EJP European Journal of Pain

Articolo originale

Musica scelta autonomamente come contributo all'analgesia indotta dalla musica in diversi contesti socio-culturali: uno studio crossover randomizzato e controllato

Antonia S. Becker[1] I Emilie S. van der Valk Bouman[1] I Julian Schaap[2] I Koen van Eijck[2] I Zahra Bierman[1] I Charlotte Saat[1] I Hans Jeekel †[1] I Cecile C. de Vos[3] I Markus Klimek[4]

[1]Department of Neuroscience, Erasmus Medical Center, Rotterdam, the Netherlands | [2]Department of Arts and Culture Studies, Erasmus University,Rotterdam, the Netherlands | [3]Centre for Pain Medicine, Erasmus Medical Centre, Rotterdam, the Netherlands | [4]Department of Anesthesiology, Erasmus Medical Center Rotterdam, Rotterdam, the Netherlands

Autore corrispondente: Emilie S. van der Valk Bouman (e.vandervalkbouman@erasmusmc.nl)

Ricevuto: 7 Aprile 2025 | **Rivisto:** 21 Luglio 2025 | **Accettato:** 25 Luglio 2025

Finanziamenti: Questo studio è stato sponsorizzato dalla Erasmus MC Foundation. Il periodo di ricerca di J.S. è stato finanziato da Netherlands Organisation for Scientific Research a (progetto NWO #VI.Veni.211S.116).

I finanziatori non hanno avuto alcun ruolo nella progettazione dello studio né nell'analisi e nell'interpretazione dei dati. Tutti gli autori e le rispettive istituzioni si riservano la libertà intellettuale nei confronti dei finanziatori

Parole chiave: variabilità della frequenza cardiaca | musica | analgesia indotta dalla musica | dolore | contesto socio-culturale.

ABSTRACT

Background: L'analgesia indotta dalla musica (MIA) è stata ampiamente studiata, ma il ruolo del contesto socio-culturale, che plasma le preferenze e le percezioni musicali rimane inesplorato. Questo studio indaga se l'effetto della musica preferita sulla durata del dolore rimanga costante nei diversi contesti socio-culturali.

Metodi: In uno studio crossover randomizzato e controllato (n=84) i partecipanti sono stati sottoposti a tre interventi sonori in sequenza causale. Musica scelta autonomamente, musica scelta dai ricercatori (musica classica) ed un podcast come controllo. Dopo 20 minuti è stata testata la resistenza al dolore aumentando progressivamente stimoli elettrici mentre i partecipanti continuavano ad ascoltare. Inoltre, sono stati misurati: la soglia al dolore, i punteggi del dolore percepito, la variabilità della frequenza cardiaca (HRV) e le emozioni.

Risultati: Rispetto alla condizione di controllo la musica scelta autonomamente ha aumentato significativamente la resistenza al dolore (β=0,74, p=0,003) ed ha ridotto l'intensità del dolore (β=-0,43, p<0,001) e la spiacevolezza (β=-0,38, p=0,007). Sia la musica scelta autonomamente (β=0,32, p=0,034) sia quella scelta dai ricercatori (β=0,37, p=0,018) hanno aumentato la soglia del dolore rispetto alla condizione di controllo. Queste misurazioni del dolore non sono state influenzate dal contesto socio-culturale dei partecipanti (patrimonio culturale, livello di istruzione). L'analisi dell'HRV ha rivelato una maggiore attività parasimpatica con la musica scelta dai ricercatori ed una frequenza cardiaca più elevata con la musica scelta autonomamente rispetto all'intervento di controllo.

Conclusioni: Ascoltare musica scelta autonomamente è risultato efficace nell'ambito della MIA, indipendentemente dal contesto socio-culturale o dal tipo di musica. Al contrario, la musica scelta dai ricercatori (classica) è risultata più efficace nell'aumentare l'attività parasimpatica. Questo studio evidenzia che la musica auto-selezionata, in linea con le preferenze personali, è efficace per il sollievo dal dolore, incoraggiando approcci personalizzati nell' ambito della MIA.

Dichiarazione di rilevanza: Questo studio ha rivelato che la musica scelta autonomamente aumenta significativamente la resistenza al dolore e riduce i punteggi soggettivi del dolore, indipendentemente dal contesto socio-culturale e dal tipo di musica. Al contrario la musica scelta dai ricercatori (la musica classica) aumenta l'attività parasimpatica, indicando una condizione più rilassata. Questi risultati suggeriscono che diversi tipi di musica possono avere funzioni differenti, con la scelta autonoma della musica particolarmente efficace per il sollievo dal dolore. Incoraggiare i pazienti a scegliere autonomamente la propria musica potrebbe migliorare i risultati della gestione del dolore, sottolineando l'importanza di approcci personalizzati nell'uso della musica finalizzata al sollievo del dolore.

Antonia S. Becker and Emilie S. van der Valk Bouman contributed equally.

† In loving memory of Hans Jeekel, who passed away on July 25, 2025.

This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© 2025 The Author(s). European Journal of Pain published by John Wiley & Sons Ltd on behalf of European Pain Federation - EFIC ®.

1 | Introduzione

La capacità della musica di influenzare la percezione del dolore, nota anche come analgesia indotta dalla musica (MIA), è stata sempre più oggetto di studio negli ultimi ·anni. In medicina studi randomizzati controllati e meta-analisi hanno dimostrato che gli interventi musicali possono ridurre il dolore, l'ansia, le risposte allo stress ed il fabbisogno di oppioidi in vari contesti sanitari (Fu et al. 2020; Hole et al. 2015; Kakar et al. 2021; Kuhlmann et al. 2018; Lee 2016; Song et al. 2024; Umbrello et al. 2019). Tuttavia sia gli studi sperimentali che quelli clinici mostrano un'elevata eterogenicità riguardo alla selezione musicale, alle caratteristiche della musica ed al background dei partecipanti. Al momento non esiste un consenso sul tipo di musica più efficace per scopi scientifici e gruppi di pazienti.

Studi sperimentali precedenti indicano che selezionare autonomamente la musica in linea con le preferenze individuali è più efficace nell'ambito della MIA (Basinski et al. 2021; Howlin e Rooney 2021; Valevicius et al. 2023; Van der Valk Bouman et al. 2024). Tuttavia gli studi clinici utilizzano spesso musica selezionata dal ricercatore, con um'attenzione predominante per la musica classica occidentale (Hole et al. 2015; Kuhlmann et al. 2018). Sebbene i meccanismi neurobiologici alla base del la MIA non siano ancora completamente compresi, fattori come i cambiamenti nelle emozioni e nell'assetto cognitivo, le idee individuali ed il sistema nervoso autonomo potrebbero costituire la base dell'efficacia della musica (auto-selezionata) (Koelshe e Jancke 2015; Lunde et al. 2019; Vuust et al. 2022). Confronti diretti tra diversi tipi di musica, come quella scelta autonomamente e quella scelta dai ricercatori, con condizioni di controllo adeguate ed una considerazione dei meccanismi sottostanti rimangono rari.

Inoltre la maggior parte degli studi sperimentali sulla MIA è stata condotta in paesi occidentali con partecipanti prevalentemente con un alto livello di istruzione, sollevando dubbi sulla generalizzazione di risultati precedenti riferiti a popolazioni più diversificate (Lee 2016).

La ricerca medica indica un ruolo cruciale dello stato socioeconomico e del contesto culturale nella percezione e nella gestione del dolore (Fillingim 2017; Meints et al. 2019, 2016). Inoltre studi precedenti hanno dimostrato che caratteristiche personali come genere, etnia, stato sociale valori individuali contribuiscono alle differenze nelle preferenze e nelle percezioni musicali che a loro volta potrebbero influenzare la MIA (Bourdieu 1984; Cowen et al. 2020; Ter Bogt et al. 2011). Ad esempio, il capitale culturale agisce come un fattore chiave nella formazione del gusto musicale, modellando di conseguenza l'esperienza di ascolto individuale (Jaeger e Mòllegaard 2022; Van Eijck 2001). Il capitale culturale si riferisce alle risorse culturali, non finanziarie, che un individuo possiede, che in genere vengono trasmesse sin dall'infanzia e sono quindi fortemente influenzate dal contesto socio culturale dei genitori (Jaeger e Breen 2016; Van der Waal et al. 2024). Tipicamente, livelli più alti di capitale culturale tendono ad implicare un maggiore apprezzamento per generi "di alta cultura", come la musica classica ed il Jazz (Lizardo e Skiles 2016). Inoltre il contesto o la situazione può influenzare il tipo di musica che le persone e scelgono (Sonnett 2020). Pertanto studiare la MIA tra persone provenienti da diversi contesti socio-culturali potrebbe permetterci di utilizzare la musica in ambito sanitario in modo più efficace, riflettendo la diversità reale della popolazione dei pazienti.

Ad oggi, nessuna ricerca ha valutato l'influenza del contesto socio-culturale e del capitale culturale della MIA. Per colmare questa lacuna, abbiamo progettato uno studio crossover randomizzato e controllato per indagare se l'effetto della musica (auto-selezionata sulla resistenza al dolore rimanga consistente in diversi contesti socio-culturali

Per esplorare questa tematica, proponiamo due ipotesi. Primo ipotizziamo che l'impatto positivo della musica scelta autonomamente e preferita nella MIA sia coerente indipendentemente dal contesto socio-culturale. Secondo, ed in contrasto, ipotizziamo che la musica scelta dai ricercatori (classica) abbia un effetto benefico universale sulla MIA.

2 | Metodi

2.1 | Disegno dello studio

Lo studio MOSART è uno studio crossover randomizzato controllato da Agosto 2023 a novembre

2024 presso l'ambulatorio del Centro di Medicina del Dolore dell'Erasmus Medical Center di Rotterdam, Paesi Bassi. Il protocollo è stato approvato dal Comitato Etico dell'Erasmus MC (MEC-2023-0253) ed è stato preregistrato su www.clinicaltrials.gov (NCT06008951). Il protocollo pubblicato fornisce ulteriori informazioni sul disegno e la motivazione dello studio (Becker et al. 2024). Ogni partecipante ha ricevute le stesse tre condizioni di intervento (musica scelta dal partecipante, musica scelta dal ricercatore e controllo) in ordine randomizzato (disegno a quadrato Latino). L'ascolto di un podcast informativo è servito come condizione di controllo. Ogni intervento sonoro è durato 20 minuti, dopo i quali è stata testata la resistenza al dolore mentre i partecipanti continuavano ad ascoltare.

Tra un intervento, è stato effettuato un periodo di wash-out di 20 minuti. Al termine di ciascun intervento, è stata testata la resistenza al dolore tramite stimoli elettrici crescenti come risultato primario dello studio. Inoltre come risultati secondari sono stati misurati la soglia al dolor, i punteggi del dolore percepito (Intensità e sgradevolezza) e la variabilità della frequenza cardiaca (HRV) e sono stati somministrati questionari psicologici per valutare emozione ed ansia Inoltre è stato completato un sondaggio globale sul contesto socio-culturale. A causa della natura dello studio e degli interventi, né i partecipanti né i ricercatori erano in cieco.

La Figura 1 fornisce una panoramica completa del disegno dello studio.

2.2 | Popolazione dello studio

La dimensione del campione del campione con n=84 è stata calcolata sulla base di una precedente meta-analisi, ma tenendo conto di una dimensione dell'effetto leggermente inferiore (d di Cohen =0.4) poiché è stato utilizzato un podcast come condizione di controllo non musicale (Kuhlmann et al. 2018). Lo studio ha utilizzato un reclutamento ed una randomizzazione stratificati in base al livello di istruzione, per garantire un campione diversificato in termini di contesto socio-culturale, poiché l'istruzione è un indicatore del capitale culturale (Coulangeon 2020). La randomizzazione e la stratificazione sono state effettuate utilizzando Castor EDC (Ciwit BV., Amsterdam). Il campione includeva tre gruppi uguali di soggetti femminili con basso, medio ed alto livello di istruzione. Questi gruppi sono stati definiti secondo l'International Standard Classificazione dell'Educazione (Unesco Institute for Statistic 2012).

L'eterogeneità nella resistenza al dolore è in larga parte spiegata dal sesso. Ad esempio studi hanno dimostrato che le donne sono più sensibili agli stimoli elettrici e che la loro soglia al dolore è maggiormente influenzata dalla musica (Fillingim et al. 2009). Pertanto sono stati inclusi soltanto soggetti femminili in questo studio e sono stati trattati esclusivamente da ricercatrici, per prevenire differenze legate al sesso/genere nella misurazione del dolore. Inoltre sono stati inclusi solo adulti fino all'età di 60 anni, poiché negli anziani si osserva una ridotta reattività dell'attività autonomica che potenzialmente potrebbe influenzare le misurazioni dell'HRV. Pertanto questo studio ha incluso soggetti femminili sani di età compresa tra 18 e 60 anni. Una panoramica completa dei criteri di inclusione ed esclusione può essere consultata nella Tabella S1.

I partecipanti hanno fornito un consenso informato scritto e ricevuto un compenso finanziario per il tempo investito.

2.3 | Interventi

Questo studio ha utilizzato tre tipi di interventi sonori: musica scelta dal partecipante, musica scelta dal ricercatore e controllo. La musica scelta dai partecipanti è stata selezionata in anticipo con l'istruzione di scegliere circa 10 brani con l'obiettivo di ridurre il dolore. La playlist scelta dai ricercatori è stata selezionata dal nostro gruppo di ricerca e consisteva in musica classica popolare (Tabella S2). La condizione di controllo era un podcast neutro, focalizzato su argomenti informativi su flora e fauna, selezionato per essere non musicale e privo di contenuto politico od emotivo. La musica è stata riprodotta tramite Spotify e cuffie con cancellazione del rumore (JBL Tune 770 NC). La playlist scelta dai ricercatori è stata sempre riprodotta nello stesso ordine, mentre la musica scelta dal partecipante è stata riprodotta in modalità casuale.

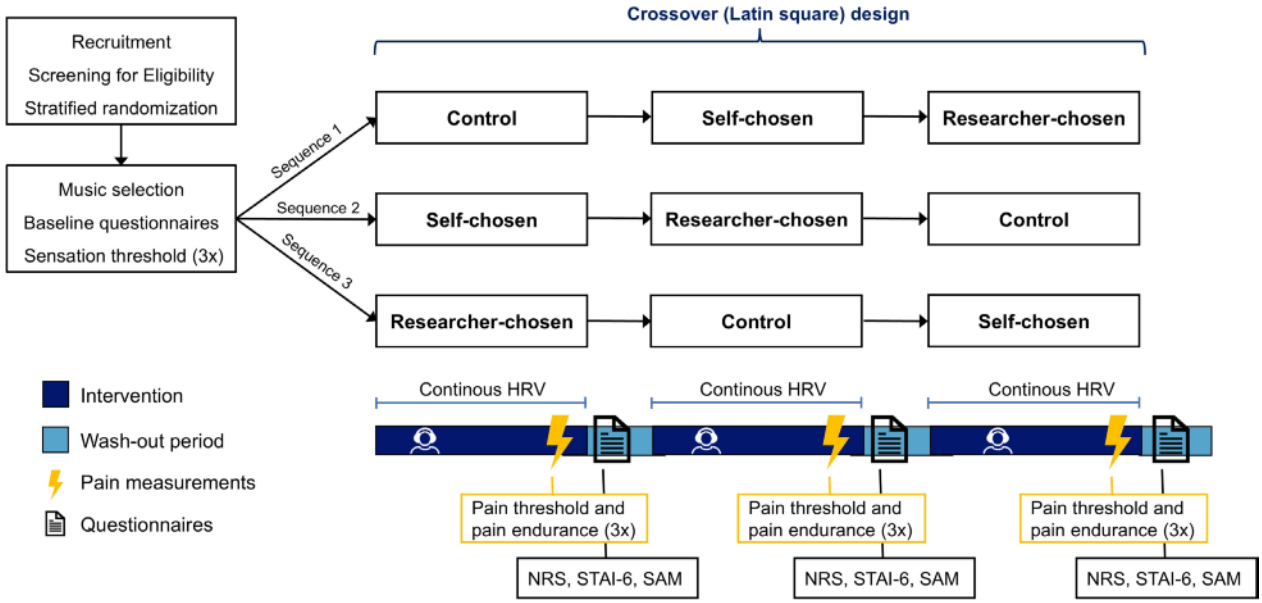


FIGURE 1 | Study design. The figure illustrates the Latin-square crossover design of the study. After recruitment and randomisation, participants completed comprehensive baseline questionnaires (including questions about (parental) cultural capital, medical history and everyday music listening behaviour). Additionally, the sensation threshold was measured. Subsequently, each participant listened to the three interventions (self-chosen music, researcher-chosen music and control) in a randomised order (sequence 1, 2 or 3) for 20 min with headphones. At the end of each intervention, pain threshold (mA) and pain endurance (mA) were measured. Between the interventions, a 20-min washout period took place, in which pain intensity (NRS), pain unpleasantness (NRS), STAI-6 and SAM questionnaires were conducted. HRV was measured continuously during the three interventions. At the end of the experiment, personal experience of listening to music and the podcast was evaluated with open-ended questions. HRV, heart rate variability; mA, miliampere; NRS, numeric rating scale; SAM, Self-Assessment Manikin; STAI, Spielberger State–Trait Anxiety Inventory.

2.4 | Misurazioni

2.4.1 | Misurazioni del dolore

Il risultato primario di questo studio era la resistenza al dolore, quantificata in (mA), tramite stimoli elettrici crescenti somministrati al termine di ciascun intervento sonoro (musica scelta dal partecipante, musica scelta dal ricercatore e controllo). Gli stimoli elettrici sono stati somministrati tramite il dispositivo STMISOLA (Biopac Systems Inc., Goleta, CA, USA). Due elettrodi sono stati applicati al dito indice della mano non dominante. La somministrazione degli impulsi elettrici di 0,2 ms ad una frequenza di 100Hz iniziava quando i partecipanti premevano un pulsante con la mano dominante. Gli impulsi elettrici partivano da un'intensità di 0. mA, aumentando ad un ritmo di 0,5 mA/s, fino ad un massimo di 30 mA per motivi di sicurezza. Prima dell'esperimento è stata testatala soglia di percezione. Al termine di ciascun intervento, mentre i partecipanti ascoltavano l'intervento sonoro, veniva testata la resistenza al dolore., istruendo i partecipanti a tenere premuto il pulsante finchè non riuscivano a sopportare più a lungo il dolore.

Come risultati secondari, la soglia del dolore (misurata in mA) e i punteggi del dolore percepito (intensità e spiacevolezza) sono stati valutati al termine di ciascun intervento. La soglia del dolore è stata definita come il momento in cui i partecipanti indicavano che lo stimolo era diventato doloroso (mentre la resistenza al dolore era il momento in cui smettevano di tenere premuto il pulsante). Ogni stimolo è stato ripetuto tre volte e ne è stata calcolata la media. Dopo ciascun stimolo i partecipanti valutavano l'intensità e la spiacevolezza del dolore utilizzando una scala numerica (NRS) ad 11 punti.

2.4.2 | Valutazione fisiologica e psicologica

State-Trait Anxiety Inventory (STAI-6), le emozioni misurate tramite il Self-Assessment Masnikin (SAM) ed un questionario sull'ascolto musicale al termine di tutti gli interventi. In primo luogo durante ciascun musicale e durante la procedura degli stimoli dolorosi la HRV è stata monitorata continuamente. La HRV che misura la variazione del tempo tra battiti cardiaci consecutivi, è un indicatore della funzione autono-

mica. La HRV è stata registrata utilizzando una fascia toracica Acentas (BM innovations GmbH) che fornisce una valutazione oggettiva delle risposte fisiologiche agli interventi.
Sono stati valutati anche i cambiamenti emotivi, dato il loro ruolo nella percezione del dolore. I livelli di ansia sono stati misurati con lo STAI-6 al punto basale e dopo ogni intervento. Le emozioni sono state ulteriormente valutate tramite il SAM negli stessi momenti temporali, valutando la valenza emotiva e l'eccitazione. Inoltre le esperienze dei partecipanti con la musica ed il podcast sono state valutate mediante cinque domande aperte al termine dell'esperimento. Le risposte aperte per il podcast sono state codificate come "gradito" o "non gradito".

2.4.3 | Contesto socio-culturale e caratteristiche musicali

Prima dell'esperimento, sono state valutate le caratteristiche demografiche dei partecipanti (es storia medica e la preferenza manuale) ed i contesti socio - culturali mediante questionari validati. Questi questionari sociologici si sono concentrati sul capitale culturale personale e genetoriale (Van der Waal. Et al. 2024). In particolare i partecipanti hanno completato un questionario per valutare il loro livello di istruzione, occupazione, reddito, etnia e sia il proprio livello culturale che quello dei genitori. Lo status socio-economico genitoriale è stato valutato in quanto rappresenta una chiave determinante della socializzazione precoce. È stato inoltre valutato il comportamento dell'ascolto musicale, compreso il numero di ore settimanali di ascolto passivo ed attivo, l'importanza della musica e se i partecipanti suonassero degli strumenti o fossero musicisti professionisti. Tutte le domande si basano sulla letteratura recente e sono descritte in dettaglio nel protocollo dello studio (Becker et al. 2024; Van der Waal et al. 2024).
La musica scelta dai partecipanti e quella scelta dai ricercatori è stata analizzata tramite l'API di Spotify. Le definizioni delle caratteristiche audio sono presentate nella Tabella S3. I sottogeneri forniti sono stati ridotti a 15 generi (Blues, Country, Classica, Easy listening, Elettronica, Folk/Acustica, Hip-Hop, Jazz, Latino, Metal, New Age, Pop, Rock, R&B, World/Tradizionale) tramite un algoritmo di riduzione dei generi descritto in letteratura. (Chosic, List of Musuc Genres; Scarrat et al 2023). Le statistiche descrittive sono state calcolate ponderando il numero di brani per partecipante.

2.5 | Analisi statistica

I dati sono stati validati tramite Castor EDC (Ciwit BV., Amsterdam) ed analizza ti con R-Studio (versione 4.3.2.), utilizzando i seguenti pacchetti: dplyr, lidyr, ggplot2 e nime. I parametri HRV sono stati calcolati con Kubios HRV Scientific (version 4.1.2) (Tarvainen et al. 2014). Il dominio temporale includeva la media della frequenza cardiaca (HR), la radice quadrata della media dei quadrati delle differenze successive (RMSSD) e la deviazione standard degli interventi NN (SDNN). Per il dominio in frequenza, sono stati calcolati i rapporti a bassa frequenza (LF), alta frequenza (HF) e LF/HF. A causa della variabilità della frequenza cardiaca, RMSSD e SDNN sono stati corretti utilizzando il coefficiente di variazione (cvRMSSD e cvSDNN), tenendo conto dell'intervallo RR medio del periodo corrispondente (de Geus et al. 2019). Una descrizione dei parametri HRV è presentata nella Tabella S4.
La distribuzione di tutte le variabili sono state valutate tramite visualizzazione dei dati (istogrammi e grafici Q-Q) e test di Shapiro-Wilk. Per le variabili numeriche normalmente distribuite, sono stati utilizzati media e deviazione standard (SD). Le percentuali sono state utilizzate per le variabili categoriali. Il risultato primario di questo studio, la resistenza al dolore, è stato analizzato utilizzando un modello lineare misto (LMM), considerando la sequenza ed il tipo di intervento. Questo metodo ha tenuto conto del disegno crossover dello studio. Le pendenze casuali sono state incluse in base ai criteri informativi ed ai test di verosimiglianza. Allo stesso modo, i risultati secondari (soglia del dolore, intensità del dolore, spiacevolezza del dolore (SAM, STAI-6 e HRV) sono stati analizzati utilizzando modelli LMM. Confronti a posteriori tra coppie sono stati effettuati per le misurazioni del dolore e quelle psicologiche utilizzando le medie marginali stimate derivate dagli effetti fissi dei LMM.
È stato adottato un approccio esplorativo per indaga-

re l'influenza del background socio-culturale sulla MIA attraverso i diversi interventi. I parametri dei contesti socio-culturali si basavano sulla letteratura consolidata ed includevano il capitale personale, il capitale culturale genitoriale ed il livello di istruzione (Jaeger e Breen 2016; Van der Waal et al. 2024). Il capitale culturale personale è stato misurato tramite la somma dei seguenti tre item:" partecipazione ad un concerto di musica classica, opera o balletto", visita ad un museo d'arte (visiva) e partecipazione ad uno spettacolo teatrale (esclusi i musical), basandosi su un ampio studio psicologico recente che ha utilizzato e validato questi tre item per misurare il capitale culturale (Vander Waal et al. 2024). I partecipanti hanno valutato la frequenza di queste attività su una scala di Likert a 7 punti da "mai" a "più di una volta a settimana.

Il capitale culturale genitoriale è stato misurato allo stesso modo, valutando con quale frequenza i genitori o tutori svolgevano tali attività durante l'infanzia del partecipante, in particolare tra i 12 ed i 14 anni. Il livello di istruzione è stato basato sul sistema educativo olandese (UNESCO) Institute for Statistics 2012). I parametri del contesto socio-culturale sono stati successivamente inclusi come termini di interazioni aggiuntive nei modelli LMM per valutarne l'influenza sulla resistenza al dolore e sulle altre misurazioni del dolore nei diversi gruppi di intervento. Infine, regressioni lineari semplici sono state utilizzate per modellare gli effetti del capitale culturale e del livello di istruzione sulla resistenza al dolore.

3 | Risultati

In totale, sono state incluse in questo studio 84 partecipanti di sesso femminile (Figura 2). Le caratteristiche basali della popolazione dello studio sono riportate nella Tabella 1. L'età media era di 38 anni (DS = 13,5, intervallo 18-60). In linea con i criteri di stratificazione, le partecipanti erano eterogenee per livello di istruzione. Circa la metà dei partecipanti era occupata e quasi un terzo (32%) aveva un contesto migratorio. Le partecipanti hanno riportato redditi personali mensili complessivamente bassi o nella media, prevalentemente nelle categorie "1500 Euro o meno "36%" e da "1501 a 2500 Euro" "27%",

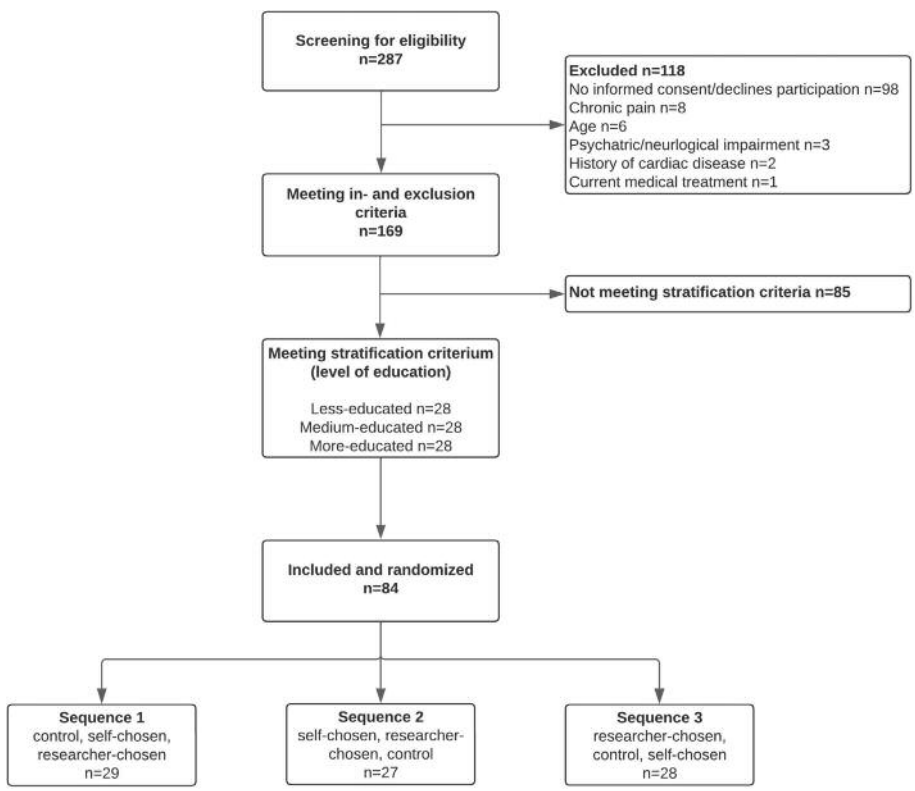


FIGURE 2 | CONSORT flow diagram. The three sequences represent the order in which participants listened to the three interventions.

TABLE 1 | Baseline characteristics of the study population.

Category	Value ($n = 84$)
Age (years) *mean (SD)*	38.2 (13.5)
Level of education[a] *n* (%)	
Primary and junior vocational education	5 (6)
Junior general secondary education	23 (27)
Senior general secondary and intermediate vocational education	24 (29)
Preuniversity education	4 (5)
Vocational colleges	9 (11)
University	19 (23)
Current occupation *n* (%)	
Student	16 (19)
Self-employed	9 (11)
Employed	46 (55)
Job seeking	3 (4)
(Partially) disabled	6 (7)
Other (voluntary work, takes care of household)	4 (5)
Income *n* (%)	
No income	4 (5)
EUR 1500 or less	30 (36)
EUR 1501 to 2500	23 (27)
EUR 2501 to 3500	21 (25)
EUR 3501 or more	4 (5)
Unknown	2 (2)
Income parents between 12 and 14 years *n* (%)	
Much lower than average	2 (2)
(Slightly) lower than average	20 (24)
Average	28 (33)
(Slightly) higher than average	25 (30)
Much higher than average	2 (2)
Unknown	7 (8)
BMI *mean (SD)*	26.6 (5.6)
Right handedness *n* (%)	70 (83)
Sensation threshold (mA) *mean* (SD)	2.1 (0.9)
Migration background[b] *n* (%)	
Yes	27 (32)
No	57 (68)
TRAIT anxiety (scale 20–80) *mean* (SD)	35.2 (9.6)
Appreciation for music (7-point Likert scale) *mean* (SD)	6.2 (1.1)
Appreciation for culture (7-point Likert scale) *mean* (SD)	5.0 (1.5)
Playing of an instrument *n* (%)	
Yes	27 (32)
No	57 (68)

Abbreviations: mA, milliampere; SD, standard deviation; TRAIT, Trait Anxiety Inventory.
[a]Level of education (currently pursuing or successfully completed) is based on the International Standard Classification of Education (UNESCO Institute for Statistics 2012). The Dutch synonyms are described more specifically in the protocol paper of this study.
[b]Participant and/or at least one parent not born in the Netherlands.

che sono considerati bassi o medi per i Paesi Bassi. Il reddito dei genitori tra i 12 ed i 14 anni era distribuito in modo relativamente uniforme, con la maggior parte dei partecipanti che indicava un reddito genitoriale medio 33%). In generale, le partecipanti hanno espresso un 'elevata importanza attribuita alla musica (6,2 su una scala Likert a 7 punti).

3.1 | MIA nel contesto della scelta della musica

I risultati della misurazione del dolore sono stati analizzati utilizzando modelli lineari misti (LMM), tenendo conto della sequenza degli interventi consecutivi nel disegno crossover (Tabella 2). L'esito primario, la tolleranza al dolore, ha mostrato valori significativamente più alti per la musica scelta autonomamente rispetto alla condizione di controllo (β = 0,74 mA, IC 95% [0,26, 1,22], p = 0,0033), mentre la musica scelta dal ricercatore non ha mostrato βdifferenze significative (β = 0,27 mA, IC 95% [-0,21, 0,75], p = 0,2749). La tolleranza al dolore e la soglia del dolore per i tre interventi sono visualizzate nella Figura 3.

Per quanto riguarda gli esiti secondari del dolore, la soglia del dolore era significativamente più alta sia per la musica scelta dal ricercatore (β = 0,37 mA, IC 95% [0,07, 0,68], p 0 0,034) rispetto alla condizione di controllo (β = 0,43, IC 95% [-0,67,-

TABLE 2 | Results of linear mixed models for pain measurements.

Outcome	Value	Intervention			Sequence eff
		Control	Researcher-chosen music	Self-chosen music	
Pain endurance (mA)	β (95% CI)	(ref.)	0.27 (−0.21; 0.75)	0.74 (0.26; 1.22)	0.25 (0.01; 0.4
	p-value	(ref.)	0.274	0.003**	0.044*
Pain threshold (mA)	β (95% CI)	(ref.)	0.37 (0.07; 0.68)	0.32 (0.03; 0.62)	0.22 (0.06; 0.3
	p-value	(ref.)	0.018*	0.034*	0.007**
Pain intensity (NRS)	β (95% CI)	(ref.)	−0.03 (−0.26; 0.20)	−0.43 (−0.67; −0.20)	0.16 (0.04; 0.2
	p-value	(ref.)	0.803	< 0.001***	0.008**
Pain unpleasantness (NRS)	β (95% CI)	(ref.)	−0.08 (−0.35; 0.20)	−0.38 (−0.66; −0.11)	0.10 (−0.04; 0.
	p-value	(ref.)	0.595	0.007**	0.143

Note: Linear mixed models were conducted for the listed pain measurements under consideration of the intervention group (control, researcher-chosen music, sel chosen music) and the sequence of the interventions as part of the crossover design (sequence effect). The control intervention was set as the reference category. F pain threshold 80 unique participants were included, whereas for all other outcomes all 84 participants were included.
Abbreviations: CI, confidence interval; mA, milliampere; NRS, numeric rating scale.
*$p < 0.05$.
**$p < 0.01$.
***$p < 0.001$.

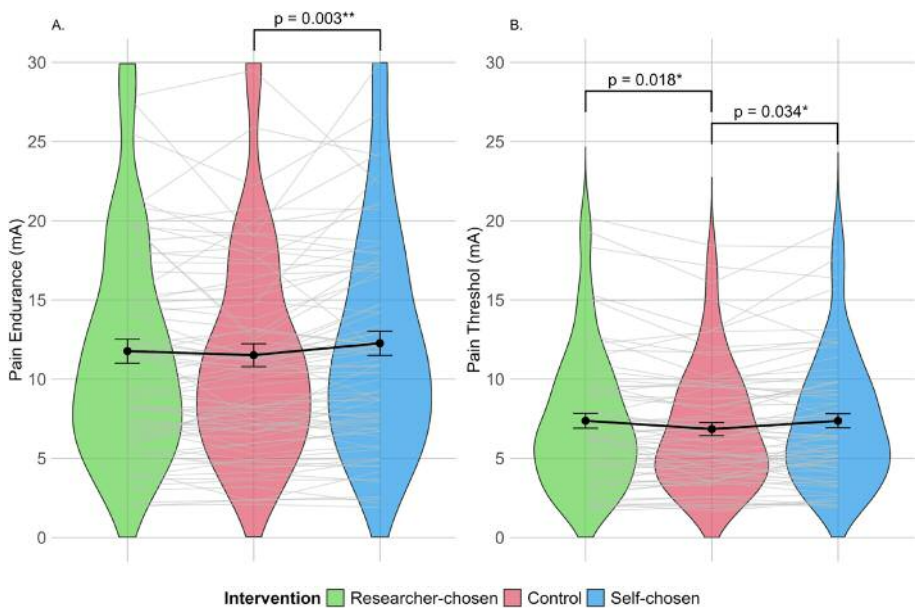


FIGURE 3 | Pain endurance and pain threshold across interventions. The figures illustrate violin plots for pain endurance (A) and pain thre (B). Per intervention group (control, researcher-chosen music and self-chosen music), the individual data points for each participant are conn by thin lines and the mean (±SD) values are displayed in bold lines. *p*-values are based on linear mixed models, as summarised in Table 2, wit control set as the reference category. mA, milliampere, SD, standard deviation. *$p < 0.05$, **$p < 0.01$.

0,20], p < 0,001), il che non si è verificato con la musica scelta dal ricercatore (β = -0,03, IC 95% [-0,26,0,20], p = 0,803). Allo stesso modo, il fastidio legato al dolore era minore con la musica scelta autonomamente (β = -0,38, IC 95% [-0,66,-0,11], p = 0,007) rispetto alla condizione di controllo, mentre la musica scelta dal ricercatore (β = -0,08, I C 95% [-0,35,0,20], p = 0,595) non ha prodotto questo effetto.

Complessivamente, la sequenza degli interventi ha influenzato in modo significativo le misure del dolore, con valori più alti di tolleranza/soglia e punteggi di intensità del dolore più bassi osservati nel corso delle misurazioni, indipendentemente dal tipo di

intervento. Successivamente, sono stati condotti test post hoc per confrontare gli effetti degli interventi tra loro. Questi confronti non hanno indicato differenze tra la musica scelta autonomamente e quella scelta del ricercatore in termini di tolleranza, soglia del dolore o fastidio. Tuttavia, l'intensità del dolore era più bassa per la musica scelta autonomamente rispetto sia alla musica scelta dal ricercatore (β = 0,40, IC 95% [o,13,0,68], p = 0,002) sia al controllo (β = 0,43, IC 95% [0,16,0,71], p < 0,001) nel test post hoc.

3.2 | MIA nel contesto socio-culturale

È stato adottato un approccio esplorativo per indagare l'influenza di tre parametri di contesto socio-culturale (capitale culturale personale, capitale culturale genitoriale e livello di istruzione) sull'effetto MIA nei diversi interventi. Le distribuzioni di questi parametri sono mostrate nella Figura S1. L'aggiunta di questi parametri come termini di interazione (singolarmente ed insieme) ai modelli LMM (paragrafo 3.1) non ha influenzato significativamente l'effetto dell'intervento sulla tolleranza o sulle altre misurazioni del dolore. Tuttavia, questo approccio statistico potrebbe essere limitato dal numero di termini e di soggetti con il rischio di un eccessivo adattamento. Pertanto, sono state utilizzate semplici regressioni lineari per esplorare l'influenza dei parametri socio-culturali sulla tolleranza al dolore nei tre interventi (Figura 4).

Le distribuzioni del capitale culturale e del livello di istruzione erano bilanciate tra i gruppi di randomizzazione (sequenza degli interventi sonori), senza differenze statisticamente significativa tra i gruppi. Complessivamente, un maggiore capitale culturale ed un più alto livello di istruzione mostravano una tendenza (non significativa) verso un aumento della tolleranza al dolore, indipendentemente dal tipo di intervento.

La pendenza più ripida è stata osservata per la musica scelta dal ricercatore /0,75 mA, p 0 0,080) in relazione al livello di istruzione rispetto alla musica scelta autonomamente (0,70mA; p 0 0,099) ed al controllo (0,68mA, p 0 0,094), con tendenze simili per il capitale culturale personale e genitoriale. In sintesi, nessuna delle differenze trai due gruppi di intervento ed i parametri socio-culturali è risultata statisticamente significativa. Ciò suggerisce che l'effetto positivo della musica scelta autonomamente sulla tolleranza al dolore era presente indipendentemente dal capitale culturale personale o genitoriale e dal livello di istruzione.

3.3 | Esiti fisiologici e psicologici

I risultati fisiologici e psicologici sono stati analizzati utilizzando LMM, in linea con le analisi delle misurazioni del dolore. I parametri HRV sono visualizzati ad intervalli di 5 minuti per i tre interventi come nella Figura 5. Analizzando questi parametri fisiologici, la frequenza cardiaca media, minima e massima era significativamente più alta per la musica scelta autonomamente rispetto alla condizione di controllo (Tabella S6). In particolare il cvRMSSD mostrava valori più alti nella musica scelta dal ricercatore (β 0 0,2, IC 95% [0,0,0,3], p = 0,009) rispetto al controllo, mentre il cvSDNN non mostrava differenze significative né per la musica scelta autonomamente né per quella scelta dal ricercatore.

Osservando il settore della frequenza, la componente LF diminuiva con la musica scelta autonomamente (β = 60,6, IC 95% [28,9, 92,2], p<0,001), mentre la componente HF aumentava con la musica scelta dal ricercatore (β = 178,5, IC 95% [90,6, 266,4], p<0,001) rispetto alla condizione di controllo. Il rapporto LH/HF non mostrava differenze significative. Complessivamente l'ascolto della musica scelta autonomamente era associato ad una maggiore frequenza cardiaca ed a valori LF inferiori, mentre valori più alti di cvRMSSD ed HF indicavano una maggiore attività parasimpatica per la musica scelta dal ricercatore.

Per quanto riguarda i risultati psicologici (Tabella S7), la condizione di ansia era significativamente più bassa per la musica scelta autonomamente (β = -2,5, IC 95% [-3,8, -0,7], p<0,001) e per quella scelta dal ricercatore (β = -1,5, IC 95% [-2,7, -0,7], p = 0,028) rispetto alla condizione di controllo. Questo effetto era maggiore per la musica scelta autonomamente, suggerendo che le partecipanti provavano meno ansia ascoltando musica selezionata da loro stesse.

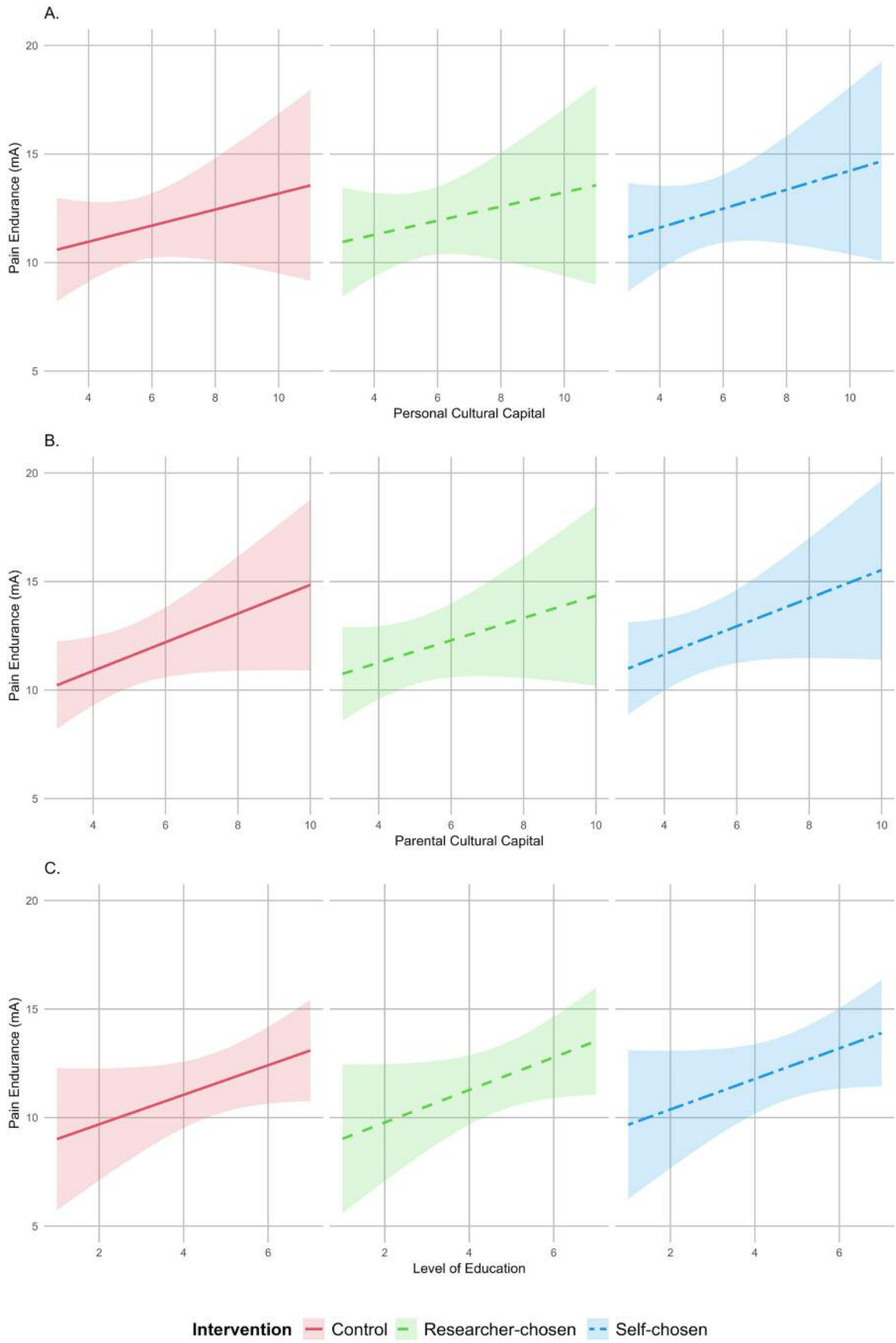


FIGURE 4 | Influence of personal cultural capital, parental cultural capital and level of education on pain endurance per intervention. Influence of personal cultural capital (A), parental cultural capital (B) and level of education (C) on pain endurance for each intervention, modelled using simple linear regressions with 95% confidence intervals. Higher levels of education and cultural capital were associated with greater pain endurance. No statistically significant differences were found between intervention groups or socio-cultural background parameters. mA, milliampere.

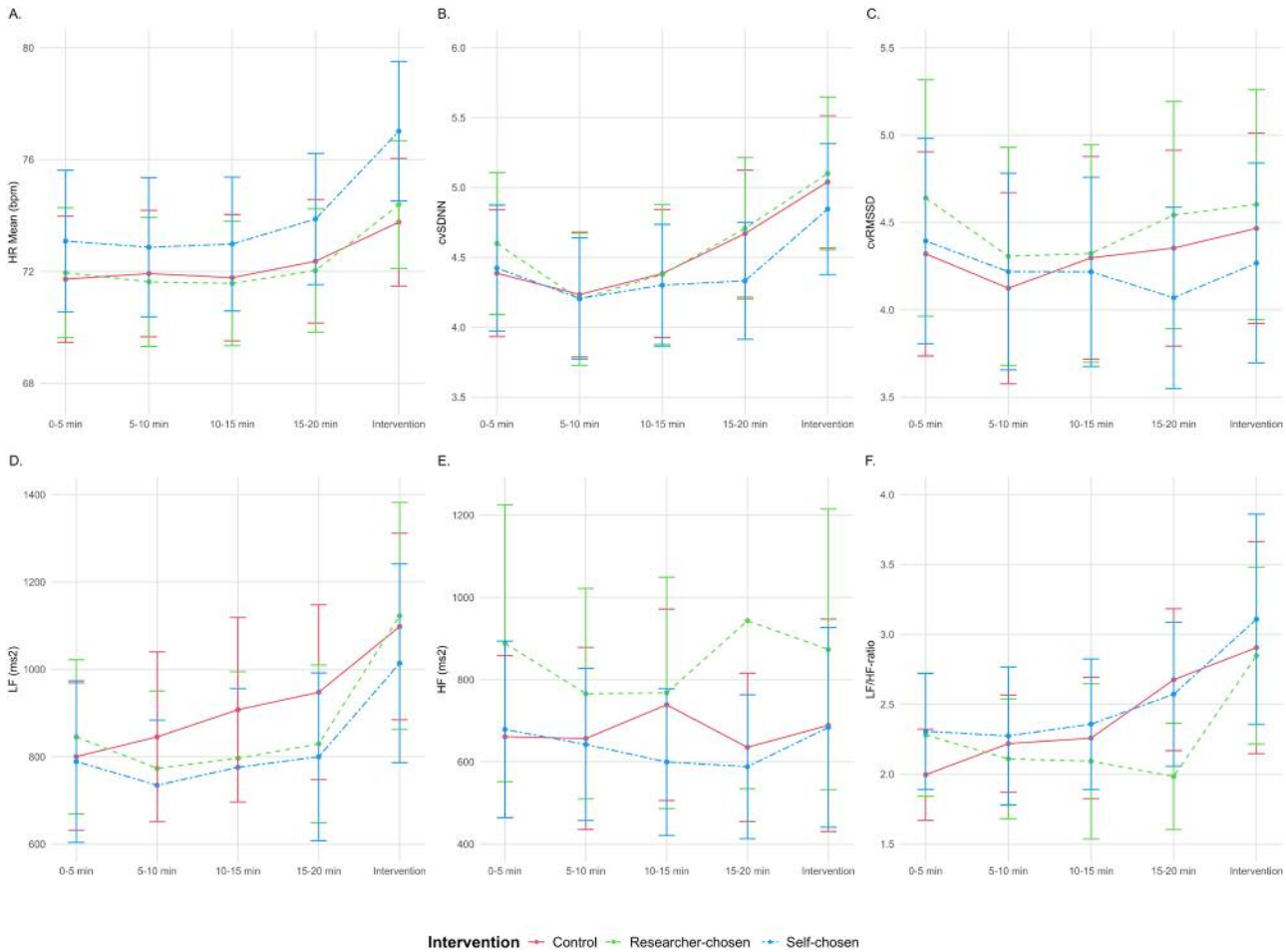


FIGURE 5 | Standardised heart rate variability parameters per intervention. The figures illustrate the mean and 95% confidence intervals for the standardised HR mean (A), cvSDNN (B), cvRMSSD (C), LF (D), HF (E) and LF/HF ratio (F) over time, per intervention. Each measurement point corresponds to a 5-min interval, with the pain stimulus occurring during the final interval. cv, coefficient of variation; HF, high frequency; HR, heart rate; LF, low frequency; RMSSD, root mean square of successive differences; SDNN, standard deviation of NN intervals.

Inoltre le partecipanti hanno valutato il proprio stato emotivo con il SAM (Figura S2). La musica scelta autonomamente ha portato ad una maggiore valenza rispetto alla condizione di controllo (β = 0,7, IC 95 [0,3, 1,0], p<0,001). Anche la posizione dominante ha mostrato valori più alti per la musica scelta autonomamente rispetto al gruppo di controllo (β = 0,4, IC 95% [0,1,0,2], p = 0,023), indicando che le partecipanti si sentivano controllate. Non sono state trovate differenze significative tra gli interventi musicali ed il gruppo controllo per quanto riguarda l'eccitazione, sebbene una tendenza (non significativa) suggerisse che le partecipanti si sentissero più calme dopo aver ascoltato la musica scelta dal ricercatore (β = 0,3, IC 95% [-0,0,07], p = 0,0081). I confronti a coppie post hoc per le misure psicologiche (Tabella S8) non hanno rivelato differenze tra la musica scelta autonomamente e quella scelta dal ricercatore in termini di ansia, valenza, eccitazione o dominanza. Inoltre utilizzando semplici regressioni lineari per esplorare l'influenza dei parametri socio-culturali sugli esiti psicologici nei tre interventi, non sono stati trovati risultati significativi.

3.4 | Caratteristiche degli interventi

Innanzitutto, caratteristiche della musica scelta autonomamente e di quella scelta dal ricercatore sono state analizzate tramite l'API di Spotify (Tabella S9). La musica scelta autonomamente mostrava valori superiori soprattutto per energia tempo (bpm) e ballabilità, rispetto alla musica scelta dal ricercatore. I generi prevalentemente scelti dalle partecipanti erano pop (37%, rock (18%), rhytm-and-blues

(14%, musica classica (6%) ed Hip-hop (5%) I generi musicali variavano tra i gruppi di stratificazione: il gruppo con livello di istruzione più alto selezionava più frequentemente musica classica, mentre il gruppo con istruzione più bassa sceglieva più frequentemente pop (olandese).
In secondo luogo è stato valutato il podcast a voce neutra su flora e fauna. Complessivamente, il 50% (n = 0 42) delle partecipanti ha apprezzato il podcast, mentre il 49% (n = 41) non lo ha gradito. Questa valutazione non differiva in modo significativo tra i gruppi di randomizzazione e di stratificazione.

4 | Discussione

L'obiettivo di questo studio era indagare se l'effetto della musica (autoselezionata) sulla tolleranza al dolore fosse coerente in diversi contesti socio-culturali. I nostri risultati indicano che la musica scelta autonomamente è stata efficace nella MIA (maggiore tolleranza alle soglie del dolore, punteggi del dolore percepiti più bassi) indipendentemente dal contesto socio-culturale (capitale culturale, livello di istruzione) e dal tipo di musica. La musica scelta autonomamente ha anche portato ad un aumento dell'attività simpatica (frequenza cardiaca più alta), una riduzione dell'ansia e ad una maggiore valenza. La musica scelta dai ricercatori (musica classica) è risultata più efficace nell'aumentare l'attività parasimpatica (RMSSD e HF più elevati). I confronti a coppie hanno rivelato che la musica scelta autonomamente ha portato ad una minore intensità del dolore rispetto alla musica "universale" scelta dai ricercatori, senza differenze significative osservate per nessun'altra misura del dolore.

4.1 | Effetto della musica sul dolore

Il nostro studio ha dimostrato che la tolleranza al dolore era maggiore con la musica scelta autonomamente, e che questo non era influenzato dal contesto socio-culturale. Questo risultato era in linea con le altre misure del dolore (soglia del dolore più alta, intensità del dolore più bassa e minore spiacevolezza del dolore). Ciò conferma la nostra prima ipotesi, suggerendo che l'effetto benefico della musica sul dolore scelta autonomamente rimane costante indipendentemente dal contesto socio-culturale (livello di istruzione e capitale culturale) nella formazione del gusto musicale e nella percezione della musica (Bbourdieu 1984; Hanser et al. 2016; Jaeger e Mǿllegaard 2022; Lizardo e Skiles 2016; Sonnett 2020; Van Eijck 2001). Tuttavia, fino ad ora, sebbene fosse ben stabilito che persone con contesti differenti abbiano gusti musicali diversi, non era chiaro se (i gusti per) diversi tipi di musica influenzassero in modo diverso la percezione del dolore. Inoltre, le ricerche precedenti sulla MIA non includevano popolazioni con contesti diversi rappresentative dei pazienti nei contesti sanitari (Lee 2016; Martin-Saavedra et al. 2018). Nel nostro studio partecipanti con contesti diversi hanno effettivamente selezionato tipi di musica molto differenti in termini di generi e caratteristiche. Ciononostante, l'effetto sul dolore della musica scelta autonomamente è stato costante, indicando che i benefici osservati della musica preferita sulla MIA erano guidati dalla preferenza personale e/o dalla scelta libera, piuttosto che dal tipo specifico di musica. Questo risultato supporta ed estende ricerche precedenti che indicano che il controllo percepito e le preferenze personali, indipendentemente dal genere musicale, sono fattori importanti nella MIA (Howlin e Rooney 2021°; Van der Valk Bouman et al. 2024). È interessante notare che i test post hoc hanno rivelato una differenza significativa tra la musica scelta autonomamente, e quella scelta dai ricercatori solo per l'intensità del dolore. Rimane discutibile fino a che punto questa osservazione possa essere stata influenzata da fattori come la durata dell'ascolto, il tipo di musica scelta dai ricercatori e la natura dello stimolo doloroso. Ad esempio, una meta-analisi sul dolore cronico ha riportato effetti analgesici maggiori. Della musica scelta autonomamente, cosa che non è stata riscontrata con la musica scelta autonomamente, cosa che è stata riscontrata con la musica scelta dai ricercatori (Garza-Villarreal et al 2017). Tuttavia, i confronti diretti rimangono limitati nella letteratura, rendendo difficile trarre conclusioni definitive (Colebaugh et al. 2023; Valevicius et al. 2023).
In base alla nostra analisi, non ci sono prove sufficienti per supportare o rifiutare la seconda ipotesi, ovvero che la musica scelta dai ricercatori (classica) abbia un effetto analgesico universale. Ulteriori

ricerche che utilizzano approcci statistici alternativi (ad esempio interferenze Bayesiane) sono necessarie per valutare più a fondo questa ipotesi. Esaminando l'interazione tra la MIA ed il contesto socio-culturale, è stato interessante notare che un maggiore capitale culturale e livello di istruzione mostravano una tendenza (non statisticamente significativa) verso una maggiore tolleranza al dolore, con la pendenza più alta osservata per la musica scelta dai ricercatori (classica). Si potrebbe sostenere che ciò sia in linea con il concetto sociologico di cultura "intellettuale", secondo cui individui con maggiore capitale culturale e livello di istruzione sono più inclini ad apprezzare la musica classica (Lizardo e Skiles 2016). Con cautela, a causa della mancanza di significatività statistica, la tendenza verso una maggiore tolleranza al dolore tra individui con alto capitale culturale e istruzione può essere spiegata da studi precedenti che suggeriscono che gli individui altamente istruiti possiedono meccanismi di copia più efficaci (Holahan e Moos 1987). Tuttavia, la mancanza di significatività statistica in questo studio limita l'interpretazione del capitale culturale in relazione alla tolleranza al dolore, il che giustifica ulteriori ricerche.

4.2 | Meccanismi alla base della MIA

È interessante notare che sia la musica scelta autonomamente sia quella scelta dai ricercatori hanno portato a una soglia del dolore più elevata rispetto alla condizione di controllo (podcast).

Questo suggerisce che la musica in sé indipendentemente dalle sue caratteristiche, dal genere e dal controllo percepito come doloroso. In linea con ricerche precedenti, i partecipanti hanno riportato una maggiore valenza e un'ansia inferiore con la musica scelta autonomamente (Hofbauer e Rodriguez 2023; Roy et al. 2008), il che potrebbe aver contribuito all'efficacia della musica scelta dai ricercatori non ha mostrato differenze significative nella valenza rispetto sia alla condizione di controllo che alla musica scelta autonomamente. Ciò può spiegare in parte perché la musica selezionata dai ricercatori non ha avuto effetto sulla tolleranza al dolore rispetto ad entrambe le condizioni.

Altri meccanismi alla base della MIA potrebbero anche spiegare i risultati di questo studio (Akelma et al. 2024; Basinski et al. 2021; Lunde et al. 2019). La distrazione è uno dei meccanismi frequentemente discussi in letteratura, e la misura in cui qualcosa è distraente potrebbe essere spiegata anche da fattori come la familiarità e la prevedibilità (Ancan e Soyman 2025; Howlin e Rooney 2020; Schafer e Sedimeier 2010). Poiché la musica scelta autonomamente è stata riprodotta in modalità casuale (shuffle), questo potrebbe aver rappresentato la combinazione ottimale tra previsione e sorprese per raggiungere la massima efficacia (Daikoku et al.2024; Gold et al. 2023; Ueno e Shimada 2024). Dato che la condizione di controllo prevedeva l'ascolto di un podcast, è improbabile che la sola distrazione acustica spieghi gli effetti osservati. Altri possibili meccanismi dell'efficacia della musica scelta autonomamente in questo studio includono il rilascio di neurotrasmettitori e fattori contestuali come le aspettative e un possibile effetto placebo (Cheung et al 2024; Valevicius et al. 2023; Vuust et al. 2022).

4.3 | Altri scopi e tipi di musica

In termini di variabilità della frequenza cardiaca (HRV), un'attività parasimpatica maggiore (RMSSD) è stata riscontrata con la musica scelta dai ricercatori, mentre un'attività simpatica maggiore (frequenza cardiaca media, minima e massima più elevate) è stata osservata con la musica scelta autonomamente rispetto alla condizione di controllo. In linea con questo, i partecipanti tendevano a valutare il loro livello di attivazione come più basso) statisticamente non significativo) con la musica scelta dai ricercatori. Questo stato più "rilassato" con la musica scelta dai ricercatori, sia auto-riferito che misurato tramite HRV potrebbe essere spiegato dalle caratteristiche della musica. Rispetto alla musica scelta dai ricercatori, quella scelta autonomamente aveva in generale maggiore energia, ballabilità e bpm, come già descritto in uno studio precedente (Howlin e Rooney 2021b). Inoltre, i partecipanti potrebbero aver percepito la musica scelta dai ricercatori come meno stimolante e coinvolgente, poiché non necessariamente in linea con le preferenze individuali.

Tuttavia, in contesti clinici, in situazioni in cui è utile per i pazienti raggiungere una maggiore attività

parasimpatica, come prima di un intervento chirurgico, la musica scelta dai ricercatori (musica classica rilassante) potrebbe essere un'opzione ancora più efficace rispetto alla musica scelta autonomamente.

4.4 | Rilevanza clinica

I risultati di questo studio hanno diverse implicazioni. Primo, i nostri risultati suggeriscono che i pazienti dovrebbero essere ingaggiati a scegliere autonomamente la musica per la gestione del dolore, poiché la musica scelta autonomamente si è dimostrata efficace nella MIA attraverso diversi contesti socio-culturali. Secondo, l'osservazione che un capitale culturale ed un livello di istruzione più bassi hanno mostrato una tendenza (statisticamente non significativa) verso una minore tolleranza al dolore suggerisce con cautela che gli operatori sanitari dovrebbero prestare attenzione alla gestione del dolore nei pazienti con queste caratteristiche (Thurston et al. 2023). Terzo, il tipo di musica, in termini di caratteristiche, genere e da chi viene selezionata, potrebbe servire a scopi diversi. Mentre la musica scelta autonomamente è risultata più efficace per il dolore (acuto), la musica scelta dai ricercatori (classica) ha predetto una maggiore attività parasimpatica. Pertanto essere consapevoli della funzione desiderata dell'intervento musicale è cruciale per pazienti ed operatori sanitari. Nel complesso, questi risultati dimostrano che la selezione personalizzata della musica dovrebbe essere incoraggiata nella cura clinica, con i pazienti incoraggiati a scegliere la musica che meglio si adatta alle loro esigenze.

4.5 | Punti di forza, limitazioni e direzioni per ricerche future

Un punto di forza principale di questo studio è stata la popolazione eterogenea in termini di contesto socio-culturali. Questo è cruciale, poiché le ricerche sperimentali precedenti sulla MIA sono state tipicamente sovra-rappresentate da coorti di studio occidentali con un alto livello di istruzione (Becker et al. 2024; Leo 2016; Yi et al. 2025). Tuttavia, reclutare un numero sufficiente di partecipanti, specialmente da gruppi con un basso livello di istruzione, è stata un'importante sfida. Di conseguenza, il processo di reclutamento di questo studio è stato completo e dispendiosi in termini di tempo, poiché i partecipanti erano generalmente poco interessati a prendere parte a ricerche scientifiche. Questo riflette lo sforzo necessario per garantire un campione veramente diversificato che sia(più) rappresentativo della popolazione di pazienti.

Inoltre, questo studio è il primo ad integrare teorie e metodi sociologici nella ricerca medica sulla MIA, offrendo una prospettiva unica su questo tema. L'uso di un podcast come condizione di controllo ci ha permesso di controllare la componente di distrazione e trarre conclusioni più valide rispetto ad una condizione di controllo con il silenzio. Potrebbe essere interessante impiegare altre condizioni di controllo, come suoni naturali o media visivi (Choi e Park 2022). Un altro punto di forza è stato l'uso di un disegno crossover e dei modelli lineari misti (LMM), che hanno tenuto conto delle differenze individuali, dell'ordine sequenziale delle condizioni e hanno migliorato la robustezza dei nostri risultati. Considerando l'ordine delle condizioni come covariata nelle analisi, abbiamo scoperto che l'effetto della sequenza era significativo, evidenziando l'importanza di considerare tali effetti sia nella progettazione dello studio che dell'interpretazione.

Sono state inoltre incluse solo partecipanti di sesso femminile, il che ha reso le misurazioni del dolore meno influenzate da potenziali interazioni di genere, poiché anche tutte le ricercatrici coinvolte nello studio erano donne.

Tuttavia, ciò può anche essere visto come una limitazione, poiché i risultati di questo studio sono meno trasferibili agli uomini e alle persone che si identificano come non binarie, che dovrebbero essere indagate in ricerche future. Un'altra limitazione risiede nel fatto che questo studio è stato il primo ad esplorare la MIA nel contesto del contesto socio-culturale e non è stato specificamente progettato per rilevare differenze significative in questi parametri, sono necessari ulteriori studi con campioni di dimensioni maggiori per corroborare questi risultati. In questo contesto, la ricerca futura potrebbe anche esplorare il potenziale di interventi musicali personalizzati abilitati dall'IA in ambito sanitario, tenendo conto dei parametri socio-culturali.

Inoltre, questo studio, come molti altri sulla MIA, è

stato condotto con volontari sani. Pertanto, sono necessarie ulteriori ricerche in contesti clinici con pazienti per convalidare questi risultati. Poiché la percezione del dolore è un'esperienza multidimensionale ed altamente soggettiva, la sua misurazione presenta alcune sfide. In questo studio, abbiamo utilizzato la tolleranza al dolore come risultato primario più oggettivo, il che può introdurre bias, poiché i partecipanti possono interrompere volontariamente la sequenza di emozioni. Tuttavia, metodi comparabili affrontano spesso sfide simili in termini di bias o questioni etiche.

Un'altra considerazione è che la tolleranza al dolore è fortemente correlata ad altre misure come l'intensità del dolore ed il disagio. Sebbene queste misure del dolore siano generalmente risultate coerenti tra loro, non sono indipendenti, e questa sovrapposizione dovrebbe essere considerata nell'interpretazione dei nostri risultati.

Infine questo studio non ha trovato evidenze che la musica scelta autonomamente sia superiore a quella scelta dai ricercatori, contrariamente alle nostre aspettative. Rimane incerto se questo risultato sia dovuto al disegno dello studio o a caratteristiche specifiche della musica. Dato il complesso intreccio tra le caratteristiche musicali e le preferenze individuali, è difficile distinguere i rispettivi contributi. Sebbene i nostri risultati suggeriscano che la musica scelta autonomamente sia efficace, probabilmente grazie all'allineamento tra scelte personale e preferenza, anche le differenti caratteristiche musicali tra la musica scelta autonomamente e quella scelta dai ricercatori potrebbe aver influenzato il risultato. Studi futuri dovrebbero mirare a isolare più precisamente questi fattori.

5 | Conclusione

In conclusione, questo studio indica che la musica scelta autonomamente è efficace per la MIA (maggiore tolleranza e soglia del dolore, punteggi percepiti di dolore inferiori), risultato che si è mantenuto costante indipendentemente dal contesto socio-culturale e dal tipo di musica. La musica scelta autonomamente ha anche determinato un aumento dell' attività simpatica (frequenza cardiaca più alta), una riduzione dell'ansia ed una maggiore valenza. La musica scelta dai ricercatori (classica) è risultata invece più efficace nell'aumentare l'attività parasimpatica (maggiore RMSSD e HF). Pertanto, questo studio evidenzia che la musica è efficace nella MIA quando si allinea alle preferenze personali, incoraggiando un approccio personalizzato nell'uso della musica per il sollievo dal dolore.

Traduzione a cura di Caterina Aurilio

Contributi degli autori

Questo studio è stato progettato da A.S.B., E.S.v.d.V.B., J.S., K.v.E., C.C.d.V. e M.K. Gli esperimenti sono stati eseguiti da A.S.B., E.S.v.d.V.B., Z.B. e C.S. I dati sono stati analizzati da E.S.v.d.V.B. e A.S.B. e i risultati sono stati esaminati criticamente da tutti gli autori. A.S.B. ed E.S.v.d.V.B. hanno avuto un ruolo primario nella preparazione del manoscritto, la cui revisione è stata affidata a J.S., K.v.E., Z.B., C.S., H.J., C.C.d.V. e M.K. Tutti gli autori hanno approvato la versione finale del manoscritto e si assumono la responsabilità di tutti gli aspetti del lavoro.

Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare i colleghi del Dipartimento di Medicina del Dolore, in particolare Dorine Siepman, Frank Huygen e tutto il personale della segreteria, per il loro supporto logistico a questo studio. Ringraziamo inoltre Biocheck BV per la loro competenza e assistenza nelle misurazioni della variabilità della frequenza cardiaca. Ringraziamo inoltre Babette van Eekelen, Melissa Smienk, Merle van Groeningen, Roos Cats e Rowanne van Raaij per il loro aiuto nell'inclusione dei partecipanti allo studio. Ringraziamo inoltre Arianne van Bochove per conto di Albeda Rotterdam, Chander Beerthuis dell'Università delle Arti di Utrecht, Edith Simson per conto di Stichting Orenda, Floris Barendrecht per conto di HagoZorg e Hannie Boudesteijn per conto di Zadkine Rotterdam per il loro prezioso supporto nel reclutamento di partecipanti provenienti da diversi contesti socioculturali. Infine, vorremmo ringraziare Jelle Kouters per il suo aiuto nell'estrazione delle funzionalità audio.

Conflitti di interesse

Gli autori dichiarano di non avere conflitti di interesse.

Dichiarazione di disponibilità dei dati

Tutti i dati e i codici di programma sono disponibili su motivata richiesta all'autore corrispondente.

BIBLIOGRAFIA

Akelma, F. K., S. Altınsoy, B. Nalbant, D. Özkan, and J. Ergil. 2024. "Comparison of Classical and Patient-Preferred Music on Anxiety and Recovery After Inguinal Hernia Repair: A Prospective Randomized Controlled Study." Perioperative Medicine 13, no.1:89. https://doi.org/10.1186/s13741-024-00434-3.

Arıcan, N. B., and E. Soyman. 2025. "A Between-¬ Subjects Investigation of Whether Distraction Is the Main Mechanism Behind Music-Induced Analgesia." Scientific Reports 15, no. 1: 2053.

Basinski, K., A. Zdun- Ryzewska, D. M. Greenberg, and M. Majkowicz. 2021. "Preferred Musical Attribute Dimensions Underlie Individual Differences in Music-Induced Analgesia." Scientific Reports 11, no. 1:8622. https://doi.org/10.1038/s41598-021-87943-z.

Becker, A. S., E. S. van der Valk Bouman, J. Schaap, et al. 2024. "A Multidisciplinary Approach on Music Induced-Analgesia Differentiated by Socio-Cultural Background in Healthy Volunteers (MOSART): A Cross-Over Randomized Controlled Trial Protocol." Contemporary Clinical Trials Communications 39: 101313. https://doi.org/10.1016/j.conctc. 2024.101313.

Bourdieu, P. 1984. Distinction a Social Critique of the Judgement of Taste. Routledge.

Cheung, V. K. M., P. M. C. Harrison, S. Koelsch, M. T. Pearce, A. D. Friederici, and L. Meyer. 2024. "Cognitive and Sensory Expectations Independently Shape Musical Expectancy and Pleasure." Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences 379, no. 1895: 20220420.

Choi, S., and S. G. Park. 2022. "Effects of Anxiety-Related Psychological States on Music-Induced Analgesia in Cold Pressor Pain Responses." Explore (New York, N.Y.) 18, no. 1: 25–30.

Chosic. List of Music Genres. https://www.chosic.com/list-of-music-genres.

Colebaugh, C. A., J. M. Wilson, K. M. Flowers, et al. 2023. "The Impact of Varied Music Applications on Pain Perception and Situational Pain Catastrophizing." Journal of Pain 24, no. 7: 1181–1192.

Coulangeon, P. 2020. "Cultural Capital." In The Blackwell Encyclopedia of Sociology, 1–3. Wiley-Blackwell. https:// doi. org/ 10. 1002/ 97814 05165 518. wbeos c169. pub2.

Cowen, A. S., X. Fang, D. Sauter, and D. Keltner. 2020. "What Music Makes Us Feel: At Least 13 Dimensions Organize Subjective Experiences Associated With Music Across Different Cultures." Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 117, no. 4: 1924–1934.

Daikoku, T., M. Tanaka, and S. Yamawaki. 2024. "Bodily Maps of Uncertainty and Surprise in Musical Chord Progression and the Underlying Emotional Response." Science 27, no. 4: 109498.

de Geus, E. J. C., P. J. Gianaros, R. C. Brindle, J. R. Jennings, and G. G. Berntson. 2019. "Should Heart Rate Variability Be "Corrected" for Heart Rate? Biological, Quantitative, and Interpretive Considerations." Psychophysiology 56, no. 2: e13287.

Fillingim, R. B. 2017. "Individual Differences in Pain: Understanding the Mosaic That Makes Pain Personal." Pain 158, no. Suppl 1: S11–S18. https://doi.org/10.1097/j. pain. 00000 00000 000775.

Fillingim, R. B., C. D. King, M. C. Ribeiro-¬ Dasilva, B. Rahim-Williams, and J. L. Riley III. 2009. "Sex, Gender, and Pain: A Review of Recent Clinical and Experimental Findings." Journal of Pain 10, no. 5: 447–485. https://doi.org/10.1016/j.jpain. 2008. 12. 001.

Fu, V. X., P. Oomens, M. Klimek, M. H. J. Verhofstad, and J. Jeekel. 2020. "The Effect of Perioperative Music on Medication Requirement and Hospital Length of Stay: A Meta-Analysis." Annals of Surgery 272, no. 6: 961–972.

Garza-Villarreal, E. A., V. Pando, P. Vuust, and C. Parsons. 2017. "Music-Induced Analgesia in Chronic Pain Conditions: A Systematic Review and Meta-Analysis." Pain Physician 20, no. 7:597–610.

Gold, B. P., M. T. Pearce, A. R. McIntosh, C. Chang, A. Dagher, and R. J. Zatorre. 2023. "Auditory and Reward Structures Reflect the Pleasure of Musical Expectancies During Naturalistic Listening." Frontiers in Neuroscience 17: 1209398. https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1209398.

Hanser, W. E., T. F. M. ter Bogt, A. J. M. Van den Tol, R. E. Mark, and A. J. J. M. Vingerhoets. 2016. "Consolation Through Music: A Survey Study." Musicae Scientiae 20, no. 1: 122–137. https://doi.org/10.1177/1029864915620264.

Hofbauer, L. M., and F. S. Rodriguez. 2023. "Emotional Valence Perception in Music and Subjective Arousal: Experimental Validation of Stimuli." International Journal of Psychology 58: 465-475.

Holahan, C. J., and R. H. Moos. 1987. "Personal and Contextual Determinants of Coping Strategies." Journal of Personality and Social Psychology 52, no. 5: 946–955. https://doi.org/10.1037/0022-3514.52.5. 946.

Hole, J., M. Hirsch, E. Ball, and C. Meads. 2015. "Music as an Aid for Postoperative Recovery in Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis." Lancet 386, no. 10004: 1659–1671. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60169-6.

Howlin, C., and B. Rooney. 2020. "The Cognitive Mechanisms in Music Listening Interventions for Pain: A Scoping Review." Journal of Music Therapy 57, no. 2: 127–167.

Howlin, C., and B. Rooney. 2021a. "Cognitive Agency in Music Interventions: Increased Perceived Control of Music Predicts Increased Pain Tolerance." European Journal of Pain 25, no. 8: 1712–1722. https://ndoi.org/10.1002/ejp.1780.

Howlin, C., and B. Rooney. 2021b. "Patients Choose Music With High Energy, Danceability, and Lyrics in Analgesic Music Listening Interventions." Psychology of Music 49, no. 4: 931–944. https://doi.org/10.1177/0305735620907155.

Jaeger, M. M., and R. Breen. 2016. "A Dynamic Model of Cultural Reproduction." American Journal of Sociology 121, no. 4: 1079–1115. https://doi.org/10.1086/684012.

Jæger, M., and S. Møllegaard. 2022. "Where Do Cultural Tastes Come From? Genes, Environments, or Experiences." Sociological Science 9: 252–274. https://doi. org/10.15195 v9.a11.

Kakar, E., E. Venema, J. Jeekel, M. Klimek, and M. van der Jagt. 2021. "Music Intervention for Sleep Quality in Critically Ill and Surgical Patients: A Meta-Analysis." BMJ Open 11, no. 5: e042510.

Koelsch, S., and L. Jäncke. 2015. "Music and the Heart." European Heart Journal 36, no. 44: 3043–3049. https:// doi.org/10.1093/eurhe artj/ehv430.

Kühlmann, A. Y. R., A. de Rooij, L. F. Kroese, M. van Dijk, M. G. M. Hunink, and J. Jeekel. 2018. "Meta-Analysis Evaluating Music Interventions for Anxiety and Pain in Surgery." British Journal of Surgery 105, no. 7:773–783.

Lee, J. H. 2016. "The Effects of Music on Pain: A Meta-Analysis." Journal of Music Therapy 53, no. 4: 430–477. https://doi. org/10.1093/jmt/thw012.

Lizardo, O., and S. Skiles. 2016. "Cultural Objects as Prisms: Perceived Audience Composition of Musical Genres as a Resource for Symbolic Exclusion." Socius 2: 2378023116641695. https://doi.org/10.1177/2378023116641695.

Lunde, S. J., P. Vuust, E. A. Garza-Villarreal, and L. Vase. 2019. "Music-Induced Analgesia: How Does Music Relieve Pain?" Pain 160, no. 5: 989–993. https://doi. org/10.1097/j.pain. 00000 00000 001452.

Martin-Saavedra, J. S., L. D. Vergara-¬ Mendez, I. Pradilla, A. Velez-van-Meerbeke, and C. Talero-Gutierrez. 2018. "Standardizing Music Characteristics for the Management of Pain: A Systematic Review anMeta-Analysis of Clinical Trials." Complementary Therapies in Medicine 41: 81–89. https://doi. org/10. 1016/j. ctim. 2018. 07. 008.

Meints, S. M., A. Cortes, C. A. Morais, and R. R. Edwards. 2019. "Racial and Ethnic Differences in the Experience and Treatment of Noncancer Pain." Pain Management 9, no. 3: 317–334. https://doi.org/10.2217/pmt-2018-0030.

Meints, S. M., M. M. Miller, and A. T. Hirsh. 2016. "Differences in Pain Coping Between Black and White Americans: A Meta-Analysis." Journal of Pain 17, no. 6: 642–653. https://doi.org/10. 1016/j. jpain.2015.12.017.

Roy, M., I. Peretz, and P. Rainville. 2008. "Emotional Valence Contributes to Music-Induced Analgesia." Pain 134, no. 1-2: 140-147.

Scarratt, R. J., O. A. Heggli, P. Vuust, and K. V. Jespersen. 2023. "The Audio Features of Sleep Music: Universal and Subgroup Characteristics." PLoS One 18, no. 1: e0278813. https://doi.org/10.1371/journ al. pone.0278813.

Schäfer, T., and P. Sedlmeier. 2010. "What Makes Us Like Music? Determinants of Music Preference." Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts 4, no. 4: 223–234. https://doi.org/10.1037/a0018374.

Song, Y., N. Ali, and U. M. Nater. 2024. "The Effect of Music on Stress Recovery." Psychoneuroendocrinology 168: 107137.

Sonnett, J. 2020. "Musical Relationships: Intersections of Race, Gender, Genre, and Listening Situation." Cultural Sociology 15, no. 1: 44–68. https://doi.org/10. 1177/1749975520 929240.

Tarvainen, M. P., J.-P. Niskanen, J. A. Lipponen, P. O. Rantaaho, and P. A. Karjalainen. 2014. "Kubios HRV – Heart Rate Variability Analysis Software." Computer Methods and Programs in Biomedicine 113, no. 1: 210–220. https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2013.07.024.

Ter Bogt, T. F. M., J. Mulder, Q. A. W. Raaijmakers, and S. N. Gabhainn. 2011. "Moved by Music: A Typology of Music Listeners." Psychology of Music 39, no. 2: 147–163. https://doi.org/10.1177/0305735610 370223.

Thurston, K. L., S. J. Zhang, B. A. Wilbanks, R. Billings, and E. N. Aroke. 2023. "A Systematic Review of Race, Sex, and Socioeconomic Status Differences in Postoperative Pain and Pain Management." Journal of Perianesthesia Nursing 38, no. 3: 504–515. https://doi. org/10.1016/j. jopan 2022.09.004.

Ueno, F., and S. Shimada. 2024. "Neural Mechanism of Musical Pleasure Induced by Prediction Errors: An EEG Study." Brain Sciences 14, no. 11: 1130.

Umbrello, M., T. Sorrenti, G. Mistraletti, P. Formenti, D. Chiumello, and S. Terzoni. 2019. "Music Therapy Reduces Stress and Anxiety in Critically Ill Patients: A Systematic Review of Randomized Clinical Trials." Minerva Anestesiologica 85, no. 8: 886–898.

UNESCO Institute for Statistics. 2012. International Standard Classification of Education (ISCED) 2011 (78-92-9189-123-8). https://search.library.wisc.edu/catalog/99954 9122202121.

Valevicius, D., A. Lépine Lopez, A. Diushekeeva, A. C. Lee, and M. Roy. 2023. "Emotional Responses to Favorite and Relaxing Music Predict Music-Induced Hypoalgesia." Frontiers in Pain Research 4: 1210572. https://doi.org/10.3389/fpain.2023.1210572.

Van der Valk Bouman, E. S., A. S. Becker, J. Schaap, et al. 2024. "The Impact of Different Music Genres on Pain Tolerance: Emphasizing the Significance of Individual Music Genre Preferences." Scientific Reports 14, no. 1: 21798.

Van der Waal, J., W. de Koster, T. van Meurs, K. Noordzij, J. O. Groeniger, and J. Schaap. 2024. "Advancing Stratification Research by Measuring Non-Declarative Cultural Capital: A National Population-Based Study Combining IAT and Survey Data." American Sociological Review 89, no. 4:735–760. https://doi.org/10.1177/00031224241261603.

Van Eijck, K. 2001. "Social Differentiation in Musical Taste Patterns." Social Forces 79, no. 3: 1163–1185.

Vuust, P., O. A. Heggli, K. J. Friston, and M. L. Kringelbach. 2022. "Music in the Brain." Nature Reviews. Neuroscience 23, no. 5: 287–305.

Yi, W. A.-O., C. A.-O. Palmer, A. Serian, and M. Roy. 2025. "Individualizing Musical Tempo to Spontaneous Rates Maximizes Music-Induced Hypoalgesia." Pain 166, no. 8: 1761–1768. https://doi.org/10.1097/j. pain.00000ˆˆiii00000003513.

Informazioni aggiuntive
Ulteriori informazioni di supporto sono disponibili online nella sezione Informazioni di supporto. Dati S1: Informazioni di supporto.

© 2025 The Author(s). European Journal of Pain published by John Wiley & Sons Ltd on behalf of European Pain Federation - EFIC ®.

Come citare l'articolo:
Becker AS, van der Valk Bouman ES, Schaap J, van Eijck K, Bierman Z, Saat C, Jeekel H, de Vos CC, Klimek M. Self-Chosen Music as a Contributor to Music-Induced Analgesia Across Diverse Socio-Cultural Backgrounds: A Crossover Randomised Controlled Trial. Eur J Pain. 2025 Sep;29(8):e70095. doi: 10.1002/ejp.70095. PMID: 40772832; PMCID: PMC12330777.