



n° 445 – 05 February 2026

[J Neurosci 2026 Jan 28:e1651252025](#)

Deep sound synthesis matched to brain activity recapitulates preferential responses to speech and music

Xing L 邢立冬生¹, Formisano E^{1,2,3}, Riecke L¹

1 Department of Cognitive Neuroscience, Faculty of Psychology and Neuroscience, Maastricht University, 6200 MD, Maastricht, Netherlands; 2 Maastricht Centre for Systems Biology (MaCSBio), Faculty of Science and Engineering, Maastricht University, 6200 MD, Maastricht, Netherlands; 3 Brightlands Institute for Smart Society (BISS), 6200 MD, Maastricht University, Netherlands. xinglds@163.com

The human auditory system extracts meaning from sounds in the environment by transforming acoustic input signals into semantic categories, such as speech and music. Although distinct acoustic features give rise to these categorical percepts and to preferential responses in spatially segregated regions in the auditory cortex, the nature of the internal representations underlying this transformation remains poorly understood. Here, we combined neuroimaging, a deep neural network (DNN), brain-based sound synthesis, and psychophysical testing in human participants of either sex to investigate the internal sound features encoded in speech- and music-selective regions of the auditory cortex and their functional role in sound categorization. We found that sounds synthesized from cortical activity patterns - though acoustically dissimilar to natural speech and music sounds - nonetheless elicited similar categorical cortical and behavioral responses. These results suggest that the auditory cortex relies on internal, abstracted representations of category structure that are not reducible to the natural acoustic properties of speech and music. Our findings provide new insights into intermediate sound features, as captured by DNNs that may support categorization in the human auditory system.

Il sistema uditivo umano estrae significato dai suoni presenti nell'ambiente trasformando i segnali acustici in categorie semantiche, come il linguaggio e la musica. Sebbene caratteristiche acustiche distinte diano origine a queste percezioni categoriali e a risposte preferenziali in regioni spazialmente separate della corteccia uditiva, la natura delle rappresentazioni interne alla base di questa trasformazione rimane poco chiara. In questo studio gli Autori combinano il neuro-imaging, una rete neurale profonda (DNN), una sintesi sonora basata sull'attività cerebrale e alcuni test psicofisici in

partecipanti di entrambi i sessi, per indagare le caratteristiche sonore interne codificate nelle regioni della corteccia uditiva selettive per il linguaggio e la musica, e il loro ruolo funzionale nella categorizzazione dei suoni. Gli Autori hanno osservato che i suoni sintetizzati dai modelli di attività corticale, sebbene acusticamente dissimili dai suoni naturali del linguaggio e della musica, suscitavano comunque risposte corticali e comportamentali categoriali simili. Questi risultati suggeriscono che la corteccia uditiva si basi su rappresentazioni interne e astratte della struttura delle categorie, che non sono riducibili alle proprietà acustiche naturali del linguaggio e della musica. Tali risultati forniscono poi nuove informazioni sulle caratteristiche sonore intermedie, catturate dai DNN che potrebbero supportare la categorizzazione nel sistema uditivo umano.

Anim Cogn 2026 Jan 26;29(1):18

Rooks (*Corvus frugilegus*) can show spontaneous vocal flexibility when exposed to dynamically changing rhythmic sounds

Martin K^{1,2}, Tomasek M^{1,2}, Hivet A¹, Ravignani A^{3,4}, Obin N⁵, Dufour V²

1 Ecole Normale Supérieure de Lyon, 69007, Lyon, France; 2 PRC, UMR 7247, Ethologie Cognitive et Sociale, CNRS-IFCE-INRAE-Université de Tours, Strasbourg, France; 3 Center for Music in the Brain, Department of Clinical Medicine, Aarhus University & The Royal Academy of Music, Aarhus, Denmark; 4 Research Center of Neuroscience "CRiN-Daniel Bovet", Sapienza University of Rome, Rome, Italy; 5 STMS Lab, IRCAM, CNRS-Sorbonne Université-Ministère de la Culture, Paris, France. killian.martin@ens-lyon.fr

Musicality is the predisposition to process and produce music. In human beings, processing and producing music often involves entrainment, the ability to synchronise behaviour to external auditory rhythms. Most non-human primates have limited entrainment skills; its search in other taxa has shown cases of entrainment much more advanced than any non-human primate in a few taxa, among which birds. Finding convergently-evolved entrainment abilities in several species may highlight shared evolutionary origins. Here, we investigate spontaneous vocal entrainment in rooks, a social corvid, using non-biologically relevant stimuli. We exposed individual rooks to sound sequences varying in tempo and metrical structure, and tested the effect of these two manipulations on temporal adjustments in their song. Of the 11 birds tested, eight sang while listening to the stimuli. Three of them sang often enough for us to analyse their responses to most tempos and meters. We found that two of these individuals were influenced by particular tempi and/or metrical structures: one bird produced shorter vocalisations at slower tempo and another reduced the intervals between its vocalisations upon hearing isochronous sequences with a unary metre and slow tempo. Still, the timing of the start of their vocalisations did not match accurately the timing of the beat of the stimuli. Our results provides additional data on vocal flexibility in this vocal learning species. We cannot exclude that rooks may have attempted to vocally entrain, but the possibility will require further investigations. Despite their evolutionary distance from humans, rooks, and possibly other corvids and songbirds, are interesting species for future studies on rhythmic perception, and could help shed light on convergently evolved building blocks of human musicality.

*La musicalità è la predisposizione a elaborare e produrre musica. Negli esseri umani, l'elaborazione e la produzione musicale spesso comportano l'"*entrainment*", ovvero la capacità di sincronizzare il proprio comportamento con ritmi uditivi esterni. La maggior parte dei primati non umani ha capacità di *entrainment* limitate; la ricerca in altri gruppi tassonomici (*taxa*) ha evidenziato casi di *entrainment* molto più avanzati rispetto a qualsiasi primate non umano in alcuni *taxa*, tra cui gli uccelli. La scoperta di capacità di *entrainment* evolutesi in modo convergente in diverse specie può evidenziare origini evolutive comuni. In questo studio, viene esaminato l'*entrainment* vocale spontaneo nei corvi comuni, una specie sociale di corvidi, utilizzando stimoli non rilevanti dal punto di vista biologico. I singoli corvi vengono esposti a sequenze sonore variabili, in termini di tempo e struttura metrica, e viene testato l'effetto di queste due manipolazioni sugli aggiustamenti temporali nel loro canto. Degli 11 uccelli sottoposti al test, otto hanno cantato mentre ascoltavano gli stimoli. Tre di loro hanno cantato abbastanza spesso da permettere di analizzare le loro risposte alla maggior parte dei tempi e dei metri. Gli Autori osservano che due di questi corvi erano influenzati da particolari tempi e/o strutture metriche: un uccello produceva vocalizzazioni più brevi a un tempo più lento e un altro riduceva gli intervalli tra le sue vocalizzazioni quando ascoltava sequenze isocrone con un metro unario e un tempo lento. Tuttavia, il momento in cui iniziavano le vocalizzazioni non corrispondeva esattamente al momento in cui iniziava*

la pulsazione degli stimoli. I risultati forniscono ulteriori dati sulla flessibilità vocale in questa specie che apprende il canto. Non si può escludere che i corvi abbiano tentato di sincronizzarsi vocalmente, ma tale possibilità richiede ulteriori indagini. Nonostante la loro distanza evolutiva dagli esseri umani, i corvi comuni – e forse anche altri corvidi e uccelli canori – risultano specie interessanti per futuri studi sulla percezione ritmica e potrebbero aiutare a far luce sui mattoni fondamentali della musicalità umana che si sono evoluti in modo convergente.

[J Evid Based Integr Med](#) 2026 Jan-Dec:31:2515690X261418393

Neural and behavioral effects of harp music: frontal alpha suppression and reaction times in relation to depression-related traits

Matsui M¹, Masaoka Y¹, Koiwa N², Honma M¹, Yoshikawa A³, Kosuge S⁴, Kosuge M⁵, Shoji D⁴, Sakakura S¹, Inagaki K⁶, Izumizaki M¹

1 Department of Physiology, Showa Medical University School of Medicine, Tokyo, Japan; 2 Human Arts and Sciences Research Center, University of Human Arts and Sciences, Saitama, Japan; 3 Division of Health Science Education, Showa Medical University School of Nursing and Rehabilitation Sciences, Yokohama, Japan; 4 Division of Neurology, Showa Medical University Hospital, Tokyo, Japan; 5 Department of Respiratory Medicine, Showa Medical University Fujigaoka Hospital, Yokohama, Japan; 6 Orthopedic Surgery, Showa Medical University School of Medicine, Tokyo, Japan

Harp music has long been used for comfort and healing, yet its neural mechanisms remain unclear. This study examined how major and minor harp sounds influence frontal alpha activity, mood, and reaction times, with a focus on depression-related individual differences. Methods: Participants listened to 3-min major and minor harp excerpts while EEG alpha activity was recorded. Subjective ratings of arousal, stress, comfort, and mood were assessed, followed by auditory and visual reaction-time tasks. Results: Individuals with lower depression scores showed marked frontal alpha suppression during harp listening, which was associated with faster auditory reaction times. Those with higher depression scores exhibited consistently lower frontal alpha power with minimal modulation by harp sounds. Conclusions: Frontal alpha suppression during harp listening may reflect enhanced auditory attentional processing in individuals with lower depression levels. These findings suggest that depression-related traits shape neural responsiveness to harp music and should be considered when evaluating its therapeutic potential.

La musica dell'arpa è stata a lungo utilizzata per confortare e curare, ma i suoi meccanismi neurali rimangono poco chiari. Questo studio ha esaminato come i suoni dell'arpa maggiore e minore influenzino l'attività alfa frontale, l'umore e i tempi di reazione, concentrandosi sulle differenze individuali legate alla depressione. I partecipanti hanno ascoltato brani di 3 minuti di arpa maggiore e minore mentre veniva registrata l'attività alfa EEG. Sono state prese in considerazione le valutazioni soggettive di eccitazione, stress, conforto e umore, seguite da compiti di reazione uditiva e visiva. Gli individui con punteggi di depressione più bassi hanno mostrato una marcata soppressione alfa frontale durante l'ascolto dell'arpa, associata a tempi di reazione uditiva più rapidi. Quelli con punteggi di depressione più elevati hanno mostrato una potenza alfa frontale costantemente più bassa, con una modulazione minima da parte dei suoni dell'arpa. Gli Autori concludono che la soppressione alfa frontale durante l'ascolto dell'arpa possa riflettere una maggiore elaborazione dell'attenzione uditiva negli individui con livelli di depressione più bassi. Suggestiscono inoltre che i tratti legati alla depressione modellino la reattività neurale alla musica dell'arpa e che dovrebbero quindi essere considerati nella valutazione del suo potenziale terapeutico.

[Brain Sci](#) 2025 Dec 22;16(1):15

Functional connectivity of auditory, motor, and reward networks at rest and during music listening

Han KYK¹, Wang J², Kubit BM², Parrish C², Loui P^{1,2}

1 Department of Psychology, Northeastern University, Boston, MA 02115, USA; 2 Department of Music, Northeastern University, Boston, MA 02115, USA

Music engages multiple brain networks simultaneously, yet most studies examine these networks in isolation. We investigated functional connectivity among the auditory, motor, and reward networks during music listening in different contexts using fMRI data from two samples ($N = 39$ each): focused music listening and background music during cognitive tasks. ROI-to-ROI, seed-based, and graph theory analyses examined connectivity patterns among 46 regions spanning the three networks. Both contexts showed enhanced within-auditory network connectivity compared to rest, suggesting that this is fundamental to music processing. However, between-network patterns diverged markedly. Background music listening during cognitive tasks preserved reward-motor coupling while reducing auditory-motor and auditory-reward connectivity. Focused music listening produced widespread negative correlations between motor regions and both the auditory and reward networks, potentially reflecting motor suppression in the scanner environment. Graph theory measures revealed context-specific hub reorganization: reward regions (nucleus accumbens, caudate) showed increased centrality during background music listening, while the amygdala and frontal orbital cortex were selectively enhanced during focused listening. These findings demonstrate that music engagement involves context-dependent network reorganization beyond simple attention effects. The same musical stimulus engages different neural mechanisms depending on concurrent cognitive demands, motor requirements, and listening goals. Enhanced within-auditory connectivity appears consistent across contexts, but between-network interactions are shaped by the broader cognitive-behavioral context. These results highlight the importance of considering ecological context when studying music processing and designing music-based interventions, as network connectivity patterns during music listening reflect complex interactions between task demands, attentional resources, and musical engagement rather than music processing alone.

La musica coinvolge contemporaneamente più reti cerebrali, ma la maggior parte degli studi esamina queste reti in modo isolato. Gli Autori studiano la connettività funzionale tra le reti uditive, motorie e di ricompensa durante l'ascolto di musica in contesti diversi utilizzando dati fMRI provenienti da due campioni ($N = 39$ ciascuno): ascolto mirato di musica e musica di sottofondo durante compiti cognitivi. Le analisi ROI-to-ROI, seed-based e della teoria dei grafi hanno esaminato i modelli di connettività tra 46 regioni che coprono le tre reti. Entrambi i contesti hanno mostrato una maggiore connettività all'interno della rete uditiva rispetto al riposo, suggerendo che ciò sia fondamentale per l'elaborazione della musica. Tuttavia, i modelli tra le reti divergevano notevolmente. L'ascolto di musica di sottofondo durante compiti cognitivi preservava l'accoppiamento ricompensa-motoria, riducendo al contempo la connettività uditiva-motoria e uditiva-ricompensa. L'ascolto mirato della musica produceva correlazioni negative diffuse tra le regioni motorie e le reti uditive e di ricompensa, riflettendo potenzialmente la soppressione motoria nell'ambiente dello scanner. Le misure della teoria dei grafi hanno rivelato una riorganizzazione dei centri specifici del contesto: le regioni di ricompensa (nucleo accumbens, caudato) hanno mostrato una maggiore centralità durante l'ascolto della musica di sottofondo, mentre l'amygdala e la corteccia orbitale frontale sono state selettivamente potenziate durante l'ascolto mirato. Questi risultati dimostrano che l'impegno musicale comporta una riorganizzazione della rete dipendente dal contesto, che va oltre i semplici effetti dell'attenzione. Lo stesso stimolo musicale coinvolge diversi meccanismi neurali a seconda delle esigenze cognitive, dei requisiti motori e degli obiettivi di ascolto concomitanti. Una maggiore connettività uditiva sembra essere costante in tutti i contesti, ma le interazioni tra le reti sono influenzate dal contesto cognitivo-comportamentale più ampio. Tali risultati sottolineano l'importanza di considerare il contesto ecologico quando si studia l'elaborazione della musica e si progettano interventi basati sulla musica, poiché i modelli di connettività di rete durante l'ascolto della musica riflettono interazioni complesse tra le esigenze del compito, le risorse attentive e il coinvolgimento musicale piuttosto che la sola elaborazione della musica.

The Pierfranco and Luisa Mariani Foundation ETS

The Mariani Foundation for paediatric neurology, based in Milan (Italy), provides training and supports care and research in the field. Furthermore, it has become a reference organisation for the global scientific community on projects about the neurosciences and music, fostering the dialogue between

scientists, educators and performers, especially aimed at enhancing children's harmonious development and wellbeing.

These activities and the series of international conferences "The Neurosciences and Music" are carried out by the Foundation in partnership with the most prestigious scientific and academic institutions in the "Neuromusic" area, while the publishing activity is carried out mainly in collaboration with the New York Academy of Sciences (NYAS), under the aegis of which the Foundation entered this sector since the year 2000.

Another aim of the Mariani Foundation is raising the awareness of scientific progress in this rapidly evolving area. Through its Neuromusic Facebook page and the newsletters "Neuromusic News" and "Neuromus.it News" (the latter by the growing Italian Network neuromus.it), the Foundation helps disseminate the results of research and promotes relevant initiatives.

Thanks to its acknowledged experience, the Foundation is also invited to participate in multiple events in Italy and abroad, and to join interdisciplinary networks focused on the social and educational impact of music during childhood and its benefits for children with special needs.

"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, Maria Majno and Barbara Bernardini

Editorial coordinator: Renata Brizzi

For further information: neuromusic@fondazione-mariani.org