



n° 420 – 23 January 2025

[Sci Robot](#) 2025 Jan 15;10(98):eadn3802

Surmounting the ceiling effect of motor expertise by novel sensory experience with a hand exoskeleton

Furuya S, Oku T, Nishioka H, Hirano M

Sony Computer Science Laboratories Inc. (Sony CSL), Tokyo, Japan; NeuroPiano Institute, Kyoto, Japan

For trained individuals such as athletes and musicians, learning often plateaus after extensive training, known as the "ceiling effect." One bottleneck to overcome it is having no prior physical experience with the skill to be learned. Here, we challenge this issue by exposing expert pianists to fast and complex finger movements that cannot be performed voluntarily, using a hand exoskeleton robot that can move individual fingers quickly and independently. Although the skill of moving the fingers quickly plateaued through weeks of piano practice, passive exposure to otherwise impossible complex finger movements generated by the exoskeleton robot at a speed faster than the pianists' fastest one enabled them to play faster. Neither a training for fast but simple finger movements nor one for slow but complex movements with the exoskeleton enhanced the overtrained motor skill. The exoskeleton training with one hand also improved the motor skill of the untrained contralateral hand, demonstrating the intermanual transfer effect. The training altered patterns of coordinated activities across multiple finger muscles during piano playing but not in general motor and somatosensory functions or in anatomical characteristics of the hand (range of motion). Patterns of the multifinger movements evoked by transcranial magnetic stimulation over the left motor cortex were also changed through passive exposure to fast and complex finger movements, which accompanied increased involvement of constituent movement elements characterizing the individuated finger movements. The results demonstrate evidence that somatosensory exposure to an unexperienced motor skill allows surmounting of the ceiling effect in a task-specific but effector-independent manner.

Per le persone allenate, come gli atleti e i musicisti, l'apprendimento spesso si attesta a un certo livello dopo un lungo allenamento, per il fenomeno noto come "effetto tetto". Un ostacolo per superarlo è l'assenza di esperienza fisica precedente con l'abilità da apprendere. In questo caso, gli Autori hanno affrontato questo problema esponendo pianisti esperti a movimenti rapidi e complessi delle dita che non

possono essere eseguiti volontariamente, utilizzando un robot esoscheletro che può muovere le singole dita in modo rapido e indipendente. Sebbene l'abilità di muovere rapidamente le dita si fosse stabilizzata dopo settimane di pratica pianistica, l'esposizione passiva a movimenti complessi delle dita altrimenti impossibili, generati dal robot esoscheletro a una velocità superiore a quella dei pianisti, ha permesso loro di suonare più velocemente. Né l'allenamento per i movimenti veloci ma semplici delle dita, né quello per i movimenti lenti ma complessi con l'esoscheletro hanno migliorato l'abilità motoria sovrallenata. L'allenamento con l'esoscheletro su una mano ha migliorato anche l'abilità motoria della mano controlaterale non allenata, dimostrando l'effetto di trasferimento intermanuale. L'allenamento ha alterato i modelli di attività coordinata tra i muscoli delle dita durante l'esecuzione al pianoforte, ma non le funzioni motorie e somatosensoriali generali o le caratteristiche anatomiche della mano (range di movimento). Anche le modalità dei movimenti multidito evocati dalla stimolazione magnetica transcranica sulla corteccia motoria sinistra sono stati modificati dall'esposizione passiva a movimenti veloci e complessi delle dita, che hanno accompagnato un maggiore coinvolgimento degli elementi costitutivi del movimento che caratterizzano i movimenti individuati delle dita. I risultati dimostrano che l'esposizione somatosensoriale a un'abilità motoria non sperimentata consente di superare l'effetto tetto in modo specifico ma indipendente dall'effettore.

J Anat 2025 Jan 15

Rhythmic categories in horse gait kinematics

Laffi L^{1,2}, Bigand F³, Peham C⁴, Novembre G³, Gamba M⁴, Ravignani A^{1,5}

1 Department of Human Neurosciences, Sapienza University of Rome, Rome, Italy; 2 Department of Life Sciences and Systems Biology, University of Torino, Turin, Italy; 3 Neuroscience of Perception and Action Lab, Italian Institute of Technology, Rome, Italy; 4 Department of Companion Animals and Horses, Movement Science Group, University Clinic for Horses, Vetmeduni Vienna, Vienna, Austria; 5 Center for Music in the Brain, Department of Clinical Medicine, Aarhus University and the Royal Academy of Music Aarhus/Aalborg, Aarhus, Denmark

Anecdotaly, horses' gaits sound rhythmic. Are they really? In this study, we quantified the motor rhythmicity of horses across three different gaits (walk, trot, and canter). For the first time, we adopted quantitative tools from bioacoustics and music cognition to quantify locomotor rhythmicity. Specifically, we tested whether kinematics data contained rhythmic categories; these occur when adjacent temporal intervals are categorically, rather than randomly, distributed. We extracted the motion cycle duration (t_k) of two ipsilateral hooves from motion data of 13 ridden horses and calculated the ratios from two successive t_k values. We tested whether these ratios significantly fell within rhythmic categories and quantified how close they were to small-integer ratios, a rhythmic feature also present in animal vocalizations and human music. We found a strong isochronous pattern - a 1:1 rhythmic ratio, corresponding to the ticking of a clock - in the motion of single limbs for all gaits. We also analyzed the interlimb coordination of the two ipsilateral hooves' impacts to identify differences associated with the biomechanical patterns of the three gaits. We found an interlimb 1:1 rhythmic pattern for trot and 1:3 and 3:1 rhythmic categories for walk and canter. Our findings are a first step toward quantifying rhythmicity in horse locomotion and potentially the resulting rhythmic sounds, with possible implications as tools to detect gait irregularities. Overall, we show that rhythmic categories are a valuable tool for gait kinematic analysis and that they can be used to quantify temporal patterns in the motor domain.

Aneddoticamente, le andature dei cavalli sembrano ritmiche. Ma lo sono davvero? In questo studio gli Autori hanno quantificato la ritmicità motoria dei cavalli in tre diverse andature (marcia, trotto e canter). Per la prima volta, gli Autori hanno adottato gli strumenti quantitativi della bioacustica e della cognizione musicale per quantificare la ritmicità locomotoria. In particolare, gli Autori hanno verificato se i dati cinematici contenessero categorie ritmiche; queste si verificano quando gli intervalli temporali adiacenti sono distribuiti in modo categoriale, anziché casuale. Gli Autori hanno estratto la durata del ciclo di movimento (t_k) di due zoccoli omolaterali dai dati di movimento di 13 cavalli montati e hanno calcolato i rapporti tra due valori successivi di t_k . Hanno poi verificato se questi rapporti di numeri interi piccoli rientravano in modo significativo nelle categorie ritmiche e quantificato quanto fossero vicini ai rapporti di numeri interi piccoli, una caratteristica ritmica presente anche nelle vocalizzazioni animali e nella

musica umana. Gli Autori hanno riscontrato un forte modello isocrono - un rapporto ritmico 1:1, corrispondente al ticchettio di un orologio - nel movimento dei singoli arti per tutte le andature. Hanno quindi analizzato la coordinazione fra i due arti degli impatti dei due zoccoli omolaterali per identificare le differenze associate ai modelli biomeccanici delle tre andature. Gli Autori hanno trovato un modello ritmico fra gli arti 1:1 per il trotto e categorie ritmiche 1:3 e 3:1 per la marcia e il canter. I risultati sono un primo passo verso la quantificazione della ritmicità nella locomozione equina e potenzialmente dei suoni ritmici che ne derivano, con possibili implicazioni come strumenti per rilevare le irregolarità della marcia. Nel complesso, gli Autori hanno dimostrato che le categorie ritmiche sono uno strumento prezioso per l'analisi cinematografica della marcia e che possono essere utilizzate per quantificare i modelli temporali nel dominio motorio.

J Neurosci 2025 Jan 10:e1567242024

Temporally dissociable neural representations of pitch height and chroma

Chang A¹, Poeppel D^{1,2,3,4}, Teng X⁵

1 Department of Psychology, New York University, New York, NY, USA; 2 Center for Language, Music, and Emotion (CLaME), New York University, New York, NY, USA; 3 Music and Audio Research Lab (MARL), New York University, New York, NY, USA; 4 Max Planck Society, Munich, Germany; 5 Department of Psychology, Chinese University of Hong Kong, Hong Kong SAR, China. ac8888@nyu.edu; xiangbinteng@cuhk.edu.hk

The extraction and analysis of pitch underpin speech and music recognition, sound segregation, and other auditory tasks. Perceptually, pitch can be represented as a helix composed of two factors: height monotonically aligns with frequency, while chroma cyclically repeats at doubled frequencies. Although the early perceptual and neurophysiological mechanisms for extracting pitch from acoustic signals have been extensively investigated, the equally essential subsequent stages that bridge to high-level auditory cognition remain less well understood. How does the brain represent perceptual attributes of pitch at higher-order processing stages and how are the neural representations formed over time? We used a machine learning approach to decode time-resolved neural responses of human listeners (10 females and 7 males) measured by magnetoencephalography across different pitches, hypothesizing that different pitches sharing similar neural representations would result in reduced decoding performance. We show that pitch can be decoded from lower-frequency neural responses within auditory-frontal cortical regions. Specifically, linear mixed-effect modeling reveals that height and chroma explain decoding performance of delta band (0.5-4 Hz) neural activity at distinct latencies: a long-lasting height effect precedes a transient chroma effect, followed by a recurrence of height after chroma, indicating sequential processing stages associated with unique perceptual and neural characteristics. Furthermore, the localization analyses of the decoder demonstrate that height and chroma are associated with overlapping cortical regions, with differences observed in the right orbital and polar frontal cortex. The data provide a perspective motivating new hypotheses on the mechanisms of pitch representation. *Significance Statement* - Pitch is fundamental to various facets of human hearing, including music appreciation, speech comprehension, vocal learning, and sound source differentiation. How does the brain encode the perceptual features of pitch? By applying machine learning techniques to time-resolved neuroimaging data of individuals listening to different pitches, our findings reveal that pitch height and chroma - two distinct features of pitch - are associated with different neural dynamics within the auditory-frontal cortical network, with height playing a more prominent role. This offers a unified theoretical framework for understanding the perceptual and neural characteristics of pitch perception and opens new avenues for noninvasively decoding human auditory perception to develop brain-computer interfaces.

L'estrazione e l'analisi dell'altezza sono alla base del riconoscimento del parlato e della musica, della segregazione del suono e di altri compiti uditivi. Dal punto di vista percettivo, l'altezza può essere rappresentata come un'elica composta da due fattori: l'altezza si allinea in modo monotono con la frequenza, mentre la cromaticità si ripete ciclicamente al raddoppio delle frequenze. Sebbene i meccanismi percettivi e neurofisiologici precoci per l'estrazione dell'altezza dai segnali acustici siano stati ampiamente studiati, le fasi successive, altrettanto essenziali, che fanno da ponte con la cognizione

uditiva di alto livello rimangono meno comprese. In che modo il cervello rappresenta gli attributi percettivi dell'altezza nelle fasi di elaborazione di ordine superiore e come si formano le rappresentazioni neurali nel tempo? Gli Autori hanno utilizzato un approccio di machine learning per decodificare le risposte neurali risolte nel tempo di ascoltatori umani (10 femmine e 7 maschi) misurate mediante magnetoencefalografia su diverse altezze, ipotizzando che altezze diverse che condividono rappresentazioni neurali simili comportino prestazioni di decodifica ridotte. Gli Autori hanno dimostrato che l'altezza può essere decodificata dalle risposte neurali a bassa frequenza nelle regioni corticali uditivo-frontali. In particolare, la modellazione lineare a effetti misti rivela che l'altezza e la cromaticità spiegano le prestazioni di decodifica dell'attività neurale in banda delta (0,5-4 Hz) a latenze distinte: un effetto di altezza di lunga durata precede un effetto di cromaticità transitorio, seguito da una ricorrenza dell'altezza dopo la cromaticità, indicando fasi di elaborazione sequenziali associate a caratteristiche percettive e neurali uniche. Inoltre, le analisi di localizzazione del decodificatore dimostrano che l'altezza e la cromaticità sono associate a regioni corticali sovrapposte, con differenze osservate nella corteccia orbitale e fronto-polare destra. I dati forniscono una prospettiva che motiva nuove ipotesi sui meccanismi di rappresentazione dell'altezza. Dichiarazione di Significatività - L'altezza è fondamentale per vari aspetti dell'udito umano, tra cui l'apprezzamento della musica, la comprensione del linguaggio, l'apprendimento vocale e la differenziazione delle fonti sonore. In che modo il cervello codifica le caratteristiche percettive dell'altezza o pitch? Applicando tecniche di apprendimento automatico a dati di neuroimaging risolti nel tempo di individui che ascoltano diverse altezze, i risultati rivelano che l'altezza e la croma, due caratteristiche distinte del pitch, sono associate a dinamiche neurali diverse all'interno della rete corticale uditivo-frontale, con l'altezza che svolge un ruolo più importante. Ciò offre un quadro teorico unificato per la comprensione delle caratteristiche percettive e neurali della percezione dell'intonazione e apre nuove strade per la decodifica non invasiva della percezione uditiva umana per sviluppare interfacce cervello-computer.

PLoS One 2025 Jan 7;20(1):e0312030

The pleasurable urge to move to music is unchanged in people with musical anhedonia

Romkey ID^{1,2,3}, Matthews T^{4,5}, Foster N^{2,3,6}, Dalla Bella S^{2,3,6,7}, Penhune VB^{1,2,3}

1 Department of Psychology, Concordia University, Montréal, Quebec, Canada; 2 International Laboratory for Brain, Music and Sound Research (BRAMS), Montréal, Quebec, Canada; 3 Center for Research in Brain, Language and Music (CRBLM), Montréal, Quebec, Canada; 4 Center for Music in the Brain, Department of Clinical Medicine, Aarhus University Hospital, Aarhus, Denmark; 5 Royal Academy of Music, Aarhus C, Denmark; 6 Department of Psychology, University of Montréal, Montréal, Quebec, Canada; 7 University of Economics and Human Sciences in Warsaw, Warsaw, Poland

In cognitive science, the sensation of "groove" has been defined as the pleasurable urge to move to music. When listeners rate rhythmic stimuli on derived pleasure and urge to move, ratings on these dimensions are highly correlated. However, recent behavioural and brain imaging work has shown that these two components may be separable. To examine this potential separability, our study investigates the sensation of groove in people with specific musical anhedonia. Individuals with musical anhedonia have a blunted ability to derive pleasure from music but can still derive pleasure from other domains (e.g., sex and food). People with musical anhedonia were identified as those with scores in the lower 10% of scores on the Barcelona Musical Reward Questionnaire, but who had no deficits in music perception, no symptoms of depression, average levels of physical and social anhedonia, and sensitivity to punishment and reward. We predicted that if the two components of groove are separable, individuals with musical anhedonia would experience lower levels of derived pleasure but have comparable ratings of wanting to move compared to controls. Groove responses were measured in an online study (N = 148) using a set of experimenter-generated musical stimuli varying in rhythmic and harmonic complexity, which were validated in several previous studies. Surprisingly, we found no significant differences in groove response between individuals with musical anhedonia (n = 17) and a matched control group (n = 17). Mediation analyses for the anhedonia sample found that wanting to move ratings fully mediated the effect of rhythmic and harmonic complexity on pleasure ratings. Taken together, these results

indicate that the urge to move may compensate for the blunted pleasure sensation in those with musical anhedonia. More generally, these results suggest that the urge to move is a primary source of pleasure in the groove response.

Nella scienza cognitiva, la sensazione di "groove" è stata definita come l'impulso piacevole a muoversi con la musica. Quando gli ascoltatori valutano gli stimoli ritmici in base al piacere derivato e all'impulso a muoversi, le valutazioni su queste dimensioni sono altamente correlate. Tuttavia, recenti studi comportamentali e di imaging cerebrale hanno dimostrato che queste due componenti possono essere separate. Per esaminare questa potenziale separabilità, lo studio analizza la sensazione di groove nelle persone con anedonia musicale specifica. Gli individui affetti da anedonia musicale hanno una capacità ridotta di trarre piacere dalla musica, ma possono ancora trarre piacere da altri ambiti (per esempio, sesso e cibo). Le persone con anedonia musicale sono state identificate come quelle con punteggi nel 10% inferiore dei punteggi del Barcelona Musical Reward Questionnaire, ma che non avevano deficit nella percezione musicale, nessun sintomo di depressione, livelli medi di anedonia fisica e sociale e sensibilità alla punizione e alla ricompensa. Gli Autori avevano previsto che, se le due componenti del groove sono separabili, gli individui con anedonia musicale avrebbero sperimentato livelli più bassi di piacere derivato, ma avrebbero avuto valutazioni comparabili di desiderio di muoversi rispetto ai controlli. Le risposte al groove sono state misurate in uno studio online (N = 148) utilizzando una serie di stimoli musicali generati dallo sperimentatore che variavano per complessità ritmica e armonica, convalidati in diversi studi precedenti. Sorprendentemente, gli Autori non hanno riscontrato differenze significative nella risposta al groove tra gli individui con anedonia musicale (n = 17) e un gruppo di controllo appaiato (n = 17). L'analisi di mediazione per il campione con anedonia ha rilevato che il desiderio di muoversi media completamente l'effetto della complessità ritmica e armonica sulla valutazione del piacere. Nel complesso, questi risultati indicano che l'impulso a muoversi può compensare la sensazione di piacere attenuata nei soggetti affetti da anedonia musicale. Più in generale, questi risultati suggeriscono che l'impulso a muoversi è una fonte primaria di piacere nella risposta al groove.

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