



n° 436 – 25 September 2025

[Neurosci Biobehav Rev](#) 2025 Aug:175

The molecular basis of music-induced neuroplasticity in humans: A systematic review

Kunikullaya KU^{1,2}, Pranjić M³, Rigby A^{4,5,6}, Pallás-Ferrer I⁷, Anand H⁸, Kunnavigil R⁹, Jaschke AC^{7,10,11}

1 Department of Medicine (Huddinge), Karolinska Institutet, ME Endokrinologi, Karolinska University Hospital Huddinge, Huddinge, Sweden; 2 Department of Physiology and Pharmacology, Karolinska Institutet, Stockholm 171 77, Sweden; 3 Division of Developmental Medicine, Boston Children's Hospital, Harvard Medical School, Boston, MA, USA; 4 Neurosciences Graduate Program, University of California San Diego, School of Medicine, La Jolla, CA, USA; 5 Center for Human Development, University of California, San Diego, La Jolla, CA, USA; 6 Center for Multimodal Imaging and Genetics, University of California, San Diego School of Medicine, La Jolla, CA, USA; 7 Department of Psychiatry, University of Cambridge, UK; 8 National Institute of Advanced Studies, Indian Institute of Science Campus, Bengaluru 560012, India; 9 National Institute of Unani Medicine, (Under Ministry of AYUSH, Govt. of India), Bangalore 560091, India; 10 ArtEZ University of the Arts, Enschede, the Netherlands; 11 University Medical Centre Groningen and University of Cambridge, UK. kirthana.rguhs@gmail.com; marija.pranjic@childrens.harvard.edu; arigby@health.ucsd.edu; ip417@medschl.cam.ac.uk; harshini.neuro@gmail.com; radhik121@gmail.com; A.jaschke@artez.nl

Neuroscientific research on music-based activities has grown rapidly, shedding light on the health benefits of music across various domains. However, the molecular mechanisms by which music influences neuroplasticity in humans remain largely unexplored. This review aimed to synthesize and critically appraise existing research on molecular neuroplasticity in humans, with a specific focus on the effects of receptive and active music-based interventions (MBIs) and musical training. Following the PRISMA guidelines, a systematic search was conducted across four databases (MEDLINE, Embase, PsycINFO, and Scopus), for articles published between 2000 and December 2023. From an initial return of 3239 records, 15 studies met the inclusion criteria and were synthesized into three categories of

music experiences: (1) receptive MBIs, (2) active MBIs, and (3) musical training. Both active and receptive MBIs were found to enhance neuroplasticity. Specifically, music listening was associated with relaxation and improved immune function, marked by the upregulation of genes related to neuroprotection and synaptic plasticity, while active MBIs consistently enhanced peripheral neurotrophic factors in both healthy and patient populations. Among musicians, neurogenetic alterations linked to music perception and production, neurogenesis, and neurotransmission were identified, with multiple studies highlighting the roles of Brain-Derived Neurotrophic Factor (BDNF), Alpha Synuclein (SNCA), and GATA2 (GATA Binding Protein 2) genes. Collectively, both MBIs and musical training induce neuroplastic changes by modulating neurogenetics, enhancing neurotrophins, altering hormonal levels, and reducing stress in humans. These findings highlight the need for further research to elucidate the molecular mechanisms underlying music's effects on the human brain, which could have implications for advancing therapeutic interventions for neuropsychological disorders.

La ricerca neuroscientifica sulle attività basate sulla musica ha registrato una rapida crescita, mettendo in luce i benefici della musica per la salute in vari ambiti. Tuttavia, i meccanismi molecolari attraverso i quali la musica influenza la neuroplasticità negli esseri umani rimangono in gran parte inesplorati. Questa review mira a sintetizzare e valutare criticamente la ricerca esistente sulla neuroplasticità molecolare negli esseri umani, con un'attenzione particolare agli effetti degli interventi basati sulla musica (MBI), ricettivi e attivi, e alla formazione musicale. Seguendo le linee guida PRISMA, gli Autori hanno condotto una ricerca sistematica in quattro banche dati (MEDLINE, Embase, PsycINFO e Scopus) per gli articoli pubblicati tra il 2000 e il dicembre 2023. Da un risultato iniziale di 3.239 record, 15 studi hanno soddisfatto i criteri di inclusione e sono stati sintetizzati in tre categorie di esperienze musicali: (1) MBI ricettivi, (2) MBI attivi e (3) formazione musicale. È stato riscontrato che sia gli MBI attivi che quelli ricettivi migliorano la neuroplasticità. Nello specifico, l'ascolto della musica è stato associato al rilassamento e al miglioramento della funzione immunitaria, caratterizzato dalla sovraregolazione dei geni correlati alla neuroprotezione e alla plasticità sinaptica, mentre le MBI attive hanno migliorato in modo consistente i fattori neurotrofici periferici sia nella popolazione sana che in quella malata. Tra i musicisti sono state identificate alterazioni neurogenetiche legate alla percezione e alla produzione musicale, alla neurogenesi e alla neurotrasmissione, con diversi studi che hanno evidenziato il ruolo dei geni BDNF (fattore neurotrofico derivato dal cervello), SNCA (alfa sinucleina) e GATA2 (proteina legante GATA 2). Nel complesso, sia le MBI che la formazione musicale inducono cambiamenti neuroplastici modulando la neurogenetica, potenziando le neurotrofine, alterando i livelli ormonali e riducendo lo stress negli esseri umani. Questi risultati evidenziano la necessità di ulteriori ricerche per chiarire i meccanismi molecolari alla base degli effetti della musica sul cervello umano, che potrebbero avere implicazioni per il progresso degli interventi terapeutici per i disturbi neuropsicologici.

Cortex 2025 Sep 8:192:64-77

Which instrument should play here? Decoding predicted musical timbre from EEG signals during omission

Ishida K, Ishida T, Nittono H

Graduate School of Human Sciences, The University of Osaka, 1-2 Yamadaoka, Suita, Osaka 565-0871, Japan. t-ishida@hus.osaka-u.ac.jp; ishida@hus.osaka-u.ac.jp; nittono@hus.osaka-u.ac.jp

The human brain predicts various musical features such as harmony, melody, and rhythm during music perception. A previous electroencephalographic (EEG) study showed that the accuracy of pitch decoding during tone omission was greater when the pitch of the melody was highly predictable than when it was less predictable, reflecting that predictive information of a specific pitch is contained in the EEG signal. However, the specificity of prediction for other musical features has not been fully addressed. The present study investigated whether predicted instruments are decoded from the EEG signal during omission to examine the specificity of prediction in the timbre dimension. Thirty-five participants listened to unfamiliar melodies with simple (high predictability) or complex (low predictability) timbre change rules while watching a silent movie. The EEG was recorded when a tone expected to be played by one of four specific timbres (celesta, electric piano, marimba, organ) was omitted. The results showed that the amplitude of an omitted stimulus potential, oN1, did not differ between high and low predictability conditions. However, the support vector machine was able to decode the type of musical

timbre during omission better than random chance in the high predictability condition but not in the low predictability condition. These results suggest that EEG signals contain information about which instrument should be played during omission, but this information is not manifested in traditional event-related potentials. The brain may specifically predict not only the pitch but also other musical dimensions, such as the timbre, of the upcoming tone.

Il cervello umano prevede varie caratteristiche musicali come l'armonia, la melodia e il ritmo durante la percezione della musica. Uno studio elettroencefalografico (EEG) recente ha dimostrato che l'accuratezza della decodifica del pitch (altezza) durante l'omissione del tono era maggiore quando il pitch della melodia era altamente prevedibile rispetto a quando lo era meno, riflettendo il fatto che le informazioni predittive di un pitch specifico sono contenute nel segnale EEG. Tuttavia, la specificità della previsione per altre caratteristiche musicali non è stata ancora completamente affrontata. Il presente studio ha esaminato se gli strumenti previsti vengano decodificati dal segnale EEG durante l'omissione per esaminare la specificità della previsione nella dimensione timbrica. Trentacinque partecipanti hanno ascoltato melodie sconosciute con regole di cambiamento timbrico semplici (alta prevedibilità) o complesse (bassa prevedibilità) mentre guardavano un film muto. L'EEG è stato registrato quando è stato omoesso un tono che si prevedeva fosse suonato da uno dei quattro timbri specifici (celesta, pianoforte elettrico, marimba, organo). I risultati hanno mostrato che l'ampiezza di un potenziale di stimolo oN1, non differiva tra condizioni di alta e bassa prevedibilità. Tuttavia, la macchina a vettori di supporto è stata in grado di decodificare il tipo di timbro musicale durante l'omissione meglio del caso nella condizione di alta prevedibilità, ma non in quella di bassa prevedibilità. Questi risultati suggeriscono che i segnali EEG contengano informazioni su quale strumento dovrebbe essere suonato durante l'omissione, ma tali informazioni non si manifestano nei tradizionali potenziali evento-correlati. Gli Autori sostengono che Il cervello potrebbe prevedere in modo specifico non solo l'altezza, ma anche altre dimensioni musicali, come il timbro, del tono che sta per arrivare.

[Sci Adv](#) 2025 Sep 19;11(38):eadz0510

How musicality enhances top-down and bottom-up selective attention: Insights from precise separation of simultaneous neural responses

Manting CL^{1,2,3}, Pantazis D¹, Gabrieli J¹, Lundqvist D³

1 McGovern Institute for Brain Research, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA; 2 Athinoula A. Martinos Center for Biomedical Imaging, Massachusetts General Hospital, Harvard Medical School, Boston, MA, USA; 3 Department of Clinical Neuroscience, Karolinska Institutet, Stockholm, Sweden

Natural environments typically contain a blend of simultaneous sounds. A substantial challenge in neuroscience is identifying specific neural signals corresponding to each sound and analyzing them separately. Combining frequency tagging and machine learning, we achieved high-precision separation of neural responses to mixed melodies, classifying them by selective attention toward specific melodies. Across two magnetoencephalography datasets, individual musicality and task performance heavily influenced the attentional recruitment of cortical regions, correlating positively with top-down attention in the left parietal cortex but negatively with bottom-up attention in the right. In prefrontal areas, neural responses indicating higher sustained selective attention reflected better performance and musicality. These results suggest that musical training enhances neural mechanisms in the frontoparietal regions, boosting performance via improving top-down attention, reducing bottom-up distractions, and maintaining selective attention over time. This work establishes the effectiveness of combining frequency tagging with machine learning to capture cognitive and behavioral effects with stimulus precision, applicable to other studies involving simultaneous stimuli.

Gli ambienti naturali contengono tipicamente una miscela di suoni simultanei. Una sfida importante nelle neuroscienze è quella di identificare i segnali neurali specifici corrispondenti a ciascun suono e analizzarli separatamente. Combinando il frequency tagging e l'apprendimento automatico, gli Autori ottengono una separazione ad alta precisione delle risposte neurali a melodie miste, classificandole in base all'attenzione selettiva verso melodie specifiche. In due set di dati di magnetoencefalografia, la

musicalità individuale e le prestazioni dei compiti hanno influenzato notevolmente il reclutamento attentivo delle regioni corticali, correlando positivamente con l'attenzione top-down nella corteccia parietale sinistra, ma negativamente con l'attenzione bottom-up in quella destra. Nelle aree prefrontali, le risposte neurali che indicavano un'attenzione selettiva più sostenuta riflettevano prestazioni e musicalità migliori. Tali risultati suggeriscono che la formazione musicale migliora i meccanismi neurali nelle regioni frontoparietali, aumentando le prestazioni attraverso il miglioramento dell'attenzione top-down, la riduzione delle distrazioni bottom-up e il mantenimento dell'attenzione selettiva nel tempo. Questo lavoro stabilisce l'efficacia della combinazione del frequency tagging con l'apprendimento automatico per catturare gli effetti cognitivi e comportamentali con precisione dello stimolo, applicabile ad altri studi che coinvolgono stimoli simultanei.

Psychol Aesthet Creat Arts 2025 Sep 8:10.1037

Understanding links between race/ethnicity and health: Does participation in the musical arts matter?

Ryff CD^{1,2}, Cha SE^{1,2}, Baker AW^{1,2}, Song J²

1 Department of Psychology, University of Wisconsin-Madison, USA; 2 Institute on Aging, University of Wisconsin-Madison, USA

The present study investigated different types of participation in the musical arts and linked them to self-rated mental and physical health. Of central interest was whether such participation mediated or moderated links between race/ethnicity and health. The work was conducted with a subsample ($N = 2,157$) of the Midlife in the U.S. (MIDUS) Refresher study who completed a self-administered questionnaire about the arts in 2021-22 (63.5% response rate). Assessments included various forms of active music engagement as well as receptive music appreciation. Overall, Black participants were more engaged in varieties of music and performance (singing, dancing, creating) than White participants. Black participants also consumed (appreciated) more jazz, salsa, theatre, dance than White participants. Hispanic participants showed generally similar patterns of music appreciation as Black participants. Mediation analyses showed that the higher active music engagement of Black compared to White individuals was linked with better mental and physical health. Higher receptive music appreciation was not a mediator of race differences in mental and physical health and there was no support for moderation effects. Overall, the findings draw attention to race/ethnicity in considering how participation in the musical arts matter for health and underscore the need for more diverse measures of arts participation, along with quality assessments of mental and physical health tracked longitudinally.

Il presente studio ha esaminato diversi tipi di partecipazione alle arti musicali e li ha collegati alla salute mentale e fisica auto-valutata. Di centrale interesse era capire se tale partecipazione mediasse o moderasse i legami tra razza/etnia e salute. Il lavoro è stato condotto su un sottocampione ($N = 2.157$) dello studio Midlife in the U.S. (MIDUS) Refresher che ha completato un questionario auto-somministrato sulle arti nel 2021-22 (tasso di risposta del 63,5%). Le valutazioni includevano varie forme di coinvolgimento attivo nella musica e di apprezzamento ricettivo della musica. Nel complesso, i partecipanti di razza nera erano più coinvolti in vari tipi di musica e performance (canto, danza, creazione) rispetto ai partecipanti di razza bianca. I partecipanti di razza nera consumavano (apprezzavano) anche più jazz, salsa, teatro e danza rispetto ai partecipanti di razza bianca. I partecipanti ispanici mostravano modelli di apprezzamento della musica generalmente simili a quelli dei partecipanti di razza nera. Le analisi di mediazione hanno mostrato che il maggiore coinvolgimento attivo nella musica dei soggetti di razza nera rispetto a quelli di razza bianca era collegato a una migliore salute mentale e fisica. Un maggiore apprezzamento ricettivo della musica non era un mediatore delle differenze razziali nella salute mentale e fisica e non vi era alcun supporto per gli effetti di moderazione. Nel complesso, i risultati richiamano l'attenzione sull'etnia nel considerare l'importanza della partecipazione alle arti musicali per la salute e sottolineano la necessità di misure più diversificate di partecipazione alle arti, insieme a valutazioni qualitative della salute mentale e fisica monitorate longitudinalmente.

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), Boston (2017), Aarhus (2021) and Helsinki (2024). 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, Maria Majno and Barbara Bernardini

Editorial coordinator: Renata Brizzi

For further information: neuromusic@fondazione-mariani.org