

Selected Papers from Impact

Efectos de la Música Preferida sobre las Respuestas Fisiológicas, el Esfuerzo Percibido y la Determinación del Umbral Anaeróbico en Una Prueba de Carrera Incremental en Ambos Sexos

Effects of Preferred Music on Physiological Responses, Perceived Exertion, and Anaerobic Threshold Determination in an Incremental Running Test on Both Sexes

Felipe Marroni Rasteiro, Leonardo Henrique Dalcheco Messias, Pedro Paulo Menezes Scariot, João Pedro Cruz, Rafael Lucas Cetein, Claudio Alexandre Gobatto y Fúlvia Barros Manchado-Gobatto

Laboratorio de Fisiología Aplicada del Deporte - LAFAE, Facultad de Ciencias Aplicadas, Universidad de Campinas, UNICAMP, Limeira, São Paulo, Brasil

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo investigar y comparar los efectos de la música preferida en la determinación del umbral anaeróbico en una prueba de carrera incremental, así como las respuestas fisiológicas y el esfuerzo percibido a esta intensidad, en hombres y mujeres físicamente activos. Además, mediante el análisis de área bajo la curva (AUC) de los parámetros de interés durante la prueba graduada, estudiamos los efectos de la música en dos momentos fisiológicos, antes y después del umbral de intensidad anaeróbica (iAT), en hombres y mujeres. Veinte (hombres = 10; mujeres = 10) participantes sanos y activos completaron cuatro visitas al laboratorio. La primera y segunda sesiones se utilizaron para la caracterización de la muestra. En la tercera y cuarta sesiones, los participantes realizaron una prueba de carrera incremental (comenzada a 7 km•h⁻¹ con incrementos de 1 km•h⁻¹ en cada etapa de 3 minutos) en las condiciones preferidas de música y no música. El lactato en sangre ([Lac]), la frecuencia cardíaca (FC) y el esfuerzo percibido fueron medidos a través de dos escalas (RPEBorg y la estimación del límite de tiempo - ETL) durante todas las pruebas, y el tiempo total de esfuerzo (TT) fue considerado como rendimiento. Las curvas individuales de la "intensidad vs lactato sanguíneo" analizadas por el método de bi-segmentación proporcionan el iAT y el AUC de [Lac], FC, RPEBorg y ETL antes y después de que se calculó el alcance del iAT. El iAT para hombres (sin música: 11,5±0,9 km•h⁻¹ vs música: 11,6±1,1 km•h⁻¹) y mujeres (sin música: 9,8±0,7 km•h⁻¹ vs música: 9,7 ± 0,7 km•h⁻¹) no se vio afectada por la música, y para ambos sexos, no hubo diferencia entre las condiciones de sin música y con música en todas las variables obtenidas en el iAT. El AUC de todas las variables no se vio afectado por la música antes del alcanzar el iAT. Sin embargo, [Lac], FC y

RPEBorg presentaron valores más altos del AUC después del iAT para el grupo de mujeres con música preferida. Esto puede deberse al hecho de que el 70% de las mujeres han aumentado el TT en condiciones musicales. En general, la música preferida no afectó la determinación del iAT en una prueba de carrera incremental. Sin embargo, algunas respuestas fisiológicas y el esfuerzo percibido después del iAT de las mujeres parecen estar influenciados por la música preferida.

Palabras Clave: música, efectos fisiológicos, esfuerzo percibido, umbral anaeróbico

ABSTRACT

This study aimed to investigate and compare the effects of preferred music on anaerobic threshold determination in an incremental running test, as well the physiological responses and perceived exertion at this intensity, in physically active men and women. Additionally, by using area under the curve (AUC) analysis of the parameters of interest during the graded test, we studied the effects of music at two physiological moments—before and after anaerobic threshold intensity (iAT)—in men and women. Twenty (men = 10; women = 10) healthy and active participants completed four visits to the laboratory. The first and second sessions were used for sample characterization. In the third and fourth sessions, participants performed an incremental running test (started at 7 km.h⁻¹ with increments of 1 km.h⁻¹ at each 3-minute stage) under preferred music and non-music conditions. Blood lactate ([Lac]), heart rate (HR), and perceived exertion were measured by two scales (RPEBorg and the estimation of time limit – ETL) during all tests, and the total time of effort (TT) was considered as performance. Individual curves of the “intensity vs blood lactate” analyzed by the bissegmentation method provide the iAT and the AUC of [Lac], HR, RPEBorg, and ETL before and after the iAT attainment were calculated. The iAT for men (non-music: 11.5±0.9km.h⁻¹ vs music: 11.6±1.1km.h⁻¹) and women (non-music: 9.8±0.7km.h⁻¹ vs music: 9.7±0.7km.h⁻¹) was not affected by music, and for both sexes, there was no difference between non-music and music conditions in all variables obtained at iAT. The AUC of all variables were not affected by music before the iAT attainment. However, [Lac], HR, and RPEBorg presented higher values of AUC after iAT for the female group with preferred music. This may be due to the fact that 70% of women have increased TT under music conditions. Overall, preferred music did not affect the iAT determination in an incremental running test. However, some physiological responses and perceived exertion after iAT of female subjects seems to be influenced by preferred music.

Keywords: music, physiological effects, perceived exertion, anaerobic threshold

Disponibilidad de datos: Todos los datos relevantes están dentro del artículo y de sus archivos de información de apoyo.

Financiamiento: Agradecemos a los sujetos por participar en los procedimientos. El estudio contó con el apoyo parcial de la Fundación de Investigaciones de São Paulo - FAPESP (2012 / 06355-2, 2016 / 50250-1, 2018 / 05821-6 y 2019 / 10666-2), Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico - CNPq (307718 / 2018-2, 308117 / 2018-2), y Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Finanzas 001. Por lo tanto, queremos expresar nuestro agradecimiento por este apoyo.

Conflictos de intereses: los autores han declarado que no existen conflictos de intereses.

INTRODUCCIÓN

El efecto de la música en el ejercicio fue investigado por Ayres [1], quien describió la influencia de una banda de música tocando durante una carrera de ciclismo de seis días. Sin embargo, sólo en las últimas décadas ha habido un aumento significativo en la investigación sobre la importancia de este tema para el desempeño en diferentes actividades físicas y situaciones de ejercicio [2-8]. Muchas investigaciones que involucran el efecto de la música en el ejercicio se han centrado en algunos factores que contribuyen a la música, como el género [9], el ritmo [10], el tempo [11,12] y la sincronización auditivo-motora [5,8]. Por otro lado, aún existen pocos estudios en los que la preferencia musical de los participantes esté libremente garantizada. Se ha especulado que los componentes emocionales de la música preferida podrían ser una ayuda eficaz para aumentar la motivación personal [13-15].

La literatura presenta información contradictoria con respecto a la influencia de la música (preferida o no) sobre el

ejercicio en diferentes dominios de intensidad [16-19]. Basado en la evidencia de que la música puede distraer a los deportistas de las sensaciones desagradables e incómodas asociadas con el esfuerzo físico [8,20], debería esperarse que la música preferida ayude no sólo en el ejercicio con dominancia moderada o pesada, sino especialmente en el dominio severo, en el que la inestabilidad fisiológica y el agotamiento se encuentran. Aunque los investigadores se han preocupado por las distintas características del ejercicio en experimentos con música (por ejemplo, tipo, intensidad y volumen) [21-24], pocas investigaciones consideraron este contexto con respecto a la música preferida [16,17]. Hasta donde sabemos, a pesar de la importancia de la determinación de la intensidad del umbral anaeróbico (iAT) para definir la transición aeróbica-anaeróbica y así obtener un diagnóstico de rendimiento preciso en los dominios del ejercicio [25, 26], ninguna investigación siguió este camino utilizando la música preferida.

Entre muchos protocolos de evaluación, el incremental (prueba graduada) es el procedimiento más común para la determinación del iAT en condiciones de laboratorio y de campo [27]. Durante esta aplicación, la intensidad se incrementa, induciendo un comportamiento exponencial de la acumulación de lactato en sangre ([Lac]). Por lo tanto, la carga de trabajo más alta que aún conduce a un equilibrio entre la producción y eliminación de lactato se denomina iAT [25] y puede determinarse mediante un análisis matemático confiable, como la bi-segmentación de dos regresiones lineales junto con la interpolación lineal [28-30]. Antes del alcance del iAT (dominios moderados y pesados), no se espera que las respuestas fisiológicas aumenten abruptamente, lo que refleja una estabilidad que es favorable al mantenimiento del ejercicio [31,32]. Por otro lado, a intensidades superiores al iAT (dominio severo), el equilibrio fisiológico se pierde gradualmente, lo que conduce al agotamiento [33]. Creemos que las investigaciones sobre las respuestas fisiológicas (por ej., la frecuencia cardíaca y la [Lac]) y el esfuerzo percibido (obtenido mediante escalas de percepción) en dos momentos durante la prueba incremental (antes y después del iAT), pueden mejorar la comprensión de los efectos de la música en estos diferentes dominios de intensidad. Para ello, el análisis del área bajo la curva (AUC) comúnmente utilizado en otros enfoques científicos [34,35] parece ser un método interesante.

Aunque existen estudios que documentan los efectos de la música en el ejercicio tanto en hombres como en mujeres [5,11,12,36-40], todavía existe un debate en curso sobre las diferencias sexuales en el procesamiento de la música. Es razonable considerar que los efectos de la música sobre el rendimiento físico podrían depender del sexo, ya que hay informes que muestran que hombres y mujeres parecen diferir en su percepción de la música [41-45]. De esta forma, Macone y cols. [39] y Cole y Maeda [36] han demostrado que las mujeres, pero no los hombres, tenían un mayor rendimiento físico en una condición musical en comparación con una condición no musical. Por lo tanto, una pregunta importante que debe responderse es si la música afecta de manera diferente las respuestas fisiológicas, el esfuerzo percibido y, en consecuencia, la determinación del iAT en hombres y mujeres en la misma condición física (por ejemplo, individuos activos pero no deportistas). Aún así, la comprensión de los efectos de la música en hombres o mujeres según los dominios de intensidad (antes o después del iAT) parece agregar conocimientos para la prescripción del ejercicio en estas condiciones. Obviamente, en este sentido de aplicación, la música a utilizar debe ser de la preferencia del sujeto.

Este estudio tuvo como objetivo investigar y comparar los efectos de la música preferida sobre la determinación del umbral anaeróbico en una prueba de carrera incremental, así como las respuestas fisiológicas y el esfuerzo percibido a esta intensidad, en hombres y mujeres físicamente activos. Además, utilizando el análisis de AUC de los parámetros de interés durante la prueba graduada, estudiamos los efectos de la música en dos momentos fisiológicos (antes y después del iAT) en hombres y mujeres.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del estudio

Se pidió a los participantes que mantuvieran los mismos hábitos individuales de hidratación/alimentación y que evitaran la ingesta de alcohol/cafeína, así como la actividad física intensa, al menos 96 horas antes de la prueba. Veinte varones sanos, no deportistas, no fumadores y activos ($n = 10$; edad = 23 ± 2 años; masa corporal = $73,3 \pm 11,7$ kg; altura = 175 ± 1 cm; grasa corporal = $8,5 \pm 2,3\%$) y mujeres ($n = 10$; edad = 20 ± 1 años; masa corporal = $59,7 \pm 5,3$ kg; altura = 165 ± 1 cm; grasa corporal = $18,4 \pm 3,6\%$) fueron seleccionadas para este estudio. Como criterio de inclusión, las personas debían ser activas y tener experiencia con al menos dos años de práctica semanal en ejercicio de carrera.

El presente estudio se realizó de acuerdo con las normas de Helsinki y previamente aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Facultad de Ciencias Médicas, ubicada en la Universidad de Campinas (número de protocolo - 64648617600005404).

Se completaron cuatro visitas al laboratorio (Fig 1). La primera sesión se realizó para explicar los procedimientos del

estudio y obtener el acuerdo para participar en la investigación, que fue aprobada por el comité de ética local de la universidad. Además, al final de esta sesión, se pidió a los sujetos que aportaran 10 canciones que consideren motivadoras durante su actividad física diaria. En línea con esto, la segunda sesión se llevó a cabo para identificar el nivel de motivación de cada canción seleccionada a través del *Brunel Music Rating Inventory-2* [46]. Durante la misma sesión, los participantes fueron evaluados en cuanto a la composición corporal (es decir, masa magra, masa grasa y grasa corporal), nivel de actividad física y disposición para la actividad física (PAR-Q) [47]. Las mediciones de los pliegues cutáneos fueron realizadas por el mismo investigador experimentado mediante un adipómetro/plicómetro clínico (Cescorf, Cardiomed, PR, BR). Los enfoques de Lohman [48] y Jackson y Pollock [49] se utilizaron para estimar la composición corporal de los hombres (es decir, pliegues cutáneos tríceps, subescapular y abdominal) y mujeres (es decir, pliegues cutáneos tríceps, suprailíaco y del muslo), respectivamente. Se adoptó el Cuestionario Internacional de Actividad Física (IPAQ) [50] para el análisis del nivel de actividad física (hombres = 3535 ± 2425 equivalentes metabólicos-min/semana; mujeres = 3568 ± 1860 equivalentes metabólicos-min/semana).

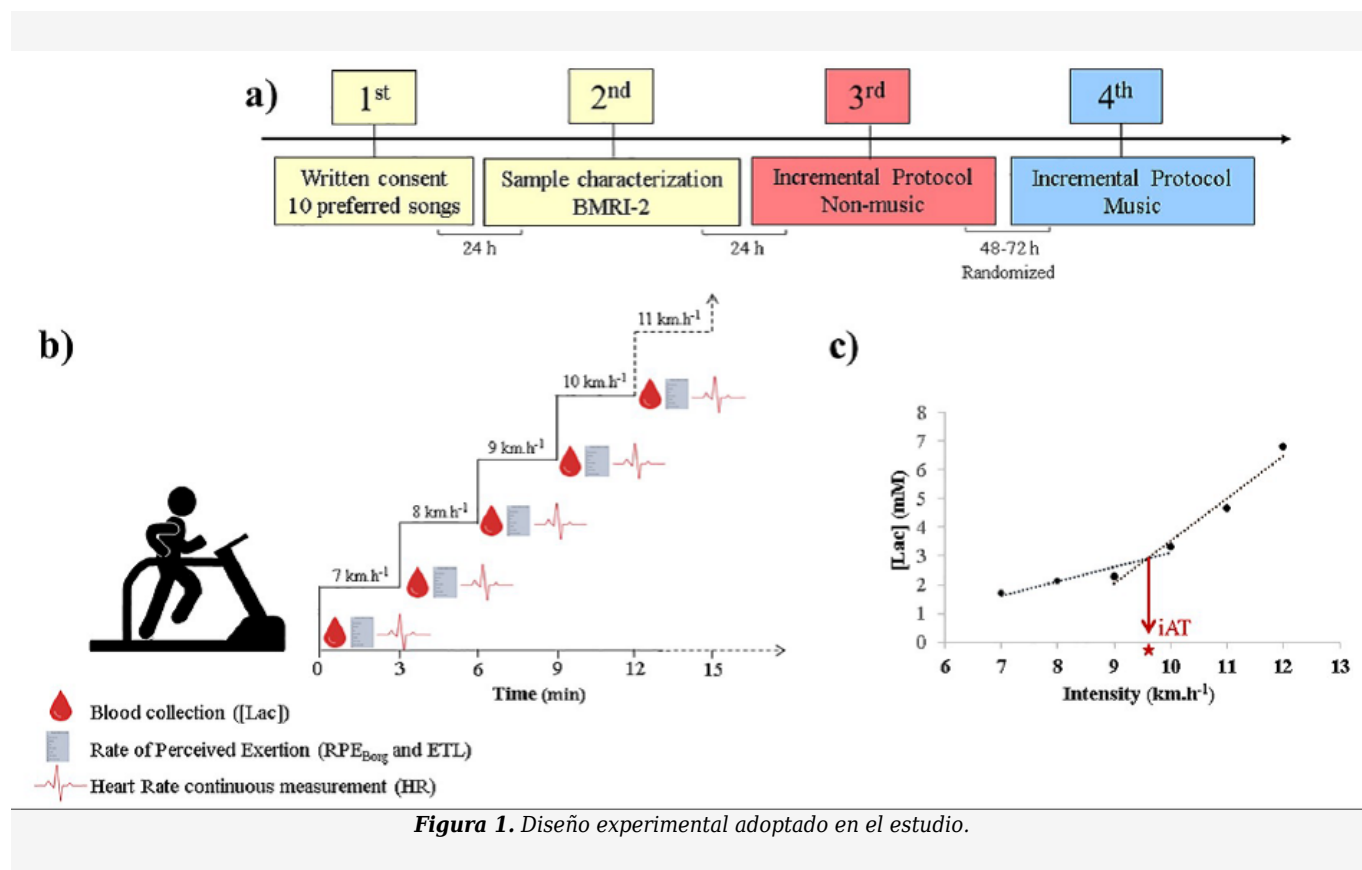


Figura 1. Diseño experimental adoptado en el estudio.

La primera sesión se llevó a cabo para explicar los procedimientos del estudio y obtener el consentimiento para participar en la investigación. Además, se instruyó a los sujetos para que trajeran 10 canciones para hacer ejercicio. Posteriormente, durante la segunda visita, se evaluó la composición corporal, la actividad física y la preparación de los sujetos. En la misma sesión, se determinó el cociente motivacional de las 10 canciones proporcionadas por los sujetos mediante el *Inventario de Calificación Musical de Brunel 2* (BMRI-2). El protocolo incremental en las condiciones no musicales y musicales preferidas se realizó al azar en la tercera y cuarta sesiones. **b)** Protocolo incremental iniciado a 7 km·h⁻¹ con incrementos de 1 km·h⁻¹ en etapas de 3 minutos. Se recogieron muestras de sangre en reposo y al final de cada etapa para el análisis de la [Lac]. Durante el mismo intervalo, se aplicaron dos escalas de esfuerzo percibido (RPE_{Borg} y ETL). La FC se midió a lo largo del protocolo. **c)** La intensidad del umbral anaeróbico (iAT) se determinó mediante la intersección entre dos ajustes lineales resultantes del método de bi-segmentación.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237310.g001>

La tercera y cuarta sesiones se dedicaron al protocolo incremental exhaustivo en cinta rodante motorizada (Super ATL, Inbramed, RS, BR). Todos los procedimientos se realizaron en un ambiente controlado (temperatura = $22^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$; luminosidad = $\sim 300\text{lx}$). Además, estas sesiones se llevaron a cabo en una sala aislada (largo = 4,83 m; ancho = 2,11 m). Por tanto, los participantes no mantuvieron contacto con otras personas salvo los evaluadores, quienes se comunicaron (cuando era estrictamente necesario) mediante gestos. Además, se evitó información sobre la duración de la prueba o

etapas. Estas sesiones fueron aleatorias y separadas por 48 a 72 horas (archivo S1). En una de las sesiones, el protocolo se realizó en condiciones no musicales. En la sesión restante, se permitió a los sujetos escuchar su música preferida durante el exhaustivo protocolo incremental. En ambas evaluaciones, se analizaron [Lac], FC, RPEBorg, ETL y tiempo total (TT)

Clasificación de la música

El BMRI-2 evalúa la calidad motivacional de la música durante el ejercicio. Se compone de seis elementos, cada uno relacionado con un componente musical (ritmo, estilo, melodía, tempo, instrumentación y tiempo). Cada ítem consta de una escala Likert de siete puntos, donde 1 es “totalmente en desacuerdo” y 7 “totalmente de acuerdo” [46].

Teniendo en cuenta aspectos de higiene y preferencia, se pidió a cada individuo que trajera sus propios auriculares. Para la aplicación BMRI-2, las canciones previamente seleccionadas se insertaron en un reproductor musical (iPod Shuffle A1373, Apple, SP, BR), que también se utilizó en el protocolo incremental.

El volumen de la música se estandarizó a cinco clics por debajo del máximo, en un rango de 70 a 85 dB. Estas ganancias fueron probadas previamente para la aplicación del BMRI-2, y se encontró que el rango antes mencionado sería ideal para trabajar dentro del presente estudio precisamente porque asegura la calidad auditiva.

La aplicación del instrumento consistió en la reproducción individual de la canción durante 90 segundos. Posteriormente se aplicó la escala y se estableció el puntaje de la canción. Para eliminar el efecto de escuchar la canción anterior, se aplicó una cuadrícula de concentración [51] entre canciones. Estos procesos se repitieron hasta el establecimiento del puntaje referente a las 10 canciones. Durante el protocolo incremental, las canciones se clasificaron de acuerdo con la puntuación obtenida anteriormente, con la puntuación más alta en la parte superior de la lista de reproducción y las demás en orden descendente (Archivo S2). Dado que todas las canciones fueron consideradas preferidas por los participantes evaluados, no se controló el tempo de la música. Sin embargo, todos los valores de bpm se presentan en el archivo S3.

Análisis de la concentración de lactato en sangre y de la frecuencia cardíaca

Se tomaron muestras de sangre capilarizada (25 μ L) del lóbulo de la oreja y se depositaron en microtubos (Eppendorf 1,5 ml) que contenían 50 μ L de NaF. La [Lac] se analizó mediante el método electroquímico utilizando un lactímetro YSI2300-STAT-Plus (Yellow Springs, OH, EE. UU.). La frecuencia cardíaca de los participantes se registró (latido a latido) utilizando monitores cardíacos Polar (Polar, RS800, RJ, BR). Los datos se registraron durante todos los protocolos.

Escalas de percepción del esfuerzo

Se consideraron dos escalas psicométricas para medir el esfuerzo percibido. Se adoptó la escala propuesta originalmente por Borg [52] con un rango de 6–20 (RPEBorg). Además, la escala de estimación de límite de tiempo (ETL) propuesta por Garcin y cols. [53] también fue considerada.

Protocolo incremental

El protocolo incremental se inició a 7 km·h⁻¹, con incrementos de 1 km·h⁻¹ en etapas de 3 minutos. La pendiente de la cinta se mantuvo al 1% durante todas las pruebas. Al final de cada etapa, el esfuerzo se interrumpió durante 30 segundos para la extracción de sangre. Durante este intervalo, los participantes indicaron con los dedos el esfuerzo percibido en dos escalas psicométricas. En ambas pruebas (sin música o con música), los participantes utilizaron los mismos auriculares adoptados para responder al BMRI-2 en la segunda sesión.

Para la determinación del iAT, se trazaron curvas individuales de intensidad (km·h⁻¹) vs lactato sanguíneo (mM). Después de la inspección visual, realizada por dos investigadores experimentados, se procedió al análisis de bi-segmentación y se identificó el iAT por la intersección entre los ajustes [28, 29]. La [Lac], FC, RPEBorg y ETL en el iAT ([Lac]iAT, FCiAT, RPEBorg iAT y ETLiAT, respectivamente) se determinaron por interpolación lineal. La relativización en porcentaje (%) se realizó dividiendo el iAT por el valor máximo registrado de la intensidad (ipico) y luego se multiplicó por 100 (iAT [% ipico]). Se aplicó el mismo procedimiento para calcular la [Lac] iAT (% [Lac]pico) y FCiAT (% FCmáx). Se consideró el TT cuando el individuo alcanzó la FC máxima (es decir, 220-edad en años) [54] o se le pidió que se detuviera (agotamiento voluntario). Para calcular el tiempo necesario para alcanzar el umbral anaeróbico (TBiAT [% TT]) así como el tiempo de esfuerzo restante (TAiAT [% TT]), la intensidad (km·h⁻¹) y el tiempo (segundos totales de cada etapa) se trazaron como eje x y eje y, respectivamente. Por lo tanto, la ecuación de primer grado fue reemplazada por valores conocidos, identificando el momento específico en que ocurrió el iAT.

Análisis del área bajo la curva

Las mediciones obtenidas varias veces a partir del protocolo incremental también se utilizaron para investigar si la música

podría influir de manera diferente en las respuestas antes y después de la obtención del iAT. Tras la determinación del iAT, se trazaron las curvas individuales de intensidad ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$) vs las variables estudiadas ([Lac], FC, RPEBorg y ETL). La curva se dividió en dos momentos, antes y después del iAT. Luego se aplicó el método trapezoidal etapa a etapa hasta llegar a la etapa correspondiente al iAT. Luego se sumaron los valores del AUC obtenidos para cada intervalo de etapa y el total fue considerado como el AUC antes del iAT. Lo mismo se aplicó en las etapas posteriores al iAT. La figura 2 indica un ejemplo individual del análisis del AUC de la variable de frecuencia cardíaca.

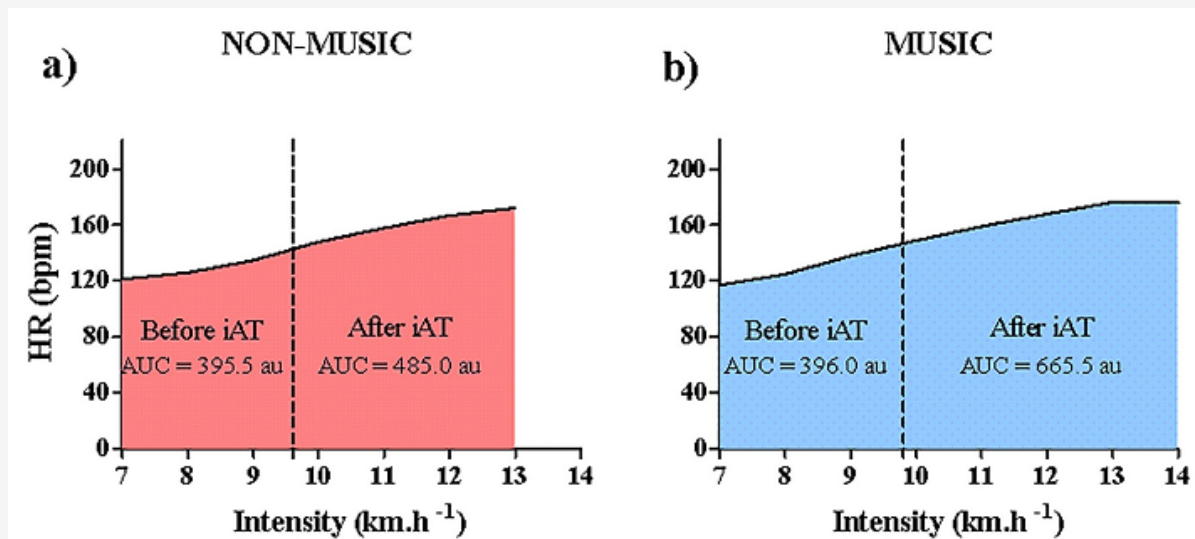


Figura 2. Ejemplo individual del análisis del AUC por respuestas de frecuencia cardíaca (FC).

(a) Presenta las respuestas de frecuencia cardíaca durante la prueba de carrera incremental en la condición sin música; **(b)** presenta las respuestas de frecuencia cardíaca durante la prueba de carrera incremental en la condición musical preferida. La **línea de puntos** indica el umbral de intensidad anaeróbico (iAT) en sus respectivas condiciones (no musical y musical). Los valores representan el área total bajo la curva antes y después del iAT. **au**, indica unidad arbitraria

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237310.g002>

Análisis estadístico

Los datos (archivo S4) se calcularon y analizaron utilizando STATISTICA 7.0. Las cifras fueron elaboradas por el software GraphPad Prism 5. Los datos se presentan como media y desviación estándar de la media. La normalidad y homogeneidad de los datos fueron confirmadas por las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente. Se adoptó un ANOVA bidireccional para determinar los efectos de la música (sin música vs música) y el sexo (masculino vs femenino), así como su interacción (música vs sexo) sobre los parámetros obtenidos de la prueba incremental. Los datos del AUC se analizaron mediante un ANOVA de medidas repetidas considerando los efectos de la música (sin música vs música) y el momento (antes vs después del iAT), así como su interacción (música vs momento). En todos los casos se adoptó el análisis *post hoc* de Newman-Keuls. La relación entre variables se analizó mediante la correlación de Pearson. En todos los casos, el nivel de significancia se estableció en 5%.

Resultados

La música preferida no influyó en la determinación del iAT a través de la prueba incremental, independientemente del sexo (Tabla 1). El ANOVA bidireccional no detectó ningún efecto significativo de la música sobre ninguna de las variables estudiadas. Además, encontramos un efecto del sexo en el iAT y en el TT, lo que demuestra que los hombres exhiben un mayor fitness aeróbico y rendimiento físico (iAT y TT) que las mujeres. Sin embargo, el grupo femenino presentó valores de FCiAT más altos que el grupo masculino en la condición sin música, pero no se observó significación para la condición musical. No se observó efecto de interacción en ninguna de las variables estudiadas. Además, la mayoría de las variables presentaron una relación significativa en el análisis intragrupo en condiciones no musicales y musicales para el grupo masculino (iAT- $r = 0.92$, $p = 0.001$; [Lac]iAT- $r = 0.79$, $p = 0.006$; [Lac]iAT(% [Lac]peak)- $r = 0.80$, $p = 0.005$; TT- $r = 0.93$, $p = 0.001$; RPEBorg iAT- $r = 0.65$, $p = 0.042$; ETLiAT- $r = 0.91$, $p = 0.001$). Igualmente, [Lac]iAT ($r = 0.83$, $p = 0.003$), FCiAT ($r = 0.98$, $p = 0.001$), FCiAT(%FCmáx) ($r = 0.97$, $p = 0.001$), TT ($r = 0.86$, $p = 0.001$), RPEBorg iAT ($r = 0.69$, $p = 0.028$), y ETLiAT ($r = 0.87$, $p = 0.001$) se correlacionaron significativamente para las mujeres. Las respuestas

individuales con respecto al TT se pueden ver en la figura 3.

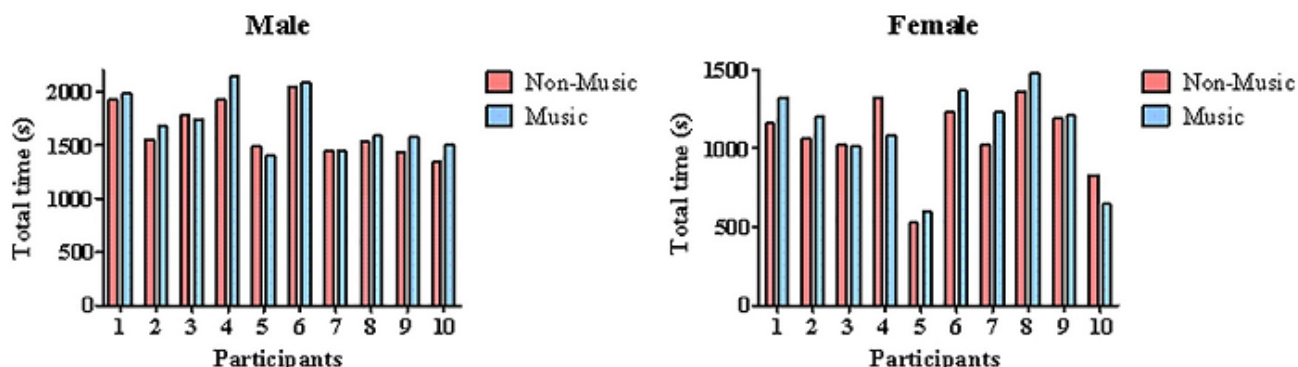


Figura 3. Resultados individuales del tiempo total de esfuerzo (TT) obtenidos a partir del protocolo incremental realizado en condiciones sin música y con música.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237310.g003>

Tabla 1. Parámetros obtenidos a partir del protocolo incremental realizado en condiciones sin música y con música, en ambos sexos.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237310.t001>

	Male		Female		Music Effect		Sex Effect		Interaction	
	Non-music	Music	Non-music	Music	p	F	p	F	p	F
iAT (km.h ⁻¹)	11.5 ± 0.9	11.6 ± 1.1	9.8 ± 0.7 [†]	9.7 ± 0.7 [†]	0.972	0.001	< 0.001	40.344	0.795	0.069
iAT (% i _{peak})	74.4 ± 3.0	73.3 ± 3.2	78.9 ± 5.4	77.1 ± 4.9	0.297	1.119	0.004	9.691	0.800	0.065
[Lac] _{iAT} (mM)	3.6 ± 1.0	3.6 ± 0.7	4.6 ± 2.4	5.1 ± 1.6	0.668	0.188	0.016	6.460	0.630	0.236
[Lac] _{iAT} (% [Lac] _{peak})	48.5 ± 5.0	45.5 ± 6.2	55.3 ± 13.5	53.0 ± 12.8	0.398	0.731	0.032	5.000	0.911	0.013
HR _{iAT} (bpm)	153 ± 10	152 ± 10	164 ± 13 [†]	165 ± 13	0.971	0.001	0.002	11.279	0.829	0.047
HR _{iAT} (%HR _{max})	77.4 ± 4.8	77.1 ± 5.0	82.1 ± 6.2	82.5 ± 6.1	0.974	0.001	0.007	8.338	0.821	0.052
TT (s)	1644 ± 248	1710 ± 269	1073 ± 248 [†]	1115 ± 293 [†]	0.525	0.413	< 0.001	48.395	0.887	0.021
TB _{iAT} (%TT)	60.3 ± 4.4	58.5 ± 5.1	61.1 ± 8.2	59.6 ± 5.6	0.382	0.782	0.618	0.254	0.940	0.006
TA _{iAT} (%TT)	39.7 ± 4.4	41.5 ± 5.1	38.9 ± 8.2	40.4 ± 5.6	0.382	0.782	0.618	0.254	0.940	0.006
RPE _{Borg iAT} (score)	13 ± 1	12 ± 1	13 ± 2	13 ± 1	0.488	0.492	0.041	4.498	0.299	1.113
ETL _{iAT} (score)	12 ± 3	11 ± 3	12 ± 3	12 ± 3	0.374	0.809	0.758	0.097	0.508	0.447

iAT – anaerobic threshold intensity; iAT (% i_{peak})—relativization of anaerobic threshold intensity in relation to the maximum intensity reached in protocol;

[Lac]_{iAT}—blood lactate concentration at iAT; [Lac]_{iAT} (% [Lac]_{peak}) – relativization of the lactacidemia referring to the iAT in relation to the lactate peak value obtained in the protocol; HR_{iAT}—heart rate at iAT; HR_{iAT} (%HR_{max}) – relativization of the heart rate referring to the iAT in relation to the product of the equation 220-age; TT—total time effort; TB_{iAT} (%TT) – relativization of the time to reach the iAT in relation to the total time of effort; TA_{iAT} (%TT) – relativization of the total time after reached the iAT in relation to the total time of effort; RPE_{Borg iAT}—rating of perceived exertion at iAT; ETL_{iAT}—estimation of time limit at iAT.

[†] significant difference between male and female in the preferred music condition.

[†] significant difference between male and female in the non-music condition. Significance was pre-fixed at p ≤ 0.05.

Las figuras 4 y 5 muestran un análisis comparativo del AUC antes y después del alcance del iAT, en condiciones sin música y con música, para ambos sexos. Para el grupo de hombres, la concentración de [Lac] presentó una diferencia significativa sólo para el efecto del momento (Fig. 4a). Por el contrario, la FC no presentó diferencia significativa al comparar los momentos (antes y después del iAT). De igual forma, el RPE_{Borg} y el ETL no presentaron significación entre los efectos (música, momento o interacción). Por otro lado, la [Lac] (Fig. 5a), la FC (Fig. 5b) y el RPE_{Borg} (Fig. 5c) fueron significativamente más altos con la condición musical preferida que sin música después del alcance del iAT para las mujeres. No se observó lo mismo para el ETL (Fig. 5d).

Male

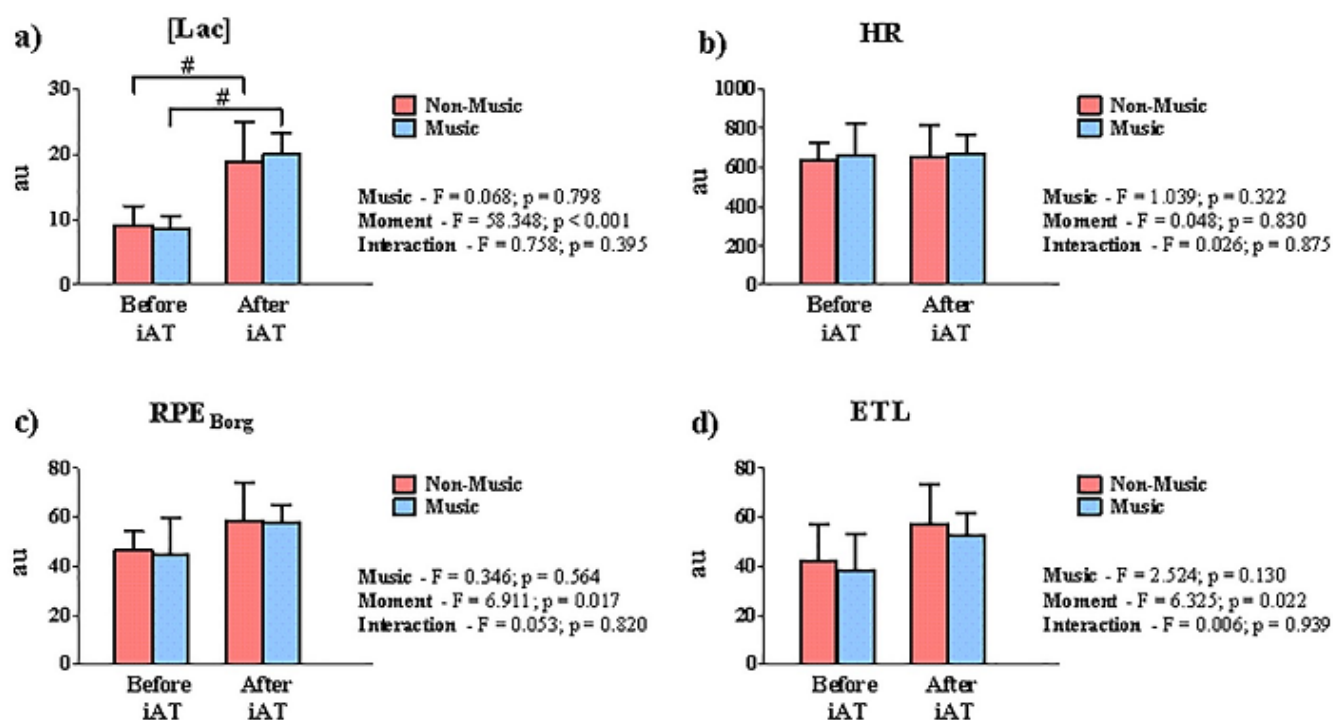


Figura 4. Análisis del AUC de los varones en [Lac], FC, RPEBorg y ETL medidos durante la prueba incremental realizada en condiciones con música y sin música.

El AUC antes y después del iAT en términos de **(a)** Concentración de lactato [Lac], **(b)** Frecuencia cardíaca (FC), **(c)** Tasa de esfuerzo percibido (RPEBorg) y **(d)** Estimación del límite de tiempo (ETL), fueron comparados. # indica diferencias para el efecto del momento.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237310.g004>

Female

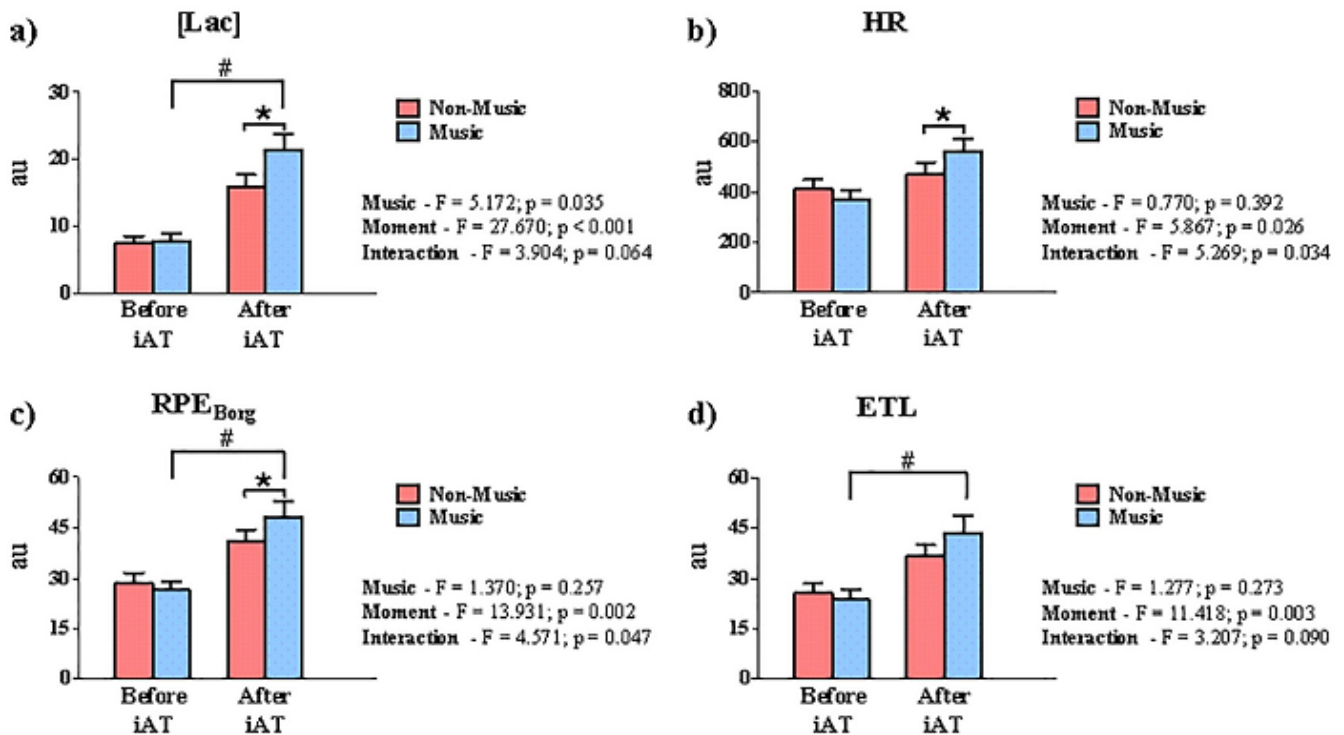


Figura 5. Análisis del AUC de las mujeres en [Lac], FC, RPE_{Borg} y ETL medidos durante la prueba incremental realizada en condiciones con música y sin música.

El AUC antes y después del iAT en términos de (a) Concentración de lactato [Lac], (b) Frecuencia cardíaca (FC), (c) Tasa de esfuerzo percibido (RPE_{Borg}) y (d) Estimación del límite de tiempo (ETL), fueron comparados. # indica diferencias para el efecto del momento. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237310.g005>

Discusión

Nuestros principales resultados demuestran que, en términos generales, la música preferida no afectó significativamente las respuestas fisiológicas y de percepción durante una prueba incremental o la determinación del iAT. Sin embargo, el efecto significativo para el sexo en términos del iAT y del TT muestra que los hombres tuvieron una mayor fitness aeróbico y rendimiento en la prueba incremental en comparación con las mujeres. Aunque no observamos el efecto de la música en la interpretación, independientemente del sexo, el análisis intrasujeto reveló que la mayoría de los varones evaluados (70%) tuvieron una mejora del 2-11% en el TT en presencia de la música preferida. Lo mismo se observó para las mujeres evaluadas (70%), que tuvieron una mejora del 2-20% en el TT cuando se realizó la prueba graduada escuchando la música preferida. Además, el análisis del AUC reveló que la [Lac] y el esfuerzo percibido (es decir, RPE_{Borg} y ETL) se elevan después de la determinación del iAT para ambos sexos (es decir, efecto del momento). Por otro lado, las mujeres parecen ser más susceptibles que los hombres a la música preferida después del iAT en términos de la [Lac], FC y RPE_{Borg}, y esto puede explicar parcialmente las mejoras en el rendimiento individual. Hasta donde sabemos, este estudio es el primero en investigar el efecto de la música preferida en una prueba incremental de carrera aplicada para hombres y mujeres.

Efectos del sexo y la música en la determinación del iAT y resultados de la prueba incremental

Se han destacado la disparidad sexual y de género en el deporte y la ciencia del ejercicio [55]. Pocas evidencias demuestran sistemáticamente que los hombres presentan un rendimiento más alto que las mujeres en las pruebas incrementales [56,57]. Un mayor rendimiento en hombres que en mujeres podría explicarse por diferencias en los componentes de la composición corporal y su distribución. Los hombres y las mujeres pueden diferir en la cantidad y distribución de la grasa corporal [58], así como en la masa corporal magra y el tamaño corporal como la estatura [59-61]. Hoffman y col. [62] mostraron que los hombres tienen un iAT más alto que las mujeres en un cicloergómetro. Además, sólo el 11% de las mujeres mantuvieron la [Lac] en un estado estable en el ejercicio realizado por encima del iAT durante 30 minutos. El estradiol puede afectar la dinámica de la [Lac] en las fases menstruales lútea y folicular [63], y Hoffman y cols. [62] explicaron que estas marcadas oscilaciones en la [Lac] se deben a esta hormona ovárica. Sin embargo, un estudio

reciente llegó a conclusiones opuestas, demostrando que la producción de potencia y las variables fisiológicas claves en el estado estacionario del lactato máximo no se vieron afectadas por el ciclo menstrual [64]. Por otro lado, es importante señalar que además de la [Lac]iAT, la FCiAT y RPEBorg iAT también fueron más altas en mujeres que en hombres independientemente de la adopción de la música. No podemos afirmar que nuestros datos femeninos se vieron afectados por el ciclo menstrual, pero el aumento temprano de la [Lac] puede estar asociado con las hormonas ováricas circulantes, aunque esto queda por dilucidar. En general, aunque no podemos discutir directamente la influencia del estado hormonal en los resultados de las pruebas incrementales, podemos afirmar que, al menos en nuestra muestra, el sistema oxidativo del grupo femenino fue menor que en el grupo masculino, y esto no se ve afectado por música preferida. A pesar de que las comparaciones entre sexos habían avanzado en algunas cuestiones científicas, los efectos de la música en los resultados de las pruebas incrementales son un hallazgo novedoso. Hasta donde sabemos, no se encontró un diseño experimental similar, y nuestro estudio proporciona nuevos conocimientos sobre este contexto. La música puede afectar al sistema nervioso central regulando negativamente las ondas theta en las regiones del cerebro durante el ejercicio [65]. Probablemente a través de estos mecanismos centrales, la música parece reducir el esfuerzo percibido durante el ejercicio [8]. Otros estudios también han demostrado que la música puede influir en variables periféricas [66,67]. En resumen, la música puede tener un efecto ergogénico sobre el ejercicio físico [16,68,69]. Creemos que nuestros datos ofrecen dos conocimientos importantes sobre la asociación entre la música y el ejercicio. Para empezar, la música no afectó el iAT y los parámetros relacionados, independientemente del sexo. Este importante hallazgo demuestra la solidez de la determinación del iAT.

Además, aunque el ANOVA no reveló ningún efecto significativo para la música, el 70% del grupo de mujeres y el 70% del grupo de hombres tuvieron mejoras del 2% al 20% y del 2% al 11% en el TT, respectivamente (Figura 3). En general, nuestros datos sugieren que las mujeres fueron más susceptibles a los efectos de la música que los hombres. En una muestra mixta, Cole y Maeda [36] demostraron que sólo las mujeres tenían un mejor rendimiento al correr mientras escuchaban su música preferida. Estos autores sugirieron que las mujeres presten más atención a la música durante el ejercicio que los hombres, lo que explica los resultados divergentes. Debemos reconocer que otras características de la música (por ej., sincrónica, asincrónica) también son testeadas durante el ejercicio [2-5,69-74] y probablemente pueden influir en las comparaciones entre los sexos. Las características preferidas se eligieron por dos razones principales. Primero, los estudios han demostrado su efecto ergogénico sobre el ejercicio [16,18,75,76] y este modelo coincide con nuestros objetivos. En segundo lugar, los atletas y/o los sujetos simplemente activos utilizan de forma rutinaria la música preferida durante el ejercicio [8,76-80]; por tanto, nuestros resultados tienen aplicaciones prácticas relevantes. Aunque el análisis de la música preferida sobre la determinación y el rendimiento del iAT puede revelar resultados importantes, no permite obtener más información sobre el comportamiento de las variables fisiológicas y el esfuerzo percibido a lo largo de la prueba incremental. Por lo tanto, el análisis del AUC apoya este contexto.

Variables fisiológicas y esfuerzo percibido antes y después del iAT

En la medida en que se incremente la intensidad durante la prueba graduada, se espera que la [Lac] aumente abruptamente cuando la oxidación del piruvato excede su tasa máxima de producción. Por lo tanto, se espera una [Lac] más alta después del alcance del iAT en comparación con su contraparte. Esto es confirmado por nuestro análisis de la [Lac] AUC para ambos grupos (Figs. 4a y 5a). Sin embargo, la música preferida puede afectar, sólo para el grupo femenino, el AUC de la [Lac] durante la prueba incremental, después de la obtención del iAT. Por otro lado, este resultado puede deberse al aumento del TT en más de la mitad de las mujeres. Los estudios que analizan los efectos de la música en la [Lac] son escasos. Eliakim y cols. [66] demostraron que la música motivacional conduce a un mayor aclaramiento del lactato después de que los sujetos realizaran un ejercicio de carrera de 6 minutos a la potencia aeróbica máxima. Este resultado se explicó por el hecho de que la música mantuvo a los sujetos activos después del ejercicio, promoviendo la eliminación del lactato. Este contexto, sin embargo, no se aplica a nuestro estudio, ya que medimos la [Lac] durante la prueba incremental. Aunque los autores han demostrado que la música puede influir en el sistema nervioso central durante el ejercicio [7,65], no podemos observar una relación directa entre la música preferida y la respuesta de los miocitos en términos de producción de lactato. Sin embargo, observamos una posible relación entre la música preferida y la respuesta del lactato en sangre en el grupo de mujeres (Figura 5a), pero se requieren más estudios.

La música es capaz de modificar el perfil cardiovascular durante el ejercicio [81,82]. A diferencia de la cinética de la [Lac], la FC aumenta linealmente a lo largo de la prueba incremental. La similitud del AUC de la FC entre momentos puede explicarse por un ligero desplazamiento a la derecha en la determinación del iAT para tres sujetos. Este resultado redujo el AUC de estos sujetos después del logro del iAT y explica el efecto no significativo para el momento (Fig. 4b). Los mismos resultados no se trasladan a las mujeres. La música y el momento fueron factores que modularon la frecuencia cardíaca a lo largo de la prueba incremental. Dado que las mujeres tienden a centrarse en algunos elementos de la música más que los hombres [36,43], es posible que la música aumente el AUC de la FC de las mujeres principalmente después de la determinación del iAT. Además, esto explica parcialmente por qué el 70% de las mujeres tuvieron un mejor desempeño (es decir, TT) en la prueba incremental con música preferida.

El efecto de la música sobre el esfuerzo percibido durante el ejercicio es uno de los más discutidos [8,16,18,19,67,75,78]. Nakamura y cols. [16] mostraron que la música preferida aumenta la distancia en bicicleta realizada a alta intensidad. Con el apoyo del modelo psicobiológico, Marcora y cols. [83] sugieren que la tolerancia al ejercicio aumenta por la motivación potencial de la música preferida; otros han apoyado esta hipótesis [19,77,78,81]. Por lo tanto, la interacción significativa para el RPEBorg (Fig. 5c) puede explicarse por el hecho de que la música preferida mejoró la tolerancia al ejercicio (TT), lo que llevó a las mujeres a presentar valores más altos del AUC. Estas inferencias, sin embargo, están alineadas sólo con respecto a nuestras mujeres, y la misma explicación en términos de diferencias de TT y FC para ambos sexos encaja en este caso. Por último, el ETL se ha considerado un contexto de ejercicio importante [84-86]. Sin embargo, no sabemos en qué medida la música afecta la complejidad en la estimación de la duración del ejercicio. Por lo tanto, nuestros datos no pueden confirmar que el ETL no sea sensible a los efectos de la música, por lo que se requieren más estudios.

Finalmente, algunos estudios han resaltado la importancia del tempo de la música en la cadencia de carrera [21,23,24,87], pero este efecto no se consideró sobre la canción preferida. Curiosamente, Dyer y McKune [88] investigaron el tempo de la canción favorita individual sobre el rendimiento, las respuestas psicológicas y fisiológicas de ciclistas bien entrenados en el ciclismo contrarreloj. Para una mejor investigación de la música preferida, los autores modificaron el tempo de la música de acuerdo con tres condiciones experimentales (100, 120 y 140 bpm). Los autores observaron un efecto negativo del tempo rápido de la música (es decir, 140 bpm) en la interpretación. Aunque utilizaron una alternativa creativa para investigar el tempo de la música durante la evaluación, las características preferidas de la canción (por ejemplo, estilo, ritmo y armonía) tuvieron que ser cambiadas [89], posiblemente generando una condición diferente a la que apuntamos en nuestro estudio. Por esta razón, nuestro grupo optó por evaluar el "efecto puro" de la música preferida (sin manipular ninguna propiedad de la música) en una prueba de carrera incremental con cadencia de ejercicio controlada.

Limitaciones y perspectivas futuras

En este estudio, investigamos los efectos de la música preferida en ambos sexos. Sin embargo, a pesar de su importancia, el ciclo menstrual no se controló en nuestro diseño experimental. Por otro lado, ninguna mujer esperó más de 72 horas para regresar al laboratorio para realizar la segunda prueba incremental. De esta manera, aunque no podemos afirmar que todas las mujeres realizaran pruebas restringidas en la fase folicular o lútea, es posible que no ocurrieran grandes variaciones de las hormonas ováricas en la circulación sistémica entre las pruebas. Proponemos realizar estudios futuros para investigar si nuestros resultados se pueden trasponer a otras características musicales (por ej., sincrónica y asincrónica) o en otros tipos de ejercicio. Además, otras mediciones fisiológicas durante una prueba incremental, como la absorción de oxígeno y la oxigenación muscular, pueden arrojar luz sobre los efectos de la música durante el ejercicio.

Conclusión

En resumen, la música preferida no afectó la determinación del iAT en una prueba de carrera incremental, ni las respuestas fisiológicas y perceptivas a esta intensidad independientemente del sexo. Sin embargo, más de la mitad de nuestras mujeres habían mejorado su desempeño en la prueba calificada con la música preferida, que puede estar más relacionada con las respuestas después del iAT (dominio severo) en esta condición. Estos resultados no se encontraron en sujetos masculinos. Por lo tanto, los efectos de la música preferida parecen ser más pronunciados para las mujeres en comparación con los hombres.

Información de apoyo

Archivo S1. Parámetros obtenidos del protocolo incremental realizado en la Prueba 1 y la Prueba 2.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237310.s001>

Archivo S2. Tabla con datos descriptivos de la media y desviación estándar, así como el porcentaje en relación a la puntuación máxima (es decir, 42 puntos), de cada puntuación de canción (BMRI-2) en su respectiva posición en la playlist, así como el valor medio de las 10 canciones.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237310.s002>

Archivo S3. Tabla con datos descriptivos de la media y desviación estándar de cada tempo musical (bpm) en su respectiva posición en la playlist, así como el valor medio de las 10 canciones.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237310.s003>

Archivo S4.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237310.s004>

Agradecimiento

Queremos agradecer a los sujetos por la participación en los procedimientos.

REFERENCIAS

1. Efectos de la Música Preferida sobre las Respuestas Fisiológicas, el Esfuerzo Percibido y la Determinación del Umbral Anaeróbico en Una Prueba de Carrera Incremental en Ambos Sexos (2020). Para ver las referencias bibliográficas remitirse al artículo original.: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237310>
1. Ayres L. P. (1911). The influence of music on speed in the six day bicycle race. *American Physical education Review*. 1911;16:321-324.
2. Bacon C, Myers T, Karageorghis C. (2012). Effect of music-movement synchrony on exercise oxygen consumption. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2012;52(4). : 359. *pmid*:22828457
3. Crust L, Clough PJ. (2006). The influence of rhythm and personality in the endurance response to motivational asynchronous music. *Journal of Sports Sciences*. 2006;24(2). : 187-195. *pmid*:16368629
4. Karageorghis CI, Mouzourides DA, Priest D-L, Sasso TA, Morrish DJ, Walley CL. (2009). Psychophysical and ergogenic effects of synchronous music during treadmill walking. *Journal of Sport and Exercise Psychology*. 2009;31(1). : 18-36. *pmid*:19325186
5. Karageorghis CI, Priest D, Williams L, Hirani R, Lannon K, Bates B. (2010). Ergogenic and psychological effects of synchronous music during circuit-type exercise. *Psychology of Sport and Exercise*. 2010;11(6). : 551-559.
6. Karageorghis CI, Hutchinson JC, Jones L, Farmer HL, Ayhan MS, Wilson RC, et al. (2013). Psychological, psychophysical, and ergogenic effects of music in swimming. *Psychology of Sport and Exercise*. 2013;14(4). : 560-568.
7. Schneider S, Askew CD, Abel T, Strüder HK. (2010). Exercise, music, and the brain: is there a central pattern generator? *Journal of Sports Sciences*. 2010;28(12). : 1337-1343 *pmid*:20845211
8. Terry P. C., Karageorghis C. I., Curran M. L., Martin O. V., & Parsons-Smith R. L. (2020). Effects of music in exercise and sport: A meta-analytic review. *Psychological Bulletin*. 2020;146(2). : 91. *pmid*:31804098
9. Moss S. L., Enright K., & Cushman S. (2018). The influence of music genre on explosive power, repetitions to failure and mood responses during resistance exercise. *Psychology of Sport and Exercise*. 2018; 37:128-138.
10. Szabo A., Small A., & Leigh M. (1999). The effects of slow- and fast-rhythm classical music on progressive cycling to voluntary physical volitional exhaustion. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 1999; 39:220-225. *pmid*:10573664
11. Karageorghis C., Jones L., & Stuart D. P. (2008). Psychological effects of music tempi during exercise. *International journal of sports medicine*. 2008;29(07). :613-619.
12. Karageorghis C. I., Jones L., Priest D. L., Akers R. I., Clarke A., Perry J. M., et al. (2011). Revisiting the relationship between exercise heart rate and music tempo preference. *Research quarterly for exercise and sport*. 2011;82(2). :274-284. *pmid*:21699107
13. Koelsch S. (2010). Towards a neural basis of music-evoked emotions. *Trends in cognitive sciences*. 2010;14(3). : 131-137. *pmid*:20153242
14. Laukka P., & Quick L. (2013). Emotional and motivational uses of music in sports and exercise: A questionnaire study among athletes. *Psychology of Music*. 2013;41(2). :198-215.
15. Saarikallio S. H., Maksimainen J. P., & Randall W. M. (2019). Relaxed and connected: Insights into the emotional-motivational constituents of musical pleasure. *Psychology of Music*. 2019;47(5). : 644-662.
16. Nakamura PM, Pereira G, Papini CB, Nakamura FY, Kokubun E. (2010). Effects of preferred and nonpreferred music on continuous cycling exercise performance. *Perceptual and Motor Skills*. 2010;110(1). : 257-264. *pmid*:20391890
17. Yamashita S., Iwai K., Akimoto T., Sugawara J., & Kono I. (2006). Effects of music during exercise on RPE, heart rate and the autonomic nervous system. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2006;46(3). :425. *pmid*:16998447
18. Ballmann C. G., McCullum M. J., Rogers R. R., Marshall M. M., & Williams T. D. (2018). Effects of Preferred vs. Nonpreferred Music on Resistance Exercise Performance. *Journal of strength and conditioning research*. 2018.
19. Ballmann C. G., Maynard D. J., Lafoon Z. N., Marshall M. R., Williams T. D., & Rogers R. R. (2019). Effects of Listening to Preferred versus Non-Preferred Music on Repeated Wingate Anaerobic Test Performance. *Sports*. 2019;7(8). :185.
20. Hutchinson J. C., Jones L., Vitti S. N., Moore A., Dalton P. C., & O'Neil B. J. (2018). The influence of self-selected music on affect-regulated exercise intensity and remembered pleasure during treadmill running. *Sport, Exercise, and Performance Psychology*. 2018;7(1). :80.
21. Lim H. B., Karageorghis C. I., Romer L. M., & Bishop D. T. (2014). Psychophysiological effects of synchronous versus asynchronous music during cycling.
22. Kreutz G., Schorer J., Sojke D., Neugebauer J., & Bullack A. (2018). In dubio pro silentio-Even loud music does not facilitate strenuous ergometer exercise. *Frontiers in psychology*, 9, 590. *pmid*:29867622
23. Waterhouse J., Hudson P., & Edwards B. (2010). Effects of music tempo upon submaximal cycling performance. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 20(4). , 662-669.
24. Van Dyck E., Moens B., Buhmann J., Demey M., Coorevits E., Dalla Bella S., et al. (2015). Spontaneous entrainment of running cadence to music tempo. *Sports medicine-open*, 1(1). , 15. *pmid*:26258007
25. Faude O, Kindermann W, Meyer T. (2009). Lactate threshold concepts. *Sports Medicine*. 2009; 39(6). : 469-490. *pmid*:19453206
26. Svedahl K., & MacIntosh B. R. (2003). Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. *Canadian journal of applied physiology*. 2003;28(2). :299-323. *pmid*:12825337
27. Bentley DJ, Newell J, Bishop D. (2007). Incremental exercise test design and analysis. *Sports Medicine*. 2007;37(7). :575-586. *pmid*:17595153
28. Hinkley DV. (1969). Inference about the intersection in two-phase regression. *Biometrika*. 1969;56(3). : 495-504.
29. Manchado-Gobatto F, Vieira NA, Messias LD, Ferrari H, Borin J, de Carvalho Andrade V, et al. (2014). Anaerobic threshold and critical velocity parameters determined by specific tests of canoe slalom: effects of monitored training. *Science & Sports*.

2014;29(4). : e55-e8.

30. Messias LHD, Polisel EEC, Machado-Gobatto FB. (2018). Advances of the reverse lactate threshold test: non-invasive proposal based on heart rate and effect of previous cycling experience. *PloS One*. 2018;13(3). : e0194313. *pmid*:29534108
31. Billat V. L., Sirvent P., Py G., Koralsztein J. P., & Mercier J. (2003). The concept of maximal lactate steady state. *Sports medicine*. 2003;33(6). :407-426. *pmid*:12744715
32. Molinari C. A., Palacin F., Poinard L., & Billat V. L. (2020). Determination of Submaximal and Maximal Training Zones From a 3-Stage, Variable-Duration, Perceptually Regulated Track Test. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2020;1(aop). :1-9.
33. Glaister M. (2005). Multiple sprint work. *Sports medicine*. 2005;35(9). :757-777. *pmid*:16138786
34. Tai M. M. (1994). A mathematical model for the determination of total area under glucose tolerance and other metabolic curves. *Diabetes care*. 1994;17(2). :152-154. *pmid*:8137688
35. Tey S. L., Salleh N. B., Henry C. J., & Forde C. G. (2017). Effects of non-nutritive (artificial vs natural). *sweeteners on 24-h glucose profiles*. *European journal of clinical nutrition*. 2017;71(9). :1129-1132. *pmid*:28378852
36. Cole Z., & Maeda H. (2015). Effects of listening to preferential music on sex differences in endurance running performance. *Perceptual and motor skills*. 2015;121(2). :390-398. *pmid*:26447745
37. Hutchinson J. C., & Sherman T. (2014). The relationship between exercise intensity and preferred music intensity. *Sport, exercise, and performance psychology*. 2014;3(3). : 191.
38. Hutchinson J. C., Karageorghis C. I., & Jones L. (2015). See hear: Psychological effects of music and music-video during treadmill running. *Annals of Behavioral Medicine*. 2015;49(2). :199-211. *pmid*:25142042
39. Macone D, Baldari C, Zelli A, Guidetti L. (2006). Music and physical activity in psychological well-being. *Perceptual and Motor Skills*. 2006;103(1). : 285-295. *pmid*:17037673
40. Madison G., Paulin J., & Aasa U. (2013). Physical and psychological effects from supervised aerobic music exercise. *American journal of health behavior*. 2013;37(6). :780-793. *pmid*:24001627
41. Corso J. (1963). Sex and age difference in pure tone thresholds. *Arch Otolaryngol*. 1963;77: 53-73.
42. Kageyama T. (1999). Loudness in listening to music with portable headphone stereos. *Perceptual and motor skills*. 1999;88(2). :423-423. *pmid*:10483631
43. Karageorghis C I, Terry PC, Lane AM. (1999). Development and validation of an instrument to assess the motivational qualities of music in exercise and sport: The Brunel music rating inventory. *J Sports Sci*. 1999;17:713-724 *pmid*:10521002
44. Kellaris JJ, Rice RC. (1993). The influence of tempo, loudness, and gender of listener on responses to music. *Psychology & Marketing*. 1993;10(1). : 15-29.
45. McCown W., Keiser R., Mulhearn S., & Williamson D. (1997). The role of personality and gender in preference for exaggerated bass in music. *Personality and individual differences*. 1997;23(4). :543-547.
46. Karageorghis CI, Priest D-L, Terry PC, Chatzisarantis NL, Lane AM. (2006). Redesign and initial validation of an instrument to assess the motivational qualities of music in exercise: The Brunel Music Rating Inventory-2. *Journal of sports sciences*. 2006;24(8). : 899-909. *pmid*:16815785
47. Thomas S, Reading J, Shephard RJ. (1992). Revision of the physical activity readiness questionnaire (PAR-Q). *Canadian Journal of Sport Sciences*. 1992;17(4). : 338-345. *pmid*:1330274
48. Lohman TG. (1981). Skinfolts and body density and their relation to body fatness: a review. *Human Biology*. 1981;53(2). : 181. *pmid*:7239496
49. Jackson AS, Pollock ML. (1985). Practical assessment of body composition. *The Physician and Sportsmedicine*. 1985;13(5). :76-90. *pmid*:27463295
50. Craig CL, Marshall AL, Sjöström M, Bauman AE, Booth ML, Ainsworth BE, et al. (2003). International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2003;35(8). : 1381-1395.
51. Harris DV, Harris BL. (1984). The athlete's guide to sports psychology: mental skills for physical people: Human Kinetics; 1984.
52. Borg GA. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine & science in sports & exercise*. 1982.
53. Garcin M, Vandewalle H, Monod H. (1999). A new rating scale of perceived exertion based on subjective estimation of exhaustion time: a preliminary study. *International Journal of Sports Medicine*. 1999;20(01). :40-43.
54. Karvonen MJ, Kentala E, Mustalo O. (1957). The effects of training on heat rate; a longitudinal study. *Ann Med Exp Biol Fenn*. 1957; 35:307-315 *pmid*:13470504
55. Costello J. T., Bieuzen F., & Bleakley C. M. (2014). Where are all the female participants in Sports and Exercise Medicine research?. *European Journal of Sport Science*. 2014;14(8). : 847-851. *pmid*:24766579
56. Neder J. A., Nery L. E., Peres C., & Whipp B. J. (2001). Reference values for dynamic responses to incremental cycle ergometry in males and females aged 20 to 80. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2001;164(8). :1481-1486.
57. Reinhard U., Müller P. H., & Schmülling R. M. (1979). Determination of anaerobic threshold by the ventilation equivalent in normal individuals. *Respiration*. (1979). :38(1). :36-42. *pmid*:493728
58. Geer E. B., & Shen W. (2009). Gender differences in insulin resistance, body composition, and energy balance. *Gender medicine*, 6, 60-75. *pmid*:19318219
59. Dionne I., Despres J. P., Bouchard C., & Tremblay A. (1999). Gender difference in the effect of body composition on energy metabolism. *International journal of obesity*, 23(3). , 312-319. *pmid*:10193878
60. Makovey J., Naganathan V., & Sambrook P. (2005). Gender differences in relationships between body composition components, their distribution and bone mineral density: a cross-sectional opposite sex twin study. *Osteoporosis International*, 16(12). , 1495-1505. *pmid*:15838718
61. Kirchengast S. (2010). Gender differences in body composition from childhood to old age: an evolutionary point of view. *Journal of Life Sciences*, 2(1). , 1-10.
62. Hoffmann S. M., Skinner T. L., Osborne M. A., Emmerton L. M., & Jenkins D. G. (2018). The Efficacy of the Lactate Threshold: A Sex-Based Comparison. *Journal of strength and conditioning research*. 2018.

63. Jurkowski J. E., Jones N. L., Toews C. J., & Sutton J. R. (1981). Effects of menstrual cycle on blood lactate, O₂ delivery, and performance during exercise. *Journal of Applied Physiology*. 1981;51(6). :1493-1499. *pmid:6798000*
64. Mattu A. T., Iannetta D., MacInnis M. J., Doyle-Baker P. K., & Murias J. M. (2020). Menstrual and oral contraceptive cycle phases do not affect submaximal and maximal exercise responses. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2020;30(3). :472-484.
65. Bigliassi M., Karageorghis C. I., Nowicky A. V., Orgs G., & Wright M. J. (2016). Cerebral mechanisms underlying the effects of music during a fatiguing isometric ankle-dorsiflexion task. *Psychophysiology*. 2016;53(10). :1472-1483. *pmid:27346459*
66. Eliakim M, Bodner E, Eliakim A, Nemet D, Meckel Y. (2012). Effect of motivational music on lactate levels during recovery from intense exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2012;26(1). : 80-86.
67. Szmedra L., & Bacharach D. W. (1998). Effect of music on perceived exertion, plasma lactate, norepinephrine and cardiovascular hemodynamics during treadmill running. *International journal of sports medicine*. 1998;19(01). : 32-37.
68. Lima-Silva A. E., Silva-Cavalcante M. D., Pires F. D. O., Bertuzzi R., Oliveira R. S. F., & Bishop D. (2012). Listening to music in the first, but not the last 1. 5 km of a 5-km running trial alters pacing strategy and improves performance. *International journal of sports medicine*. 2012;33(10). :813-818. *pmid:22592542*
69. Simpson S. D., & Karageorghis C. I. T (2006). he effects of synchronous music on 400-m sprint performance. *Journal of sports sciences*. 2006;24(10). :1095-1102. *pmid:17115524*
70. Crust L. (2004). Effects of familiar and unfamiliar asynchronous music on treadmill walking endurance. *Perceptual and motor skills*. 2004;99(1). :361-368. *pmid:15446664*
71. Crust L. (2008). Perceived importance of components of asynchronous music during circuit training. *Journal of Sports Sciences*. 2008;26(14). :1547-1555. *pmid:18949662*
72. Hutchinson J. C., Sherman T., Davis L., Cawthon D., Reeder N. B., & Tenenbaum G. T (2011). he influence of asynchronous motivational music on a supramaximal exercise bout. *International Journal of Sport Psychology*. 2011;42(2). :135-148.
73. Hutchinson J. C., & Karageorghis C. I. (2013). Moderating influence of dominant attentional style and exercise intensity on responses to asynchronous music. *Journal of Sport and Exercise Psychology*. 2013;35(6). :625-643. *pmid:24334323*
74. Terry P. C., Karageorghis C. I., Saha A. M., & D'Auria S. (2012). Effects of synchronous music on treadmill running among elite triathletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2012;15(1). :52-57. *pmid:21803652*
75. Ghaderi M., Rahimi R., & Azarbayjani M. A. (2009). The effect of motivational and relaxation music on aerobic performance, rating perceived exertion and salivary cortisol in athlete males. *South African Journal for Research in Sport Physical Education and Recreation*. 2009; 31:29-38.
76. Stork M. J., Kwan M. Y., Gibala M. J., & Martin K. G. (2015). Music enhances performance and perceived enjoyment of sprint interval exercise. *Medicine and science in sports and exercise*. 2015;47(5). :1052-1060. *pmid:25202850*
77. Clark I. N., Baker F. A., & Taylor N. F. (2016). The modulating effects of music listening on health-related exercise and physical activity in adults: a systematic review and narrative synthesis. *Nordic Journal of Music Therapy*. 2016;25(1). :76-104.
78. Clark J. C., Baghurst T., & Redus B. S. (2018). Self-Selected Motivational Music on the Performance and Perceived Exertion of Runners. *Journal of strength and conditioning research*. 2018.
79. Loizou G., & Karageorghis C. I. (2015). Effects of psychological priming, video, and music on anaerobic exercise performance. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2015;25(6). :909-920.
80. Smirmaul B. P. (2017). Effect of pre-task music on sports or exercise performance. *The Journal of sports medicine and physical fitness*. 2017;57(7-8). :976-984. *pmid:27244132*
81. Karageorghis C. I., & Priest D. L. (2012). Music in the exercise domain: a review and synthesis (Part I). *International review of sport and exercise psychology*. 2012;5(1). :44-66. *pmid:22577472*
82. Karageorghis C. I., & Priest D. L. (2012). Music in the exercise domain: a review and synthesis (Part II). *International review of sport and exercise psychology*. 2012;5(1). :67-84. *pmid:22577473*
83. Marcora SM, Staiano W, Manning V. (2009). Mental fatigue impairs physical performance in humans. *Journal of Applied Physiology*. 2009;106(3). : 857-864. *pmid:19131473*
84. Coquart J. B., Dufour Y., Gros Lambert A., Matran R., & Garcin M. (2012). Relationships between psychological factors, RPE and time limit estimated by teleoanticipation. *The Sport Psychologist*. 2012;26(3). :359-374.
85. Garcin M., Fleury A., Mille-Hamard L., & Billat V. (2005). Sex-related differences in ratings of perceived exertion and estimated time limit. *International journal of sports medicine*. 2005;26(08). :675-681.
86. Garcin M., Coquart J., Salleron J., Voy N., & Matran R. (2012). Self-regulation of exercise intensity by estimated time limit scale. *European journal of applied physiology*. 2012;112(6). :2303-2312. *pmid:22009018*
87. Van Dyck E. (2019). Musical Intensity Applied in the Sports and Exercise Domain: An Effective Strategy to Boost Performance?. *Frontiers in psychology*, 10, 1145. *pmid:31156525*
88. Dyer B. J., & McKune A. J. (2013). Effects of music tempo on performance, psychological, and physiological variables during 20 km cycling in well-trained cyclists. *Perceptual and Motor Skills*, 117(2). , 484-497. *pmid:24611252*
89. Nakamura P. M. (2015). Music tempo's effect on exercise performance: comment on dyer and mckune. *Perceptual and motor skills*, 120(3). , 860-863. *pmid:26057422*

Cita Original

Rasteiro FM, Messias LHD, Scariot PPM, Cruz JP, Cetein RL, Gobatto CA, et al. (2020) Effects of preferred music on physiological responses, perceived exertion, and anaerobic threshold determination in an incremental running test on both sexes. *PLoS ONE* 15(8): e0237310. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237310>