



n e u r o . . . m u s i c
n e w s

n° 407 – 13 June 2024
Special edition
Neuromusic VIII Best Posters



Here below we present the **12 best posters** selected among over 340 submitted at the international conference “**The Neurosciences and Music VIII | Wiring, re-wiring, and well-being**” (June 13-16, 2024), that started today in Helsinki (Finland) and online. The selection rewarded the most innovative research. Presentations of the best posters will be held from 14 to 16 June.

On the second day of the conference, in parallel with the symposia dedicated to “singing” both from a genetic point of view and in its applications in aging, and to the mechanisms underlying the management of pain with music, the best poster oral presentations deal with very common experiences, such as the piece of music that stays in your mind, also known as earworm (**Muntaner Marcé et al**), or the

phenomenon of nostalgia (**Sasakibara et al**) to then deal with what we know about music therapy interventions in people suffering from chronic stroke as studied in a randomized controlled trial (**Segura et al**). In the work of **Henechowicz et al** the authors try to understand the effects of active involvement in musical activities on the development of resilience to mental illness, through a GWAS study.

On the third day, the symposia will be focused on rhythm and music from the first days of life, the value of improvisation throughout life, and the particular urgency to move that comes with music, especially if it has that special characteristic called "groove". The best poster presentations will follow this logical thread, starting from the work by **Nguyen et al** on the development of neural coding and spontaneous movements in the first year of life, continuing on the creation of expectations and how the predictive code evolves in natural music (**Robert et al**) and in embodied cognition (**Daikoku et al**), to conclude with a 12-year longitudinal study investigating the influence of the neuroanatomical arrangement and plasticity induced by musical training on the auditory system from childhood to adulthood (**Schneider et al**).

On the fourth and final day, the symposia will deal with executive functions, from the parallels among music, memory and imagination, to the maturation of auditory, cognitive and executive functions associated with music during childhood, up to the development of a plasticity that lasts into adult life.

The choice of the best posters oral presentations for this day will tell us about the increase in temporal processing through transcutaneous vagal stimulation (**Bahadori et al**), the musical biofeedback paradigm for gait training (**Kantan et al**), about the categorization of rhythm in the brain between cortical and subcortical auditory signals (**Barbero et al**) and finally how auditory-motor sensorial integration occurs in musicians when they play or listen to songs (**Arseneau-Bruneau et al**).

*Di seguito presentiamo i **12 migliori poster** selezionati tra gli oltre 340 presentati al convegno internazionale "Le Neuroscienze e la Musica VIII | Wiring, re-wiring, and well-being" (13-16 giugno 2024), iniziato oggi a Helsinki (Finlandia) e online. La selezione ha premiato la ricerca più innovativa. Il Comitato Scientifico ha dovuto scegliere in una rosa di ottimi abstract, dai quali sarebbe stato possibile estrarre oltre il doppio di ottimi contributi, e questo denota una crescente qualità e serietà della ricerca nelle neuroscienze della musica. Le presentazioni dei migliori poster si terranno da 14 al 16 giugno.*

*Nella seconda giornata del convegno, in parallelo con i simposi dedicati all'uso del canto sia da un punto di vista genetico che nelle sue applicazioni nell'invecchiamento, e ai meccanismi che sottendono la gestione del dolore con la musica, sono state inserite le relazioni che affrontano esperienze molto comuni, come il brano musicale che rimane in mente come un tarlo (**Muntaner Marcé et al**), o il fenomeno della nostalgia (**Sasakibara et al**) per arrivare poi a trattare quello che sappiamo degli interventi musicoterapici nelle persone affette da stroke cronico, con un trial randomizzato controllato (**Segura et al**). Nel lavoro di **Henechowicz et al** si cerca comprendere attraverso uno studio GWAS, gli effetti del coinvolgimento attivo in attività musicali sullo sviluppo della resilienza alla malattia mentale.*

*Nella terza giornata, si terranno i simposi su ritmo e musica sin dai primi giorni di vita, il valore dell'improvvisazione nell'arco di vita, e la particolare urgenza di muoversi che viene con la musica, soprattutto se dotata di quella caratteristica definita "groove". Le presentazioni dei best poster seguiranno questo filo logico, a partire dal lavoro di **Trinh et al** sullo sviluppo di una codifica neurale e di movimenti spontanei nel primo anno di vita, continuando sulla creazione di aspettative e come si evolve il codice predittivo nella musica naturale (**Robert et al**) e nella cognizione incarnata (**Daikoku**), per concludere con uno studio longitudinale di 12 anni che indaga sulla influenza della disposizione neuroanatomica e della plasticità indotta dal training musicale sul sistema uditivo dall'infanzia all'età adulta (**Schneider et al**).*

Nella quarta e ultima giornata i simposi verteranno sulle funzioni esecutive, dai paralleli fra musica memoria e immaginazione, alla maturazione delle funzioni uditive, cognitive ed esecutive associate alla musica durante l'infanzia, fino allo sviluppo di una plasticità che perdura nella vita adulta.

*La scelta delle relazioni dei best poster per questa giornata ci parla incremento dell'elaborazione temporale attraverso la stimolazione vagale transcutanea (**Bahadori et al**) di paradigma di biofeedback musicale per l'allenamento alla marcia (**Kantan et al**), di come funziona la categorizzazione del ritmo nel cervello fra i segnali uditivi corticali e subcorticali (**Barbero et al**) e infine come avviene l'integrazione sensoriale uditivo motoria in musicisti che suonano brani o li ascoltano (**Arseneau-Bruneau et al**).*

Neuromusic VIII Best Posters Abstracts

Listening while playing the organ: How auditory-motor integration may influence the frequency following response

Arseneau-Bruneau I^{1, 2, 3, 4, 5}, Farrés Franch M^{1, 2, 3, 4, 5}, Core L^{1, 2}, Latorre M-E^{1, 2}, Li A^{1, 2}, Chen E^{1, 2}, Issa E⁷, Rahman N⁷, Payoma A⁶, Kolde S¹, Liu M¹, Bermudez P^{1, 2, 8}, Llanos F⁹, Coffey EBJ^{3, 4, 5, 6}, Zatorre RJ^{1, 2, 3, 4, 5}

1 McGill University, Montreal, Canada; 2 Montreal Neurological Institute, Montreal, Canada; 3 Centre for Research on Brain, Language and Music (CRBLM), Montreal, Canada; 4 Laboratory for Brain, Music and Sound Research (BRAMS), Montreal, Canada; 5 Centre for Interdisciplinary Research in Music Media and Technology (CIRMMT), Montreal, Canada; 6 Concordia University, Montréal, Canada; 7 Dawson College, Montreal, Canada; 8 Canadian Open Neuroscience Platform, Montreal, Canada; 9 University of Texas at Austin, USA

This study aims to better understand changes in auditory processing related to music training by investigating mechanisms that may enhance the frequency following response (FFR), a brain potential that tracks periodicity encoding in the auditory system. Since stronger associations between the auditory and motor systems of musicians could modify the neural representation of sounds when they result from an action such as playing an instrument, we aimed to compare the FFR generated by sounds actively played on an instrument to FFRs to the same tones perceived passively. The FFRs were recorded on the scalp with electroencephalography (EEG) to provide a measure of the quality of the neural representation of the frequency encoding of musical tones. Our protocol compared the FFRs of highly trained pianists and non-musicians while they played a short melody on a digital organ, or while hearing the same sounds passively. To discriminate between motor and perceptual factors, the listening/playing tasks included conditions in which the auditory feedback was either predictable (conventional key-tone mapping) or unpredictable (pseudorandomized tones that would not match the melody and key presses) (2x2 design). We analyzed traditional FFR features including amplitude, latency, and frequency tracking. Among the most salient findings, we observed significantly reduced FFR amplitudes in the unpredictable conditions ($p = 0.0009$). As well, we observed an interaction of auditory-motor x predictability effect ($p = 0.0016$). These predictability effects could be explained by predictive coding and top-down mechanisms. To the best of our knowledge, our protocol is the first to compare actively produced musical tones (auditory-motor conditions) to the same passive tones stimuli (auditory conditions). The research will inform models of sensory-motor integration and how it may influence perception, revealing how the auditory system functions in an integrated manner with other systems rather than as a purely sensory modality.

Questo studio mira a comprendere meglio i cambiamenti nell'elaborazione uditiva legati al training musicale indagando i meccanismi che possono migliorare la Frequency Following Response (FFR), un potenziale cerebrale che tiene traccia della codifica della periodicità nel sistema uditivo. Poiché associazioni più forti tra i sistemi uditivo e motorio dei musicisti potrebbero modificare la rappresentazione neurale dei suoni quando risultano da un'azione come suonare uno strumento, gli Autori hanno puntato a confrontare la FFR generata dagli stimoli suonati attivamente su uno strumento con le FFR degli stessi toni percepiti passivamente. Le FFR sono state registrate sul cuoio capelluto con l'elettroencefalografia (EEG) per fornire una misura della qualità della rappresentazione neurale della codifica delle frequenze dei toni musicali. Il protocollo ha confrontato le FFR di pianisti altamente qualificati e di non musicisti mentre suonavano una breve melodia su un organo digitale o mentre ascoltavano passivamente gli stessi suoni. Per discriminare tra fattori motori e percettivi, i compiti di ascolto/esecuzione includevano condizioni in cui il feedback uditivo era prevedibile (mappatura convenzionale dei toni dei tasti) o imprevedibile (toni pseudorandomizzati che non corrispondevano alla melodia e alla pressione dei tasti) (disegno 2x2). Sono state analizzate le caratteristiche FFR tradizionali tra cui ampiezza, latenza e tracciamento della frequenza. Tra i risultati più salienti, sono state rilevate ampiezze FFR significativamente ridotte in condizioni imprevedibili ($p = 0,0009$). Inoltre, è stata osservata un'interazione tra effetto uditivo-motorio x predittività ($p = 0,0016$). Questi effetti di predittività potrebbero essere spiegati mediante la codifica predittiva e i meccanismi top-down. Per quanto a conoscenza degli Autori, questo protocollo è il primo a confrontare i toni musicali prodotti attivamente (condizioni uditivo-motorie) con gli stessi stimoli passivi (condizioni uditive). La ricerca porter

informazioni sui modelli di integrazione sensomotoria e il modo in cui può influenzare la percezione, rivelando come il sistema uditivo funziona in modo integrato con altri sistemi piuttosto che come una modalità puramente sensoriale.

Enhancement of temporal processing via transcutaneous vagus nerve stimulation

Bahadori M^{1,2,3}, Bhutani N⁴, Dalla Bella S^{1,2,3}

1 Laboratory for Brain, Music and Sound Research (BRAMS), Montreal, Canada; 2 Department of Psychology, University of Montreal, Montreal, Canada; 3 Centre for Research on Brain, Language and Music (CRBLM), Montreal, Canada; 4 Revai Inc., Montreal, Canada

Time perception is a fundamental aspect of human cognition, and is associated with a range of cognitive processes, including executive functions such as inhibition control and working memory. There is evidence that transcutaneous stimulation of the vagus nerve (tVNS) can improve cognitive functions such as response inhibition and conflict processing. However, it is still unknown whether tVNS affects time perception. We expect that tVNS would affect the processing of time by modulating the neural circuits responsible for time perception, including prefrontal cortex, as it increases the activation of the locus coeruleus- noradrenergic system. To test this hypothesis, we asked 20 participants to perform an anisochrony detection task while they received tVNS or a sham stimulation. In this task, participants were asked to identify whether a sequence of five tones was temporally regular (i.e., isochronous) or irregular. When irregular, the fourth tone in the sequence was delayed. A staircase protocol yielded estimates of the anisochrony detection threshold. We found that tVNS improved participants' ability to detect smaller time delays compared to the sham stimulation, showing enhanced sensitivity to detecting deviations from isochrony of tones. These findings suggest a potential link between the neural circuitries stimulated by tVNS and those subserving time perception.

La percezione del tempo è un aspetto fondamentale della cognizione umana ed è associata a una serie di processi cognitivi, comprese le funzioni esecutive come il controllo delle inibizioni e la memoria di lavoro. Esistono prove che la stimolazione transcutanea del nervo vago (tVNS) può migliorare le funzioni cognitive come l'inibizione della risposta e l'elaborazione dei conflitti. Tuttavia, non è ancora noto se la tVNS influisca sulla percezione del tempo. Gli Autori ipotizzano che la tVNS possa influenzare l'elaborazione del tempo modulando i circuiti neurali responsabili della percezione del tempo, inclusa la corteccia prefrontale, poiché aumenta l'attivazione del sistema noradrenergico del locus coeruleus. Per testare questa ipotesi, hanno chiesto a 20 partecipanti di eseguire un compito di rilevamento dell'anisocronia mentre ricevevano tVNS o una stimolazione fittizia. In questo compito, ai partecipanti è stato chiesto di identificare se una sequenza di cinque toni fosse temporalmente regolare (cioè isocrona) o irregolare. Quando irregolare, il quarto tono della sequenza veniva ritardato. Un protocollo a scala ha prodotto stime della soglia di rilevamento dell'anisocronia. Gli Autori riportano che la tVNS ha migliorato la capacità dei partecipanti di rilevare ritardi temporali minori rispetto alla stimolazione fittizia, mostrando una maggiore sensibilità nel rilevare deviazioni dall'isocronia dei toni. Questi risultati suggeriscono un potenziale collegamento tra i circuiti neurali stimolati dalla tVNS e quelli che sottendono alla percezione del tempo.

Capturing rhythm categorisation in the human brain across cortical and subcortical auditory signals

Barbero FM^{1*}, Lenc T^{1*}, Jacoby N², Polak R³, Varlet M⁴, Nozaradan S^{1,4,5}

1 Institute of Neuroscience (IoNS), University of Louvain (UCLouvain), 1348 Louvain-la-Neuve, Belgium; 2 Computational Auditory Perception Group, Max Planck Institute for Empirical Aesthetics, Grüneburgweg 14, 60322 Frankfurt am Main, Germany; 3 RITMO Centre for Interdisciplinary Studies in Rhythm, Time and Motion, University of Oslo, Norway; 4 The MARCS Institute for Brain, Behaviour & Development, Western Sydney University, Sydney, Australia; 5 International Laboratory for Brain, Music and Sound Research (BRAMS), Montreal, Canada. * = Equal contribution

Humans across cultures show an outstanding capacity to perceive, learn, and synchronise with musical rhythms. These skills rely on mapping the sheer diversity of external rhythms onto sets of internal rhythmic categories. Yet, the nature and neural basis of rhythm categorisation remain largely unknown. On the one hand, rhythmic categories may emerge from fundamental low-level physiology of neural assemblies already in subcortical auditory nuclei. Alternatively, or in addition, rhythm categorisation may rely on evolutionarily newer plastic cortical networks. Here, we investigate these questions using a novel approach that allows capturing categorical representations of rhythms from neural responses based on a combination of (i) electroencephalography (EEG), (ii) frequency-tagging, and (iii) representational similarity analysis (RSA). In a first experiment, the EEG was recorded while participants were listening to a number ($N = 13$) of distinct two-interval rhythmic patterns whose interval ratio was evenly spaced between 1:1 and 2:1. A behavioural index of the perceptual categories was obtained by asking participants to synchronise finger tapping with the same stimuli in separate trials. Results indicate that the tapping and neural responses showed a consistent categorical structure, corroborating and extending previous behavioural findings. Importantly, these categorical representations cannot be simply explained by physical properties of the stimuli. In a second experiment, we coupled the novel approach with a functional localizer to simultaneously capture activity originating from higher-level cortical vs. subcortical sources, in the form of slow (150 Hz) EEG responses. Preliminary results show different representational structures in cortical compared to subcortical responses, suggesting that rhythm categorisation cannot be fully explained by subcortical auditory properties. Rather, our results seem to indicate that rhythm categorisation is further shaped at the cortical level, potentially through interactions within an extended network including motor and/or associative cortices.

Gli esseri umani di tutte le culture mostrano un'eccezionale capacità di percepire, apprendere e sincronizzarsi con i ritmi musicali. Queste abilità si basano sulla mappatura dell'assoluta diversità dei ritmi esterni su insiemi di categorie ritmiche interne. Tuttavia, la natura e le basi neurali della categorizzazione del ritmo rimangono in gran parte sconosciute. Da un lato, le categorie ritmiche possono emergere dalla fisiologia fondamentale di basso livello degli insiemi neurali già nei nuclei uditivi sottocorticali. In alternativa, o in aggiunta, la categorizzazione del ritmo può basarsi su reti corticali plastiche evolutivamente più recenti. Qui, gli autori utilizzano un nuovo approccio che consente di catturare rappresentazioni categoriche dei ritmi da risposte neurali basate su una combinazione di (i) elettroencefalografia (EEG), (ii) tagging di frequenza e (iii) analisi di somiglianza rappresentazionale (RSA). In un primo esperimento, l'EEG è stato registrato mentre i partecipanti ascoltavano un numero ($N = 13$) di schemi ritmici distinti a due intervalli il cui rapporto di intervallo era equamente distanziato tra 1:1 e 2:1. Un indice comportamentale delle categorie percettive è stato ottenuto chiedendo ai partecipanti di sincronizzare il tapping delle dita con gli stessi stimoli in prove separate. I risultati indicano che le risposte neurali e il tapping mostravano una struttura categorica coerente, corroborando ed estendendo i precedenti risultati comportamentali. È importante sottolineare che queste rappresentazioni categoriche non possono essere spiegate semplicemente dalle proprietà fisiche degli stimoli. In un secondo esperimento, abbiamo accoppiato il nuovo approccio con un localizzatore funzionale per catturare simultaneamente l'attività proveniente da fonti corticali e subcorticali di livello superiore, sotto forma di risposte EEG lente (150 Hz). I risultati preliminari mostrano diverse strutture rappresentazionali nelle risposte corticali rispetto a quelle sottocorticali, suggerendo che la categorizzazione del ritmo non può essere completamente spiegata dalle proprietà uditive sottocorticali. Piuttosto, i nostri risultati sembrano indicare che la categorizzazione del ritmo viene ulteriormente modellata a livello corticale, potenzialmente attraverso le interazioni all'interno di una rete estesa che comprende corteccie motorie e/o associative.

Understanding embodied cognitive mechanisms of music based on brain predictive processing

Daikoku T

The University of Tokyo, Tokyo, Japan; University of Cambridge, Cambridge, UK

Music has shaped the human experience and exerted a significant influence on our emotions. Musical emotion also gives rise to bodily sensations and interoception, resulting from physical changes such as accelerated heart rate and occurrence of goosebumps. The brain predictive processing contributes to musical emotion and the associated embodied cognition, referred to as music chills. However, the

underlying mechanism that affects both our minds and bodies remains poorly understood. In this presentation, I will discuss our recent studies that examined how the perception of music chords elicits bodily sensations and emotions through the brain's predictive processing. We conducted body-mapping tests on 527 participants exposed to chord progressions and detected the temporal fluctuations of musical uncertainty and surprise (i.e., prediction error) evoked specific bodily sensations and emotions. That is, some chord progressions with particular temporal dynamics of surprise and uncertainty elicit bodily sensations, specifically in the cardiac and abdominal regions, which are closely linked to interoception. Furthermore, we have observed a positive correlation between the intensity of cardiac sensations and the valence in chord progressions characterized by low uncertainty and high surprise. Based on these findings, I propose two important factors that contribute to embodied musical emotion: temporal dynamics of predictive processing and music-triggered interoceptive sensation. That is, predictive uncertainty intertwines with musical surprise in a hierarchical manner, allowing us to derive enjoyment from music and experience the emotions it elicits. Further, such musical experiences induce interoception, particularly around the heart and abdomen. Our study highlights the crucial role of interplay between uncertainty and surprise in shaping emotional responses and also suggests a hypothesis for emotion generation through predictive processing and musical embodiment. This study has the potential to shed light on the importance of recognizing diverse forms of musical pleasure and their unique effects on both our minds and bodies.

La musica ha plasmato l'esperienza umana e ha esercitato un'influenza significativa sulle nostre emozioni. L'emozione musicale dà origine anche a sensazioni corporee e interocezioni, risultanti da cambiamenti fisici come l'accelerazione del battito cardiaco e la comparsa della pelle d'oca. L'elaborazione predittiva del cervello contribuisce all'emozione musicale e alla cognizione incorporata associata, denominata brividi musicali. Tuttavia, il meccanismo sottostante che colpisce sia la nostra mente che il nostro corpo rimane poco compreso. In questa presentazione, discuterò dei nostri recenti studi che hanno esaminato come la percezione degli accordi musicali suscita sensazioni ed emozioni corporee attraverso l'elaborazione predittiva del cervello. Abbiamo condotto test di mappatura del corpo su 527 partecipanti esposti a progressioni di accordi e rilevato le fluttuazioni temporali dell'incertezza musicale e della sorpresa (cioè errore di previsione) evocate sensazioni ed emozioni corporee specifiche. Cioè, alcune progressioni di accordi con particolari dinamiche temporali di sorpresa e incertezza suscitano sensazioni corporee, in particolare nelle regioni cardiaca e addominale, che sono strettamente legate all'interocezione. Inoltre, abbiamo osservato una correlazione positiva tra l'intensità delle sensazioni cardiache e la valenza nelle progressioni di accordi caratterizzate da bassa incertezza e alta sorpresa. Sulla base di questi risultati, l'autore propone due importanti fattori che contribuiscono all'emozione musicale incarnata: la dinamica temporale dell'elaborazione predittiva e la sensazione interocezionale innescata dalla musica. Cioè, l'incertezza predittiva si intreccia con la sorpresa musicale in modo gerarchico, permettendoci di trarre piacere dalla musica e di sperimentare le emozioni che suscita. Inoltre, tali esperienze musicali inducono interocezione, in particolare intorno al cuore e all'addome. Il nostro studio evidenzia il ruolo cruciale dell'interazione tra incertezza e sorpresa nel modellare le risposte emotive e suggerisce anche un'ipotesi per la generazione di emozioni attraverso l'elaborazione predittiva e l'incarnazione musicale. Questo studio potenzialmente potrebbe far luce sull'importanza di riconoscere le diverse forme di piacere musicale e i loro effetti unici sia sulla nostra mente che sul nostro corpo.

Genome-wide variation associated with active music engagement in mid- to late- life is positively correlated with resilience to mental illness

Henechowicz TL^{1,2}, Coleman PL⁴, Nitin R⁴, Mekki YN^{3,4}, Felsky D², Gordon RL^{3,4,5,6}

1 Music and Health Science Research Collaboratory, Faculty of Music, University of Toronto, Canada; 2 Krembil Centre for Neuroinformatics, Centre for Addiction and Mental Health, Toronto, Canada; 3 Music Cognition Laboratory, Department of Otolaryngology – Head and Neck Surgery, Vanderbilt University Medical Center, USA; 4 Vanderbilt Genetics Institute, Vanderbilt University Medical Center, USA; 5 Vanderbilt Brain Institute, Vanderbilt University, USA; 6 Department of Psychology, Vanderbilt University, USA

Introduction: Intervention studies, although inconclusive, suggest music engagement may have some benefits for mental health. However, large-scale epidemiological studies revealed a greater risk for mental illness in musicians compared to controls (Niarchou et al., 2022; Wesseldijk et al., 2023). Indeed, active music engagement is heritable, with estimates ranging from 78% from twin models to 12% via SNP-based approaches. The study leverages genomic methods to investigate the genetic architecture of active music engagement and examine its relationship to neurobiological function and resilience to mental illness. Methods: We conducted a genome-wide association study (GWAS) in unrelated Europeans in the Canadian Longitudinal Study of Aging to examine common genetic variation (6,725,254 variants) associated with playing an instrument or singing in a choir several times per year or more (n=3956 cases), compared to no musical engagement (n=15,566). We used functional annotations to ascertain genomic loci and associated functions and investigated genetic correlations with 11 GWAS for mental illness traits. Results: SNP-based heritability for active musical engagement was 8.41%, 95%CI [0.05,0.12], $p=3.49 \times 10^{-7}$, $N=19522$, power = 1. GWAS yielded 31 genomic loci with 36 mapped genes including several mapped genes related to neurobiological function: CDH12 (rs10518914, $p=9.71 \times 10^{-7}$), ZNF536 (rs193058357, $p=5.09 \times 10^{-6}$), LSAMP (rs189907653, $p=1.65 \times 10^{-6}$), and PCDH9 (rs4493636, $p=7.53 \times 10^{-6}$). Thirteen genes showed differential gene expression in the Frontal Cortex (BA9) ($p=5.17 \times 10^{-4}$, $p.adj=2.79 \times 10^{-2}$). The GWAS of active music engagement was significantly negatively correlated with risk for major depressive disorder (qFDR=0.024), alcohol use disorder (qFDR=0.009), cannabis use disorder (qFDR=0.009), schizophrenia (qFDR=0.016), autism spectrum disorder (qFDR=0.024), Tourette syndrome (qFDR=0.009), and bipolar disorder (qFDR=0.009). Discussion: Our results provide evidence for the significant heritability of active music engagement and several associated genomic loci linked to neurobiological function. Contrary to previous population-level research, active music engagement in mid- to late- life, specifically, is associated with resilience to mental illness.

Introduzione: studi di intervento, sebbene inconcludenti, suggeriscono che l'impegno musicale può avere alcuni benefici per la salute mentale. Tuttavia, studi epidemiologici su larga scala hanno rivelato un rischio maggiore di malattie mentali nei musicisti rispetto ai controlli (Niarchou et al., 2022; Wesseldijk et al., 2023). In effetti, il coinvolgimento attivo nella musica è ereditabile, con stime che vanno dal 78% dei modelli gemelli al 12% tramite approcci basati su SNP. Lo studio sfrutta metodi genomici per indagare l'architettura genetica dell'impegno musicale attivo ed esaminare la sua relazione con la funzione neurobiologica e la resilienza alle malattie mentali. Metodi: Gli autori hanno condotto uno studio di associazione sull'intero genoma (GWAS) in europei non imparentati nel Canadian Longitudinal Study of Aging per esaminare la variazione genetica comune (6.725.254 varianti) associata al suonare uno strumento o al cantare in un coro più volte all'anno o più (n =3956 casi), rispetto a nessun impegno musicale (n=15.566). Hanno utilizzato annotazioni funzionali per accertare i loci genomici e le funzioni associate e hanno studiato le correlazioni genetiche con 11 GWAS per i tratti della malattia mentale. Risultati: L'ereditarietà basata su SNP per l'impegno musicale attivo è stata dell'8,41%, IC al 95% [0,05,0,12], $p=3,49 \times 10^{-7}$, $N=19522$, potenza = 1. GWAS ha prodotto 31 loci genomici con 36 geni mappati inclusi diversi geni correlati alla funzione neurobiologica: CDH12 (rs10518914, $p=9,71 \times 10^{-7}$), ZNF536 (rs193058357, $p=5,09 \times 10^{-6}$), LSAMP (rs189907653, $p=1,65 \times 10^{-6}$) e PCDH9 (rs4493636, $p=7,53 \times 10^{-6}$). Tredici geni hanno mostrato un'espressione genica differenziale nella corteccia frontale (BA9) ($p=5,17 \times 10^{-4}$, $p.adj=2,79 \times 10^{-2}$). Il GWAS del coinvolgimento musicale attivo era significativamente correlato negativamente con il rischio di disturbo depressivo maggiore (qFDR=0,024), disturbo da uso di alcol (qFDR=0,009), disturbo da uso di cannabis (qFDR=0,009), schizofrenia (qFDR=0,016), disturbo dello spettro autistico (qFDR=0,024), sindrome di Tourette (qFDR=0,009) e disturbo bipolare (qFDR=0,009). Discussione: I risultati forniscono prove della significativa ereditarietà dell'impegno musicale attivo e di diversi loci genomici associati legati alla funzione neurobiologica. Contrariamente alle precedenti ricerche a livello di popolazione, l'impegno attivo nella musica nella mezza e nella tarda età, in particolare, è associato alla resilienza alle malattie mentali.

Musical biofeedback paradigms to promote high-intensity gait training

Kantan PR¹, Dahl S¹, Jørgensen HR², Spaich EG³

1 Department of Architecture, Design and Media Technology, Aalborg University, Copenhagen, Denmark; 2 Neuroenhed Nord, Regionshospital Nordjylland, Brønderslev,

Denmark; 3 Department of Health Science and Technology, Aalborg University, Aalborg, Denmark

High-intensity gait training (HIGT) is a well documented post-stroke rehabilitative approach that can improve balance and gait by tapping into plasticity principles that focus on training intensity, specificity, and salience. Listening to music during high-intensity endurance-type exercise activities can enhance energy efficiency, increase work output, and reduce perceived exertion, promoting motivation and psychological benefits. Research has also shown that musical agency resulting from real-time control over music through movement can further reduce perceived exertion and pain relative to passive listening. Despite the potential of musical interactive systems to promote exercise and support HIGT approaches, these are not commonplace in rehabilitation centers conducting HIGT, probably due to the added cost and personnel training necessary to integrate them into HIGT protocols. To address this gap, we first conducted an expert interview with three HIGT-trained physiotherapists to understand HIGT praxis, challenges, and the scope for musical interactive systems to support HIGT goals. We learned that the main clinical challenge in HIGT delivery, i.e. getting patients to exercise at a certain intensity for a sufficient duration, could potentially be addressed through real-time musical biofeedback that encourages patients to attain the desired exercise intensity and quantity over time. We then developed three separate musical biofeedback concepts (video demos: <https://shorturl.at/cyzW5>) wherein gait is measured using a single lightweight wireless inertial sensor (like in cell phones). When patients achieve training goals during HIGT (e.g. total step count, approximate distance covered, step cadence), they are rewarded through the addition of musical layers to multitrack compositions in multiple genres (new age, acoustic pop, metal). Future work includes assessing the feasibility and clinical potential of these feedback concepts within current HIGT protocols. Overall, this work lays the foundation for systematically leveraging the ability of musical interaction to facilitate long-term motor benefits for brain-injured patients.

L'allenamento della marcia ad alta intensità (HIGT) è un approccio riabilitativo post-ictus ben documentato che può migliorare l'equilibrio e la marcia attingendo ai principi di plasticità che si concentrano sull'intensità, la specificità e la salienza dell'allenamento. Ascoltare musica durante attività di esercizio di resistenza ad alta intensità può migliorare l'efficienza energetica, aumentare la produttività lavorativa e ridurre lo sforzo percepito, promuovendo motivazione e benefici psicologici. La ricerca ha anche dimostrato che l'azione musicale derivante dal controllo in tempo reale sulla musica attraverso il movimento può ridurre ulteriormente lo sforzo percepito e il dolore rispetto all'ascolto passivo. Nonostante il potenziale dei sistemi interattivi musicali nel promuovere l'esercizio fisico e supportare gli approcci HIGT, questi non sono comuni nei centri di riabilitazione che conducono HIGT, probabilmente a causa dei costi aggiuntivi e della formazione del personale necessari per integrarli nei protocolli HIGT. Per colmare questa lacuna, gli autori hanno prima condotto un'intervista esperta con tre fisioterapisti formati HIGT per comprendere la prassi, le sfide e la portata dei sistemi interattivi musicali per supportare gli obiettivi HIGT. Hanno appreso che la principale sfida clinica nell'erogazione dell'HIGT, ovvero convincere i pazienti a esercitarsi a una certa intensità per una durata sufficiente, potrebbe essere potenzialmente affrontata attraverso un biofeedback musicale in tempo reale che incoraggia i pazienti a raggiungere l'intensità e la quantità di esercizio desiderate nel tempo. Gli autori hanno quindi sviluppato tre concetti separati di biofeedback musicale (demo video: <https://shorturl.at/cyzW5>) in cui la marcia viene misurata utilizzando un singolo sensore inerziale wireless leggero (come nei telefoni cellulari). Quando i pazienti raggiungono gli obiettivi di allenamento durante l'HIGT (ad esempio conteggio totale dei passi, distanza approssimativa percorsa, cadenza dei passi), vengono ricompensati attraverso l'aggiunta di strati musicali a composizioni multitraccia in più generi (new age, pop acustico, metal). Il lavoro futuro include la valutazione della fattibilità e del potenziale clinico di questi concetti di feedback all'interno degli attuali protocolli HIGT. Nel complesso, questo lavoro pone le basi per sfruttare sistematicamente la capacità dell'interazione musicale per facilitare benefici motori a lungo termine per i pazienti con lesioni cerebrali.

Unravelling the brain mechanisms of earworm experiences

Muntaner-Marcé L^{1,2}, Marco-Pallarés J^{1,2}, Mas-Herrero E^{1,2}

1 Department of Cognition, Development and Educational Psychology, Universitat de Barcelona, Spain; 2 Institute of Neurosciences, Universitat de Barcelona, Spain

The experience of having a song stuck in our head is a widespread phenomenon that nicely reflects the interaction between music and memory processes. This phenomenon is known as earworm and it is a spontaneous and self-generated thought characterized by a unique and salient looping effect of a short fragment of a melody. Previous studies indicate that earworms are commonly perceived as neutral or pleasant experiences, more prone to occur during low attentional states, and influenced by repetition and recency effects. However, the brain mechanisms underlying earworms still remain unknown. Accordingly, 100 participants underwent a novel fMRI paradigm to explore the neural basis for earworm experiences. The task consisted of two stages: earworm induction and mind-wandering. In the induction phase, participants listened five times to one of three song fragments previously identified as highly likely to induce earworms (e.g. Despacito, Ay mamá, As it was). In the second stage, participants mind-wandered for 25 minutes and were instructed to report their spontaneous thoughts by pressing a button corresponding to the type of thought they were experiencing (temporal thoughts, atemporal thoughts, recalling the song they listened to, and recalling any other song) allowing us to identify the exact moment at which those thoughts were experienced. This procedure successfully induced earworms in most participants. fMRI whole-brain analysis revealed increased brain activity in the right auditory dorsal stream (including intraparietal sulcus, dorsolateral prefrontal cortex, inferior frontal gyrus, and premotor areas) during earworm experiences compared to music listening and other non-musical involuntary thoughts. These results indicate that involuntary musical imagery relies on a similar cortical network underlying goal-directed auditory imagery and auditory working memory. By employing a novel and ecological approach to study earworms, we show that this common everyday experience can serve as a valuable model for investigating fundamental aspects of auditory cognition.

L'esperienza di avere un motivetto fisso in testa è un fenomeno diffuso che riflette bene l'interazione tra musica e processi di memoria. Questo fenomeno è noto come earworm o in italiano "tarlo" ed è un pensiero spontaneo e autogenerato caratterizzato da un effetto looping unico e saliente di un breve frammento di una melodia. Studi precedenti indicano che i "tarli" sono comunemente percepiti come esperienze neutre o piacevoli, più inclini a verificarsi durante stati di bassa attenzione e influenzati da effetti di ripetizione e di vicinanza temporale. Tuttavia, i meccanismi cerebrali alla base dei "tarli" rimangono ancora sconosciuti. Di conseguenza, 100 partecipanti sono stati sottoposti a un nuovo paradigma fMRI per esplorare le basi neurali delle esperienze dei "tarli". Il compito consisteva in due fasi: induzione dei "tarli" e il vagare della mente. Nella fase di induzione, i partecipanti hanno ascoltato cinque volte uno dei tre frammenti di canzoni precedentemente identificati come altamente propensi a indurre i "tarli" (ad esempio Despacito, Ay mamá, As it was). Nella seconda fase, i partecipanti hanno vagato con la mente per 25 minuti e sono stati incaricati di riportare i loro pensieri spontanei premendo un pulsante corrispondente al tipo di pensiero che stavano sperimentando (pensieri temporali, pensieri atemporal, ricordando la canzone che avevano ascoltato e ricordando qualsiasi altro brano) permettendo di identificare il momento esatto in cui quei pensieri erano stati vissuti. Questa procedura ha indotto con successo i "tarli" nella maggior parte dei partecipanti. L'analisi fMRI cerebrale ha rivelato un aumento dell'attività cerebrale nel flusso uditivo dorsale destro (incluso il solco intraparietale, la corteccia prefrontale dorsolaterale, il giro frontale inferiore e le aree premotorie) durante le esperienze dei "tarli" rispetto all'ascolto di musica e ad altri pensieri involontari non musicali. Questi risultati indicano che le immagini musicali involontarie si basano su una rete corticale simile alla base delle immagini uditive dirette a uno scopo e della memoria di lavoro uditiva. Utilizzando un approccio innovativo ed ecologico per studiare il fenomeno del "tarlo", dimostriamo che questa comune esperienza quotidiana può fungere da modello prezioso per indagare gli aspetti fondamentali della cognizione uditiva.

Development of neural encoding and spontaneous movements to music over the first year of life

Nguyen T^{1,2}, Bigand F¹, Reisner S², Koul A¹, Bianco R¹, Markova G^{2,3}, Hoehl S², Novembre G¹

1 Neuroscience of Perception and Action Lab, Italian Institute of Technology, Rome, Italy; 2 Institute for Developmental and Educational Psychology, University of Vienna, Vienna, Austria; 3 Institute for Early Life Care, Paracelsus Medical University, Salzburg, Austria

Human adults spontaneously synchronize to music. Influential theories suggest that this capacity is a core component of human musicality and is universally shared across distinct cultures. However, the developmental trajectory of this capacity, and its underlying neural mechanisms, are poorly understood.

We recorded neural activity (EEG) and spontaneous movements from 79 infants (aged 3, 6, and 12 m.) listening to music. Neural (event-related) responses matured over the different ages, as revealed by increasingly sharper peaks and shorter latencies. Notably, infants of all ages showed enhanced neural encoding of music as opposed to shuffled control stimuli. Spontaneous body movements were extracted from video recordings using markerless pose estimation methods. We were able to extract 10 principal movements that infants exhibited across all ages, explaining 80% of the kinematic variance. Preliminary results suggest that 12-month-old infants moved more to music than to the shuffled control stimuli. Further analyses are meant to explore the rhythmic properties of infants' spontaneous body movements. Taken together, the results indicate independent developmental trajectories of musical encoding and spontaneous movements to music. While music is readily encoded in the 3-month-old infant brain, the capacity for spontaneous body movements to music appears to emerge at 12 months of age and likely develops further to become as precise as in adults. These preliminary findings might inform theories on the origins of musicality and its underlying neural mechanisms.

Gli adulti umani si sincronizzano spontaneamente alla musica. Teorie influenti suggeriscono che questa capacità è una componente fondamentale della musicalità umana ed è universalmente condivisa tra culture diverse. Tuttavia, la traiettoria di sviluppo di questa capacità e i meccanismi neurali sottostanti sono poco conosciuti. Gli Autori hanno registrato l'attività neurale (EEG) e i movimenti spontanei di 79 bambini (di 3, 6 e 12 anni) che ascoltavano musica. Le risposte neurali (evento-correlate) maturavano nelle diverse età, come rivelano i picchi sempre più netti e le latenze più brevi. In particolare, i bambini di tutte le età hanno mostrato una maggiore codifica neurale della musica rispetto agli stimoli di controllo mescolati. I movimenti spontanei del corpo sono stati estratti da registrazioni video utilizzando metodi di stima della posizione senza marcatori. Sono stati estratti 10 movimenti principali che i bambini mostravano a tutte le età, spiegando l'80% della varianza cinematica. I risultati preliminari suggeriscono che i bambini di 12 mesi si muovono di più alla musica che agli stimoli di controllo mescolati. Ulteriori analisi sono destinate a esplorare le proprietà ritmiche dei movimenti corporei spontanei dei bambini. Nel complesso, i risultati indicano traiettorie di sviluppo indipendenti della codifica musicale e dei movimenti spontanei alla musica. Mentre la musica è prontamente codificata nel cervello dei neonati di 3 mesi, la capacità di eseguire movimenti corporei spontanei sembra emergere a 12 mesi di età e probabilmente si sviluppa ulteriormente per diventare precisa come negli adulti. Questi risultati preliminari potrebbero informare le teorie sulle origini della musicalità e sui meccanismi neurali

Predictive coding in natural music: time-resolved modeling of expectations in polyphonic music

Robert P^{1,2}, Pham Van Cang M³, Mercier M¹, Trébuchon A^{1,2,4}, Morillon B^{1,2}, Arnal L³, Doelling K³

1 Institut de Neurosciences des Systèmes, Aix-Marseille Université, Inserm UMR 1106, Marseille, France; 2 Institute for Language, Communication, and the Brain, Aix-Marseille Université, Marseille, France; 3 Institut Pasteur, Université Paris Cité, Inserm UA06, Institut de l'Audition, Paris, France; 4 APHM, Hôpital de la Timone, Service de Neurophysiologie Clinique, Marseille, France

When listening to music, we continuously form expectations based on our musical background and on the present musical context. These expectations lead to behavioral and neural effects in line with the predictive coding theory, and play an important role in our ability to enjoy music. However, previous research relied either on heavily controlled experiments with artificial stimuli, or on modeling approaches restricted to monophonic music. These paradigms suffer important limitations in terms of generalizability to ecological settings, and do not allow to investigate the full range of cognitive and affective processes occurring in real life music listening. To bypass these limitations, we designed and trained a recurrent neural network (RNN) that yields time-resolved predictions about upcoming notes in real pieces of western polyphonic music. We first compared it with IDyOM, a well established model of melodic expectations (Pearce, 2012). Reanalyzing the EEG data (n=20) from Di Liberto and colleagues (2020), we show that the surprise (prediction error) estimated with our RNN better predicts the brain response to monophonic music than with IDyOM. We then acquired MEG (n=27) and intracranial EEG (n=10) data with polyphonic piano music. We extracted the surprise, uncertainty and timing predictions from the model's expectations and showed their encoding in the brain response to music across both

datasets. This model, designed to approximate the prediction task a human listener would perform, is also more effective at predicting brain responses than the current state-of-the-art Google Magenta's generative Performance RNN model. This modeling approach contributes to the generalization of the predictive coding theory to ecological settings, and provides a new tool for studying musical expectations beyond artificial or monophonic stimuli.

Gli adulti umani si sincronizzano spontaneamente con la musica. Teorie influenti suggeriscono che questa capacità è una componente fondamentale della musicalità umana ed è universalmente condivisa tra culture distinte. Tuttavia, la traiettoria di sviluppo di questa capacità e i meccanismi neurali sottostanti sono poco conosciuti. Gli autori hanno registrato l'attività neurale (EEG) e i movimenti spontanei di 79 bambini (di 3, 6 e 12 anni) che ascoltavano musica. Le risposte neurali (correlate agli eventi) sono maturate nel corso delle diverse età, come rivelato da picchi sempre più netti e latenze più brevi. In particolare, i bambini di tutte le età hanno mostrato una migliore codifica neurale della musica rispetto agli stimoli di controllo mescolati. I movimenti spontanei del corpo sono stati estratti da registrazioni video utilizzando metodi di stima della posa senza marcatori. Sono stati estratti 10 movimenti principali che i bambini hanno mostrato in tutte le età, che spiegano l'80% della varianza cinematica. Risultati preliminari suggeriscono che i bambini di 12 mesi si muovevano di più con la musica che con gli stimoli di controllo mescolati. Ulteriori analisi hanno lo scopo di esplorare le proprietà ritmiche dei movimenti spontanei del corpo dei bambini. Nel loro insieme, i risultati indicano traiettorie di sviluppo indipendenti della codifica musicale e dei movimenti spontanei verso la musica. Mentre la musica è prontamente codificata nel cervello del bambino di 3 mesi, la capacità di movimenti spontanei del corpo al ritmo della musica sembra emergere a 12 mesi di età e probabilmente si sviluppa ulteriormente fino a diventare precisa come negli adulti. Questi risultati preliminari potrebbero informare le teorie sulle origini della musicalità e sui meccanismi neurali sottostanti.

Examining the effects of a closed-loop nostalgia brain-music interface for well-being and memory retrieval in both young and elderly people

Sakakibara Y^{1,2}, Ibaraki T², Kusutomi T², Etani T^{1,2,3,4}, Shimada S^{1,2}, Naruse Y², Imamura Y², Fujii S^{1,2}

1 Keio University, Japan; 2 VIE, Inc., Kanagawa, Japan; 3 School of Medicine, College of Medical, Pharmaceutical, and Health, Kanazawa University, Kanazawa, Japan; 4 Advanced Research Center for Human Sciences, Waseda University, Saitama, Japan

Music-evoked nostalgia improves human well-being and helps recall autobiographical memories. Since nostalgia music is personal, its application as music therapy for dementia patients remains a challenge. We think the song selection algorithm to evoke nostalgia in real time using the closed-loop brain-music interface was effective as music therapy, aiming to confirm it could improve psychological well-being and subsidize autobiographical memory functions. We recruited 17 young (Mean \pm SD = 26.8 \pm 7.2 years) and 17 elderly (80.6 \pm 4.4 years; MiniCog 3.3 \pm 1.5 points) participants. They listened to three nostalgic songs selected by themselves and three songs selected by others and rated their psychological well-being, nostalgia, and vividness of recalled memories. In both groups, selected nostalgic songs increased subjective well-being, evoked nostalgia, and vividly recalled memories. We build the nostalgia brain-music interface, an individual song selection algorithm in real-time, by two models. One, predicts nostalgic brain patterns by using in-ear electroencephalogram (EEG) while listening to music, and another predicts nostalgia rating from acoustic features based on selected nostalgic songs. Participants listened to the two playlists attempting to maximize or minimize nostalgia from the real-time decoded results and rated playlists by the same items. In the nostalgia playlist condition, EEG patterns were closer to those when listening to personal nostalgic songs, in both groups. Furthermore, a Wilcoxon signed-rank test showed the nostalgia playlist evoked stronger nostalgia (Young, $p = .002$; Elderly, $p < .001$), well-being ($p = .001$; $p < .001$), and vividness of recollection ($p = .036$; $p < .001$) in both adults. These effects occurred despite their listening experience to songs. Thus, our brain-decoded nostalgia song selection algorithm had positive effects on both emotion and cognition regardless of youth, suggesting this brain-music interface technology may be useful for elderly people to enhance nostalgia feeling, memory retrieval, and well-being.

La nostalgia evocata dalla musica migliora il benessere umano e aiuta a ricordare ricordi autobiografici. Poiché la musica nostalgica è personale, la sua applicazione come musicoterapia per i pazienti affetti da demenza rimane una sfida. Gli autori ritengono che l'algoritmo di selezione dei brani per evocare nostalgia in tempo reale utilizzando l'interfaccia cervello-musica a circuito chiuso sia stato efficace come musicoterapia, con l'obiettivo di confermare che potrebbe migliorare il benessere psicologico e supportare le funzioni della memoria autobiografica. Sono stati reclutati 17 partecipanti giovani (media \pm DS = 26,8 \pm 7,2 anni) e 17 anziani (80,6 \pm 4,4 anni; MiniCog 3,3 \pm 1,5 punti). I soggetti hanno ascoltato tre canzoni nostalgiche selezionate da loro stessi e tre canzoni selezionate da altri e hanno valutato il loro benessere psicologico, la nostalgia e la vividezza dei ricordi rievocati. In entrambi i gruppi, le canzoni nostalgiche selezionate aumentavano il benessere soggettivo, evocavano nostalgia e ricordavano vividamente i ricordi. Gli autori hanno costruito l'interfaccia nostalgia-cervello-musica, un algoritmo di selezione di singoli brani in tempo reale, secondo due modelli. Uno prevede modelli cerebrali nostalgici utilizzando l'elettroencefalogramma (EEG) nell'orecchio mentre si ascolta la musica, e un altro prevede la valutazione della nostalgia da caratteristiche acustiche basate su brani nostalgici selezionati. I partecipanti hanno ascoltato le due playlist tentando di massimizzare o minimizzare la nostalgia dai risultati decodificati in tempo reale e classificate le playlist in base agli stessi elementi. Nella condizione della playlist nostalgia, i modelli EEG erano più vicini a quelli dell'ascolto di canzoni nostalgiche personali, in entrambi i gruppi. Inoltre, un test di Wilcoxon ha mostrato che la playlist nostalgia evocava nostalgia più forte (Giovani, $p = .002$; Anziani, $p < .001$), benessere ($p = .001$; $p < .001$) e vividezza del ricordo. ($p = .036$; $p < .001$) in entrambi gli adulti. Questi effetti si sono verificati nonostante la loro esperienza di ascolto delle canzoni. Pertanto, l'algoritmo di selezione delle canzoni nostalgiche decodificate dal cervello ha avuto effetti positivi sia sulle emozioni che sulla cognizione indipendentemente dalla giovinezza, suggerendo che questa tecnologia di interfaccia cervello-musica potrebbe essere utile per gli anziani per migliorare il sentimento di nostalgia, il recupero della memoria e il benessere.

Enriched music-supported therapy for individuals with chronic stroke: a randomized controlled trial

Segura E^{1,2}, Grau-Sánchez J^{1,3}, Cerda-Company X^{1,2,4}, Porto MF^{1,2}, De la Cruz-Puebla M^{1,2}, Sanchez-Pinsach D⁵, Cerquides J⁵, Duarte E^{6,7}, Palumbo A^{8,9}, Turry A⁹, Raghavan P¹⁰, Särkämö T¹¹, Münte TF¹², Lluís Arcos J⁵, Rodríguez-Fornells A^{1,2,13}

1 Cognition and Brain Plasticity Unit, Bellvitge Biomedical Research Institute, L'Hospitalet de Llobregat, 08907 Barcelona, Spain; 2 Department of Cognition, Development and Educational Psychology, University of Barcelona, 08035 Barcelona, Spain; 3 Research group on Complex Health Diagnoses and Interventions from Occupation and Care (OCCARE), Escola Universitària d'Infermeria i Teràpia Ocupacional, Universitat Autònoma de Barcelona, Terrassa, 08221 Barcelona, Spain; 4 Computer Science Department, Universitat Autònoma de Barcelona, Cerdanyola del Vallès, 08193 Barcelona, Spain; 5 Artificial Intelligence Research Institute, Spanish National Research Council, Bellaterra, 08193 Barcelona, Spain; 6 Department of Physical and Rehabilitation Medicine, Hospital del Mar, 08003 Barcelona, Spain; 7 Institut Hospital del Mar d'Investigacions Mèdiques (IMIM), 08003 Barcelona, Spain; 8 Rehabilitation Science Program, New York University, 10012 New York, USA; 9 Nordoff-Robbins Center for Music Therapy, New York University, 10012 New York, USA; 10 Department of Physical Medicine and Rehabilitation, John Hopkins University, Baltimore, 21287 Maryland, USA; 11 Cognitive Brain Research Unit, Department of Psychology and Logopedics, Faculty of Medicine & Centre of Excellence in Music, Mind, Body and Brain, University of Helsinki, 00100 Helsinki, Finland; 12 Department of Neurology, University of Lübeck, 23562 Lübeck, Germany; 13 Institució Catalana de Recerca i Estudis Avançats, 08010 Barcelona, Spain

Many stroke survivors still present with upper-limb paresis six months post-stroke, impacting their autonomy and quality of life (QoL). However, access to chronic stroke rehabilitation remains limited. Music-supported Therapy (MST) is an effective intervention to improve upper-limb functionality and QoL post-stroke. We designed an enriched MST version (eMST) for chronic stroke by adapting the program for home-use and introducing group music therapy sessions. The eMST aims to improve upper-limb motor function through musical training while promoting autonomy and reintegration into community, crucial elements in chronic rehabilitation. We developed a tablet-based app to conduct the sessions with a MIDI-piano and percussion instruments. A pragmatic two-arm parallel-group randomized controlled

trial was conducted to evaluate the eMST's effectiveness and efficacy in improving functional abilities and QoL in chronic stroke survivors compared to a conventional motor program. Fifty-eight individuals with chronic stroke and mild-to-severe upper-limb paresis were recruited and randomly allocated to the eMST-group (n=26; 23.1% females; 64.2±12.5 years old; 2.8±2.9 years post-stroke) or the control group (n=32; 25% females; 62.2±12 years old; 1.8±6.2 years post-stroke). Both interventions consisted of a 10-week home-based program with 4 one-hour sessions per week. We evaluated participants' functional abilities, emotional well-being, QoL, self-regulation and self-efficacy behaviours before, after, and 3-months post-intervention. The eMST exhibited notably superior effects in reducing upper-limb motor impairment post-intervention compared to the control group in both intention-to-treat analysis (55% vs 21.6% of participants achieving a relevant improvement; p=.02) and per-protocol analysis (60% vs 20%; p=.02), which were sustained at follow-up. Importantly, participants undergoing eMST showed a decreased anger and increased positive emotion and community participation post-intervention. Additionally, the eMST-group reported having more fun during the sessions. The eMST is an effective and enjoyable intervention for chronic stroke survivors to enhance their physical and emotional states, which could have both a medical and social impact.

Molti sopravvissuti all'ictus presentano ancora una paresi degli arti superiori sei mesi dopo l'ictus, con un impatto negativo sulla loro autonomia e qualità della vita (QoL). Tuttavia, l'accesso alla riabilitazione per l'ictus cronico rimane limitato. La terapia supportata dalla musica (MST) è un intervento efficace per migliorare la funzionalità degli arti superiori e la qualità della vita post-ictus. Gli Autori hanno progettato una versione arricchita di MST (eMST) per l'ictus cronico adattando il programma per l'uso domiciliare e introducendo sessioni di musicoterapia di gruppo. L'eMST mira a migliorare la funzione motoria degli arti superiori attraverso l'allenamento musicale promuovendo al contempo l'autonomia e il reinserimento nella comunità, elementi cruciali nella riabilitazione cronica. Abbiamo sviluppato un'app basata su tablet per condurre le sessioni con un pianoforte MIDI e strumenti a percussione. È stato condotto uno studio pragmatico controllato randomizzato a due bracci a gruppi paralleli per valutare l'efficacia e l'efficacia dell'eMST nel migliorare le capacità funzionali e la QoL nei sopravvissuti all'ictus cronico rispetto a un programma motorio convenzionale. Cinquantotto individui con ictus cronico e paresi degli arti superiori da lieve a grave sono stati reclutati e assegnati in modo casuale al gruppo eMST (n=26; 23,1% femmine; 64,2±12,5 anni; 2,8±2,9 anni post-ictus). o il gruppo di controllo (n=32; 25% femmine; 62,2±12 anni; 1,8±6,2 anni post-ictus). Entrambi gli interventi consistevano in un programma domiciliare di 10 settimane con 4 sessioni di un'ora a settimana. Abbiamo valutato le capacità funzionali, il benessere emotivo, la qualità della vita, i comportamenti di autoregolamentazione e di autoefficacia dei partecipanti prima, dopo e 3 mesi dopo l'intervento. L'eMST ha mostrato effetti notevolmente superiori nel ridurre il deficit motorio degli arti superiori post-intervento rispetto al gruppo di controllo sia nell'analisi "intention-to-treat" (55% contro 21,6% dei partecipanti che hanno ottenuto un miglioramento rilevante; p=.02) che per- analisi del protocollo (60% vs 20%; p=.02), che sono stati mantenuti al follow-up. È importante sottolineare che i partecipanti sottoposti a eMST hanno mostrato una diminuzione della rabbia e un aumento delle emozioni positive e della partecipazione della comunità dopo l'intervento. Inoltre, il gruppo eMST ha riferito di essersi divertito di più durante le sessioni. L'eMST è un intervento efficace e piacevole per i sopravvissuti all'ictus cronico per migliorare i loro stati fisici ed emotivi, che potrebbe avere un impatto sia medico che sociale.

The 12-year AMseL-Study: Influence of neuroanatomical disposition, natural development and musical training-induced plasticity on the human auditory system from childhood to adulthood

Seither-Preisler A, Zeidler B, Christiner M, Benner J, Schneider P

Music Psychology and Brain Research Section, Institute of psychology, University of Graz,
Glacisstr. 27, 8010 Graz, Austria

Auditory perception is of fundamental importance for human development, communication and physical and mental health. Here we summarize the results of the AMseL study ("Audio and Neuroplasticity of Musical Learning"), the first longitudinal study on the development of human hearing from childhood to adulthood (Schneider et al., 2023). This 12-year project combined neurological and behavioral methods, including magnetic resonance imaging, magnetoencephalography and auditory tests to assess individual sound perception profiles. A cohort of 219 participants, including 112 typically developing

children and 107 children with the developmental learning disorders ADHD (n=36), ADD (n=35) and dyslexia (n=36), were examined at five consecutive measurement time points. They were categorized as "musicians" (n=118) and "non-musicians" (n=101). Overall, an extremely stable morphology of the auditory cortex was observed. However, there were significant differences between musicians and non-musicians that were already present at the beginning of formal music education and may be interpreted as macroscopically visible biomarkers of musical aptitude. Maturation-induced plasticity led to a continuous increase in white matter myelination and to systematic changes in the auditory evoked P1-N1-P2 complex. Regardless of musical expertise, latencies of the evoked responses decreased and synchronized between the hemispheres. The musicians showed stronger training-related changes at the neurofunctional level, in particular more synchronized P1 responses and bilaterally enlarged P2 amplitudes. In addition, musical training had a positive influence on elementary auditory perception (frequency, tone duration, onset ramp) and pattern recognition (rhythm, subjective pitch). The participants with ADHD, ADD and dyslexia consistently showed characteristic differences in their neuro-auditory profiles. The observed interplay of "nature" (stable biological dispositions and natural maturation) and "nurture" (learning-induced plasticity) is integrated into a novel neurodevelopmental model of the human auditory system. Overall, these results have far-reaching implications for neuromusic research as well as for therapeutic approaches (Schneider et al. 2022).

La percezione uditiva è di fondamentale importanza per lo sviluppo umano, la comunicazione e la salute fisica e mentale. Gli autori riassumono qui i risultati dello studio AMseL ("Audio and Neuroplasticity of Musical Learning"), il primo studio longitudinale sullo sviluppo dell'udito umano dall'infanzia all'età adulta (Schneider et al., 2023). Questo progetto durato 12 anni ha combinato metodi neurologici e comportamentali, tra cui la risonanza magnetica, la magnetoencefalografia e test uditivi per valutare i profili individuali di percezione del suono. Una coorte di 219 partecipanti, inclusi 112 bambini con sviluppo tipico e 107 bambini con disturbi dell'apprendimento dello sviluppo ADHD (n=36), ADD (n=35) e dislessia (n=36), sono stati esaminati in cinque punti temporali di misurazione consecutivi. Sono stati classificati come "musicisti" (n=118) e "non musicisti" (n=101). Nel complesso è stata osservata una morfologia estremamente stabile della corteccia uditiva. Tuttavia, c'erano differenze significative tra musicisti e non musicisti che erano già presenti all'inizio dell'educazione musicale formale e possono essere interpretate come biomarcatori macroscopicamente visibili dell'attitudine musicale. La plasticità indotta dalla maturazione ha portato ad un continuo aumento della mielinizzazione della sostanza bianca e a cambiamenti sistematici nel complesso P1-N1-P2 evocato uditivamente. Indipendentemente dall'esperienza musicale, le latenze delle risposte evocate diminuivano e si sincronizzavano tra gli emisferi. I musicisti hanno mostrato cambiamenti più forti legati all'allenamento a livello neurofunzionale, in particolare risposte P1 più sincronizzate e ampiezze P2 allargate bilateralmente. Inoltre, la formazione musicale ha avuto un'influenza positiva sulla percezione uditiva elementare (frequenza, durata del tono, rampa di inizio) e sul riconoscimento di schemi (ritmo, intonazione soggettiva). I partecipanti con ADHD, ADD e dislessia hanno mostrato costantemente differenze caratteristiche nei loro profili neuro-uditivi. L'interazione osservata tra "natura" (disposizioni biologiche stabili e maturazione naturale) e "cultura" (plasticità indotta dall'apprendimento) è integrata in un nuovo modello di sviluppo neurologico del sistema uditivo umano. Nel complesso, questi risultati hanno implicazioni di vasta portata per la ricerca sulla neuromusica e per gli approcci terapeutici (Schneider et al. 2022).

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, 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".