



n° 303 – 28 November 2019

[Curr Biol](#) 2019 Nov 6 pii: S0960-9822(19)31258-8

Uncertainty and surprise jointly predict musical pleasure and amygdala, hippocampus, and auditory cortex activity

[Cheung VKM¹](#), [Harrison PMC²](#), [Meyer L^{3,4}](#), [Pearce MT^{2,4}](#), [Haynes JD^{5,6}](#), [Koelsch S^{1,7}](#)

1 Department of Neuropsychology, Max Planck Institute for Human Cognitive and Brain Sciences, Stephanstraße, 04103 Leipzig, Germany; 2 School of Electronic Engineering & Computer Science, Queen Mary University of London, Mile End Road, London E1 4NS, UK; 3 Research Group Language Cycles, Max Planck Institute for Human Cognitive and Brain Sciences, Stephanstraße, 04103 Leipzig, Germany; 4 Department of Clinical Medicine, Aarhus University, Palle Juul-Jensens Boulevard, 8200 Aarhus N, Denmark; 5 Bernstein Center for Computational Neuroscience, Charité - Universitätsmedizin Berlin, Corporate Member of Freie Universität Berlin, Humboldt-Universität zu Berlin, Germany; 6 Institute of Health (BIH), Charitéplatz 1, 10117 Berlin, Germany; 7 Department of Biological and Medical Psychology, University of Bergen, Jonas Lies vei, 5009 Bergen, Norway.

stefan.koelsch@uib.no

Listening to music often evokes intense emotions. Recent research suggests that musical pleasure comes from positive reward prediction errors, which arise when what is heard proves to be better than expected. Central to this view is the engagement of the nucleus accumbens - a brain region that processes reward expectations - to pleasurable music and surprising musical events. However, expectancy violations along multiple musical dimensions (e.g., harmony and melody) have failed to implicate the nucleus accumbens, and it is unknown how music reward value is assigned. Whether changes in musical expectancy elicit pleasure has thus remained elusive. Here, we demonstrate that pleasure varies nonlinearly as a function of the listener's uncertainty when anticipating a musical event, and the surprise it evokes when it deviates from expectations. Taking Western tonal harmony as a model of musical syntax, we used a machine-learning model to mathematically quantify the uncertainty and surprise of 80,000 chords in US Billboard pop songs. Behaviorally, we found that chords elicited high pleasure ratings when they deviated substantially from what the listener had expected (low uncertainty, high surprise) or, conversely, when they conformed to expectations in an uninformative context (high uncertainty, low surprise). Neurally, we found using fMRI that activity in the amygdala, hippocampus,

and auditory cortex reflected this interaction, while the nucleus accumbens only reflected uncertainty. These findings challenge current neurocognitive models of music-evoked pleasure and highlight the synergistic interplay between prospective and retrospective states of expectation in the musical experience.

Ascoltare musica spesso evoca emozioni intense. Studi recenti indicano che il piacere legato alla musica derivi da errori positivi della predizione di ricompensa, che nascono quando ciò che viene ascoltato è meglio di quanto ci si aspettasse. Centrale in questa visione è il coinvolgimento del nucleus accumbens (una regione del cervello che elabora le aspettative di ricompensa) nella musica piacevole e negli eventi musicali, sorprendenti. Tuttavia le violazioni dell'aspettativa in più dimensioni musicali (es. armonia, melodia) non coinvolgono il nucleo accumbens, e non è noto come sia assegnato il valore della ricompensa musicale. Di conseguenza, non è ancora chiaro se i cambiamenti nell'aspettativa musicale suscitino piacere. Nel presente studio i Ricercatori hanno dimostrato che il piacere varia in modo non-lineare in funzione dell'incertezza dell'ascoltatore quando anticipa un evento musicale, e della sorpresa che questo evento evoca quando devia dalle aspettative. Prendendo l'armonia tonale occidentale come modello di sintassi musicale, i Ricercatori hanno utilizzato un modello di apprendimento automatico per quantificare matematicamente l'incertezza e la sorpresa di 80,000 accordi nelle canzoni pop della classifica americana Billboard. A livello comportamentale, è stato evidenziato che gli accordi suscitavano alti livelli di piacere quando si discostavano sostanzialmente da ciò che l'ascoltatore si aspettava (bassa incertezza, alta sorpresa) o, al contrario, quando si conformavano alle aspettative in un contesto non informativo (alta incertezza, bassa sorpresa). Dal punto di vista neurale, utilizzando la risonanza magnetica, è stato visto che l'attività nell'amigdala, nell'ippocampo e nella corteccia uditiva, riflette questa interazione, mentre il nucleus accumbens riflette solo l'incertezza. Questi risultati mettono in discussione gli attuali modelli neuro cognitivi del piacere evocato dalla musica, ed evidenziano l'interazione sinergica tra stati di aspettativa prospettivi e retrospettivi nell'esperienza musicale.

[J Speech Lang Hear Res 2019 Nov 18:1-13](#)

The relationship between speech perceptual discrimination and speech production in Parkinson's disease

Mollaei F^{1,2}, Shiller DM^{1,3}, Baum SR^{1,2}, Gracco VL^{1,2,4}

1 Centre for Research on Brain, Language and Music, Montréal, Quebec, Canada; 2 School of Communication Sciences and Disorders, McGill University, Montréal, Quebec, Canada; 3 École d'orthophonie et d'audiologie, Université de Montréal, Quebec, Canada; 4 Haskins Laboratories, New Haven, CT, USA

Purpose We recently demonstrated that individuals with Parkinson's disease (PD) respond differentially to specific altered auditory feedback parameters during speech production. Participants with PD respond more robustly to pitch and less robustly to formant manipulations compared to control participants. In this study, we investigated whether differences in perceptual processing may in part underlie these compensatory differences in speech production. **Methods** Pitch and formant feedback manipulations were presented under 2 conditions: production and listening. In the production condition, 15 participants with PD and 15 age- and gender-matched healthy control participants judged whether their own speech output was manipulated in real time. During the listening task, participants judged whether paired tokens of their previously recorded speech samples were the same or different. **Results** Under listening, 1st formant manipulation discrimination was significantly reduced for the PD group compared to the control group. There was a trend toward better discrimination of pitch in the PD group, but the group difference was not significant. Under the production condition, the ability of participants with PD to identify pitch manipulations was greater than that of the controls. **Conclusion** The findings suggest perceptual processing differences associated with acoustic parameters of fundamental frequency and 1st formant perturbations in PD. These findings extend our previous results, indicating that different patterns of compensation to pitch and 1st formant shifts may reflect a combination of sensory and motor mechanisms that are differentially influenced by basal ganglia dysfunction.

I Ricercatori hanno recentemente dimostrato che gli individui affetti da Parkinson (PD) rispondono in maniera differenziata a specifici parametri di feedback uditivo alterato durante la produzione vocale. I

partecipanti affetti da PD rispondono più efficacemente al ritmo e meno a manipolazioni dei formanti, se comparati con il gruppo di controllo. In questo studio, i Ricercatori hanno indagato se le differenze nell'elaborazione percettiva possano in parte essere alla base di queste diversità compensatorie nella produzione linguistica. Sono state presentate manipolazioni del feedback dell'altezza e dei formanti in due condizioni: produzione e ascolto. Nella condizione di produzione, 15 partecipanti affetti da Parkinson e 15 controlli sani, appaiati per età e genere, hanno giudicato se la loro produzione vocale era manipolata in tempo reale. Durante il compito di ascolto, i partecipanti hanno giudicato se spezzoni appaiati dei loro precedenti parlati registrati fossero uguali o differenti. Nelle condizioni di ascolto, la discriminazione della manipolazione del primo formante è risultata significativamente ridotta per il gruppo affetto da PD se comparato con il gruppo di controllo. C'è stata una tendenza verso una migliore discriminazione dell'altezza nel gruppo affetto da Parkinson, ma la differenza per gruppo non è risultata significativa. Nelle condizioni di produzione, la capacità dei partecipanti con PD di identificare la manipolazione dell'altezza è risultata migliore rispetto al gruppo di controllo. Tali risultati suggeriscono che nei soggetti con PD ci siano differenze nell'elaborazione percettiva associate a parametri di frequenza fondamentale e alle perturbazioni del primo formante. Queste scoperte estendono i risultati dei Ricercatori ottenuti in lavori precedenti, indicando che differenti schemi di compensazione ai cambiamenti di altezza e primo formante potrebbero riflettere una combinazione di meccanismi sensoriali e motori che sono influenzati in modo diverso dalla disfunzione dei gangli della base.

PLoS One 2019 Nov 14;14(11):e0224974

Distinct varieties of aesthetic chills in response to multimedia

Bannister S

Department of Music, Durham University, Durham, County Durham, England, UK

The experience of aesthetic chills, often defined as a subjective response accompanied by goosebumps, shivers and tingling sensations, is a phenomenon often utilized to indicate moments of peak pleasure and emotional arousal in psychological research. However, little is currently understood about how to conceptualize the experience, particularly in terms of whether chills are general markers of intense pleasure and emotion, or instead a collection of distinct phenomenological experiences. To address this, a web-study was designed using images, videos, music videos, texts and music excerpts (from both an online forum dedicated to chills-eliciting stimuli and previous musical chills study), to explore variations across chills experience in terms of bodily and emotional responses reported. Results suggest that across participants (N = 179), three distinct chills categories could be identified: warm chills (chills co-occurring with smiling, warmth, feeling relaxed, stimulated and happy), cold chills (chills co-occurring with frowning, cold, sadness and anger), and moving chills (chills co-occurring with tears, feeling a lump in the throat, emotional intensity, and feelings of affection, tenderness and being moved). Warm chills were linked to stimuli expressing social communion and love; cold chills were elicited by stimuli portraying entities in distress, and support from one to another; moving chills were elicited by most stimuli, but their incidence were also predicted by ratings of trait empathy. Findings are discussed in terms of being moved, the importance of differing induction mechanisms such as shared experience and empathic concern, and the implications of distinct chills categories for both individual differences and inconsistencies in the existing aesthetic chills literature.

L'esperienza dei brividi "estetici", spesso definita come una risposta soggettiva accompagnata da pelle d'oca, brividi e sensazione di formicolio, è un fenomeno spesso utilizzato per indicare momenti di massimo piacere ed eccitazione emotiva nella ricerca psicologica. Tuttavia è ancora poco chiaro come si concettualizzi l'esperienza, in modo particolare se questi brividi siano marcatori generici di un piacere ed emozione, o se invece siano una collezione di esperienze fenomenologiche distinte. Per capirlo, è stato progettato uno studio sul web che utilizzava immagini, video, video-musicali, testi e brani musicali (sia da un forum online dedicato a stimoli che provocano brividi, sia da precedenti studi sui brividi legati alla musica), per esplorare le variazioni tra l'esperienza dei brividi in termini di risposte corporee ed emotive riportate. I risultati suggeriscono che tra i partecipanti (N=179) possono essere identificate 3 categorie distinte di brividi: brividi caldi (che si verificano insieme a sorriso, calore, sensazione di rilassamento, stimolo e felicità), brividi freddi (che si verificano insieme a corrugamento della fronte, freddo, tristezza e rabbia) e brividi commoventi (che si verificano con lacrime, sensazione di gruppo in gola, intensità emotiva, sentimenti di affetto, tenerezza ed emozione). I brividi caldi sono

collegati a stimoli che esprimono comunione sociale e amore; i brividi freddi sono provocati da stimoli che ritraggono entità in difficoltà e sostegno reciproco; i brividi commoventi sono provocati dalla maggior parte degli stimoli, ma la loro incidenza era predetta dalle valutazioni dell'empatia di tratto. Tali scoperte sono state discusse in termini di commozione, importanza dei diversi meccanismi di induzione, come per esempio esperienze condivise e preoccupazione empatica, e implicazioni delle categorie distinte di brividi sia per le differenze individuali che per le incoerenze nella letteratura esistente sui brividi estetici.

Front Neurosci 2019 Oct 30;13:1165

Decoding task-related functional brain imaging data to identify developmental disorders: the case of congenital amusia

Albouy P^{1,2}, Caclin A^{3,4}, Norman-Haignere SV^{5,6}, Lévêque Y^{4,7}, Peretz I², Tillmann B^{4,7}, Zatorre RJ^{1,2}

1 Cognitive Neuroscience Unit, Montreal Neurological Institute, McGill University, Montreal, QC, Canada; 2 International Laboratory for Brain, Music and Sound Research, Montreal, QC, Canada; 3 INSERM, U1028, CNRS, UMR 5292, Lyon Neuroscience Research Center, Brain Dynamics and Cognition Team, Lyon, France; 4 University Lyon 1, Lyon, France; 5 Zuckerman Institute of Mind, Brain and Behavior, Columbia University, New York, NY, USA; 6 CNRS, Laboratoire des Systèmes Perceptifs, Département d'Études Cognitives, ENS, PSL University, Paris, France; 7 CNRS, UMR 5292, INSERM, U1028, Lyon Neuroscience Research Center, Auditory Cognition and Psychoacoustics Team, Lyon, France

Machine learning classification techniques are frequently applied to structural and resting-state fMRI data to identify brain-based biomarkers for developmental disorders. However, task-related fMRI has rarely been used as a diagnostic tool. Here, we used structural MRI, resting-state connectivity and task-based fMRI data to detect congenital amusia, a pitch-specific developmental disorder. All approaches discriminated amusics from controls in meaningful brain networks at similar levels of accuracy. Interestingly, the classifier outcome was specific to deficit-related neural circuits, as the group classification failed for fMRI data acquired during a verbal task for which amusics were unimpaired. Most importantly, classifier outputs of task-related fMRI data predicted individual behavioral performance on an independent pitch-based task, while this relationship was not observed for structural or resting-state data. These results suggest that task-related imaging data can potentially be used as a powerful diagnostic tool to identify developmental disorders as they allow for the prediction of symptom severity.

Le tecniche di classificazione basate sull'apprendimento automatico (machine learning) sono frequentemente applicate ai dati fMRI strutturali e in resting-state per identificare biomarker basati sul cervello per i disordini dello sviluppo. Tuttavia la fMRI basata sul compito è stata utilizzata raramente come strumento diagnostico. In questo studio i Ricercatori hanno utilizzato la fMRI strutturale, la connettività in condizione resting-state e i dati della fMRI basata sul compito per identificare l'amusia congenita, un disturbo dello sviluppo specifico per l'altezza (pitch). Tutti gli approcci discriminavano i soggetti amusicai dai controlli in circuiti cerebrali significativi con livelli simili di precisione. È interessante notare che il risultato del classificatore era specifico per i circuiti neurali deficit-correlati, poiché la classificazione per gruppo non è riuscita per i dati fMRI acquisiti durante un compito verbale in cui gli amusicai non avevano problemi. Soprattutto, i risultati del classificatore dei dati fMRI basati sul compito erano predittivi della performance comportamentale individuale su un'attività indipendente basata sull'altezza, mentre questa relazione non è stata osservata per i dati strutturali o di resting-state. Tali risultati suggeriscono che i dati di risonanza compito-correlati potrebbero essere utilizzati come potente strumento diagnostico per identificare i disordini dello sviluppo in quanto consentono di prevedere la gravità dei sintomi.

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 access "My personal details" page and deselect the option "I agree to receive Neuromusic News".