

Emozioni e sistema nervoso: la forza della musica e il ruolo della neurofisiologia

di Lucio Marinelli, Laura Filippi
Lucio.marinelli@unige.it

Emotions are constantly present in our daily lives, arising from external stimuli or from our thoughts and influencing our behaviour. Involuntary responses are mediated by the autonomic nervous system, while most of our actions are controlled by cortical output that we are aware of. Emotions are somewhere in between, we are not always aware of them, but they strongly influence our actions. The deepest and oldest part of our brain is involved in the generation of emotions, connecting to all our organs and reaching the skin. Of the many emotions we can feel, anxiety is one of the most common and pervasive. It can negatively affect our cognitive performance, but music can powerfully modulate anxiety and many other emotions in both normal subjects and patients. Sympathetic skin response is a neurophysiological technique capable of detecting changes in skin impedance due to involuntary brief production of sweat as our autonomic nervous system follows emotions. This technique can demonstrate and measure the effect of music on our emotions.

Keywords: emotions, nervous system, sympathetic skin response, music

Introduzione

La nostra vita quotidiana è caratterizzata dalla presenza ricorrente di emozioni di varia natura e di diversa intensità. L'esperienza emotiva ha da sempre affascinato l'uomo per la sua complessità e profondità. Da Democrito, Platone e Aristotele attraverso la mediazione della filosofia romana e della scolastica cristiana sino a Descartes, Spinoza, Leibniz, Hume, Kant e Hegel, il tema degli affetti e delle passioni umane è stato ricorrente.

L'emozione consiste in una risposta innata, una attivazione fisiologica successiva ad un evento scatenante (interno o esterno) di cui abbiamo consapevolezza. L'emozione dà luogo a una serie di modificazioni corporee: cambiamenti nella frequenza cardiaca, nella frequenza respiratoria, nella temperatura corporea, nell'attivazione muscolare e nel livello di ossigeno nel sangue, tutte risposte mediate dall'attivazione del sistema nervoso.

Inoltre, ogni emozione comporta cambiamenti corporei non solo interni, ma anche visibili all'esterno: ogni emozione ha una sua specifica e universale espressione

facciale, un determinato tono di voce e ci spinge a mettere in atto un comportamento specifico, per esempio aggredire se siamo arrabbiati o scappare se siamo spaventati.

Nella teoria evoluzionistica, le emozioni sono considerate dei processi adattivi che permettono di valutare varie condizioni ambientali, di attivare un comportamento, di comunicare con gli altri membri della propria specie e di adattarsi all'ambiente nel modo migliore possibile. Gli etologi hanno constatato come le espressioni facciali, la postura, lo sguardo e la gestualità che comunicano la presenza di una determinata emozione vengano emesse secondo pattern apparentemente universali, sia quando si vuole manifestare uno stato di appagamento, sia in presenza di una minaccia. Alcune emozioni sono state definite "universali" e presenti in tutti gli esseri umani, senza distinzione di cultura, e sono: rabbia, paura, sorpresa, disgusto, felicità e tristezza.

Il sistema nervoso, ossia l'unità morfo-funzionale e strutturale altamente specializzata nella ricezione, trasmissione, controllo ed elaborazione degli stimoli interni ed esterni del corpo, viene coinvolta nella sua interezza nel processo di elaborazione di una risposta emozionale.

Cenni di anatomia del sistema nervoso

Il sistema nervoso a livello anatomico viene diviso in due parti chiamate Sistema Nervoso Centrale e Sistema Nervoso Periferico. Il sistema nervoso centrale include i neuroni e le fibre nervose che si trovano nell'encefalo (costituito a sua volta da cervello, tronco encefalico e cervelletto), protetto all'interno della scatola cranica, e nel midollo spinale, contenuto all'interno del canale vertebrale della nostra colonna. Il rimanente tessuto nervoso è definito sistema nervoso periferico. Il sistema nervoso centrale è il luogo in cui le informazioni provenienti dalla periferia vengono raccolte e rielaborate, e da cui partono i comandi verso il sistema nervoso periferico. Il sistema nervoso periferico è invece costituito dai recettori e dai nervi, che dalla periferia inviano informazioni verso midollo ed encefalo, e dalle fibre motorie che dal midollo si dirigono verso i muscoli scheletrici.

Indipendentemente dalla localizzazione anatomica, il sistema nervoso può essere inoltre diviso in volontario o autonomo.

Il sistema nervoso volontario (o somatico), come dice la parola stessa, si occupa di tutte le attività che facciamo consapevolmente, come per esempio prendere un oggetto, muovere una mano o una gamba. Il sistema nervoso autonomo (chiamato anche involontario o vegetativo), invece, regola tutti quei processi automatici su cui non possiamo esercitare un controllo diretto (come la frequenza cardiaca, la respirazione, i processi metabolici).

Il sistema nervoso autonomo a sua volta è costituito da un sistema nervoso cosiddetto simpatico e da un sistema nervoso parasimpatico. Mentre il parasimpatico è responsabile delle funzioni corporee del riposo e della quiete (stimola la digestione, attiva diversi processi metabolici, ecc..), il simpatico si occupa di preparare il nostro corpo all'attività fisica e mentale nel momento in cui svolgiamo delle attività (dilatando il ritmo cardiaco, aprendo maggiormente le vie respiratorie, inibendo le funzioni digestive).

Nascita della fisiologia delle emozioni

Nel tempo vi sono state varie teorie volte a spiegare il complesso meccanismo che regola la risposta indotta dall'emozione sul nostro organismo: a partire dal XIX secolo, infatti, si è assistito ad un lungo e vivace dibattito su quale fosse il *primum movens* nella genesi della risposta emotiva, dibattito che ha visto confrontarsi opinioni diametralmente opposte. Alcuni studiosi infatti, sostenevano che era la percezione cosciente di un evento a connotazione emotiva a dare inizio alla reazione emotiva sistemica a seguito del coinvolgimento del sistema nervoso autonomo, il quale appunto è responsabile dell'aumento del battito cardiaco, della frequenza respiratoria, della sudorazione e delle altre modificazioni fisiche periferiche involontarie. A questa teoria si oppose fermamente lo psicologo americano William James il quale nel 1884 in un celebre articolo intitolato "what is emotion?" affermò che l'esperienza cosciente di un'emozione altro non era che un evento secondario dovuto alla percezione degli effetti sull'organismo dell'espressione fisiologica dell'emozione stessa; pertanto, secondo questa teoria cosiddetta del "feedback periferico" l'evento emotigeno determinerebbe una serie di reazioni viscerali e neurovegetative che sono avvertite dal soggetto e la

percezione di queste modificazioni fisiologiche sarebbe alla base dell'esperienza emotiva (James, 1884, 1890). Successivamente, contrapponendosi alla teoria periferica, Cannon ha elaborato e proposto una teoria centrale delle emozioni (Cannon, 1987); i centri di attivazione, controllo e regolazione dei processi emotivi non si trovano in sedi periferiche ma sono localizzati centralmente nella regione talamica. La teoria centrale è stata successivamente ampliata e al talamo sono state aggiunte varie altre strutture che sono risultate in grado di elaborare l'informazione periferica per poter generare le risposte emozionali. In particolare, nel 1937, l'anatomista statunitense James Papez fu il primo autore ad avanzare l'ipotesi di un sistema di aree cerebrali implicate nel controllo, elaborazione e regolazione delle emozioni. Papez postulò infatti che la base anatomica delle emozioni si trovasse nel circuito cerebrale costituito da ipotalmo, nuclei del talamo anteriori, giro del cingolo, ippocampo e dalle loro reciproche interconnessioni. Nella sua teoria l'autore suggerì l'ipotesi che i processi emozionali fossero elaborati nell'ippocampo e poi trasferiti, attraverso il fornice, al corpo mammillare; da qui raggiungono, attraverso il tratto mammillo-talamico, i nuclei anteriori del talamo, irradiandosi poi alla corteccia del giro del cingolo, al corpo calloso, alla corteccia entorinale per concludere il circuito tornando all'ippocampo (Papez, 1937).

Il progresso nella comprensione delle basi cerebrali delle funzioni mentali si è avvalso inizialmente dello studio clinico delle conseguenze legate a patologie e a traumi delle diverse parti del cervello. In questo modo, osservando quali funzioni fossero compromesse a seguito di lesioni più o meno definite di una determinata parte del cervello, si potevano inferire quali regioni cerebrali fossero legate a specifiche attività cerebrali. Questo approccio è stato poi affiancato da studi di neurochirurgia funzionale e successivamente, con lo sviluppo di altre metodiche diagnostiche quali l'elettroencefalogramma, la tomografia ad emissione di positroni e la risonanza magnetica funzionale è stato possibile studiare e analizzare in vivo e in modo non invasivo i correlati neurologici funzionali che sottendono le attività cerebrali nell'uomo, compresi la vita emotiva e il comportamento.

A livello centrale infatti, sono state gradualmente identificate una serie di strutture anatomiche (tra cui talamo, ipotalamo, ippocampo, amigdala, grigio periacqueduttale,

sostanza grigia periacqueduttale, striato ventrale, corteccia dell'insula, cingolo anteriore e corteccia prefrontale mediale) che intervengono nella genesi di una risposta emotiva. A seguire, l'ipotalamo, attraverso proiezioni discendenti, genera quindi le risposte emozionali, ossia i cambiamenti corporei visibili all'esterno mediati dall'attivazione del sistema nervoso periferico simpatico e autonomico, a loro volta registrabili con diagnostiche specifiche.

Elaborazione degli stimoli e generazione delle emozioni

Quando uno stimolo qualsiasi proveniente dall'ambiente che ci circonda raggiunge i nostri apparati sensoriali, per esempio vista, udito o percezione tattile, attiva specifici recettori che trasportano l'informazione al cervello, raggiungendo sia neuroni deputati alla mera percezione oggettiva dello stimolo e quindi "emotivamente neutri", sia neuroni deputati a generare emozioni, che possiamo definire "sistemi di processamento emotivo". Quando lo stimolo è potenzialmente rilevante sul piano emotivo, questi sistemi, che risiedono emotivamente in strutture come l'amigdala, si attivano e raggiungono l'ipotalamo e il tronco encefalico, per generare risposte fisiologiche che coinvolgono sia il comportamento che il sistema cardiovascolare, sudomotorio e ormonale. La maggior parte delle strutture nervose coinvolte fanno parte del lobo limbico, quindi della parte più profonda, ancestrale e primitiva del nostro sistema nervoso. Il soggetto può essere più o meno consapevole dell'emozione che viene generata, ma in ogni caso, almeno una parte delle risposte che vengono generate sono automatiche e involontarie. Il sistema nervoso autonomico o vegetativo è il principale protagonista nel generare e controllare queste risposte involontarie, che si ripercuotono diffusamente in tutto il corpo, andando a modulare il funzionamento dei visceri, sia in modo eccitatorio che in senso inibitorio. In questo contesto, i termini "eccitatorio" e "inibitorio" non vanno intesi nel significato più meccanicistico e neurotrasmettitoriale del termine, quanto piuttosto a un gruppo di reazioni rivolte a una risposta di aumentata allerta, paura, ansia, preparazione alla fuga, oppure in alternativa al rilassamento, alla tranquillità e predisposizione al riposo. Nel primo caso, per esempio, la frequenza cardiaca potrà aumentare, incrementando quindi la

quantità di sangue che perfonde gli organi e la parete muscolare delle arteriole potrà contrarsi o rilassarsi per convogliare maggior sangue verso tessuti necessari all'azione, come muscoli e cervello. La muscolatura volontaria si attiva, portando l'individuo a una condizione di immobilità da paura ("freezing") oppure a un comportamento di fuga o di lotta. Viene stimolata inoltre la produzione di ormoni dello stress, che raggiungono tutti i tessuti del nostro corpo tramite la circolazione sanguigna. Viceversa, nel secondo caso, la frequenza cardiaca rallenta, predisponendoci al riposo, il sangue viene convogliato verso l'apparato gastrointestinale, la muscolatura volontaria si rilassa e la produzione degli ormoni dello stress si riduce (Kandel, 2013).

Classificazione delle emozioni con particolare riferimento all'ansia

Le emozioni che l'essere umano è in grado di provare sono numerose e uno dei migliori tentativi di classificarle e studiarle risiede nella "Plutchik's wheel of emotions" (Plutchik, 2001), dove Robert Plutchik definisce 8 emozioni primarie ("vigilance, ecstasy, admiration, terror, amazement, grief, loathing, rage"), nonché varianti di diversa intensità e loro varie combinazioni, o "diadi". L'ansia è senz'altro una delle emozioni che tutti proviamo più spesso, soprattutto in preparazione a un evento che ci mette alla prova, come nel caso del musicista in previsione di un'esibizione. Secondo Plutchik, l'ansia corrisponde a una diade terziaria derivante dalla coesistenza di paura (intensità appena inferiore all'emozione primaria del terrore) e anticipazione (intensità appena inferiore all'emozione primaria della vigilanza).

L'ansia può essere distinta in "apprensione ansiosa" ("anxious apprehension") ed "eccitazione ansiosa" ("anxious arousal"). L'apprensione ansiosa consta di ruminazione verbale che coinvolge aspettative negative o paura del futuro, con un orizzonte temporale variabile tra un futuro immediato e un futuro lontano, mentre l'eccitazione ansiosa è costituita da paura intensa e immediata, che si estrinseca nell'evento presente o che sta per accadere. Il sistema nervoso produce nel primo caso una condizione di diffusa tensione muscolare, mentre nel secondo caso si produce una più chiara attivazione del sistema nervoso autonomico con aumento della frequenza

cardiaca, respiro corto e accelerato, sensazione di soffocamento, vertigini e aumento della sudorazione (Borod, 2023).

Effetto dell'ansia sulle prestazioni cognitive

Oltre alle ripercussioni somatiche e vegetative che abbiamo menzionato, l'ansia può ripercuotersi sulle capacità cognitive. Secondo una revisione della letteratura condotta da Oliver J. Robinson, la cognitivtà può coinvolgere informazione affettivamente neutrali ("cold cognition") oppure informazioni affettive, con valenza emotiva ("hot cognition"). E' in quest'ultimo caso che l'ansia può svolgere un ruolo nelle capacità cognitive, che può essere negativo o maladattativo, nel caso in cui peggiori le capacità di attenzione e ragionamento, oppure in certi casi positivo, quando, a intensità contenute e senza gli effetti pervasivi che abbiamo descritto, l'ansia aiuta a migliorare le prestazioni cognitive (Robinson et al, 2013). L'effetto dell'ansia sulla cognitivtà e sul modo in cui gli stimoli vengono percepiti non è necessariamente qualcosa di astratto e incommensurabile, in quanto esistono delle tecniche neurofisiologiche in grado di fornire una misura quantitativa. I potenziali evocati rappresentano una serie di tecniche neurofisiologiche per cui è possibile misurare ampiezza e latenza di risposte generate dei neuroni della corteccia cerebrale a seguito di vari tipi di stimolazioni. I potenziali evocati acustici sono uno degli esempi più semplici, per cui somministrano dei semplici "click" attraverso delle cuffie, è possibile registrare dallo scalpo delle curve che corrispondono al campo elettrico generato da dipoli che corrispondono all'attivazione di varie strutture nervose, che vanno dal nervo acustico alle strutture nervose più profonde dell'encefalo, fino alla corteccia cerebrale. A livello corticale vengono attivate in tempi successivi più strutture nervose, sempre più complesse in relazione alla valenza cognitiva ed emotiva dello stimolo. E' stato dimostrato che l'ampiezza delle risposte corticali dei potenziali evocati acustici è maggiore nei pazienti che soffrono di attacchi di panico (Knott et al, 1994), a dimostrare una maggiore attivazione cerebrale indotta dagli stimoli acustici in questi soggetti.

Quando gli stimoli sono più complessi e richiedono di essere discriminati in base a caratteristiche di intensità, tono, volume o contenuto, è possibile valorizzare risposte evocate più tardive, che compaiono quando uno stimolo si differenzia rispetto agli altri e quindi richiama l'attenzione del soggetto. Questo tipo di risposte viene misurata nell'ambito dei potenziali evocati cognitivi, per cui per esempio la cosiddetta "mismatch negativity" risulta aumentata nei soggetti che soffrono di disturbo da stress post-traumatico (Morgan and Grillon, 1999). Nella stessa revisione della letteratura, viene sottolineato come l'ansia possa avere effetti negativi sia sull'attenzione che sulle capacità cognitive. Si può infatti osservare maggiore distraibilità, ridotta concentrazione, un aumentato tempo di reazione in relazione ad approccio più "cauto" e accurato. Agli stimoli correlati al potenziale pericolo viene dato un accesso privilegiato all'amigdala, tralasciando altri stimoli più cognitivamente utili. L'attenzione è il presupposto affinché la cognitività possa esprimersi in modo efficiente. L'ansia va quindi ad alterare la memoria a breve termine, soprattutto per aspetti spaziali e meno per quelli temporali, e potenziare la memoria episodica a lungo termine, ma soprattutto per quanto riguarda eventi emotivi negativi. Viene quindi facilitata la rievocazione di eventi emotivamente negativi, come per preparare il soggetto a riconoscere più prontamente ciò che ha determinato un effetto negativo (Robinson et al, 2013).

Effetto della musica su ansia e prestazione cognitive

E' interessante notare come siano stati dimostrati effetti positivi della musica sull'ansia ma anche sulla sfera cognitiva. La musica è equiparabile a una panacea, un rimedio quasi magico, impalpabile e privo di effetti collaterali. Diversi articoli di revisione della letteratura confermano un robusto effetto della musica sull'ansia, come nei pazienti che devono sottoporsi a chirurgia oftalmica, in cui la musica non solo riduce i livelli di ansia ma anche i valori di pressione arteriosa sistolica e diastolica (Yan et al, 2025). In pazienti oncologici con tumori polmonari, la musica può non solo ridurre l'ansia, ma anche i sintomi depressivi e il dolore, nonché migliorare il riposo notturno e la qualità della vita (Li et al, 2025). Nei pazienti con malattia di Alzheimer,

il più frequente tipo di decadimento cognitivo su base neurodegenerativa, la musica può non solo ridurre ansia e depressione, ma anche aumentare il livello di consapevolezza del sé e le capacità cognitive (Belojević, 2024). Un effetto migliorativo sulle capacità cognitive è stato dimostrato anche in pazienti affetti da gravi cerebrolesioni in condizioni di stato di minima coscienza (“minimally conscious state”), una condizione di incompleto recupero dello stato di coscienza dopo il coma (Verger et al, 2014). In uno studio pubblicato nel 1993 sull'autorevole rivista “Nature”, è stato addirittura dimostrato che la musica (nello specifico la sonata per due pianoforti in RE maggiore K488 di W.A. Mozart) può aumentare il quoziente intellettivo degli studenti di college (Rauscher et al, 1993). Il meccanismo con cui la musica può svolgere questi effetti migliorativi sulla sfera emotiva e cognitiva non sono stati del tutto chiariti, ma si ritiene che si instauri una sorta di sincronizzazione o modulazione della frequenza di scarica dei neuroni con le onde sonore, in particolare alla frequenza di 40 Hz. Somministrando un protocollo di stimolazione acustica e visiva con frequenze a 40 Hz, è stato infatti dimostrato un effetto beneficio in pazienti con malattia di Alzheimer, riscontrando addirittura, dopo 3 mesi di stimolazione, una minore atrofia cerebrale (in particolare dell'ippocampo, responsabile della memoria a breve termine), migliorata connettività tra reti neurali e prestazioni nei test neuropsicologici (Chan et al, 2022).

Sudorazione e impedenza cutanea come correlato emotivo

Come accennato in precedenza, la sudorazione può essere chiamata in causa durante la generazione delle emozioni e la consensuale attività del sistema nervoso autonomo. Siamo tutti abituati a pensare che la sudorazione sia provocata dal caldo e in effetti nella maggior parte dei casi è così. Le piccole gocce di sudore prodotte dalle ghiandole sudoripare che si trovano nella pelle hanno come scopo principale la termoregolazione, ovvero ridurre la temperatura corporea grazie all'evaporazione del sudore dalla cute. Esiste però un'altra tipologia di sudorazione, che possiamo definire “emotiva”. Le stesse ghiandole sudoripare secernono delle piccole quantità di sudore molto spesso, a seguito di qualsiasi stimolo che raggiunga il nostro sensorio, provocando un'attivazione riflessa del sistema nervoso autonomo. Questa produzione

fasica di sudore è indipendente dalla temperatura ambientale, non ha un ruolo termoregolatorio e contribuisce alla cosiddetta “perspiratio insensibilis”, che determina una continua e impercettibile perdita di acqua da parte del nostro organismo. E’ utile considerare che, per quanto piccola sia la produzione di sudore a seguito della percezione di stimoli, questa può essere misurata in modo abbastanza preciso grazie a tecniche neurofisiologiche basate sulla misurazione della variazione della resistenza cutanea al passaggio della corrente elettrica. Facendo infatti passare piccole quantità di corrente attraverso la cute, seguendo la prima legge di Ohm, è possibile misurare la resistenza opposta dai tessuti al passaggio della corrente; questa resistenza sarà minore durante la sudorazione. Questo principio è da tempo sfruttato in medicina per misurare indirettamente la funzione del sistema nervoso autonomo mediante test automatizzati della sudorazione, che permettono di calcolare rapidamente la conduttanza elettrica della cute semplicemente chiedendo al soggetto di rimanere appoggiato con il palmo delle mani e la pianta dei piedi su delle piastre elettroconduttive, in modo del tutto indolore (Casellini et al, 2013). Una tecnica di misurazione ancora più precisa, eseguibile con un elettromiografo durante valutazioni neurofisiologiche cliniche, è la risposta simpatico-cutanea. Registrando la differenza di potenziale tra il palmo e il dorso della mano o la pianta e il dorso del piede, è possibile misurare le variazioni della conduttanza cutanea con una elevata risoluzione temporale e misurare l’ampiezza delle deflessioni (variazioni della conduttanza) e la latenza con cui compaiono a seguito di varie stimolazioni. Per semplicità, si utilizza normalmente uno stimolo elettrico a livello di un tronco nervoso, analogamente a come avviene per lo studio delle velocità di conduzione nervose, ma queste deflessioni possono essere elicitate da qualsiasi stimolo, anche acustico.

E’ stato dimostrato che la risposta simpatico-cutanea è associata alle risposte emotive, è influenzata dall’empatia ed è di ampiezza aumentata in soggetti con disturbo di ansia sociale in risposta a stimoli visivi emotivamente negativi (Bayraktutan et al, 2019).

Come varia la conduttanza cutanea durante l'ascolto di brani musicali?

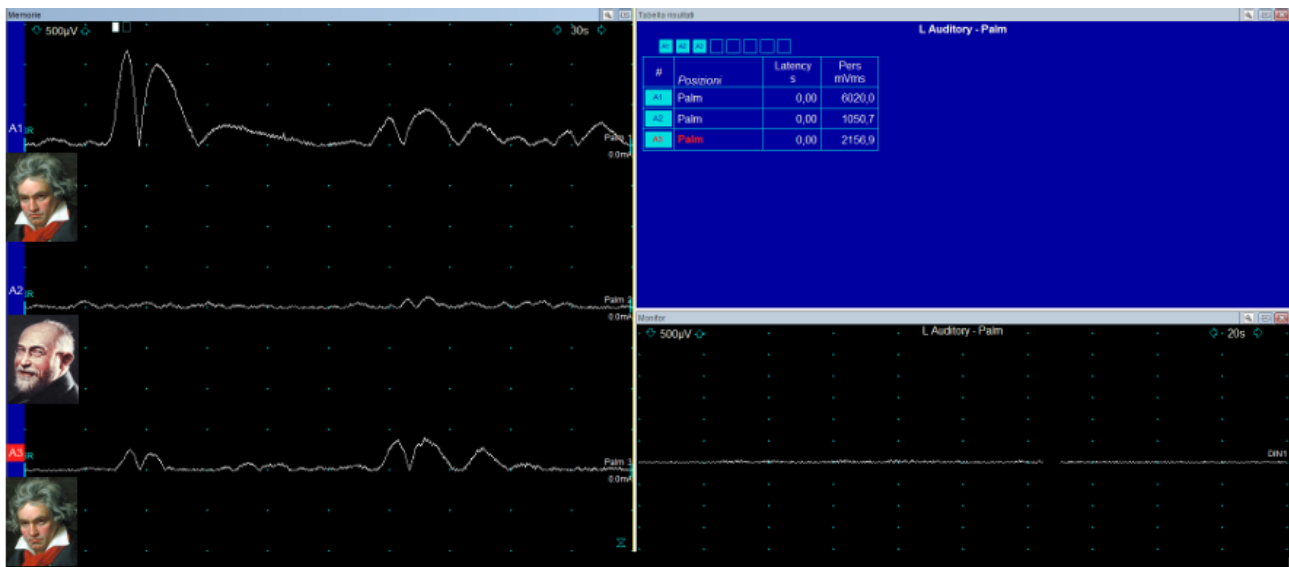
Abbiamo voluto provare a misurare le variazioni di impedenza cutanea all'arto superiore durante l'ascolto di brevi porzioni di brani di musica classica, per verificare se effettivamente brani caratterizzati da suoni più intensi e improvvisi, potenzialmente in grado di causare emozioni tipo paura o ansia, siano in grado di elicitare risposte più ampie rispetto a brani caratterizzati da suoni più dolci e tranquillizzanti. Abbiamo fatto ascoltare a un soggetto i primi 20 secondi della quinta sinfonia di Ludwig van Beethoven, quindi i primi 20 secondi della Gymnopedie numero 1 di Erik Satie e quindi di nuovo i primi 20 secondi della quinta sinfonia di Ludwig van Beethoven utilizzando una cuffia di tipo "around ear" con cancellazione del rumore, in modo da limitare il più possibile la percezione di eventuali rumori esterni. Mantenendo il soggetto supino con gli occhi chiusi, in condizioni di riposo psicosensoriale e registrando le variazioni di conduttanza cutanea tra il palmo e il dorso della mano sinistra, abbiamo registrato e misurato l'area sotto la curva delle risposte ottenute (**Figura 1**).

Come atteso, la quinta sinfonia di Ludwig van Beethoven ha determinato risposte di ampiezza notevolmente maggiore rispetto a Satie (6020 mV x secondo rispetto a 1051 mV x secondo), sebbene riproponendone l'ascolto una seconda volta, si osservi una minore ampiezza (2157 mV x secondo) rispetto al primo ascolto, a dimostrare un fenomeno di abitudine e minore sorpresa, sebbene l'ampiezza sia comunque il doppio della risposta ottenuta dal precedente ascolto di Satie.

Questo piccolo esperimento dimostra come la quinta sinfonia determini un'attivazione emotiva ed autonoma maggiore rispetto a Gymnopedie, al netto dell'effetto di fisiologico adattamento alla percezione ripetuta dello stesso stimolo. Con questo sistema è potenzialmente possibile quantificare l'impatto emotivo di qualsiasi brano musicale, ovviamente riferendosi in questo caso alla componente di attivazione autonoma associata.

Osservazioni conclusive

Il sistema nervoso dell'essere umano riceve continuamente informazioni dall'ambiente che lo circonda e le processa in gran parte in modo automatico, elaborando risposte di cui non siamo consapevoli. Solo parte di ciò che percepiamo raggiunge la nostra coscienza e richiama la nostra attenzione. Le emozioni vengono elaborate a un livello di consapevolezza intermedio tra gli stimoli processati dal sistema nervoso autonomo e quelli che comprendiamo e di cui siamo consapevoli. Si tratta di fenomeni complessi, di cui ancora conosciamo poco ma che si ripercuotono in modo pervasivo sul nostro comportamento. La musica è in grado di influenzare in modo molto importante le nostre emozioni e la neurofisiologia potrebbe essere un utile strumento per comprenderle meglio.



Bibliografia

Bayraktutan, M., Kalkan Oguzhanoglu, N. and Toker Ugurlu, T. (2019) Sympathetic Skin Response in Social Anxiety Disorder and Its Relationship with Empathy Skills, and Alexithymia, *Archives of Neuropsychiatry*, doi: 10.29399/npa.24719.

Belojević, G. (2024) Sound and Alzheimer's Disease—From Harmful Noise to Beneficial Soundscape Augmentation and Music Therapy, *Noise and Health*, 26(123), 445–448, doi: 10.4103/nah.nah_162_24.

Borod, J.C. (ed.) (2023) *The neuropsychology of emotion*, New York: Oxford University Press.

Cannon, W.B. (1987) The James-Lange theory of emotions: a critical examination and an alternative theory. By Walter B. Cannon, 1927, *The American Journal of Psychology*, 100(3–4), 567–586.

Casellini, C.M., Parson, H.K., Richardson, M.S., et al (2013) Sudoscan, a Noninvasive Tool for Detecting Diabetic Small Fiber Neuropathy and Autonomic Dysfunction, *Diabetes Technology & Therapeutics*, 15(11), 948–953, doi: 10.1089/dia.2013.0129.

Chan, D., Suk, H.-J., Jackson, B.L., et al (2022) Gamma frequency sensory stimulation in mild probable Alzheimer's dementia patients: Results of feasibility and pilot studies, Rajji, T.K. (ed.), *PLOS ONE*, 17(12), e0278412, doi: 10.1371/journal.pone.0278412.

James, W. (1884) What is an Emotion?, *Mind*, 9(34), 188–205.

James, W. (1890) *The principles of psychology, Vol I.*, New York: Henry Holt and Co, doi: 10.1037/10538-000.

Kandel, E.R. (ed.) (2013) *Principles of neural science*. 5th ed., New York: McGraw-Hill.

Knott, V.J., Bakish, D. and Barkley, J. (1994) Brainstem evoked potentials in panic disorder, *Journal of psychiatry & neuroscience: JPN*, 19(4), 301–306.

Li, Y., Ji, S., Tao, Y., et al (2025) The effect of music therapy on anxiety, depression, pain and sleep quality of lung cancer patients: a systematic review and meta-analysis, *Supportive Care in Cancer*, 33(3), 169, doi: 10.1007/s00520-025-09213-2.

Morgan, C.A. and Grillon, C. (1999) Abnormal mismatch negativity in women with sexual assault-related posttraumatic stress disorder, *Biological Psychiatry*, 45(7), 827–832, doi: 10.1016/s0006-3223(98)00194-2.

Papez, J.W. (1937) A PROPOSED MECHANISM OF EMOTION, *Archives of Neurology And Psychiatry*, 38(4), 725, doi: 10.1001/archneurpsyc.1937.02260220069003.

Plutchik, R. (2001) The Nature of Emotions: Human emotions have deep evolutionary roots, a fact that may explain their complexity and provide tools for clinical practice, *American Scientist*, 89(4), 344–350.

Rauscher, F.H., Shaw, G.L. and Ky, K.N. (1993) Music and spatial task performance, *Nature*, 365(6447), 611, doi: 10.1038/365611a0.

Robinson, O.J., Vytal, K., Cornwell, B.R., et al (2013) The impact of anxiety upon cognition: perspectives from human threat of shock studies, *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, doi: 10.3389/fnhum.2013.00203.

Verger, J., Ruiz, S., Tillmann, B., et al (2014) [Beneficial effect of preferred music on cognitive functions in minimally conscious state patients], *Revue Neurologique*, 170(11), 693–699, doi: 10.1016/j.neurol.2014.06.005.

Yan, J., Liu, J., Wang, J., et al (2025) Effects of music therapy on physiological response and anxiety in perioperative ophthalmic patients: a systematic review, *BMC complementary medicine and therapies*, 25(1), 72, doi: 10.1186/s12906-025-04815-z.