



UNIVERSITÀ
DI PAVIA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE DEL SISTEMA NERVOSO
E DEL COMPORTAMENTO

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN PSICOLOGIA

**“PLEASE DON’T STOP THE MUSIC”:
PERCHÉ ALCUNI RITMI SUSCITANO MAGGIORE
PIACERE E VOGLIA DI MUOVERSI?**

Relatore
Prof.ssa Laura Ferreri

Correlatore
Prof.ssa Carlotta Lega

Tesi di Laurea di
Martina Antognelli
Matricola: 507676

Anno Accademico 2023/2024

INDICE

| | |
|--|----|
| ABSTRACT | 5 |
| 1. INTRODUZIONE & BACKGROUND | 6 |
| 1.1. CONCETTO DI <i>GROOVE</i> | 8 |
| 1.1.1. Il termine “ <i>groove</i> ” in musicologia, etnomusicologia e filosofia..... | 9 |
| 1.1.2. Il termine “ <i>groove</i> ” in psicologia e neuroscienze | 10 |
| 1.2. PERCEZIONE DEL RITMO MUSICALE | 12 |
| 1.2.1. Ritmo e ritmo musicale | 13 |
| 1.2.2. Percezione del <i>beat</i> | 14 |
| 1.3. MOVIMENTO DEL CORPO SUL RITMO | 16 |
| 1.3.1. L'intima relazione tra ritmo e movimento del corpo | 17 |
| 1.3.2. Interazione tra sistema uditivo e motorio | 18 |
| 1.3.3. Effetti della musica con alto <i>groove</i> sul movimento..... | 20 |
| 1.3.4. Bidirezionalità del legame tra percezione e azione | 21 |
| 1.3.5. Testare la percezione ritmica: CA-BAT | 23 |
| 1.4. RICOMPENSA MUSICALE | 25 |
| 1.4.1. Cos'è la ricompensa musicale? | 26 |
| 1.4.2. Meccanismi di ricompensa | 26 |
| 1.4.3. Tutti amano la musica? (BMRQ)..... | 28 |
| 1.5. COSA RENDE ALCUNI RITMI <i>GROOVY</i> ?..... | 31 |
| 1.5.1. Caratteristiche musicali collegate all'esperienza del <i>groove</i> | 32 |
| 1.5.2. Caratteristiche dell'ascoltatore che influenzano l'esperienza del <i>groove</i> | 34 |
| 1.6. MECCANISMI ASSOCIATI ALL'ESPERIENZA DEL <i>GROOVE</i> | 35 |
| 1.6.1. Meccanismi cognitivi..... | 35 |
| 1.6.2. Basi neurali..... | 38 |
| 1.6.3. Risposte fisiologiche | 40 |
| 2. IPOTESI DI RICERCA | 42 |
| 3. METODO | 44 |
| 3.1. PARTECIPANTI | 44 |
| 3.2. MATERIALI | 44 |
| 3.3. PROCEDIMENTO..... | 49 |
| 3.4. COMITATO ETICO..... | 52 |

| | |
|---|----|
| 4. RISULTATI | 53 |
| 4.1. COMPLESSITÀ RITMICA E PIACERE | 53 |
| 4.1.1. Complessità ritmica e piacere in interazione con eBMRQ e sottoscale | 54 |
| 4.2. COMPLESSITÀ RITMICA E VOGLIA DI MUOVERSI | 57 |
| 4.2.1. Complessità ritmica e voglia di muoversi in interazione con eBMRQ e | 58 |
| 4.3. COMPLESSITÀ RITMICA E CA-BAT (risposte ON) | 63 |
| 4.3.2. Complessità ritmica e CA-BAT (risposte ON) in interazione con voglia di muoversi | 65 |
| 5. DISCUSSIONE | 67 |
| 5.1. COMPLESSITÀ RITMICA E <i>GROOVE</i> | 67 |
| 5.2. COMPLESSITÀ RITMICA, <i>GROOVE</i> E EDONIA MUSICALE | 69 |
| 5.3. COMPLESSITÀ RITMICA, PERCEZIONE RITMICA E <i>GROOVE</i> | 71 |
| 5.4. IMPLICAZIONI E APPLICAZIONI PRATICHE | 74 |
| 5.5. DIREZIONI FUTURE | 75 |
| 6. CONCLUSIONE | 77 |
| BIBLIOGRAFIA | 79 |

*La musica produce un tipo di piacere
la cui natura umana non può farne a meno.*

Confucio

*E coloro che furono visti danzare
vennero giudicati pazzi da quelli che
non potevano sentire la musica.*

Friedrich Nietzsche

ABSTRACT

La musica è uno dei più grandi piaceri umani e spesso, quando la ascoltiamo, sentiamo quell'irresistibile desiderio di muovere il nostro corpo sul suo ritmo. In psicologia della musica, la piacevole voglia di muoversi sulla musica è denominata "groove". Le precedenti ricerche hanno evidenziato come la sensazione di *groove* sia influenzata dalla complessità ritmica; tuttavia, il ruolo dell'edonia musicale in questa relazione, così come l'influenza della complessità sulla percezione ritmica e la sua associazione con il *groove*, sono poco esplorati. Per colmare queste lacune, è stato chiesto a non musicisti di ascoltare brani musicali con vari livelli di complessità ritmica e di valutare se il metronomo sovrapposto alle tracce fosse *on beat* o *off beat* (CA-BAT modificato). È stato inoltre chiesto di esprimere i *ratings* il piacere e la voglia di muoversi suscitati dagli stessi stimoli e, infine, di completare un questionario sull'edonia musicale (eBMRQ). I risultati mostrano un'*inverted U-shape relationship* tra la complessità ritmica e i *ratings* di piacere e voglia di muoversi: i ritmi di media complessità suscitano una sensazione di *groove* più intensa. Sebbene l'edonia musicale non influenzi significativamente questa relazione, alcune sue componenti giocano un ruolo chiave: i partecipanti con punteggi elevati di *Emotion Evocation* mostrano un effetto più forte della complessità ritmica sull'esperienza di *groove*, mentre quelli con alti punteggi di *Musical Seeking* e *Social Reward* mostrano un effetto più forte della complessità ritmica sulla voglia di muoversi. Infine, si osserva un'*inverted U-shape relationship* tra complessità ritmica e percezione ritmica più pronunciata per i partecipanti con *ratings* più alti sia di piacere e che di voglia di muoversi: coloro che sperimentano sensazioni più intense di *groove*, a media complessità ritmica, percepisce più spesso le tracce musicali come *on beat*. I risultati vengono interpretati principalmente alla luce del *predictive coding*, suggerendo che la piacevole voglia di muoversi sulla musica serve per minimizzare gli errori di previsione.

Keywords: *groove*, complessità ritmica, piacere, movimento, ricompensa, percezione ritmica, *predictive coding*

1. INTRODUZIONE & BACKGROUND

La musica ha il potere unico di evocare in noi un piacere profondo ed è capace di farci muovere sia fisicamente che emotivamente (Vuust et al., 2022). Per questo motivo, è annoverata tra i più grandi piaceri umani che ricerchiamo attivamente (Gold et al., 2019). Tuttavia, se da un lato sono chiari i benefici adattivi di ricompense come il cibo e la socializzazione, dall'altro lato piaceri astratti con valore estetico, come la musica, hanno a lungo stupito i ricercatori (Gold et al., 2019). In questo senso, la comprensione delle radici di questo piacere può offrire spunti importanti.

La musica è un fenomeno universale e antico, onnipresente nella cultura umana (Etani et al., 2024; Vuust et al., 2022), le cui origini affondano nel lontano passato della storia dell'evoluzione della nostra specie (Patel, 2010). Infatti, le prime tracce dell'esistenza di strumenti musicali risalgono ad almeno 35.000 anni fa, mentre le canzoni si collocano in tempi ancora più remoti (Etani et al., 2024). Tale pratica trova spazio in ogni angolo del pianeta; d'altronde, come sostiene Patel (2010, p.5), “potremmo prevedere con una certa sicurezza che le poche tribù umane non ancora contattate, quando verranno finalmente descritte dagli antropologi, avranno la musica come parte del loro repertorio comportamentale”. Pertanto, se la musica permea e arricchisce le vite degli individui di ogni società, fungendo da filo conduttore all'interno del tessuto culturale, questo fenomeno deve aver sicuramente svolto un ruolo fondamentale presumibilmente fin dalle loro origini dell'umanità (Etani et al., 2024). A tal proposito, Harvey (2018) sottolinea l'importanza primordiale della musica e dei comportamenti ad essa correlati nell'aiutare a promuovere la sinergia emotiva, i legami sociali e a favorire la cooperazione e il coordinamento a livello di gruppo.

È interessante notare che, nonostante la musica sia generalmente considerata un fenomeno uditivo, spesso la apprezziamo non solo con le nostre “orecchie”, ma anche attraverso il nostro “corpo intero” (Etani et al., 2024). Tale carattere incarnato e multisensoriale della musica è osservabile, ad esempio, durante un'esibizione musicale dal vivo, sia nel contesto di un rituale che di un concerto, in cui i partecipanti e il pubblico spesso rispondono sorprendentemente alla musica con il movimento del corpo, ondeggiando o ballando (Etani et al., 2024), comportamento strettamente legato all'apprezzamento musicale.

Quando ascoltiamo la musica ci ritroviamo spesso a muoverci spontaneamente sul suo ritmo (Matthews et al., 2019). L'impulso irresistibile di muovere la testa, battere i piedi o alzarsi in piedi e ballare esemplifica chiaramente il concetto di “*groove*”, mettendo in risalto la stretta connessione tra musica e corpo (Etani et al., 2024; Matthews et al., 2022). Tuttavia, nonostante sia una sensazione piuttosto comune quella di non poter fare a meno di muoversi sulla musica, non risulta affatto facile rispondere alla domanda su cosa sia il *groove*, presumibilmente perché ci troviamo di fronte ad un concetto complesso e con molteplici sfaccettature, che comprende una gamma di fattori, dall'esperienza (ad esempio, induzione del movimento, piacere, aspetti sociali) a qualità musicali specifiche (Etani et al., 2024). In linea con Etani et al. (2024, p.1), il *groove* sarà qui analizzato come “un fenomeno psicologico con correlati neurofisiologici che collega percezione del ritmo musicale, previsione sensomotoria e processi di ricompensa”. Da questa ampia prospettiva emergono chiaramente le diverse dimensioni del concetto, che includono aspetti cognitivi, emotivi e motori, evidenziando i processi psicologici e neurali che regolano l'interazione tra musica e comportamento.

La scelta di trattare l'argomento relativo al rapporto tra ritmo e piacere musicale nasce dal desiderio di fondere insieme due mie grandi passioni. Da un lato, ci sono la psicologia cognitiva e le neuroscienze, attraverso cui si cerca di comprendere i meccanismi cognitivi e neurali che governano le nostre esperienze. Dall'altro lato, c'è la danza: una forma di espressione artistica legata indissolubilmente alla musica che ne costituisce il motore. In particolare, poiché le danze urbane si basano su generi musicali in cui è il ritmo a fare da padrone, mettere in luce i meccanismi che regolano il rapporto tra ritmo e piacere è cruciale e propedeutico alla comprensione di come la danza si sviluppa e si manifesta. Attraverso questo lavoro, si intende chiarire, se non risolvere, alcuni interrogativi che mi incuriosiscono e, al tempo stesso, mi affascinano: da cosa è evocata l'esperienza del *groove*? In che modo la complessità ritmica si lega al piacere? Per quale motivo determinati ritmi suscitano maggiore piacere e voglia di muoversi? Il piacere e l'induzione del movimento, in relazione alla complessità ritmica, rappresentano infatti argomenti emergenti nella cognizione musicale e nelle neuroscienze (Stupacher et al., 2022b). Indagare la sensazione di *groove* è importante perché permette di comprendere i meccanismi neurofisiologici legati al coordinamento motorio e ai processi di ricompensa, apre nuove prospettive per l'uso della musica

nella riabilitazione, offre spunti per migliorare la salute e il benessere in pazienti con disturbi motori e favorisce i legami sociali (Stupacher et al. 2022b). Tuttavia, nella presente tesi, le misure neurofisiologiche verranno presentate solo nel background introduttivo come revisione della letteratura e non costituiranno l'oggetto principale dell'esperimento che si focalizzerà, invece, sugli aspetti comportamentali e psicologici legati al *groove*.

A questo fine, è stata organizzata l'introduzione in sei sezioni che andranno ad esplorare il background teorico di riferimento all'interno del quale si inserisce lo studio che è stato condotto. In un primo momento si andrà quindi a sviscerare l'ampia definizione di *groove* proposta da Etani et al. (2024), sopra riportata, focalizzandosi sulle diverse sfaccettature in cui il concetto si articola. La prima sezione sarà dedicata ad analizzare il termine *groove* da una prospettiva sia umanistica che psicologica. La seconda sezione riguarderà la percezione del ritmo musicale. La terza sezione approfondirà il movimento del corpo sul ritmo della musica, nel loro intimo legame. La quarta sezione andrà ad esplorare la ricompensa musicale. La quinta sezione indagherà le caratteristiche che infondono in alcuni ritmi la sensazione di *groove*. La sesta sezione si addenterà nei processi cognitivi, neurali e fisiologici associati all'esperienza del *groove*.

Successivamente, dopo aver revisionato la letteratura sull'oggetto di studio, verranno specificate le ipotesi su cui si basa l'esperimento condotto. A seguire, verranno presentati i metodi, con esplicitazione del campione di partecipanti, dei materiali utilizzati, del procedimento e delle analisi statistiche. Dopodiché, saranno esposti i risultati delle analisi. In seguito, nella discussione, verranno interpretati i risultati ottenuti alla luce delle ipotesi iniziali e paragonati con quelli degli studi presenti in letteratura e verrà rivolto uno sguardo alle applicazioni pratiche e alle potenziali direzioni future per gli studi empirici sul *groove*. Infine, un breve riassunto della ricerca, con i principali risultati e argomentazioni, verrà restituito nelle conclusioni.

1.1. CONCETTO DI GROOVE

Che cos'è il *groove*? Il termine *groove* viene usato frequentemente da musicisti, appassionati di musica, produttori musicali e ricercatori in psicologia della musica e

assume sfumature diverse a seconda del contesto e dell'era in cui viene utilizzato (Duman et al., 2023). Musicologi, etnomusicologi e filosofi, prima ancora dell'avvento degli studi in psicologia sul *groove*, hanno fornito contributi fondamentali alla sua comprensione (Etani et al., 2024). Si procederà, in primo luogo, con il descrivere e il definire il concetto di *groove* dal punto di vista degli studi umanistici, per poi osservarlo sotto la lente degli studi psicologici. In ogni caso, è fondamentale tenere a mente che la varietà di interpretazioni riflette la complessità del fenomeno.

1.1.1. Il termine “*groove*” in musicologia, etnomusicologia e filosofia

Duman et al. (2023) esamina attentamente la storia del termine “*groove*” e afferma che, come dimostrato dai suoi primi utilizzi, “*groove*” non era originariamente un termine appartenente al contesto musicale: “*in the groove*” significava inizialmente “*running accurately in a channel or groove*” (ovvero, “correre con precisione in un canale o in un solco”). Gli autori sottolineano, infatti, come l'Oxford English Dictionary (n.d.) fornisca vari esempi di *groove* (n., v.), *grooving* (n.), *groovy* (agg.) nell'industria mineraria, nella musica o in riferimento a un canale (nel legno, nel metallo e nel taglio a spirale in un disco in vinile). Inoltre, riportano che, in seguito, musicisti jazz dal 1920 in poi usarono il termine per riferirsi a una “buona performance”, mentre, durante l'era dello swing e del jazz degli anni '40, l'espressione “*in the groove*” fu usata per riferirsi a una specifica routine musicale, preferenza o stile, indicandone le proprietà estetiche. Durante gli anni '70, il *groove* era per lo più associato a generi musicali come funk e soul e, nello stesso periodo, era persino usato come termine per dire che qualcosa è “cool” (Duman et al., 2023).

Roholt (2014), mette in evidenza due dimensioni principali del *groove*: la dimensione musicale e la dimensione affettiva. Etani et al. (2024) approfondisce i due aspetti in questione. Relativamente all'aspetto musicale, la caratteristica musicale principale che elicitava la sensazione di *groove* è la ripetizione di pattern e, infatti, il pattern ripetitivo stesso può essere chiamato *groove*. “Il pattern ripetuto di *snare*, *kick* e *hats* è la spina dorsale ritmica della canzone e viene definito *groove* o *beat*” (Berger, 1999, p.45). La dimensione affettiva, invece, si riferisce a come ci sentiamo e come rispondiamo quando esperiamo il *groove*. “Sentire il *groove*” è prima di tutto un'esperienza corporea: “si avvia un *groove* e le persone interrompono qualsiasi cosa stiano facendo

e cominciano a prestare attenzione alla musica; mettono in movimento i loro corpi o adattano il movimento per seguire la spinta del *groove*" (Zbikowski, 2004, p.272). Tuttavia, il *groove* si presenta anche come un fenomeno relazionale che non insorge solo all'interno del singolo individuo, ma anche tra individui diversi, configurandosi così come un'esperienza condivisa da musicisti, ballerini e pubblico (Doffman, 2013). In questo senso, Witek (2017, p.149) evidenzia come "il riempire collettivamente i vuoti nella sincope" attiri più individui nello stesso spazio e sincronizzi i loro movimenti, il che non solo può offuscare i confini tra le persone e la musica, ma può anche sfumare i confini tra i diversi agenti, promuovendo in questo modo un senso di unità. Inoltre, come riportato dalle interviste di Monson (1996, p.68), il *groove* è legato al piacere: il batterista Michael Carvin descrive il *groove* simile "all'immersione in una vasca da bagno", mentre Don Byron lo descrive come "un'euforia che deriva dal 'giocare' del buon tempo con qualcuno". Per di più, si sostiene che "*striking a groove*" è simile alla piacevole esperienza del fare l'amore (Berliner, 1994, p.389).

1.1.2. Il termine "*groove*" in psicologia e neuroscienze

Negli anni 2000, dopo i significativi contributi delle discipline umanistiche, la ricerca sul *groove* si afferma anche in campo psicologico, avvalendosi di metodi sperimentali (Etani et al., 2024).

Uno dei primi a esplorare il concetto di *groove* è stato Madison (2006) che ha realizzato un esperimento in laboratorio per chiarirne la natura. Ai partecipanti è stato chiesto di ascoltare brani musicali provenienti da diverse culture, tra cui africana, afroamericana, indiana, latino-americana, scandinava e sudeuropea e di valutarli soggettivamente su 14 *item*, incluso "*groove*". Un'analisi fattoriale ha evidenziato che le parole "rapido," "rimbalzante," e "intensivo" erano associate al *groove*, suggerendo che il *groove* è correlato alla musica caratterizzata da rapidità e alta intensità, elementi che producono un senso di *bounce* (rimbalzo).

Janata et al. (2012), dopo aver chiesto ai partecipanti di dare liberamente una definizione di *groove*, hanno rivelato che le parole più frequentemente utilizzate facevano riferimento al ritmo e al movimento corporeo, come "muoversi", "battito", "ritmo" e "ballare". Sono spesso emersi anche termini che suggerivano un forte coinvolgimento emotivo e una spinta a muoversi, come "sentire", "volere" e "fare",

riflettendo l'integrazione tra il movimento del corpo e la musica. In un secondo momento, i ricercatori hanno proposto una serie di frasi ai partecipanti, chiedendo loro di valutarne l'adeguatezza nella descrizione del *groove*. La frase che ha ricevuto il punteggio più alto è stata "il *groove* dipende dalla misura in cui la musica ti fa venir voglia di muoverti". Da queste valutazioni, è emersa una definizione operativa del *groove* come "l'aspetto della musica che induce una piacevole sensazione di volersi muovere sulla musica". Infine, dalle valutazioni dei partecipanti di diversi estratti musicali, è emersa una correlazione positiva significativa tra *groove* e godimento, il che ha evidenziato l'importanza degli aspetti "che inducono movimento" e "piacevoli" del *groove*.

Hosken (2020), attraverso un'analisi tematica delle risposte fornite dai partecipanti alla domanda "Questa traccia ha *groove*? Perché? Descrivi il *groove*", ha evidenziato l'impossibilità di definire il *groove* in maniera univoca. Di conseguenza, ha raggruppato le risposte in cinque categorie: Piacere, Movimento/Energia, Tensione/Rilassamento, Aspettativa/Sorpresa e Linguaggio Tecnico.

Duman et al. (2023), con l'intento di fornire una definizione più completa di *groove*, hanno applicato l'analisi tematica per esaminare le definizioni dei partecipanti. In linea con i due aspetti del *groove* che sono emersi, il primo correlato alla musica (performance e caratteristiche musicali) e il secondo correlato all'esperienza (immersione, desiderio di muoversi, affetto positivo e connessione sociale), hanno proposto una definizione operativa di *groove* come "un'esperienza partecipativa (correlata a immersione, movimento, affetto positivo e connessione sociale) risultante da una sottile interazione di specifici fattori correlati alla musica (come caratteristiche correlate al tempo e al pitch), alla performance e/o all'individuo".

Come sottolinea la definizione operativa più frequentemente utilizzata di *groove*, "la piacevole sensazione di voler muovere il corpo sulla musica", il piacere e l'induzione del movimento emergono come qualità chiave (Etani et al., 2024, p.5). Pertanto, è essenziale esplorare entrambe le caratteristiche e la loro relazione per comprendere a fondo il concetto dal punto di vista psicologico.

Witek et al. (2014) hanno riscontrato una forte correlazione tra "voglia di muoversi" e il "piacere", elementi che i partecipanti dovevano valutare in relazione a diversi pattern di batteria. A sostegno di ciò, si possono riscontrare in letteratura evidenze del legame

neurofisiologico tra *groove* e piacere. Ad esempio, Matthews et al. (2020), attraverso uno studio di imaging cerebrale, hanno dimostrato che il *groove* è associato ad un incremento di attività nelle regioni cerebrali coinvolte nel sistema di ricompensa, come il nucleus accumbens. Inoltre, come mettono in luce Gebauer et al. (2012), poiché sia l'induzione del movimento che le sensazioni di piacere comportano il rilascio di dopamina, è probabile che questi due aspetti non siano indipendenti l'uno dall'altro.

Dunque, questi studi empirici avvalorano la definizione operativa di *groove* più utilizzata in psicologia, che descrive questo fenomeno come "la piacevole sensazione di voler muovere il corpo sulla musica", sottolineando sia gli aspetti di induzione del movimento e di piacere del *groove*, sia la loro possibile interconnessione (Etani et al., 2024, p.5). Tuttavia, altri aspetti del *groove* menzionati da studi sopra citati, come tensione/rilassamento, aspettativa/sorpresa (Hosken, 2020) e connessione sociale (Duman et al., 2023), sono meno studiati a livello sperimentale.

In conclusione, se da un lato, nel campo della musicologia, il termine *groove* è stato introdotto nel contesto dei generi musicali afroamericani, come R&B, jazz, soul, disco, funk e hip hop, in riferimento alle qualità estetiche della musica, ai specifici pattern ritmici o al modo in cui i musicisti si sincronizzano e interagiscono tra loro senza sforzo, dall'altro lato, recenti studi sulla percezione e sulla cognizione musicale concordano su una definizione più specifica di *groove* come impulso piacevole a muovere il proprio corpo in relazione al ritmo della musica (Stupacher et al., 2022a). In aggiunta, a differenza di una comprensione ampia e multiforme di *groove* che include altri elementi, è stato proposto l'acronimo PLUMM, che sta per "*the pleasurable urge to move to music*" ("il piacevole desiderio di muoversi sulla musica") (Matthews et al., 2023).

1.2. PERCEZIONE DEL RITMO MUSICALE

Il ritmo musicale, elemento essenziale in tutta (o quasi) la musica, è ciò che spesso ci induce a muoverci, danzare o sincronizzare i nostri movimenti e, in questo senso, è

strettamente legato a fenomeni come il *groove*. Partiremo dal comprendere cos'è il ritmo per poi esplorare nel dettaglio come esso coinvolga i processi percettivi e motori.

1.2.1. Ritmo e ritmo musicale

Il mondo uditivo in cui l'uomo è immerso contiene suoni che seguono pattern temporali regolari e ripetitivi. Si pensi, ad esempio, al battito del cuore o al ticchettio di un orologio. Entrambi questi suoni seguono uno schema regolare e ripetitivo: il battito cardiaco, soprattutto in condizioni di riposo, segue un pattern regolare, con intervalli costanti tra un battito e l'altro, così come il ticchettio di un orologio che scandisce lo scorrere del tempo con una cadenza costante. Il termine ritmo, dunque, si riferisce ai pattern e all'organizzazione delle durate e degli intervalli di inizio di suoni e silenzi nel tempo (London, 2012). Dinanzi alle informazioni ritmiche provenienti da diversi tipi di stimoli uditivi che possono variare in termini di ritmicità, gli esseri umani dimostrano una notevole capacità di elaborazione e comprensione (Fiveash et al., 2023). Quando qualcuno colpisce un chiodo con il martello, il martello produce un ritmo regolare: colpo (suono del martello che colpisce) e silenzio (pausa prima del colpo successivo). Anche se la forza e la velocità dei colpi possono variare, il nostro cervello è in grado di percepire e comprendere il pattern ritmico di questa sequenza di suoni.

Nel campo della musica, essa può essere suddivisa in tre componenti fondamentali: melodia, armonia e ritmo (Vuust et al., 2022). Il ritmo rappresenta una caratteristica cruciale che l'ascoltatore deve essere in grado di estrarre al fine di elaborare uno stimolo musicale e, più in generale, poter vivere un'esperienza musicale. Difatti, la struttura temporale della musica della maggior parte delle tradizioni musicali è basata sul *pulse* (pulsazione) (Koelsch et al., 2019). Il *pulse*, ovvero il *beat* (battito) nel tempo, è ciò su cui le persone sincronizzano i propri movimenti (come battere il piede o le mani) quando ascoltano la musica ed "è strutturato gerarchicamente nel cosiddetto metro, comprendente *beat* distanziati e accentati (forti/deboli), che fornisce un contesto a priori per percepire la successione degli eventi musicali nel tempo" (Koelsch et al., 2019, p.64). Ad esempio, un *beat* forte ogni due crea un pattern simile a una marcia, mentre un *beat* forte ogni tre, crea un pattern simile a un valzer (Patel & Iversen, 2014). Ci riferiremo qui al ritmo musicale come ai "pattern ritmici costruiti in

modo tale da consentire l'estrazione di regolarità temporali sottostanti, come il *beat* e il metro" (Fiveash et al., 2023, p.2).

1.2.2. Percezione del *beat*

La percezione del *beat* è riconosciuta come un'abilità musicale fondamentale. Essendo definita come il processo di inferenza di un *pulse* o *beat* sottostante da un estratto musicale (Patel & Iversen, 2014), funge da impalcatura su cui vengono percepiti i ritmi musicali. In questo senso la percezione del *beat* risulta indispensabile per la capacità di percepire e apprezzare la musica in generale (Harrison & Müllensiefen, 2018).

Due aspetti chiave della percezione del *beat*, fondamentali per comprendere la natura di questo processo, sono il suo carattere costruttivo e predittivo (Patel & Iversen, 2014). Entriamo ora nel dettaglio per esplorare questi elementi.

In primo luogo, la percezione del *beat* non è un processo passivo che si limita alla sincronizzazione delle risposte neurali al suono (Patel & Iversen, 2014). Sebbene, sia legata alle regolarità acustiche, essa non è semplicemente determinata da queste ultime e non consiste in una mera scoperta delle regolarità nei suoni complessi (Harrison & Müllensiefen, 2018). Piuttosto, la percezione del *beat* si caratterizza come un processo attivo e costruttivo, guidato dal controllo volontario e fornisce un riferimento temporale che modella la percezione del ritmo (Patel & Iversen, 2014). Le evidenze comportamentali mostrano infatti che "il *beat* imposto ad un determinato suono può essere alterato consapevolmente dall'ascoltatore e questa manipolazione può rimodellare completamente il modo in cui quel suono viene sentito" (Patel & Iversen, 2014, p.3). La musica varia per quanto riguarda la chiarezza delle posizioni del *beat*: alcuni stili musicali mettono in evidenza i *beat* con battute di batteria regolari e prominenti facilitando la percezione del *beat* da parte dell'ascoltatore, mentre altri stili presentano indizi più deboli rendendo le posizioni dei *beat* più implicite e ambigue, il che può portare a molteplici interpretazioni (Harrison & Müllensiefen, 2018; Patel & Iversen, 2014). Repp et al. (2008) hanno dimostrato che le persone sono in grado di sincronizzarsi con le sequenze ritmiche sia quando il *beat* è chiaramente supportato dallo stimolo, sia quando c'è poca o nessuna energia acustica sul *beat*. Ciò si verifica, ad esempio, nei ritmi sincopati, in cui nessuna nota cade su un *beat* forte, ma su un

beat metricamente più debole (Matthews et al., 2022). La capacità di mantenere il *beat*, anche in presenza di segnali acustici contrastanti, è una prova convincente della natura costruttiva del *beat* (Patel & Iversen, 2014). La collocazione del *beat* da parte di un ascoltatore ha un impatto significativo sulla sua percezione dei pattern temporali (Repp et al., 2008). Infatti, pattern temporali identici possono sembrare ritmi completamente diversi se interpretati con posizioni del *beat* differenti, suggerendo che la percezione del *beat* modella la percezione del ritmo nel suo complesso (Patel & Iversen, 2014). Dunque, “il *beat* sembra fungere da impalcatura temporale per la codifica di pattern temporali, e la percezione del ritmo non dipende solo dallo stimolo, ma anche dalla tempistica del senso endogeno del *beat*” (Patel & Iversen, 2014, p.4).

In secondo luogo, la percezione del *beat* è di natura predittiva e, infatti, le previsioni temporali svolgono un ruolo cruciale nella percezione del *beat* e del ritmo (Matthews et al., 2022). Sia il *beat* (il *pulse* regolare sottostante a un ritmo) che il metro (lo schema di *beat* forti e deboli) possono essere considerati modelli interni della struttura temporale dei segnali uditivi, capaci di generare previsioni sui tempi di attacchi successivi, con un grado di certezza variabile a seconda della posizione del *beat* all'interno della gerarchia metrica (Matthews et al., 2022). Queste previsioni influenzano la nostra percezione e attenzione e sono necessarie per sincronizzare il movimento al ritmo della musica, oltre a contribuire al piacere e alle emozioni positive che derivano dall'ascolto e dall'interazione con la musica ritmica (Fiveash et al., 2023; Matthews et al., 2022). La percezione del *beat* musicale, che consiste nella capacità di percepire un *pulse* periodico all'interno di sequenze di suoni complesse, si manifesta spesso attraverso i movimenti delle persone a ritmo di musica (Patel & Iversen, 2014). In questo senso, la sincronizzazione con il *beat* può essere considerata come l'esternalizzazione delle previsioni basate sul *beat* e fornisce, dunque, misure indirette ma oggettive di tali previsioni (Matthews et al., 2022). Per testarle, ad esempio, è possibile chiedere alle persone di battere un dito sul *beat* percepito. Il fatto che questi tocchi cadano molto vicini nel tempo ai *beat* della musica dimostra che la percezione del *beat* sia un processo predittivo (Patel & Iversen, 2014). Il cervello, infatti, è in grado di fare previsioni temporali molto accurate rispetto alle tempistiche di *beat* imminenti, le quali consentono di anticipare quando iniziare un movimento affinché sia esattamente sincronizzato con la musica (Fiveash et al., 2023; Patel & Iversen, 2014). Inoltre, la capacità di prevedere accuratamente i *beat* influisce sulla percezione, anche

in assenza di movimento fisico: gli eventi uditivi che si verificano in corrispondenza dei *beat* (“*on beat*”, “a tempo”) vengono elaborati più facilmente rispetto a quelli che si discostano dal *beat* (“*off beat*”, “non a tempo”) (Patel & Iversen, 2014). L’anticipazione degli eventi ritmici da parte dell’ascoltatore è stata interpretata principalmente attraverso due modelli teorici: la “*dynamic attending theory*” (Jones, 1976; Large and Jones, 1999), con conseguenti previsioni temporali, e il “*predictive coding*” (Friston, 2005; Vuust et al., 2022). Sia la *dynamic attending theory* che il *predictive coding* propongono un allineamento degli stati interni con l’input esterno, ottenuto attraverso due meccanismi distinti: (a) la sincronizzazione delle oscillazioni neurali endogene con il ritmo esterno, che intensifica l’“energia attentiva” in corrispondenza dei momenti attesi del *beat* e focalizza le risorse di elaborazione percettiva su questi istanti (*dynamic attending*); oppure (b) la generazione di previsioni basate sull’apprendimento e il confronto tra una rappresentazione appresa e l’input bottom-up (*predictive coding*) (Fiveash et al., 2023; Patel & Iversen, 2014).

1.3. MOVIMENTO DEL CORPO SUL RITMO

u.net, autore del libro *Renegades of Funk*, parlando di DJ Kool Herc, uno dei fondatori della musica hip hop nel Bronx negli anni '70 (figura 1), scrive:

Herc studiava attentamente la folla e cercava di comprendere quali fossero i brani o le parti di essi che la gente aspettava per scatenarsi. Il momento in cui il pubblico perdeva la testa era la parte strumentale in cui tutti gli altri elementi scemavano a favore delle percussioni e del ritmo: il *break*! Scordatevi la melodia, il testo e il ritornello, si parla solo del *groove*: trovare il *groove* migliore e farlo continuare il più a lungo possibile. [...] Sfruttando la tecnica in seguito definita *merry-go-round*, Herc suona due copie dello stesso disco, facendo cominciare il *break* del secondo mentre sta terminando quello sul primo, estendendo in questo modo i cinque secondi del *break* a cinque minuti di fuoco. Nelle feste Herc passava da un *break* all’altro mandando letteralmente in delirio la folla. “Una volta ascoltata una cosa del genere, non c’era nessuna possibilità di ritorno. Tutti volevano solo *break* dopo *break* dopo *break*.” (u.net, 2011, p.34)



FIGURA 1. DJ Kool Herc, il primo ad aver introdotto la tecnica *merry-go-round* nei suoi set nel 1973. Il primo *merry-go-round* conosciuto utilizzava il brano “*Give It Up Or Turn It a Loose*” di James Brown (con il suo ritornello, “Now clap your hands! Stomp your feet!”).

Basta ascoltare “*Apache*” dell’Incredible Bongo Band o “*Give It Up Or Turn It a Loose*” di James Brown per capire, o meglio, sentire che l’impulso a muoversi a ritmo di musica è irresistibile. Perché questo accade? È chiaro che non tutta la musica invita alla danza allo stesso modo, ma perché delle volte sentiamo quella voglia irrefrenabile di ballare? Perché le persone si precipitano in pista quando sentono i ritmi dei dischi suonati da Herc e si muovono a ritmo di musica con un senso di piacere così intenso? Il legame esplicito tra corpo e mente, azione e percezione ha recentemente portato il ritmo musicale, e la sua connessione con il movimento corporeo, a diventare un argomento di crescente interesse in psicologia e neuroscienze cognitive.

1.3.1. L’intima relazione tra ritmo e movimento del corpo

Sebbene la musica sia spesso considerata un fenomeno uditivo, da una prospettiva ecologica e filogenetica, è innegabile come nella maggior parte delle culture la musica sia accompagnata da qualche forma di danza (Fitch, 2016; Zalta et al., 2024). In molti generi musicali, non solo sembrerebbe strano ballare senza la giusta musica, ma anche eseguire la musica senza la danza risulterebbe incompleto e insoddisfacente (figura 2). La loro connessione è così profonda che in molte lingue non esiste nemmeno una distinzione tra musica e danza: viene utilizzata un’unica parola per descrivere entrambe. Inoltre, esaminando le diverse definizioni del termine “ritmo”, è

possibile osservare come alle origini, nella tradizione greca e, ad esempio in Platone, il movimento fosse considerato il concetto chiave; tuttavia, nel tempo questa centralità è stata progressivamente offuscata, dando spazio a interpretazioni prevalentemente uditive e cognitive, oggi divenute predominanti. Questo stretto legame tra musica e danza si traduce nell'intima relazione che esiste tra segnali musicali e movimenti corporei, i quali sono parte di un unico grande insieme (Fitch, 2016). La danza richiede, infatti, la sincronizzazione dei movimenti del corpo con il ritmo musicale, processo che avviene grazie alle interazioni audio-motorie (Zalta et al., 2024) che andremo ora ad esplorare.



FIGURA 2. L'immagine illustra come, in molte tradizioni musicali (ad esempio, nel contesto delle percussioni africane), la musica e la danza siano componenti ugualmente importanti di un'esperienza musicale sociale partecipativa. (Fitch, 2016)

1.3.2. Interazione tra sistema uditivo e motorio

Abbiamo visto che la percezione di un *pulse* musicale tende a far sì che i movimenti del corpo si sincronizzino con ritmo, come quando si batte il piede a tempo (Koelsch et al., 2019). Ma perché esiste questa forte connessione tra ciò che percepiamo e la nostra voglia di muoversi?

Chen et al. (2008), si sono chiesti se, nonostante percezione e azione siano strettamente collegate, un evento percettivo, anche in assenza di movimento, possa comunque attivare il sistema motorio. Per rispondere a questo quesito, hanno condotto uno studio fMRI in cui ai partecipanti è stato chiesto di ascoltare la musica in tre condizioni: 1) “ascolto passivo”, dove i soggetti ascoltavano semplicemente i ritmi musicali; 2) “ascolto con anticipazione”, in cui dovevano prepararsi a sincronizzarsi con la musica senza compiere alcun movimento; 3) “sincronizzazione attiva”, dove i partecipanti dovevano battere il dito a tempo con il ritmo musicale. I risultati (figura 3) hanno mostrato che la condizione di sincronizzazione attiva ha portato alla maggiore attivazione dell’area motoria supplementare e della corteccia premotoria. Tuttavia, anche nelle condizioni di preparazione all’azione e di ascolto passivo queste aree erano attive, anche se in misura minore.

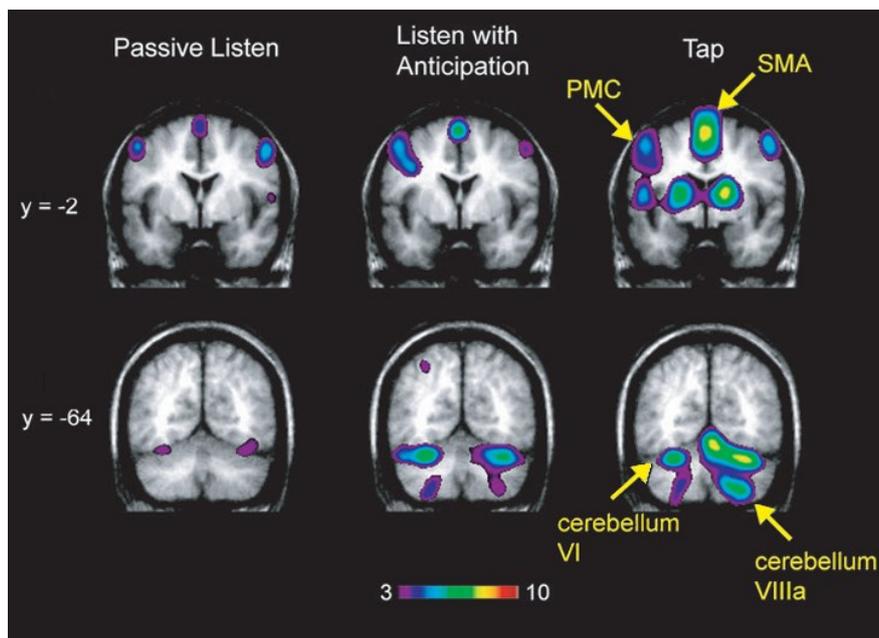


FIGURA 3. Regioni cerebrali attive durante ascolto passivo, ascolto con anticipazione e sincronizzazione attiva, rispetto al silenzio. PMC, corteccia premotoria; SMA, area motoria supplementare. Immagine adattata da Chen et al. (2008).

Dunque, la pura percezione di un ritmo musicale, in assenza di qualsiasi movimento, attiva regioni del sistema motorio, come la corteccia premotoria (PMC), l’area motoria supplementare (SMA) e i gangli della base (putamen) (Chen et al., 2008; Patel & Iversen, 2014). Zatorre et al. (2007) hanno suggerito che le interazioni tra sistema uditivo e motorio sono alla base delle previsioni temporali coinvolte nella percezione

del ritmo. Quando ascoltiamo la musica, infatti, generiamo attivamente previsioni su cosa accadrà successivamente e le interazioni uditivo-motorie permettono di rilevare e anticipare i momenti temporalmente prevedibili della musica (Penhune & Zatorre, 2019; Vuust et al., 2022). Sulla stessa linea, Zalta et al. (2024) ritengono che l'attività motoria sia associata al riciclo neurale dei circuiti d'azione per le stime temporali (Zalta et al., 2024). Pertanto, durante la percezione uditiva, il sistema motorio codifica le informazioni delle previsioni temporali e può ottimizzare l'elaborazione uditiva (Zalta et al., 2024).

Quindi, la percezione del *beat* e l'attivazione motoria sono fortemente collegate, sia in termini di esperienza soggettiva che di basi neurali (Matthews et al., 2020), attraverso un processo di integrazione sensori-motoria. Questo potrebbe spiegare il motivo per cui, durante l'ascolto di un brano musicale, sentiamo l'impulso irresistibile di muoverci al ritmo della musica.

1.3.3. Effetti della musica con alto *groove* sul movimento

L'esperienza del *groove* è strettamente legata al corpo (Etani et al., 2024). Esamineremo ora come gli ascoltatori reagiscono fisicamente alla musica quando vivono l'esperienza del *groove*, concentrandoci sui movimenti spontanei che emergono e sulla sincronizzazione dei movimenti alla musica.

Interrogiamoci innanzitutto su questo primo quesito: sperimentare l'esperienza del *groove* porta veramente a movimenti corporei visibili e manifesti oppure genera soltanto un impulso interno e latente a muoversi? Etani et al. (2024), revisionando la letteratura, riporta che il movimento spontaneo delle persone aumenta in modo significativo durante l'ascolto di brani musicali classificati come ad alto *groove*, rispetto a quelli con *groove* basso o moderato (Janata et al., 2012). In linea con ciò, è stata rilevata una correlazione positiva tra le valutazioni del *groove* e l'energia del movimento spontaneo della testa (Hurley et al., 2014) ed anche un aumento del movimento della testa durante l'ascolto di musica con alto *groove* (Dotov et al., 2021). Pertanto, i risultati di questi studi suggeriscono che la musica con alto *groove* induce movimenti corporei spontanei e manifesti (Etani et al., 2024).

Un secondo quesito su cui è importante soffermarci è il seguente: l'esperienza del *groove* facilita la sincronizzazione dei movimenti corporei alla musica? Per rispondere,

procediamo con il considerare anche qui la revisione operata da Etani et al. (2024). Nella musica con alto *groove*, il *tapping* mostra una maggiore accuratezza nella sincronizzazione con le periodicità della struttura temporale della musica e viene anche soggettivamente percepito come più facile, rispetto alla musica con *groove* basso o moderato (Janata et al., 2012). Allo stesso modo, è stata riscontrata una correlazione positiva tra le valutazioni del *groove* e la forza della sincronizzazione del movimento della testa alla musica (Hurley et al., 2014) e la precisione del *tapping* è risultata positivamente correlata alle valutazioni del *groove* (Matthews et al., 2022). Inoltre, nella musica con alto *groove*, rispetto a quella con basso *groove*, la camminata si sincronizza più accuratamente al ritmo della musica ed è caratterizzata da passi più lunghi e più veloci, da un'andatura più regolare e da un maggiore controllo dell'equilibrio (Leow et al., 2014). Il fatto che, in generale, *beat* prevedibili facilitino la sincronizzazione del movimento, rendendolo più accurato e meno variabile, potrebbe spiegare perché in molti sport gli atleti usino la musica per guidare il movimento (Penhune & Zatorre, 2019). Inoltre, è interessante notare che la sincronia percepita è più fortemente correlata alle valutazioni di *groove* rispetto alla sincronia misurata (precisione del *tapping*), il che indica una discrepanza tra sincronia misurata oggettivamente e sincronia percepita soggettivamente (Matthews et al., 2022). Nel complesso, questi risultati indicano che la forza dell'esperienza del *groove* è correlata sia al grado di sincronizzazione oggettivamente misurata dei movimenti del corpo (es. *tapping* e camminare) con la musica, sia alla sincronia soggettivamente percepita (Etani et al., 2024). Tuttavia, la direzione della relazione rimane ancora incerta. Infatti, non è ancora chiaro se sia la sincronizzazione (manifesta o latente) con il ritmo della musica a generare l'esperienza di alto *groove* oppure se sia l'intensa esperienza di *groove* ad indurre una maggiore sincronizzazione (Etani et al., 2024).

In sintesi, la musica con alto *groove* induce un movimento spontaneo del corpo e migliora la sincronizzazione del movimento del corpo con la musica, suggerendo una stretta connessione tra *groove* e corpo e portando alla luce il legame bidirezionale tra percezione e azione (Etani et al., 2024) che ora esploreremo.

1.3.4. Bidirezionalità del legame tra percezione e azione

Alla base della cognizione musicale incarnata c'è l'idea che "il sistema motorio umano, i gesti e i movimenti del corpo svolgono un ruolo importante nella percezione musicale"

(Leman e Maes, 2014, p.236). Secondo Leman e Maes (2014), un modo per evidenziare il ruolo dell'incarnazione nella percezione musicale è dimostrare che l'incarnazione non si limita ad essere un effetto della musica sull'azione; piuttosto, l'impatto dell'azione sulla percezione musicale è essenziale nel dare senso alla musica (Etani et al., 2024).

Come abbiamo visto nel paragrafo precedente, ascoltare musica che elicitava l'esperienza del *groove* incoraggia il movimento spontaneo del corpo e consente la sincronizzazione del movimento del corpo al ritmo, il che indica una risposta attiva alla musica, dato il coinvolgimento del nostro corpo nel processo, piuttosto una semplice reazione passiva (Etani et al., 2024).

Inoltre, come già osservato nel precedente paragrafo 1.3.2., quando percepiamo un ritmo musicale, attiviamo le regioni del sistema motorio (PMC, SMA e gangli della base) anche in assenza di movimento. Quando ascoltiamo musica con alto *groove*, le aspettative ritmiche possono essere considerate come previsioni temporali che si pensa abbiano origine in queste regioni e potrebbero riflettere la simulazione interna del movimento corporeo, che probabilmente facilita la percezione del *beat* e del ritmo (Etani et al., 2024; Matthews et al., 2020). Per di più, battere sul *beat* facilita la percezione del *beat*, aiutando ad estrarre i *pulse* dai ritmi più complessi, e la danza può contribuire a rendere più chiara e meno ambigua la percezione della musica (Etani et al., 2024). Pertanto, il *groove* può attivare il sistema motorio sia tramite i processi motori alla base delle aspettative ritmiche, sia attraverso la preparazione al movimento manifesta o latente presumibilmente coinvolta nel testare queste aspettative (Matthews et al., 2020).

Nel complesso, questi risultati mettono in risalto la bidirezionalità del rapporto tra percezione e azione: da un lato l'esperienza del *groove* innesca nelle persone un movimento spontaneo, sincronizzato al ritmo della musica, dall'altro lato la simulazione interna dei movimenti corporei e il muoversi sul ritmo della musica facilitano la percezione del *beat* (Etani et al., 2024). In altre parole, la percezione innesca l'azione e l'azione facilita la percezione.

L'idea della cognizione musicale incarnata, secondo la quale il movimento corporeo è fondamentale nel dare senso alla musica, è quindi supportata dal fatto che

sperimentare il *groove* e muovere il corpo a tempo di musica rappresenta un processo enattivo che consente e facilita la percezione del *beat* e del ritmo musicale (Etani et al., 2024). La dimensione corporea si rivela essenziale nell'elaborazione ritmica, arricchendo così la nostra esperienza musicale.

1.3.5. Testare la percezione ritmica: CA-BAT

Dopo avere esplorato la percezione ritmo e il suo legame con il movimento del corpo, è fondamentale comprendere come testare questo costrutto a livello sperimentale. Esiste una vasta gamma di comportamenti correlati alla percezione del ritmo, come battere con mani o piedi sul tempo di un brano musicale, rilevare il disallineamento tra un metronomo e un estratto musicale e rilevare differenze di durata tra suoni successivi, che è fondamentale per sviluppare un quadro completo dei diversi meccanismi psicologici coinvolti nella percezione del *beat* (Harrison & Müllensiefen, 2018). Al fine di indagare questi vari aspetti, i ricercatori hanno sviluppato diversi test sulla percezione del *beat*, tra cui il *Beat Alignment Test* (BAT), l'*Adaptive Beat Alignment Test* (A-BAT), il *Computerised Adaptive Beat Alignment Test* (CA-BAT), il *Beat Perception Test* dal *Goldsmiths Musical Sophistication Index* (Gold-MSI), l'*Harvard Beat Assessment Test* (H-BAT) e il *Battery for the Assessment of Auditory Sensorimotor and Timing Abilities* (BAASTA). Questi test hanno permesso di identificare le aree cerebrali, sia uditive che motorie, coinvolte nella percezione e nella riproduzione del ritmo, analizzando come le capacità di percezione del *beat* siano correlate ad altre capacità e comportamenti musicali (Harrison & Müllensiefen, 2018).

In linea con gli scopi del seguente studio, ci focalizzeremo qui sul *Computerised Adaptive Beat Alignment Test* (CA-BAT), sviluppato e validato da Harrison & Müllensiefen (2018), che valuta le capacità di percezione del ritmo utilizzando il paradigma di allineamento del *beat*, in cui si richiede al soggetto di rilevare un disallineamento tra metronomo e estratto musicale.

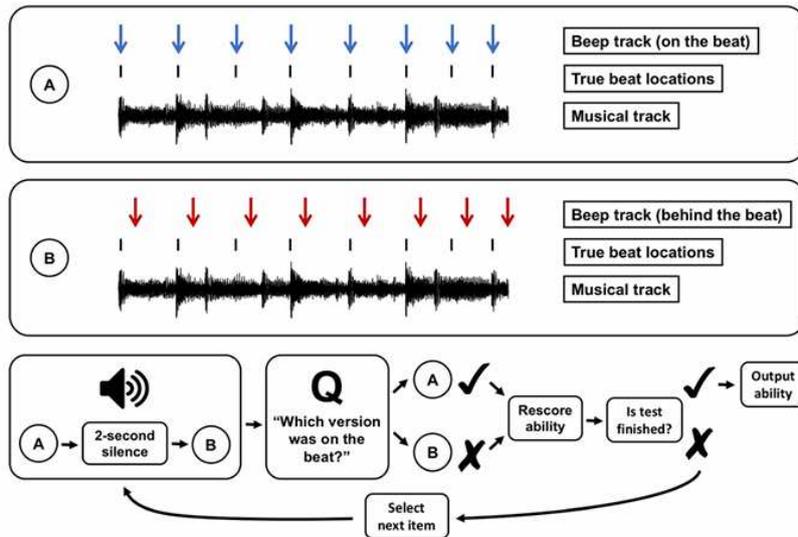


FIGURA 4. Rappresentazione schematica del CA-BAT che riassume la struttura del test. (Harrison & Müllensiefen, 2018)

Il paradigma (figura 4) comprende una serie di prove a due alternative a scelta forzata. In ogni prova vengono presentate al partecipante due versioni di una stessa traccia musicale alle quali è sovrapposto un metronomo: il target e l'esca. I due stimoli, ognuno della durata di circa 12 secondi, sono separati da un intervallo di silenzio di 2 secondi. Nel corso delle prove, l'ordine di presentazione può variare, ovvero può apparire prima il target o l'esca. Nel target il *beep* del metronomo è esattamente allineato alla posizione del *beat* musicale (*on beat*), mentre nell'esca il *beep* del metronomo è spostato temporalmente di una certa porzione (P) di *beat*, in avanti o indietro, con $0 < P \leq 0.5$ (*off beat*). Il partecipante è chiamato ad individuare quale delle due versioni è il target, ossia quale delle due è *on beat*.

Il test combina tecniche moderne di psicometria come l'*item response theory*, l'*adaptive testing*, l'*automatic item generation*. L'*item response theory* (IRT) è un modello statistico utilizzato per descrivere la probabilità che un partecipante risponda correttamente a un *item*, in funzione della propria abilità e delle caratteristiche specifiche dell'*item* stesso. Nel contesto del CA-BAT, l'IRT consente di stimare accuratamente l'abilità del partecipante basandosi sulle risposte a una serie di *item*. Questo approccio permette di ottenere una misurazione più precisa e di calibrare la difficoltà degli *item* per migliorare la validità del test.

L'*adaptive testing* è una metodologia in cui le difficoltà degli stimoli si adattano automaticamente in base alle risposte del partecipante. Nel CA-BAT, se il partecipante

risponde correttamente a un *item*, il test presenta successivamente un compito più difficile (ad esempio, con disallineamenti del *beat* meno evidenti), mentre se la risposta è errata, il compito diventa più facile. Questo approccio permette di ridurre la lunghezza complessiva del test senza sacrificare la precisione delle misurazioni, ottenendo una stima più accurata delle abilità individuali rispetto ai test non adattivi.

L'*automatic item generation* fa riferimento alla capacità del CA-BAT di creare automaticamente nuovi stimoli senza richiedere la progettazione manuale di ciascun *item*. Invece di utilizzare solo un set fisso di *item*, il test può generare molteplici combinazioni di tracce musicali e disallineamenti del *beat*, assicurando che ogni sessione di test sia unica. Questo meccanismo riduce il potenziale rischio dell'effetto dell'esposizione, garantendo che le risposte riflettano la vera abilità percettiva.

Per generare automaticamente *item* in modo efficace è fondamentale saper controllare la difficoltà degli stessi. Pertanto, un altro aspetto cruciale del CA-BAT è la correlazione tra la difficoltà degli *item* e le loro caratteristiche. La difficoltà di ogni stimolo può essere manipolata variando parametri come l'entità del disallineamento del metronomo rispetto al *beat* musicale. Ad esempio, disallineamenti più grandi sono più facili da rilevare rispetto a quelli più piccoli. Al contrario, aumentando la vicinanza del *beep* del metronomo al *beat* della musica, aumenta la somiglianza tra bersaglio ed esca e, di conseguenza, aumenta la difficoltà della prova. In questo modo, è possibile calibrare la difficoltà degli *item* in modo preciso e offrire una valutazione più personalizzata.

Dunque, grazie alla combinazione di IRT, *adaptive testing* e *automatic item generation*, il CA-BAT fornisce una misura precisa e personalizzata della capacità del partecipante di percezione del *beat*, rendendo il test altamente flessibile e accurato.

1.4. RICOMPENSA MUSICALE

Gran parte della nostra vita quotidiana è guidata dal perseguimento di gratificazioni (Sescousse et al., 2013). Ma che ruolo gioca la musica in tutto questo? Che si tratti dell'inebriante effervescenza di "*Happy*" di Pharrell Williams o dell'ineffabile tristezza "*Hello*" di Adele, la musica è chiaramente in grado di produrre una vasta gamma di

emozioni (Zatorre, 2015). Tuttavia, a prescindere dalla specifica emozione che una canzone può suscitare, è chiaro che, grazie al suo potere evocativo, la musica è collocabile tra le più potenti fonti di piacere da cui l'essere umano trae soddisfazione, acquisendo così un grande valore nella nostra vita (Gold et al., 2019; Zatorre, 2015).

1.4.1. Cos'è la ricompensa musicale?

Se il *groove* è definito come “the pleasurable urge to move to music” (Matthews et al., 2020), vale la pena approfondire anche cosa sia il *musical pleasure* (piacere musicale), o, più in generale, il *music reward* (ricompensa musicale). La ricompensa musicale è un aspetto cruciale di musica e emozione e può essere definita come la risposta piacevole (cioè, edonica) e motivazionale alla musica, associata all'attività del circuito dopaminergico di ricompensa nel cervello (Ferreri et al., 2019; Salimpoor et al., 2011; Salimpoor et al., 2013; Zatorre 2015).

Nonostante la musica sia in grado di suscitare emozioni e regolare l'umore, valenza e gradimento non sono equivalenti: la tristezza, emozione a valenza negativa, risulta essere l'ottava emozione che la musica induce più frequentemente. Esiste una dissociazione tra risposta emotiva e ricompensa musicale e tra le valutazioni di valenza e piacere, che si riflette nella dissociazione tra le reti cerebrali coinvolte nella valenza e nel piacere provati ascoltando musica triste e allegra. Infatti, la musica che ci piace, rispetto a quella che non ci piace, attiva maggiormente i circuiti di ricompensa corticotalamostriatali, indipendentemente dal fatto che sia triste o allegra. Il piacere per la musica triste, pur essendo un fenomeno apparentemente paradossale, sembra offrire benefici individuali e sociali, come la catarsi, attraverso cui la musica triste fornisce sollievo dalle emozioni negative, e il rafforzamento della coesione sociale, invece dell'aggressività (Vuust et al., 2022). Questi aspetti aiutano a comprendere come la ricompensa musicale vada oltre le semplici associazioni con emozioni positive, evidenziando una risposta complessa e sfaccettata alla musica.

1.4.2. Meccanismi di ricompensa

Come dimostrato dagli esperimenti sul condizionamento di Pavlov, la ricompensa è stata oggetto di studio sin dagli albori della psicologia, aprendo la strada alla comprensione dei suoi molteplici aspetti e del suo legame con la motivazione e

l'apprendimento. Numerosi studi, condotti sia sugli animali che sugli esseri umani, hanno identificato una rete di regioni cerebrali che costituisce il nucleo del sistema di ricompensa. Tra le strutture tipicamente considerate come parte di questa rete troviamo: i nuclei dopaminergici del tronco encefalico, in particolare l'area tegmentale ventrale, la corteccia frontale ventromediale e orbitale, l'amigdala, insula e lo striato, il quale può essere suddiviso nella componente ventrale e dorsale, che contengono rispettivamente il nucleo accumbens e la testa del caudato (Zatorre, 2015).

Tuttavia, questa rete di ricompensa è principalmente responsabile dell'elaborazione di ricompense primarie o anche di quelle secondarie (Zatorre, 2015)? In effetti, a differenza delle ricompense primarie (come cibo, sesso, contatto sociale, rifugio), che hanno un valore innato e biologico in quanto essenziali per la sopravvivenza e la riproduzione, le ricompense secondarie (come denaro e potere), non sono direttamente correlate al mantenimento dell'omeostasi fisiologica dell'individuo e acquisiscono valore solo attraverso l'associazione appresa con rinforzi primari (Sescousse et al., 2013). Sescousse et al. (2013) hanno condotto una metanalisi per determinare in che modo la natura della ricompensa influenzi l'attività cerebrale ad essa correlata, confrontando le risposte a tre tipologie di stimoli: alimentari, erotici o monetari. Sebbene alcune regioni vengano reclutate in modo più specifico per un tipo di ricompensa rispetto ad altre, i risultati confermano l'esistenza di un nucleo centrale di regioni cerebrali che elaborano indistintamente sia le ricompense primarie che secondarie, supportando l'idea di un "circuito di ricompensa" centralizzato (Sescousse et al., 2013).

Ad ogni modo, i piaceri astratti con un valore estetico, come la musica, non rientrano né tra le ricompense primarie, in quanto non strettamente necessari per la sopravvivenza, né tra le ricompense secondarie, poiché il loro valore non è dato da un'associazione con una ricompensa primaria (Zatorre, 2015). Pur non offrendo benefici adattivi immediati come il cibo o un riparo e non essendo fungibile come il denaro, la musica assorbe comunque gran parte del nostro tempo, energia e denaro (Gold et al., 2019). La musica, dunque, possiede un valore intrinseco, per cui risulta essenzialmente una ricompensa in sé, anche se ovviamente influenzata dall'apprendimento (Zatorre, 2015).

1.4.3. Tutti amano la musica? (BMRQ)

Finora abbiamo considerato la musica come un fenomeno universale, ma tutte le persone provano davvero lo stesso piacere nell'ascoltarla? Esistono potenziali differenze individuali nell'esperienza della ricompensa musicale? Il *Barcelona Music Reward Questionnaire* (BMRQ) è uno strumento psicometrico sviluppato da Mas-Herrero et al. (2013) per indagare la sensibilità individuale alla ricompensa musicale (edonia musicale), ovvero quanto le persone provano piacere associato alla musica. Le differenze individuali nell'esperienza della ricompensa musicale possono essere comprese attraverso cinque fattori: *Emotion Evocation*, *Mood Regulation*, *Sensory-Motor*, *Social Reward* e *Musical Seeking*. *Emotion Evocation* rappresenta il grado in cui si esperiscono forti emozioni ascoltando la musica, che possono portare a piangere, commuoversi, avere la pelle d'oca. *Mood Regulation* riflette il grado in cui l'ascoltatore usa la musica per modificare o liberare emozioni, migliorare l'umore, confortarsi, alleviare lo stress, rilassarsi o come accompagnamento di sottofondo alle attività quotidiane. *Sensory-Motor* rappresenta la capacità di sincronizzare spontaneamente e intuitivamente i movimenti del corpo al ritmo della musica, utilizzando movimenti semplici o complessi (come battere i piedi o ballare), richiedendo quindi il coordinamento delle reti cerebrali somatosensoriali-motorie con quelle di elaborazione uditiva. *Social Reward* riflette la capacità della musica di fungere da calamita per le attività sociali umane e di unire gli individui in gruppi; nello specifico, indica il grado in cui il condividere preferenze musicali, concerti o altre attività legate alla musica fa sentire le persone connesse tra di loro. *Musical Seeking* rappresenta quanto attivamente le persone impiegano tempo nell'ascolto della musica, spendono soldi nella musica o in attività collegate o si impegnano nell'informazione sulla musica o nella ricerca musicale.

Questi cinque fattori hanno permesso gli autori di creare una rappresentazione grafica del profilo relativo all'esperienza della ricompensa musicale di ciascun soggetto. Nella figura 5, il punteggio di ogni fattore è rappresentato da una linea continua che parte dal centro (che indica i punteggi minimi) e crea, con le altre linee, una sorta di stella (i cui vertici indicano i punteggi massimi). La linea tratteggiata al centro del pentagono indica il valore medio della popolazione generale, mentre l'area grigia circostante rappresenta una deviazione standard sopra e sotto il valore medio. Nella figura è riportato il profilo di tre persone differenti: in A è rappresentato il profilo di una persona

musical hyperhedonic (iperedonica musicale), in B è raffigurato il profilo di una persona *musical anhedonic* (anedonica musicale), mentre il C è rappresentato il profilo di una persona *musical hedonic* (edonica musicale), con valori normali nei fattori di *Emotion Evocation*, *Mood Regulation* e *Social Reward* e valori estremi nei fattori di *Musical Seeking* e *Sensory-Motor*.

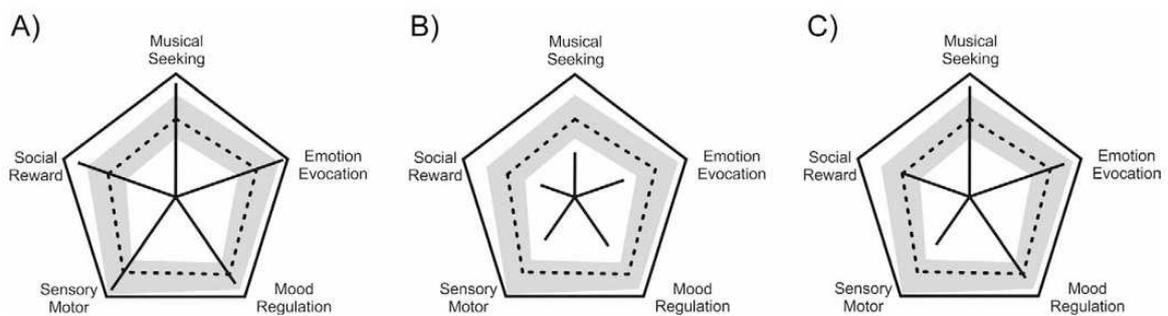


FIGURA 5. Rappresentazione grafica dei punteggi dei fattori del BMRQ di tre individui (linea continua che si estende dal centro = punteggio per ciascun fattore; linea tratteggiata al centro del pentagono = valore medio di ciascun fattore per una popolazione generale; area grigia = una deviazione standard sopra e sotto la media). I tre individui selezionati rappresentano (A) una persona *musical hyperhedonic*, (B) una persona *musical anhedonic*, e (C) una persona *musical hedonic*. (Mas-Herrero et al., 2013)

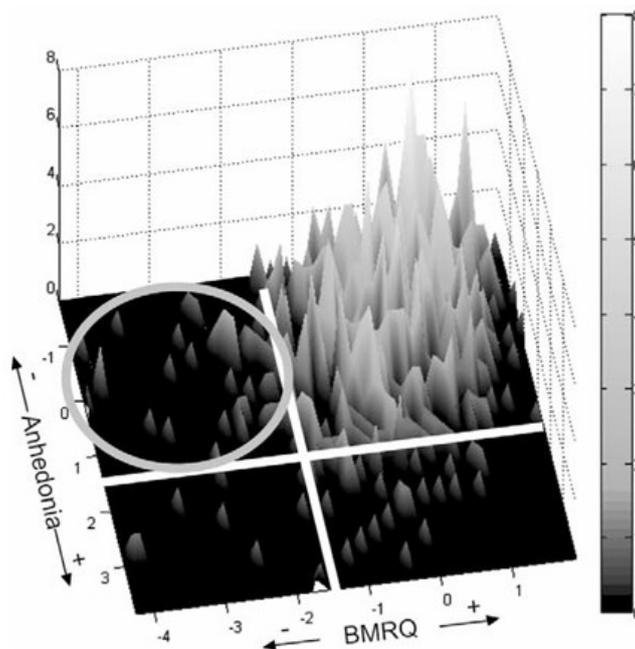


FIGURA 6. Visualizzazione tridimensionale che mostra la distribuzione dei punteggi normalizzati sul BMRQ e sulla scala di anedonia fisica (PAS). La maggior parte dei soggetti è rappresentata nella parte superiore destra del diagramma, mostrando punteggi non anedonici in parallelo con punteggi elevati di edonia musicale. Un sottoinsieme di individui (cerchiati nella figura), che rappresenta circa il 5,6% della popolazione, mostra una bassa

sensibilità alla ricompensa musicale (inferiore a -1,5 DS dalla media) ma punteggi normali nella scala di anedonia, soddisfacendo quindi il criterio per l'anedonia musicale specifica. (Zatorre, 2015)

In generale, quindi, il BMRQ permette di individuare tre profili: *musical hedonics*, *musical hyperhedonics* e *musical anhedonics*. Per *musical hedonics* si intendono le persone a cui generalmente piace la musica e tendono a riconoscerne il valore di ricompensa; esse riportano, di solito, punteggi medi in tutti, o quasi tutti, i fattori. Per *musical hyperhedonics* si intendono le persone che hanno un'enorme passione per la musica; queste presentano solitamente punteggi molto elevati in tutti i fattori. Per *musical anhedonics* si intendono quelle persone (che rappresentano circa il 5,6% della popolazione) che non esperiscono ricompensa in risposta alla musica; esse riportano punteggi inferiori in tutti, o quasi tutti, i fattori. È importante notare che, sebbene le scale di BMRQ e anedonia (Physical Anhedonia Scale (PAS), una misura standardizzata dell'anedonia globale) siano inversamente correlate, le persone presentano anedonia musicale anche in assenza di tratti anedonici più generali (figura 6). Gli autori hanno riportato, infatti, che le persone con bassi valori di sensibilità alla ricompensa musicale non mostrano necessariamente valori elevati nella scala dell'anedonia. Questi risultati suggeriscono che l'esperienza di piacere musicale è dissociabile, in parte, dal piacere fisico ed estetico che si prova in risposta a stimoli fisici, tipicamente gratificanti, come cibo, sesso, paesaggi suggestivi, ecc. Queste persone, dunque, sono in grado di provare piacere per altri tipi di stimoli ma non per la musica.

Studi successivi hanno dimostrato che il BMRQ è associato sia alle risposte psicofisiologiche che neurali legate alla ricompensa musicale (Martinez-Molina et al., 2016). Zatorre (2015), citando uno studio di Mas-Herrero et al. (2014), evidenzia che, mentre le persone edoniche e iperedoniche musicali mostrano aumenti nella conduttanza cutanea e nella frequenza cardiaca in funzione dell'aumento del piacere auto-riferito, le persone con anedonia musicale non presentano cambiamenti significativi in queste variabili. Nei momenti di massimo piacere, indicati dalla pelle d'oca, la conduttanza cutanea raggiunge un picco nei due gruppi di controllo, ma rimane invariata negli anedonici musicali. Tuttavia, durante un compito di ricompensa monetaria, tutti e tre i gruppi mostrano una risposta fisiologica simile. Questo dimostra che ci sono individui per i quali la musica non ha alcun valore di ricompensa. Tale fenomeno non è legato a una disfunzione generale del sistema di ricompensa perché

mostrano punteggi nella norma nei questionari relativi a tali disturbi e le risposte fisiologiche normali alle ricompense monetarie. L'effetto non è nemmeno attribuibile alla deprivazione sociale o alla mancanza di esposizione musicale. Inoltre, non dipende da disturbi percettivi: gli anedonici musicali riportano punteggi normali nella batteria per l'amusia e in un compito di familiarità musicale e sanno riconoscere l'emozione suscitata dalla musica (pur non provandola) (Zatorre, 2015). Inoltre, Martínez-Molina et al. (2016) hanno riportato che le persone con anedonia musicale presentano una riduzione selettiva dell'attività nel nucleo accumbens in risposta alla musica, ma un'attivazione normale durante un compito di gioco d'azzardo. Inoltre, questo gruppo mostra una connettività funzionale ridotta tra la corteccia uditiva destra e lo striato ventrale (incluso il nucleo accumbens). Al contrario, gli individui iperedonici musicali mostrano una connettività potenziata tra queste strutture. Pertanto, gli autori suggeriscono che l'anedonia musicale possa essere legata a una ridotta interazione tra la corteccia uditiva e la rete di ricompensa sottocorticale, sottolineando l'importanza di questa interazione per la ricompensa musicale.

Recentemente, Cardona et al. (2022) hanno suggerito che un aspetto di rilevante importanza nel modo in cui gli esseri umani vivono la musica come esperienza gratificante sia la trascendenza o l'assorbimento musicale, ossia stati di completa immersione in cui la musica induce una temporanea perdita di autocoscienza o un disorientamento spazio-temporale. Gli autori hanno dimostrato che una maggiore sensibilità alla ricompensa musicale sia associata ad una maggiore inclinazione verso stati di assorbimento indotti dalla musica. Di conseguenza, hanno proposto una versione estesa del BMRQ (eBMRQ), in cui è stato incluso il fattore *Absorption in Music*. Essi ritengono che l'utilizzo dell'eBMRQ potrebbe contribuire a delineare meglio le differenze individuali relative alla sensibilità al piacere e alla gratificazione legati all'esperienza musicale.

1.5. COSA RENDE ALCUNI RITMI GROOVY?

Non tutta la musica risulta ugualmente piacevole o suscita la stessa voglia di muoversi, ma cosa rende certi ritmi *groovy* e altri piatti e insipidi? La sensazione di *groove* dipende, da un lato, dalle caratteristiche musicali e, dall'altro, dalle peculiarità

dell'ascoltatore (Etani et al., 2024). Questa combinazione di elementi musicali e caratteristiche personali influisce sul fatto che un ritmo venga percepito come *groovy* o meno, rendendo l'esperienza di ascolto unica. In questo senso, il *groove* non è semplicemente una qualità intrinseca della musica, ma un fenomeno complesso che emerge dalla relazione tra l'opera e il suo fruitore.

1.5.1. Caratteristiche musicali collegate all'esperienza del *groove*

Etani et al. (2024), revisionando la letteratura, evidenziano che l'esperienza del *groove* è influenzata da varie caratteristiche musicali correlate al ritmo (ad esempio, sincope, *microtiming*, tempo, salienza del *beat* e densità dell'evento), nonché da caratteristiche acustiche come complessità armonica e *bass sounds*. Poiché le caratteristiche musicali tendono ad essere simili all'interno dello stesso stile, l'esperienza del *groove* varia a seconda del genere musicale, con i generi afroamericani come soul, R&B, funk, hip hop e jazz (spesso caratterizzati da ritmi di batteria con un grado moderato di sincope e da un tempo moderato, intorno ai 120 bpm) che presentano tipicamente valutazioni di *groove* più elevate. Inoltre, si è scoperto che l'esperienza del *groove* è influenzata non solo da informazioni uditive, ma anche da informazioni tattili e visive, indicando che si tratti di un fenomeno multisensoriale. Infatti, in presenza della sensazione tattile (come la vibrazione prodotta dal subwoofer che amplifica i suoni a bassa frequenza) o di uno stimolo visivo (come guardare il batterista che esegue in modo sincronizzato il ritmo ascoltato) le valutazioni del *groove* sono più elevate.

Riassumendo la relazione tra le caratteristiche musicali legate al ritmo e l'esperienza del *groove*, è possibile identificare due aspetti: uno che facilita la percezione del *beat* (ad esempio, tempo, salienza del *beat*, *microtiming*, *bass sounds* e densità dell'evento) e l'altro che induce una violazione delle aspettative (ad esempio, sincope) (Etani et al., 2024). In questo contesto ci concentreremo esclusivamente sulla sincope, che, tra i criteri della complessità ritmica, rappresenta il focus del seguente lavoro e verrà analizzata in dettaglio per comprenderne l'impatto sull'esperienza del *groove*.

La sincope, componente cruciale del *groove*, si verifica “quando una nota cade su un *beat* debole ed è poi seguita da un silenzio su un *beat* forte” (Matthews et al., 2019, p.2). Permette, dunque, di de-enfatizzare un *beat* forte, per il quale si hanno aspettative relativamente forti, ed enfatizzare un *beat* debole, per il quale si hanno aspettative

relativamente deboli (Matthews et al., 2019; Matthews et al., 2022). Violando le aspettative metriche dell'ascoltatore, le sincopi rendono il ritmo più complesso e aumentano l'incertezza delle risultanti previsioni temporali (Matthews et al., 2022; Witek et al., 2014) Analizzando la relazione tra l'esperienza del *groove* e il grado di sincopa si osserva un'*inverted U-shape relationship* (relazione a forma di U rovesciata) tra il grado di sincopa e i *ratings* di piacere e voglia di muoversi, in cui i ritmi moderatamente sincopati, rispetto a quelli con gradi bassi o alti di sincopa, suscitano più alti livelli di *groove* (figura 7; vedi tabella 1 per un riepilogo degli studi precedenti) (Etani et al., 2024; Matthews et al., 2019).

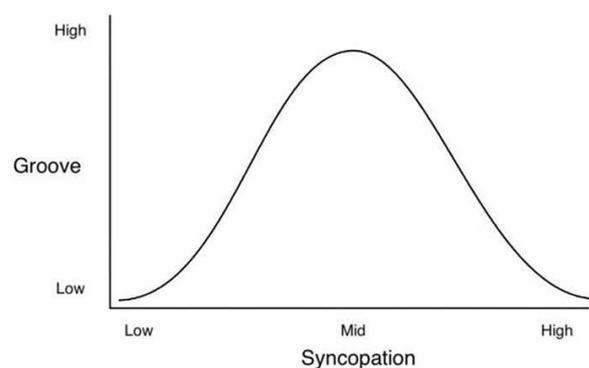


FIGURA 7. Visualizzazione schematica della relazione tra sincopa e *groove* (Bechtold et al.2022).

| Studies | Results | Conclusions |
|--------------------------|---|--|
| Witek et al. (2014) | Higher groove ratings for rhythms with medium degrees of syncopation than low or high degrees of syncopation. | Inverted U-shaped relationship between groove and syncopation. |
| Sioros et al. (2014) | Higher groove ratings for rhythms with moderate levels of syncopation than no or high levels of syncopation. | Moderate level of syncopation elicits high groove ratings. |
| Senn et al. (2018) | Higher groove ratings for higher levels of syncopation ($R^2 = .010$). | Weak but a positive relationship between groove and syncopation. |
| Matthews et al. (2019) | Highest groove rating for rhythms with moderate levels of syncopation. | Inverted U-shaped relationship between groove and syncopation. |
| Matthews et al. (2020) | Higher groove ratings for rhythms with moderate levels of syncopation than high levels of syncopation (rhythms with low levels of syncopation were not investigated in the experiment). | Moderate level of syncopation elicits high groove ratings. |
| Spiech et al. (2022) | Higher groove ratings for rhythms with medium degrees of syncopation than low or high degrees of syncopation. | Inverted U-shaped relationship between groove and syncopation |
| Stupacher et al. (2022b) | Higher groove ratings for rhythms with medium degrees of syncopation than low or high degrees of syncopation. | Inverted U-shaped relationship between groove and syncopation. |
| Matthews et al. (2022) | Higher groove ratings for rhythms with medium degrees of syncopation than low or high degrees of syncopation. | Inverted U-shaped relationship between groove and syncopation. |
| Sioros et al. (2022) | Higher groove ratings for the original musical excerpts (with moderate levels of syncopation) than the deadpan versions, but no other musical excerpts with algorithmically applied syncopations received higher ratings than the deadpan versions. | A moderate degree of syncopation elicits strong groove, but only for certain syncopation patterns. |

TABELLA 1. Riepilogo degli studi che indagano la relazione tra l'esperienza del *groove* e la sincopa (Etani et al., 2024).

Si pensa che i ritmi moderatamente sincopati suscitino maggiore piacere attraverso la violazione e la soddisfazione delle aspettative (Matthews et al., 2020). I ritmi molto semplici, privi di sincopi, risultano altamente prevedibili, ma noiosi, poiché la maggior parte delle aspettative ritmiche (se non tutte) viene confermata (Matthews et al., 2020). Al contrario, i ritmi altamente complessi, con molte sincopi, sono imprevedibili e difficili da seguire, poiché l'ascoltatore fatica a percepire un metro e, di conseguenza, a generare delle aspettative ritmiche (Matthews et al., 2020). I ritmi di media complessità, con alcune sincopi, offrono invece un equilibrio: sono abbastanza complessi da ridurre l'incertezza (violano le aspettative), ma non così complessi da ostacolare l'apprendimento (facilitano la previsione) (Etani et al., 2024). Raggiungendo un bilanciamento tra prevedibilità e sorpresa, i ritmi con sincope media violerebbero moderatamente le aspettative, innescando quella che viene definita “*sweet anticipation*” (“dolce anticipazione”) (Etani et al., 2024; Fiveash et al., 2023). Le aspettative ritmiche, pertanto, devono essere continuamente valutate e aggiornate, e si ritiene che tale processo guidi il piacere associato al *groove* (Matthews et al., 2020). Muoversi a ritmo di musica (noto come sincronizzazione del *beat*) può essere considerato l'esternalizzazione delle aspettative ritmiche e, quindi, un modo per testarle, spiegando così il desiderio di muoversi associato al *groove* (Matthews et al., 2020; Patel & Iversen, 2014).

1.5.2. Caratteristiche dell'ascoltatore che influenzano l'esperienza del *groove*

È stato dimostrato che l'esperienza del *groove*, oltre ad essere influenzata dalle caratteristiche musicali, dipende anche dalle caratteristiche individuali. In questa sezione esamineremo gli effetti correlati al training musicale, all'età e ad altre proprietà personali.

In primo luogo, le abilità musicali influenzano la relazione tra esperienza del *groove* e complessità ritmica (Etani et al., 2024). Matthews et al. (2019) hanno osservato che i musicisti tendono a valutare i ritmi con alta sincope come inferiori, mentre quelli con media sincope come superiori, rispetto ai non musicisti. In altre parole, i musicisti sperimentano un maggiore senso di *groove* con i ritmi moderatamente sincopati rispetto ai non musicisti. Questi risultati suggeriscono che all'aumentare del livello di competenza musicale, si rafforza la tendenza a preferire ritmi moderatamente

sincopati, evidenziando così come le abilità musicali influenzino la forma dell'*inverted U-shape* (Etani et al., 2024; Matthews et al. (2019).

Riguardo all'età, sia i bambini che gli adulti tendono a preferire ritmi con sincope media per ballare, ma questa relazione (ossia, l'*inverted U-shape relationship* tra l'esperienza del *groove* e il grado di sincope) si manifesta in modo più marcato negli adulti. Questo indica che l'esperienza nell'ascolto di vari ritmi, che probabilmente consente di acquisire capacità ritmiche, favorisca la preferenza per ritmi con sincope moderata (Etani et al., 2024).

Oltre a questi fattori, ci sono diverse altre caratteristiche che influenzano l'esperienza del *groove* come la familiarità con la musica, lo stile musicale preferito, la reattività emotiva e l'apprezzamento per il musicista. In particolare, la familiarità e lo stile musicale preferito, che riflettono la frequenza con cui gli individui ascoltano musica simile, sono generalmente associati a un'esperienza di *groove* più intensa: maggiore è la familiarità e più la musica è rappresentativa di uno stile preferito, più forte è la sensazione di *groove* sperimentata (Etani et al., 2024).

1.6. MECCANISMI ASSOCIATI ALL'ESPERIENZA DEL GROOVE

Dal momento in cui iniziamo ad ascoltare la musica al momento in cui cominciamo a battere il piede a tempo con il ritmo o a ballare, entrano in gioco diversi meccanismi. Negli ultimi anni, la letteratura scientifica ha visto un crescente interesse per i processi cognitivi, neurali e fisiologici associati all'esperienza del *groove*. Esploriamoli ora nel dettaglio.

1.6.1. Meccanismi cognitivi

Il *predictive coding*, basato sull'idea che il ritmo musicale sfrutti i principi predittivi del cervello, è stato ampiamente utilizzato per interpretare l'*inverted U-shape relationship* tra l'esperienza del *groove* e il livello di complessità ritmica (qui operazionalizzato come sincope), la quale suggerisce che i ritmi moderatamente sincopati suscitano esperienze di *groove* più intense (Fiveash et al., 2023; Stupacher et al., 2022a). Il *predictive coding* sostiene che questo effetto derivi dal fatto che i ritmi moderatamente

sincopati generano il maggior numero di errori di previsione fortemente ponderati, che sono il prodotto delle deviazioni dello stimolo dal metro (errore di previsione) e della prevedibilità metrica (precisione) (figura 8, riquadro A e B) (Etani et al., 2024; Stupacher et al., 2022a). Nello specifico, i ritmi moderatamente sincopati sono abbastanza regolari da consentire la creazione di un modello predittivo di *beat* e metro, che insieme formano un'impalcatura predittiva: essa permette di formulare aspettative sugli eventi futuri e stabilisce quanto intensamente ci aspettiamo che una nota si manifesti in ciascun momento; le sincopi, tuttavia, violando le previsioni basate sul metro, introducono incertezza nel modello metrico e danno origine a errori di previsione, derivanti da una mancata corrispondenza tra il modello interno e l'input sensoriale (Fiveash et al., 2023; Stupacher et al., 2022; Stupacher et al. 2022b). Pertanto, i ritmi moderatamente sincopati combinano un numero moderato di errori di previsione con un grado moderato di certezza e, di conseguenza, sollecitano un maggiore coinvolgimento dei processi top-down per aggiornare e mantenere il modello metrico, riducendo così al minimo errori di previsione e incertezza (Stupacher et al., 2022a).

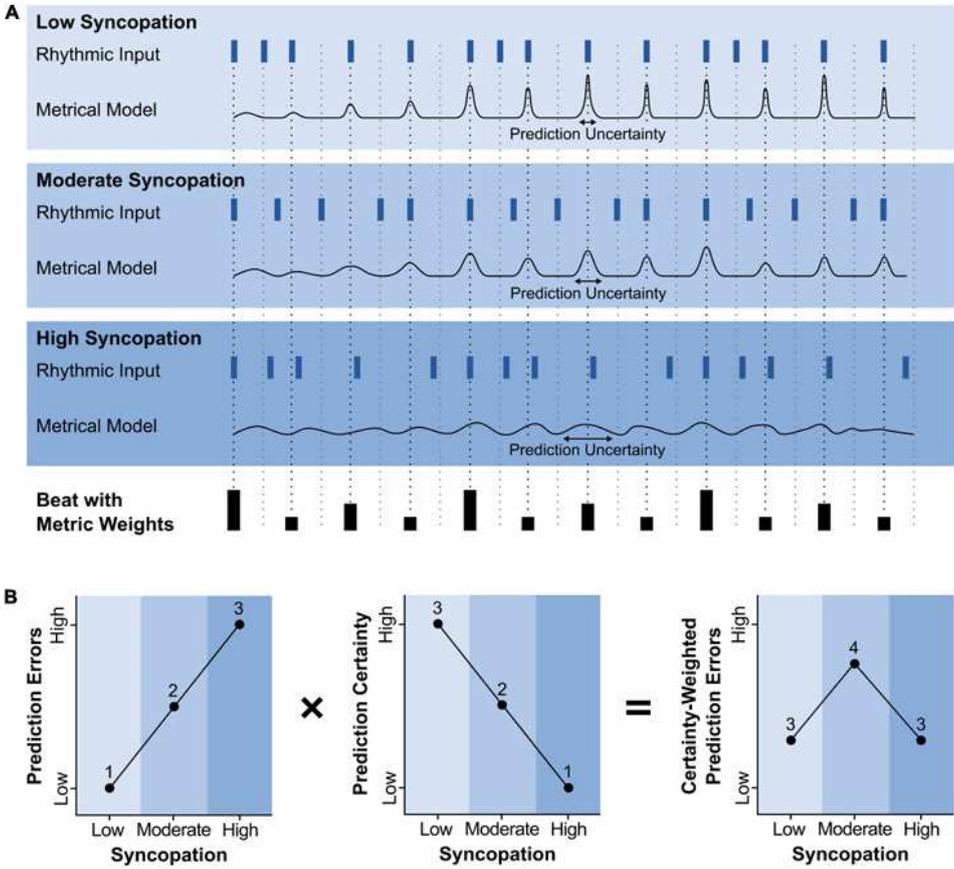


FIGURA 8. (A) La figura mostra previsioni basate sul *beat*, incertezza di previsione ed errori di previsione per ritmi di bassa, media e alta complessità. I rettangoli blu scuro indicano gli attacchi dei ritmi, mentre quelli neri indicano il *beat* sottostante con l'altezza a riflettere il peso metrico di ogni *beat*. Le tracce nere rappresentano modelli metrici con previsioni basate sul *beat*, delineate come distribuzioni di probabilità: la media riflette i tempi di attacco previsti e l'ampiezza riflette la certezza di ogni previsione. L'accuratezza e la certezza della previsione dipendono dal grado di sincope, dai pesi metrici di ogni *beat* e dalla progressione del ritmo, aumentando gradualmente a partire da livelli inizialmente bassi, poiché occorrono diversi attacchi prima che il *beat* e il metro siano chiaramente percepiti. (Stupacher et al., 2022a) **(B)** L'*inverted U-shape relationship* deriva dal prodotto tra il numero di errori di previsione e la certezza della previsione. All'aumentare della sincope nel ritmo, gli errori di previsione aumentano mentre la certezza diminuisce. Moltiplicando queste variabili, si osserva che ritmi moderatamente sincopati generano il maggior numero di errori di previsione fortemente ponderati. (Stupacher et al., 2022a)

Ci sono due modi per minimizzare gli errori di previsione e quindi ridurre l'incertezza. Il primo consiste nel modificare il modello in modo da adattarlo meglio all'input, spostando la fase del metro (cioè, "resettandolo") per allinearlo al ritmo oppure passando a un metro completamente diverso (ad esempio, da un metro binario a uno ternario) (Stupacher et al., 2022a). Come suggerito da recenti studi, il sistema motorio svolge un ruolo cruciale nel resettare la fase e nel mantenere attivi i processi predittivi temporali durante l'ascolto di ritmi (Stupacher et al., 2022a). Il secondo modo per minimizzare gli errori di previsione consiste nel muovere il corpo a tempo con il ritmo (Stupacher et al., 2022a). I movimenti percepiti come asincroni generano errori di previsione, indicando che il modello deve essere aggiornato, mentre i movimenti giudicati come sincroni, generando input propriocettivi ritmicamente sincronizzati, danno origine a conferme di previsione, indicando che il modello corrente è valido (Matthews et al., 2022; Stupacher et al., 2022a). Pertanto, i ritmi moderatamente sincopati, sfidando in modo ottimale il modello predittivo (cioè, generando livelli moderati sia di errore di previsione che di precisione), favoriscono un maggiore coinvolgimento dei sistemi motori sottostanti nella riduzione degli errori di previsione, attraverso la revisione delle previsioni o il movimento; questo processo viene sperimentato come un impulso automatico a muoversi (Stupacher et al., 2022a; Vuust et al., 2022). Al contrario, se i ritmi presentano bassi livelli di sincope, le previsioni e l'input combaciano quasi perfettamente portando a pochi errori di previsione, che risultano in pochi aggiornamenti del modello di previsione, e ad un minore incentivo a muoversi; d'altro canto, i ritmi con alti livelli di sincope portano a una bassa precisione del modello predittivo, la cui inapproprietezza preclude sia la possibilità di aggiornare il modello che il movimento (Etani et al., 2024; Stupacher et al. 2022b; Vuust et al., 2022).

La riduzione dell'incertezza, che si realizza attraverso il miglioramento della corrispondenza tra modello e input (ossia, attraverso l'apprendimento), contribuisce alla piacevolezza del *groove* (Stupacher et al., 2022a). Si ritiene, infatti, che l'apprendimento sia intrinsecamente gratificante poiché soddisfa la nostra naturale propensione verso la competenza e nutre la curiosità, ovvero la motivazione intrinseca all'acquisizione di informazioni (Stupacher et al., 2022a). Pertanto, gli individui sono intrinsecamente motivati a dedicarsi ad attività che, collocandosi leggermente al di sopra delle loro capacità predittive attuali, offrono la massima occasione di riduzione dell'incertezza (Stupacher et al., 2022a). In questo contesto, il piacere che proviamo ascoltando musica potrebbe scaturire dalla capacità di anticipare con successo gli eventi musicali e dall'incontro di violazioni delle aspettative (Fiveash et al., 2023). In questa ottica, ritmi moderatamente sincopati risultano particolarmente piacevoli poiché massimizzano la ricompensa intrinseca che deriva dal continuo affinamento dei nostri processi predittivi, sia attraverso movimenti latenti che manifesti (Stupacher et al., 2022a).

In sintesi, il *predictive coding* suggerisce che la piacevole voglia di muoversi a ritmo di musica derivi dalla costante valutazione dell'errore di previsione ponderato generato da una sincope moderata, che offre al nostro cervello l'opportunità di risolvere attivamente l'incertezza (minimizzando gli errori di previsione) attraverso il movimento; viene così favorito un continuo processo di apprendimento che risulta essere gratificante (Etani et al., 2024; Vuust et al., 2022).

1.6.2. Basi neurali

A livello neurale l'elaborazione del ritmo è stata associata a una rete diffusa di aree cerebrali, tra cui i gangli della base, il cervelletto, la corteccia premotoria e l'area motoria supplementare (Fiveash et al., 2023). Tra queste attivazioni, i gangli della base (in particolare lo striato dorsale, comprendente il putamen e il nucleo caudato) emergono come regioni centrali nella percezione del *beat* e dell'*interval timing* (Fiveash et al., 2023). In modo critico, queste regioni mostrano anche forti legami con il sistema di ricompensa (Fiveash et al., 2023). Le risposte di ricompensa musicale attivano un'ampia rete neurale di regioni sottocorticali e corticali che coinvolgono i gangli della base (in particolare, lo strato ventrale, contenente il nucleo accumbens, e

lo striato dorsale, comprendente il putamen e il nucleo caudato), l'insula, i giri temporali superiore e inferiore, la corteccia prefrontale anteriore e quella ventromediale (Fiveash et al., 2023).

In particolare, oltre al loro ruolo nel *timing* basato sul *beat*, i gangli della base sono associati all'anticipazione e all'esperienza del piacere derivante dalla musica (Matthews et al., 2020). Durante l'ascolto della musica, la parte ventrale dello striato, ossia il nucleo accumbens è principalmente attivo nei momenti di massimo piacere e la sua attività può essere correlata al grado di ricompensa sperimentata (Brodal et al., 2017; Matthews et al., 2020). Questo vale per qualsiasi tipo di ricompensa, in particolare per ricompense biologicamente rilevanti come cibo o sesso, ma anche per denaro e persino correttezza (Brodal et al., 2017; Sescousse et al., 2013). Invece, lo striato dorsale, in particolare il nucleo caudato, si attiva appena prima del picco di piacere, suggerendo il suo coinvolgimento nell'anticipazione della ricompensa (Brodal et al., 2017; Matthews et al., 2020).

In un recente studio fMRI, Matthews et al. (2020) hanno dimostrato che i ritmi di media complessità, per i quali le persone sperimentano una sensazione di *groove* più intensa, elicitano una maggiore attività sia nelle regioni cerebrali associate al *motor timing* (putamen, area motoria supplementare, corteccia prefrontale e parietale) che in quelle correlate alla ricompensa (nucleo accumbens, caudato e corteccia orbitofrontale mediale) (figura 9). L'attività nei gangli della base, inclusi nucleo accumbens, caudato e putamen, è associata ai *ratings* soggettivi di piacere e voglia di muoversi, supportando il loro ruolo cruciale, non solo nell'elaborazione della complessità ritmica, ma anche nell'esperienza del *groove* (Matthews et al., 2020). Nel complesso, quindi, la sensazione del *groove* può essere considerata come un'intersezione tra processi di ricompensa e processi motori che sono alla base della percezione del ritmo, con le aspettative ritmiche che agiscono come meccanismo trainante; infatti, la generazione di tali aspettative basate su un *beat* regolare e la loro violazione tramite sincopi sono i principali *driver* del *groove* (Matthews et al., 2020). In questo contesto, i gangli della base giocano un ruolo cruciale poiché sono coinvolti sia nell'elaborazione delle aspettative temporali che nell'elaborazione del valore di ricompensa associato (Fiveash et al., 2023).

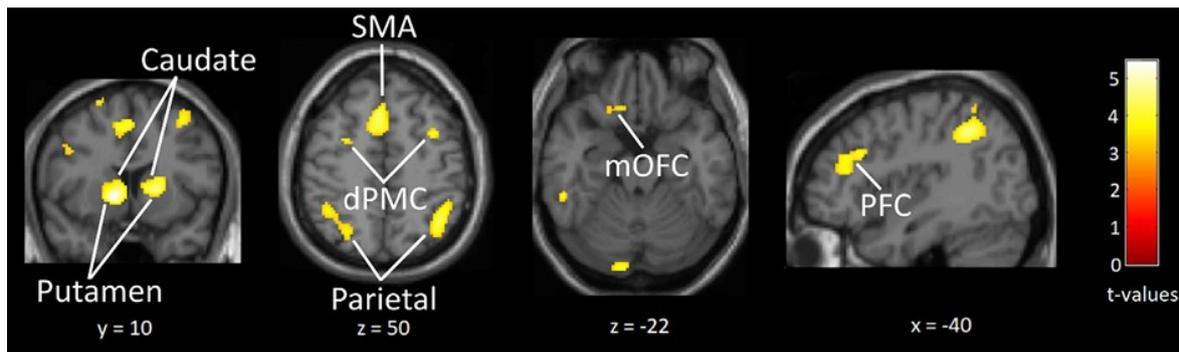


FIGURA 9. Regioni del cervello che hanno mostrato un'attivazione significativamente più elevata durante l'ascolto di ritmi con livelli medi di sincope (associati a punteggi più alti di "piacere" e "voglia di muoversi") rispetto a quelli con livelli alti di sincope. dPMC, corteccia premotoria dorsale; mOFC, corteccia orbitofrontale mediale; PFC, corteccia prefrontale; SMA, area motoria supplementare (Matthews et al., 2020)

Infine, a livello neurochimico, è stato dimostrato che la dopamina svolge un ruolo cruciale nella ricompensa musicale (Ferreri et al., 2019). Ferreri et al. (2019) hanno mostrato che somministrando a ciascun partecipante levodopa (precursore della dopamina), risperidone (antagonista della dopamina) e lattosio (placebo) in sessioni separate, levodopa aumentava la ricompensa musicale rispetto al placebo, mentre risperidone la riduceva. Dunque, la trasmissione dopaminergica induce causalmente risposte di ricompensa musicale. Inoltre, uno studio di Pando-Naude et al. (2023) ha dimostrato che nel morbo di Parkinson la disregolazione della dopamina appiattisce l'*inverted U-shape* che riflette la piacevole voglia di muoversi a ritmo di musica.

Per concludere, i gangli della base, insieme alla trasmissione dopaminergica all'interno di essi, sono implicati nel *timing* percettivo e motorio basato su *beat* e metro, nel piacere evocato dalla musica e nella certezza delle previsioni, suggerendo che i gangli della base e la dopamina svolgono un ruolo cruciale nel *groove* (Stupacher et al., 2022a).

1.6.3. Risposte fisiologiche

L'esperienza del *groove* sembra avere un effetto significativo sull'attività fisiologica. Etani et al. (2024), revisionando la letteratura, hanno riportato che il *groove* influenza sia la dilatazione della pupilla sia il tasso di deriva delle dimensioni della pupilla. Durante l'ascolto di musica ad alto *groove* è stata riportata una maggiore dilatazione della pupilla; poiché la dilatazione pupillare è associata all'attività del sistema simpatico e del locus coeruleus, questo fenomeno suggerisce che la musica ad alto *groove*

promuova il rilascio di noradrenalina e incrementi lo stato di arousal (Etani et al., 2024). Inoltre, il tasso di deriva delle dimensioni della pupilla, parametro associato al mantenimento dell'attenzione e alla resistenza alla fatica, risulta più elevato durante l'ascolto di musica ad alto *groove* rispetto a quella a basso *groove*, suggerendo che le persone mantengono una maggiore attenzione sostenuta quando ascoltano musica ad alto *groove* (Etani et al., 2024). Nel complesso, queste evidenze fisiologiche indicano che la musica ad alto *groove* possa intensificare sia lo stato di arousal sia il livello di attenzione nell'ascoltatore.

In aggiunta, sono stati esaminati i collegamenti diretti tra le risposte cerebrali e muscolari all'esperienza del *groove*. Lo studio sulla coerenza cortico-muscolare (CMC) non ha rilevato differenze significative nella CMC durante l'ascolto di musica ad alto o basso *groove*, suggerendo che non è necessario muoversi fisicamente a ritmo per sperimentare il *groove*. Questo risultato indica che, sebbene la simulazione interna del movimento sia sufficiente per vivere l'esperienza del *groove*, il movimento manifesto potrebbe amplificarla (Etani et al., 2024).

2. IPOTESI DI RICERCA

Sebbene la ricompensa musicale sia un aspetto fondamentale dell'emozione musicale e l'emozione nella musica sia strettamente legata alla componente ritmica, la relazione tra ritmo, musica e ricompensa è stata approfondita solo recentemente nella letteratura scientifica (Fiveash et al., 2023; Matthews et al., 2020; Stupacher et al., 2022a). Fino a pochi anni fa, infatti, gli studi sull'elaborazione del ritmo e sulla ricompensa seguivano percorsi distinti, con poche connessioni dirette tra i due ambiti (Fiveash et al., 2023). Tuttavia, iniziano ora ad emergere collegamenti tra ritmo e ricompensa, suggerendo una crescente integrazione tra i due filoni di studio. In particolare, la relazione tra l'esperienza del *groove* (piacere e voglia di muoversi) e la complessità ritmica sta diventando un tema emergente in psicologia e neuroscienze della musica (Etani et al., 2024; Stupacher et al. 2022b).

Come già evidenziato, la ricerca suggerisce che i ritmi di media complessità, rispetto a quelli di bassa o alta complessità, evocano maggiore piacere e voglia di muoversi (Etani et al., 2024; Matthews et al., 2019; Matthews et al., 2020). Tuttavia, in questa relazione il ruolo della sensibilità individuale alla ricompensa musicale (edonia musicale) è stato poco esplorato. Inoltre, la complessità ritmica influisce anche sulle capacità di sincronizzazione: l'accuratezza nel compito di *tapping* mostra un'*inverted U-shape relationship* con la complessità ritmica (Matthews et al., 2022). Tuttavia, l'influenza della complessità sulla percezione ritmica e sulla sua associazione con il piacere musicale rimane inesplorata.

Al fine di colmare le lacune nella letteratura, il presente studio si propone di indagare, in una popolazione di non musicisti, i seguenti aspetti:

- 1) **L'influenza della complessità del ritmo musicale sui *ratings* di piacere e voglia di muoversi:** considerando la complessità ritmica come variabile indipendente e i *ratings* di piacere e voglia di muoversi come variabili dipendenti, si prevede un'*inverted U-shape relationship* tra complessità del ritmo e i *ratings* di piacere e voglia di muoversi. Ci si aspetta, quindi, che i ritmi di media complessità siano associati a valutazioni più elevate di *groove* rispetto ai ritmi di bassa o alta complessità.

- 2) **Il ruolo dell'edonia musicale (questionario eBMRQ) nel moderare la relazione tra complessità ritmica e *ratings* di piacere e voglia di muoversi:** con la complessità ritmica e i punteggi dell'eBMRQ come variabili indipendenti e i *ratings* di piacere e voglia di muoversi come variabili dipendenti, si ipotizza che l'*inverted U-shape relationship* tra complessità del ritmo musicale e *groove* sia più forte nei partecipanti con punteggi più elevati di edonia musicale nel questionario eBMRQ.
- 3) **L'effetto della complessità ritmica e dei *ratings* di piacere e voglia di muoversi sulla percezione ritmica (risposte *on beat*):** ponendo come variabili indipendenti la complessità ritmica, il piacere e la voglia di muoversi e come variabile dipendente la percezione ritmica, si prevede un'*inverted U-shape relationship* tra complessità del ritmo musicale e percezione ritmica. Ci si aspetta che i ritmi di media complessità, legati a risposte più intense di piacere e voglia di muoversi, si associno ad una maggiore probabilità di percepire gli stimoli come *on beat* nel *task* CA-BAT.

3. METODO

3.1. PARTECIPANTI

L'esperimento è stato condotto presso il Dipartimento di Scienze del Sistema Nervoso e del Comportamento dell'Università di Pavia. La sua creazione ha previsto l'utilizzo del programma PsychoPy (Peirce, 2007), mentre il reclutamento dei partecipanti è avvenuto online tramite le piattaforme Pavlovia (Open Science Tools, Nottingham, UK) e Prolific (www.prolific.com). Ho partecipato personalmente al processo di reclutamento, inviando online il link per accedere all'esperimento a parenti, amici, conoscenti e diffondendolo tramite passaparola e social media, contribuendo così con 30 partecipanti. La raccolta dei dati si è svolta nell'arco di sei mesi, da aprile a ottobre 2024.

I criteri di inclusione previsti per il reclutamento dei partecipanti sono stati i seguenti:

- madrelingua italiana;
- età compresa tra i 18 e i 35 anni;
- non musicisti: non aver preso lezioni di musica per più di 2 anni (ad esempio, lezioni private, scuole di musica, conservatorio, ecc., ad eccezione delle lezioni di musica obbligatorie a scuola), né fatto musica da autodidatta per più di 2 anni ed eventualmente, in entrambi i casi, aver smesso da almeno 5 anni.

In totale, 154 partecipanti, di cui 76 maschi, 75 femmine e 3 di altro genere, di età compresa tra i 18 e i 35 anni ($M = 27.4$; $DS = 4.73$) hanno completato l'esperimento. Tutti i soggetti sono non musicisti e non presentano una possibile presenza di amusia, come confermato rispettivamente dal Gold-MSI (sottoscala *Musical Training*) e dai 2 *item* del MBEA. Le descrittive per i punteggi dell'eBMRQ sono le seguenti: $Min = 24.0$, $Mediana = 92.0$, $Media = 92.4$, $Max = 119.0$, $DS = 16.03$.

3.2. MATERIALI

CA-BAT (modificato). In questo contesto è stata utilizzata una versione modificata del CA-BAT da noi adattata. Partendo dalla versione originale di Harrison & Müllensiefen (2018), in cui ogni *trial* presenta due versioni di una stessa traccia musicale con

metronomo sovrapposto (una *on beat* e l'altra *off beat*) e il partecipante è invitato ad indicare quale delle due sia *on beat* (scelta forzata), si è deciso di separare le tracce musicali. Questo nuovo formato prevede, quindi, l'ascolto di una traccia alla volta e la classificazione di ciascuna come *on beat* o *off beat* (figura 10). La motivazione di tale scelta riguarda sia il fattore temporale che l'aspetto della pura percezione. In particolare, si è voluto eliminare l'aspetto di memorizzazione: con due tracce presentate consecutivamente, infatti, sarebbe stato necessario mantenere in memoria la prima traccia per confrontarla con la seconda e valutare se fosse *on beat* o *off beat* rispetto a quest'ultima. Al contrario, l'obbiettivo era concentrarsi esclusivamente sulla percezione pura.

Sono state presentate 25 tracce (riprese dalla versione originale del CA-BAT), ognuna della durata di 5 secondi. Per ogni traccia, è stata inclusa 1 versione *on beat* e 5 versioni *off beat*, con livelli *beat track accuracy* (BTA) di 0.5, 0.6, 0.7, 0.8 e 0.9, per un totale di 150 stimoli. Per le BTA *off beat*, il disallineamento rispetto al *beat* poteva essere "pre" o "post". Gli stimoli presentati ad ogni partecipante sono stati randomizzati, in modo che per ogni BTA di ciascuna traccia venisse presentato casualmente uno dei due tipi di disallineamento.

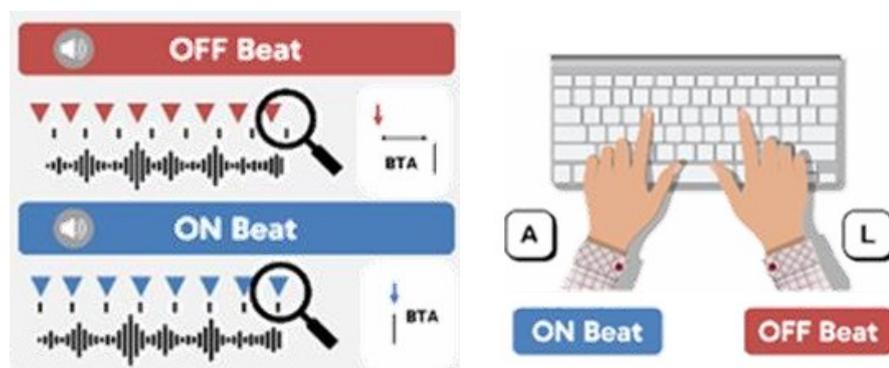


FIGURA 10. Schema riassuntivo del CA-BAT modificato.

Ratings di piacere e voglia di muoversi. Gli stimoli per le valutazioni di piacere e voglia di muoversi corrispondono a quelli utilizzati nel CA-BAT modificato. Ai partecipanti, quindi, sono state fatte riascoltare tutte le 25 tracce musicali, questa volta senza metronomo, con la richiesta di indicare i rispettivi *ratings* di piacere e voglia di muoversi (figura 11). Il metronomo è stato tolto per evitare di influenzare le risposte dei partecipanti, in quanto la sua presenza avrebbe potuto influire sul gradimento dei brani.

L'obiettivo principale era misurare il piacere e la voglia di muoversi in relazione alla complessità ritmica dei brani, utilizzando l'entropia come misura di tale complessità. L'entropia delle tracce, intesa come il grado di incertezza o disordine presente in una sequenza musicale, è stata determinata mediante l'utilizzo di Matlab e, nello specifico, calcolata con la funzione *mirpulseclarity* di MIR Toolbox, con il comando *EntropyAutocor*.



FIGURA 11. Schema riassuntivo dei *ratings* di piacere e voglia di muoversi.

eBMRQ. L'eBMRQ fornisce una misura della sensibilità alla ricompensa musicale descrivendo esperienze musicali che le persone potrebbero vivere nella vita quotidiana. Il questionario è composto da 24 *item* suddivisi in 6 sottoscale (tabella 2): *Emotion Evocation* (EE), *Mood Regulation* (MR), *Sensory-Motor* (SM), *Social Reward* (SR), *Musical Seeking* (MS) e *Absorption in Music* (AM). Ai partecipanti viene chiesto di indicare il livello di accordo con ciascuna affermazione su una scala Likert a cinque punti (1 = completamente in disaccordo; 5 = completamente d'accordo). La versione italiana dell'eBMRQ è stata sviluppata con il metodo di traduzione forward-backward, che prevede traduzioni indipendenti dall'inglese all'italiano e una retrotraduzione all'inglese per garantire fedeltà al testo originale, con riferimento anche alla versione spagnola per maggiore accuratezza. Per la traduzione, è stata posta maggiore enfasi sulla cattura del significato piuttosto che sulla traduzione letterale. (Cardona et al., 2022; Carraturo et al., 2023).

| Sottoscale | Item |
|----------------------------|--|
| <i>Emotional Evocation</i> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Alcune canzoni mi fanno emozionare. 2. Mi emozionano ascoltando certe canzoni. 3. Posso piangere quando ascolto melodie che mi piacciono molto. 4. Mi vengono i brividi quando ascolto una musica che mi piace. |
| <i>Sensory-Motor</i> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Non mi piace ballare, neanche con la musica che mi piace. 2. La musica mi spinge a ballare. 3. Non posso fare a meno di canticchiare le canzoni che mi piacciono molto quando le ascolto. 4. Quando ascolto una melodia che mi piace molto non posso fare a meno di muovermi. |
| <i>Mood Regulation</i> | <ol style="list-style-type: none"> 1. La musica mi tiene compagnia quando sono solo. 2. La musica mi tranquillizza e rilassa. 3. La musica mi aiuta a rilassarmi. 4. La musica mi dà conforto. |
| <i>Musical Seeking</i> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Nel mio tempo libero ascolto poca musica. 2. Cerco informazioni sulla musica che mi piace. 3. Cerco continuamente novità musicali. 4. Spendo parecchi soldi per la musica e per le cose relazionate alla musica. |
| <i>Social Reward</i> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Quando condivido della musica con qualcuno, sento una complicità speciale con quella persona. 2. La musica mi fa interagire con altre persone. 3. Mi piace cantare e suonare uno strumento con altre persone. 4. Ai concerti mi sento in sintonia con gli artisti ed il pubblico. |
| <i>Absorption in Music</i> | <ol style="list-style-type: none"> 1. A volte mi sento come se fossi un "tutt'uno" con la musica. 2. Quando ascolto la musica, posso essere così coinvolto da dimenticare me stesso e ciò che mi circonda. 3. Posso sentirmi completamente immerso nella musica, come se il mio stato di coscienza fosse temporaneamente alterato. 4. Quando ascolto della buona musica a volte ho la sensazione di fluttuare nell'aria. |

TABELLA 2. Sottoscale dell'eBMRQ con i relativi *item* (Carraturo et al., 2023).

MBEA. Il *Montrel Battery for Evaluation of Amusia* (MBEA) (Peretz et al., 2003) è uno strumento diagnostico che consente di identificare l'amusia, un disturbo della percezione musicale. In questo contesto, sono stati selezionati solamente due *item*,

riportati nella tabella 3. È stato chiesto ai partecipanti di indicare il livello di accordo con ciascuna affermazione su una scala Likert a cinque punti (1 = completamente in disaccordo; 5 = completamente d'accordo). La somministrazione di questi due *item* non è sufficiente per uno screening completo dell'amusia; tuttavia, essi sono stati utilizzati per rilevare la possibile presenza di questo disturbo e permettere l'esclusione dei soggetti dalle analisi dei dati.

| Item |
|---|
| 1. Posso riconoscere una melodia a me familiare (come l'inno nazionale) senza l'aiuto delle parole. |
| 2. Riesco a percepire quando qualcuno canta in modo stonato. |

TABELLA 3. *Item* selezionati dell'MBEA (Peretz et al., 2003).

GOLD-MSI (sottoscala "*Musical Training*"). Il *Goldsmiths Musical Sophistication Index* (Gold-MSI) (Müllensiefen et al., 2014) è un questionario di autovalutazione delle competenze e del comportamento musicale. Il Gold-MSI è composto da 38 *item* che valutano differenti comportamenti relativi alla musica, raggruppati in 5 sottoscale: *Active Engagement* (9 *item*), *Perceptual Abilities* (9 *item*), *Musical Training* (7 *item*), *Singing Abilities* (7 *item*) e *Emotions* (6 *item*). Viene inoltre calcolato il fattore General Musical Sophistication a partire da 18 *item* rappresentativi delle cinque sottoscale. Ai fini del nostro studio, è stata somministrata solamente la sottoscala *Musical Training* (tabella 4), la quale valuta la portata della formazione e della pratica musicale e il grado di autovalutazione delle proprie abilità musicali. Per due *item* di tale sottoscala, viene chiesto ai partecipanti di indicare quanto siano d'accordo con ogni affermazione su una scala Likert a 7 punti (1 = per niente d'accordo; 7 = completamente d'accordo). Per gli altri cinque *item*, invece, ai partecipanti viene chiesto di selezionare una delle possibili sette alternative riportate in una scala ordinale che varia da *item* a *item*. Per esempio, la scala per l'affermazione "Al culmine del mio coinvolgimento, mi sono esercitato sullo strumento principale per ___ ore al giorno." ha opzioni che vanno da "0 ore al giorno" a "5+ ore al giorno". In questo contesto, il Gold-MSI è stato specificamente utilizzato per confermare che i partecipanti fossero non musicisti.

| Sottoscala | Item |
|-------------------------|---|
| <i>Musical Training</i> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Indica quanto da 1 a 7 sei d'accordo con la seguente affermazione (1 = per niente d'accordo; 7 = completamente d'accordo): "Non mi hanno mai fatto i complimenti per il mio talento come esecutore musicale." 2. Indica quanto da 1 a 7 sei d'accordo con la seguente affermazione (1 = per niente d'accordo; 7 = completamente d'accordo): "Non mi considererei un musicista." 3. Sono stato/a impegnato/a nella pratica quotidiana regolare di uno strumento musicale (compresa la voce) per ___ anni. 4. Al culmine del mio coinvolgimento, mi sono esercitato sullo strumento principale per ___ ore al giorno. 5. Ho ricevuto un'educazione formale (conservatorio, scuola di musica, lezioni private) in teoria musicale per ___ anni. 6. Nella mia vita ho ricevuto ___ anni di educazione formale (conservatorio, scuola di musica, lezioni private) su uno strumento musicale (compresa la voce). 7. So suonare ___ strumenti musicali. |

TABELLA 4. *Item* della sottoscala *Musical Training* del Gold-MSI (Müllensiefen et al., 2014).

3.3. PROCEDIMENTO

Dopo essere stati reclutati, ai partecipanti è stato chiesto di assicurarsi di avere 30 minuti di tempo a disposizione e di trovarsi in un ambiente tranquillo e senza interruzioni al fine di metterli nelle condizioni ottimali per poter completare al meglio l'esperimento. Inoltre, sono stati informati circa la possibilità di svolgere l'esperimento esclusivamente tramite computer (no tablet o cellulare); è stato chiesto loro di aprire il link ricevuto tramite Google Chrome e di indossare delle cuffie/auricolari.

Inizialmente, veniva richiesto ai partecipanti di inserire le informazioni riportate di seguito: le proprie iniziali (nome e cognome), il genere (M, F, A per altro) e l'età (in numero). Ognuno di loro doveva poi generare un codice di tre cifre, tutte diverse, comprese tra 1 e 9 e riscrivere il codice appena creato. I partecipanti, prima di iniziare,

sono stati informati che la partecipazione all'esperimento fosse su base volontaria e che avessero la possibilità di decidere, in qualsiasi momento, di abbandonare lo studio senza fornire alcuna spiegazione. Inoltre, è stato garantito loro che i dati sarebbero stati trattati in forma completamente anonima. A questo punto, il partecipante poteva accedere all'esperimento, diviso in tre parti (figura 12). All'inizio di ognuna venivano fornite le istruzioni per svolgere i vari compiti. Da notare che, nel corso dell'esperimento venivano di tanto in tanto presentati al partecipante degli *attentional check* ("Per continuare, clicca di nuovo sul numero che hai appena scelto") per controllare che egli non si stesse distraendo. Infatti, essendo un esperimento online svolto in assenza dello sperimentatore, era fondamentale accertarsi che i soggetti non fornissero risposte a caso.



FIGURA 12. Illustrazione esemplificativa del procedimento dell'esperimento.

Nella prima parte dell'esperimento, che prevedeva la somministrazione del test CA-BAT, i partecipanti vedevano apparire una schermata nera con il segno "+", a seguito della quale veniva fatto ascoltare l'estratto di brani musicali accompagnati dal suono del metronomo (*beep*): a volte brano e metronomo erano *on beat*, ovvero a tempo, mentre altre volte *off beat*, ossia non a tempo. I partecipanti sono stati istruiti a premere in modo randomizzato il tasto A (o il tasto L) nel caso in cui ritenessero che brano e metronomo fossero *on beat* e il tasto L (o il tasto A) nel caso in cui ritenessero che fossero *off beat*. Era possibile rispondere in qualsiasi momento del brano (durante l'ascolto o subito dopo). Dopo aver chiesto di assicurarsi di aver ben indossato le cuffie/auricolari e regolato l'audio al meglio, i partecipanti venivano avvisati sulla possibilità che il compito potesse risultare difficile; per rassicurarli, è stato detto loro in

anticipo di non preoccuparsi, di rimanere concentrati e di cercare di rispondere al meglio. Due esempi di prova erano a disposizione di ognuno (uno con brano e metronomo *on beat* e l'altro con brano e metronomo *off beat*) per dare loro la possibilità di prendere dimestichezza con il compito grazie alla soluzione che veniva fornita subito dopo. A seguito di ciò, la prova vera e propria aveva inizio e le tracce musicali con la relativa domanda venivano presentate.

Nella seconda fase, ai partecipanti veniva richiesto di svolgere un breve compito in cui dovevano nuovamente ascoltare i brani presentati nella prima parte dell'esperimento, ma questa volta senza metronomo, per poi rispondere a due domande poste dopo ogni brano: "Quanto piacere?" e "Quanta voglia di muoverti?". Il soggetto era istruito ad indicare, da 1 (per niente) a 5 (moltissimo), quanto il brano gli fosse piaciuto e gli avesse fatto venir voglia di muoversi (ad esempio, muovere il corpo o parti di esso a tempo con la sequenza audio). Veniva richiesto di cliccare sul numero corrispondente cercando di usare tutto il range a disposizione durante il compito. Due brani come prova venivano fatti ascoltare, dopodiché la prova effettiva aveva inizio.

Nell'ultima fase, al partecipante veniva chiesto di rispondere ad alcune domande per completare l'esperimento. Il questionario eBMRQ veniva dunque somministrato, seguito dai due *item* dell'MBEA, e i soggetti erano chiamati ad indicare, per ognuna delle affermazioni presentate, in che misura fossero d'accordo o in disaccordo cliccando sul numero corrispondente. Al partecipante era espressamente chiesto di cercare di essere il più possibile preciso/a e onesto/a, rispondendo ad ogni voce come se fosse unica e non preoccupandosi di essere "coerente" nelle risposte. Infine, veniva somministrata la sottoscala *Musical Training* del GOLD-MSI, in cui era richiesto al partecipante di rispondere a delle domande sulla propria esperienza musicale, cliccando con il mouse sul numero corrispondente alla risposta che ritenesse più appropriata. Al termine di questa fase conclusiva, il partecipante doveva semplicemente lasciare che il programma si chiudesse da solo e veniva ringraziato per la sua partecipazione.

3.4. COMITATO ETICO

Tutti i partecipanti hanno fornito consenso informato scritto allo studio, in conformità con la procedura approvata dal Comitato Etico dell'Università di Pavia (RGDP-2016/679).

4. RISULTATI

Tutte le analisi sono state svolte usando *R-Studio* (RStudio Team, 2015).

4.1. COMPLESSITÀ RITMICA E PIACERE

Un modello lineare ad effetti misti (lmer) è stato utilizzato per esaminare la relazione quadratica tra la complessità ritmica (misurata come entropia del ritmo; variabile indipendente) e le valutazioni soggettive di piacere (variabile dipendente). L'analisi ha incluso un termine quadratico per l'entropia come effetto fisso e un'intercetta casuale per ciascun soggetto.

L'effetto quadratico dell'entropia è risultato significativo, suggerendo che la relazione tra complessità ritmica e piacere segue un andamento a *inverted U-shape* (U rovesciata) (figura 13). In particolare, i risultati indicano che il piacere aumenta inizialmente con l'incremento della complessità ritmica, raggiungendo un picco, per poi diminuire ai livelli più alti di complessità. Questo andamento implica l'esistenza di un livello ottimale di complessità ritmica associato a massime valutazioni di piacere, oltre il quale il piacere cala progressivamente. Il termine quadratico dell'entropia è stato associato a un coefficiente negativo significativo ($\beta = -5.20$, $SE = 1.04$), evidenziato da un test *t* ($t(3694) = -5.02$, $p < .001$), che supporta l'interpretazione di una relazione non lineare in cui il piacere tende a diminuire significativamente ai livelli più elevati di complessità ritmica.

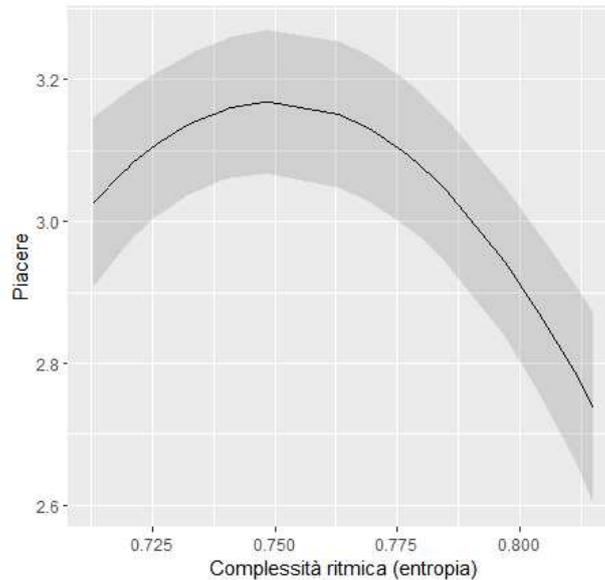


FIGURA 13. Relazione tra complessità ritmica (entropia) e piacere. Il grafico mostra un'*inverted U-shape relationship* tra complessità ritmica (entropia) e piacere, in cui il piacere massimo è raggiunto ad un livello intermedio di complessità.

4.1.1. Complessità ritmica e piacere in interazione con eBMRQ e sottoscale

Per investigare come l'entropia e i punteggi di edonia musicale influenzino il piacere, è stato stimato un modello lineare ad effetti misti (lmer) utilizzando il piacere come variabile dipendente, l'entropia come variabile indipendente (trattata con un polinomio di secondo grado), i punteggi standardizzati di eBMRQ e la loro interazione.

L'analisi ha rilevato che l'effetto principale dei valori di eBMRQ era statisticamente significativo ($\beta = 0.12$, $SE = 0.05$, $t(152) = 2.41$, $p = 0.017$). Tuttavia, l'interazione tra eBMRQ ed entropia è risultata non significativa, sebbene mostrasse una tendenza ($\beta = -1.85$, $SE = 1.04$, $t(3692) = -1.78$, $p = 0.075$). Come mostrato nella figura 14, questo risultato indica che le differenze individuali nella sensibilità alla ricompensa musicale tendono ad influenzare, anche se non significativamente, la percezione del piacere in relazione all'entropia ritmica. Sebbene l'interazione tra eBMRQ ed entropia non abbia raggiunto la significatività statistica, la tendenza osservata suggerisce che i partecipanti con una maggiore edonia musicale tendano a provare maggiore piacere per le tracce con complessità ritmica media.

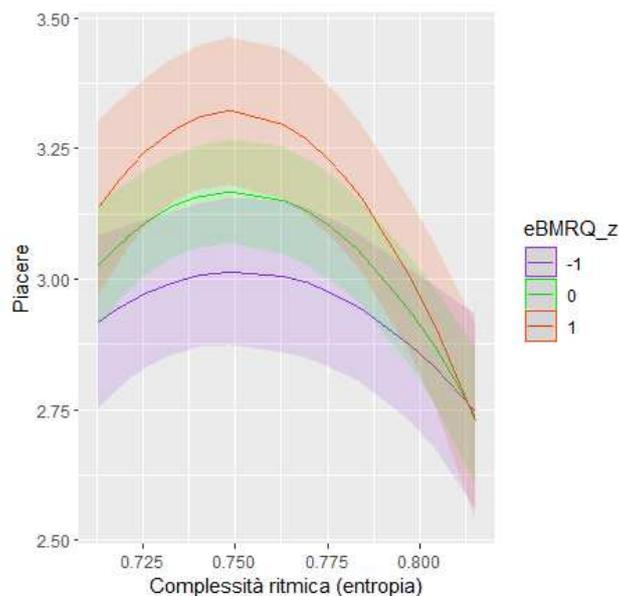


FIGURA 14. Relazione tra complessità ritmica (entropia) e piacere in funzione dell'interazione con eBMRQ. Il grafico mostra l'andamento non significativo dell'interazione tra complessità ritmica e piacere per i punteggi di edonia musicale complessiva. I punteggi di eBMRQ sono punteggi standardizzati, rappresentazione di Basso (= -1), Medio (= 0), Alto (= 1).

Per comprendere quali componenti dell'eBMRQ potessero contribuire a questa tendenza, è stata effettuata un'analisi delle sottoscale del questionario. È stato impiegato un modello lineare ad effetti misti (lmer) per investigare come l'entropia e i punteggi di ciascuna sottoscala dell'eBMRQ influenzino il piacere, utilizzando il piacere come variabile dipendente, l'entropia come variabile indipendente (trattata con un polinomio di secondo grado), i punteggi delle varie sottoscale dell'eBMRQ e la loro interazione.

L'analisi ha rilevato un'interazione significativa per la sottoscala *Emotion Evocation*. Nello specifico, sebbene l'effetto principale della sottoscala *Emotion Evocation* non fosse statisticamente significativo ($\beta = 0.02$, $SE = 0.02$, $t(152) = 1.19$, $p = 0.235$), l'interazione tra *Emotion Evocation* ed entropia è risultata significativa ($\beta = -0.85$, $SE = 0.34$, $t(3692) = -2.50$, $p = 0.012$), suggerendo che il piacere in relazione alla complessità ritmica è influenzato da quest'ultima dimensione (tabella 5).

| | | β | SE | t | p |
|---------------------------|--------------------|-----------------|-----------|------------------|------------------|
| Emotion Evocation | Effetto principale | $\beta = 0.02$ | SE = 0.02 | t (152) = 1.19 | p = 0.235 |
| | Interazione | $\beta = -0.85$ | SE = 0.34 | t (3692) = -2.50 | p = 0.012 |
| Music Seeking | Effetto principale | $\beta = 0.03$ | SE = 0.01 | t (152) = 1.99 | p = 0.049 |
| | Interazione | $\beta = -0.25$ | SE = 0.29 | t (3692) = -0.85 | p = 0.395 |
| Mood Regulation | Effetto principale | $\beta = 0.04$ | SE = 0.02 | t (152) = 2.35 | p = 0.020 |
| | Interazione | $\beta = -0.31$ | SE = 0.39 | t (3692) = -0.79 | p = 0.429 |
| Sensorimotor | Effetto principale | $\beta = 0.02$ | SE = 0.01 | t (152) = 1.64 | p = 0.103 |
| | Interazione | $\beta = -0.38$ | SE = 0.29 | t (3692) = -1.28 | p = 0.2 |
| Social Reward | Effetto principale | $\beta = 0.04$ | SE = 0.01 | t (152) = 2.69 | p = 0.008 |
| | Interazione | $\beta = -0.32$ | SE = 0.30 | t (3692) = -1.08 | p = 0.282 |
| Musical Absorption | Effetto principale | $\beta = 0.02$ | SE = 0.01 | t (152) = 1.52 | p = 0.129 |
| | Interazione | $\beta = -0.44$ | SE = 0.25 | t (3692) = -1.79 | p = 0.074 |

TABELLA 5. Risultati dell'analisi degli effetti principali e delle interazioni tra le sottoscale dell'eBMRQ e la relazione tra complessità ritmica e piacere. Viene riportato il coefficiente β , l'errore standard (SE), il valore t e il p-value per ciascun effetto principale e interazione. L'unica interazione significativa è stata osservata per la sottoscala *Emotion Evocation* ($p = 0.012$).

La figura 15 evidenzia un'*inverted U-shape relationship* tra complessità ritmica e piacere più pronunciata per i partecipanti con punteggi più alti nella sottoscala *Emotion Evocation*, indicando che tali individui, a livelli intermedi di entropia, provano maggiore piacere rispetto a coloro che hanno punteggi più bassi in questa sottoscala.

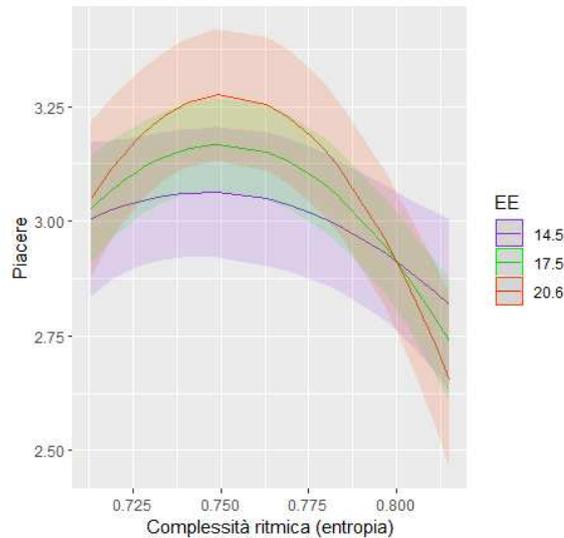


FIGURA 15. Relazione tra complessità ritmica (entropia) e piacere in funzione dell'interazione con la sottoscala *Emotion Evocation* (EE) dell'eBMRQ. Il grafico mostra un'*inverted U-shape relationship* tra complessità ritmica (entropia) e piacere, più forte per i partecipanti con punteggi elevati di EE. Coloro che hanno elevata EE percepiscono, a media entropia, maggiore piacere. I punteggi di EE sono rappresentazione di Basso (= 14.5), Medio (= 17.5), Alto (= 20.6).

4.2. COMPLESSITÀ RITMICA E VOGLIA DI MUOVERSI

Per analizzare la relazione quadratica tra complessità ritmica (misurata come entropia del ritmo; variabile indipendente) e le valutazioni soggettive di voglia di muoversi (variabile dipendente), è stato impiegato un modello lineare ad effetti misti (lmer). L'analisi ha incluso un termine quadratico per l'entropia come effetto fisso e un'intercetta casuale per ogni partecipante.

L'analisi ha rilevato un effetto quadratico significativo dell'entropia, indicando che la relazione tra complessità ritmica e voglia di muoversi segue un andamento a *inverted U-shape* (figura 16). Nello specifico, i risultati mostrano che la voglia di muoversi aumenta inizialmente con l'incremento della complessità ritmica, raggiungendo un picco, per poi calare ai livelli più alti di complessità. Questo suggerisce l'esistenza di un livello ottimale di complessità ritmica associato a massime valutazioni di voglia di muoversi, oltre il quale la voglia di muoversi si riduce progressivamente. Il coefficiente negativo significativo del termine quadratico dell'entropia ($\beta = -8.49$, $SE = 1.13$) è stato evidenziato da un test t ($t(3694) = -7.49$, $p < .001$), supportando così l'idea di

una relazione non lineare in cui la voglia di muoversi decresce significativamente ai livelli più elevati di complessità ritmica.

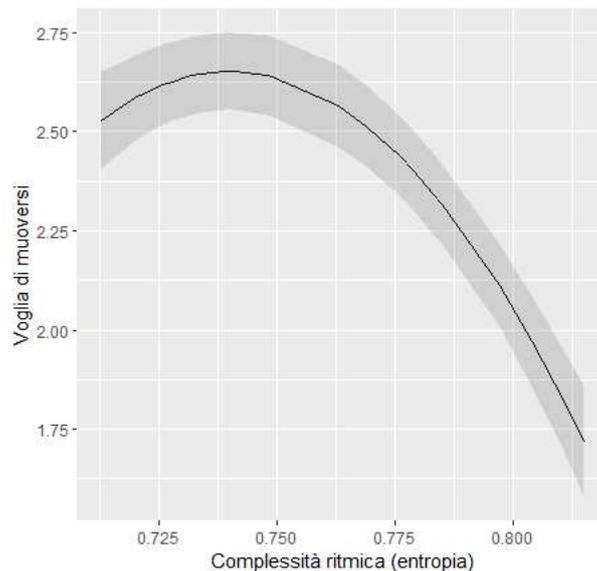


FIGURA 16. Relazione tra complessità ritmica (entropia) e voglia di muoversi. Il grafico mostra un'*inverted U-shape relationship* tra complessità ritmica (entropia) e voglia di muoversi, in cui la massima voglia di muoversi è raggiunta ad un livello intermedio di complessità.

4.2.1. Complessità ritmica e voglia di muoversi in interazione con eBMRQ e sottoscale

Per investigare come l'entropia e i punteggi di edonia musicale influenzino la voglia di muoversi, è stato stimato un modello lineare ad effetti misti (lmer) utilizzando la voglia di muoversi come variabile dipendente, l'entropia come variabile indipendente (trattata con un polinomio di secondo grado), i punteggi standardizzati di eBMRQ e la loro interazione.

L'analisi ha rilevato che l'effetto principale dei valori di eBMRQ era statisticamente significativo ($\beta = 0.15$, $SE = 0.05$, $t(152) = 3.25$, $p < .001$). Tuttavia, l'interazione tra eBMRQ ed entropia è risultata non significativa, sebbene mostrasse una tendenza ($\beta = -1.95$, $SE = 1.13$, $t(3694) = -1.72$, $p = .086$). Come mostrato nella figura 17, questo risultato indica che le differenze individuali nella sensibilità alla ricompensa musicale tendono ad influenzare, anche se non significativamente, la percezione della voglia

di muoversi in relazione all'entropia ritmica. Sebbene l'interazione tra eBMRQ ed entropia non abbia raggiunto la significatività statistica, la tendenza osservata suggerisce che i partecipanti con una maggiore edonia musicale tendano a provare maggiore voglia di muoversi per le tracce con complessità ritmica media.

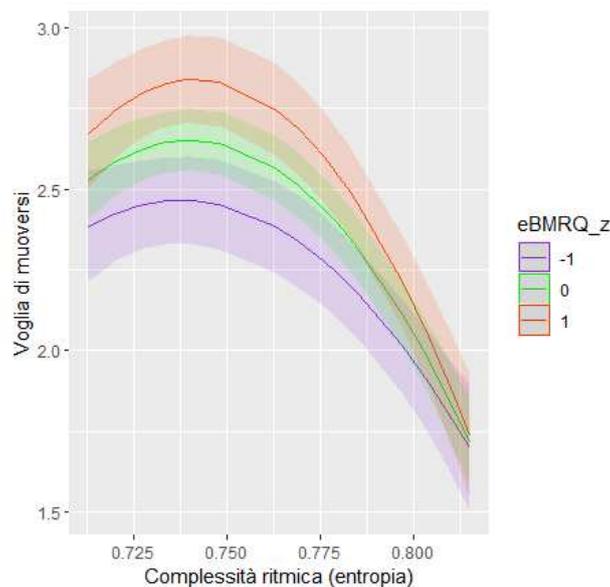


FIGURA 17. Relazione tra complessità ritmica (entropia) e voglia di muoversi in funzione dell'interazione con eBMRQ. Il grafico mostra l'andamento non significativo dell'interazione tra complessità ritmica e voglia di muoversi per i punteggi di edonia musicale complessiva. I punteggi di eBMRQ sono punteggi standardizzati, rappresentazione di Basso (= -1), Medio (= 0), Alto (= 1).

Per comprendere quali componente dell'eBMRQ potessero contribuire a questa tendenza, è stata effettuata un'analisi delle sottoscale del questionario. È stato impiegato un modello lineare ad effetti misti (lmer) per investigare come l'entropia e i punteggi di ciascuna sottoscala dell'eBMRQ influenzino la voglia di muoversi, utilizzando la voglia di muoversi come variabile dipendente, l'entropia come variabile indipendente (trattata con un polinomio di secondo grado), i punteggi delle varie sottoscale dell'eBMRQ e la loro interazione.

L'analisi ha rilevato interazioni significative per tre sottoscale: *Emotion Evocation*, *Musical Seeking* e *Social Reward* (tabella 6). Nello specifico, sebbene l'effetto principale della sottoscala *Emotion Evocation* non fosse statisticamente significativo ($\beta = 0.03$, $SE = 0.02$, $t(152) = 1.68$, $p = 0.095$), l'interazione tra *Emotion Evocation*

ed entropia è risultata significativa ($\beta = -0.75$, $SE = 0.37$, $t(3692) = -2.03$, $p = .042$). Inoltre, l'effetto principale della sottoscala *Musical Seeking* era statisticamente significativo ($\beta = 0.03$, $SE = 0.01$, $t(152) = 2.66$, $p = 0.009$), come lo era anche l'interazione tra *Musical Seeking* ed entropia ($\beta = -0.64$, $SE = 0.32$, $t(3692) = -2.00$, $p = .046$). Infine, è risultato statisticamente significativo sia l'effetto principale della sottoscala *Social Reward* ($\beta = 0.04$, $SE = 0.01$, $t(152) = 2.73$, $p = 0.007$) che l'interazione tra *Social Reward* ed entropia ($\beta = -0.66$, $SE = 0.33$, $t(3692) = -2.01$, $p = .045$). Questi risultati suggeriscono che la voglia di muoversi in relazione alla complessità ritmica è influenzata da queste tre dimensioni.

| | | β | SE | t | p |
|---------------------------|--------------------|-----------------|-----------|-------------------|-------------------------------|
| Emotion Evocation | Effetto principale | $\beta = 0.03$ | SE = 0.02 | $t(152) = 1.68$ | $p = 0.095$ |
| | Interazione | $\beta = -0.75$ | SE = 0.37 | $t(3692) = -2.03$ | $p = 0.042$ |
| Music Seeking | Effetto principale | $\beta = 0.03$ | SE = 0.01 | $t(152) = 2.66$ | $p = 0.009$ |
| | Interazione | $\beta = -0.64$ | SE = 0.32 | $t(3692) = -2.00$ | $p = 0.046$ |
| Mood Regulation | Effetto principale | $\beta = 0.04$ | SE = 0.02 | $t(152) = 2.14$ | $p = 0.034$ |
| | Interazione | $\beta = -0.68$ | SE = 0.43 | $t(3692) = -1.57$ | $p = 0.116$ |
| Sensorimotor | Effetto principale | $\beta = 0.04$ | SE = 0.01 | $t(152) = 3.28$ | $p = 0.001$ |
| | Interazione | $\beta = -0.07$ | SE = 0.32 | $t(3692) = -0.22$ | $p = 0.823$ |
| Social Reward | Effetto principale | $\beta = 0.04$ | SE = 0.01 | $t(152) = 2.73$ | $p = 0.007$ |
| | Interazione | $\beta = -0.66$ | SE = 0.33 | $t(3692) = -2.01$ | $p = 0.045$ |
| Musical Absorption | Effetto principale | $\beta = 0.03$ | SE = 0.01 | $t(152) = 2.44$ | $p = 0.016$ |
| | Interazione | $\beta = -0.14$ | SE = 0.27 | $t(3692) = -0.54$ | $p = 0.593$ |

TABELLA 6. Risultati dell'analisi degli effetti principali e delle interazioni tra le sottoscale dell'eBMRQ e la relazione tra complessità ritmica e voglia di muoversi. Viene riportato il coefficiente β , l'errore standard (SE), il valore t e il p-value per ciascun effetto principale e interazione. Le interazioni significative sono state osservate per le sottoscale *Emotion Evocation* ($p = 0.042$), *Musical Seeking* ($p = 0.046$), *Social Reward* ($p = 0.045$).

La figura 18 evidenzia un'*inverted U-shape relationship* tra complessità ritmica e voglia di muoversi più pronunciata per i partecipanti con punteggi più alti nella sottoscala *Emotion Evocation*, indicando che tali individui, a livelli intermedi di entropia, provano maggiore voglia di muoversi rispetto a coloro che hanno punteggi più bassi in questa sottoscala.

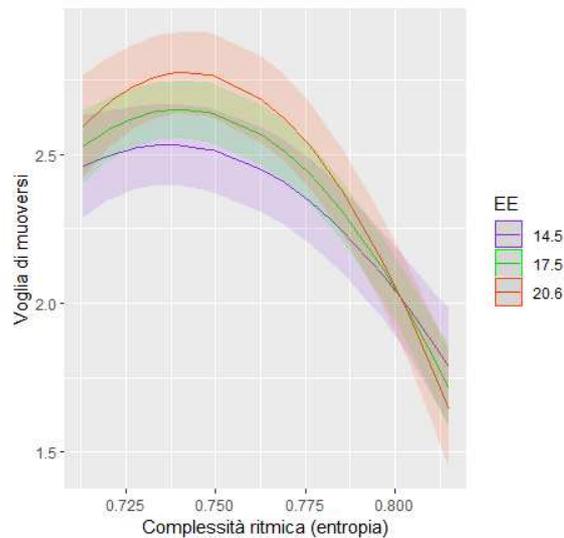


FIGURA 18. Relazione tra complessità ritmica (entropia) e voglia di muoversi in funzione dell'interazione con la sottoscala *Emotion Evocation* (EE) dell'eBMRQ. Il grafico mostra un'*inverted U-shape relationship* tra complessità ritmica (entropia) e voglia di muoversi, più forte per i partecipanti con punteggi elevati di EE. Coloro che hanno elevata EE percepiscono, a media entropia, maggiore voglia di muoversi. I punteggi di EE sono rappresentazione di Basso (= 14.5), Medio (= 17.5), Alto (= 20.6).

La figura 19 evidenzia un'*inverted U-shape relationship* tra complessità ritmica e voglia di muoversi più pronunciata per i partecipanti con punteggi più alti nella sottoscala *Musical Seeking*, indicando che tali individui, a livelli intermedi di entropia, provano maggiore voglia di muoversi rispetto a coloro che hanno punteggi più bassi in questa sottoscala.

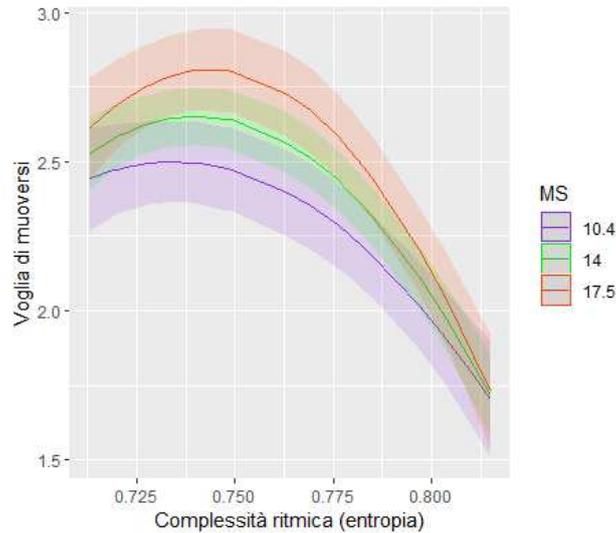


FIGURA 19. Relazione tra complessità ritmica (entropia) e voglia di muoversi in funzione dell'interazione con la sottoscala *Musical Seeking* (MS) dell'eBMRQ. Il grafico mostra un'*inverted U-shape relationship* tra complessità ritmica (entropia) e voglia di muoversi, più forte per i partecipanti con punteggi elevati di MS. Coloro che hanno elevata MS percepiscono, a media entropia, maggiore voglia di muoversi. I punteggi di MS sono rappresentazione di Basso (= 10.4), Medio (= 14), Alto (= 17.5).

La figura 20 evidenzia un'*inverted U-shape relationship* tra complessità ritmica e voglia di muoversi più pronunciata per i partecipanti con punteggi più alti nella sottoscala *Social Reward*, indicando che tali individui, a livelli intermedi di entropia, provano maggiore voglia di muoversi rispetto a coloro che hanno punteggi più bassi in questa sottoscala.

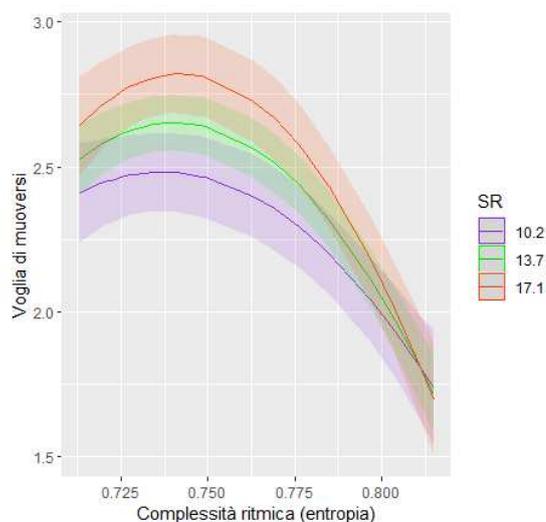


FIGURA 20. Relazione tra complessità ritmica (entropia) e voglia di muoversi in funzione dell'interazione con la sottoscala *Social Reward* (SR) dell'eBMRQ. Il grafico mostra un'*inverted U-shape relationship* tra

complessità ritmica (entropia) e voglia di muoversi, più forte per i partecipanti con punteggi elevati di SR. Coloro che hanno elevata SR percepiscono, a media entropia, maggiore voglia di muoversi. I punteggi di SR sono rappresentazione di Basso (= 10.2), Medio (= 13.7), Alto (= 17.1).

4.3. COMPLESSITÀ RITMICA E CA-BAT (risposte ON)

Un modello lineare generalizzato ad effetti misti (GLMM) è stato utilizzato per esaminare la relazione quadratica tra la complessità ritmica, misurata come entropia (variabile indipendente), e la percezione ritmica nel compito del CA-BAT (risposte *on beat*, ovvero tendenza del soggetto a rispondere che il metronomo è a tempo con lo stimolo musicale; variabile dipendente). L'analisi è stata svolta con un modello lineare generalizzato ad effetti misti (GLMM) implementato tramite la funzione `glmer` del pacchetto `lme4` in R. Ha incluso un termine polinomiale di secondo grado per l'entropia come effetto fisso, insieme a un'intercetta casuale per ciascun soggetto.

L'effetto quadratico dell'entropia è risultato significativo, suggerendo che la relazione tra complessità ritmica e percezione ritmica segue un andamento a *inverted U-shape* (figura 21). In particolare, i risultati mostrano che con l'aumento iniziale della complessità ritmica, le tracce musicali sono percepite più spesso come *on beat*, raggiungendo un picco a un livello medio di complessità, per poi essere percepite meno frequentemente come *on beat* ai livelli più alti di complessità. Questo andamento implica l'esistenza di un livello ottimale di complessità ritmica associato alla massima percezione delle tracce come *on beat*, che si riduce sia ai livelli più bassi che più alti di complessità. Il termine quadratico dell'entropia è stato associato a un effetto significativo ($\chi^2 = 10.76$, Df = 2, $p < .001$), confermando l'ipotesi di una relazione non lineare in cui la percezione delle tracce come *on beat* aumenta inizialmente con la complessità ritmica, per poi diminuire ai livelli più elevati.

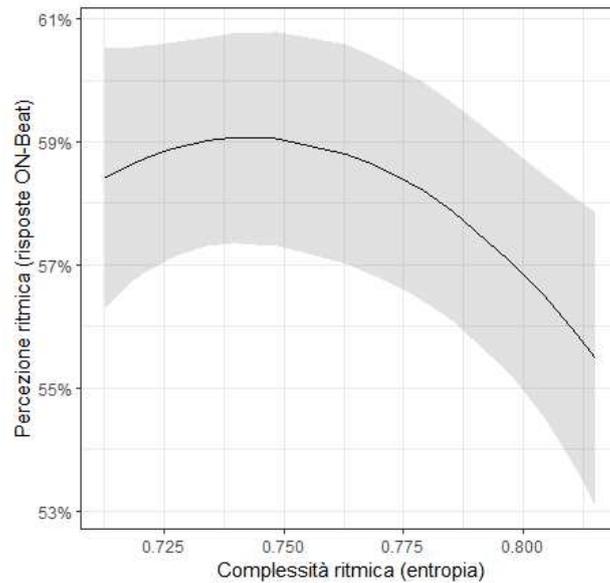


FIGURA 21. Relazione tra complessità ritmica (entropia) e percezione ritmica (risposte *on beat*). Il grafico mostra un'*inverted U-shape relationship* tra complessità ritmica (entropia) e percezione ritmica (risposte *on beat*), indicando che le tracce con un livello intermedio di complessità sono percepite *on beat* con maggiore frequenza.

4.3.1. Complessità ritmica e CA-BAT (risposte ON) in interazione con piacere

Per investigare come l'entropia e il piacere influenzino la percezione ritmica (risposte *on beat*), è stato stimato un modello lineare generalizzato ad effetti misti (GLMM) utilizzando la percezione ritmica nel compito del CA-BAT (risposte *on beat*) come variabile dipendente, l'entropia come variabile indipendente (trattata con un polinomio di secondo grado), il piacere e la loro interazione. L'analisi è stata svolta con un modello lineare generalizzato ad effetti misti (GLMM) implementato tramite la funzione `glmer` del pacchetto `lme4` in R.

L'analisi ha rilevato che l'effetto principale dei valori di piacere era statisticamente significativo ($\chi^2 = 75.93$, $Df = 1$, $p < .001$); inoltre, l'interazione tra piacere ed entropia è risultata statisticamente significativa ($\chi^2 = 96.20$, $Df = 2$, $p < .001$). La figura 22 evidenzia un'*inverted U-shape relationship* tra complessità ritmica e percezione ritmica (risposte *on beat*) più pronunciata per i partecipanti con valori più alti di piacere, indicando che tali individui, a livelli intermedi di entropia, percepiscono più spesso le tracce musicali come *on beat* rispetto a coloro che hanno valori più

bassi di piacere. Questo risultato indica che il piacere influenza significativamente la percezione ritmica in relazione all'entropia.

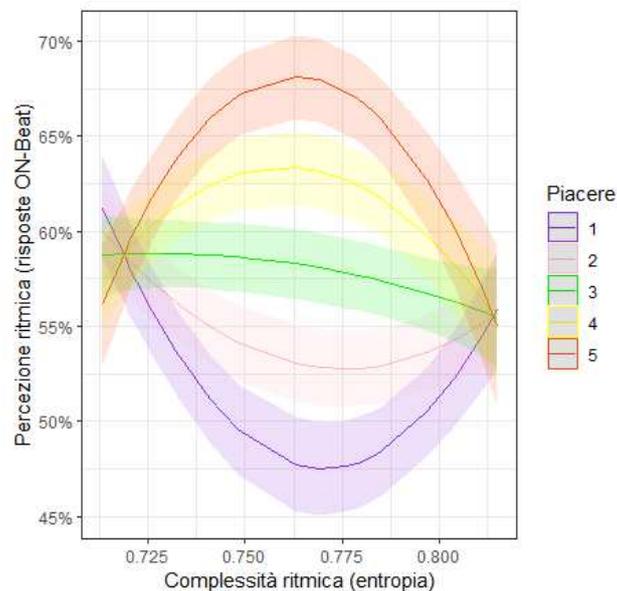


FIGURA 22. Relazione tra complessità ritmica (entropia) e percezione ritmica (risposte on beat) in funzione dell'interazione con il piacere. L'*inverted U-shape* evidenzia che i partecipanti con valori più alti di piacere percepiscono le tracce musicali come *on beat* con maggiore frequenza a livelli intermedi di entropia.

4.3.2. Complessità ritmica e CA-BAT (risposte ON) in interazione con voglia di muoversi

Per investigare come l'entropia e la voglia di muoversi influenzino la percezione ritmica (risposte *on beat*), è stato stimato un modello lineare generalizzato ad effetti misti (GLMM) utilizzando la percezione ritmica nel compito del CA-BAT (risposte *on beat*) come variabile dipendente, l'entropia come variabile indipendente (trattata con un polinomio di secondo grado), la voglia di muoversi e la loro interazione. L'analisi è stata svolta con un modello lineare generalizzato ad effetti misti (GLMM) implementato tramite la funzione `glmer` del pacchetto `lme4` in R.

L'analisi ha rilevato che l'effetto principale dei valori di voglia di muoversi era statisticamente significativo ($\chi^2 = 115.87$, Df = 1, $p < .001$); inoltre, l'interazione tra voglia di muoversi ed entropia è risultata statisticamente significativa ($\chi^2 = 71.67$, Df = 2, $p < .001$). La figura 23 evidenzia un'*inverted U-shape relationship* tra complessità

ritmica e percezione ritmica (risposte *on beat*) più pronunciata per i partecipanti con valori più alti di voglia di muoversi, indicando che tali individui, a livelli intermedi di entropia, percepiscono più spesso le tracce musicali come *on beat* rispetto a coloro che hanno valori più bassi di voglia di muoversi. Questo risultato, in linea con quello relativo al piacere, indica che la voglia di muoversi influenza significativamente la percezione ritmica in relazione all'entropia.

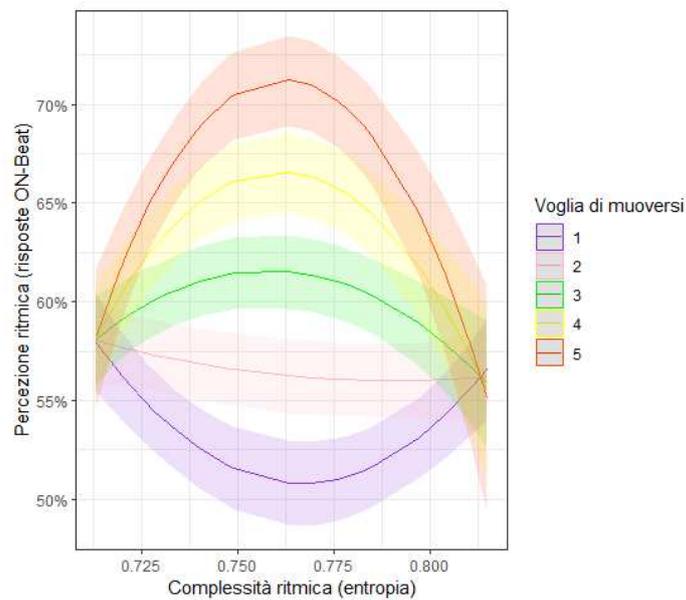


FIGURA 23. Relazione tra complessità ritmica (entropia) e percezione ritmica (risposte *on beat*) in funzione dell'interazione con la voglia di muoversi. L'*inverted U-shape* evidenzia che i partecipanti con valori più alti di voglia di muoversi percepiscono le tracce musicali come *on beat* con maggiore frequenza a livelli intermedi di entropia.

5. DISCUSSIONE

Lo stato dell'arte delle ricerche presenti in letteratura evidenzia che alcuni tipi di musica hanno maggiori probabilità di indurre la sensazione di *groove* rispetto ad altri. Diverse proprietà musicali contribuiscono a quest'esperienza: la musica con un *beat* forte, ad esempio, porta a valutazioni più elevate di *groove* e a maggiori probabilità di indurre movimenti di tutto il corpo, rispetto alla musica con un *beat* debole. Sebbene un *beat* forte possa essere necessario per il *groove*, non è di per sé sufficiente: il ticchettio di un orologio, pur avendo un *beat* forte, difficilmente indurrebbe qualcuno a ballare (Matthews et al., 2019). Tuttavia, uno degli aspetti più approfonditi nella ricerca è la complessità ritmica. Gli studi esplorativi sulla relazione tra il livello di complessità del ritmo musicale e la sensazione di *groove* suggeriscono che i ritmi di media complessità possano influenzare l'intensità con cui il *groove* viene percepito (Matthews et al., 2019; Matthews et al., 2020; Matthews et al., 2022; Stupacher et al. 2022b). Pertanto, il presente studio si propone di analizzare, in una popolazione di non musicisti, la relazione tra complessità ritmica e *groove*, il ruolo dell'edonia musicale in questa relazione, e la relazione tra complessità ritmica, percezione ritmica e *groove*. Nel complesso, i risultati ottenuti confermano ed estendono le conoscenze presenti in letteratura, evidenziando l'importanza della complessità ritmica nel predire l'esperienza di *groove*, la rilevanza delle differenze individuali in specifiche componenti dell'edonia musicale in questa relazione (in particolare *Emotion Evocation* dell'eBMRQ), e l'importanza della complessità ritmica nel predire la percezione ritmica, effetto particolarmente pronunciato per alti livelli di piacere e voglia di muoversi. Di seguito viene discusso nel dettaglio ognuno di questi aspetti.

5.1. COMPLESSITÀ RITMICA E GROOVE

Il primo obiettivo di questo studio è stato quello di indagare l'influenza della complessità del ritmo musicale (entropia delle tracce) sull'esperienza del *groove* (piacere e voglia di muoversi), con l'intento di approfondire la comprensione dei motivi per cui alcuni ritmi suscitino un maggiore piacere musicale e un'irresistibile voglia di muoversi. In linea con le osservazioni Matthews et al. (2019; 2020; 2022), è emersa un'*inverted U-shape relationship* sia tra entropia e piacere che tra entropia e voglia di

muoversi, suggerendo che i ritmi di media complessità evocano una più intensa esperienza di *groove*. In particolare, i risultati indicano che l'esperienza del *groove* aumenta inizialmente con l'incremento della complessità ritmica, raggiungendo un picco, per poi diminuire ai livelli più alti di complessità. Questo andamento implica l'esistenza di un livello ottimale di complessità ritmica associato ad una più intensa esperienza di *groove*, oltre il quale la sensazione di *groove* cala progressivamente. In sintesi, questi risultati suggeriscono che la complessità ritmica predice sia il piacere musicale che la voglia di muoversi. Pertanto, in linea con Matthews et al. (2019), si può concludere che il ritmo gioca un ruolo cruciale nel generare la sensazione di *groove*.

L'effetto dell'*inverted U-shape* può essere compreso attraverso il *framework* del *predictive coding*, secondo cui l'ascoltatore sviluppa modelli interni, o aspettative musicali, basati su esperienze precedenti (Matthews et al., 2019). “Data l'importanza di anticipare e adattarsi a un ambiente in continua evoluzione, fare e valutare previsioni incerte può avere un forte impatto emotivo” (Gold et al., 2019, p.9397). In questo modo, le sensazioni di *groove* più intense emergono quando l'ascoltatore è in grado di fare previsioni ma, al contempo, le sue aspettative vengono leggermente violate, creando un equilibrio tra prevedibilità e incertezza. In questo contesto, livelli medi di sincopa raggiungono questo equilibrio creando un livello ottimale di tensione tra un modello predittivo, derivante da *pattern* ritmici ripetitivi (il metro), e l'input sensoriale attuale, rappresentato da deviazioni ritmiche (come le sincopi) (Matthews et al., 2019; Stupacher et al., 2022a). In altre parole, i ritmi di media complessità toccano lo “*sweet spot*” tra essere troppo semplici per risultare stimolanti e coinvolgenti e troppo complessi per essere comprensibili e prevedibili (Stupacher et al. 2022b). Infatti, se da un lato la musica con una bassa sincopa tende a diventare rapidamente noiosa, dall'altro può essere difficile individuare, e a maggior ragione seguire, il *beat* nella musica con elevata sincopa (Bechtold et al., 2022). Secondo questa prospettiva, il piacere mostra un'*inverted U-shape relationship* con la complessità ritmica, poiché la tensione tra modello predittivo e input sensoriale genera errori di previsione, o violazioni delle aspettative, che risultano gratificanti perché stimolano ulteriori previsioni e, quindi, favoriscono l'apprendimento (Matthews et al., 2019). Analogamente, la voglia di muoversi è maggiore con sincopa media poiché questa tensione spinge l'ascoltatore a rafforzare e/o testare il proprio modello sincronizzando

i movimenti corporei (aggiungendo una dimensione propriocettiva) e colmando le lacune ritmiche create dalle sincopi (Matthews et al., 2019; Stupacher et al. 2022b). Il fatto che sperimentare la sensazione di *groove* e muovere il corpo a tempo di musica rappresenti un processo enattivo che facilita la percezione del *beat* e del ritmo musicale, supporta l'idea della cognizione musicale incarnata, secondo la quale il movimento corporeo è fondamentale nel dare senso alla musica (Etani et al., 2024). La dimensione corporea, infatti, arricchisce l'elaborazione ritmica, amplificando così la nostra esperienza musicale. Allo stesso tempo, il riempire i vuoti nel *beat* con il movimento del corpo contribuisce a rendere l'esperienza del *groove* più piacevole (Bechtold et al., 2022).

5.2. COMPLESSITÀ RITMICA, GROOVE E EDONIA MUSICALE

Il secondo obiettivo del presente studio è stato quello di indagare se le differenze individuali nell'edonia musicale (questionario eBMRQ) moderino la relazione tra complessità ritmica (entropia) e piacere musicale e voglia di muoversi (*ratings* soggettivi). Le ipotesi di un'*inverted U-shape relationship* sia tra complessità ritmica e piacere che tra complessità ritmica e voglia di muoversi, più forte nei partecipanti con punteggi più elevati di edonia musicale nel questionario eBMRQ, non sono state confermate. Sebbene non fosse risultato significativo, l'effetto di moderazione da parte dell'edonia musicale complessiva sul rapporto tra complessità ritmica e *groove* (piacere e voglia di muoversi) mostrava comunque una tendenza in entrambi i casi: i partecipanti con una maggiore edonia musicale tendono a provare, anche se non significativamente, sia maggiore piacere che voglia di muoversi per le tracce con complessità ritmica media. Questo suggerisce che alcune componenti dell'edonia musicale (ossia, alcune specifiche sottoscale dell'eBMRQ) potrebbero essere più rilevanti di altre in questa relazione. Infatti, è stato dimostrato che sia il piacere che la voglia di muoversi in relazione alla complessità ritmica sono influenzate dall'*Emotion Evocation*, ossia dal grado in cui si esperiscono intense emozioni durante l'ascolto musicale. In aggiunta, la voglia di muoversi in relazione alla complessità ritmica è ulteriormente influenzata dalla *Musical Seeking*, ovvero dall'impiego di risorse – come tempo e denaro – nella musica e attività correlate, e dal *Social Reward*, ossia dal grado di connessione percepita condividendo esperienze musicali. Approfondiamo ora la comprensione di queste relazioni.

Innanzitutto, le persone che provano maggiormente intense emozioni durante l'ascolto musicale (cioè, con più alti punteggi di *Emotion Evocation*), a media entropia, provano maggiore piacere e voglia di muoversi. La capacità della musica di suscitare forti emozioni, infatti, rafforza la relazione sia tra entropia e piacere musicale che tra entropia e voglia di muoversi. Dunque, la capacità evocativa della musica modera l'*inverted U-shape relationship* tra complessità ritmica e sensazione di *groove* (piacere e voglia di muoversi). Si ipotizza che la capacità della musica di evocare emozioni intense possa aumentare la sensibilità alle variazioni ritmiche. Quando una persona è emotivamente coinvolta nella musica, il suo stato affettivo tende a potenziare la sua attenzione e la sua percezione delle sfumature ritmiche e temporali, favorendo una maggiore consapevolezza e apprezzamento della sincope. Questo potrebbe portare a modelli interni più sviluppati capaci di generare aspettative ritmiche più forti e di produrre risposte più intense a violazioni ritmiche moderate, risultando in maggiore voglia di muoversi (per testare le aspettative) e piacere (derivante dalla riduzione dell'incertezza, cioè dall'apprendimento).

Inoltre, le persone che si dedicano più attivamente alla ricerca musicale (cioè, con più alti punteggi di *Musical Seeking*), a media entropia, provano maggiore voglia di muoversi. La capacità della musica di coinvolgere gli individui in attività di ricerca musicale, infatti, rafforza la relazione tra entropia e voglia di muoversi. Dunque, la ricerca musicale modera l'*inverted U-shape relationship* tra complessità ritmica e voglia di muoversi. Questo risultato può essere interpretato considerando che le persone con un alto punteggio di *Musical Seeking* tendono ad avere una propensione a cercare nuova musica che implica una maggiore esposizione a diverse complessità ritmiche, il che potrebbe accrescere la loro sensibilità alle variazioni ritmiche. La loro predisposizione all'esplorazione e all'adattamento a vari stimoli musicali potrebbe portare a modelli interni più sviluppati capaci di generare aspettative ritmiche più forti e di produrre risposte più intense a violazioni ritmiche moderate. Di conseguenza, l'interesse per la scoperta musicale può intensificare la voglia di muoversi quando si ascoltano ritmi di complessità intermedia, rafforzando l'effetto della complessità ritmica sulla voglia di muoversi.

Infine, le persone che percepiscono maggiormente la musica come uno strumento di connessione e unione sociale (cioè, con più alti punteggi di *Social Reward*), a media entropia, provano maggiore voglia di muoversi. La capacità della musica di fungere da

collante sociale, infatti, rafforza la voglia di muoversi sui ritmi di media complessità. Dunque, la ricompensa sociale modera l'*inverted U-shape relationship* tra complessità ritmica e voglia di muoversi. Le persone per cui la musica possiede un elevato valore di ricompensa sociale potrebbero essere più propense a sperimentare una maggiore voglia di muoversi sui ritmi di media complessità (che generano il maggior numero di errori di previsione fortemente ponderati), poiché tale impulso potrebbe riflettere un desiderio di sincronizzazione interpersonale, che consente di testare collettivamente le aspettative: il movimento degli altri potrebbe servire da feedback aggiuntivo per confermare o smentire le proprie previsioni. È possibile anche che, la maggiore voglia di muoversi sui ritmi di media complessità spinga a sincronizzare il proprio movimento con quello delle altre persone, rafforzando così i legami sociali. Infatti, “la sincronia potrebbe fungere da agente primordiale e diretto di legame sociale, spiegando così la sua presenza ricorrente in vari contesti e culture umane (come la danza, la preghiera, la marcia e la produzione musicale)” (Launay et al., 2016, p.2). In aggiunta, Witek (2017, p.149) evidenzia come “il riempire collettivamente i vuoti nella sincope” attiri più individui nello stesso spazio e sincronizzi i loro movimenti, il che può sfumare i confini tra i diversi agenti, promuovendo così un senso di unità.

5.3. COMPLESSITÀ RITMICA, PERCEZIONE RITMICA E GROOVE

Il terzo ed ultimo obiettivo prefissato da questo studio è stato quello di indagare gli effetti della complessità ritmica (entropia) e piacere e voglia di muoversi (*ratings* soggettivi) sulla percezione ritmica (risposte *on beat*) di brani musicali nel *task* CA-BAT. È stata osservata un'*inverted U-shape relationship* tra complessità del ritmo musicale e percezione ritmica *on beat* (ossia, la tendenza del soggetto a rispondere che il metronomo è a tempo con lo stimolo musicale), in cui i ritmi di media complessità si associano ad una maggiore probabilità di percepire i brani musicali come *on beat*, a prescindere dal fatto che siano *on* o che siano *off*. In particolare, i risultati mostrano che con l'aumento iniziale della complessità ritmica, le tracce musicali sono percepite più spesso come *on beat*, raggiungendo un picco a un livello medio di complessità, per poi essere percepite meno frequentemente come *on beat* ai livelli più alti di complessità. Questo andamento implica l'esistenza di un livello ottimale di complessità ritmica associato alla massima percezione delle tracce come *on beat*, che si riduce sia ai livelli più bassi che più alti di complessità. Inoltre, indagando se, e come, la

complessità ritmica (entropia) e il *groove* (piacere e voglia di muoversi) influenzino la percezione ritmica (risposte *on beat*), è emersa un'interazione significativa sia tra entropia e piacere che tra entropia e voglia di muoversi. È stata osservata un'*inverted U-shape relationship* tra complessità ritmica e percezione ritmica (risposte *on beat*) più pronunciata per i partecipanti con valori più alti sia di piacere e che di voglia di muoversi, indicando che i partecipanti che hanno sperimentato sensazioni più intense di *groove*, a media entropia, percepiscono più spesso le tracce musicali come *on beat*, a prescindere che siano *on* o che siano *off*. In altre parole, a media complessità ritmica è più probabile che i partecipanti percepiscano gli stimoli come *on beat*: questo effetto è particolarmente pronunciato per alti livelli di piacere e voglia di muoversi. Nel complesso, quindi, provare maggiore piacere e voglia di muoversi nell'ascolto di brani musicali influenza il modo in cui percepiamo il ritmo in relazione all'entropia.

Questi risultati ampliano le conoscenze presenti in letteratura sull'*inverted U-shape relationship* tra complessità ritmica e *groove*, poiché include la percezione ritmica, intesa in questo contesto come tendenza a percepire il metronomo a tempo con lo stimolo musicale, un aspetto rimasto finora inesplorato. È interessante confrontare questo studio con quello di Matthews et al. (2022), il quale evidenzia che la relazione tra sincronia percepita e *groove* è più forte per i ritmi con un livello medio di sincope, tenendo però a conto delle differenze chiave tra i due approcci. Entrambi gli studi si concentrano sulla relazione tra percezione della sincronia, complessità ritmica e *groove*; tuttavia, mentre lo studio di Matthews et al. (2022) si focalizza sulla percezione della sincronia motoria, ovvero la capacità dei partecipanti di sincronizzare i propri movimenti al ritmo e la percezione della qualità di tale sincronia, il presente studio indaga le abilità ritmiche percettive tramite il compito CA-BAT, valutando la percezione della sincronia tra metronomo e brano musicale. In altre parole, mentre quest'ultimo esplora una dimensione della percezione ritmica in assenza di un'azione motoria esplicita, l'altro include una componente motoria, ossia il *tapping* sul *beat* della musica. Tuttavia, la similarità dei risultati – che mettono in risalto il legame tra percezione della sincronia, complessità ritmica e *groove* – suggerisce che entrambi i processi, percezione motoria e percezione uditiva, possono condividere meccanismi comuni. Sulla base dei suggerimenti di Matthews et al. (2022), diverse interpretazioni possono spiegare la relazione tra percezione ritmica *on beat* (sincronia percepita), complessità ritmica ed esperienza di *groove*.

Una prima interpretazione suggerisce che i *beep* del metronomo giudicati come temporalmente allineati con il *beat* generino un segnale di ricompensa, particolarmente intenso per ritmi moderatamente sincopati in cui il contesto metrico è più incerto. Infatti, i ritmi con sincope media possono essere abbastanza complessi da ridurre l'incertezza, senza però essere così complicati da inibire l'apprendimento, offrendo così una forte conferma della previsione (ad esempio, una ricompensa) che intensifica l'esperienza del *groove*. Questi ritmi, dunque, massimizzano l'incertezza riducibile, mentre la sincronia percepita riflette la percezione soggettiva della riduzione dell'incertezza gratificante (ad esempio, conferme della previsione).

Secondo un'interpretazione alternativa, le sincopi introducono incertezza riguardo alla posizione del *beat*, espandendo la finestra temporale di ciò che viene percepito come *on beat*. Questa *tolerance zone* (zona di tolleranza) per la sincronia percepita potrebbe essere più ampia nei ritmi con una sincope maggiore. Di conseguenza, tale espansione consente a più *beep* del metronomo di rientrare in questa finestra più ampia e di essere percepiti come sincroni, generando così più conferme di previsione e, quindi, una maggiore sensazione di piacere. Secondo questa prospettiva, i ritmi moderatamente sincopati risultano ottimali per suscitare il maggior numero di conferme di previsione, poiché combinano una sufficiente regolarità per formulare previsioni con un livello di incertezza che amplia la *tolerance zone*.

Una terza possibile interpretazione inverte la direzione causale ipotizzata nelle precedenti: una forte esperienza di *groove*, suscitata da ritmi con sincope media, potrebbe aumentare la sincronia percepita. Considerando la natura assorbente e immersiva della sensazione di *groove* che può inibire il confronto analitico tra la tempistica degli attacchi e i *beep* del metronomo, si suggerisce che lo stato di essere "nel *groove*" possa diminuire la precisione dei giudizi sulla tempistica del metronomo. Poiché il *groove* deriva dal modo in cui la musica coinvolge i nostri processi predittivi, la sincronia percepita può essere vista come un indicatore di tali processi che formano un legame causale tra sincope e *groove*. Tuttavia, "è plausibile, se non probabile, che sentirsi 'nel *groove*' fornisca un feedback a questi processi predittivi, influenzando così la sincronia percepita" (Matthews et al., 2022, p.436).

5.4. IMPLICAZIONI E APPLICAZIONI PRATICHE

I risultati di questo studio non solo offrono spunti teorici, ma suggeriscono anche applicazioni pratiche significative in diversi ambiti. Un'area che potrebbe beneficiare particolarmente di tali scoperte è quella clinica, soprattutto per quanto riguarda gli interventi basati sulla musica e sul ritmo. La musica che evoca una forte sensazione di *groove* potrebbe essere particolarmente efficace nei programmi terapeutici per migliorare il movimento corporeo in pazienti con morbo di Parkinson, malattia di Huntington e difficoltà motorie post-ictus (Stupacher et al. 2022b). In particolare, la musica ad alto *groove*, che stimola e facilita il movimento del corpo, si configura come uno strumento promettente per la riabilitazione della deambulazione (Etani et al., 2024). Tuttavia, è importante sottolineare che, nei pazienti con compromissioni motorie, i ritmi che inducono una maggiore sensazione di *groove* potrebbero differire, spostandosi da complessità ritmiche moderate a basse rispetto alle persone sane (Stupacher et al. 2022b).

La sensazione di *groove* non solo favorisce il movimento individuale, ma ha anche rilevanti implicazioni sociali. Secondo Dunbar (2016), la musica (e la danza) hanno contribuito alla formazione di grandi gruppi sociali nell'evoluzione umana, fungendo da surrogato del *grooming* fisico. Mentre il *grooming* promuove la socializzazione solo all'interno di gruppi ristretti, poiché richiede il contatto fisico, musica e danza permettono di rafforzare i legami su scala più ampia, favorendo l'affiliazione tra individui in gruppi più estesi. In questo contesto, la capacità di sperimentare il *groove* e sincronizzarsi spontaneamente ai ritmi musicali potrebbe aver avuto un ruolo cruciale a livello sociale: la piacevole sensazione di voler muovere il corpo quando si ascolta la musica, attraverso la sua capacità di indurre una risposta motoria sincronizzata, porta alla sincronizzazione comportamentale con gli altri. Dunque, aumentando la sincronizzazione interpersonale, la musica ad alto *groove* potrebbe favorire il senso di coesione e rafforzare i legami sociali attraverso gli effetti rinforzanti del piacere, creando così un'esperienza simile al *grooming* (Etani et al., 2024; Launay et al., 2016). Pertanto, essa potrebbe essere utilizzata in attività di team-building e in contesti terapeutici per favorire l'interazione sociale. Esercizi di danza o movimento su musiche ad alto *groove*, ad esempio, possono stimolare la sincronizzazione tra i partecipanti, rafforzando la coesione e migliorando la cooperazione. In ambito terapeutico, come sessioni di gruppo o nei centri comunitari, l'uso di musica ad alto *groove* potrebbe

ridurre l'ansia sociale e promuovere il legame tra i partecipanti, specialmente in popolazioni in cui l'integrazione sociale è un obiettivo centrale.

I risultati di questo studio sul *groove* suggeriscono interessanti applicazioni anche per le classi di danza, in particolare per le discipline come l'hip hop e delle danze urbane in generale. In questo contesto, l'uso di musica con alto *groove* può incrementare significativamente il piacere e la voglia di muoversi degli studenti, favorendo una maggiore partecipazione e motivazione durante la lezione. Questo maggiore coinvolgimento può tradursi in un miglioramento dell'apprendimento e nella capacità di esprimere al meglio il proprio potenziale. Inoltre, la naturale voglia di muoversi a ritmo di musica (che rappresenta l'essenza e il motore delle danze urbane) incoraggia gli studenti a praticare i passi con maggiore spontaneità, rendendo i loro movimenti più naturali, autentici e genuini, piuttosto che rigidi e meccanici: in questo modo i passi non saranno solo eseguiti, ma vissuti e sentiti. La musica ad alto *groove* stimola anche la capacità degli studenti di sincronizzare i loro movimenti con il ritmo (Matthews et al., 2022). Ciò porta ad un *timing* più preciso e ad una migliore coordinazione all'interno del gruppo, poiché la struttura ritmica chiara e coinvolgente della musica ad alto *groove* guida il movimento dei ballerini. Inoltre, muoversi insieme sulla musica ad alto *groove* favorisce un senso di unità e di energia condivisa, abbattendo le barriere sociali e rafforzando i legami tra i ballerini. La sincronizzazione collettiva, infatti, non solo migliora il coordinamento, ma contribuisce anche a creare connessioni interpersonali più forti, dando vita ad un ambiente più coeso. Pertanto, il piacere condiviso e la sincronizzazione contribuiscono a costruire una comunità all'interno della classe, dove gli studenti si sentono più connessi tra loro e più motivati ad imparare.

5.5. DIREZIONI FUTURE

Le evidenze emerse dal presente studio aprono nuove strade per futuri approfondimenti. Ulteriori ricerche sono necessarie per chiarire quali ricompense specifiche siano coinvolte nell'esperienza del *groove*, siano esse edoniche, motivazionali o di apprendimento (Etani et al., 2024). Un'indagine più approfondita del ruolo dell'edonia musicale potrebbe aiutare a comprendere meglio la sua influenza e quella delle sue componenti (ad esempio, sottoscale dell'eBMRQ) nella relazione tra complessità ritmica ed esperienza di *groove*.

Inoltre, resta da definire quali meccanismi siano effettivamente responsabili delle ricompense: il soddisfacimento delle aspettative, la violazione delle aspettative, la tensione e la risoluzione tra di esse o, ancora, il movimento fisico stesso. Si ipotizza che diversi tipi di ricompensa possano contribuire all'esperienza del *groove*: ritmi isocroni potrebbero soddisfare le aspettative (ricompensa edonica), le sincopi potrebbero violarle (ricompense motivazionali e di apprendimento), mentre muoversi a ritmo potrebbe risultare di per sé gratificante (sia in senso edonico, che come stimolo motivazionale e di apprendimento) (Etani et al., 2024).

Inoltre, è fondamentale indagare la relazione precisa tra piacere e voglia di muoversi, i due principali aspetti del *groove*. Come già accennato, movimento e piacere sono probabilmente strettamente interconnessi. Poiché il movimento manifesto facilita la percezione del ritmo, permettendo di testare i modelli predittivi interni, le persone potrebbero essere motivate (ottenendo una ricompensa) ad iniziare a muoversi per migliorare la precisione delle loro previsioni. Inoltre, la violazione moderata delle aspettative potrebbe facilitare l'apprendimento, e il confronto tra le previsioni e l'input sensoriale esterno (*beat* e ritmo) potrebbe essere gratificante, poiché soddisfare le previsioni genera piacere. Inoltre, il movimento stesso potrebbe essere fonte di gratificazione. In altre parole, considerando il ruolo del sistema motorio nella previsione (Vuust et al., 2022), l'impulso a muoversi sembra essere inscindibile dal piacere: ascoltare un ritmo musicale ci porta a prevedere i *beat* successivi, un processo che è favorito dal movimento sincronizzato, il quale risulta gratificante. Sebbene piacere e voglia di muoversi siano fortemente correlati, la relazione causale è ancora sconosciuta e merita di essere ulteriormente indagata (Etani et al., 2024).

In ultimo, i risultati di questo studio non permettono di determinare la direzionalità, o bidirezionalità, della relazione tra complessità ritmica media, percezione del ritmo e *groove*. Saranno necessari ulteriori studi per comprendere perché chi sperimenta un'intensa sensazione di *groove*, a complessità ritmica media, percepisca più spesso i brani musicali con *on beat*.

6. CONCLUSIONE

Perché ci piace la musica che ci piace? E cosa evoca l'esperienza del *groove*? Che ruolo gioca l'edonia musicale? Da cosa dipende la percezione del ritmo?

Ampliando la ricerca sul *groove*, il presente studio ha esplorato le interazioni tra complessità ritmica, previsione, piacere, movimento, edonia e percezione del ritmo in una popolazione di non musicisti, portando alla luce importanti dinamiche che guidano la nostra risposta musicale. In primo luogo, è stato mostrato che i ritmi di media complessità evocano una più intensa esperienza di *groove*. Questo fenomeno può essere spiegato dal fatto che livelli intermedi di complessità ritmica creano un equilibrio ottimale tra previsione e sorpresa in cui le aspettative sono moderatamente violate, motivando l'ascoltatore a muoversi per facilitare la percezione del *beat*, il che risulta gratificante (promuovendo l'apprendimento). Il piacevole desiderio di muoversi a ritmo di musica serve, quindi, a minimizzare l'errore di previsione. In secondo luogo, sebbene la sensibilità individuale alla ricompensa musicale complessiva non influenzi significativamente la relazione tra complessità ritmica ed esperienza di *groove*, alcuni aspetti dell'edonia musicale giocano un ruolo chiave. In particolare, chi prova maggiormente intense emozioni durante l'ascolto musicale tende a sperimentare sensazioni di *groove* più forti a media complessità. In aggiunta, chi si dedica più attivamente alla ricerca musicale e chi percepisce di più la musica come un collante sociale, tende a provare una maggiore voglia di muoversi a questi livelli di complessità. I motivi alla base di quanto osservato qui restano ancora da chiarire in modo più approfondito. Infine, la percezione ritmica sembra dipendere dall'interazione tra le proprietà intrinseche dello stimolo (complessità ritmica) e la sensazione individuale di *groove* (piacere e voglia di muoversi). Si è ipotizzato che i ritmi di media complessità, massimizzando la riducibilità dell'errore e/o ampliando la *tolerance zone* di ciò che è considerato *on beat*, incrementino la percezione ritmica *on beat*, intensificando così la sensazione di *groove*. Inoltre, l'intensa esperienza di *groove* evocata dai ritmi di media complessità potrebbe aumentare la percezione ritmica *on beat*, grazie alla natura assorbente e immersiva dello stato di "essere nel *groove*".

Nel complesso, questo lavoro fornisce interessanti spunti sul motivo per cui i ritmi musicali di media complessità sono percepiti come più *groovy*, cioè suscitano

maggiore piacere e voglia di muoversi (soprattutto in chi presenta valori elevati in alcuni aspetti specifici dell'edonia musicale). Questi fattori – piacere e voglia di muoversi – inoltre, sono influenzati e/o influenzano il modo in cui percepiamo il ritmo in relazione alla complessità. Si ipotizza che le previsioni temporali possono svolgere un ruolo importante nel determinare la nostra risposta affettiva alla musica e influenzare il modo in cui la percezione ritmica si collega a questa risposta.

Concludendo, il *groove*, e più in generale la musica, non si configura come una semplice esperienza sensoriale: nei battiti ritmici si nasconde quel piacevole richiamo che ci spinge ad andare oltre il semplice suono, muovendo il nostro corpo al ritmo di quella che sembra una forza primordiale. In fondo, la nostra ricerca della musica è la ricerca del piacere stesso, un piacere che rende la nostra esistenza più ricca e significativa. Tuttavia, il motivo per cui gli stimoli estetici e astratti, come la musica, possano essere così piacevoli rimane un affascinante mistero ancora aperto, che continua a sollecitare la nostra curiosità e che merita ulteriori approfondimenti.

BIBLIOGRAFIA

- Bechtold, T., Jerjen, R., & Senn, O. (2022). Applied Groove Research. *The IASJ Journal of Applied Jazz Research*, 1(1), 7.
https://scholarworks.gvsu.edu/iasj_journal/vol1/iss1/7
- Berger, H., (1999). *Metal, Rock, and Jazz: Perception and the Phenomenology of Musical Experience*. University Press of New England.
- Berliner, P. F. (1994). *Thinking in jazz: The infinite art of improvisation*. University of Chicago Press.
- Brodal, H. P., Osnes, B., & Specht, K. (2017). Listening to rhythmic music reduces connectivity within the basal ganglia and the reward system. *Frontiers in Neuroscience*, 11(MAR). <https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00153>
- Cardona, G., Ferreri, L., Lorenzo-Seva, U., Russo, F. A., & Rodriguez-Fornells, A. (2022). The forgotten role of *Absorption in Music* reward. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1514(1), 142–154.
<https://doi.org/10.1111/nyas.14790>
- Carraturo, G., Ferreri, L., Cardona, G., Lorenzo-Seva, U., Rodriguez-Fornells, A., & Brattico, E. (2023). *The Italian Version of the extended Barcelona Music Reward Questionnaire (eBMRQ): A Validation Study and Association with Age, Gender, and Musicianship*. <https://doi.org/10.31234/osf.io/a8vfc>
- Chen, J. L., Penhune, V. B., & Zatorre, R. J. (2008). Listening to musical rhythms recruits motor regions of the brain. *Cerebral Cortex*, 18(12), 2844–2854.
<https://doi.org/10.1093/cercor/bhn042>
- Doffman, Mark (2013). *Groove* : temporality, awareness and the feeling of entrainment in jazz performance. In Martin Clayton, Byron Dueck & Laura Leante (eds.), *Experience and meaning in music performance*. New York: Oxford University Press.
- Dotov, D., Bosnyak, D., & Trainor, L. J. (2021). Collective music listening: Movement energy is enhanced by *groove* and visual social cues. *Quarterly Journal of*

Experimental Psychology, 74(6), 1037-1053.

<https://doi.org/10.1177/1747021821991793>

Duman, D., Snape, N., Danso, A., Toiviainen, P., & Luck, G. (2023). Groove as a multidimensional participatory experience. *Psychology of Music*, 52(1), 93–116. <https://doi.org/10.1177/03057356231165327>

Dunbar, R. I. (2012). On the evolutionary function of song and dance. *Music, language, and human evolution*, 201-214.

Etani, T., Miura, A., Kawase, S., Fujii, S., Keller, P. E., Vuust, P., & Kudo, K. (2024). A review of psychological and neuroscientific research on musical groove. In *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* (Vol. 158). Elsevier Ltd.

<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2023.105522>

Ferreri, L., Mas-Herrero, E., Zatorre, R. J., Ripollés, P., Gomez-Andres, A., Alicart, H., ... & Rodriguez-Fornells, A. (2019). Dopamine modulates the reward experiences elicited by music. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(9), 3793-3798. <https://doi.org/10.1073/pnas.1811878116>

Fitch, W. T. (2016). Dance, music, meter and groove: A forgotten partnership. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10(MAR2016).

<https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00064>

Fiveash, A., Ferreri, L., Bouwer, F. L., Kösem, A., Moghimi, S., Ravnani, A., Keller, P. E., & Tillmann, B. (2023). Can rhythm-mediated reward boost learning, memory, and social connection? Perspectives for future research. In *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* (Vol. 149). Elsevier Ltd.

<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2023.105153>

Friston, K. (2005). A theory of cortical responses. *Philosophical transactions of the Royal Society B: Biological sciences*, 360(1456), 815-836.

<https://doi.org/10.1098/rstb.2005.1622>

Gebauer, L., Kringelbach, M. L., & Vuust, P. (2012). Ever-changing cycles of musical pleasure: the role of dopamine and anticipation. *Psychomusicology: Music, Mind, and Brain*, 22(2), 152. <https://doi.org/10.1037/a0031126>

- Gold, B. P., Pearce, M. T., Mas-Herrero, E., Dagher, A., & Zatorre, R. J. (2019). Predictability and uncertainty in the pleasure of music: A reward for learning? *Journal of Neuroscience*, *39*(47), 9397–9409.
<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0428-19.2019>
- Harrison, P. M. C., & Müllensiefen, D. (2018). Development and Validation of the *Computerised Adaptive Beat Alignment Test (CA-BAT)*. *Scientific Reports*, *8*(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-30318-8>
- Harvey, A. R. (2018). Music and the meeting of human minds. In *Frontiers in Psychology* (Vol. 9, Issue MAY). Frontiers Media S.A.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00762>
- Hosken, F. (2020). The subjective, human experience of *groove*: A phenomenological investigation. *Psychology of Music*, *48*(2), 182-198.
<https://doi.org/10.1177/0305735618792440>
- Hurley, B. K., Martens, P. A., & Janata, P. (2014). Spontaneous sensorimotor coupling with multipart music. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *40*(4), 1679.
- Janata, P., Tomic, S. T., & Haberman, J. M. (2012). Sensorimotor coupling in music and the psychology of the *groove*. *Journal of experimental psychology: General*, *141*(1), 54. <https://doi.org/10.1037/a0024208>
- Jones, M. R. (1976). Time, our lost dimension: toward a new theory of perception, attention, and memory. *Psychological review*, *83*(5), 323.
<https://doi.org/10.1037/0033-295X.83.5.323>
- Koelsch, S., Vuust, P., & Friston, K. (2019). Predictive processes and the peculiar case of music. *Trends in cognitive sciences*, *23*(1), 63-77.
<https://doi.org/10.1016/j.tics.2018.10.006>
- Large, E. W., & Jones, M. R. (1999). The dynamics of attending: How people track time-varying events. *Psychological review*, *106*(1), 119.
- Launay, J., Tarr, B., & Dunbar, R. I. (2016). Synchrony as an adaptive mechanism for large-scale human social bonding. *Ethology*, *122*(10), 779-789.
<https://doi.org/10.1111/eth.12528>

- Leman, M., & Maes, P. J. (2014). The role of embodiment in the perception of music. *Empirical Musicology Review*, 9(3-4), 236-246.
<https://doi.org/10.18061/emr.v9i3-4.4498>
- Leow, L. A., Parrott, T., & Grahn, J. A. (2014). Individual differences in *beat* perception affect gait responses to low-and high-*groove* music. *Frontiers in human neuroscience*, 8, 811. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00811>
- London, J. (2012). *Hearing in time: Psychological aspects of musical meter*. Oxford University Press.
- Madison, G. (2006). Experiencing *groove* induced by music: consistency and phenomenology. *Music perception*, 24(2), 201-208.
<https://doi.org/10.1525/mp.2006.24.2.201>
- Martínez-Molina, N., Mas-Herrero, E., Rodríguez-Fornells, A., Zatorre, R. J., & Marco-Pallarés, J. (2016). Neural correlates of specific musical anhedonia. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(46), E7337-E7345. <https://doi.org/10.1073/pnas.1611211113>
- Mas-Herrero, E., Marco-Pallares, J., Lorenzo-Seva, U., Zatorre, R. J., & Rodriguez-Fornells, A. (2013). Individual Differences in Music Reward Experiences. *Music Perception*, 31(2), 118–138. <https://doi.org/10.1525/mp.2013.31.2.118>
- Mas-Herrero, E., Zatorre, R. J., Rodriguez-Fornells, A., & Marco-Pallarés, J. (2014). Dissociation between musical and monetary reward responses in specific musical anhedonia. *Current biology*, 24(6), 699-704.
<https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.01.068>
- Matthews, T. E., Witek, M. A. G., Heggli, O. A., Penhune, V. B., & Vuust, P. (2019). The sensation of *groove* is affected by the interaction of rhythmic and harmonic complexity. *PLoS ONE*, 14(1).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204539>
- Matthews, T. E., Witek, M. A. G., Lund, T., Vuust, P., & Penhune, V. B. (2020). The sensation of *groove* engages motor and reward networks. *NeuroImage*, 214.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.116768>

- Matthews, T. E., Witek, M. A. G., Thibodeau, J. L. N., Vuust, P., & Penhune, V. B. (2022). Perceived Motor Synchrony With The *Beat* Is More Strongly Related To *Groove* Than Measured Synchrony. *Music Perception*, 39(5), 423–442. <https://doi.org/10.1525/MP.2022.39.5.423>
- Matthews, T. E., Stupacher, J., & Vuust, P. (2023). The Pleasurable Urge to Move to Music Through the Lens of Learning Progress. In *Journal of Cognition* (Vol. 6, Issue 1). Ubiquity Press. <https://doi.org/10.5334/joc.320>
- Monson, I. (2009). *Saying something: Jazz improvisation and interaction*. University of Chicago Press.
- Müllensiefen, D., Gingras, B., Musil, J., & Stewart, L. (2014). The musicality of non-musicians: An index for assessing musical sophistication in the general population. In *PLoS ONE* (Vol. 9, Issue 2). Public Library of Science. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0089642>
- Oxford English Dictionary. (n.d.). Oxford English Dictionary. Retrieved August 22, 2022, from <https://www.oed.com>
- Pando-Naude, V., Matthews, T. E., Højlund, A., Jakobsen, S., Østergaard, K., Johnsen, E., ... & Vuust, P. (2024). Dopamine dysregulation in Parkinson's disease flattens the pleasurable urge to move to musical rhythms. *European Journal of Neuroscience*, 59(1), 101-118. <https://doi.org/10.1111/ejn.16128>
- Patel, A. D. (2010). Music, biological evolution, and the brain.
- Patel, A. D., & Iversen, J. R. (2014). The evolutionary neuroscience of musical *beat* perception: The Action Simulation for Auditory Prediction (ASAP) hypothesis. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 8(MAY). <https://doi.org/10.3389/fnsys.2014.00057>
- Peirce, J. W. (2007). PsychoPy—Psychophysics software in Python. *Journal of Neuroscience Methods*, 162(1–2), 8–13. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2006.11.017>
- Penhune, V. B., & Zatorre, R. J. (2019). Rhythm and time in the premotor cortex. *PLoS Biology*, 17(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000293>

- Peretz, I., Champod, A. S., & Hyde, K. (2003). Varieties of Musical Disorders: The Montreal Battery of Evaluation of Amusia. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 999, 58–75. <https://doi.org/10.1196/annals.1284.006>
- Repp, B. H., Iversen, J. R., & Patel, A. D. (2008). Tracking an imposed *beat* within a metrical grid. *Music Perception*, 26(1), 1-18. <https://doi.org/10.1525/mp.2008.26.1.1>
- Roholt, T. C. (2014). *Groove: a phenomenology of rhythmic nuance*. Bloomsbury Academic USA.
- RStudio Team. (2015). *RStudio: Integrated development for R [Computer software]*. <https://www.rstudio.com/>
- Salimpoor, V. N., Benovoy, M., Larcher, K., Dagher, A., & Zatorre, R. J. (2011). Anatomically distinct dopamine release during anticipation and experience of peak emotion to music. *Nature neuroscience*, 14(2), 257-262. <https://doi.org/10.1038/nn.2726>
- Salimpoor, V. N., Van Den Bosch, I., Kovacevic, N., McIntosh, A. R., Dagher, A., & Zatorre, R. J. (2013). Interactions between the nucleus accumbens and auditory cortices predict music reward value. *Science*, 340(6129), 216-219. <https://doi.org/10.1126/science.1231059>
- Sescousse, G., Caldú, X., Segura, B., & Dreher, J. C. (2013). Processing of primary and secondary rewards: A quantitative meta-analysis and review of human functional neuroimaging studies. In *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* (Vol. 37, Issue 4, pp. 681–696). <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.02.002>
- Stupacher, J., Matthews, T. E., Pando-Naude, V., Foster Vander Elst, O., & Vuust, P. (2022). The *sweet spot* between predictability and surprise: musical *groove* in brain, body, and social interactions. *Frontiers in Psychology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.906190>
- Stupacher, J., Wrede, M., & Vuust, P. (2022). A brief and efficient stimulus set to create the *inverted U-shaped* relationship between rhythmic complexity and the sensation of *groove*. *PLoS ONE*, 17(5 May). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0266902>

- u.net. (2011). *Renegades of Funk. Il Bronx e le radici dell'Hip Hop*. (Agenzia X, Ed.).
- Vuust, P., Heggli, O. A., Friston, K. J., & Kringelbach, M. L. (2022). Music in the brain. In *Nature Reviews Neuroscience* (Vol. 23, Issue 5, pp. 287–305). Nature Research. <https://doi.org/10.1038/s41583-022-00578-5>
- Witek, M. A., Clarke, E. F., Wallentin, M., Kringelbach, M. L., & Vuust, P. (2014). Syncopation, body-movement and pleasure in *groove* music. *PloS one*, 9(4), e94446. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0139409>
- Witek, M. A. G. (2017). Filling In: Syncopation, Pleasure and Distributed Embodiment in *Groove*. *Music Analysis*, 36(1), 138–160. <https://doi.org/10.1111/musa.12082>
- Zalta, A., Large, E. W., Schön, D., & Morillon, B. (2024). Neural dynamics of predictive timing and motor engagement in music listening. In *Sci. Adv* (Vol. 10). <https://www.science.org>
- Zatorre, R. J., Chen, J. L., & Penhune, V. B. (2007). When the brain plays music: auditory–motor interactions in music perception and production. *Nature reviews neuroscience*, 8(7), 547-558. <https://doi.org/10.1038/nrn2152>
- Zatorre, R. J. (2015). Musical pleasure and reward: Mechanisms and dysfunction. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1337(1), 202–211. <https://doi.org/10.1111/nyas.12677>
- Zbikowski, L. W. (2004). Modelling the *groove*: Conceptual structure and popular music. *Journal of the Royal Musical Association*, 129(2), 272–297. <https://doi.org/10.1093/jrma/129.2.272>