



n° 357 – 21 April 2022

Nat Rev Neurosci 2022 Mar 29

Music in the brain

Vuust P¹, Heggli OA¹, Friston KJ², Kringelbach ML^{1,2,3}

1 Center for Music in the Brain, Aarhus University and The Royal Academy of Music (Det Jyske Musikkonservatorium), Aarhus, Denmark; 2 Wellcome Centre for Human Neuroimaging, University College London, London, UK; 3 Department of Psychiatry, University of Oxford, Oxford, UK. 5 Centre for Eudaimonia and Human Flourishing, Linacre College, University of Oxford, Oxford, UK. pv@musikkons.dk

Music is ubiquitous across human cultures — as a source of affective and pleasurable experience, moving us both physically and emotionally — and learning to play music shapes both brain structure and brain function. Music processing in the brain — namely, the perception of melody, harmony and rhythm — has traditionally been studied as an auditory phenomenon using passive listening paradigms. However, when listening to music, we actively generate predictions about what is likely to happen next. This enactive aspect has led to a more comprehensive understanding of music processing involving brain structures implicated in action, emotion and learning. Here we review the cognitive neuroscience literature of music perception. We show that music perception, action, emotion and learning all rest on the human brain's fundamental capacity for prediction — as formulated by the predictive coding of music model. This Review elucidates how this formulation of music perception and expertise in individuals can be extended to account for the dynamics and underlying brain mechanisms of collective music making. This in turn has important implications for human creativity as evinced by music improvisation. These recent advances shed new light on what makes music meaningful from a neuroscientific perspective.

La musica è onnipresente nelle culture umane – come fonte di esperienza affettiva e piacevole, che ci commuove sia fisicamente che emotivamente – e imparare a suonare la musica modella sia la struttura del cervello che la funzione cerebrale. L'elaborazione della musica nel cervello, ovvero la percezione della melodia, dell'armonia e del ritmo, è stata tradizionalmente studiata come fenomeno uditivo utilizzando paradigmi di ascolto passivo. Tuttavia, quando ascoltiamo la musica, generiamo attivamente previsioni su ciò che è probabile che accada dopo. Questo aspetto attivo ha portato a una comprensione più completa dell'elaborazione musicale che coinvolge le strutture cerebrali implicate nell'azione, nelle

emozioni e nell'apprendimento. Qui gli Autori esaminano la letteratura delle neuroscienze cognitive sulla percezione musicale. Essi dimostrano che la percezione, l'azione, le emozioni e l'apprendimento della musica si basano sulla fondamentale capacità predittiva del cervello umano, come formulata dal modello del paradigma predittivo della musica. Nella revisione gli Autori chiariscono come tale formulazione della percezione e dell'esperienza della musica negli individui possa essere estesa per comprendere le dinamiche e i meccanismi cerebrali che sottendono la produzione musicale collettiva. Questo a sua volta ha importanti implicazioni per la creatività umana, come dimostra l'improvvisazione musicale. Tali recenti progressi diffondono nuova luce su ciò che rende la musica significativa da una prospettiva neuroscientifica.

Front Psychol 2022 Mar 15;13:828699

Illuminating music: Impact of color hue for background lighting on emotional arousal in piano performance videos

McDonald J¹, Canazza S², Chmiel A³, De Poli G², Houbert E⁴, Murari M², Rodà A², Schubert E¹, Zhang JD^{1,5}

1 Empirical Musicology Laboratory, School of the Arts and Media, University of New South Wales, Sydney, NSW, Australia; 2 Centro di Sonologia Computazionale, Department of Information Engineering, University of Padova, Padua, Italy; 3 The MARCS Institute for Brain, Behavior and Development, Western Sydney University, Sydney, NSW, Australia; 4 Independent Researcher, Sydney, NSW, Australia; 5 School of Chemistry, University of New South Wales, Sydney, NSW, Australia

This study sought to determine if hues overlaid on a video recording of a piano performance would systematically influence perception of its emotional arousal level. The hues were artificially added to a series of four short video excerpts of different performances using video editing software. Over two experiments 106 participants were sorted into 4 conditions, with each viewing different combinations of musical excerpts (two excerpts with nominally high arousal and two excerpts with nominally low arousal) and hue (red or blue) combinations. Participants rated the emotional arousal depicted by each excerpt. Results indicated that the overall arousal ratings were consistent with the nominal arousal of the selected excerpts. However, hues added to video produced no significant effect on arousal ratings, contrary to predictions. This could be due to the domination of the combined effects of other channels of information (e.g., the music and player movement) over the emotional effects of the hypothesized influence of hue on perceived performance (red expected to enhance and blue to reduce arousal of the performance). To our knowledge this is the first study to investigate the impact of these hues upon perceived arousal of music performance, and has implications for musical performers and stage lighting. Further research that investigates reactions during live performance and manipulation of a wider range of lighting hues, saturation and brightness levels, and editing techniques, is recommended to further scrutinize the veracity of the findings.

Questo studio ha cercato di determinare se le tonalità di colore sovrapposte a una registrazione video di un'esecuzione al pianoforte possano influenzare sistematicamente la percezione del suo livello di eccitazione emotiva. Le tonalità sono state aggiunte artificialmente a una serie di quattro brevi estratti video di diverse esibizioni, utilizzando un software di montaggio video. In due esperimenti, 106 partecipanti sono stati ordinati secondo 4 condizioni, ciascuno dei quali ha visualizzato diverse combinazioni di brani musicali (due estratti con eccitazione nominalmente alta e due estratti con eccitazione nominalmente bassa) e combinazioni di tonalità (rosso o blu). I partecipanti hanno valutato l'eccitazione emotiva rappresentata da ciascun brano. I risultati hanno indicato che le valutazioni complessive dell'eccitazione erano coerenti con l'eccitazione nominale degli estratti selezionati. Tuttavia, le tonalità aggiunte al video non hanno prodotto alcun effetto significativo sulle valutazioni dell'eccitazione, contrariamente a quanto si era previsto. Ciò potrebbe essere dovuto al predominio degli effetti combinati di altri canali di informazione (ad esempio, la musica e il movimento del musicista) rispetto agli effetti emotivi dell'ipotetica influenza della tonalità sulla performance percepita (il rosso dovrebbe aumentare e il blu ridurre l'eccitazione della performance). A conoscenza degli Autori, questo è il primo studio atto a indagare l'impatto di queste sfumature sull'eccitazione percepita della performance musicale e ha implicazioni per gli artisti musicali e l'illuminazione del palcoscenico. Si

raccomandano ulteriori ricerche che indaghino sulle reazioni durante le esibizioni dal vivo e sulla manipolazione di una gamma più ampia di tonalità di illuminazione, livelli di saturazione e luminosità, e tecniche di montaggio al fine di esaminare ulteriormente la veridicità dei risultati.

Front Psychol 2022 Mar 17;13:838511

Sensorimotor synchronization in healthy aging and neurocognitive disorders

von Schnehen A¹, Hobeika L^{1,2}, Huvent-Grelle D³, Samson S^{1,2,4}

1 Université de Lille, ULR 4072 - PSITEC - Psychologie: Interactions, Temps, Emotions, Cognition, Lille, France ; 2 Sorbonne Université, Institut du Cerveau - Paris Brain Institute - ICM, Inserm, CNRS, APHP, Hôpital de la Pitié Salpêtrière, Paris, France ; 3 Hôpital Gériatrique les Bateliers, Pôle de Gérontologie, CHU Lille, Lille, France; 4 Epilepsy Unit, AP-HP, GHU Pitié-Salpêtrière-Charles Foix, Paris, France

Sensorimotor synchronization (SMS), the coordination of physical actions in time with a rhythmic sequence, is a skill that is necessary not only for keeping the beat when making music, but in a wide variety of interpersonal contexts. Being able to attend to temporal regularities in the environment is a prerequisite for event prediction, which lies at the heart of many cognitive and social operations. It is therefore of value to assess and potentially stimulate SMS abilities, particularly in aging and neurocognitive disorders (NCDs), to understand intra-individual communication in the later stages of life, and to devise effective music-based interventions. While a bulk of research exists about SMS and movement-based interventions in Parkinson's disease, a lot less is known about other types of neurodegenerative disorders, such as Alzheimer's disease, vascular dementia, or frontotemporal dementia. In this review, we outline the brain and cognitive mechanisms involved in SMS with auditory stimuli, and how they might be subject to change in healthy and pathological aging. Globally, SMS with isochronous sounds is a relatively well-preserved skill in old adulthood and in patients with NCDs. At the same time, natural tapping speed decreases with age. Furthermore, especially when synchronizing to sequences at slow tempi, regularity and precision might be lower in older adults, and even more so in people with NCDs, presumably due to the fact that this process relies on attention and working memory resources that depend on the prefrontal cortex and parietal areas. Finally, we point out that the effect of the severity and etiology of NCDs on sensorimotor abilities is still unclear: More research is needed with moderate and severe NCD, comparing different etiologies, and using complex auditory signals, such as music.

La sincronizzazione sensomotora (SMS), il coordinamento delle azioni fisiche nel tempo con una sequenza ritmica, è un'abilità necessaria non solo per mantenere il ritmo quando si fa musica, ma è utile in un'ampia varietà di contesti interpersonali. Essere in grado di occuparsi delle regolarità temporali dell'ambiente è un prerequisito per la previsione degli eventi, che è al centro di molte operazioni cognitive e sociali. È quindi utile valutare e potenzialmente stimolare le abilità di SMS, in particolare nell'invecchiamento e nei disturbi neurocognitivi (NCD), per comprendere la comunicazione intra-individuale nelle fasi mature della vita e ideare interventi efficaci basati sulla musica. Mentre esiste una gran parte della ricerca sulla SMS e sugli interventi basati sul movimento nel morbo di Parkinson, molto meno si sa su altri tipi di disturbi neurodegenerativi, come il morbo di Alzheimer, la demenza vascolare o la demenza frontotemporale. In questa revisione gli Autori delineano il cervello e i meccanismi cognitivi coinvolti nella SMS con stimoli uditivi e come questi potrebbero essere soggetti a cambiamenti durante l'invecchiamento sano e patologico. A livello globale, la SMS con suoni isocroni è un'abilità relativamente ben conservata nell'età adulta e nei pazienti con malattie non trasmissibili. Allo stesso tempo, la velocità del tapping (battere in sincrono) naturale diminuisce con l'età. Inoltre, soprattutto durante la sincronizzazione con sequenze a tempi lenti, regolarità e precisione potrebbero essere inferiori negli anziani e ancor di più nelle persone con NCD, presumibilmente a causa del fatto che questo processo si basa sull'attenzione e sulle risorse della memoria di lavoro che dipendono dalle aree della corteccia prefrontale e dalle aree parietali. Infine, gli Autori segnalano che l'effetto della gravità e dell'eziologia degli NCD sulle capacità sensomotorie è ancora poco chiaro: sono necessarie ulteriori ricerche con NCD moderati e gravi, attraverso un confronto tra le diverse eziologie e impiegando segnali uditivi complessi, come la musica.

Eur J Neurosci 2022 Mar 31

The sound of silence: Predictive error responses to unexpected sound omission in adults

Prete DA¹, Heikoop D¹, McGillivray JE², Reilly JP^{2,3,4,5}, Trainor LJ^{1,6,7}

1 Department of Psychology, Neuroscience and Behaviour, McMaster University, Hamilton, ON, Canada; 2 Electrical and Computer Engineering, McMaster University, Hamilton, Canada; 3 ARiEAL Research Centre, McMaster University, Hamilton, Canada; 4 School of Biomedical Engineering, McMaster University, Hamilton, Canada; 5 Vector Institute, MaRS Centre, Toronto, Canada; 6 McMaster Institute for Music and the Mind, McMaster University, Hamilton, ON, Canada; 7 Rotman Research Institute, Baycrest Hospital, Toronto, ON, Canada

The human auditory system excels at detecting patterns needed for processing speech and music. According to predictive coding, the brain predicts incoming sounds, compares predictions to sensory input, and generates a prediction error whenever a mismatch between the prediction and sensory input occurs. Predictive coding can be indexed in EEG with the mismatch negativity (MMN) and P3a components, two ERP components that are elicited by infrequent deviant sounds (e.g., differing in pitch, duration, loudness) in a stream of frequent sounds. If these components reflect prediction error, they should also be elicited by omitting an expected sound, but few studies have examined this. We compared ERPs elicited by infrequent randomly occurring omissions (unexpected silences) in tone sequences presented at 2 tones/sec to ERPs elicited by frequent, regularly occurring omissions (expected silences) within a sequence of tones and resting state EEG (a constant silence). We found that unexpected silences elicited significant MMN and P3a, although the magnitude of these components was quite small and variable. These results provide evidence for hierarchical predictive coding, indicating that the brain predicts silences as well as sounds.

Il sistema uditivo umano eccelle nel rilevare i modelli necessari per l'elaborazione del parlato e della musica. Secondo il paradigma predittivo, il cervello prevede i suoni in arrivo, confronta le previsioni con l'input sensoriale e genera un errore di previsione ogni volta che si verifica una mancata corrispondenza tra la previsione e l'input sensoriale. Il paradigma predittivo può essere indicizzato nell'EEG con la Mismatch Negativity (MMN) e le componenti P3a, due componenti ERP che sono prodotte da suoni devianti non frequenti (ad esempio, che differiscono per altezza, durata e volume) in un flusso di suoni frequenti. Se queste componenti riflettono un errore di previsione, dovrebbero anche essere prodotte omettendo un suono atteso, ma pochi studi lo hanno esaminato. Gli Autori hanno confrontato le ERP provocate da omissioni casuali non frequenti (silenzi impreveduti) in sequenze di toni presentate a 2 toni/sec con ERP generate da omissioni frequenti e regolari (silenzi attesi) all'interno di una sequenza di toni ed EEG a riposo (un silenzio costante). Gli Autori hanno scoperto che i silenzi inaspettati elicitarono MMN e P3a significative, sebbene l'entità di queste componenti fosse piuttosto piccola e variabile. Questi risultati forniscono prove per un paradigma predittivo gerarchico, indicando che il cervello predice i silenzi così come i suoni.

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), and Aarhus (2021). 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".