

# MODELLI DELLA PERCEZIONE MUSICALE

## RIDUZIONE DELL'INFORMAZIONE ACUSTICA

### NEUROSCIENZE COGNITIVE

La locuzione **scienze cognitive** (o scienza cognitiva) si riferisce allo studio dei funzioni e **processi cognitivi**, ovvero allo studio dei **funzioni** riguardanti la **mente** e il **cervello**, come la **struttura biologica portatore** e **generatrice** dei **processi del ragionamento**, della **coscienza**, della **memoria** e dell'**intelligenza**.

La locuzione scienza cognitiva, si usa per sottolineare un possibile **aspetto metodologico unitario** tra le scienze cognitive o per auspicarne una rifondazione unitaria.

Attualmente NON è costituita una disciplina singola in grado di occuparsi di tutte le varie sfaccettature della mente; pertanto si parla di scienze cognitive al plurale per raccogliere le tematiche di un'area di ricerca marcatamente interdisciplinare.

Tipici argomenti studiati nelle scienze cognitive includono la **percezione**, l'**attenzione** e la **coscienza**.

### DALLA NEUROPSICOLOGIA ALLE NEUROSCIENZE COGNITIVE

#### FRENOLOGIA

- Le facoltà mentali sono **innate** o **acquisite**
- dipendono per il **funzionamento dalla morfologia cerebrale**
- ci sono facoltà mentali d'ogni genere
- ci sono tanti sotto-organismi cerebrali quante sono le facoltà (dette anche "**forze primitive**")

### **1860-1900**

In studi di caso singolo:

I “**costruttori di diagrammi**” costruivano dei diagrammi teorici delle **funzioni cerebrali** e li confrontavano con i risultati delle **lesioni** nei pazienti:

se il diagramma era **corretto** il paziente doveva comportarsi come il **diagramma lesionato**.

### **1950-1980**

Si prepara la via alla **neuropsicologia cognitivista**:

- nascita delle **scienze cognitive** (AI, Psicol Cogn) .
- riscoperta dei **costruttori di diagrammi** (N. Geschwind, le sindromi ad disconnessione, i casi singoli).
- impatto di altre discipline (Luria, Jakobson e la linguistica, Goodglass e la scuola di Boston) .
- psicologi sperimentali diventano **neuropsicologi** (Baddeley, Warrington).

### **1970-?**

- **Neuroscienze cognitive** (vari eventi: convegno di Boston primi anni '50;) European Workshop on Cognitive Neuropsychology).
- **Modularità** (Fodor 83, Marr, 82)
- Il modello di **lettura a due vie** (la scuola inglese di neuropsicologia)
- **Connessionismo**
- **Nuove tecniche** di neuroimmagine

## NEUROSCIENZE COGNITIVE

Capire dove, quando e come nel cervello si verificano i processi cognitivi.

Utilizza diverse **tecniche non invasive** per studiare il **funzionamento del cervello**, al fine di **comprendere l'attività cognitiva umana**.

## IL CERVELLO

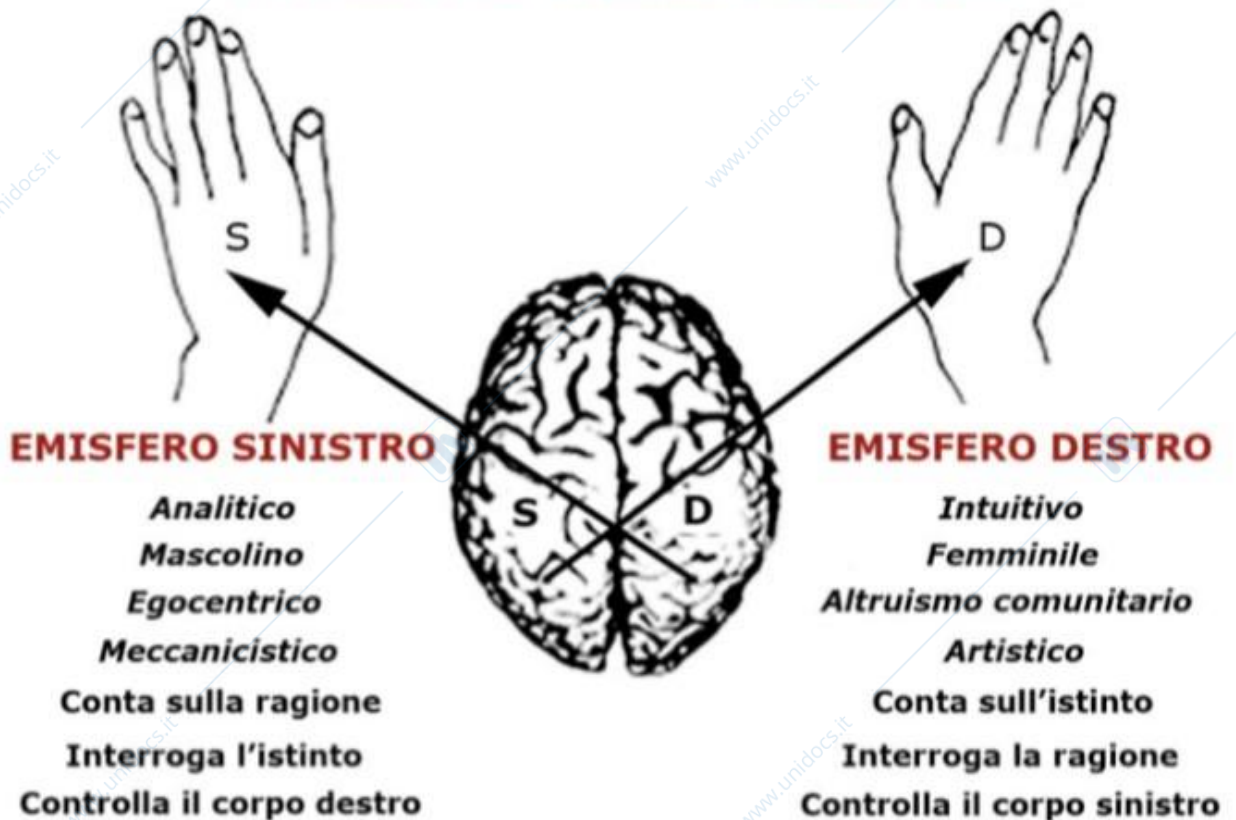
- Cervello sviluppato a partire da **nucleo antico + corteccia**.
- **Cervello primitivo** = funzioni automatiche e viscerali, affettività, desiderio sessuale, fame e altri istinti
- **Ipotalamo** = emozioni e istinto
- **Corteccia** **INIBISCE** il **cervello primitivo**, **INTEGRA** la **percezione del mondo esterno**, è SEDE del **pensiero, coscienza, riflessione, CONTROLLA l'attività motoria volontaria** e **COORDINA** anche quella **viscerale**.
- **Emisfero SINISTRO** :  
linguaggio, ordinamento lineare nel tempo, pensiero analitico e funzioni razionali e cognitive. Tende a **discriminare** più che a percepire le somiglianze.
- **Emisfero DESTRO**:  
**processi e ordinamenti NON lineari ma spaziali**: geometria, morfologia, funzioni non verbali, tattili, coscienza musicale, percezione artistica, similitudine, poetica.  
Sede delle **funzioni unificanti, dissoluzione delle differenze, della percezione gestaltica**.  
Ascoltare musica, danzare, modellare materiali  
Attività creative, intuizione, linguaggi non verbali, danza.

## IL CERVELLO: COMPLESSITA'

- Circa **100 miliardi di neuroni**.
- Ogni neurone è connesso ad altri (fra 1000 e 10000).
- Il numero di connessioni possibili per n neuroni è  $2 \cdot (n \cdot (n-1) / 2)$
- 2 neuroni = 2 possibilità
- 3 neuroni = 8 possibilità
- 6 neuroni = 32768 possibilità
- Il **potere computazionale** del cervello deriva da questa enorme possibilità di **interconnessioni** e dal fatto che i processi avvengono in **modo parallelo**.

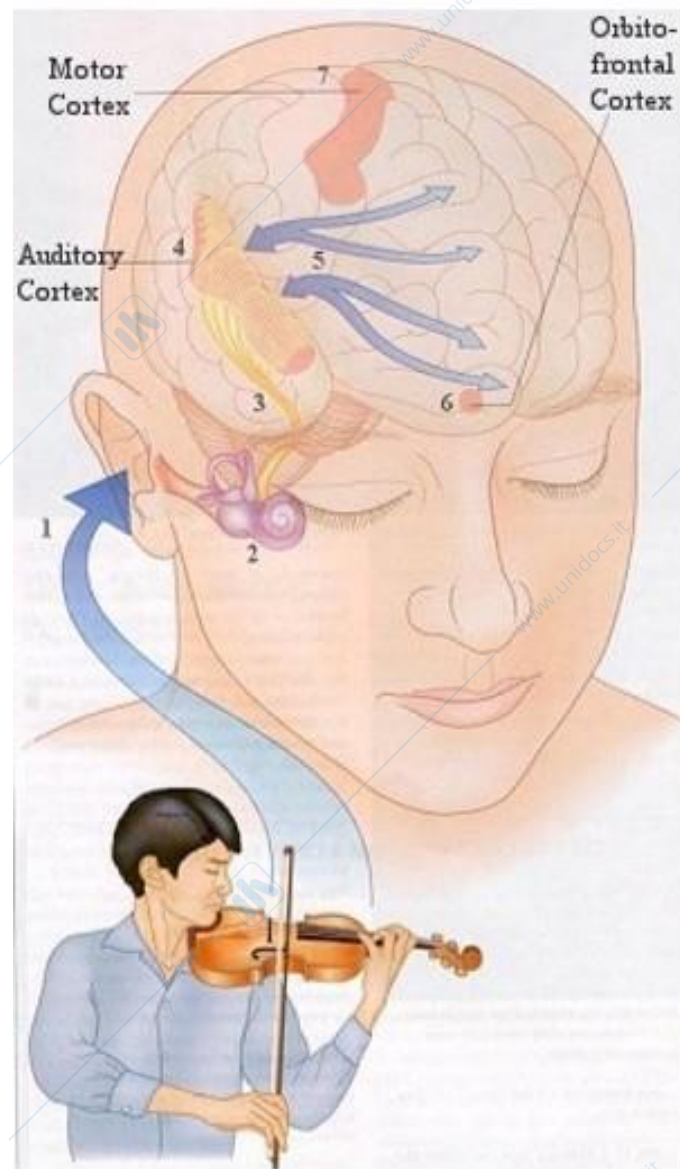
# Il Cervello

## FUNZIONI DEGLI EMISFERI



## SPECIALIZZAZIONE FUNZIONALE PER IL PROCESSO DELLA MUSICA NEL CERVELLO

- Negli **adulti** sono presenti dei **sistemi neuronali specifici** per processare la **melodia** l'**armonia** così come la **struttura** e il **significato** che emergono dalle sequenze musicali;
- Il cervello del **bambino** mostra una **specializzazione emisferica destra in musica** già dalle prime ore post-natali;
- L'**architettura neurale** che presiede all'**elaborazione musicale nei neonati** è **sensibile ai cambiamenti in chiave tonale, alle consonanze e dissonanze.**



## SPECIALIZZAZIONE FUNZIONALE PER LA PERCEZIONE DELLA MUSICA NEI NEONATI

- Negli **adulti**, sono presenti **sistemi neurali specifici** con ponderazione emisferica **destra** per elaborare il **pitch**, la **melodia** e l'**armonia** nonché la **struttura** e il **significato** che emergono dalle sequenze musicali.
- Non è noto **in che misura** la specializzazione di questi sistemi derivi da un'**esposizione a lungo termine alla musica** o da **vincoli neurobiologici**. Un modo per affrontare questa domanda è quello di **esaminare come questi sistemi funzionano alla nascita**, quando l'esperienza uditiva è **minima**.
- Utilizzando l'**MRI funzionale** per misurare l'attività cerebrale nei neonati da 1 a 3 giorni, mentre hanno sentito estratti di **musica tonale occidentale** e **versioni alterate** degli stessi estratti si è visto che la **musica** ha evocato **attivazioni prevalentemente destra-emisferiche** nella **corteccia uditiva primaria** e **superiore**.
- Durante la presentazione dei **frammenti alterati**, le **risposte emodinamiche** sono state significativamente **ridotte nella corteccia uditiva destra** e **attivazioni** sono emerse nella **corteccia frontale inferiore sinistra** e nelle **strutture limbiche**.
- Questi risultati dimostrano che il **cervello infantile** presenta una **specializzazione emisferica nella elaborazione della musica** fin dalle **prime ore postnatali**. I risultati indicano inoltre che l'**architettura neurale, che sottende l'elaborazione musicale nei neonati**, è **sensibile ai cambiamenti nella chiave tonale**, nonché alle differenze di **consonanza** e di **dissonanza**.

## L'ORECCHIO ASSOLUTO (innato, non si acquisisce)

Recenti test hanno affermato:

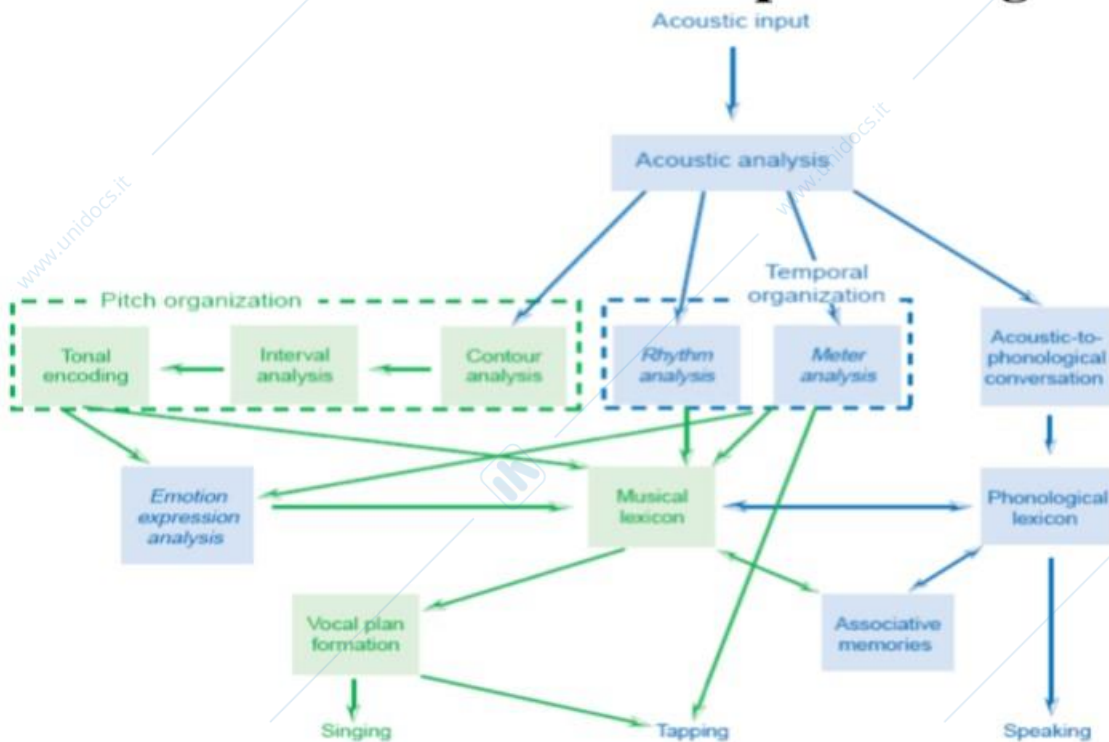
- l'esistenza di **origini genetiche** o **neurali** alla base di quest'abilità.
- l'esistenza di **fattori ambientali** come i **metodi di insegnamento** in grado di favorire il **mantenimento** e lo **sviluppo dell'abilità**.
- la coerenza della teoria evuzionista con la natura dell'orecchio assoluto, una natura imperfetta, primitiva, difficilmente modificabile che è stata via via sostituita da una **forma percettiva più efficiente** : **l'orecchio relativo**.

## MUSICA E COGNIZIONE

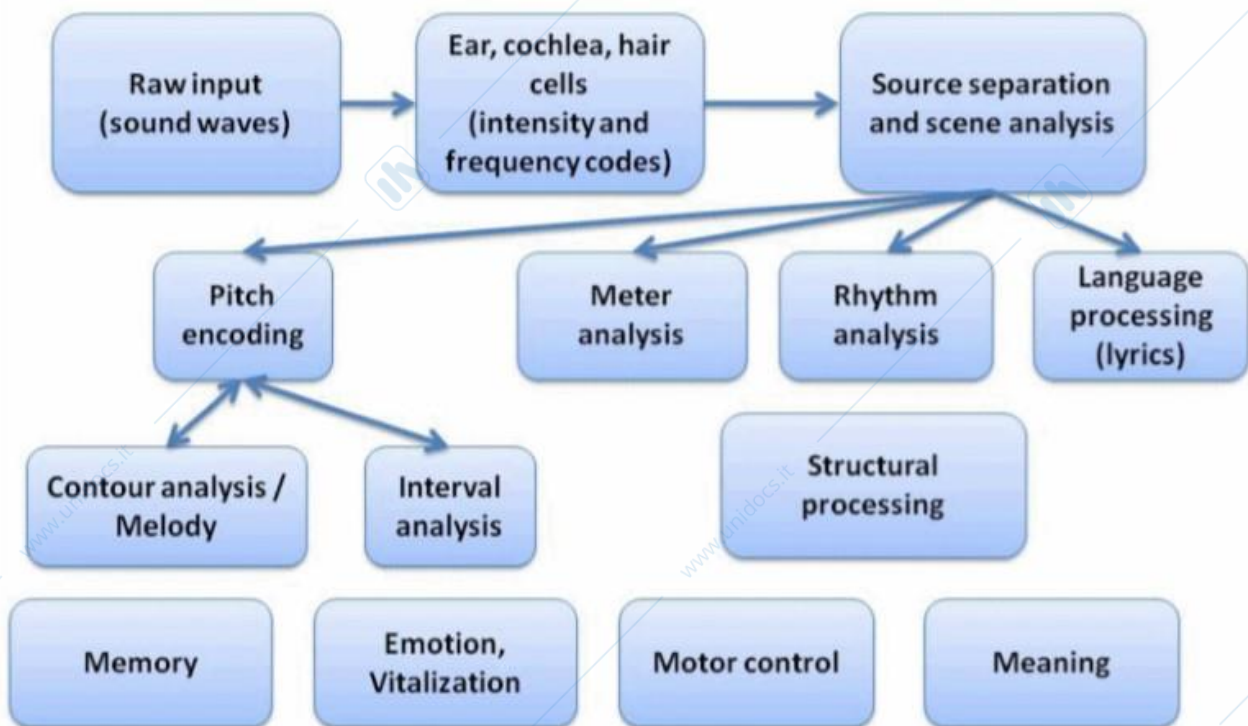
La musica non è un'entità monolitica che una persona ha e un'altra non ha.

...

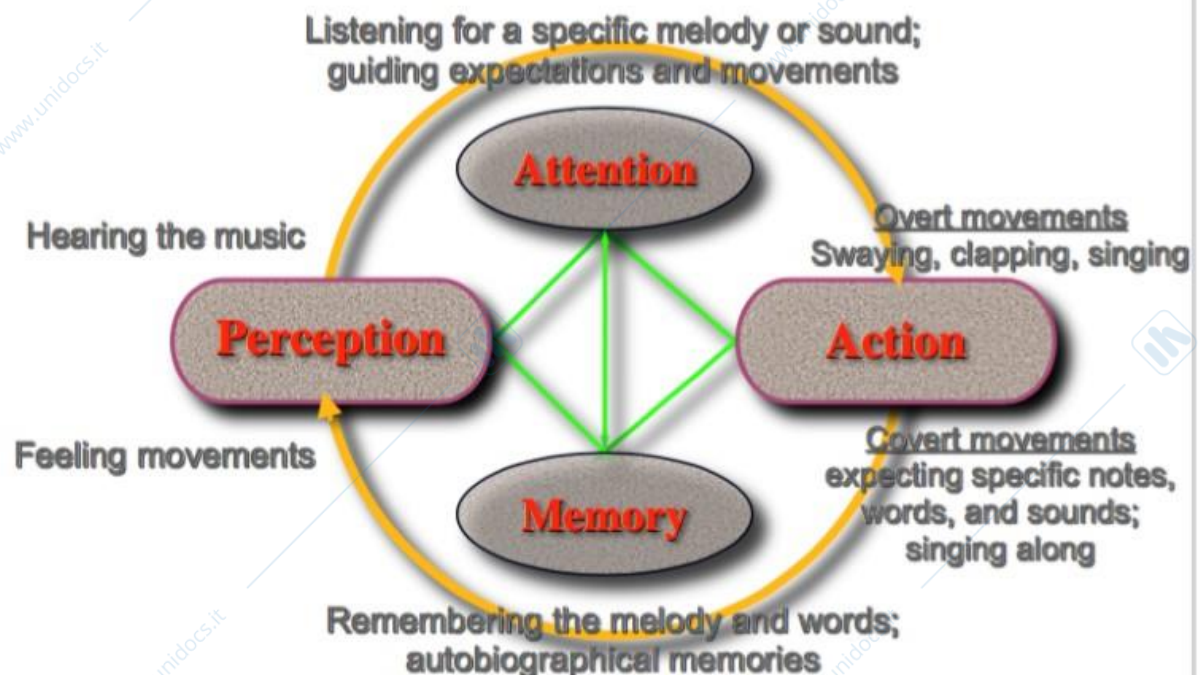
## Modular model of music processing



# Modular model of music processing



## Perception - Action Cycles



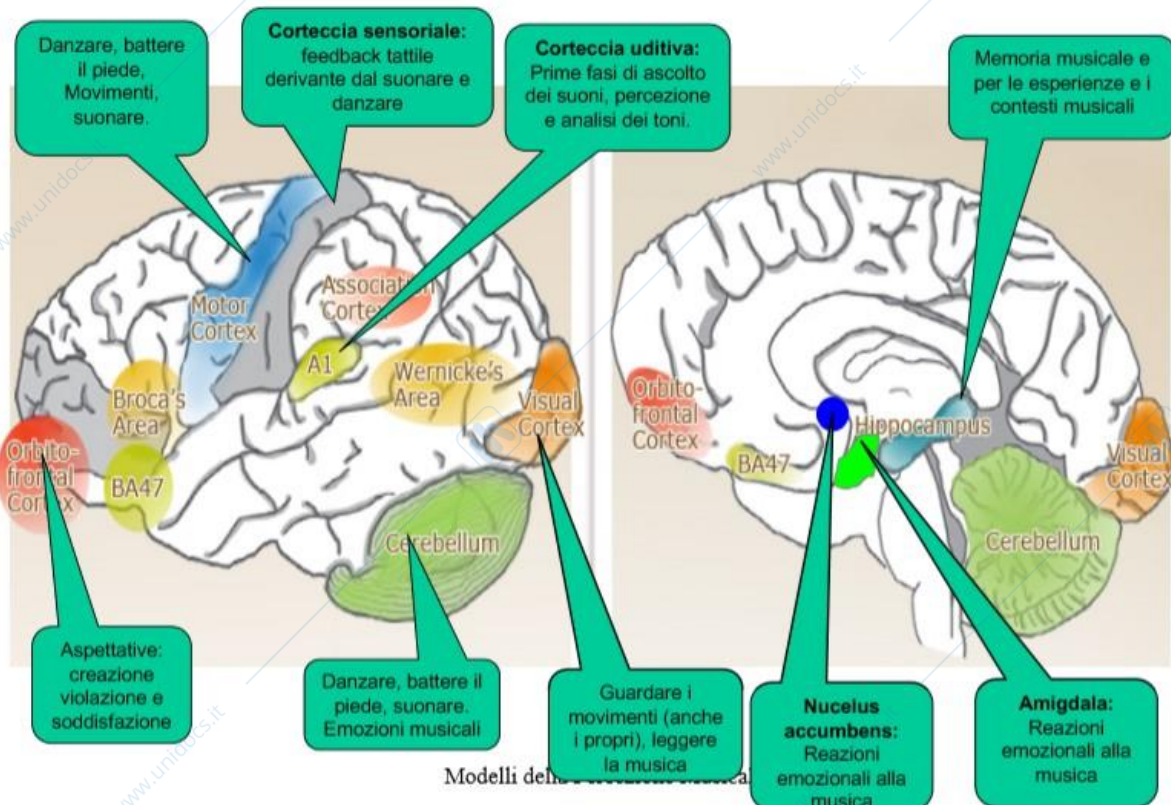
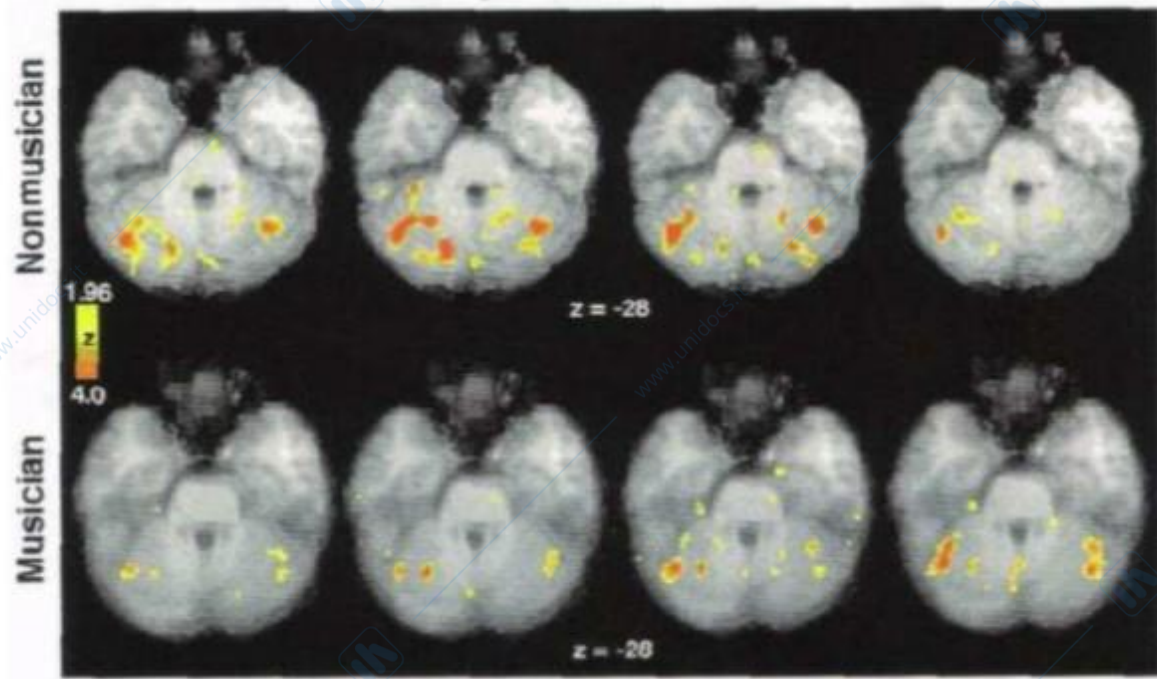
## RISPOSTE EMOZIONALI ALLA MUSICA

Nature of mechanism	Characteristic		
<i>Mechanism</i>	Survival value of brain function	Information focus	Ontogenetic development
Brain stem reflex	Focusing attention on potentially important changes or events in the close environment (Joseph 2000)	Extreme or rapidly changing basic acoustic characteristics (Berlyne 1971, p. 69)	Prior to birth (Lecanuet 1996; Shahidullah & Hepper 1993)
Evaluative conditioning	Being able to associate objects or events with positive and negative outcomes (Gärdenfors 2003)	Covariation between events (Reber 1993)	Prior to birth (Feijoo 1981; Hepper 1996; Spelt 1948)
Emotional contagion	Enhancing group cohesion and social interaction, e.g., between mother and infant (Wilson 1975)	Emotional motor expression (Lipps 1903)	First year (Field et al. 1982; Sagi & Hoffman 1976; Simmer 1971)
Visual imagery	Permitting internal simulations of events that substitute for overt and risky actions (Gärdenfors 2003)	Self-conjured visual images (Kosslyn 1980)	Preschool years (Gärdenfors 2003; Kosslyn et al. 1990; Marmor 1975; Piaget 1951)
Episodic memory	Enabling conscious recollections of previous events and binding the self to reality (Conway & Holmes 2005)	Personal events in particular places and at particular times (Tulving 2002)	3-4 years (Fivush & Sales 2004; Perner & Ruffman 1995)
Musical expectancy	Facilitating symbolic language with a complex semantics (Schoenemann 1999)	Syntactic information (Patel 2003)	5-11 years (Krumhansl & Keil 1982; Sloboda 1989; Trainor & Trehub 1994)

Nature of mechanism	Characteristic	
<i>Mechanism</i>	Key brain regions	Cultural impact/learning
Brain stem reflex	Reticular formation in the brain stem, the intralaminar nuclei of the thalamus, the inferior colliculus (Brandao et al. 1993; Kinomura et al. 1996; Martin 1975)	Low (Lipscomb & Hodges 1996; Plomp & Levelt 1965; Zentner & Kagan 1996)
Evaluative conditioning	The lateral nucleus of the amygdala, and the interpositus nucleus of the cerebellum (Fanselow & Poulos 2005; Johnsrude et al. 2000; LeDoux 2002; Sacchetti et al. 2005)	High (Berlyne 1971, p. 139; De Houwer et al. 2005)
Emotional contagion	Mirror neurons in the premotor regions, the right inferior frontal regions, and the basal ganglia (Adolphs et al. 2002; di Pellegrino et al. 1992; Koelsch et al. 2006)	Low (Juslin & Laukka 2003; Preston & de Waal 2002)
Visual imagery	Spatially mapped regions of the occipital cortex, the visual association cortex, and (for image generation) the left temporo-occipital regions (Farah 2000; Ganis et al. 2004)	High (Gärdenfors 2003)
Episodic memory	The medial temporal lobe, especially the hippocampus, and the right anterior prefrontal cortex (Fletcher et al. 1998; Nyberg et al. 1996; Schacter et al. 1996) (applies to memory retrieval)	High (Conway & Holmes 2005)
Musical expectancy	The left perisylvian cortex, Broca's area, and the dorsal region of the anterior cingulate cortex (Brown et al. 2000; Maess et al. 2001; Ni et al. 2000; Somerville et al. 2006)	High (Carlsen 1981; Huron 2006, p. 359; Krumhansl et al. 1999; Kuhl 2000; Meyer 1956, p. 61)

# Ascolto

METRO TEMPO PATTERN DURATA



## MUSICA E MOVIMENTO: I NEURONI SPECCHIO

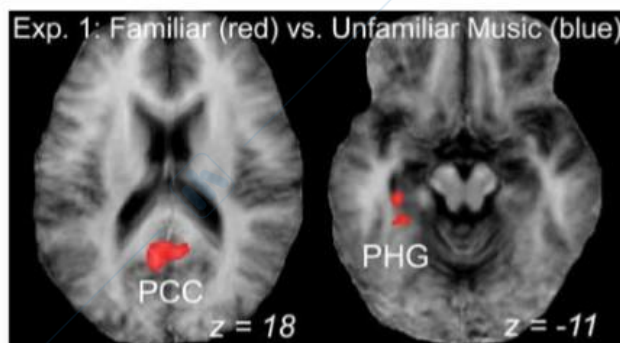
- La musica attiva delle **reazioni motorie** anche con il semplice ascolto.
- Nel cervello si attivano delle **aree correlate** con il **movimento** ed in particolare le **strutture dei neuroni specchio**.
- La musica è percepita non solo come **segnale uditivo**, ma anche come **movimento intenzionale** e **gerarchicamente organizzato**, come sequenze di **atti di espressività motoria**.
- I **neuroni specchio** sono utilizzati per la **CO-Rappresentazione** e la **condivisione** delle esperienze musicali fra le persone.

## DANZA E PERCEZIONE MUSICALI

La rappresentazione “interiore” della musica è legata al **movimento** e alla sua **funzione socializzante**, tramite specifiche **aree neurosensoriali**.  
Questa è la ragione profonda dei **legami inscindibili** fra **danza e musica**.

## ASPETTATIVE MUSICALI

### Aspettative Musicali



Ritmica, Melodia, Tonalità e Armonia,  
Familiarità, Conoscenza, Memoria

## MUSICA ED EMOZIONI: VIOLARE LE ASPETTATIVE E RISOLVERE LE TENSIONI

- Un articolo recentemente apparso nel Wall Street Journal ha analizzato e descritto **quali caratteristiche della musica**, a parte le memorie personali e le preferenze individuali, **producono forti sentimenti**.
- **Quattro caratteristiche musicali** contribuiscono all'**esperienza emotiva dell'ascolto della musica**:
  - Ci sono **deviazioni inaspettate dalla melodia**, come ad esempio una **appoggiatura** (una appoggiatura **sospende la risoluzione della linea melodica per un attimo**, abbastanza a lungo **per creare un senso di dissonanza prima di risolvere**).
  - **Cambiamenti nell'intensità e nel timbro (dolce, aspro)**.
  - C'è un improvviso **ingresso di un nuovo timbro o voce come un nuovo strumento** oppure un'**armonia diversa**.
  - Le **altezze** in gioco vengono **ampliate**, come quando si passa ad **un'ottava superiore**.
- Un aspetto comune in queste **caratteristiche** è che **tutte coinvolgono un senso di sorpresa**, attraverso i **cambiamenti** nella melodia, nell'armonia, nel loudness o nel timbro.  
Questa **sorpresa** produce un **momento di tensione** prima che la musica **si risolva**. È questo **aspetto di rilascio** della tensione che produce una **risposta emotiva**.
- Inoltre, la musica con questi tipi di funzioni -la musica che produce una forte risposta emotiva – contribuisce a **rilasciare la dopamina**, la chimica "**sentire bene**" **del nostro cervello**.
- Quindi, non solo siamo inizialmente **attratti da questo genere di musica**, ma ci **continua a piacere per più tempo**.

## MUSICAL SALIENCE

- Quali sono gli elementi salienti della percezione musicale?
- Esistono diversi livelli di approfondimento nella percezione musicale :
  - **Ascolto Primitivo**: altezza e intervalli, ritmo, consonanza e dissonanza, timbrica, agogica, intensità –memoria a breve termine, tonalità, suoni conosciuti, emozioni primitive (elenco....) –**MUSICA POPOLARE**
  - **Ascolto strutturale o linguistico**: attesa e previsione, percezione delle relazioni a medio e lungo termine, emozioni “trasversali”, armonia, tonalità e modulazioni, contrappunto, capacità di estrarre regole grammaticali e relazionali, tensione e distensione, rapporto fra forma e contenuto –  
**MUSICA COLTA**
  - **Ascolto Performante**: memoria a lungo termine, sistema motorio, controllo della sfera emozionale.
  - **Ascolto Compositivo**: capacità di estrarre il rapporto fra forma, materiale e pensiero estetico.

## INTERPRETAZIONE DELLA MUSICA

Alla base dell'**interpretazione musicale** sta la capacità dell'essere umano di **percepire delle strutture musicali all'interno della musica stessa**.

Sia il **compositore**, al momento della stesura del pezzo, sia l'**interprete**, al momento della sua esecuzione, tengono conto di **come** le strutture musicali **vengono percepite** dall'ascoltatore.

E' sensato affermare che noi tutti siamo in grado di percepire con **maggiore probabilità** alcune strutture musicali piuttosto che altre, proprio in funzione di parametri che ne **alterano e rafforzano la connotazione**.

Poter determinare tali parametri permetterebbe di formalizzare **un metodo** per l'interpretazione musicale.

**Teoria generativa della musica tonale** di F. Lerdahl e R. Jackendoff hanno prodotto forse il più conosciuto **approccio descrittivo delle strutture della musica tonale**.

Sulla base di numerosi esperimenti, hanno formalizzato la descrizione delle intuizioni musicali derivate dall'ascolto di brani da parte di un gruppo di ascoltatori.

Alla base di ogni analisi sta l'assunzione che ogni brano musicale può essere **partizionato in regioni discrete**, organizzate **gerarchicamente**.

Ad esempio, possiamo vedere alla base di questa scala le note, i gruppi di note, i gruppi di livello superiore e così via.

## INTERPRETAZIONE MUSICALE

- I tipi di struttura gerarchica proposti dalla teoria sono quattro:
  1. **Grouping structure** (struttura di **raggruppamento**), la segmentazione della superficie musicale (il più basso livello di rappresentazione che abbia significato in musica) in temi, frasi e segmenti; Le regole di raggruppamento seguono alcuni fra i principi gestaltici utilizzati nell'Analisi della scena Uditiva;
  2. **Metrical structure** (struttura **metrica**), l'organizzazione in tempi forti e deboli che l'ascoltatore impone alla musica;
  3. **Time span reduction** (**riduzione dell'intervallo temporale**), stabilisce l'importanza relativa strutturale delle altezze all'interno delle unità ritmiche percepite;
  4. **Prolongational reduction** (**riduzione del prolungamento**), la gerarchia di stabilità delle altezze secondo i pattern di tensione e di rilassamento. Per ognuna delle quattro porzioni della grammatica sono stati formalizzati tre tipi di regole:
    - a. Well-formedness rules (**regole di forma**), specificano la possibile descrizione strutturale;
    - b. Transformational rules (**regole trasformazionali**), permettono una classe vincolata di modifiche sulla superficie musicale in modo che certi fenomeni apparentemente scorretti possano essere trattati come fenomeni normali;
    - c. Preference rules (**regole di preferenza**), stabiliscono quali strutture formalmente possibili corrispondono all'effettivo ascolto di un dato pezzo.

Le analisi **metriche e di raggruppamento** si riferiscono alla struttura **ritmica** del pezzo. Quella di **raggruppamento** è rivolta all'individuazione del tema di un brano.

Per identificare un gruppo sono stati stabiliti tre criteri:

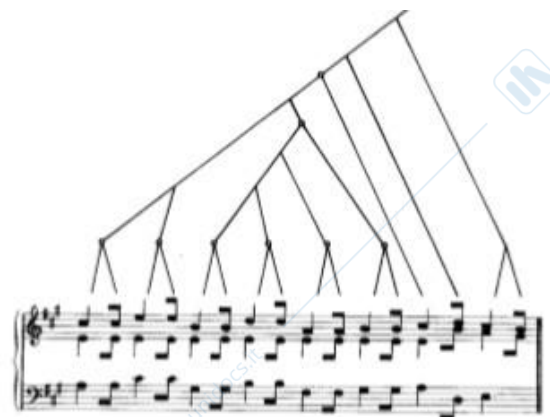
- I **limiti** superiore e inferiore di un gruppo, sono dati da punti di attacco, pause, cambi di registro, di timbro, dinamica e cadenze tipiche della fine di una struttura (o pezzo). Un immediato cambiamento nella dinamica o nell'agogica o nella strumentazione tenderà ad essere percepito come un elemento disgiuntivo.
- Il **parallelismo** nelle strutture implica una ripetizione di un motivo, di un tema o una sequenza. Ad esempio, una ripetizione di un frammento melodico tenderà ad identificare quel frammento come parte coerente del gruppo.
- La **simmetria** se presente indica il punto esatto di suddivisione tra gruppi di uguale lunghezza.

L'analisi metrica invece assegna ad un frammento musicale dei livelli di **forza**.

Nell'analisi **prolungazionale** viene messo in luce l'elemento armonico del pezzo, e si basa sull'identificazione di due tipi di progressioni: l'elaborazione e il contrasto.

Con il termine elaborazione intendiamo la ripetizione di un evento, per contrasto invece intendiamo l'introduzione di un evento differente, di un ornamento.

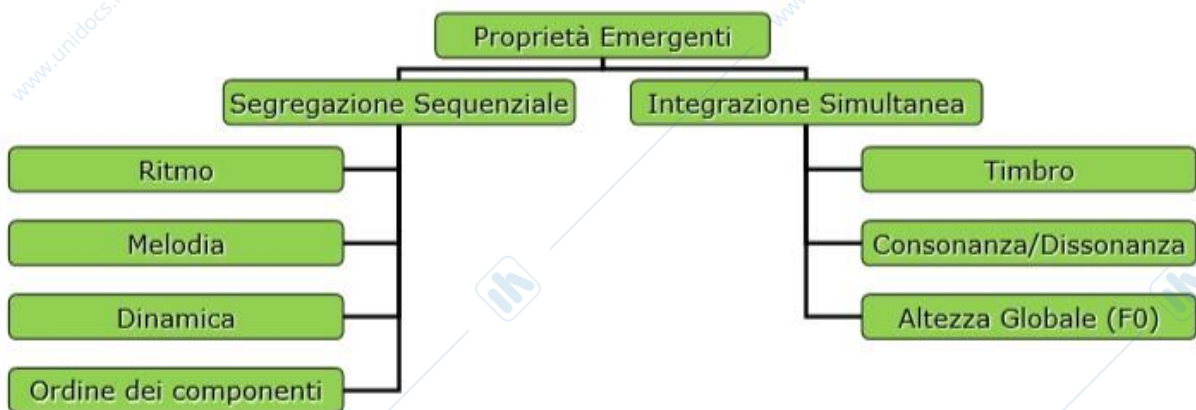
Trattandosi di un'analisi a vari livelli come per la time-reduction, a livello più basso un evento è la singola nota, mentre diviene struttura via via che si sale di livello.



# ANALISI DELLA SCENA UDITIVA



## ASA e PERCEZIONE MUSICALE

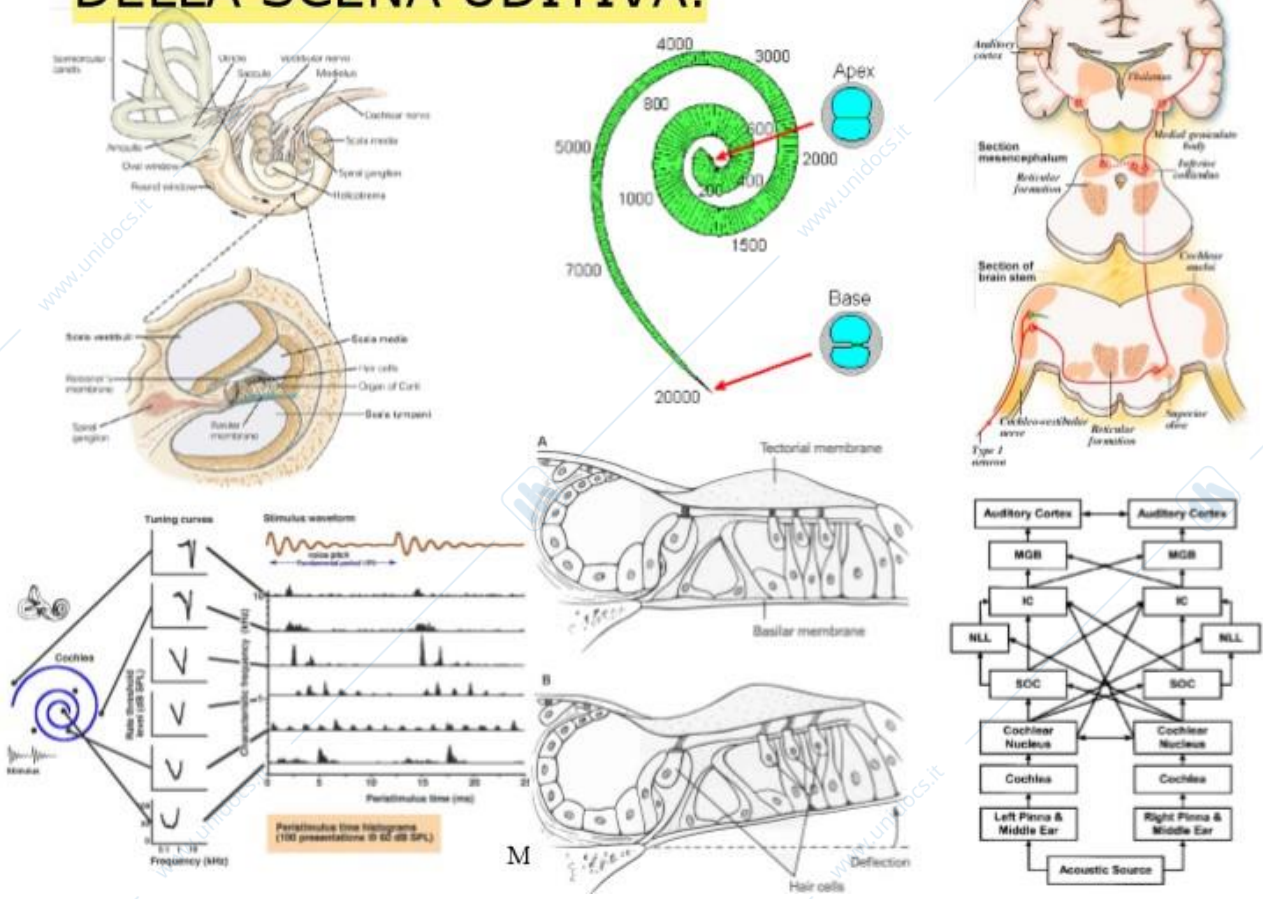


# ANALISI DELLA SCENA UDITIVA

## Schemi:

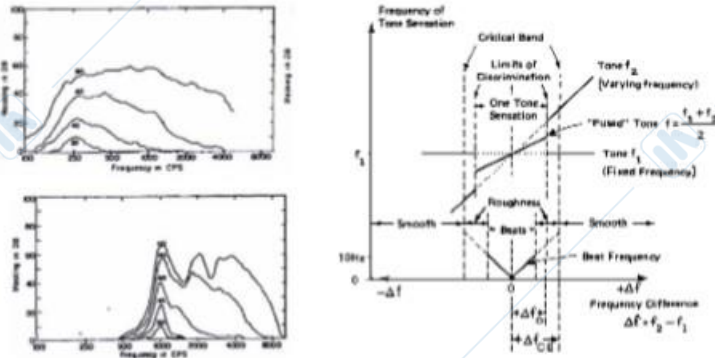
- **Attenzione selettiva, proprietà:**
  - Implica uno sforzo cognitivo;
  - Più dettagli;
  - Risorse limitate;
  - Diminuisce con l'esperienza e la coordinazione.
- **Apprendimento: proprietà.**
  - Eccezionale capacità di utilizzare immediatamente anche le informazioni memorizzate da poco.

## ASPETTI NEUROSENSORIALI DELL'ANALISI DELLA SCENA UDITIVA.

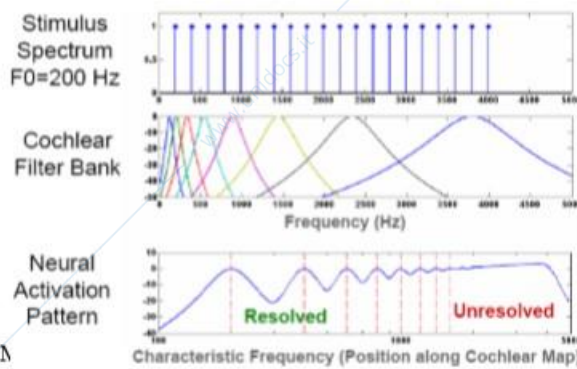


## ASPETTI NEURSENSORIALI DELL'ANALISI DELLA SCENA UDITIVA: selettività in frequenza della coclea.

- Mascheramento e banda critica.



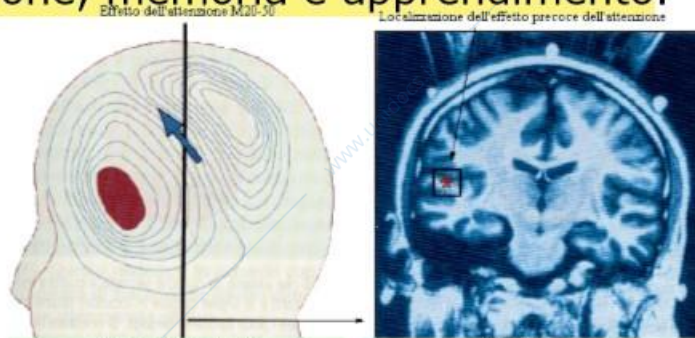
- Membrana basilare come banco di filtri uditivi sovrapposti.



- Non linearità.

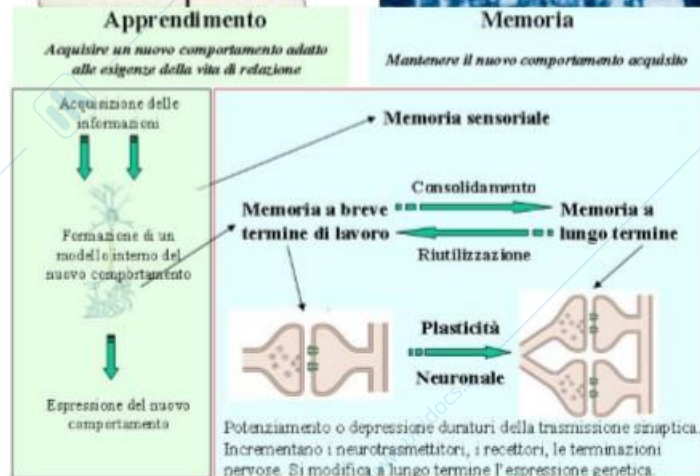
## ASPETTI NEUROSENSORIALI DELL'ANALISI DELLA SCENA UDITIVA: attenzione, memoria e apprendimento.

- Attenzione:**  
ERP (P20-50, N1)  
ERF.

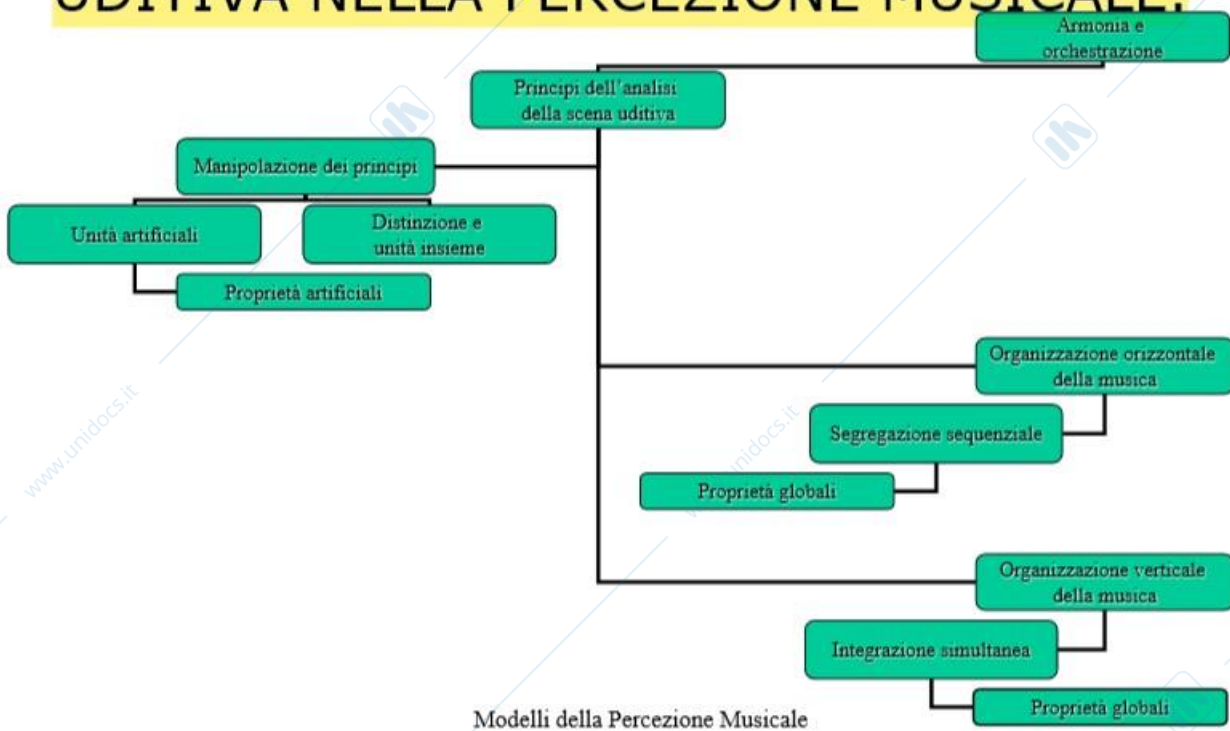


- Memoria e apprendimento.**

- Memoria ecoica (a brevissimo termine)**



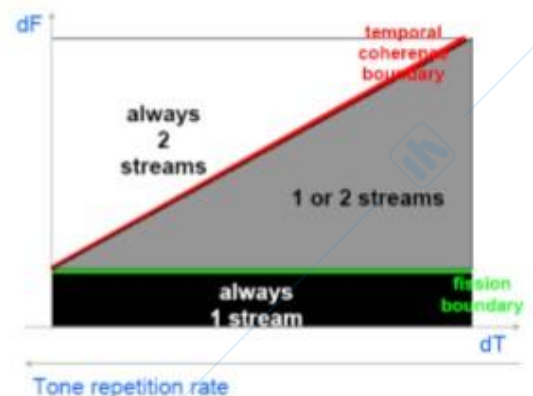
## PRINCIPI DELL'ANALISI DELLA SCENA Uditiva NELLA PERCEZIONE MUSICALE.



## PRINCIPI DELL'ANALISI DELLA SCENA Uditiva NELLA PERCEZIONE MUSICALE: dimensione orizzontale.

- **Melodia e coerenza melodica:**  
Differenze in frequenza;  
Velocità.
- **Polifonia.**
- **Fenomeni di dipendenza:**  
Abbellimenti;  
Frasesaggio.

**Timbro, per quanto riguarda il suo sviluppo temporale.**



## PRINCIPI DELL'ANALISI DELLA SCENA Uditiva NELLA PERCEZIONE MUSICALE: dimensione verticale.

- **TIMBRO** : viene percepita e memorizzata l'evoluzione delle componenti spettrali:
  - Segregazione e integrazione per riconoscere i vari strumenti musicali
  - Dimensione percettiva generale sulle cues frequenziali del brano
- **CONSONANZA E DISSONANZA** :
  - Meno le componenti frequenziali si possono ricondurre a fenomeni riconciliabili dal punto di vista neurosensoriale, più il nostro sistema percettivo ha difficoltà a identificare dei percetti musicali; questo stato crea tensione, attesa, instabilità
  - dissonanza. Il contrario avviene per la consonanza
- **TONALITA'** : è l'altezza di riferimento che governa l'insieme dei principi armonici e melodici e i relativi legami tra accordi e/o note in un brano musicale.
- **ARMONIA, FASCE, CLUSTER, DENSITA' VERTICALE** : insieme di regole strutturali che governano verticalmente la coesistenza dei vari suoni e il loro conseguente movimento.

## CERVELLO E MUSICA: AREE CEREBRALI ATTIVATE

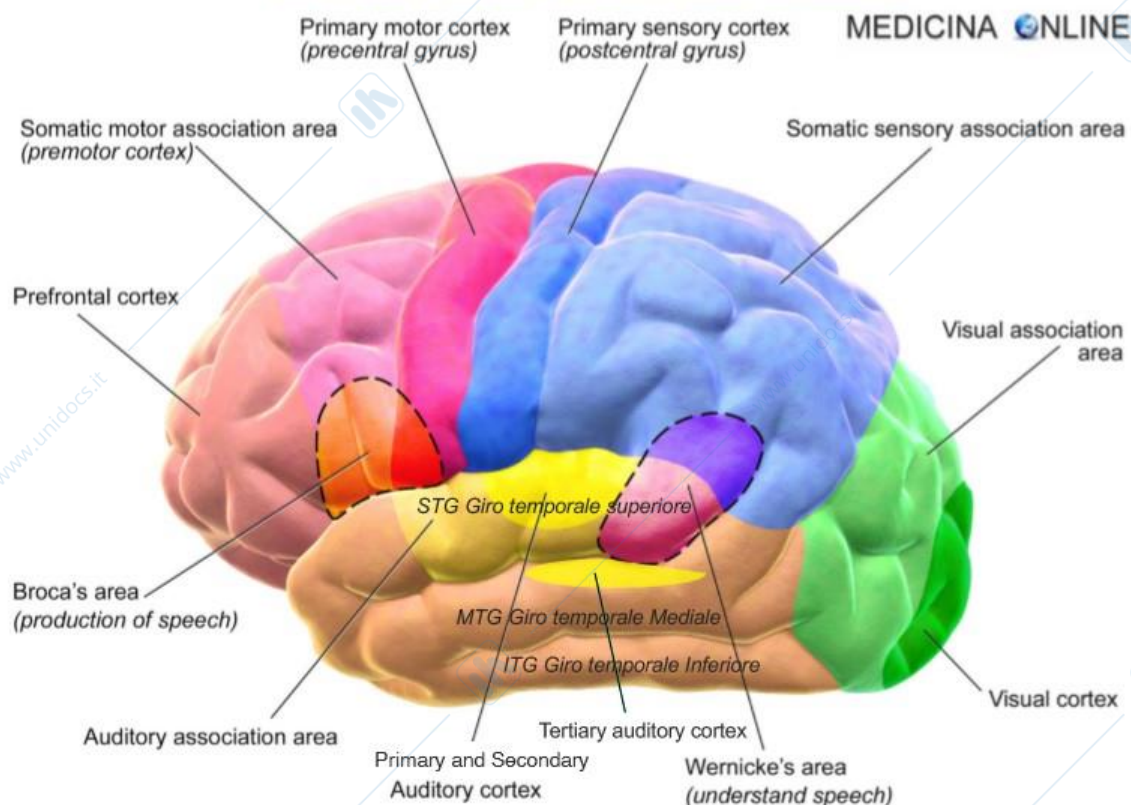
Nella corteccia cerebrale si possono distinguere suddivisioni ben più fini di quelle rappresentate dai lobi principali, suddivisioni di tipo funzionale o a seconda dei tipi cellulari e della loro organizzazione.

Queste caratteristiche sono in genere indicate come **citoarchitettura** termine che fa riferimento alla **morfologia delle cellule** e ai loro reciproci **rapporti** in una particolare regione.

**Brodmann** ha identificato nella **corteccia cerebrale** circa **cinquantadue regioni distinte**;

quest'aree, classificate in base a differenze nella **morfologia** e nell'**organizzazione cellulare**, ci serviranno per visualizzare le zone in cui la musica è processata dal cervello.

### Il ruolo della Corteccia uditiva



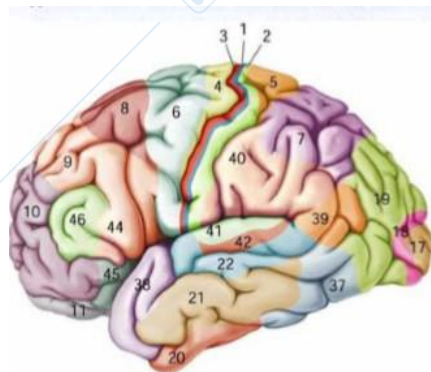
## IL RUOLO DELLA CORTECCIA UDITIVA

Almeno **tre diverse aree** della corteccia uditiva vengono **attivate durante l'ascolto musicale**:

- La **corteccia uditiva primaria** è collocata nelle circonvoluzioni trasversali di Heschl del **lobo temporale**.  
Situata in quella che viene definita **area 41 di Brodmann**, riceve **proiezioni ascendenti** dal **nucleo genicolato mediale**, quindi, collegata direttamente alle orecchie tramite il **nervo acustico**.  
Come una carta geografica dei suoni, a seconda della **frequenza**, il suono che giunge in quest'area **stimola differenti strisce di neuroni** che possiedono **frequenze caratteristiche**, suggerendo un'**organizzazione colonnare basata sulla frequenza**.  
In altre parole, esistono **bande di isofrequenza** che attraversano la **corteccia uditiva primaria** in direzione **mediolaterale**, con la caratteristica di identificare **semplici strutture musicali**, come la **differenza fra le altezze delle singole note ed il volume**.
- La **corteccia uditiva secondaria**, confinante con l'area primaria, larga quasi un centimetro e situata nell'area 42 di Brodmann, è attivata nel riconoscimento del **ritmo, melodie e armonie**.
- La **corteccia uditiva terziaria**, che si estende dalla regione anteriore del **lobo temporale** fino a quella **posteriore**, infine, riunisce le conoscenze conseguite fino a quel punto e, con l'aiuto delle aree del **lobo frontale**, è attiva una **completa impressione della struttura musicale**.

Nota:

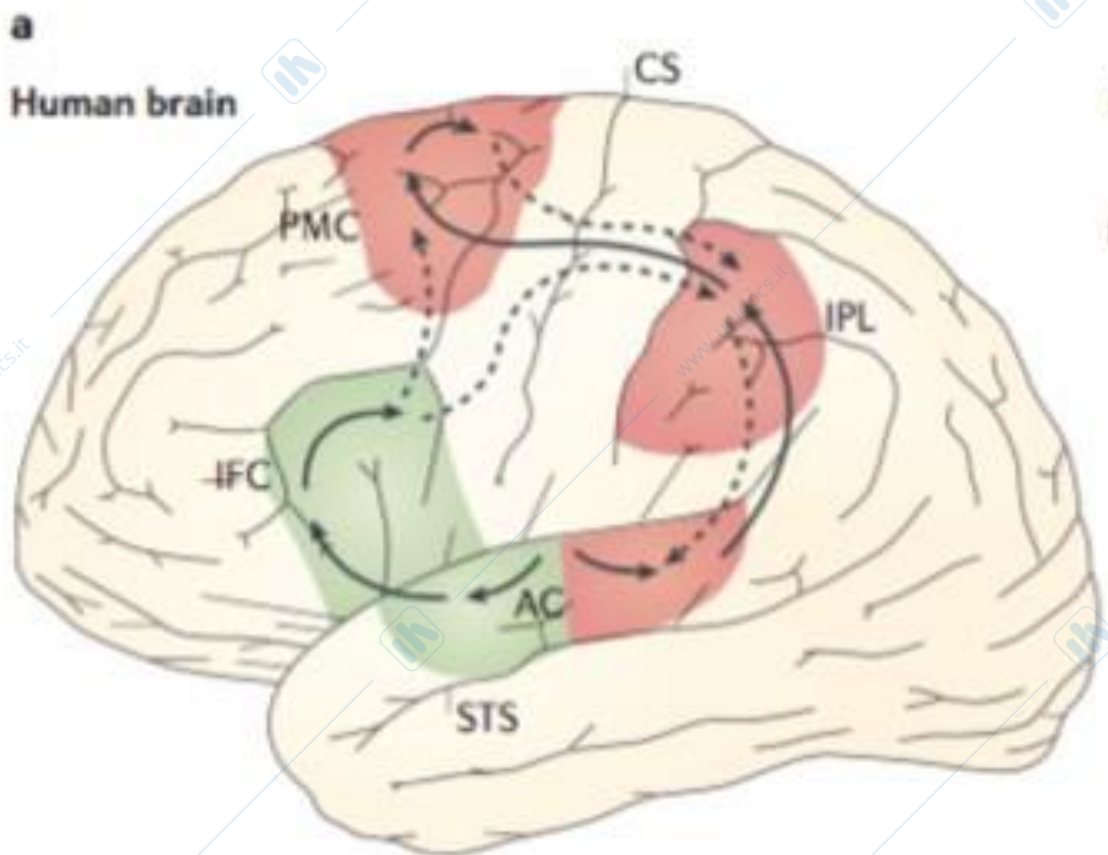
Riconoscimento del pitch (parte destra).



## IL RUOLO DELLA CORTECCIA Uditiva

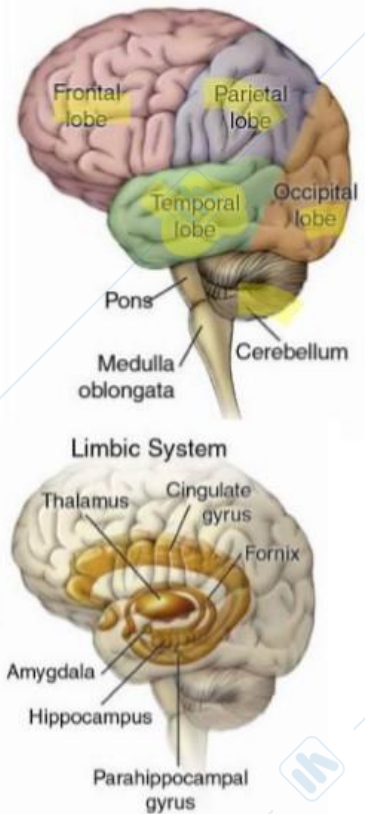
L'elaborazione di informazioni nel sistema uditivo dei primati si organizza in due flussi:

- un **percorso ventrale**: la via uditiva ventrale inizia nei **campi uditivi centrali**, che proiettano alle regioni **anterolaterali** e **medio-laterali** della **corteccia uditiva**. Queste regioni cerebrali quindi proiettano direttamente e indirettamente alla corteccia prefrontale ventrolaterale; Generalmente si ritiene che la **via ventrale** si occupi di **mediare la percezione uditiva** elaborando il **contenuto**, **l'identità** e il **significato di uno stimolo**. (verde)
- un **percorso dorsale**: la via dorsale media quei **calcoli alla base della localizzazione del suono** e la **preparazione di azioni motorie in risposta a quei suoni**, anche in assenza di percezione o identificazione cosciente. In generale, questi calcoli rientrano nella categoria "**comportamenti audiomotori**". (rosso)



## Tabella delle relazioni fra musica e aree del sistema nervoso

AREA MACRO	LOBO	REGIONE	PITCH	ARMON/MELOD	RITMO	INTENS	TIMBRO	LOCAL	PERF	EMOZ	
CORTECCIA	TEMPORALE	STG dx	2	2	2	2	2		2	2	
		STG an		2	2	2	2		2	2	
		MTG dx		2	2	2	2		2	2	
		MTG an		2	2	2	2		2	2	
		ITG dx				2	2		2	2	
		ITG an				2	2		2	2	
		A1 dx	2	2	2	2	2	2	2	2	
		A1 sn	2	2	2	2	2	2	2	2	
		A2 dx	2	2	2	2	2	2	2	2	
		A2 sn	2	2	2	2	2	2	2	2	
	PARIETALE	Giro Fusif. dx		2	2	2					
		sn			2	2					
	FRONTALE	Sopramarg.			2						
		Prefrontale			2	2					2
Frontale dx				2	2					2	
INSULARE	Frontale sn			2	2					2	
	Motoria			2	2					2	
SISTEMA LIMBICO E GANGLI DELLA BASE	IPPOCAMPO									2	
	CORPO CINGOLATO				2					2	
	NUCLEO ACCUMBENS									2	
	CORPO STRIATO	Putamen			2					2	
		N.Caudato			2					2	
AMIGDALA				2					2		
DIENCEFALO	TALAMO/NUC.GEN.MED.		2					2		2	
	IPOTALAMO										
	CERVELLETTO			2		2				2	
MESENCEFALO	COLLICULO INFERIORE					2					
	AREA VENTRO TEGMEN.										
	SUBSTANTIA NIGRA										
	NUCLEI DI RAPHE										
METENCEFALO	OLIVA SUPERIORE							2			
	LOCUS COERULEUS										
	NUCLEI COCLEARI		2							2	
MIDOLLO SPINALE											
COCLEA	CELLULE CILIATE		2				2	2			



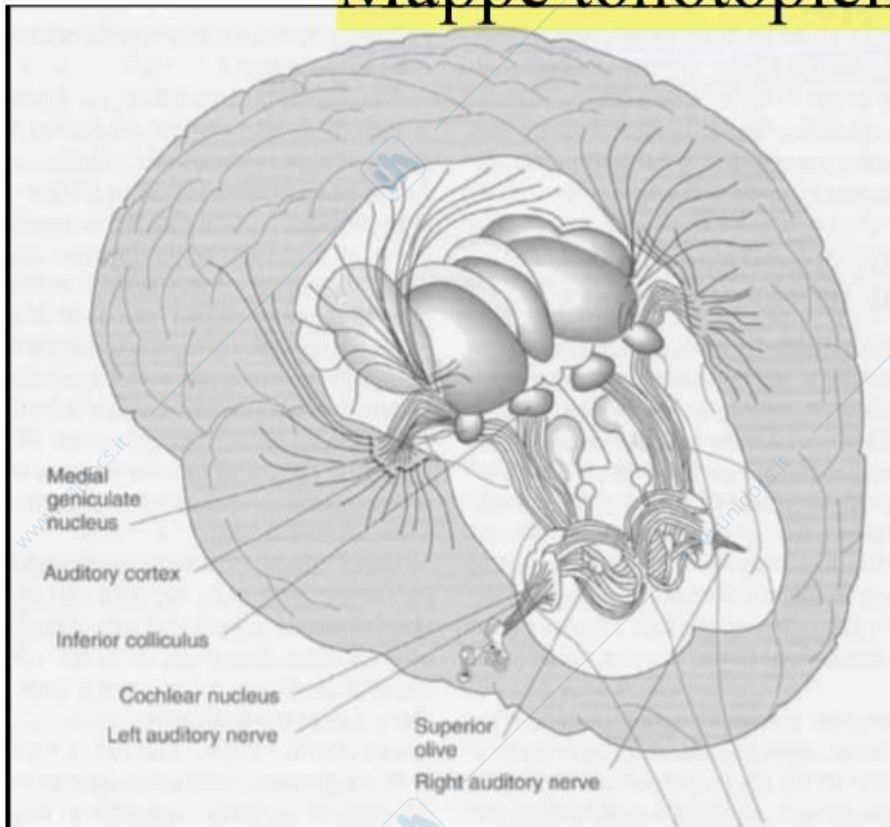
## Tabella delle relazioni fra musica e aree del sistema nervoso

AREA MACRO	LOBO	REGIONE	PITCH	ARMON	MELOD	RITMO	INTENS	TIMBRO	LOCAL	PERF	EMOZ
SISTEMA LIMBICO E GANGLI DELLA BASE	IPPOCAMPO										♪
	CORPO CINGOLATO					♪					♪
	NUCLEO ACCUMBENS										♪
	CORPO STRIATO	Putamen				♪					♪
		N.Caudato				♪					♪
AMIGDALA										♪	
DIENCEFALO	TALAMO/NUC.GEN.MED.		♪						♪		♪
	IPOTALAMO										
	CERVELLETTO			♪			♪				♪
MESENCEFALO	COLLICULO INFERIORE					♪					
	AREA VENTRO TEGMEN.										
	SUBSTANTIA NIGRA										
	NUCLEI DI RAPHE										
METENCEFALO	OLIVA SUPERIORE								♪		
	LOCUS COERULEUS										
	NUCLEI COCLEARI		♪							♪	
MIDOLLO SPINALE											
COCLEA	CELLULE CILIATE		♪				♪	♪			

## CORTECCIA Uditiva PRIMARIA

- IN VERDE –CORTECCIA Uditiva PRIMARIA
- Le **aree uditive corticali e subcorticali** sono organizzate in **mappe tonotopiche**, in cui la dimensione fisica che si riflette nell'organizzazione neurale è la **frequenza dello stimolo sonoro**.  
In una **mappa tonotopica**, alcune cellule raggiungono il massimo dell'attivazione con suoni che hanno una frequenza di **1000Hz**, altri con suoni di **5000Hz**; inoltre **cellule vicine** tendono ad essere **sensibili a frequenze simili**.  
Perciò le frequenze sonore sono riflesse dall'organizzazione delle cellule che si attivano alla **presentazione di un suono**.  
Le **mappe tonotopiche** sono chiamate talvolta **cocleotopiche** perché la **coclea**, l'apparato sensoriale dell'orecchio, contiene **cellule ciliate** specializzate nella **ricezione di specifiche bande dello spettro acustico**.
- Vi sono **mappe tonotopiche** in ciascun **nucleo di ritrasmissione del nervo uditivo**, nel **nucleo genicolato mediale del talamo** e nella **corteccia uditiva**.  
Tutto ciò mette in evidenza l'importanza delle informazioni che contengono il **pitch ( tono )** nell'**elaborazione uditiva generale**, una delle caratteristiche del sistema nervoso infatti è che esiste un **organizzazione tonotopica del pitch** a partire dai **primi livelli della membrana basilare** fino a raggiungere **diverse regione della corteccia uditiva primaria**.

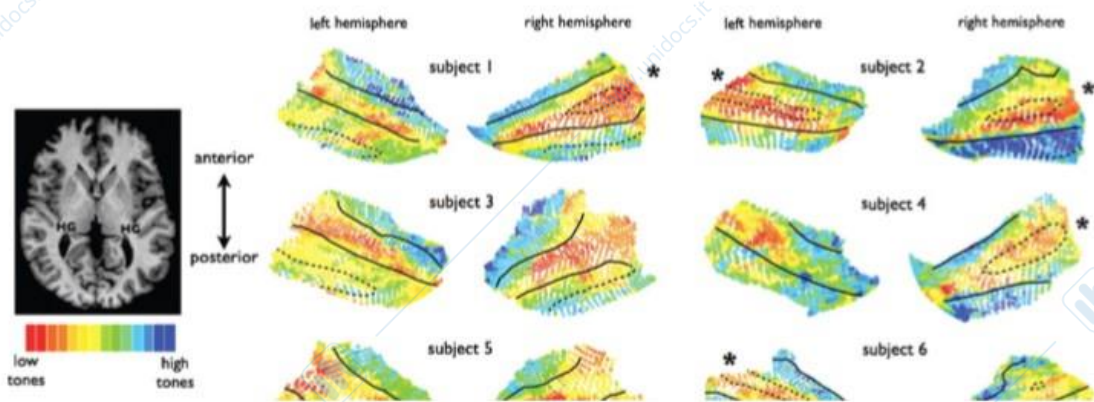
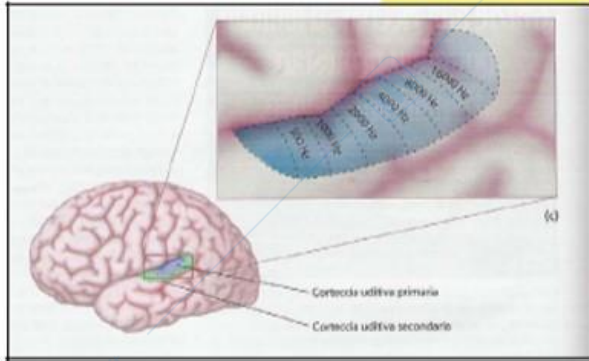
# Mappe tonotopiche



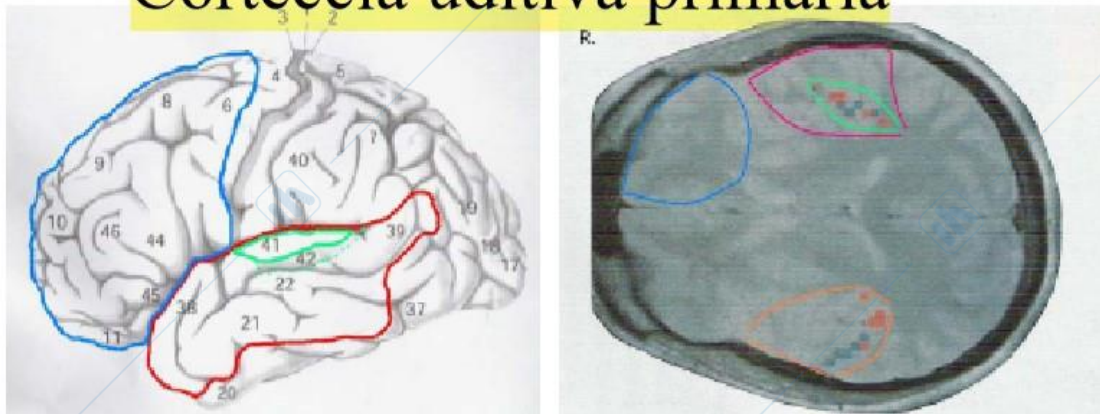
- **Distribuzione dei nuclei uditivi che possiedono le mappe tonotopiche per la codifica di frequenze specifiche.**
- **In ordine: il nucleo cocleare, l'oliva superiore, il collicolo inferiore, il nucleo genicolato mediale del talamo e la corteccia uditiva.**

- Distribuzione dei **nuclei uditivi** che possiedono le **mappe tonotopiche** per la **codifica di frequenze specifiche**.
- In ordine: il **nucleo cocleare**, l'**oliva superiore**, il **collicolo inferiore**, il **nucleo genicolato mediale del talamo** e la **corteccia uditiva**.

# Mappa tonotopica della corteccia uditiva primaria



# Corteccia uditiva primaria



41 - 42 (verde)

## Corteccia uditiva primaria (emisfero destro)

Assolve un ruolo speciale nella **discriminazione del pitch** e negli aspetti di **organizzazione dei suoni e localizzazione** ( grazie anche alla sua **organizzazione tonotopica**).

Alcuni studi hanno investigato sulla possibilità che la **corteccia cerebrale** eseguisse qualche **funzione fondamentale** nella **rappresentazione di informazioni frequenziali**.

Dagli studi è emersa una specializzazione dell'area uditiva principale destra nella **discriminazione del pitch** e negli **aspetti di organizzazione dei suoni in base ai loro pitch**.

- **21 / 22 / 38 / 39 / 41 / 42 (rosso)** – **Superior Temporal Gyrus (STG)** o **giro di Herschl**
  - **Emisfero sinistro (arancione)**: funzioni di ricerca del **pitch fondamentale in un suono complesso (tonotopicità)**, sensibile al **trattamento rapido dell'informazione sonora**.
  - **Emisfero destro (viola)**: funzioni di ricerca del **pitch nello spettro sonoro (Altezza della Periodicità)**, sensibile al **trattamento di suoni temporalmente e spettralmente più lenti**. Ruolo nella **memoria di lavoro tonale**.

## Superior Temporal Gyrus o Giro di Herschl

Nei **suoni complessi armonici**, il **pitch** viene **riconosciuto** decifrando o il **PITCH FONDAMENTALE** (Tonotopicità) o gli **aspetti spettrali degli stimoli** come le **SINGOLE ARMONICHE** (Altezza della Periodicità).

Esperimenti hanno portato alla luce una forte correlazione tra la preferenza di percezione del pitch (fondamentale o spettro), l'asimmetria della struttura cerebrale e la funzione nelle aree laterali sensibili al pitch del giro di heschl (HG) a prescindere dalla capacità musicale.

Gli ascoltatori che decifrano il pitch ricercando il **pitch fondamentale** mostravano un **volume di materia grigia più vasto nel HG laterale sinistro**, *sensibile al trattamento temporale rapido*.

Di contro, gli ascoltatori che decifrano il pitch tramite lo **spettro**, al contrario, hanno mostrato una **predominanza dell' HG laterale destro**, che sappiamo essere più *sensibile al trattamento di suoni temporalmente e spettralmente più lenti*.

La **dimensione assoluta del substrato neuronale dell' HG** è dipesa fortemente dalla **capacità musicale**.

Gli ascoltatori di **pitch fondamentale**, che dunque privilegiano il lato sinistro sensibile all'elaborazione rapida temporale siano **avvantaggiati nell' elaborazione di toni brevi ed impulsivi** e dunque siano più portati all'uso di strumenti musicali principalmente percussivi (pianoforte) o strumenti solisti ad alto pitch (tromba, flauto).

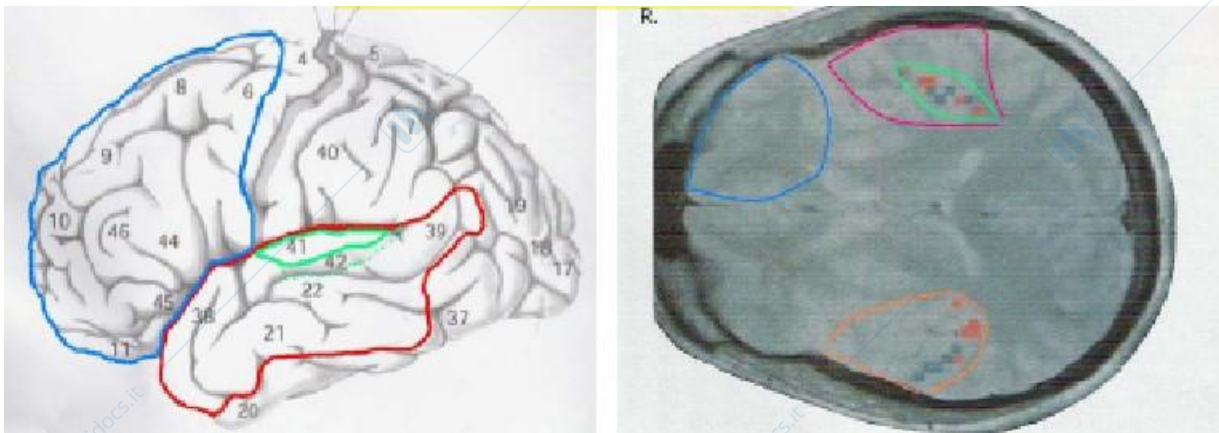
Gli ascoltatori di **pitch spettrali** possono fare uso di toni prolungati e la scelta del loro strumento verte maggiormente verso strumenti melodici, dai toni prolungati (archi, legni o ottoni, organo, canto).

Tuttavia i **musicisti professionisti** percepiscono da un tono ambiguo **contemporaneamente il pitch fondamentale** e le singole armoniche.

Nell' **emisfero DESTRO** è stato rilevato il **ruolo chiave svolto dal STG** nei **processi di memoria di lavoro tonale** e non solo:

a seconda dello **stimolo sonoro** sono state individuate **differenti aree all'interno del STG attivate**.

## LOBO FRONTALE



- 6 / 8 / 9 / 10 / 11 / 44 / 45 / 46 (blu) – **LOBO FRONTALE** (emisfero **DESTRO**) –

Fortemente attivato nell' emisfero destro come **"buffer"** o **MEMORIA AUSILIARIA DI LAVORO** nei processi di **percezione melodica in simbiosi** con l'**STG** (Superior Temporal Gyrus).

Nelle sue **aree laterali ed inferiori** ( 46/ 44 ) vi è **il mantenimento delle informazioni tonali**;

Nelle **aree dorsali** ( 11 / 45 ) sono racchiuse **funzioni di alto livello** come il **controllo dei contenuti della memoria di lavoro**.

### IN BLU – CORTECCIA FRONTALE

Tutta la **percezione uditiva** implica **meccanismi di memoria di lavoro**; i suoni succedendosi nel tempo ci portano a **calcolare i rapporti** tra gli **eventi consecutivi immagazzinando** le **informazioni** come in un **"buffer" di memoria** che **DEVE rimanere attivo fino alla fine del evento musicale**.

Nella **memoria di lavoro** gioca un ruolo **fondamentale** la coppia **STG – corteccia frontale**;

Una **lesione alla corteccia frontale** indebolisce i **processi di percezione melodica** sia come la **parte destra della corteccia frontale** sia **fortemente attivata nella memoria di lavoro del pitch** (aree dorsolaterali controllano funzioni di alto livello come il controllo della memoria di lavoro, mentre le aree laterali inferiori di destra mantengono l'informazione tonale).

## Memoria di "lavoro" (WM) per musica e parlato

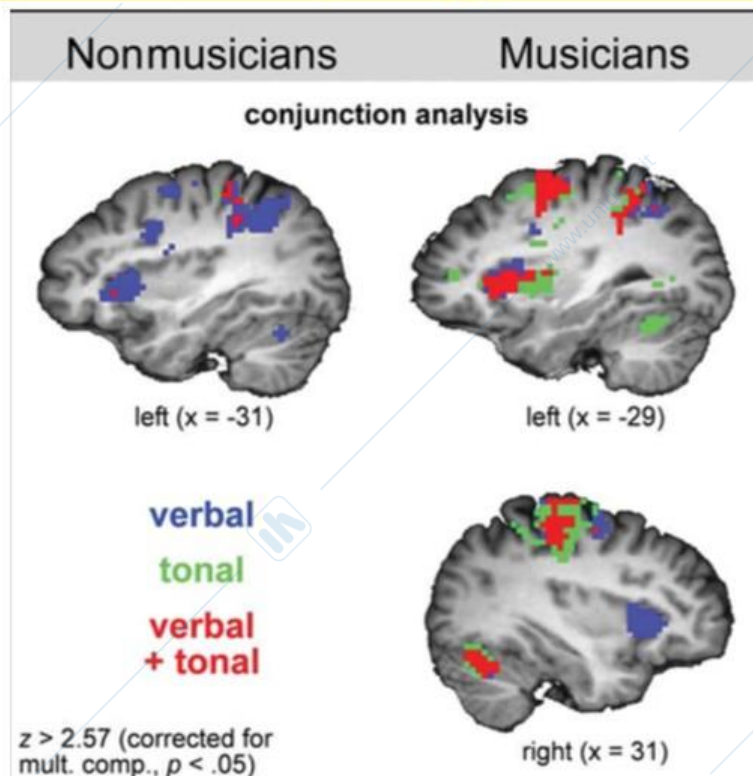
Le **strutture nucleari di WM** sono coinvolte sia nell'**analisi dei segnali tonali** che di quelli **verbali**, anche se con **ponderazioni strutturali diverse** fra **MUSICISTI** e **NON MUSICISTI**.

I **MUSICISTI** attivavano specifici **sottocomponenti** solo durante il **verbale** (destra corteccia insulare) o solo durante il **tonale**.

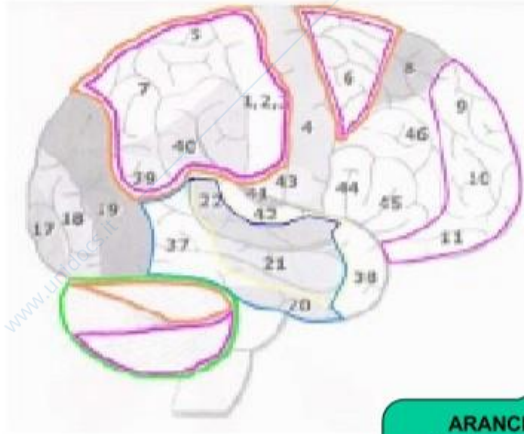
Questi risultati rivelano l'esistenza di **2 sistemi WM** nei **MUSICISTI**: un **loop fonologico** che supporta la **prova delle informazioni fonologiche** e un **anello tonale** che sostiene le prove tonali.

Le **differenze** tra gruppi per **WM TONALI** e tra **WM VERBALI** e **TONALI** all'interno dei **MUSICISTI** sono stati principalmente correlati a strutture coinvolte nel **controllo**, nella **programmazione** e nella **pianificazione delle azioni**, in modo da presumibilmente riflettere le **differenze** nelle codifiche sensomotorie correlate all'azione delle informazioni verbali e tonali.

## Memoria di "lavoro" (WM) per musica e parlato

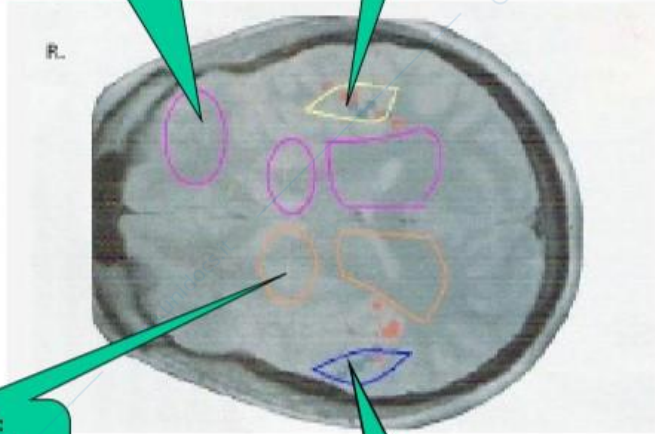


# Ritmo melodia e armonia



**VIOLA :**  
ritmi meno  
conosciuti e suoni  
dissonanti

**GIALLO :**  
Componenti  
melodiche



**ARANCIO:**  
ritmi familiari e  
consonanti

**BLU:**  
Componenti  
armoniche

# Ritmo, melodia e armonia

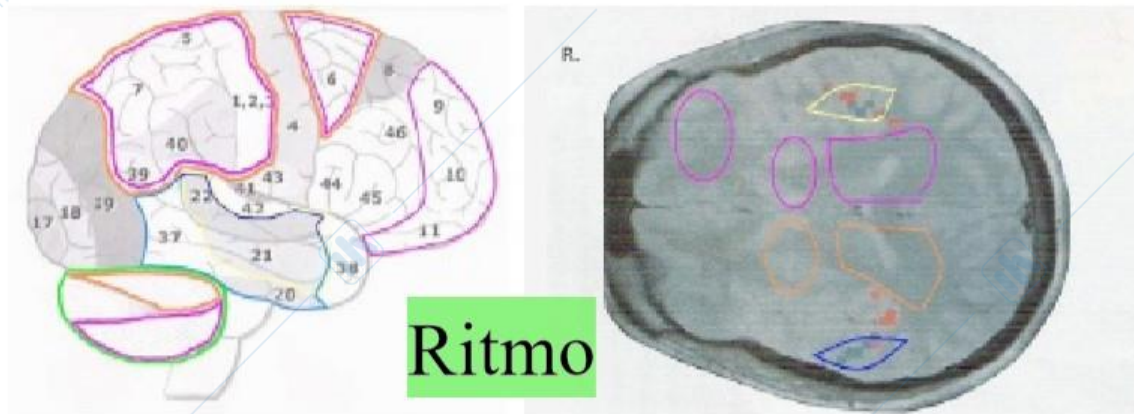


## LOBO DESTRO

- 9 / 10 / 11 **Corteccia prefrontale** + 6 – **Corteccia frontale** + 1 / 2 / 3 / 5 / 7 / 39 / 40 – **Corteccia parietale** + **Cerebellum anteriore** – **Processano i ritmi meno conosciuti e i suoni dissonanti.** (in viola)
- 21 / 22 – **aree di associazione uditiva secondarie, media e superiore** – **Processano i componenti MELODICI della musica.** (attivazione bilaterale, maggiormente a destra ). (in giallo)

## LOBO SINISTRO

- 6 – **Corteccia frontale** + 1 / 2 / 3 / 5 / 7 / 39 / 40 – **Corteccia parietale** + **Cerebellum posteriore bilaterale** – **Processano i ritmi familiari e consonanti.** (in arancione)
- 20 / 21 / 22 / 37 – **Corteccia temporale media, superiore e posteriore** – **Processano i componenti armonici della musica.** (attivazione bilaterale, maggiormente a sinistra ). (in blu)



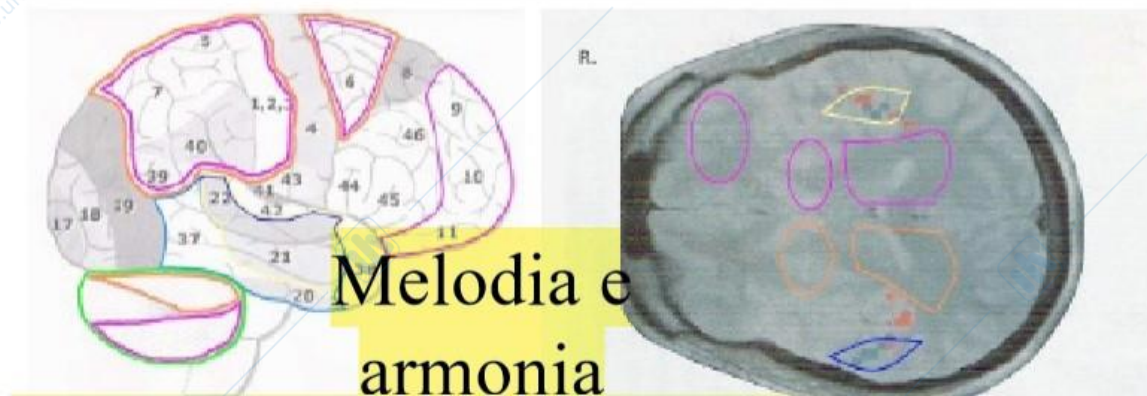
### ARANCIONE E VIOLA –**ELABORAZIONE DEL RITMO**

Studi effettuati su pazienti con **lesioni cerebrali** hanno evidenziato come la **percezione ritmica** possa essere **danneggiata senza interferire sul trattamento melodico**, suggerendo la **presenza di un sistema neuronale distinto per la rappresentazione del ritmo**.

Dati recenti rilevati tramite fMRI (risonanza magnetica funzionale) hanno rilevato che la **memoria di ritmi familiari e regolari** (in rapporti di intervallo di numero intero) è **gestita** dalla **corteccia frontale sinistra** **dalla corteccia parietale** e dal **cerebellum anteriore destro** (in arancione).

**La memoria per i ritmi meno conosciuti** ( con rapporti di intervalli frazionati ) è **elaborata** dalle **aree prefrontali, frontali e parietali destre**, insieme al **cerebellum posteriore bilaterale**( in viola ).

L'implicazione di quest'ultimo trova conferma in **studi neurologici**, ove i pazienti con **lesioni al cervelletto**, hanno mostrato un **decefit percettivo** delle caratteristiche temporali negli stimoli uditivi proposti.



## GIALLO E BLU – **ELABORAZIONE DELLA MELODIA E DELL'ARMONIA**

Quando è suonato un **intervallo armonico**, i **neuroni** di tutto il sistema uditivo, **sensibili a una o più frequenze** (parziali), contenute nell'intervallo, rispondono **innescando l'attivazione di potenziali**.

Con **intervalli consonanti**, le **risposte delle fibre nervose** nel sistema uditivo, contengono **forti rappresentazioni di toni armonicamente correlati racchiusi nell'intervallo** e la **maggior parte delle frequenze** riesce ad essere **trattata** finemente **dai neuroni del sistema uditivo ed esse correlati**.

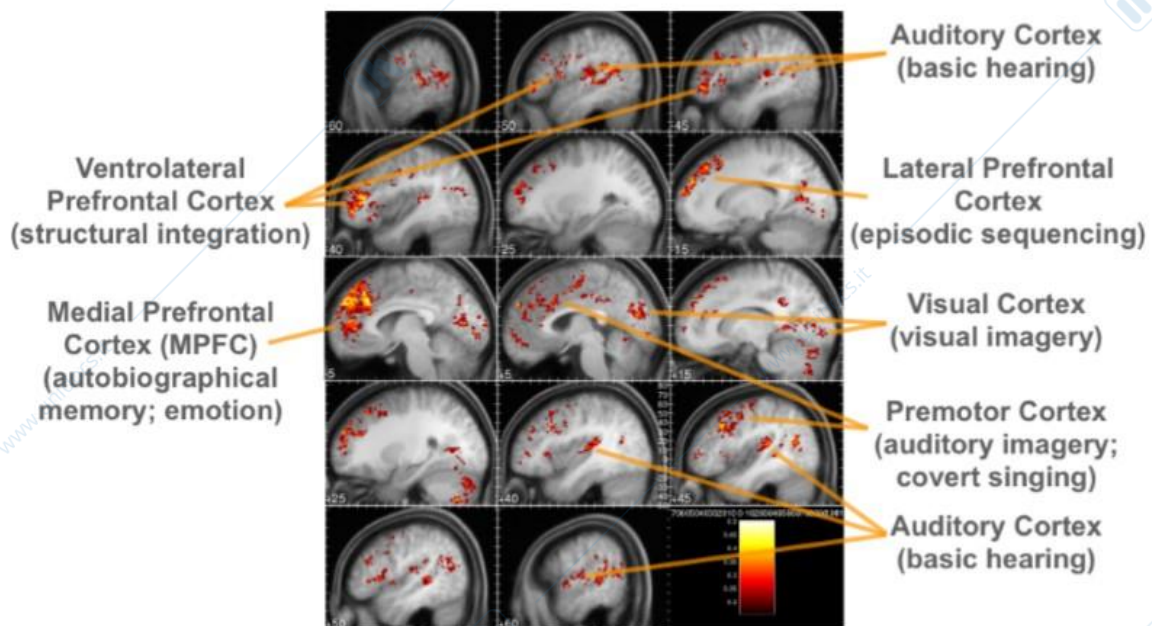
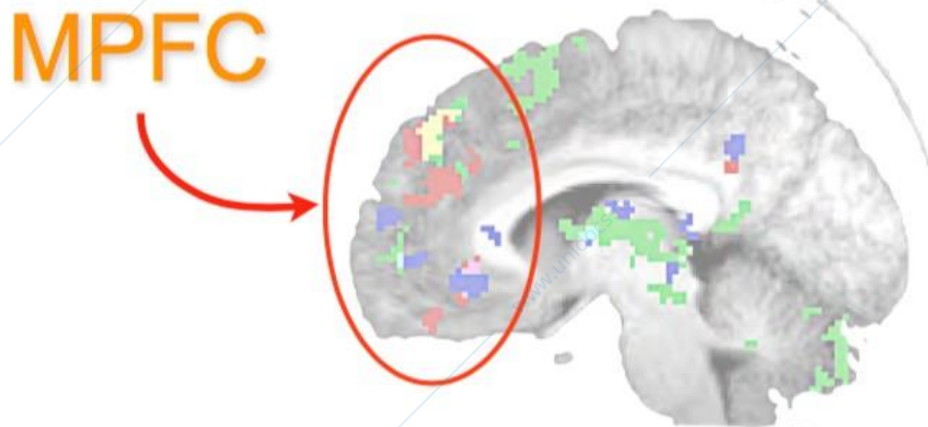
Con **intervalli dissonanti** le **fibre nervose NON** contengono **forti rappresentazioni delle note costituenti** e **molte frequenze sono troppo vicine per essere risolte** dai neuroni del sistema uditivo, esse causano fluttuazioni grezze nell'attivazione di potenziale dei neuroni del sistema uditivo periferico e centrale generando ruvidità e dissonanza nella percezione.

La comprensione **ARMONICA** è stata attivata **di più** nell'emisfero **SINISTRO** che in quello destro; ha prodotto **l'attivazione bilaterale**, **maggiormente** nel lato **sinistro della corteccia temporale media, posteriore e superiore** e il **cervelletto bilaterale** (in blu).

La comprensione **MELODICA** ha creato **forti attivazioni nelle aree di associazione uditiva secondarie**, specialmente nell'**area superiore bilaterale** **maggiormente a destra** e nella **corteccia temporale media** (in giallo).

## TONALITA'

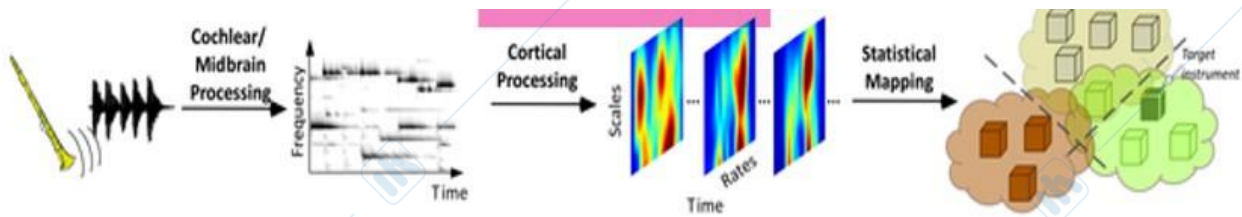
Petr Janata ha scoperto che ci sono **aree sensibili alla tonalità** nella **corteccia prefrontale mediale** (MPFC), nel **cervelletto**, nei **solchi temporali superiori** di entrambi gli emisferi e nel **giro superiore temporale**.



Queste sono tutte le aree coinvolte nel tracciamento della tonalità.

Quindi la **tonalità** coinvolge **molte aree del cervello** perché è un **elemento di riferimento molto importante**.

## IL TIMBRO



La percezione del timbro musicale sembra basarsi su modelli di attivazione neurale che il suono evoca a livello della **corteccia uditiva primaria**.

Naturalmente, mostrando che le informazioni sono disponibili al livello della **corteccia uditiva primaria** NON implica che tutti i correlati neurali dell'identificazione sonora si trovino a questo livello.

A differenza delle viste statiche o ridotte del timbro che enfatizzano tre o quattro parametri estratti dalla **forma d'onda acustica**, l'analisi corticale fornisce una **visione dinamica** delle **modulazioni spettro-temporali del segnale** quando variano nel tempo.

Sebbene la sensazione di altezza sia correlata alla  $f_0$  dei suoni periodici, la **sensazione del timbro** è una proprietà emergente delle **caratteristiche spettrali** e **temporali dei suoni**.

Il tempo tra la sua **insorgenza** e la sua **ampiezza di picco** ("**tempo di attacco**"), è un forte fattore **determinante** dell'attributo percettivo di "attacco".

Sebbene il tempo di attacco sia una caratteristica dell'**inviluppo temporale**, il **centroide spettrale** è una caratteristica dell'**inviluppo spettrale** ed è calcolato come la **media ponderata della frequenza di tutte le armoniche presenti**, dando origine alla sua "**chiarezza o luminosità**".

Studi classici hanno scoperto che il centroide spettrale e il tempo di attacco sono due dimensioni ortogonali che spiegano per gran parte della varianza dei **giudizi sulla qualità del suono**.

La **terza e più rilevante** dimensione che è sia di natura spettrale che temporale è il **flusso spettrale**, il **cambiamento nel centroide spettrale nel tempo**.

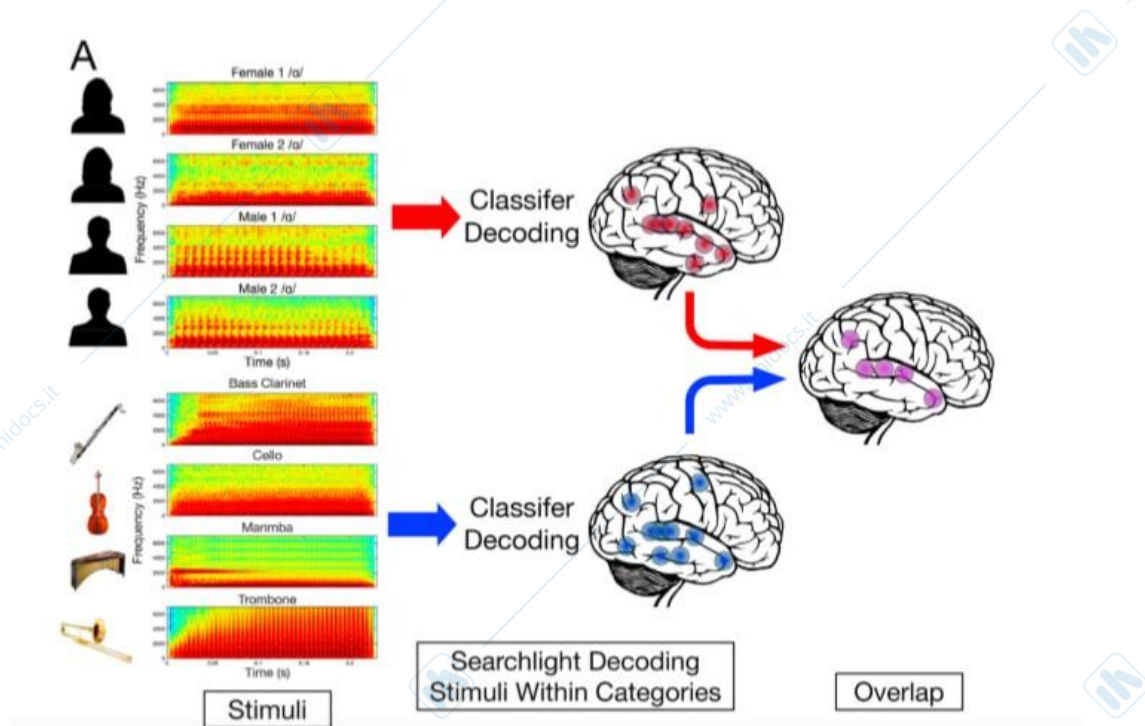
Il **Centroide o Baricentro spettrale** è **metodo di riconoscimento dei segnali audio**, che **individua il punto medio della distribuzione di energia di un suono**. (il centroide del parlato è inferiore al centroide della musica).

Questa attività STS lateralmente a destra supporta l'idea che **l'emisfero destro sia relativamente sintonizzato ai cambiamenti SPETTRALI**, mentre **l'emisfero sinistro è più sintonizzato su una struttura TEMPORALE a grana fine.**

Le persone con un allenamento eccezionalmente raffinato nell'ascolto di timbri, come gli accordatori di piano, hanno **migliorato la materia grigia nelle strutture temporali superiori e nel complesso dell'ippocampo**, che è **cruciale per l'apprendimento e la memoria.**

Queste differenze di materia grigia sono correlate alla durata della propria carriera nella messa a punto del pianoforte e **NON all'età effettiva**, suggerendo che ci sono **adattamenti nella struttura del cervello** che derivano da **un'esperienza musicale avanzata.**

Singole fonti sonore di **diverse categorie sonore** sono rappresentate in **regioni separate dei lobi temporali** situate all'interno di **regioni implicate in processi acustici più generali**, ma vi sono **zone di rappresentazione comuni fra le diverse tipologie.**



## LA VOCE E' SPECIALE?

Esperimento 1: gli ascoltatori hanno reagito il più rapidamente possibile a stimoli misti, voce –strumenti musicali; I risultati hanno mostrato precisione quasi perfetta e tempi di reazione veloci, in particolare per le voci

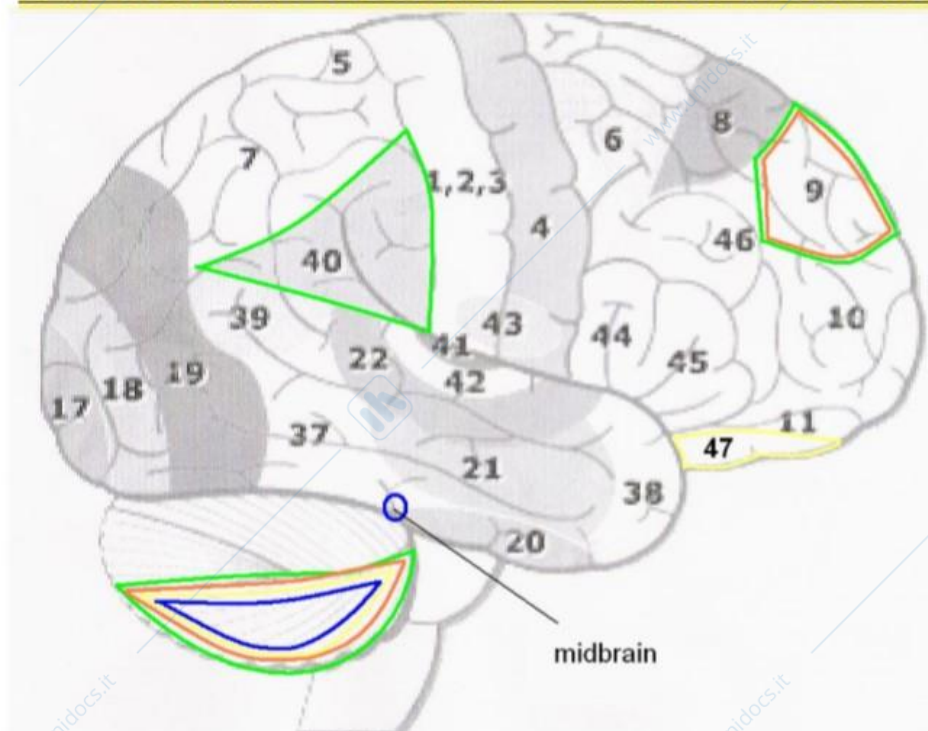
Esperimento 2: le voci sono state riconosciute tra suoni musicali e viceversa. Ancora una volta, i tempi di reazione alle voci erano più veloci.

Esperimento 3: sono stati create profili sonori con solo le caratteristiche spettrali o temporali della voce : sono stati riconosciute con precisione, ma non con la stessa rapidità delle voci naturali.

I dati suggeriscono **meccanismi nervosi rapidi ed accurati** per il **riconoscimento del suono musicale**, basato sulla **selettività** per le complesse **firme spettrotemporali delle sorgenti sonore**.

Il **riconoscimento del timbro** avviene anche se i segnali sono **molto brevi**, confermando che i **parametri neurali di riconoscimento funzionano a diverse scale temporali**.

### RITMO: CONFRONTO DELLA ATTIVAZIONI CEREBRALI DEI MUSICISTI E DEI NON-MUSICISTI



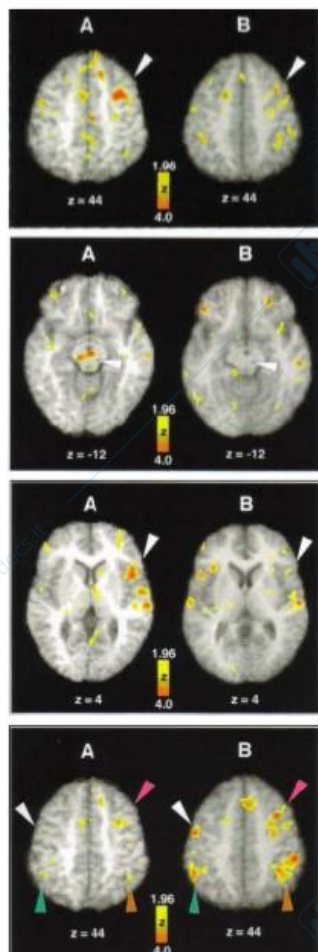
In un vari studi sono stati analizzati gli **ELEMENTI PRINCIPALI DEL RITMO**:

- **DURATA**;
- **STRUTTURA**;
- **TEMPO** (dinamicamente crescente o calante)
- **METRO** ( la differente periodicità di 3/4, 4/4, di 5/4, 5/8, 7/8 e 9/8 )

Su musicisti e non musicisti sono state trovate **differenti aree cerebrali attivate** per la **discriminazione di particolari aspetti del ritmo**.

Per la **struttura** e le **discriminazioni della metrica** è stata rilevata una tendenza **all'attivazione di aree cerebrali dei NON-MUSICISTI NON rilevate nei MUSICISTI.**

- 1) Nelle **discriminazione del tempo** i **NON-MUSICISTI** hanno mostrato l'**attivazione della corteccia frontale mediana destra (9)** e del **cervelletto laterale posteriore bilaterale**, molto **debole** nei **MUSICISTI**. (in arancione)
- 2) Nella **discriminazione della struttura** i **NON-MUSICISTI** hanno mostrato un interessamento del **mesencefalo** e del **cervelletto laterale posteriore bilaterale**, molto **debole** nei **MUSICISTI**. (in blu)
- 3) **Nella discriminazione del metro** i **NON-MUSICISTI** hanno mostrato l'**attivazione della corteccia frontale inferiore destra (47)**, con **poca o nessuna attivazione** in queste aree, per i **MUSICISTI**. (in giallo)
- 4) Nella **discriminazione della durata** invece i **MUSICISTI** hanno evidenziato un coinvolgimento della **corteccia frontale (9)**, della corteccia **parietale (40)** e una forte attivazione nel **cervelletto posteriore bilaterale**; tali attivazioni erano molto **deboli** o **assenti** nei **NON-MUSICISTI**. (in verde)



## RITMO: CONFRONTO DELLA ATTIVAZIONI CEREBRALI DEI MUSICISTI E DEI NON-MUSICISTI

- Attivazioni nella corteccia frontale mediale ( 9 ) per i non-musicisti (A) comparato con quello dei non musicisti (B) durante la **discriminazione del tempo musicale.**
- Attivazione nel midbrain per i non-musicisti (A) comparato con quello dei musicisti durante la **discriminazione della struttura musicale**
- Attivazione della corteccia inferiore destra (47) per i non musicisti (A) comparata con quella dei musicisti (B) **durante la discriminazione del metro.**
- Attivazioni nella corteccia frontale mediale bilaterale ( 9 ) e della corteccia laterale inferiore bilaterale ( 40 ) per i musicisti (B) comparate con quelle dei non-musicisti (A) durante la **discriminazione della durata.**

Modelli della Percezione Musicale

## ATTIVAZIONI CEREBRALI DURANTE LE ESECUZIONI MUSICALI

In diversi studi è stata analizzata l'**attivazione del cervello** durante **prestazioni puramente musicali**; dicendo "puramente musicali" intendiamo una **produzione musicale che NON deriva dalla lettura di spartiti** bensì dalla **memoria musicale di un brano.**

La lettura a prima vista di uno spartito, durante la prestazione, aggiunge un carico cognitivo che NON è direttamente connesso alla musica.

Un pezzo interamente memorizzato determina una comprensione più profonda della musica.

E' stata confrontata l'attività del cervello tra le esecuzioni per pianoforti di un brano musicale di **J.S. Bach** ed alcune esecuzioni delle scale entrambe a due mani.

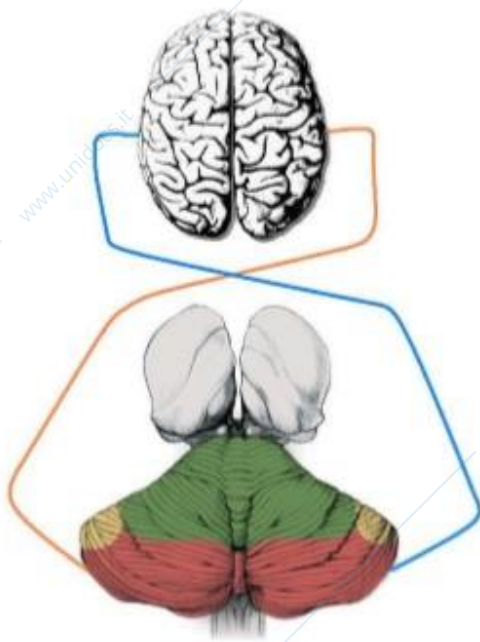
Nei risultati ottenuti le **differenze principali** si sono riscontrate a livello **della corteccia uditiva**: molte attivazioni si sono presentate nelle aree di associazione uditive secondarie anteriori.

Complessivamente **le esecuzioni del brano di Bach hanno attivato il LOBO TEMPORALE in modo più consistente**, rispetto alle prestazioni delle scale, attivando le aree temporali superiori, medie e inferiori bilateralmente con maggior intensità a destra ed il cervelletto laterale posteriore sinistro.

L'attivazione più significativa della **corteccia uditiva DESTRA** per le prestazioni del brano musicale di Bach è coerente con una serie di **risultati neurofisiologici** e di **neuroimaging** che evidenziano il coinvolgimento delle **aree della corteccia uditiva destra** con la **ricezione e l'espressione della melodia**.

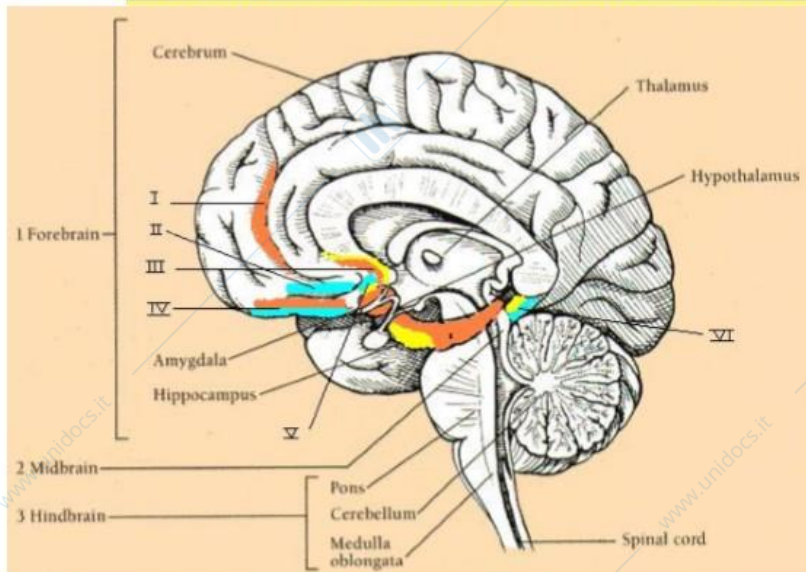
**Alcune aree di rappresentazione di alto livello musicale sono dunque state trovate nelle regioni temporali dell' emisfero DESTRO.**

L'attivazione del **cervelletto posteriore SINISTRO** in concomitanza con le attivazioni del lobo **temporale DESTRO** nell'esecuzione del brano di Bach, **è coerente con i risultati di ulteriori studi di neuroimaging** che assegnano al **CERVELLETTO** funzioni differenti da quelle motorie, nel campo **sensoriale e cognitivo** che la musica possiede.



- **Circuito distribuito per il trattamento dell' informazione musicale,**
- **in arancione il circuito creato durante la performance del brano di**
- **Bach ( lobo temporale destro – cervelletto posteriore laterale sinistro )**
- **, in blu il circuito creato durante la riproduzione delle scale**
- **(lobo temporale sinistro – cervelletto posteriore laterale destro )**
- **quest' ultimo meno accentuato.**

## AREE EMOZIONALI DEL CERVELLO IMPLICATE NELLA PERCEZIONE MUSICALE



- I - Corteccia frontopolare,**
- II - Corteccia prefrontale mediale,**
- III - Corteccia cingolata subcallosale,**
- IV - Corteccia orbitofrontale,**
- V - Nucleo striato ventrale (nucleo accumbens),**
- VI - Insula**

### AREE EMOZIONALI DEL CERVELLO IMPLICATE NELLA PERCEZIONE MUSICALE

La musica è un ottimo strumento di indagine delle **EMOZIONI**; infatti la musica può produrre emozioni di forte intensità e di duplice valenza (positiva o negativa) facilmente provocabili su tutte le tipologie di soggetti.

Risultati degli studi sulle emozioni derivanti dalla musica, indicano fondamentalmente che le reti delle **strutture LIMBICHE** e **PARALIMBICHE** sono coinvolte nel **trattamento emotivo della musica**.

Esempio:

**Sgradevolezza crescente degli stimoli** -> Giro paraippocampale destro

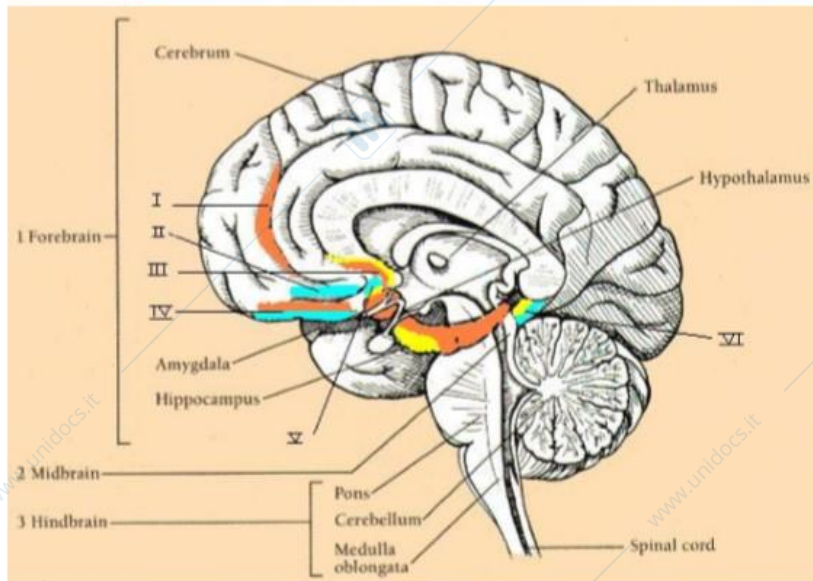
**Riduzione sgradevolezza degli stimoli**

**Musica sconosciuta ma piacevole**

**Crescente intensità dei brividi**

**Musica sgradevole e gradevole**

## AREE EMOZIONALI DEL CERVELLO IMPLICATE NELLA PERCEZIONE MUSICALE



**( in arancione ) Musica spiacevole /  
stimoli dissonanti -**

Corteccia frontopolare, Corteccia  
cingolata subcallosale, Corteccia  
orbitofrontale, Amigdala, Ippocampo

**( in giallo ) Musica piacevole /  
stimoli nuovi o poco conosciuti -**

Corteccia cingolata subcallosale,  
Nucleo striato  
ventrale (nucleo accumbens), Insula

**( in azzurro ) Musica preferita /  
forti emozioni o brividi -**

Corteccia prefrontale mediale,  
Corteccia orbitofrontale, Nucleo striato  
ventrale (nucleo accumbens), Insula

Modelli della Percezione Musicale

## ASPETTATIVE : PREDIZIONE e RICOMPENSA

Gli **oggetti sonori musicali** ci forniscono le basi per fare **previsioni sugli eventi nell'immediato futuro**.

Ci aspettiamo che i suoni si verifichino o meno su **suddivisioni del battito** e gli **accenti** si verifichino a **battiti specifici all'interno di un dato metro**;

Ci aspettiamo anche che le **sequenze degli intervalli in una melodia** seguano degli **schemi**, così come l'evoluzione della tessitura armonica.

La **realizzazione sistematica** e le **violazioni delle aspettative** sono state a lungo ipotizzate per contribuire al **contenuto emotivo** e al **significato percepito nella musica**.

Le recenti intuizioni mostrano che collegare la **musica al sistema di ricompensa del cervello** può essere **fruttuoso** nel rivelare **perché gli umani apprezzano la musica**.

Sebbene la musica sia **un'interazione** relativamente **astratta di motivi sonori**, può innescare il rilascio di **dopamina**, un neurochimico che viene rilasciato durante l'esperienza di premi come cibo, sesso e droghe ricreative.

Ascoltare la musica che apprezziamo attiva lo **striato**, un insieme **di regioni cerebrali ricche di dopamina**, e lo striato è **correlato in attività con la CORTECCIA UDITIVA**.

Questo accoppiamento funzionale tra la **corteccia uditiva** e le **regioni sensibili alla ricompensa** è un **resoconto particolarmente convincente del perché gli umani amano la musica**.

La **connettività della materia bianca** tra la **corteccia uditiva** e le **regioni di elaborazione e di emozione sociale** del cervello sono **più ampie** tra le persone che **sperimentano "brividi"** quando ascoltano **musica intensamente piacevole**.

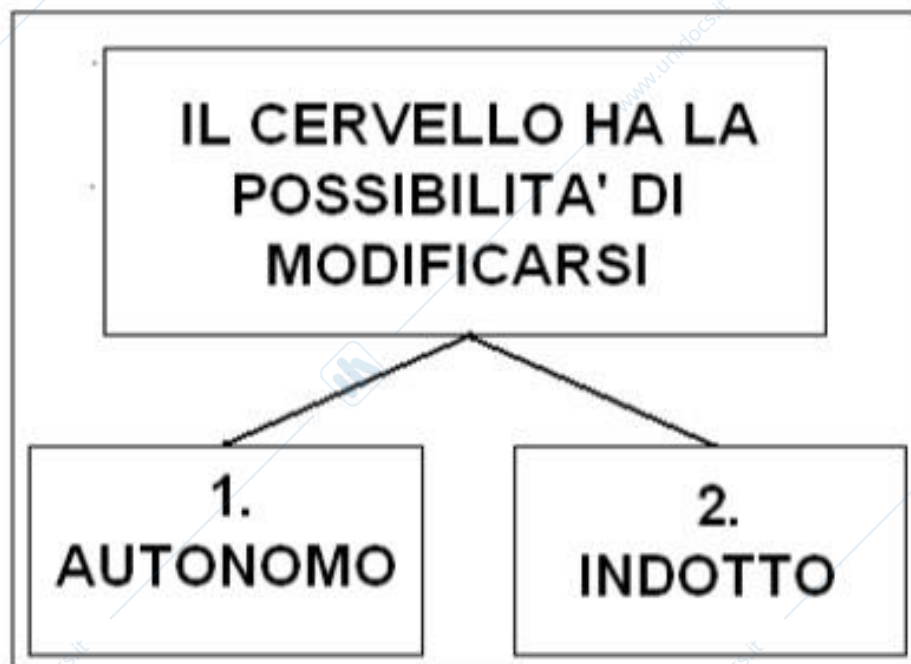
Mentre gli ascoltatori hanno ascoltato la loro musica piacevole preferita ha rilevato nello **striato dorsale (DS)** precedenti **brividi**, nelle stesse regioni che hanno mostrato il rilascio di **dopamina**.

## **BRAIN PLASTICITY = PLASTICITA' CEREBRALE**

**il cervello è malleabile e malleabile come un pezzo di argilla capace di costruire reti neurali alternative e riparare i circuiti danneggiati**



## **TIPOLOGIE DI CAMBIAMENTO**



## 1. cambiamento autonomo

- Il cervello si modella fin dal concepimento e ha forti capacità plastiche fino al periodo adolescenziale
- Il cervello si riorganizza e si modella a seconda delle situazioni fisiche a cui è sottoposto

## 2. Cambiamento indotto

- Quali cambiamenti plastici può portare il training musicale?
- Quali possono essere i vantaggi di tali cambiamenti?

## IL RUOLO DELL'ETA'

L'età certamente gioca un ruolo importante nei cambiamenti plastici.

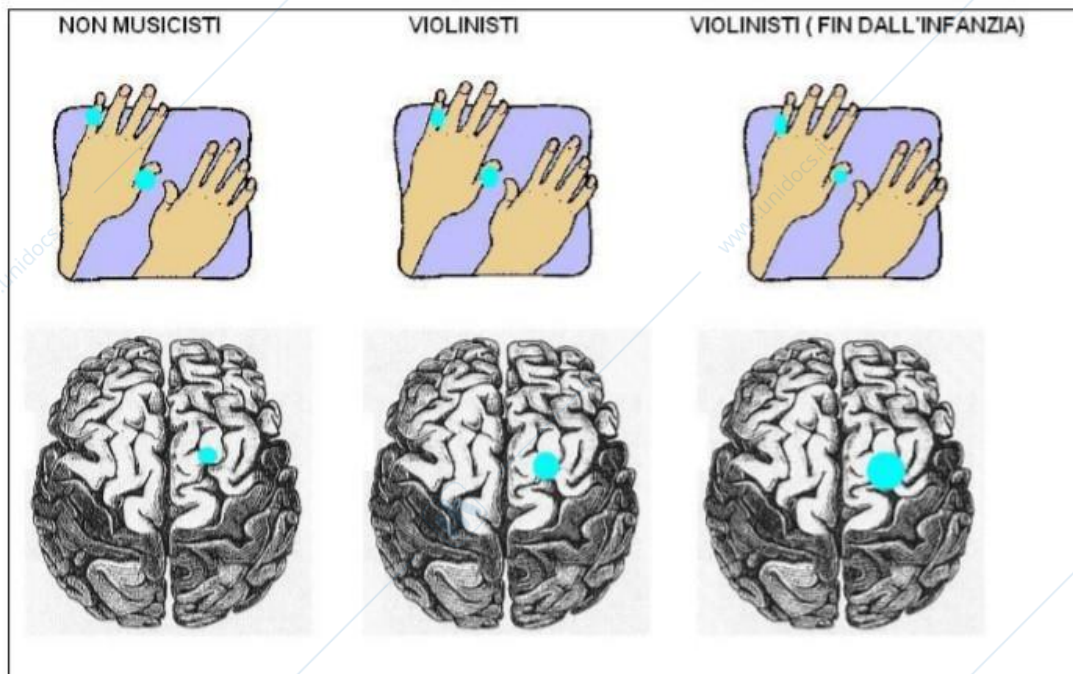
Imparare uno strumento musicale durante l'infanzia è più facile perché la corteccia uditiva è in una fase sensibile alla sua riorganizzazione interna.

Ciò non significa che siamo impossibilitati ad acquisire le stesse capacità più avanti nel corso della vita, ma per ottenere un risultato equivalente avremo bisogno di più sforzo.

**L'esercizio musicale sin dall'infanzia porta a un differente sviluppo cerebrale e allena le capacità mnemoniche nel corso degli anni.**

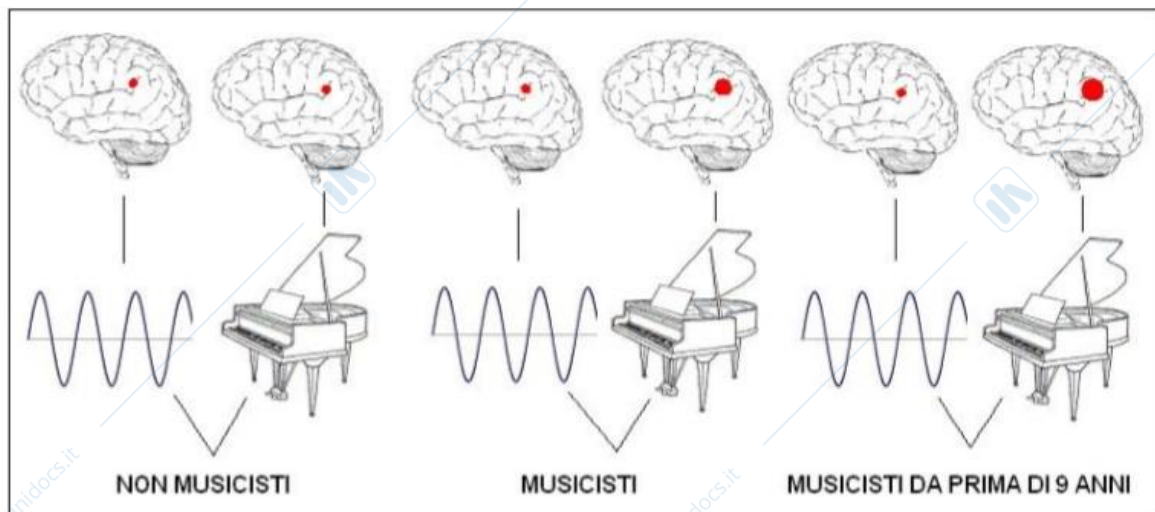
Dopo un anno di training musicale è stato riscontrato che i bambini ottenevano performance decisamente **migliori** nei **test di memoria verbale, visio-spaziale e matematica** rispetto alla media.

Queste differenze si riscontrano anche a livello di **materia grigia**: MUSICISTI il cui percorso musicale inizia con **l'infanzia** hanno mostrato un **aumento del volume della materia grigia**.



**La grandezza delle rappresentazioni nella corteccia somatosensoriale delle dita della mano sinistra è stato verificato dipendere anche dall'età in cui i musicisti hanno iniziato a suonare il loro strumento.**

Modelli della Percezione Musicale



**La stimolazione neurale è risultata essere correlata non solo col training musicale ma anche con l'età di inizio del training musicale; i musicisti che hanno iniziato a suonare prima dei 9 anni hanno dimostrato le più grandi rappresentazioni corticali.**

## **Immaginare un'esecuzione**

( D.H.Ingvar, L.Philipson )

- **Si pensa che la pratica mentale possa accelerare l'acquisizione di nuove pratiche motorie provvedendo a un buon modello cognitivo di un atto motorio attivato in anticipo rispetto all'esecuzione fisica.**
- **Per testare quest'ipotesi è stato richiesto a dei soggetti ai quali era stato chiesto precedentemente di imparare un piccolo esercizio al pianoforte, di suonare per due ore l'esercizio spendendo del tempo a visualizzarlo nei movimenti, ripetendolo mentalmente.**

## Strutture rinforzate dalla musica

**Corpus callosum**

**Corteccia motoria**

**Cerebellum (cervelletto)**

**Volume materia grigia**

