



n° 308 – 20 February 2020

[Behav Brain Res](#) 2020 Feb 7:112535

Neuroscience of the auditory-motor system: how does sound interact with movement?

[Lezama-Espinosa C, Hernández-Montiel HL](#)

Autonomous University of Queretaro (UAQ) Faculty of Medicine, Nervous System Clinic, Clavel 200, Prados de la Capilla, CP. 76176, Santiago de Querétaro, Qro., México. hebert@uaq.mx

Human musicality is a complex problem because it involves the coupling of multiple exogenous and endogenous signals with different physical properties. The synchronization of these signals translates into specific behaviors. The study of this synchronization, based on the physical properties of two oscillatory bodies, is the first step in understanding the behaviors associated with rhythmic auditory stimuli. In recent years, different neurorehabilitation therapies have emerged for motor pathologies involving music. However, the neurophysiological bases that describe the coupling phenomenon are not yet fully understood. In this article, two theories are addressed that attempt to explain the convergence of the auditory system and the motor system according to new neuroanatomical, neurophysiological and artificial neural network findings. It also reflects on the different approaches to a complex problem in cognitive neuroscience and the need for a study model for the different motor behaviors evoked by auditory stimuli.

La musicalità umana è un problema complesso perché comporta l'accoppiamento di segnali multipli esogeni ed endogeni con diverse proprietà fisiche. La sincronizzazione di questi segnali si traduce in comportamenti specifici. Lo studio di questa sincronizzazione, basato sulle proprietà fisiche di due corpi oscillatori, è il primo passo per comprendere i comportamenti associati agli stimoli uditivi ritmici. Negli ultimi anni sono emerse diverse terapie di neuroriabilitazione per patologie motorie che coinvolgono la musica. Tuttavia, le basi neurofisiologiche che descrivono il fenomeno dell'accoppiamento non sono ancora completamente comprese. In questo articolo, vengono affrontate due teorie che tentano di spiegare la convergenza del sistema uditivo e del sistema motorio secondo i nuovi risultati della rete neuroanatomica, neurofisiologica e artificiale. Si riflette anche sui diversi approcci a un problema complesso nelle neuroscienze cognitive e sulla necessità di un modello di studio per i diversi comportamenti motori evocati dagli stimoli uditivi.

Sci Rep 2020 Feb 10;10(1):2248

Statistical learning for vocal sequence acquisition in a songbird

James LS^{1,2,3}, Sun H^{1,4}, Wada K⁵, Sakata JT^{1,2}

1 Department of Biology, McGill University, Montreal, Canada; 2 Centre for Research in Brain, Language, and Music, McGill University, Montreal, Canada; 3 Department of Integrative Biology, University of Texas at Austin, Austin, USA; 4 Joan & Sanford I. Weill Medical College of Cornell University, Cornell University, New York, USA; 5 Faculty of Science, Hokkaido University, Sapporo, Japan. jon.sakata@mcgill.ca

Birdsong is a learned communicative behavior that consists of discrete acoustic elements ("syllables") that are sequenced in a controlled manner. While the learning of the acoustic structure of syllables has been extensively studied, relatively little is known about sequence learning in songbirds. Statistical learning could contribute to the acquisition of vocal sequences, and we investigated the nature and extent of sequence learning at various levels of song organization in the Bengalese finch, *Lonchura striata* var. *domestica*. We found that, under semi-natural conditions, pupils (sons) significantly reproduced the sequence statistics of their tutor's (father's) songs at multiple levels of organization (e.g., syllable repertoire, prevalence, and transitions). For example, the probability of syllable transitions at "branch points" (relatively complex sequences that are followed by multiple types of transitions) were significantly correlated between the songs of tutors and pupils. We confirmed the contribution of learning to sequence similarities between fathers and sons by experimentally tutoring juvenile Bengalese finches with the songs of unrelated tutors. We also discovered that the extent and fidelity of sequence similarities between tutors and pupils were significantly predicted by the prevalence of sequences in the tutor's song and that distinct types of sequence modifications (e.g., syllable additions or deletions) followed distinct patterns. Taken together, these data provide compelling support for the role of statistical learning in vocal production learning and identify factors that could modulate the extent of vocal sequence learning.

*Il canto degli uccelli è un comportamento comunicativo appreso che consiste in elementi acustici discreti ("sillabe") che sono sequenziati in modo controllato. Mentre l'apprendimento della struttura acustica delle sillabe è stato ampiamente studiato, relativamente poco si sa sull'apprendimento sequenziale nel canto degli uccelli. L'apprendimento statistico potrebbe contribuire all'acquisizione di sequenze vocali e gli Autori hanno studiato la natura e l'estensione dell'apprendimento sequenziale a vari livelli di organizzazione della canzone nel fringuello bengalese, *Lonchura striata* variante domestica. Gli Autori hanno scoperto che, in condizioni semi-naturali, gli allievi (figli) riproducevano in modo significativo le statistiche di sequenza dei canti del tutor (padre) a più livelli di organizzazione (ovvero repertorio, prevalenza e transizioni di sillabe). Ad esempio, la probabilità di transizioni di sillabe in "punti di diramazione" (sequenze relativamente complesse seguite da più tipi di transizioni) era significativamente correlata tra le canzoni di tutor e allievi. Gli Autori hanno confermato il contributo dell'apprendimento dell'abilità di mettere in sequenza le somiglianze tra padri e figli insegnando sperimentalmente a giovani fringuelli bengalesi canzoni di tutor non appartenenti alla stessa famiglia. Gli Autori hanno anche scoperto che l'estensione e la fedeltà delle somiglianze di sequenza tra tutor e allievi sono state predette in modo significativo dalla prevalenza di sequenze nella canzone del tutor, e che tipi distinti di modifiche di sequenza (ad esempio aggiunte di sillabe o delezioni) seguivano schemi distinti. Nel loro insieme, questi dati forniscono un supporto convincente per il ruolo dell'apprendimento statistico nell'apprendimento della produzione vocale e identificano i fattori che potrebbero modulare l'estensione dell'apprendimento di sequenze vocali.*

J Neurosci 2020 Jan 28. pii: 1399-19

The rapid emergence of musical pitch structure in human cortex

Sankaran N^{1,2}, Carlson TA^{2,3}, Thompson WF^{2,4}

1 Auditory Neuroscience Laboratory, School of Medical Sciences, University of Sydney, Sydney, New South Wales 2006, Australia; 2 ARC Centre of Excellence in Cognition and its Disorders, Macquarie University, Sydney, New South Wales 2109, Australia; 3 School of Psychology, University of Sydney, Sydney, New South Wales 2006, Australia; 4 Department of Psychology, Macquarie University, Sydney, New South Wales 2109, Australia. narayan.sankaran@ucsf.edu

In tonal music, continuous acoustic waveforms are mapped onto discrete, hierarchically arranged, internal representations of pitch. To examine the neural dynamics underlying this transformation, we presented male and female human listeners with tones embedded within a Western tonal context whilst recording their cortical activity using magnetoencephalography (MEG). Machine learning classifiers were then trained to decode different tones from their underlying neural activation patterns at each peristimulus time-sample, providing a dynamic measure of their dissimilarity in cortex. Comparing the time-varying dissimilarity between tones with the predictions of acoustic and perceptual models, we observed a temporal evolution in the brain's representational structure. Whereas initial dissimilarities mirrored their fundamental-frequency separation, dissimilarities beyond 200ms reflected the perceptual status of each tone within the tonal hierarchy of western music. These effects occurred irrespective of stimulus regularities within the context or whether listeners were engaged in a task requiring explicit pitch analysis. Lastly, patterns of cortical activity that discriminated between tones became increasingly stable in time as the information coded by those patterns transitioned from low-to-high level properties. Current results reveal the dynamics with which the complex perceptual structure of Western tonal music emerges in cortex at the timescale of an individual tone.

SIGNIFICANCE STATEMENT - Little is understood about how the brain transforms an acoustic waveform into the complex perceptual structure of musical pitch. Applying neural decoding techniques to the cortical activity of human subjects engaged in music-listening, we measured the dynamics of information processing in the brain on a moment-to-moment basis as subjects heard each tone. In the first 200ms after onset, transient patterns of neural activity coded the fundamental frequency of tones. Subsequently, a period emerged during which more temporally stable activation patterns coded the perceptual status of each tone within the "tonal hierarchy" of western music. Our results provide a crucial link between the complex perceptual structure of tonal music and the underlying neural dynamics from which it emerges.

Nella musica tonale onde acustiche continue vengono mappate su rappresentazioni dell'altezza che sono interne, organizzate gerarchicamente e discrete. Per esaminare le dinamiche neurali che sottostanno a questa trasformazione, gli Autori hanno esposto ascoltatori maschi e femmine a toni che incorporavano un contesto tonale occidentale, mentre registravano la loro attività corticale usando la magnetoencefalografia (MEG). Dei classificatori di apprendimento automatico (machine learning) sono stati allenati a decodificare diversi toni in base ai pattern di attivazione neurale sottostante a ogni epoca temporale intorno allo stimolo, fornendo una misura dinamica della loro diversità nella corteccia. Confrontando la diversità che variava nel tempo fra i toni con quanto predetto dai modelli acustici e percettivi, gli Autori hanno osservato una evoluzione temporale nella struttura rappresentativa del cervello. Laddove le diversità iniziali rispecchiavano le loro separazioni nella frequenza fondamentale, le diversità oltre i 200 ms riflettevano lo stato percettivo di ogni tono all'interno della gerarchia tonale della musica occidentale. Questi effetti si verificavano indipendentemente dalle regolarità dello stimolo nel contesto o dal fatto che l'ascoltatore fosse impegnato in un compito che richiedeva una analisi esplicita delle altezze. Infine, i pattern di attività corticale che discriminavano fra i toni diventavano progressivamente più stabili nel tempo man mano che l'informazione codificata da quei pattern facevano una transizione da proprietà di basso livello ad alto livello. Tali risultati rivelano la dinamica con cui la struttura percettiva complessa della musica tonale occidentale emerge nella corteccia nella scala temporale di un tono.

AFFERMAZIONE DI SIGNIFICATIVITÀ. Non si sa molto di come il cervello trasformi l'onda acustica nella struttura percettiva complessa dell'altezza musicale. Applicando tecniche di codifica neurale all'attività corticale dei soggetti impegnati nell'ascolto musicale, gli Autori hanno misurato la dinamica del processamento delle informazioni nel cervello, istante per istante mentre i soggetti ascoltavano ogni tono. In seguito, emergeva un periodo in cui i pattern di attivazione più stabili temporalmente codificavano lo stato percettivo di ogni tono all'interno della gerarchia tonale della musica occidentale. Questi risultati forniscono un link cruciale fra la struttura percettiva complessa della musica tonale e le dinamiche neurali sottostanti dalle quali questa emerge.

[Hum Brain Mapp](#) 2020 Feb 7

Left-handed musicians show a higher probability of atypical cerebral dominance for language

Villar-Rodríguez E¹, Palomar-García MÁ¹, Hernández M², Adrián-Ventura J¹, Olcina-Sempere G¹, Ávila C¹

¹ Neuropsychology and Functional Neuroimaging Group, Jaume I University, Edificio de Investigación II, Castellón de la Plana, Spain; ² Cognition and Brain Plasticity Group, Department of Cognition, Development and Educational Psychology, Institut de Neurociències, University of Barcelona, Barcelona, Spain

Music processing and right hemispheric language lateralization share a common network in the right auditory cortex and its frontal connections. Given that the development of hemispheric language dominance takes place over several years, this study tested whether musicianship could increase the probability of observing right language dominance in left-handers. Using a classic fMRI language paradigm, results showed that atypical lateralization was more predominant in musicians (40%) than in nonmusicians (5%). Comparison of left-handers with typical left and atypical right lateralization revealed that: (a) atypical cases presented a thicker right pars triangularis and more gyrified left Heschl's gyrus; and (b) the right pars triangularis of atypical cases showed a stronger intra-hemispheric functional connectivity with the right angular gyrus, but a weaker interhemispheric functional connectivity with part of the left Broca's area. Thus, musicianship is the first known factor related to a higher prevalence of atypical language dominance in healthy left-handed individuals. We suggest that differences in the frontal and temporal cortex might act as shared predisposing factors to both musicianship and atypical language lateralization.

L'elaborazione della musica e la lateralizzazione del linguaggio emisferico destro condividono una rete comune nella corteccia uditiva destra e nelle sue connessioni frontali. Dato che lo sviluppo del dominio emisferico del linguaggio ha luogo per diversi anni, questo studio ha testato se la musicalità potesse aumentare la probabilità di osservare il dominio del linguaggio corretto nei mancini. Utilizzando un classico paradigma del linguaggio fMRI, i risultati hanno mostrato che la lateralizzazione atipica era predominante nei musicisti (40%) rispetto ai non medici (5%). Il confronto dei mancini con la tipica lateralizzazione sinistra e atipica destra ha rivelato che: (a) i casi atipici presentavano una pars triangolare destra più spessa e un giro di Heschl sinistro più giroscopico; (b) la pars triangolare destra dei casi atipici ha mostrato una connettività funzionale intraemisferica più forte con il giro angolare destro, ma una connettività funzionale interemisferica più debole con parte dell'area di Broca sinistra. Pertanto, la musicalità è il primo fattore noto correlato a una maggiore prevalenza della dominanza atipica del linguaggio in individui mancini sani. Gli Autori suggeriscono che le differenze nella corteccia frontale e temporale potrebbero agire come fattori predisponenti condivisi sia per la musicalità che per la lateralizzazione atipica del linguaggio.

The Pierfranco and Luisa Mariani Foundation

Since its beginnings in 1985, the Mariani Foundation has established itself as a leading organization in the field of paediatric neurology by organizing a variety of advanced courses, providing research grants, and supporting specialized care. The Foundation works in close cooperation with major public healthcare institutions, complementing their scientific programs and other activities. In 2009 it became the first private entity in Italy to join the founding members of the National Neurologic Institute "Carlo Besta" in Milan. In addition to its services, the Foundation aims, through its continuing medical education courses and publications, to spread knowledge in the field of paediatric neurology in order to help treat or alleviate a large number of paediatric neurologic disorders.

In the year 2000, the Mariani Foundation has added a new and important dimension to its activities: fostering the study of the multiple links between the neurosciences and music, including music education and early intervention. This significant commitment has inspired the series of "Neurosciences and Music" conferences, held in Venice (2002), Leipzig (2005), Montreal (2008), Edinburgh (2011), Dijon (2014) and Boston (2017). The next congress is planned for 2020 in Aarhus, Denmark, in collaboration with the Center for Music in the Brain. All these meetings have led to the publication of major volumes in the Annals of the New York Academy of Sciences.

"Neuromusic News"

Direttore responsabile Luisa Bonora

Pubblicazione periodica. Registrazione n. 318 Tribunale di Milano del 10-06-2011

Edited by Fondazione Mariani

Contributors: Luisa Lopez, Giuliano Avanzini, Maria Majno and Barbara Bernardini

Editorial coordinator: Renata Brizzi

For further information: neuromusic@fondazione-mariani.org

Notice on privacy of personal information

"Neuromusic News", providing periodic updates on Neurosciences and Music, has been sent to you since you have registered to the Neuromusic Mailing List or because you have expressed an interest in this field (as a participant in our Neurosciences conference or through a request on the subject).

Your data is stored securely and will be handled confidentially. It will be used exclusively by the Mariani Foundation to communicate its own information and will not be passed on to third parties.

If you no longer wish to receive "Neuromusic News", please go to our website www.fondazione-mariani.org and log in with your Username and Password, then