

Musica e cervello nei primi giorni di vita

Attivazione specifica per la percezione della musica nei neonati

Maria Cristina Saccuman^{*o}, Danilo Spada^{*}, Daniela Perani^{***}

^{*}Facoltà di Psicologia, Università Vita-Salute San Raffaele, Milano; ^oDivisione di Neuroscienze, Istituto Scientifico San Raffaele, Milano;

[~]Centro di Eccellenza per la Risonanza Magnetica ad Alto Campo (CERMAC), Istituto Scientifico San Raffaele, Milano; ^{*}Dipartimento di Medicina Nucleare, Istituto Scientifico San Raffaele, Milano

Abstract

Music and brain in the first days of life. Specific activation for music processing in newborns

Background Despite the evidence for the importance of musical competences in early childhood, the neural basis of music processing in infants has remained unspecified.

Methods We used functional MRI to measure brain activity in healthy newborns as they heard excerpts of classical music and altered versions of the same excerpts.

Results Music evoked predominantly right-hemispheric activations in primary and higher order auditory cortex. During presentation of the altered excerpts, responses were reduced in the right auditory cortex and activations emerged in the left inferior frontal cortex and limbic structures.

Conclusions The infant brain shows a hemispheric specialization for processing music as early as the first postnatal hours. Also, results show that the neural architecture underlying music processing in newborns is sensitive to subtle alterations of musical structure.

Quaderni acp 2011; 18(1): 2-5

Key words Music. Auditory cortex. Inferior frontal gyrus. Functional MRI. Neonates

Introduzione Nonostante evidenze recenti indichino che le competenze musicali hanno grande importanza nella prima infanzia, si conosce molto poco della base neurale della percezione della musica nei bambini piccoli.

Metodi Il nostro gruppo ha utilizzato la risonanza magnetica funzionale per misurare l'attività neurale in neonati sani che sentivano brani di musica classica, e gli stessi brani alterati nella struttura.

Risultati La musica evoca attivazioni prevalentemente nell'emisfero destro, in corteccia uditiva primaria e di ordine superiore. Durante la presentazione degli stimoli alterati si osservano una riduzione della risposta uditiva destra e il coinvolgimento di aree frontali inferiori sinistre e di aree appartenenti al sistema limbico.

Conclusioni Il cervello del neonato mostra una specializzazione emisferica per l'elaborazione della musica fin dalle prime ore di vita, e l'architettura neurale che la sostiene è sensibile ad alterazioni minime nella struttura musicale.

Parole chiave Musica. Corteccia uditiva. Giro frontale inferiore. MRI funzionale. Neonati

Introduzione

I bambini piccoli sono molto sensibili all'informazione musicale, nonostante la percezione della musica implichi operazioni cognitive complesse. La musica suscita nei piccolissimi vero piacere, modulando la loro attenzione, calmandoli o rendendoli più vigili. Uno studio recente ha mostrato che pochi minuti al giorno di musica abbassano il consumo energetico a riposo di neonati prematuri, favorendone l'aumento di peso [1]. Sappiamo che bambini di pochi mesi sono già in grado di processare aspetti molto sofisticati degli stimoli musicali, in modo non molto diverso da come

fanno gli adulti. Per esempio, di una melodia ricordano il rapporto fra un tono e l'altro, e la riconoscono anche se viene suonata o cantata ad altezze e con tempi diversi [2]. Queste competenze svolgono un ruolo cruciale nelle prime fasi dell'acquisizione del linguaggio, dato che l'elaborazione delle informazioni prosodiche fornisce indicazioni importanti per l'identificazione di sillabe, parole e frasi [3]. Fare musica modifica profondamente la sensibilità del sistema uditivo, migliorando le capacità di processare i suoni del linguaggio e di comprendere le sfumature di significato comunicate attraverso piccoli cambiamenti nel tono

di voce, tanto che l'educazione musicale potrebbe essere una strategia per aiutare bambini con disturbi del linguaggio o autismo a processare più accuratamente i suoni del linguaggio [4].

Oltre alle precoci capacità percettive c'è un aspetto che rende unico il rapporto fra musica e neonati. La musica è un'esperienza intensamente sociale, un mezzo efficace per comunicare e suscitare emozioni, tanto che la risposta emotiva indotta dalla comunicazione musicale potrebbe proprio essere alla base dell'interesse dei neonati per il linguaggio. Non per niente si tende istintivamente a parlare ai bambini con un linguaggio melodico caratteristico, lento e cantilenante, molto simile a un canto. Il coinvolgimento emotivo, insieme alle abilità percettive e computazionali, appare essere un ingrediente fondamentale per l'apprendimento normale del linguaggio [5].

Nonostante l'evidente importanza della competenza musicale nell'infanzia, fino a poco tempo fa si sapeva poco della neurobiologia della musica nei bambini. Da alcuni anni lo studio della musica occupa un posto di rilievo nelle neuroscienze cognitive. Come il linguaggio, la musica appare essere un'attività squisitamente umana, che coinvolge le nostre capacità di analisi di strutture complesse, di memoria e apprendimento, di integrazione fra azione e percezione, ed è in grado di suscitare emozioni profonde. Negli adulti, numerosi studi hanno dimostrato che il cervello si attiva in modo specifico quando si è esposti a stimoli musicali, con il coinvolgimento maggiore dell'emisfero destro, in aree temporali, frontali e parietali, e di strutture del cervello legate alle emozioni, come l'amigdala [6]. Non si sapeva però quale fosse il punto di partenza rispetto a ciò che si osserva negli adulti, se cioè quel network così ben descritto fosse il risultato di anni di esposizione alla musica o se fosse il frutto, almeno in parte, di predisposizioni biologiche, largamente indipendenti dall'esperienza.

Per corrispondenza:
 Maria Cristina Saccuman
 e-mail: cristina.saccuman@gmail.com

Questa domanda ha guidato il lavoro del nostro gruppo al San Raffaele di Milano [7]. Ci siamo chiesti quale fosse la base neurale della musica nei neonati. Il cervello dei neonati avrebbe trattato la musica come un qualsiasi stimolo sonoro? Come avrebbe reagito a piccoli cambiamenti nella sintassi musicale e all'introduzione di intervalli dissonanti?

Metodi

Per la prima volta abbiamo usato la risonanza magnetica funzionale (fMRI) in neonati a termine sani e non sedati, entro i primi tre giorni di vita. Sono stati inclusi nello studio diciotto neonati: 8 femmine e 10 maschi con Apgar a 5 minuti ≥ 8 . I neonati sono stati reclutati nel reparto di Neonatologia dell'Istituto Scientifico San Raffaele, al termine di gestazione e parto normali. Sulla base di informazioni fornite dai genitori, si sono esclusi i neonati con storia familiare di disturbi dell'apprendimento e disturbi psichiatrici, neurologici e metabolici. La maggior parte dei membri delle famiglie immediate dei neonati era destrimane (88%). Nessun training musicale specifico era stato condotto durante la gravidanza. Abbiamo preferito che i bambini partecipanti non fossero figli di musicisti o di appassionati di musica, in modo da limitare al massimo l'esposizione prenatale alla musica, che giunge *in utero* anche se altamente filtrata.

Le acquisizioni MRI sono state effettuate attraverso uno scanner Philips 1.5 T Intera (sequenza: EPI Gradient Echo Pulse, TR/TE = 3000/40 msec, voxel = 3.75 x 3.75 x 3 mm). Durante l'esame i neonati erano adagiati in una culla apposita, avvolti in una coperta. I suoni erano presentati attraverso cuffie dotate di un sistema per la soppressione attiva del rumore. Il comportamento dei neonati durante l'esame era monitorato con un microfono e una telecamera collocati all'interno dello scanner. Nella maggior parte dei casi, i neonati hanno dormito tranquillamente per gran parte dell'esame e, durante lo studio, hanno ascoltato brevi brani di musica classica strumentale e versioni degli stessi brani alterate digitalmente. Ogni brano durava 21 secondi ed era seguito da 21 secondi di silenzio, per un totale di 7 minuti di acquisizione; il tutto ripetuto due volte. Mentre la musica "originale" permetteva di

rispondere alla domanda fondamentale sui correlati neurali della percezione della musica nei neonati, le condizioni alterate, identiche per ritmo, timbro e contorno melodico agli stimoli originali, rendevano possibile un'interpretazione più precisa dei dati, escludendo che l'attivazione osservata fosse una risposta uditiva a stimoli genericamente musicali. In una condizione che abbiamo chiamato "key shift" (trasposizione di tonalità), brevi porzioni di brano venivano trasposte di un semitono (l'intervallo musicale più piccolo usato nella musica occidentale tonale) più in alto o più in basso, provocando un'incongruenza rispetto al contesto armonico precedente. Riconoscere questo tipo di violazione richiede che l'ascoltatore costruisca e tenga in memoria la rappresentazione del centro tonale del brano musicale, e la confronti con il centro tonale del frammento spostato. Questa operazione, non banale dal punto di vista cognitivo, è alla base della elaborazione della sintassi armonica; il nostro interesse era di testare se il cervello del neonato fosse già sensibile a cambiamenti della chiave tonale.

In una terza condizione, chiamata "dissonanza", l'intera melodia dei brani veniva spostata superiormente di un semitono, mantenendo inalterato l'accompagnamento, creando pertanto sistematici intervalli dissonanti tra singole note della melodia e note dell'accompagnamento. Consonanza e dissonanza sono proprietà percettive dei toni presentati contemporaneamente. Nella definizione più semplice, un intervallo consonante è una combinazione di suoni percepita come piacevole, mentre un intervallo dissonante è percepito come spiacevole. La percezione della dissonanza, che dipende anzitutto da proprietà fisiologiche del sistema uditivo periferico, appare indipendente dall'esperienza musicale, ed è osservata anche in bambini molto piccoli. Bimbi di pochi mesi trovano spiacevole la musica dissonante, e l'uso di questi stimoli sgraditi, contrapposti a musica che i neonati trovano piacevole, ci ha permesso di investigare anche i correlati neurali delle emozioni.

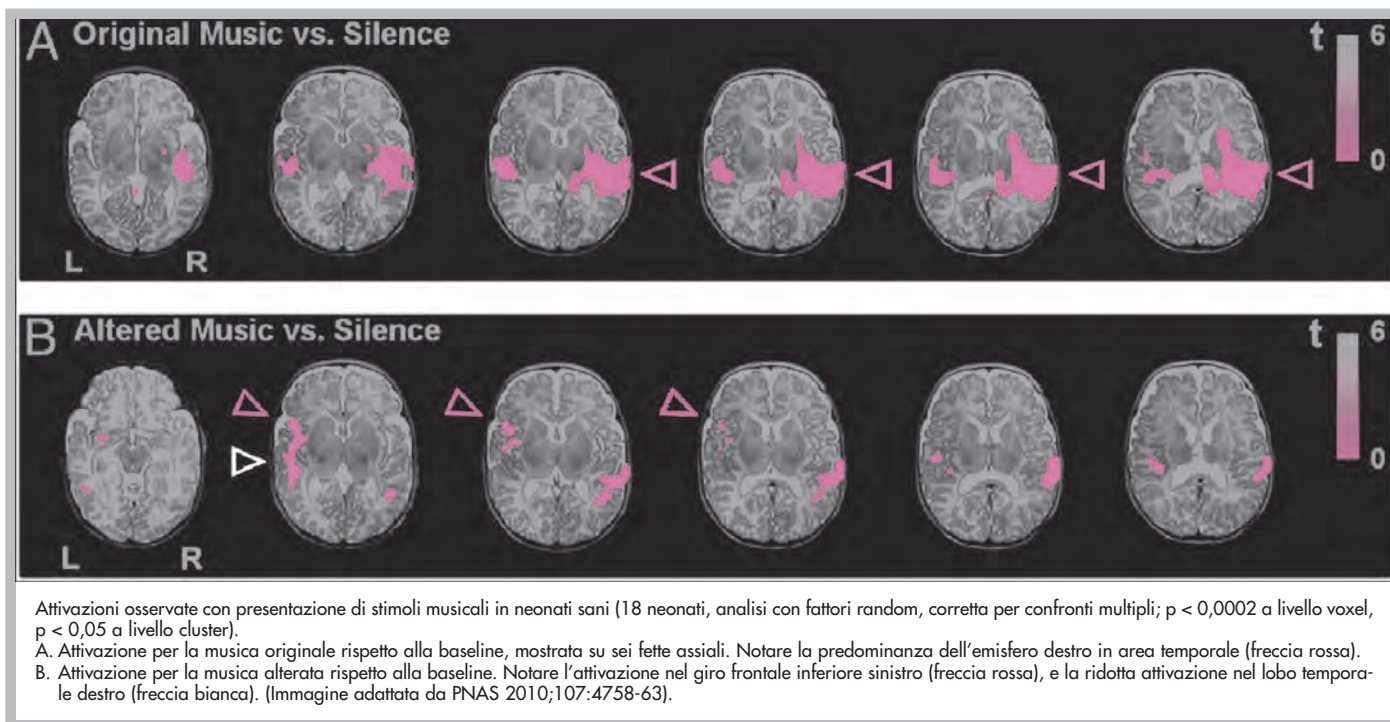
Le immagini funzionali sono state analizzate secondo il modello generale lineare con il software AFNI. Per ogni neonato si è stimata la percentuale di cambiamento del segnale per ogni condi-

zione sperimentale rispetto alla condizione "silenzio". Dalle stime individuali si sono ottenute mappe di gruppo con una analisi della varianza (ANOVA) a effetti random, con *soggetti* come variabile random e *tipo di stimolo* come variabile fissa. I risultati riportati sono quindi generalizzabili alla popolazione con caratteristiche simili a quelle del gruppo esaminato.

Rimandiamo all'articolo originale pubblicato su PNAS per ulteriori dettagli sulla costruzione degli stimoli, il disegno sperimentale e l'analisi dei dati [7].

Risultati

Sorprendentemente, durante la presentazione degli stimoli originali, i neonati, che ascoltavano musica per la prima volta fuori dal grembo materno, mostravano un'attivazione molto simile a quella osservata negli adulti, con una chiara dominanza dell'emisfero destro rispetto al sinistro (*figura*). Oltre alle cortecce uditive, che svolgono operazioni legate all'analisi dell'altezza dei suoni, erano attive aree temporali con funzioni di riconoscimento dei pattern di suoni, di codifica delle melodie e di processi che legano i suoni al movimento. Negli adulti la specializzazione delle cortecce uditive primarie e secondarie viene attribuita all'evoluzione di una specializzazione complementare, con la corteccia di sinistra più adatta alla codifica di suoni che variano molto velocemente – fondamentale per il linguaggio – e la corteccia destra, adatta invece alla decifrazione delle caratteristiche spettrali dei suoni, e quindi della musica [8]. Il nostro studio dimostra che quella specializzazione è già in atto alla nascita. Il coinvolgimento di aree al di fuori della corteccia uditiva primaria destra, che risulta molto simile all'attivazione osservata per l'elaborazione di frasi nell'emisfero sinistro, fa ipotizzare che il cervello del neonato stia già processando la complessa organizzazione gerarchica propria alla musica [9]. Ancora più sorprendente è stato osservare che l'attivazione era modulata dalle alterazioni degli stimoli musicali (*figura*). Nonostante gli stimoli alterati fossero molto simili agli stimoli originali dal punto di vista acustico, il cervello dei neonati mostrava di "riconoscere" la musica alterata, cambiando significativamente il pattern di attivazione cerebrale.



Con le alterazioni dei brani musicali, l'attivazione temporale destra risultava ridotta, tanto da apparire simmetrica a quella sinistra, e limitata alla corteccia uditiva primaria. Venivano inoltre reclutate regioni temporali e frontali nell'emisfero sinistro non attive durante l'ascolto della musica originale. Questo indica che quella che si osserva per la musica è un'attivazione specifica, non una semplice risposta a stimoli con caratteristiche acustiche genericamente simili a quelle di stimoli musicali. I neonati riconoscono le piccole variazioni di struttura e sono sensibili all'inserimento di intervalli dissonanti. Il coinvolgimento di strutture dell'emisfero sinistro quali il giro temporale superiore e frontale inferiore è probabilmente da attribuire alla sensibilità dell'emisfero sinistro a frequenti cambiamenti di chiave tonale nella condizione key-shift, e all'ambiguità tonale della condizione dissonanza, come osservato in bambini di età scolare [10]. Negli adulti il giro frontale inferiore (area di Broca) appare avere un ruolo fondamentale nella percezione di irregolarità in sequenze strutturate.

Infine, si dimostra che anche in bambini così piccoli l'ascolto della musica attiva strutture cerebrali sensibili a stimoli con forte contenuto emotivo. Questi dati

sono da interpretare con molta cautela, vista la difficoltà a risolvere da un punto di vista spaziale strutture molto piccole nel cervello del neonato.

Possiamo comunque riportare di aver osservato un significativo aumento di segnale nel complesso amigdala-ippocampo destro durante l'ascolto di musica originale, che presumibilmente i neonati trovano piacevole. La musica alterata porta invece a un coinvolgimento della corteccia ippocampale ed entorinale sinistra, e forse anche dell'amigdala. Resta da specificare il significato di questa differenza emisferica, ma i dati confermano che già i neonati rispondono emotivamente alla musica, differenziando fra musica consonante e dissonante, così come suggerito dalle osservazioni comportamentali.

Discussione e conclusioni

Lo studio mostra come la capacità di percepire e godere della musica, così importante per lo sviluppo cognitivo ed emotivo, sia sottesa da una predisposizione neurologica specifica. Nei neonati è presente una dominanza emisferica destra per la percezione dell'informazione musicale, simile a quella osservata in bambini di età scolare e negli adulti. Inoltre si è osservata una modulazione della rispo-

sta confrontando gli stimoli originali con stimoli alterati, che pur rimanevano musicali. Questo risultato indica che la risposta ottenuta non è determinata da stimoli uditivi genericamente simili alla musica. Si dimostra come il cervello alla nascita sia sensibile a cambiamenti nella chiave tonale e a differenze nel livello di dissonanza dell'informazione musicale, con il coinvolgimento di aree frontolaterali inferiori che svolgeranno un ruolo essenziale nell'apprendimento del linguaggio. Infine, l'attivazione di strutture appartenenti al sistema limbico suggerisce che i neonati percepiscono la musica come stimolo che suscita emozione. È importante ricordare che i neonati studiati, di poche ore di vita, avevano cominciato a udire alcune settimane prima della nascita. Non possiamo escludere che l'input ricevuto nel grembo materno abbia almeno in minima parte determinato la risposta della corteccia. Il cervello che si sviluppa è costantemente modellato dall'interazione fra esperienza e biologia. Quello che descriviamo, studiando i neonati, è un punto nella traiettoria dello sviluppo in cui l'esperienza ha peso minimo, e che può quindi informare sulle predisposizioni biologiche che portano, nella maggior parte dei casi, allo sviluppo cerebrale tipico.

Il nostro studio è un primo passo per lavori futuri che esplorino la risposta neurale neonatale a stimoli con diversi gradi di musicalità – dal canto al linguaggio parlato con contenuto prosodico minimo – oltre agli effetti dell'esposizione sistematica dei bambini piccoli a stimoli musicali, anche con fini riabilitativi. ♦

Bibliografia

- [1] Lubetzky R, Mimouni FB, Dollberg S, et al. Effect of music by Mozart on energy expenditure in growing preterm infants. *Pediatrics* 2009;125:e24-8.
- [2] Trehub SE. The developmental origins of musicality. *Nature Neurosci* 2003;6:669-73.
- [3] Jusczyk PW. How infants begin to extract words from speech. *Trends Cogn Sci* 1999;3:323-8.
- [4] Kraus N, Chandrasekaran B. Music training for the development of auditory skills. *Nat Rev Neurosci* 2010;11:599-605.
- [5] Meltzoff AN, Kuhl PK, Movellan J, et al. Foundations for a new science of learning. *Science* 2009;325:284-8.
- [6] Peretz I, Zatorre RJ. Brain organization for music processing. *Annu Rev Psychol* 2005;56:89-114.
- [7] Perani D, Saccuman MC, Scifo P, et al. Functional specializations for music processing in the human newborn brain. *Proc Natl Acad Sci USA* 2010;107:4758-63.
- [8] Zatorre RJ, Belin P. Spectral and temporal processing in human auditory cortex. *Cereb Cortex* 2001;11:946-53.
- [9] Dehaene-Lambertz G, Hertz-Pannier L, Dubois J, et al. Functional organization of perisylvian activation during presentation of sentences in preverbal infants. *Proc Natl Acad Sci USA* 2006;103:14240-5.
- [10] Koelsch S, Fritz T, Schulze K, et al. Adults and children processing music: An fMRI study. *Neuroimage* 2005;25:1068-76.



ICBD
International Centre
on Birth Defects and Prematurity
WHO Collaborating Centre



Corso di Aggiornamento. Annuncio Preliminare

PREVENZIONE DELLE MALFORMAZIONI E DELLA PREMATURITÀ: PERCHÉ? E...COME?

Roma, 19-20 maggio 2011

Perché questo corso

Malformazioni e prematurità sono responsabili di circa l'80% delle morti nel primo anno di vita e rappresentano le cause principali di mortalità infantile. Sono inoltre una frequente causa di disabilità permanente. Prevenirle, riducendone il rischio, è un obiettivo ambizioso, ma possibile con interventi anche di sanità pubblica rivolti alle singole coppie che desiderano un bambino.

In questi ultimi anni in vari Paesi europei ed extra-europei si stanno sviluppando iniziative su questo tema [Quaderni acp 2010;17:148-53]. Conoscerne l'epidemiologia, i fattori di rischio e protettivi, e le modalità di intervento più efficaci per ridurre la frequenza è un compito primario per ogni medico impegnato nella promozione della salute materno-infantile.

A chi è rivolto

A laureati in medicina e chirurgia che operano nel settore della salute materno-infantile in ambito clinico o di sanità pubblica: pediatri, neonatologi, ginecologi, ostetrici, genetisti e medici di medicina generale.

Obiettivi

Aggiornare su:

- frequenza e fattori di rischio modificabili delle malformazioni congenite e del basso peso neonatale: prematurità e restrizione della crescita intrauterina;
- strategie e interventi di prevenzione primaria.

Struttura

Il corso, introdotto da ampio materiale didattico inviato prima dell'inizio, si compone di 8 moduli, ognuno strutturato in:

- due brevi presentazioni frontali della durata totale di 45 minuti;
- commento guidato interattivo di uno o due articoli forniti prima del corso;
- discussione su un "case study";
- risposte dei partecipanti (e loro valutazione) di domande poste dai docenti.

Docenti: Dante Baronciani, Vittorio Basevi,
Carlo Corchia, Pierpaolo Mastroiacovo

Nr. partecipanti al corso: 30

Quota iscrizione: 350 Euro

Scadenza iscrizione: 10 febbraio 2011
È previsto l'accreditamento ECM

Informazioni: e-mail icbd@icbd.org
Tel. 06 3701905
La sede sarà indicata nelle prossime comunicazioni