



n° 286 – 07 March 2019

[Proc Natl Acad Sci USA](#) 2019 Feb 19;116(8):3310-3315

**Musical reward prediction errors engage the nucleus accumbens and motivate learning**

**Gold BP<sup>1,2,3</sup>, Mas-Herrero E<sup>1,2</sup>, Zeighami Y<sup>4</sup>, Benovoy M<sup>4,5</sup>, Dagher A<sup>1</sup>, Zatorre RJ<sup>1,2,3</sup>**

1 Montreal Neurological Institute, McGill University, Montreal, QC H3A 2B4, Canada; 2 International Laboratory for Brain, Music and Sound Research, Montreal, QC H2V 2J2, Canada; 3 Centre for Interdisciplinary Research in Music Media and Technology, Montreal, QC H3A 1E3, Canada; 4 Institute of Biomedical Engineering, École Polytechnique, Montreal, QC H3T 1J4, Canada; 5 Corstem, Montreal, QC H3C 4J9, Canada  
[benjamin.gold@mail.mcgill.ca](mailto:benjamin.gold@mail.mcgill.ca)

Enjoying music reliably ranks among life's greatest pleasures. Like many hedonic experiences, it engages several reward-related brain areas, with activity in the nucleus accumbens (NAc) most consistently reflecting the listener's subjective response. Converging evidence suggests that this activity arises from musical "reward prediction errors" (RPEs) that signal the difference between expected and perceived musical events, but this hypothesis has not been directly tested. In the present fMRI experiment, we assessed whether music could elicit formally modeled RPEs in the NAc by applying a well-established decision-making protocol designed and validated for studying RPEs. In the scanner, participants chose between arbitrary cues that probabilistically led to dissonant or consonant music, and learned to make choices associated with the consonance, which they preferred. We modeled regressors of trial-by-trial RPEs, finding that NAc activity tracked musically elicited RPEs, to an extent that explained variance in the individual learning rates. These results demonstrate that music can act as a reward, driving learning and eliciting RPEs in the NAc, a hub of reward- and music enjoyment-related activity.

*Godersi la musica rappresenta sicuramente uno dei più grandi piaceri della vita. Come molte altre esperienze edonistiche, questa coinvolge diverse aree cerebrali legate alla ricompensa, con l'attività del nucleus accumbens (Nac) che riflette più coerentemente la risposta soggettiva dell'ascoltatore. Prove convergenti suggeriscono che tale attività nasca da "errori di predizione della ricompensa" (RPE) che segnalano la differenza tra eventi musicali attesi e percepiti, ma questa ipotesi non è stata*

testata direttamente. Nell'esperimento di risonanza magnetica funzionale (fMRI) qui presentato, i Ricercatori hanno valutato se la musica possa suscitare RPE formalmente modellati nel Nac, applicando un protocollo decisionale ben definito e convalidato per lo studio degli RPE. Nello scanner, i partecipanti all'esperimento hanno scelto tra stimoli arbitrari che portavano in modo probabilistico a musica consonante o dissonante, e hanno imparato a fare scelte associate alla consonanza, che preferivano. I Ricercatori hanno modellato i regressori dei RPE a ogni evento, scoprendo che l'attività del Nac seguiva i RPE elicitati dalla musica, in misura tale da spiegare la varianza nei tassi di apprendimento individuali. Questi risultati dimostrano che la musica può agire come una ricompensa, guidando l'apprendimento e sollecitando i RPE nel nucleus accumbens, un centro di attività legato alla gratificazione e alla fruizione della musica.

**Psychophysiology** 2019 Mar;56(3):e13297

## **Covert singing in anticipatory auditory imagery**

**Pruitt TA<sup>1</sup>, Halpern AR<sup>2</sup>, Pfordresher PQ<sup>1</sup>**

1 Department of Psychology, University at Buffalo, The State University of New York, Buffalo, New York, USA; 2 Department of Psychology, Bucknell University, Lewisburg, Pennsylvania, USA

To date, several fMRI studies reveal activation in motor planning areas during musical auditory imagery. We addressed whether such activations may give rise to peripheral motor activity, termed subvocalization or covert singing, using surface electromyography. Sensors placed on extrinsic laryngeal muscles, facial muscles, and a control site on the bicep measured muscle activity during auditory imagery that preceded singing, as well as during the completion of a visual imagery task. Greater activation was found in laryngeal and lip muscles for auditory than for visual imagery tasks, whereas no differences across tasks were found for other sensors. Furthermore, less accurate singers exhibited greater laryngeal activity during auditory imagery than did more accurate singers. This suggests that subvocalization may be used as a strategy to facilitate auditory imagery, which appears to be degraded in inaccurate singers. Taken together, these results suggest that subvocalization may play a role in anticipatory auditory imagery, and possibly as a way of supplementing motor associations with auditory imagery.

*A oggi diversi studi di risonanza magnetica funzionale rivelano l'attivazione nelle aree di pianificazione motoria durante l'immaginazione musicale uditiva. I Ricercatori hanno esaminato se tali attivazioni possano dare origine ad attività motoria periferica, chiamata sub-vocalizzazione o canto nascosto, utilizzando l'elettromiografia di superficie. È stata misurata l'attività muscolare durante l'immaginazione uditiva che precedeva il canto, e durante un compito di immaginazione visiva con sensori posizionati sui muscoli laringei estrinseci, sui muscoli facciali e su un sito di controllo sul bicipite. La maggior attivazione è stata rilevata nei muscoli laringei e delle labbra per i compiti uditivi piuttosto che per quelli visivi, mentre non sono state evidenziate differenze fra i diversi compiti per gli altri sensori. Inoltre, i cantanti meno accurati hanno mostrato una maggior attività della laringe durante l'immaginazione uditiva rispetto ai cantanti più precisi. Questo suggerisce che la sub-vocalizzazione potrebbe essere usata come una strategia per facilitare l'immaginazione uditiva, che sembra essere degradata nei cantanti imprecisi. Presi insieme, tali risultati suggeriscono che la sub-vocalizzazione potrebbe giocare un ruolo nell'immaginazione uditiva anticipatoria, e potrebbe eventualmente rappresentare un modo per integrare le associazioni motorie con l'immaginazione uditiva.*

**Front Psychol** 2019 Feb 5;10:164

## **fNIRS responses in professional violinists while playing duets: evidence for distinct leader and follower roles at the brain level**

**Vanzella P<sup>1,2</sup>, Balardin JB<sup>3</sup>, Furucho RA<sup>2</sup>, Zimeo Morais GA<sup>4</sup>, Braun Janzen T<sup>5</sup>, Sammler D<sup>6</sup>, Sato JR<sup>1,2</sup>**

1 Núcleo Interdisciplinar de Neurociência Aplicada, Universidade Federal do ABC, Santo

André, Brazil; 2 Centro de Matemática, Computação e Cognição, Universidade Federal do ABC, São Bernardo do Campo, Brazil; 3 Hospital Albert Einstein, Instituto do Cérebro - Instituto Israelita de Ensino e Pesquisa Albert Einstein, São Paulo, Brazil; 4 NIRx Medizintechnik GmbH, Berlin, Germany; 5 Faculty of Music, University of Toronto, Toronto, ON, Canada; 6 Max Planck Institute for Human Cognitive and Brain Sciences, Leipzig, Germany

Music played in ensembles is a naturalistic model to study joint action and leader-follower relationships. Recently, the investigation of the brain underpinnings of joint musical actions has gained attention; however, the cerebral correlates underlying the roles of leader and follower in music performance remain elusive. The present study addressed this question by simultaneously measuring the hemodynamic correlates of functional neural activity elicited during naturalistic violin duet performance using fNIRS. Findings revealed distinct patterns of functional brain activation when musicians played the Violin 2 (follower) than the Violin 1 part (leader) in duets, both compared to solo performance. More specifically, results indicated that musicians playing the Violin 2 part had greater oxy-Hb activation in temporo-parietal ( $p = 0.02$ ) and somatomotor ( $p = 0.04$ ) regions during the duo condition in relation to the solo. On the other hand, there were no significant differences in the activation of these areas between duo/solo conditions during the execution of the Violin 1 part ( $p$ 's  $> 0.05$ ). These findings suggest that ensemble cohesion during a musical performance may impose particular demands when musicians play the follower position, especially in brain areas associated with the processing of dynamic social information and motor simulation. This study is the first to use fNIRS hyperscanning technology to simultaneously measure the brain activity of two musicians during naturalistic music ensemble performance, opening new avenues for the investigation of brain correlates underlying joint musical actions with multiple subjects in a naturalistic environment.

*La musica suonata in ensemble è un modello naturale per studiare l'azione congiunta e le relazioni tra leader e follower. Recentemente le indagini sulle basi cerebrali delle azioni musicali congiunte hanno acquisito una nuova attenzione; tuttavia le correlazioni cerebrali che stanno alla base dei ruoli di leader e follower nell'esibizione musicale rimangono vaghe. Il presente studio ha affrontato questo aspetto misurando simultaneamente i correlati emodinamici dell'attività funzionale cerebrale elicitati durante l'esibizione di un duetto di violino, attraverso la spettroscopia funzionale nel vicino infrarosso (fNIRS). Le scoperte rivelano modelli distinti di attivazione funzionale del cervello quando i musicisti suonano il Violino 2 (seguace) rispetto alla parte del Violino 1 (leader) nei duetti, rispetto alla performance da solista. In modo più specifico, i risultati indicano che i musicisti che suonano la parte del Violino 2 hanno una maggior attivazione dell'ossiemoglobina nelle regioni temporo-parietale ( $p = 0.02$ ) e somato-motoria ( $p = 0.04$ ) durante la condizione di duetto in relazione all'assolo. D'altra parte, non ci sono significative differenze nell'attivazione di queste aree tra le due condizioni duetto/assolo durante l'esecuzione della parte del Violino 1 ( $p$ 's  $> 0.05$ ). Tali risultati suggeriscono che la coesione dell'ensemble durante un'esibizione musicale possa imporre particolari esigenze quando i musicisti suonano la posizione del follower, specialmente nelle aree cerebrali associate con l'elaborazione delle informazioni sociali dinamiche e di simulazione motoria. Il presente studio è il primo a utilizzare la tecnologia di iperscanning fNIRS per misurare simultaneamente l'attività del cervello di due musicisti durante le esibizioni in ensemble, aprendo nuove strade per l'indagine delle correlazioni cerebrali che sottendono azioni musicali congiunte a più soggetti in un ambiente naturale.*

Front Psychol 2019 Feb 5;10:161

## **Analyzing the impact of soft, stimulating and depressing songs on attention among undergraduate students: a cross-sectional pilot study in Bangladesh**

**Begum MM<sup>1</sup>, Uddin MS<sup>2</sup>, Rithy JF<sup>1</sup>, Kabir J<sup>1</sup>, Tewari D<sup>3</sup>, Islam A<sup>4</sup>, Ashraf GM<sup>5</sup>**

1 Department of Pharmacy, East West University, Dhaka, Bangladesh; 2 Department of Pharmacy, Southeast University, Dhaka, Bangladesh; 3 Department of Pharmaceutical Sciences, Faculty of Technology, Kumaun University, Uttarakhand, India; 4 Department of Pharmacy, Dhaka International University, Dhaka, Bangladesh; 5 King Fahd Medical Research Center, King Abdulaziz University, Jeddah, Saudi Arabia

Music is strongly linked to attention and giving attention can boost intelligence. The purpose of this study was to scrutinize the impact of soft, stimulating, and depressing songs on the attention of students. The study was performed on 280 undergraduate students. Students were divided into 4 groups (i.e., control, soft, stimulating, and depressing) and subjected to 3 songs, soft (*That's My Name*), stimulating (*Rain Over Me*) and depressing (*Broken Angel*) songs. The Uddin's Numeral Finding (NF) and Typo Revealing (TR) tests were used to analyze the attention of the students. In the NF, 75.54% attention was exerted by students subjected to stimulating song followed by soft song's group (i.e., 74.32%) with respect to control group. Amid all groups, the lowest percentage, 70.77% of attention was reported for students subjected to the depressing song. For TR test, stimulating song's group exerted highest, 45.97% attention, soft song's group exerted 45.27%, control group exerted 42.70%, and lowest (i.e., 41.54%) attention was exerted by depressing song's group. In NF test, concerning sex, amid male and female, male exerted higher (77.04%) attention than female but for TR test female exerted higher (i.e., 48.15%) attention for students subjected to stimulating song. Regarding the age of the study in case of NF test for stimulating song's group, 18-20 years age students exerted highest, 82.07% attention but for TR test highest, 48.75% attention was reported for 23-25 years age students. For NF test, regarding the age of the study 1st-year student exerted highest, 92.44% attention but for TR test highest, 57.33% attention was reported for 3rd-year students for stimulating song's group. Concerning residential status in both NF and TR tests, for students lived with family subjected to stimulating song exerted highest, 77.93% and 48.6% attention, respectively with respect to students lived without family and remaining groups. This study suggested that song influences the neuronal circuits linked to alert and cognitive functions and the stimulating song has the acme power of increasing attention while depressing song reduces the attention. Therefore, the exciting song can be an operative intervention for enhancing attention, cognitive functions, and treatment of associated neuropsychological disorders.

*La musica è fortemente legata all'attenzione e dare attenzione può accrescere l'intelligenza. Lo scopo del presente studio è stato esaminare l'impatto di canzoni tranquille, stimolanti e deprimenti sull'attenzione degli studenti. Lo studio è stato svolto su 280 studenti universitari. Gli studenti sono stati divisi in 4 gruppi (i.e. gruppo di controllo, "canzone tranquilla", "canzone stimolante" e "canzone deprimente") e sottoposti all'ascolto di tre tipi di canzoni: tranquilla (*That's my Name*), stimolante (*Rain over me*) e deprimente (*Broken angel*). Il test della Ricerca Numerica di Uddin (NF) e della Rivelazione dell'errore di Battitura (TR) sono stati utilizzati per analizzare l'attenzione degli studenti. Nel test NF, il 74,54% dell'attenzione è stato esercitato dagli studenti soggetti alla canzone stimolante, seguiti dagli studenti del gruppo della canzone tranquilla (i.e. 74,32%) rispetto al gruppo di controllo. Tra tutti i gruppi, la percentuale più bassa, il 70,77% dell'attenzione è stata riportata per gli studenti che hanno ascoltato la canzone deprimente. Per il test TR, il gruppo "canzone stimolante" ha mostrato la maggior attenzione, 45,97%; il gruppo "canzone tranquilla" ha mostrato il 45,27%; il gruppo di controllo il 42,70%; e il minor grado di attenzione (i.e. 41,54%) è stato mostrato dal gruppo "canzone deprimente". Nel test NF, relativo al genere, tra maschio e femmina, i maschi esercitavano un'attenzione più alta (77,04%) rispetto alle femmine, ma per il test TR le femmine hanno mostrato una maggior attenzione (i.e. 48,15%) per la canzone stimolante. Per quanto riguarda l'età dello studio nel caso del test NF per il gruppo della canzone stimolante, gli studenti di età compresa tra 18 e 20 anni hanno mostrato il più alto grado attenzione (82,07%), ma per il test TR il più alto grado di attenzione (48,75%) è stato rilevato per gli studenti di 23-25 anni. Per il test NF, per quanto riguarda l'età dello studio, gli studenti del primo anno hanno esercitato il massimo dell'attenzione, 92,44%, ma per il test TR il più alto grado di attenzione, 57,33%, è stato segnalato per gli studenti del terzo anno del gruppo della canzone stimolante. Per quanto riguarda lo stato residenziale, in entrambi i test NF e TR, per gli studenti che vivevano con la famiglia e appartenenti al gruppo della canzone stimolante, è stato evidenziato il grado maggior di attenzione, rispettivamente 77,93% e 48,6%, rispetto agli studenti che vivevano senza famiglia e ai gruppi rimanenti. Questo studio suggerisce che la canzone influenza i circuiti neuronali legati alle funzioni cognitive e di allerta, e una canzone stimolante ha il potere di aumentare l'attenzione mentre una deprimente la riduce. Pertanto una canzone stimolante può rappresentare un intervento operativo per aumentare l'attenzione e le funzioni cognitive e per trattare i disordini neuropsicologici associati.*

#### **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 Neurologic Institute “Carlo Besta” in Milan. In addition to its services, the Foundation aims, through its continuing medical education courses and its publishing program, to transmit the latest discoveries in the field of paediatric neurology so that they can be applied most effectively in treating or mitigating a large number of paediatric neurologic disorders.*

*In 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. The results of this commitment are shown first and foremost in "The Neurosciences and Music" conferences, held in Venice (2002), Leipzig (2005), Montreal (2008), Edinburgh (2011), and Dijon (2014). The last congress was held in June 2017 in Boston, in partnership with the Harvard Medical School and Beth Israel Deaconess Medical Center. All these meetings have led to the publication of major volumes in the Annals of the New York Academy of Sciences. By providing the most recent information in these rapidly advancing neurologic fields, the Mariani Foundation intends to be a reliable and informative source for specialists and journalists in this new area of the developmental neurosciences.*

"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](mailto: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](http://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”.*