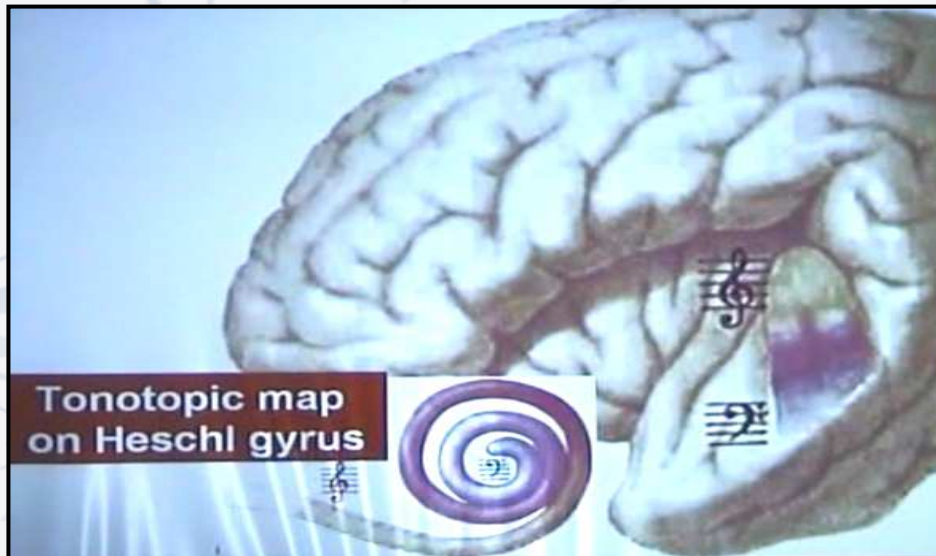




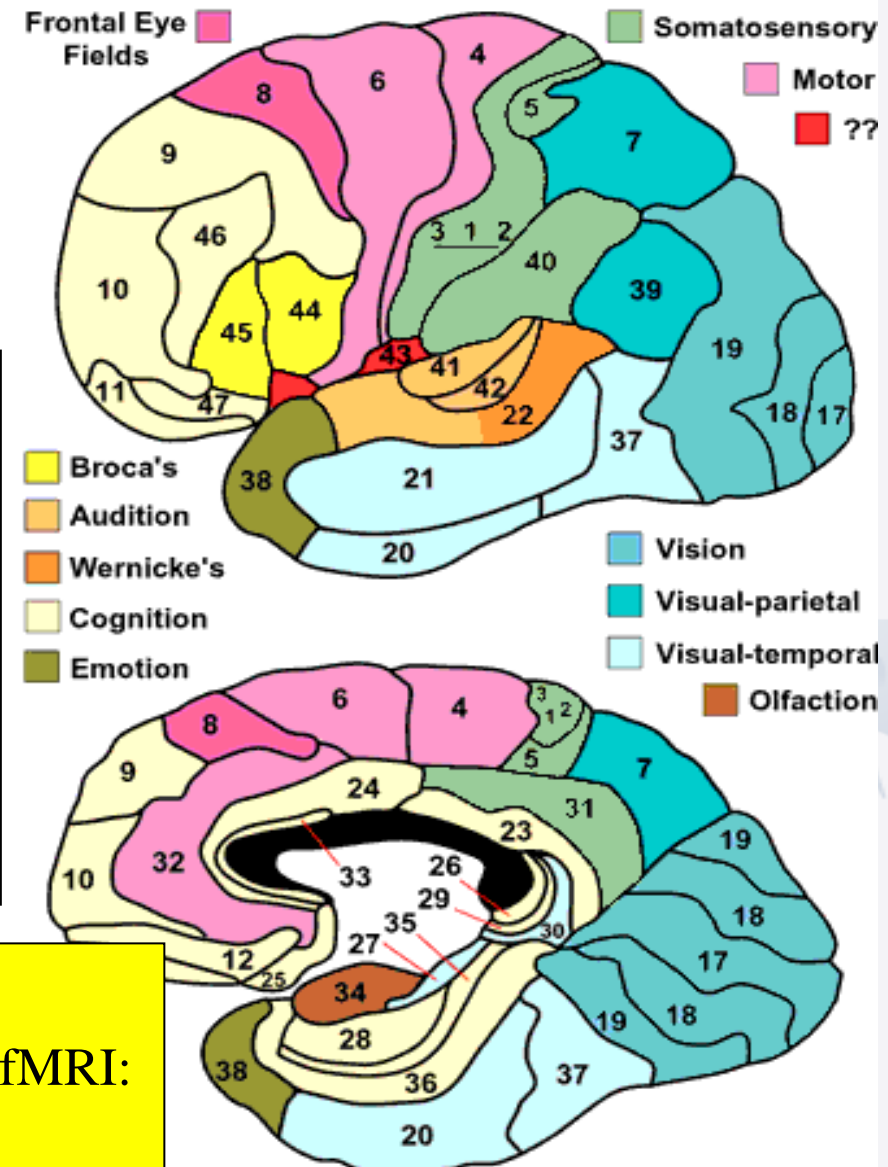
# Percezione musicale: flussi di produzione acustica



- Area acustica primaria
- Giro Temporale Superiore
- Regioni Parietali contigue
- Mappa cocleotopica



Regioni laterali all'area acustica  
primaria per codificare i toni dimostrate con fMRI:  
sistemi gerarchici per codificare



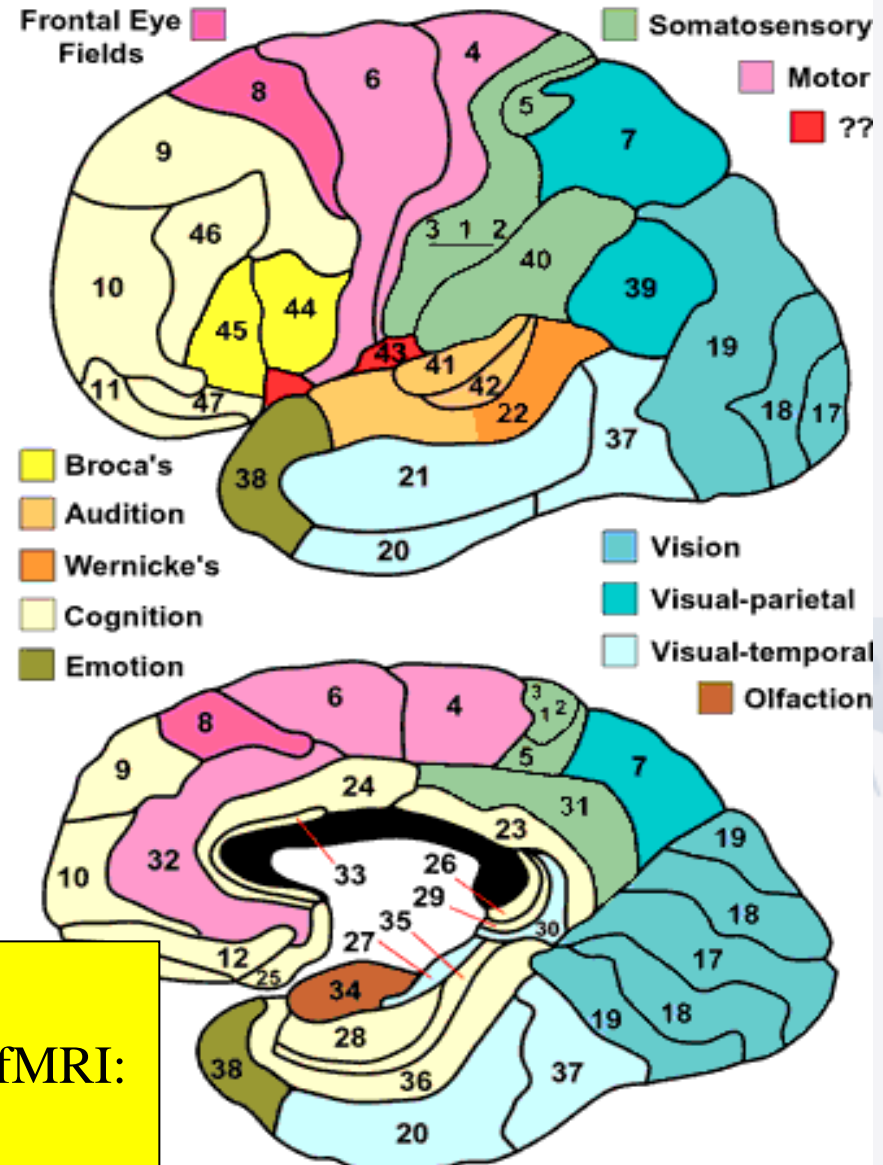
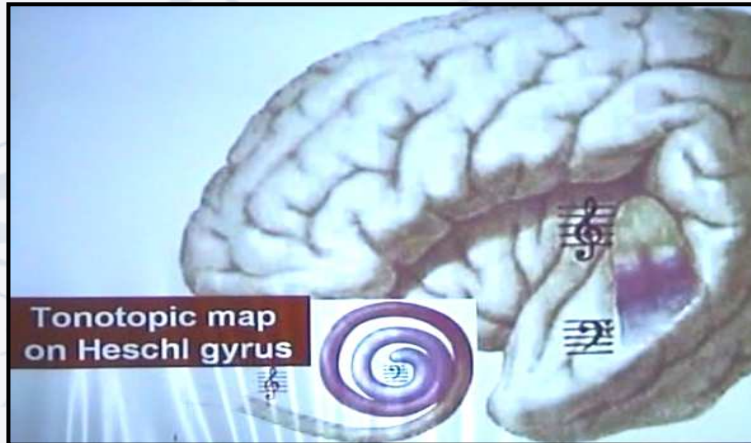


# Percezione musicale: flussi di produzione acustica



## Asimmetria emisferica:

**Lateralizzazione** di risposte corticali all'elaborazione dei toni: sembra favorito l'emisfero destro (*studi neuroimaging*)



Regioni laterali all'area acustica primaria per codificare i toni dimostrate con fMRI: sistemi gerarchici per codificare



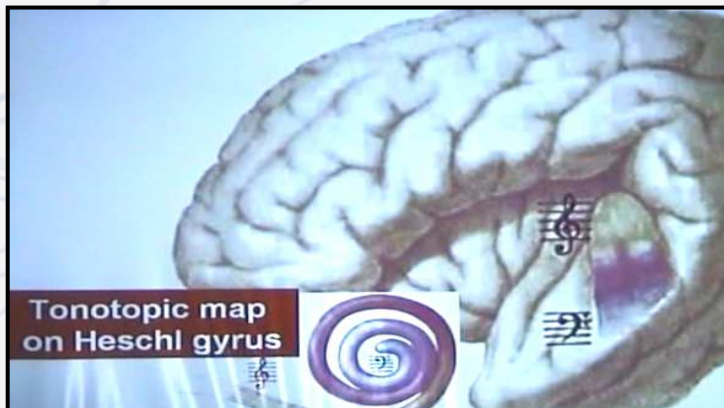
# Percezione musicale: flussi di produzione acustica



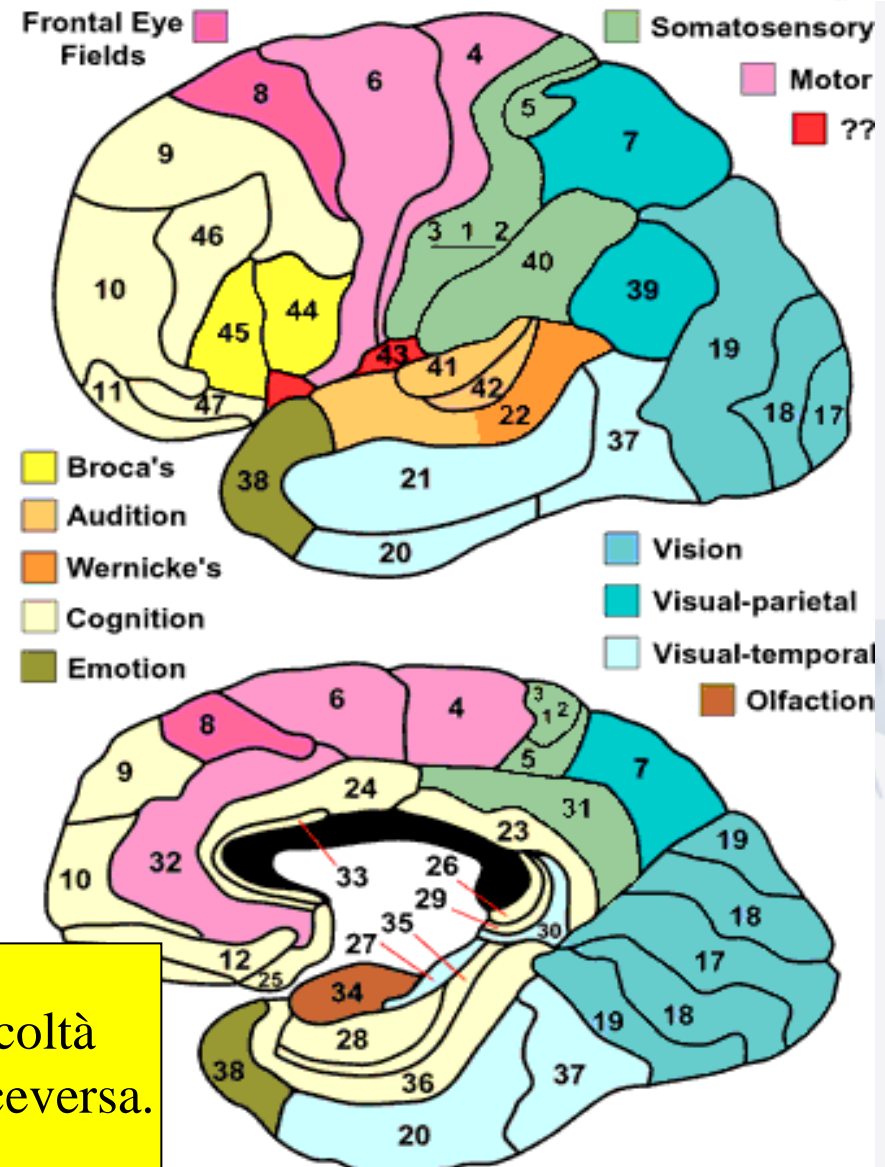
- Ritmo e Toni possono essere percepiti separatamente, ma interagiscono nel creare la percezione musicale.

Implicate regioni acustiche, ma anche

- **cervelletto**
- **gangli della base e**
- **aree premotoria e supplementare**



Tonotopic map  
on Heschl gyrus

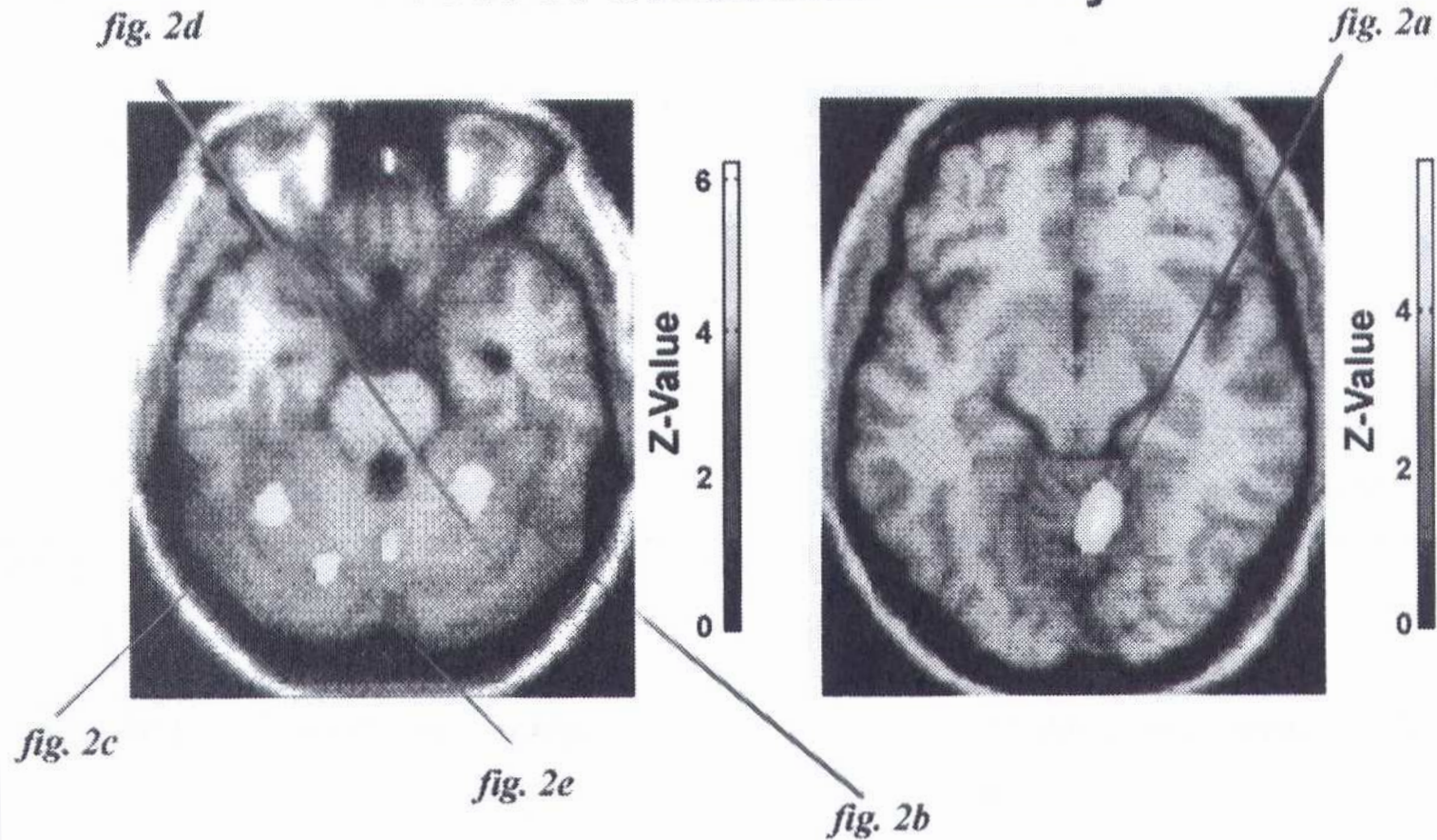


Pazienti cerebrolesi possono dimostrare difficoltà nell'elaborare melodie, ma non il ritmo, e viceversa.



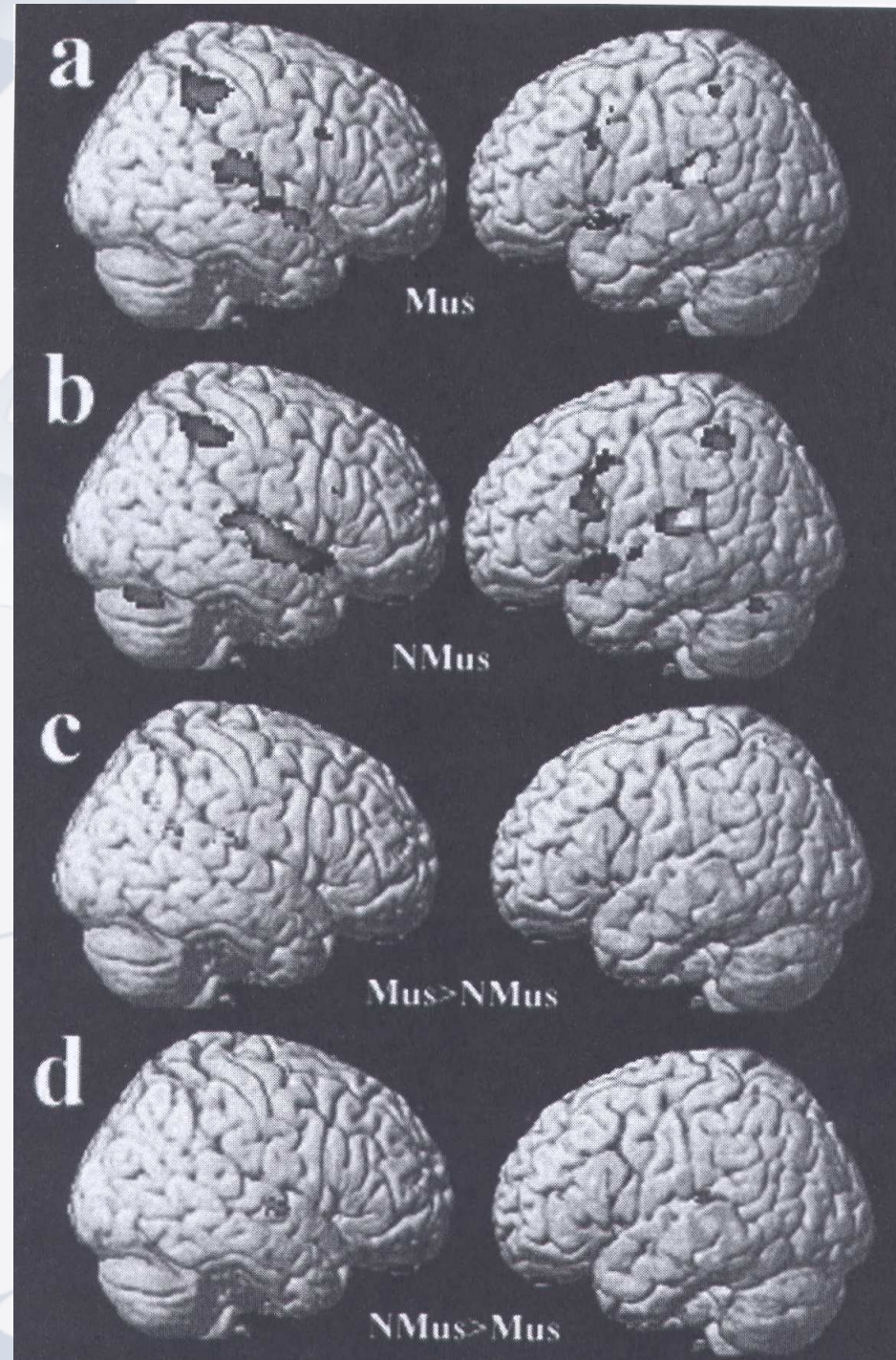
# Foci di attività cerebellare durante sincronizzazione motoria

foci of cerebellar activity



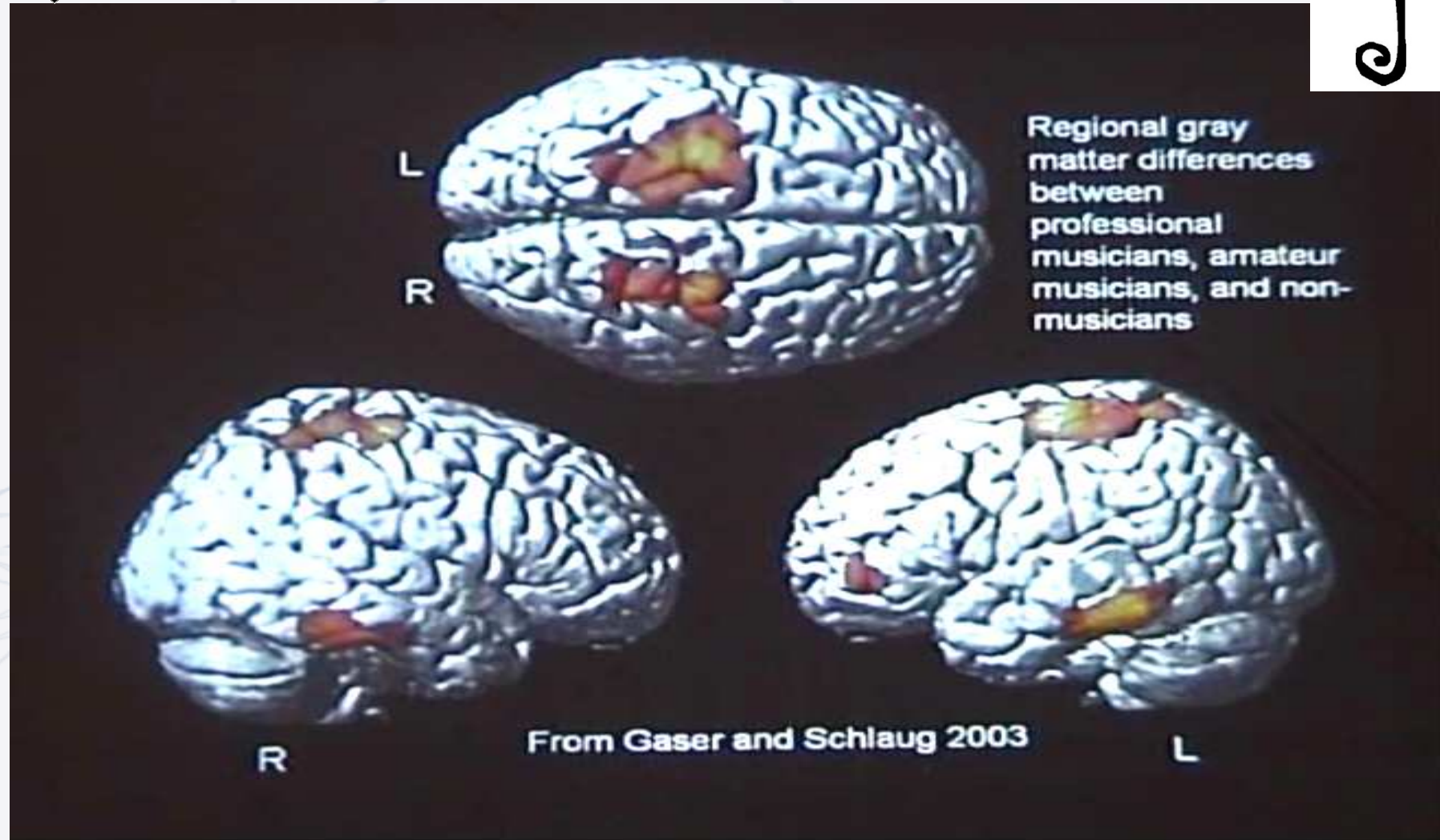


Studi sulle differenti  
attivazioni delle aree  
cerebrali tra non  
musicisti e musicisti  
durante l'ascolto di  
musica





## Stewart et al, 2005 Becoming a pianist



Differenti risposte corticali: **Musicista professionista**



## **Performance musicale:** interazioni uditive-motorie

- La musica ha notevole **capacità di guidare i comportamenti motori** ritmici, metricamente organizzati,
- Interazione concettualizzata in due categorie:



**1) Interazioni feedforward:** il sistema acustico influenza in misura predominante l'esecuzione: esempio effetto della musica nei disordini del movimento:

- *Esempio: fenomeno del tapping to the beat: l'ascoltatore anticipa gli accenti ritmici in un brano musicale.*

- *oppure*

**2) lo stimolo acustico ritmico migliora le capacità deambulatorie nel paziente con morbo di Parkinson.**



**Sono avviati studi su un ruolo di  
NEURONI MIRROR/ECO  
in rapporto alle attività musicali.**



L'ascoltare e il fare musica attivano anche... le  
aree del sistema dei neuroni mirror.

Il processo è facilitato dai movimenti e dai  
gesti alla base della produzione musicale.

*(Overy & Molnar-Szakacs, 2006; 2009;  
Koelsch, 2009; 2010; Wan et al., 2010)*



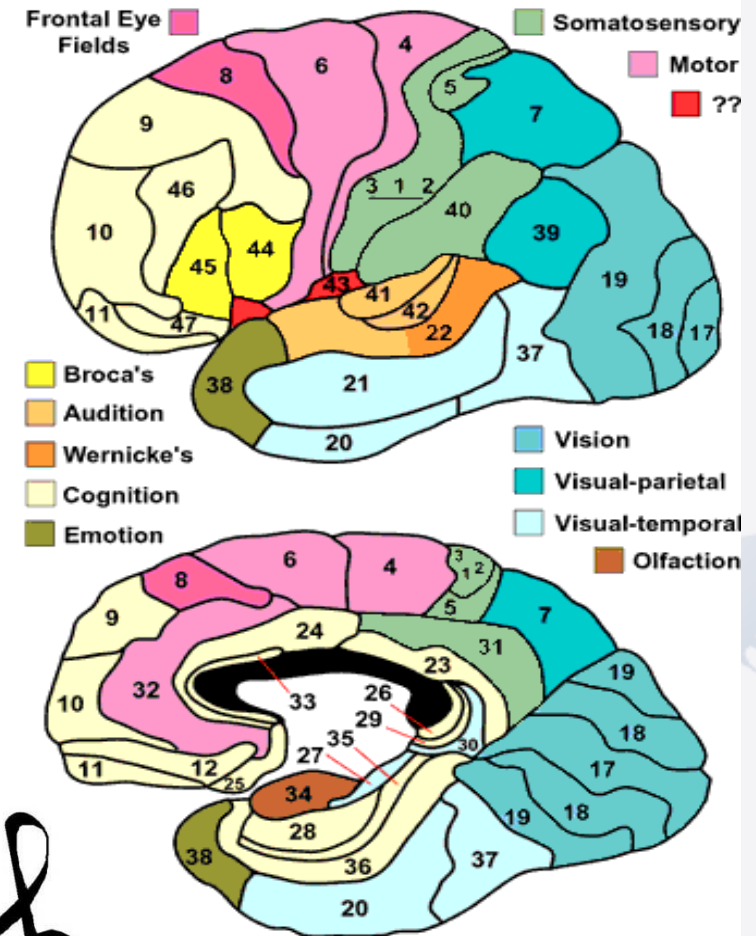
- **NEURONI SPECCHIO (mirror):** classe di neuroni che risponde sia ad azioni che all'osservazione di azioni:
- **questo sistema neurale probabilmente costituisce la base neurale per comprendere un'azione:**

la rappresentazione visiva delle azioni che osserviamo sono mappate nel nostro sistema motorio.

Alcuni neuroni mirror sono attivati anche da suoni prodotti durante l'azione: il sistema acustico può accedere al sistema motorio. **"Eco Neuroni"**: sono in svolgimento molti studi sull'evoluzione del linguaggio focalizzati nell'area di Broca e nella corteccia premotoria ventrale.

**Sono avviati studi su un possibile ruolo di NEURONI MIRROR/ECO in rapporto alle attività musicali.**

## Neuroni mirror/echo e interazioni acustiche-motorie





# Neuroni Mirror e Musica nella Promozione Motoria Adattata e in Musicoterapia

- Ascoltare e produrre musica attiva i sistemi corticali dei Neuroni Mirror.
- Attivazione facilitata da gesti, movimenti (*del trainer – a Ferrara lo specialista in Scienze Motorie*) Il “paziente” che ascolta e/o imita.
- I processi di attivazione in musico-terapia sono probabilmente alla base della produzione sonoro-musicale.

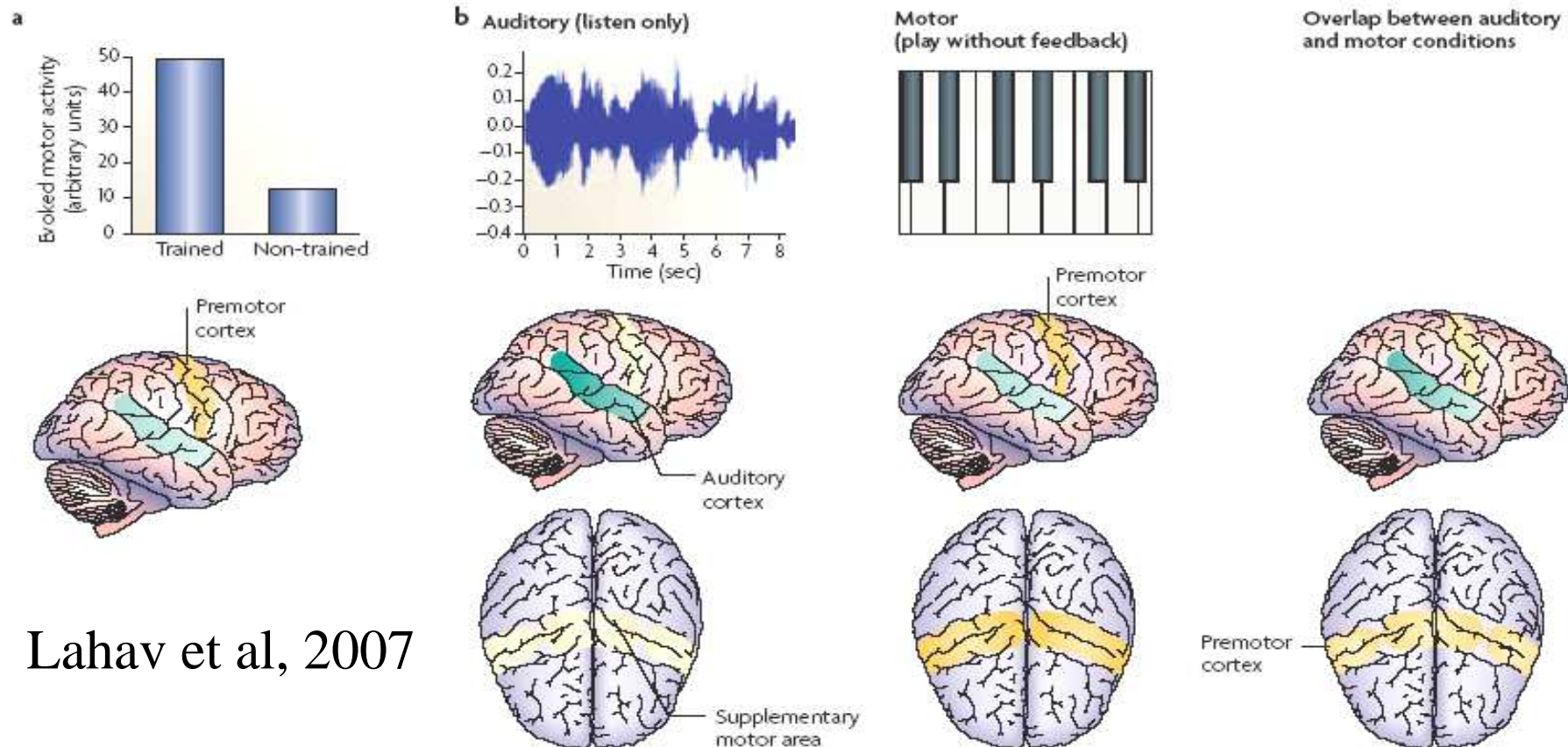


(Overy & Molnar-Szakacs, 2006; 2009; Koelsch, 2009; 2010; Wan et al., 2010)



**Plasticità Neurale:** Persone senza formazione musicale sono addestrate a suonare una semplice melodia

*Dopo il training, all'udire il brano imparato, si registra attività elettrografica anche nell'area premotoria.*



Lahav et al, 2007



**Plasticità Neurale:** Persone senza formazione musicale sono addestrate a suonare una semplice melodia

*Dopo il training, all'udire il brano imparato, si registra attività elettrografica anche nell'area premotoria.*

- L'apprendimento dello studio del pianoforte consente la riabilitazione motoria dell'arto superiore e della mano dell'emiplegico/emiparetico.
- Significativi risultati rispetto a scorrevolezza, velocità, precisione e coordinamento nelle attività manuali.
- *(Inst. Music Physiology and Musician's Section of Neurology, Medicine, University of Music and Drama, Hannover.*



**Plasticità Neurale:** Persone senza formazione musicale sono addestrate a suonare una semplice melodia

*Dopo il training, all'udire il brano imparato, si registra attività elettrografica anche nell'area premotoria.*

- La stimolazione con ritmi uditivi migliora diverse variabili motorie disabilitanti nei cerebrolesi e nei mielolesi:
  - Incremento della lunghezza del passo,
  - Incremento del numero di passi al minuto
  - Incremento della velocità e dell'accelerazione
- *Dpt. of Music and Theatre, Dance, School of the Arts, Colorado State University & Center of Biomedical Research in Music.*



# Mente, Cervello e Musica

- **PSICOLOGIA SPERIMENTALE**
- **PSICOANALISI**
- **ANTROPOLOGIA SOCIALE**
- **PSICOTERAPIA**
- **MUSICOTERAPIA e ATTIVITA' MOTORIA ADATTATA per disordini cognitivi, motori, sensoriali, comportamentali in neurologia**



# IN NEUROLOGIA NEUROPLASTICITA' CEREBRALE E RECUPERO FUNZIONALE



Aumenta nel cervello lesionato

## LIVELLO MICROSCOPICO

- \* alterazioni della matrice extracellulare
- \* struttura delle cellule gliali di supporto
- \* crescita neuronale
- \* apoptosi
- \* angiogenesi
- \* differenziazione cellulare



## LIVELLO MACROSCOPICO

- \* tessuto perilesionale
- \* corteccia omolaterale dell'emisfero non lesionato
- \* siti distanti dalla lesione (diaschisi)

### ESERCIZIO RIABILITATIVO PRECOCE

può attivare le aree di ipereccitabilità plasticità-dipendente  
provocando una riorganizzazione corticale

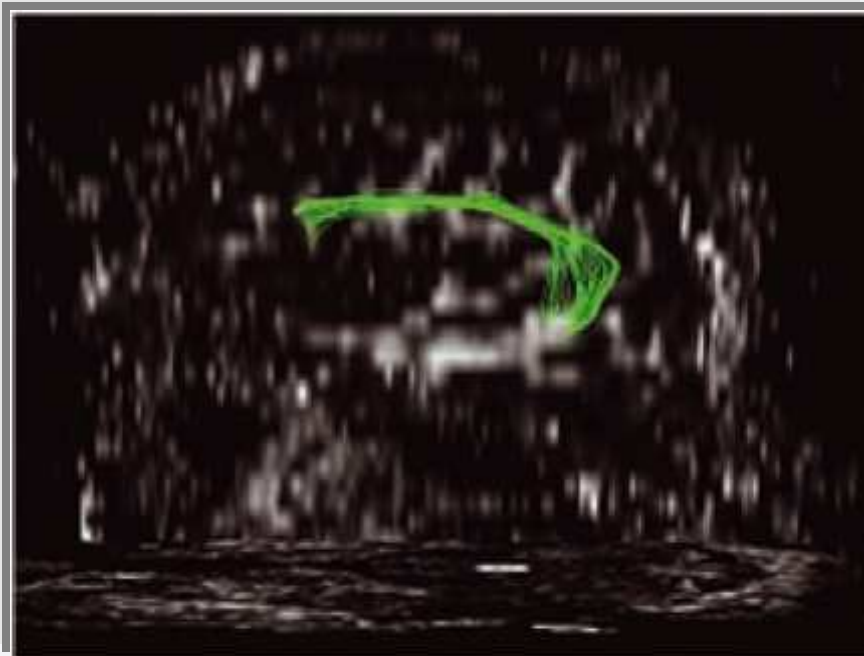


## LA RIABILITAZIONE DELLE FUNZIONI COGNITIVE

### Fibre del Fascicolo Arcuato destro



FASCICOLO ARCUATO dx  
pre-trattamento



FASCICOLO ARCUATO dx  
post-trattamento



Evidence for plasticity in white-matter tracts of patients with chronic Broca's aphasia undergoing intense intonation-based speech therapy. AF: Arcuate Fasciculus *Schlaug G. The Neurosciences and Music III 2009*



# Ascoltare e fare musica attiva funzioni sociali basi dell'uso terapeutico della musica

(Koelsch, 2010)



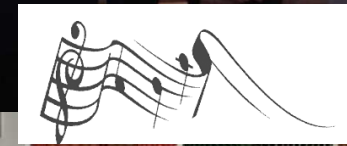
- Contatto, relazione
- Social Cognition (*Steinbeis & Koelsch, 2009; Koelsch, 2009*)
- Condivisione di sofferenza
- Comunicazione (*Trehub, 2003; Fitch, 2006*)
- Coordinazione (*Overy & Molnar-Szakacs, 2009; Patel, 2009; Kirschner & Tomasello, 2009*)
- Cooperazione (*Rilling et al., 2002; Tomasello, 2005*)
- Coesione sociale (*Baumeister & Leary, 1995; Cross & Morley, 2008*)





# Gruppo di Studio e Servizio ProMot Clinica Neurologica

- Luisella Allione
- Giulia Brugnoli
- Ilaria Casetta
- Edward Cesnik
- Giorgio Fabbri
- Patrik Fazio
- Ernesto Gastaldo
- Vittorio Govoni
- Gino Granieri
- Elisabetta Groppo
- Carola Nagliati
- Alfredo Raglio



*Grazie*

