



n° 434 – 28 August 2025

[Cogn Neurodyn](#) 2025 Dec;19(1):6

EEG-based cross-subject passive music pitch perception using deep learning models

[Meng Q, Tian L, Liu G, Zhang X](#)

School of Integrated Circuits, Shandong University, 1500 Shunhua Road, Jinan, Shandong, 250101, China

Pitch plays an essential role in music perception and forms the fundamental component of melodic interpretation. However, objectively detecting and decoding brain responses to musical pitch perception across subjects remains to be explored. In this study, we employed electroencephalography (EEG) as an objective measure to obtain the neural responses of musical pitch perception. The EEG signals from 34 subjects under hearing violin sounds at pitches G3 and B6 were collected with an efficient passive Go/No-Go paradigm. The lightweight modified EEGNet model was proposed for EEG-based pitch classification. Specifically, within-subject modeling with the modified EEGNet model was performed to construct individually optimized models. Subsequently, based on the within-subject model pool, a classifier ensemble (CE) method was adopted to construct the cross-subject model. Additionally, we analyzed the optimal time window of brain decoding for pitch perception in the EEG data and discussed the interpretability of these models. The experiment results show that the modified EEGNet model achieved an average classification accuracy of 77% for within-subject modeling, significantly outperforming other compared methods. Meanwhile, the proposed CE method achieved an average accuracy of 74% for cross-subject modeling, significantly exceeding the chance-level accuracy of 50%. Furthermore, we found that the optimal EEG data window for the pitch perception lies 0.4 to 0.9 s onset. These promising results demonstrate that the proposed methods can be effectively used in the objective assessment of pitch perception and have generalization ability in cross-subject modeling.

L'altezza (pitch) gioca un ruolo essenziale nella percezione musicale e costituisce la componente fondamentale dell'interpretazione melodica. Tuttavia, la rilevazione e la decodifica oggettiva delle risposte cerebrali alla percezione dell'altezza musicale nei diversi soggetti rimangono ancora da esplorare. In questo studio gli Autori hanno utilizzato l'elettroencefalografia (EEG) come misura oggettiva per ottenere le risposte neurali della percezione dell'altezza musicale. I segnali EEG di 34

soggetti che ascoltavano suoni di violino alle altezze G3 e B6 sono stati raccolti con un efficiente paradigma passivo Go/No-Go. Per la classificazione dell'altezza basata sull'EEG è stato proposto il modello EEGNet modificato leggero. Nello specifico, è stata eseguita una modellizzazione intra-soggetto con il modello EEGNet modificato per costruire modelli ottimizzati individualmente. Successivamente, sulla base del pool di modelli intra-soggetto, è stato adottato un metodo di classificazione ensemble (CE) per costruire il modello inter-soggetto. Inoltre, gli Autori hanno analizzato la finestra temporale ottimale di decodifica cerebrale per la percezione dell'altezza nei dati EEG e discusso l'interpretabilità di tali modelli. I risultati dell'esperimento mostrano che il modello EEGNet modificato ha raggiunto un'accuratezza di classificazione media del 77% per la modellizzazione intra-soggetto, superando significativamente altri metodi comparati. Mentre, il metodo CE proposto ha raggiunto una precisione media del 74% per la modellizzazione cross-subject, superando significativamente la precisione casuale del 50%. Inoltre, gli Autori hanno scoperto che la finestra ottimale dei dati EEG per la percezione dell'altezza si trova tra 0,4 e 0,9 secondi dall'inizio. Questi risultati promettenti dimostrano che i metodi proposti possono essere utilizzati efficacemente nella valutazione oggettiva della percezione dell'altezza e hanno capacità di generalizzazione nella modellizzazione cross-subject.

Pain Rep 2025 Aug 20;10(5):e1314

Music interferes with expectation-induced pain modulation: a controlled cross-over experimental study

Marcotte M^{1,2}, Rainville P^{1,3}, Tcaciuc D^{1,4}, Bendas A¹, Vogel TA^{5,6}, Durand R³, Roy M^{1,6}, Emami E⁷, Gosselin N^{4,8}

1 Research Center of the Institut Universitaire de Gériatrie de Montréal (CRIUGM), Montreal, QC, Canada; 2 Faculty of Medicine, McGill, Montreal, QC, Canada; 3 Faculty of Dental Medicine, Université de Montréal, Montreal, QC, Canada; 4 Department of Psychology, Université de Montréal, Montreal, QC, Canada; 5 Centre for Human Brain Health, School of Psychology, University of Birmingham, Birmingham, UK; 6 Department of Psychology, McGill University, Montreal, QC, Canada; 7 Faculty of Dental Medicine and Oral Health, McGill University, Montreal, QC, Canada; 8 Laboratory for Music, Emotion and Cognition Research (MUSEC) at the International Laboratory for Brain, Music and Sound Research (BRAMS), Université de Montréal, Centre for Research on Brain, Language and Music (CRBLM), McGill University, and Center for Interdisciplinary on Brain and Learning (CIRCA)

Music reduces pain and anxiety in various contexts, but the possible effect on pain anticipatory mechanisms remains unclear. This study examines the effects of a standardized musical intervention (Music Care) on pain perception and on pain modulation induced by expectations of low or high pain. Healthy participants were tested in an experimental study using a crossover design involving the musical intervention counterbalanced with an active auditory control condition (audiobook) and a silent control condition. Pain perception was assessed using contact heat stimulation, and expectations were manipulated using prestimulus anticipatory cues signalling high or low pain. Perceived pain intensity, measured using a visual analog scale, was decreased during the music intervention and the audiobook compared to silence (P 's < 0.001). Music was more effective than the audiobook control, especially at the higher pain stimulation level (P < 0.001). Anticipatory cues modulated pain and anxiety in the expected direction across all conditions (P 's < 0.001). Music and the audiobook produced comparable reduction in (1) expectation-induced (1a) hypoalgesic and (1b) hyperalgesic effects (all P 's < 0.005) and in (2) pain anticipatory anxiety (all P 's < 0.05). Overall, music was more effective than the active auditory control to reduce pain but both forms of auditory distraction partly blocked the modulatory effects of low and high pain expectations. This study highlights the multiplicity of processes contributing to music-induced analgesia and suggests that music may help improve pain management in the context of high pain expectation and anxiety. However, music may also interfere with pain-relieving strategies involving the induction of low pain expectations.

La musica riduce il dolore e l'ansia in vari contesti, ma il possibile effetto sui meccanismi di anticipazione del dolore rimane poco chiaro. Questo studio esamina gli effetti di un intervento musicale standardizzato (Music Care) sulla percezione del dolore e sulla modulazione del dolore indotta da aspettative di dolore

basso o elevato. I partecipanti sani sono stati sottoposti a un test in uno studio sperimentale, che utilizzava un disegno crossover, che prevedeva l'intervento musicale controbalanciato da una condizione di controllo uditivo attivo (audiolibro) e una condizione di controllo silenzioso. La percezione del dolore è stata valutata utilizzando la stimolazione termica da contatto, mentre le aspettative sono state manipolate utilizzando segnali anticipatori prestimolo che indicavano dolore elevato o basso. L'intensità del dolore percepito, misurata utilizzando una scala analogica visiva, è diminuita durante l'intervento musicale e l'audiolibro rispetto al silenzio ($P < 0,001$). La musica è risultata più efficace rispetto al controllo con audiolibro, specialmente al livello di stimolazione del dolore più elevato ($P < 0,001$). I segnali anticipatori hanno modulato il dolore e l'ansia nella direzione prevista in tutte le condizioni ($P < 0,001$). La musica e l'audiolibro hanno prodotto una riduzione comparabile (1) degli effetti ipoalgesici (1a) e iperalgesici (1b) indotti dall'aspettativa (tutti $P < 0,005$) e (2) dell'ansia anticipatoria del dolore (tutti $P < 0,05$). Nel complesso, la musica è risultata più efficace del controllo uditivo attivo nel ridurre il dolore, ma entrambe le forme di distrazione uditiva hanno parzialmente bloccato gli effetti modulatori delle aspettative di dolore basso e elevato. Questo studio evidenzia la molteplicità dei processi che contribuiscono all'analgesia indotta dalla musica e suggerisce che la musica possa aiutare a migliorare la gestione del dolore in un contesto di elevate aspettative di dolore e ansia. Tuttavia, la musica può anche interferire con le strategie di alleviamento del dolore che comportano l'induzione di aspettative di un basso livello di dolore.

Cognition 2025 Sep;262:106178

Beyond syncopation: the number of rhythmic layers shapes the pleasurable urge to move to music

Seeberg AB¹, Matthews TE¹, Højlund A², Vuust P¹, Petersen B¹

¹ Center for Music in the Brain, dpt. of Clinical Medicine, Aarhus University & The Royal Academy of Music Aarhus/Aalborg, Aarhus, Denmark; ² Department of Linguistics and Cognitive Science, Aarhus University, Aarhus, Denmark. abseeberg@clin.au.dk; toma@clin.au.dk; højlund@cc.au.dk; bjorn.petersen@clin.au.dk

People experience the strongest pleasurable urge to move to music (PLUMM) with rhythms of medium complexity, showing an inverted U-shaped relationship. Rhythmic complexity is typically defined by syncopation but likely interacts with the number and instrumentation of rhythmic layers (e.g., snare only vs snare and bass drum) in affecting PLUMM. This study investigated this interaction by comparing PLUMM ratings of rhythms with varying rhythmic layers and syncopation degrees. Two online studies (study 1, $n = 108$; study 2, $n = 46$) were conducted asking participants to rate how much they wanted to move and the pleasure they felt while listening to rhythms. Each study used 12 rhythms in four versions: 1) snare only (SN) in study I and bass drum only (BD) in study II; 2) snare and hi-hat (SN + HH) in study I and bass drum and hi-hat (BD + HH) in study II; 3) snare and bass drum (SN + BD) and 4) the original with snare, bass drum, and hi-hat (SN + BD + HH) in both studies, totaling 48 stimuli per study. We tested for linear and quadratic effects of syncopation and rhythmic layers on PLUMM ratings. Study I showed a significant interaction between syncopation and rhythmic layers. The SN + BD + HH versions exhibited the strongest inverted U as an effect of syncopation, followed by SN + BD and SN + HH, while SN showed a near-flat pattern of ratings as an effect of syncopation. Study II had similar findings, but differences between versions were smaller, and the interaction was mainly driven by differences between BD and BD + HH and between SN + BD and SN + BD + HH, especially at moderate syncopation levels. These findings suggest that the PLUMM response is shaped by the number of rhythmic layers, the roles that the different instruments play, and the way that they interact with each other and with syncopation, thus extending our understanding of the rhythmic features that drive the motor and hedonic responses to music.

Le persone provano il più forte impulso piacevole a muoversi a ritmo di musica (PLUMM) con ritmi di media complessità, mostrando una relazione a forma di U rovesciata. La complessità ritmica è tipicamente definita dal sincopato, ma probabilmente interagisce con il numero e la strumentazione dei livelli ritmici (ad esempio, solo rullante vs rullante e grancassa) nell'influenzare il PLUMM. Questo studio ha esaminato tale interazione confrontando le valutazioni PLUMM di ritmi con diversi livelli ritmici e gradi di sincopazione. Sono stati condotti due studi online (studio 1, $n = 108$; studio 2, $n = 46$) chiedendo ai partecipanti di valutare quanto desiderassero muoversi e il piacere provato mentre ascoltavano i ritmi.

Ciascuno studio ha utilizzato 12 ritmi in quattro versioni: 1) solo rullante (SN) nello studio I e solo grancassa (BD) nello studio II; 2) rullante e charleston (SN + HH) nello studio I e grancassa e charleston (BD + HH) nello studio II; 3) rullante e grancassa (SN + BD) e 4) l'originale con rullante, grancassa e charleston (SN + BD + HH) in entrambi gli studi, per un totale di 48 stimoli per studio. Gli Autori hanno testato gli effetti lineari e quadratici del sincopato e dei livelli ritmici sulle valutazioni PLUMM. Lo studio I ha mostrato un'interazione significativa tra sincope e strati ritmici. Le versioni SN + BD + HH hanno mostrato la U rovesciata più marcata come effetto del sincopato, seguite da SN + BD e SN + HH, mentre SN ha mostrato un andamento quasi piatto delle valutazioni come effetto del sincopato. Lo studio II ha ottenuto risultati simili, ma le differenze tra le versioni erano minori e l'interazione era determinata principalmente dalle differenze tra BD e BD + HH e tra SN + BD e SN + BD + HH, specialmente a livelli moderati di sincopato. Questi risultati suggeriscono che la risposta PLUMM è determinata dal numero di livelli ritmici, dai ruoli che i diversi strumenti svolgono e dal modo in cui interagiscono tra loro e con il sincopato, ampliando così la nostra comprensione delle caratteristiche ritmiche che determinano le risposte motorie ed edonistiche alla musica.

R Soc Open Sci 2025 Aug 20;12(8):250453

Humans can find rhythm in randomly timed sounds

van der Werff J^{1,2}, Tufarelli T³, Verga L^{2,4}, Ravignani A^{1,2,5}

1 Department of Human Neurosciences, University of Rome La Sapienza, Rome, Lazio, Italy; 2 Comparative Bioacoustics Group, Max Planck Institute for Psycholinguistics, Nijmegen, Gelderland, The Netherlands; 3 Unaffiliated, Beeston NG9, UK; 4 Department of Neuropsychology and Psychopharmacology, Maastricht University, Maastricht, Limburg, The Netherlands; 5 Center for Music in the Brain, dpt. of Clinical Medicine, Aarhus University & The Royal Academy of Music Aarhus/Aalborg, Aarhus, Denmark

Humans are keen pattern-seekers and take advantage of regularities present in their environment. In the temporal domain, we may call these patterns rhythms, but what is rhythm? Definitions vary, but all presuppose a categorical distinction between rhythm and randomness. Here, we challenge this view and show that two types of random sound sequences - classically considered arrhythmic by experimenters - differ in the amount of regularity humans reconstruct from them. When asked to synchronize to randomly timed sounds, participants leverage statistics to estimate the underlying tempo of the sequence, similar to linear statistical estimators. Theoretically, our results challenge current definitions of rhythm by showing that rhythmicity and randomness are instances of a continuum. Methodologically, our data and mathematical model show that a common method for creating random timing, namely the jittering of event onsets, introduces an undesirable regularity that humans readily exploit. New experiments should aim to maximize temporal randomness, and past experiments' outcomes require reconsideration.

Gli esseri umani sono abili nel ricercare schemi e sfruttano le regolarità presenti nel loro ambiente. Nel dominio temporale, possiamo chiamare tali schemi ritmi, ma cos'è il ritmo? Le definizioni variano, ma tutte presuppongono una distinzione categorica tra ritmo e casualità. Qui, gli Autori sfidano questa visione e mostrano che due tipi di sequenze sonore casuali, classicamente considerate aritmiche dagli sperimentatori, differiscono nella quantità di regolarità che gli esseri umani ricostruiscono da esse. Quando viene chiesto loro di sincronizzarsi con suoni casuali, i partecipanti utilizzano la statistica per stimare il tempo sottostante della sequenza, in modo simile agli stimatori statistici lineari. Teoricamente, i risultati mettono in discussione le attuali definizioni di ritmo, dimostrando che la ritmicità e la casualità sono esempi di un continuum. Dal punto di vista metodologico, i dati e il modello matematico adottato mostrano che un metodo comune per creare una temporizzazione casuale, ovvero il jittering degli eventi, introduce una regolarità indesiderata che gli esseri umani sfruttano prontamente. I nuovi esperimenti dovrebbero mirare a massimizzare la casualità temporale, e i risultati degli esperimenti passati richiedono una rivalutazione.

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