



Artículo de revisión

## Música perioperatoria: estado del arte y aplicabilidad en la práctica anestésica

### Perioperative music therapy: state of the art and applicability in anesthesia

Jorge Iván Pulgarín Díaz MD<sup>a</sup>  
Daniel Bustamante González MD<sup>b</sup>  
Javier Salas Jordán MD<sup>c</sup>  
Pedro José Baquero Marín MD<sup>d</sup>

<sup>a</sup>Anestesiología y Reanimación. Servicio de Anestesiología. Hospital Universitario San Jorge. Pereira. Colombia.

<sup>b</sup>Anestesiología y Reanimación. Servicio de Anestesiología. Hospital Universitario del Caribe. Cartagena. Colombia.

<sup>c</sup>Facultad de Medicina. Universidad de Cartagena. Colombia.

<sup>d</sup>Facultad de Medicina. Semillero de Investigación Médica en Anestesiología y Dolor (SIMAD). Grupo de Investigación en Salud y Comunidad (GISCO). Fundación Universitaria Autónoma de las Américas, Pereira, Colombia.

#### RESUMEN

**Introducción:** La audición es un proceso complejo en el cual el sonido se convierte en energía eléctrica que se procesa e interpreta a nivel de la corteza auditiva. La musicoterapia es una ciencia de bajo costo aplicable a la anestesiología con beneficios económicos. Como coadyuvante a la terapia farmacológica permite usar menores dosis de algunos medicamentos. **Objetivo:** revisión no sistemática en bases de datos reconocidas. **Metodología:** búsqueda exhaustiva sobre revisiones sistemáticas, consensos, metaanálisis, utilizando los descriptores electrónicos en las bases de datos electrónicas: PubMed, Science Direct, OvidSP, EBSCO y SciELO. Arrojó 393 artículos, 80 relacionados con música, musicoterapia, medicina y adulto, 77 con electroencefalografía, estimulación acústica y sincronización cortical, 32 con anestesia balanceada y éteres metílicos, y 68 relacionados con música y anestesiología. Se seleccionaron solo los artículos completos para un total de 100. Se complementó con 2 textos universitarios de física. **Conclusión:** la música en anestesiología representa una herramienta valiosa como alternativa de tratamiento para disminuir la morbimortalidad y los costos asociados. Se necesitan estudios complementarios para determinar los alcances de ésta asociación.

**Palabras clave:** anestesia balanceada, estimulación acústica, musicoterapia, sincronización cortical.

© 2018 Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud - FUCS.

Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

#### INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

**Historia del artículo:**

Fecha recibido: septiembre 18 de 2018

Fecha aceptado: diciembre 28 de 2018

**Autor para correspondencia.**

Dr. Jorge Iván Pulgarín  
jorgepul1983@gmail.com

**DOI**

10.31260/RepertMedCir.v28.n1.2019.873

## ABSTRACT

Audition is a complex process in which sound transduces into electrical energy which is processed and interpreted at the auditory cortex. Music therapy is an inexpensive technique applicable to anesthesia. As an adjuvant to pharmacological interventions it allows reducing the requirements of certain medicines. *Objective:* a non-systematic review in recognized databases. *Methodology:* A thorough search of systematic reviews, consensus and meta-analyses on electronic databases PubMed, Science Direct, OvidSP, EBSCO and SciELO using electronic descriptors. 393 articles were retrieved from the searches which included 80 related with music, music therapy, medicine and adults; 77 regarding electroencephalography, acoustic stimulation and cortical synchronization; 32 on balanced anesthesia and methyl ethers; and, 68 related with music and anesthesia. Only 100 articles were eligible for inclusion as only full text reports were considered. Two university physics textbooks were used as supplemental reading resources. *Conclusions:* music is a valuable adjuvant of anesthesia which can provide reduced morbidity and mortality and related costs. Further studies are needed to determine the scope of this association.

*Key Words:* balanced anesthesia, acoustic stimulation, music therapy, cortical synchronization.

© 2018 Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud - FUCS.

This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## INTRODUCCIÓN

La implementación de música y musicoterapia como estrategia dentro de la medicina perioperatoria fue descrita por primera vez en 1914 por Evan Kane. Sin embargo no han sido muy utilizadas en la práctica anestésica cotidiana, pues no hacen parte de los temas curriculares en la mayoría de escuelas de medicina.<sup>1</sup>

La musicoterapia es una ciencia que se presenta como una intervención costo efectiva, no invasiva y segura aplicada al cuidado de la salud, cuyo auge ha crecido de manera paulatina en los últimos años hasta lograr incorporarse en distintas ramas de la medicina, incluso en la anestesiología, demostrando beneficios económicos y como coadyuvante a la terapia farmacológica, ya que permite la utilización de menores dosis de algunos fármacos, disminuyendo así los efectos deletéreos de los mismos.<sup>2-4</sup>

Teniendo en cuenta lo anterior, es necesario tener nociones básicas del complejo proceso de la audición, para así entender los fenómenos a través de los cuales el sonido se convierte en energía eléctrica para luego actuar a nivel cortical.<sup>1,5</sup>

Los objetivos de esta revisión por lo tanto serán explicar dichos fenómenos y analizar la efectividad de la música como terapia no farmacológica en el periodo perioperatorio, evaluando los principales desenlaces en el contexto de la práctica anestésica actual.

## METODOLOGÍA

*Tipo de estudio:* revisión no sistemática donde se incluyeron las publicaciones obtenidas sin distinciones de modalidad, tipo de estudio o investigación. *Tipos de participantes:* artículos científicos y publicaciones que presentaran o analizaran resultados sobre las aplicaciones de la música en el campo de

la anestesiología. Estrategia de búsqueda: se realizó en bases de datos como: PUBMED, SCIENCE DIRECT, OvidSP, EBSCO, SciELO. *Términos clave:* utilizando las palabras presentes en el DeCS: estimulación acústica, sincronización cortical, medicina, música, musicoterapia, anestesiología, anestesia balanceada, electroencefalografía, éteres metílicos, adulto. *Métodos de revisión:* se identificaron títulos, se revisaron los resúmenes en forma separada e independiente. Después se buscaron las publicaciones en texto completo las cuales fueron seleccionadas y revisadas. Se complementó la información con dos textos universitarios.

## RESULTADOS

La búsqueda arrojó 393 artículos, de los cuales 80 relacionados con música, musicoterapia, medicina y adulto, 77 con electroencefalografía, estimulación acústica y sincronización cortical, 32 con anestesia balanceada y éteres metílicos, y 68 relacionados con música y anestesiología. Se seleccionaron los que tuvieron artículo completo disponible, para un total de 100.

## PROCESO DE LA AUDICIÓN

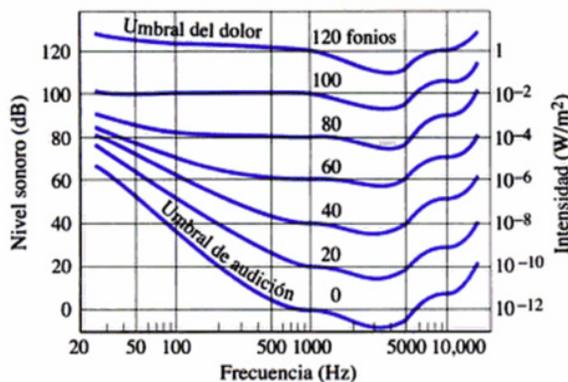
El oído humano consta de tres partes principales: oído externo, medio e interno. Las ondas sonoras ingresan por el conducto auditivo externo chocando contra el tímpano. Éste al vibrar conduce de forma mecánica las vibraciones hacia los tres huesecillos del oído medio (martillo, yunque y estribo); los mismos a su vez las transmiten al oído interno hacia la membrana oval produciendo cambios de presión, que amplifican el sonido transformándolo en señales eléctricas que viajan al cerebro a través del octavo par craneal. Ingresan al tallo cerebral para

**MUSICOTERAPIA Y SUS APLICACIONES EN ANESTESIOLOGÍA**

pasar después al tálamo (cuerpo geniculado medial) y por último llegar a la corteza auditiva.<sup>6,7</sup> Dentro de ésta existen proyecciones auditivas funcionales direccionadas a partir del tálamo auditivo hacia la amígdala y la corteza órbito frontal.<sup>8,9</sup>

Su estructura se encuentra organizada tonotópicamente, es decir que distintas zonas de esta corteza auditiva pueden activarse en respuesta a diferentes tonos, dentro de las cuales también participan la corteza auditiva secundaria y los campos auditivos anterior y posterior. El análisis perceptual final de toda la corteza auditiva permite extraer información específica de las características acústicas del sonido como tono, timbre, intensidad y aspereza. Es importante enfatizar que el procesamiento emocional de los estímulos auditivos no está confinado a las áreas subcorticales sino que también está mediado por la corteza.<sup>10</sup>

El oído no es igual de sensible a todas las frecuencias y requiere distintas intensidades para las diferentes frecuencias. Las curvas de audiometría se diseñaron después de promediar los resultados de grandes poblaciones. En las gráficas el nivel de intensidad se expresa en una unidad llamada fonios, numéricamente igual en la escala de decibeles a 1000 Hz. Así siguiendo las curvas de los fonios se puede predecir a qué nivel de intensidad en decibeles se percibe un sonido con frecuencias diferentes a 1000 Hz (figura 1).<sup>6,9</sup>



**Figura 1.** Nivel sonoro, frecuencia e intensidad. Fuente: Giancoli y col.<sup>6</sup>

El oído es más sensible a sonidos con frecuencias entre los 2000 y 4000 Hz, comunes en el habla y en la música. Las frecuencias muy altas o bajas son más difíciles de percibir con respecto a estas medias.<sup>6,7</sup> Una exposición de 10 minutos a un sonido de 120 dB suele desplazar el umbral del oído a 1000 Hz, de 0 dB a 28 dB, durante un tiempo. Diez años de exposición al sonido de 92 dB causan un desplazamiento permanente a 28 dB.<sup>6,7</sup> Algunos equipos de reproducción de audio tienen un control de intensidad cuya función es compensar esta insensibilidad de estas frecuencias a volúmenes bajos (dB bajos). Cuando estos disminuyen, el control compensa las frecuencias altas y bajas respecto a las medias, así el sonido tendrá un balance de frecuencia de “sonido normal”.<sup>7</sup>

**Generalidades**

La música se ha usado desde tiempos antiguos para producir sensación de bienestar y reducir el dolor y el sufrimiento. La noción de la “música como medicina” tiene sus raíces en las sociedades tribales primitivas.<sup>11,12</sup> También ha sido utilizada por las Fuerzas Armadas para coordinar movimientos, en los trabajadores para mejorar la vigilancia y la atención, y en atletas para mejorar la resistencia y la motivación.<sup>13-15</sup>

Ya desde la década de los ochenta se le daba a la música uso terapéutico en algunos casos concretos en medicina, como una intervención de bajo costo y con beneficios potenciales para la salud. Sin embargo la música y su aplicación durante la anestesia general han sido materia de controversia a lo largo de los años tal como lo describen Szmuk y col.<sup>11,16-18</sup>

**Neurobiopsicología de la musicoterapia**

El poder emocional de la música y por qué genera sensaciones placenteras, se debe a que puede modular la actividad a nivel de las estructuras mesolímbicas implicadas en el proceso de estímulo-recompensa, incluido el núcleo accumbens y el área tegmentaria ventral (ATV), por medio de la liberación de dopamina con la consecuente activación de estas áreas.<sup>19</sup>

Se le atribuye a la dopamina la fase de búsqueda de recompensa o fase apetitiva, pero las propiedades hedónicas y el placer subjetivo después de haber obtenido una recompensa están mediados por los opioides endógenos.<sup>20-22</sup> La dopamina también se ha relacionado con la capacidad de disfrutar la música; además desempeña un papel crítico en la predicción y el aprendizaje relacionados con futuras condiciones de recompensa.<sup>9,23,24</sup>

Estudios con tomografía de emisión de positrones mostraron cambios en el flujo cerebral medidos en respuesta a determinado tipo de música, que producían emociones altamente placenteras responsables del “estremecimiento o sensación de escalofríos hacia la parte baja de la espalda”.<sup>25</sup> Durante sus investigaciones usando resonancia magnética funcional, Blood y col. determinaron que existen diferencias entre la música placentera (consonante o armónica) y no placentera (disonante o disarmónica), encontrando que esta última activaba la amígdala, el hipocampo, el giro parahipocámpal y los polos temporales implicados en estímulos emocionales negativos (zonas temporales). La música placentera en cambio activaba el giro frontal inferior (área de Brodmann inferior), la ínsula anterosuperior, estriado ventral, el giro de Heschl y el opérculo rolándico (zonas frontales).<sup>9,25</sup> En todas estas zonas excepto en el hipocampo, las activaciones se incrementaban durante el tiempo de exposición al estímulo musical, indicando que los efectos del procesamiento emocional sufrían dinámicas temporales, las cuales hasta antes de estos resultados habían sido negadas por la literatura.<sup>26</sup>

Por medio de la manipulación de dos importantes características musicales (modo y tiempo) y a través de resonancia magnética, también se intentó determinar las regiones cerebrales implicadas en la percepción de emociones

generadas por la música, encontrando que los estímulos auditivos se diferenciaban de otro tipo de estímulos ya que no había relación entre la percepción subjetiva y la emotividad (felicidad- tristeza) intrínseca de la música, ya que la tristeza puede representar placer a través de la música, mientras que con otro tipo de arte se percibirá en forma negativa. Aún se necesitan más estudios con respecto a lo complejo que resulta el procesamiento emocional de los estímulos auditivos y sobre sus sustratos anatómicos.<sup>8,27</sup>

A diferencia de lo que se creía antes con respecto a que el hemisferio derecho era el encargado de procesar toda la información auditiva, se ha esclarecido que diferentes propiedades musicales lo son en distintas áreas del mismo e incluso en ocasiones se interrelacionan entre sí a través de redes neuronales que conectan a ambos hemisferios, hallazgos que dieron origen a una “teoría modular”.<sup>28</sup>

Con respecto a las emociones evocadas por la música, se ha implementado el electroencefalograma como herramienta para evaluar los efectos de la misma a nivel encefálico, evidenciando respuesta a través de una clara asimetría frontal izquierda asociada con el aumento de emociones positivas o disminución de las negativas, similar a lo que sucede con otros estímulos emocionales.<sup>29</sup>

Se ha estudiado la epilepsia músico-génica, un tipo muy raro de epilepsia relacionada con los estímulos musicales, lo cual ha servido para esclarecer cómo un estímulo musical puede tener actividad gatillo para desencadenar una crisis epiléptica en estos pacientes y cómo para que este fenómeno suceda se necesita activar no solo regiones temporales sino frontales y límbicas; además, se han asociado respuestas autonómicas producidas por un estímulo musical inmediatamente antes de este tipo de convulsiones.<sup>30-32</sup> Otra forma de crisis epiléptica es la alucinación musical, probablemente debida a actividad eléctrica anormal de las estructuras del lóbulo temporal mesolímbico reportado por Wieser y col. pero hasta el momento la fisiopatología no se ha podido esclarecer.<sup>32,33</sup> La música de Mozart ha demostrado gran contundencia en el manejo de la epilepsia; sin embargo, la música de otros autores como Haydn y Liszt también ha demostrado potencial para disminuir la actividad epiléptica.<sup>34</sup>

Se ha propuesto el uso de música para mejorar el desarrollo cognitivo, fenómeno reconocido como el “efecto Mozart”, encontrándose fuerte correlación con el grado de activación de los pacientes y con múltiples patologías psiquiátricas como la esquizofrenia, la depresión, el espectro de trastornos de autismo, la ansiedad y enfermedades neurodegenerativas como la enfermedad de Alzheimer y la enfermedad de Parkinson.<sup>8,11,35,36</sup>

### **Relaciones entre musicoterapia y control de la ansiedad perioperatoria**

Gran parte de la población mundial experimenta ansiedad o estrés con tan sólo pensar en ser llevados a cirugía debido a lo atemorizante que puede resultar un quirófano; esto asociado con el frío dentro del mismo, los olores únicos, los equipos médicos, la sensación de sentirse desnudo delante de personas desconocidas,

las implicaciones en torno al mismo acto quirúrgico y las enfermedades de base propias de cada paciente.<sup>11</sup>

En un individuo sano la aparición de signos clínicos como el aumento de la frecuencia cardiaca, la presión arterial y la frecuencia respiratoria, pueden indicar ansiedad, que se asocia con cambios hemodinámicos que pueden tener un impacto negativo en el periodo perioperatorio.<sup>37,38</sup>

La musicoterapia se ha usado para el manejo de la ansiedad pre y posoperatoria y para el dolor posoperatorio. La respuesta emocional y psicológica a la música durante los periodos de espera prequirúrgica también han sido objetos de estudio con resultados controversiales. Varios estudios hablan de los resultados positivos con respecto a la disminución de la ansiedad transoperatoria, tal como lo recopilaron Wakim y col. en 2010 en su revisión sobre la efectividad de la musicoterapia. La mayor parte de estudios objetivaron los niveles de ansiedad por medio de la “*state-trait anxiety inventory (STAI) scores*”, que son escalas que comparan el estado actual con respecto al estado de ánimo basal en pacientes quirúrgicos.<sup>38-47</sup>

Se ha descrito una asociación favorable entre los efectos calmantes de la música y el uso de midazolam, disminuyendo las necesidades de este último antes de la cirugía y durante la anestesia espinal ( $P < 0.05$ ), incluso reduciendo también las necesidades de analgésicos del grupo de los opiáceos ( $P < 0.001$ ) y de propofol ( $P < 0.01$ ) en la cirugía urológica en pacientes bajo anestesia raquídea.<sup>39,48,49</sup> En el 2011 una revisión sistemática publicada por Orjuela-Rojas soporta la aplicación de musicoterapia como una intervención costo-efectiva carente de efectos deletéreos que puede utilizarse como coadyuvante con otro tipo de tratamiento ansiolítico.<sup>50</sup>

Se ha estudiado la aplicación de musicoterapia en niños con psicopatologías y trastornos de ansiedad con resultados prometedores. En Colombia en 2012 se implementó un protocolo para evaluar si la musicoterapia mejoraba los niveles de ansiedad de niños con síndrome de Down que iban a ser sometidos a tratamientos odontológicos preventivos, con resultados muy favorables.<sup>51,52</sup> En 2013 una revisión sistemática publicada en Cochrane soporta de nuevo la música como alternativa viable a los sedantes y ansiolíticos para disminuir la ansiedad perioperatoria.<sup>5</sup>

### **Relaciones entre musicoterapia y manejo del dolor**

Se ha usado música relajante de sintetizadores, arpa, piano, orquesta, jazz lento, con sonidos del mar y música clásica, demostrando su beneficio para disminuir el dolor. También se ha descrito en la disminución de los requerimientos analgésicos en el postoperatorio de pacientes expuestos a música y a sugerencias terapéuticas durante procedimientos bajo anestesia general.<sup>51,53-60</sup>

### **Relaciones entre musicoterapia y respuesta al estrés**

La respuesta al estrés biológico corresponde a una respuesta en conjunto de la actividad de los sistemas neuroendocrino, autónomo, metabólico e inmune que implica múltiples vías de retroalimentación a nivel de los sistemas nerviosos central y periférico.<sup>61</sup> Se han identificado como marcadores biológicos

de estrés la noradrenalina y adrenalina, las hormonas hipotalámicas arginina y vasopresina, la liberadora de corticotropina y la adrenocorticotrópica, la serotonina y los derivados de péptidos de proopiomelanocortina, incluyendo la hormona estimulante de los melanocitos y la beta-endorfina.<sup>62</sup> Dentro de los efectos negativos asociados con el estrés se encuentra descrita la mala cicatrización y los efectos adversos sobre el sistema neuroendocrino, cardiovascular e inmune.<sup>11</sup>

Se ha demostrado que la música puede modificar las frecuencias cardíaca y respiratoria, la sudoración y otras respuestas del sistema nervioso autónomo.<sup>63</sup> Los estudios de neuroimágenes han permitido a los investigadores estudiar las correlaciones neurológicas del procesamiento y percepción de la música en el cerebro. La de carácter suave puede reducir el estrés, hecho tangible por la medición de marcadores tales como beta-endorfinas y cortisol, y las respuestas afectivas asociadas al mismo, incluyendo el dolor en sujetos no anestesiados.<sup>9,59,64,65</sup>

Una revisión en 2006 sobre los estudios neurofisiológicos y neurobiológicos relacionados con la experiencia musical, reportó la habilidad de los estímulos musicales para activar varias áreas cerebrales asociadas con el comportamiento y las emociones tales como la corteza insular y cingulada, el hipotálamo, el hipocampo, la amígdala y la corteza prefrontal; además hay estudios neuroquímicos que sugieren varios mediadores bioquímicos como las endorfinas, endocannabinoides, dopamina y óxido nítrico que pueden tener roles en la experiencia musical. Pickrell y col. también sustentaron efectos favorables en la respuesta al estrés en humanos al intervenirlos con música. Estos efectos además de la sensación de estremecimiento y escalofríos cuando se escucha música, los cuales son producidos por estos mediadores biológicos, pueden antagonizarse por la naloxona. Se ha demostrado que el óxido nítrico se libera a nivel periférico en presencia de música y se ha especulado debido a sus propiedades vasodilatadoras, antibacteriales, antivirales e inmunomoduladoras que pudiera proteger el cuerpo ante las agresiones.<sup>9,25,66,67</sup>

Un mecanismo propuesto para explicar la capacidad de la música para regular el estrés, la excitación y las emociones es que activa respuestas reflejas del tallo encefálico incluyendo la frecuencia cardíaca, presión sanguínea, temperatura corporal, conductancia de la piel y la tensión muscular, modulándolas.<sup>68,69</sup>

La música estimulante produce aumento en los parámetros cardiovasculares, mientras que la música relajante produce una disminución de los mismos, patrones observados incluso en población pediátrica. Estos efectos están mediados en gran medida por el tiempo; la música lenta y las pausas musicales están asociadas con una disminución en la frecuencia cardíaca, la respiración y la presión sanguínea, y la música más rápida se asocia con aumento de estos. Esto se asocia a que las neuronas del tronco cerebral tienden a disparar de forma sincronizada con el tiempo musical.<sup>21,70-72</sup> Dichas propiedades por lo tanto, pueden afectar a la neurotransmisión central que subyace el control cardiovascular y respiratorio, la función motora e incluso podrían actuar sobre las funciones cognitivas de orden superior, tales como el ajuste de los filtros de atención.<sup>73</sup> Una explicación parcial es que el tronco del encéfalo interpreta

la música como señales relacionadas con la supervivencia y luego inicia las respuestas fisiológicas correspondientes. Así, la música clasificada como "estimulante" imita los sonidos de la naturaleza, como por ejemplo las alertas que para muchas especies les indican eventos potencialmente importantes o amenazantes (sonidos fuertes con inicio repentino y de repeticiones cortas). De manera interesante un estudio en ratas adultas demostró que las emociones positivas y la anticipación a la recompensa también se han asociado con sonidos cortos y de alta frecuencia encontrada en las vocalizaciones ultrasónicas que emiten para comunicarse.<sup>74</sup> Esto, a su vez, aumenta la activación simpática (frecuencia cardíaca, pulso, conductancia de la piel y respiración). Por el contrario, la música "relajante" imita sonidos relajantes naturales como los arrullos (susurros, cantos o nanas) maternos (sonidos suaves y agudos con una amplitud progresivamente envolvente), que disminuyen la excitación simpática.<sup>73</sup>

### **Estrategias de los estudios para la selección de los estímulos musicales**

Con respecto a la selección de los estímulos musicales en los estudios en los cuales se implementaron los mismos, se observó falta de estandarización para su selección, lo cual representó un problema frecuente en la evidencia estudiada para la construcción de ésta revisión; esto probablemente contribuyó con las inconsistencias encontradas entre varios de ellos.<sup>3,73,75-77</sup> Algunos trabajos sugieren que la música seleccionada por el paciente debería ser por lo general más eficaz que la seleccionada por el experimentador. Sin embargo, en la revisión de Chanda y Levitin se observa que los resultados son inconsistentes en varios de los estudios en los cuales dentro de su metodología los participantes eligieron la música que querían escuchar.<sup>3,73,75-77</sup>

En la mayoría de los estudios en los cuales la música fue seleccionada por los experimentadores se usaron criterios subjetivos, tales como "relajante / estimulante" o "agradable / desagradable", pero los aspectos metodológicos sobre cómo se determinaron tales propiedades musicales rara vez se proporcionaron. Además, en varios no se estableció si el propio juicio subjetivo de los experimentadores coincidía con el de los participantes. La mayoría de estudios revisados carecen de un control adecuado para que la condición musical coincida con los niveles de excitación, conservación de la atención, modificación del estado de ánimo o cualidades emocionales.<sup>73</sup> Permitir que el paciente escoja la música que quiere escuchar puede ofrecer una sensación de familiaridad y les hace sentirse involucrados en el tratamiento.<sup>3,39</sup>

Tres estudios compararon los efectos neuroquímicos de la música, con base en los criterios seleccionados por el experimentador, incluyendo estilo, propiedades rítmicas y las dimensiones de la valencia de excitación. En el realizado por Guerra y col. el experimentador seleccionó la música clásica que consideró relajante (60-100 latidos/minuto, sonidos suaves) y la comparó con la música techno considerada como estimulante (130-200 latidos/minuto, sonidos estridentes). Los sujetos en este estudio no reportaron ninguna preferencia o compromiso con un género musical particular.<sup>78,79</sup> La música techno aumentó

los niveles de cortisol en plasma, ACTH, prolactina, hormona de crecimiento y los niveles de norepinefrina, consistentes con un aumento de la actividad del eje hipotálamo-hipófisis-adrenal (HHA) y de la actividad del sistema nervioso simpático; estos resultados fueron confirmados por Hébert y col. La música clásica relajante no causó la reducción prevista de la actividad del eje hipotálamo-hipófisis-adrenal (HHA) ni de la activación simpática, lo cual denota la necesidad de un enfoque más estandarizado para la selección musical. Sus hallazgos sugieren que además del estilo musical, las dimensiones de personalidad subyacentes son factores que median en las respuestas fisiológicas del estrés a la música. Esto es consistente con la literatura emergente que sugiere que las diferencias individuales en la personalidad y rasgos cognitivos influyen en las respuestas psicológicas y fisiológicas a diferentes tipos de música.<sup>78-82</sup>

Otro estudio seleccionó tres piezas de música que diferían en sus características rítmicas, incluyendo un vals de Strauss (ritmo regular), un clásico moderno por HW Henze (ritmo irregular) y una pieza meditativa por Ravi Shankar (no rítmica). Los efectos neuroquímicos de la música se compararon con una línea de base en silencio. La pieza de meditación redujo significativamente los niveles plasmáticos de cortisol y norepinefrina, mientras que las otras dos piezas rítmicas (regular e irregular) no tuvieron ningún cambio.<sup>82,83</sup>

Los efectos de escuchar música relajante como intervención única han sido investigados durante procedimientos médicos, en especial en cirugía donde se evaluaron niveles posoperatorios de parámetros de estrés tanto subjetivos como cardiovasculares, respiratorios, y neuroendocrinos.<sup>3</sup> En estudios con pacientes programados para cirugía cardíaca y reparación de hernias, en los cuales se intervinieron con música clasificada por el investigador como suave y relajante (60 a 80 latidos por minuto y que se describe como estilo nueva era), se evidenció un mayor impacto en el período posoperatorio en comparación con el transoperatorio, lo cual concluyó con una reducción significativa del cortisol sérico en comparación con los controles no expuestos a música. Una vez más, no hubo ningún ahínco para diferenciar entre los efectos ansiolíticos de la música frente a un potencial efecto distractor de la misma, que pudiese haber sido obtenido utilizando otro tipo de estímulos relajantes.<sup>84-86</sup>

Las siguientes son recomendaciones captadas del trabajo de Chanda y Levitin.

1. Tener un locus de control interno puede mediar la efectividad de las intervenciones con música, por lo tanto es crucial que los pacientes puedan elegir su propio tipo de música.
2. Las calificaciones subjetivas de características musicales deben registrarse en lugar de depender solo del criterio del investigador.
3. Es importante incluir las condiciones experimentales diferentes a la música de manera paralela con el fin de controlar el estado de ánimo en el momento de la inducción anestésica, la captura de atención del paciente, su intensidad y su respectiva valencia.<sup>73</sup>

En 1839, Heinrich Wilhelm Dove describió por primera vez el fenómeno de pulsos o tonos biaurales / binaurales los cuales se originan a partir de dos impulsos auditivos similares que se presentan a ambos oídos de manera simultánea y que difieren entre sí en sus frecuencias entre 1 y 30 Hz (**figura 2**). Por ejemplo, si un tono de 340 Hz se presenta a la oreja derecha y un tono de 350 Hz se presenta simultáneamente a la oreja izquierda, se percibe la diferencia entre los dos tonos (10 Hz) como un solo pulso biaural.<sup>59,88</sup>

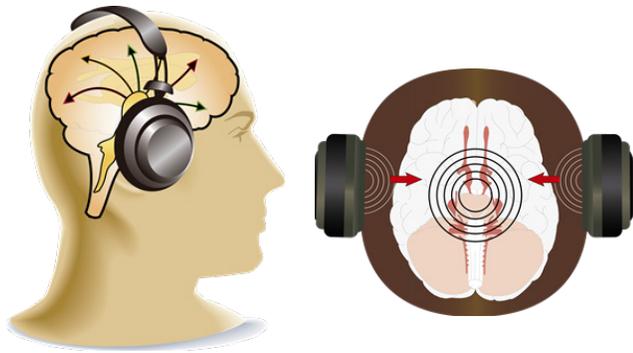


**Figura 2.** Para que se produzcan los pulsos biaurales se requieren audífonos. Fuente: Imagen basada en Monroe y col. (87)

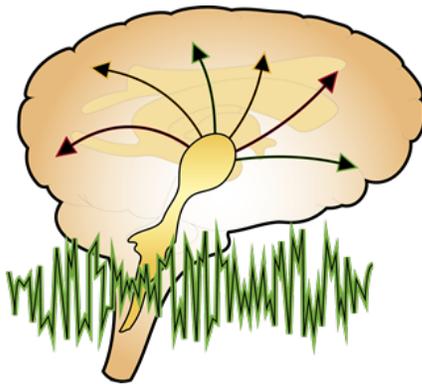
El fenómeno de las ondas auditivas sobre el cerebro comenzó a ser estudiado por el biofísico Gerald Oster en 1973. La idea de Oster era utilizar la percepción de los pulsos biaurales como una herramienta de diagnóstico ya que algunas personas no pueden percibirlos ni responder a ellos. Nunca menciona las ondas cerebrales o el arrastre de las mismas como una función de los pulsos biaurales. Sin embargo, casi todas las empresas que comercializan los pulsos biaurales le atribuyen a Oster el descubrimiento del entrenamiento de ondas cerebrales con pulsos biaurales. Es importante tener en cuenta que los pulsos biaurales no son escuchados literalmente, sino que representan unas respuestas auditivas a nivel del tallo cerebral, las cuales según se ha descrito se originan en el núcleo olivar superior de cada hemisferio. Se piensa que estos pulsos generan la sincronización hemisférica, es decir, llevan a los dos hemisferios del cerebro a trabajar al unísono, como se demuestra por medio de estudios con mapeo topográfico de las ondas cerebrales.<sup>88-92</sup>

Actualmente la sincronización hemisférica es fuertemente comercializada en los Estados Unidos a través del Instituto Monroe (**figura 3**). Este instituto combina la sincronización hemisférica con sugerencias verbales y comercializa sus productos (hemi-sync®) (**figura 4**) como una modalidad de tratamiento para la reducción del estrés, el control del dolor, trastornos del sistema inmune y muchas otras enfermedades tanto en el ámbito quirúrgico como fuera de él.<sup>90,91,93,94</sup>

El Instituto Monroe produce una serie de pistas tituladas Surgical Support Series® "serie de apoyo quirúrgico"; los beneficios atribuidos a esta tecnología por parte de dicho instituto incluyen la reducción de la ansiedad, control de la presión arterial, disminución en la necesidad de anestésicos y fármacos para el control del dolor y una recuperación más rápida.<sup>95</sup>



**Figura 3.** Dos tonos escuchados al mismo tiempo con diferencias menores a 30 Hz en sus frecuencias fundamentales producen una respuesta en el tallo que lleva a formación de pulsos binaurales originados a nivel de los núcleos olivares superiores y su consecuente acción sobre el sistema límbico. Fuente: Imagen basada en Monroe y col. (87)



**Figura 4.** Activación de tallo cerebral por hemisync® y acción de los tonos binaurales en diferentes sitios de la corteza cerebral. Fuente: imagen basada en Monroe y col. (87)

El tallo encefálico tiene la capacidad de codificar probabilísticamente la estimulación auditiva, es decir, de reconocer cuándo un sonido es familiar (repetitivo) o no. El fenómeno concerniente al efecto producido por los pulsos binaurales y la tecnología hemisync® está estrechamente relacionado con los resultados del estudio de Marsh y col. quienes publicaron en 1975 sus resultados con respecto a las “respuestas de seguimiento a frecuencias auditivas”, en el cual usaron sonidos o tonos de bajas frecuencias enmascaradas por un ruido, encontrando que dichas respuestas de seguimiento se presentan de manera inversamente proporcional con respecto al nivel de intensidad del ruido que se utilice para enmascarar los tonos presentes.<sup>96</sup> Kliempt y col. publicaron un ensayo aleatorizado sobre los efectos de la anestesia comparando hemisync® con música clásica y una cinta en blanco estudiando a sujetos sometidos a cirugía bajo anestesia general, encontrando que los sujetos que fueron expuestos a hemisync® bajo anestesia general necesitaron de manera significativa menos fentanilo en comparación con los pacientes que escucharon música clásica o una cinta en blanco.<sup>60</sup> Dabu-bondoc y col. continuaron la

misma línea de estudio para examinar el efecto de hemisync® sobre la profundidad de la hipnosis comparando hemisync® con una cinta en blanco y para el control de la profundidad de la hipnosis usaron el monitor de índice biespectral (BIS). Concluyeron que no redujo el componente hipnótico de pacientes bajo anestesia general.<sup>97</sup>

Cabe anotar que en los estudios con sincronización hemisférica como terapia adjunta a las diferentes técnicas de anestesia general publicados hasta la fecha, no incluyeron dentro de su metodología un control estricto de las variables farmacocinéticas de paciente a paciente (edad, género, peso, talla). Además, para esclarecer la presencia de los efectos hipnótico o analgésico de la tecnología hemisync®, los fármacos cuyas dosis sometieron a prueba estuvieron acompañados de medicamentos que poseen efecto dual analgésico-hipnótico. Tal es el caso del óxido nítrico, el cual además puede tener un comportamiento farmacocinético dependiente de las variables clínicas de cada paciente, lo que pudiera sesgar los resultados obtenidos.<sup>60</sup>

### Controversias sobre musicoterapia en anestesia

Dentro del grupo de trabajos publicados que no confirman los beneficios de la música como intervención intraoperatoria, uno de los más representativos corresponde al de Midgenault y col. en el cual la música no disminuyó la respuesta neuroendocrina asociada al estrés ni el consumo de opioides perioperatorios.<sup>18,44-46,98</sup>

No obstante, una revisión sistemática de 42 ensayos clínicos controlados y aleatorizados que utilizaron intervenciones con música durante el período perioperatorio, llevaron a su autor a recomendar el uso de musicoterapia a la luz de su potencial para reducir la sensación de malestar. Además un estudio con tres grupos de intervención (el primero con música nueva era, segundo con música de libre selección con cuatro opciones de género y un tercer grupo sin intervención musical-grupo control), describió diferencias significativas a favor de la música; sin embargo, los pacientes que recibieron la intervención con música nueva era tuvieron niveles de cortisol más altos con respecto a los que pudieron escoger entre las cuatro opciones de género musical. Resultados similares se han observado en estudios en los cuales se permitió a los pacientes elegir el género de música.<sup>99,100</sup>

Hasta la fecha la mayoría de los artículos publicados revelan que la música como intervención es beneficiosa para el paciente, siendo estos resultados consistentes con los obtenidos en diferentes condiciones clínicas y en diferentes países.<sup>39</sup>

## CONCLUSIÓN

La aplicación de música en el campo de la anestesiología representa una herramienta valiosa y segura en el momento de buscar alternativas de tratamiento que propendan por disminuir la morbimortalidad y los costos. Es importante que el anestesiólogo cuente con los conceptos básicos acerca

del proceso de audición y que conozca las distintas formas como se ha utilizado la música, para que disponga de este recurso dentro de su arsenal terapéutico. Se necesitan estudios complementarios para determinar los alcances de la misma como intervención terapéutica, que permitan el diseño de protocolos de aplicación en la práctica anestésica basados en la evidencia.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen conflicto de interés potenciales relacionados con los contenidos de este artículo.

## REFERENCIAS

- Hole J, Hirsch M, Ball E, Meads C. Music as an aid for postoperative recovery in adults: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet*. 2015;386(10004):1659–71.
- Dobek CE, Beynon ME, Bosma RL, Stroman PW. Music modulation of pain perception and pain-related activity in the brain, brain stem, and spinal cord: a functional magnetic resonance imaging study. *J Pain Off J Am Pain Soc*. 2014;15(10):1057–68.
- Nilsson U. The anxiety- and pain-reducing effects of music interventions: a systematic review. *AORN J*. 2008;87(4):780–807.
- Ames N, Shuford R, Yang L, Moriyama B, Frey M, Wilson F, et al. Music Listening Among Postoperative Patients in the Intensive Care Unit: A Randomized Controlled Trial with Mixed-Methods Analysis. *Integr Med Insights*. 2017;12:1178633717716455.
- Bradt J, Dileo C, Shim M. Music interventions for preoperative anxiety. *Cochrane Database Syst Rev*. 2013; 6(6):CD006908.
- Giancoli DC. *Physics: principles with applications*. 1st ed. N.J: Pearson/Prentice Hall; 2005.
- Freedman, Roger A, Hugh D Young. *Sears and Zemansky's university physics: with modern physics [Internet]*. 12th ed. San Francisco : Pearson Addison-Wesley; 2008. Available from: <http://lib.ugent.be/catalog/rug01:001316743>
- White JM. State of the science of music interventions. *Critical care and perioperative practice*. *Crit Care Nurs Clin North Am*. 2000; 12(2):219–25.
- Boso M, Politi P, Barale F, Enzo E. Neurophysiology and neurobiology of the musical experience. *Funct Neurol*. 2006; 21(4):187–91.
- Limb CJ. Structural and functional neural correlates of music perception. *Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol*. 2006;288(4):435–46.
- Kemper KJ, Danhauer SC. Music as therapy. *South Med J*. 2005; 98(3):282–8.
- Merriam AP. *The anthropology of music*. Northwestern University Press, 1964;
- McNeill WH. *Keeping Together in Time Dance and Drill in Human History*. Massachusetts: Harvard University Press; 1995. 216 p.;
- Soto D, Funes MJ, Guzmán-García A, Warbrick T, Rotshtein P, Humphreys GW. Pleasant music overcomes the loss of awareness in patients with visual neglect. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2009;106(14):6011–6.
- Terry PC, Karageorghis CI, Saha AM, D'Auria S. Effects of synchronous music on treadmill running among elite triathletes. *J Sci Med Sport*. 2012;15(1):52–7.
- Gulledge SL, Kline OR. Use of stereo headphones for patient relaxation during cataract surgery under local anesthesia. *Ophthalmic Surg*. 1981;12(4):289–90.
- Kaempf G, Amodei ME. The effect of music on anxiety. A research study. *AORN J*. 1989 Jul;50(1):112–8.
- Szmuk P, Aroyo N, Ezri T, Muzikant G, Weisenberg M, Sessler DI. Listening to music during anesthesia does not reduce the sevoflurane concentration needed to maintain a constant bispectral index. *Anesth Analg*. 2008;107(1):77–80.
- Menon V, Levitin DJ. The rewards of music listening: response and physiological connectivity of the mesolimbic system. *NeuroImage*. 2005 Oct 15;28(1):175–84.
- Berridge KC. The debate over dopamine's role in reward: the case for incentive salience. *Psychopharmacology (Berl)*. 2007;191(3):391–431.
- Berridge KC, Kringelbach ML. Affective neuroscience of pleasure: reward in humans and animals. *Psychopharmacology (Berl)*. 2008 ;199(3):457–80.
- Berridge KC, Robinson TE. What is the role of dopamine in reward: hedonic impact, reward learning, or incentive salience? *Brain Res Rev*. 1998;28(3):309–69.
- Barbano MF, Cador M. Opioids for hedonic experience and dopamine to get ready for it. *Psychopharmacology (Berl)*. 2007;191(3):497–506.
- Schultz W. Dopamine signals for reward value and risk: basic and recent data. *Behav Brain Funct BBF*. 2010;23:6:24.
- Blood AJ, Zatorre RJ. Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2001 Sep 25;98(20):11818–23.
- Koelsch S, Fritz T, V Cramon DY, Müller K, Friederici AD. Investigating emotion with music: an fMRI study. *Hum Brain Mapp*. 2006 Mar;27(3):239–50.
- Khalfa S, Schon D, Anton J-L, Liégeois-Chauvel C. Brain regions involved in the recognition of happiness and sadness in music. *Neuroreport*. 2005 Dec 19;16(18):1981–4.
- Altenmüller E. How many music centres are in the brain? *The Cognitive Neuroscience of Music*. New York: Oxford University Press; 2003.; 346–53 p.
- Trainor L SL. Processing emotions induced by music. *The Cognitive Neuroscience of Music*. New York: Oxford University Press; 2003; 310–24 p.
- Avanzini G. Musicogenic seizures. *Ann N Y Acad Sci*. 2003 Nov;999:95–102.
- Burneo JG, Villanueva V, Knowlton RC, Faught RE, Kuzniecky RI. Kaplan-Meier analysis on seizure outcome after epilepsy surgery: do gender and race influence it? *Seizure*. 2008 Jun;17(4):314–9.
- Wieser HG. Music and the brain. Lessons from brain diseases and some reflections on the “emotional” brain. *Ann N Y Acad Sci*. 2003 Nov;999:76–94.
- Evers S, Ellger T. The clinical spectrum of musical hallucinations. *J Neurol Sci*. 2004 Dec 15;227(1):55–65.
- Hughes JR. The Mozart Effect: Additional Data. *Epilepsy Behav EB*. 2002 Apr;3(2):182–4.

35. Jausovec N, Habe K. The "Mozart effect": an electroencephalographic analysis employing the methods of induced event-related desynchronization/synchronization and event-related coherence. *Brain Topogr.* 2003;16(2):73–84.
36. Gold C, Heldal TO, Dahle T, Wigram T. Music therapy for schizophrenia or schizophrenia-like illnesses. *Cochrane Database Syst Rev.* 2005 Apr 18;(2):CD004025.
37. Wang S-M, Kulkarni L, Dolev J, Kain ZN. Music and preoperative anxiety: a randomized, controlled study. *Anesth Analg.* 2002 Jun;94(6):1489–94, table of contents.
38. Wakim JH, Smith S, Guinn C. The efficacy of music therapy. *J Perianesthesia Nurs Off J Am Soc PeriAnesthesia Nurses.* 2010 Aug;25(4):226–32.
39. Koch ME, Kain ZN, Ayoub C, Rosenbaum SH. The sedative and analgesic sparing effect of music. *Anesthesiology.* 1998 Aug;89(2):300–6.
40. Ikonomidou E, Rehnström A, Naesh O. Effect of music on vital signs and postoperative pain. *AORN J.* 2004 Aug;80(2):269–74, 277–8.
41. Padmanabhan R, Hildreth AJ, Laws D. A prospective, randomised, controlled study examining binaural beat audio and pre-operative anxiety in patients undergoing general anaesthesia for day case surgery. *Anaesthesia.* 2005 Sep;60(9):874–7.
42. Zhang XW, Fan Y, Manyande A, Tian YK, Yin P. Effects of music on target-controlled infusion of propofol requirements during combined spinal-epidural anaesthesia. *Anaesthesia.* 2005 Oct;60(10):990–4.
43. Sendelbach SE, Halm MA, Doran KA, Miller EH, Gaillard P. Effects of music therapy on physiological and psychological outcomes for patients undergoing cardiac surgery. *J Cardiovasc Nurs.* 2006 Jun;21(3):194–200.
44. Boeke S, Bonke B, Bouwhuis-Hoogerwerf ML, Bovill JG, Zwaveling A. Effects of sounds presented during general anaesthesia on postoperative course. *Br J Anaesth.* 1988 May;60(6):697–702.
45. van der Laan WH, van Leeuwen BL, Sebel PS, Winograd E, Baumann P, Bonke B. Therapeutic suggestion has not effect on postoperative morphine requirements. *Anesth Analg.* 1996 Jan;82(1):148–52.
46. Migneault B, Girard F, Albert C, Chouinard P, Boudreault D, Provencher D, et al. The effect of music on the neurohormonal stress response to surgery under general anesthesia. *Anesth Analg.* 2004 Feb;98(2):527–32, table of contents.
47. Spielberger CD, Gorsuch RL, Lushene R, Vagg PR, Jacobs GA. *Manual for the State-Trait Anxiety Inventory.* Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.; 1983;
48. Ganidagli S, Cengiz M, Yanik M, Becerik C, Unal B. The Effect of Music on Preoperative Sedation and the Bispectral Index: *Anesth Analg.* 2005 Jul;101(1):103–6.
49. Lepage C, Drolet P, Girard M, Grenier Y, DeGagné R. Music decreases sedative requirements during spinal anesthesia. *Anesth Analg.* 2001 Oct;93(4):912–6.
50. Rojas JMO. Efecto ansiolítico de la musicoterapia: aspectos neurobiológicos y cognoscitivos del procesamiento musical. *Rev Colomb Psiquiatr.* 2011 Dec;40(4):748–59.
51. Goldbeck L, Ellerkamp T. A randomized controlled trial of multimodal music therapy for children with anxiety disorders. *J Music Ther.* 2012;49(4):395–413.
52. Scarpetta RA. Musicoterapia para el control de ansiedad odontológica en niños con Síndrome de Down. *Hacia la Promoción de la Salud.* 2012;17:13–24.
53. Good M, Stanton-Hicks M, Grass JA, Anderson GC, Lai HL, Roykulcharoen V, et al. Relaxation and music to reduce postsurgical pain. *J Adv Nurs.* 2001 Jan;33(2):208–15.
54. Good M, Anderson GC, Stanton-Hicks M, Grass JA, Makii M. Relaxation and music reduce pain after gynecologic surgery. *Pain Manag Nurs Off J Am Soc Pain Manag Nurses.* 2002 Jun;3(2):61–70.
55. Good M, Stanton-Hicks M, Grass JA, Cranston Anderson G, Choi C, Schoolmeesters LJ, et al. Relief of postoperative pain with jaw relaxation, music and their combination. *Pain.* 1999 May;81(1–2):163–72.
56. Nilsson U, Rawal N, Uneståhl LE, Zetterberg C, Unosson M. Improved recovery after music and therapeutic suggestions during general anaesthesia: a double-blind randomised controlled trial. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2001 Aug;45(7):812–7.
57. Nilsson U, Rawal N, Unosson M. A comparison of intra-operative or postoperative exposure to music—a controlled trial of the effects on postoperative pain. *Anaesthesia.* 2003 Jul;58(7):699–703.
58. Evans C, Richardson PH. Improved recovery and reduced postoperative stay after therapeutic suggestions during general anaesthesia. *Lancet Lond Engl.* 1988 Aug 27;2(8609):491–3.
59. Kliempt P, Ruta D, Ogston S, Landeck A, Martay K. Hemispheric-synchronisation during anaesthesia: a double-blind randomised trial using audiotapes for intra-operative nociception control. *Anaesthesia.* 1999 Aug;54(8):769–73.
60. Lewis AK, Osborn IP, Roth R. The effect of hemispheric synchronization on intraoperative analgesia. *Anesth Analg.* 2004 Feb;98(2):533–6, table of contents.
61. Landgraf R, Neumann ID. Vasopressin and oxytocin release within the brain: a dynamic concept of multiple and variable modes of neuropeptide communication. *Front Neuroendocrinol.* 2004 Dec;25(3–4):150–76.
62. Chrousos GP. Stress and disorders of the stress system. *Nat Rev Endocrinol.* 2009 Jul;5(7):374–81.
63. Blood AJ, Zatorre RJ, Bermudez P, Evans AC. Emotional responses to pleasant and unpleasant music correlate with activity in paralimbic brain regions. *Nat Neurosci.* 1999 Apr;2(4):382–7.
64. McKinney CH, Antoni MH, Kumar M, Tims FC, McCabe PM. Effects of guided imagery and music (GIM) therapy on mood and cortisol in healthy adults. *Health Psychol Off J Div Health Psychol Am Psychol Assoc.* 1997 Jul;16(4):390–400.
65. McKinney CH, Tims FC, Kumar AM, Kumar M. The effect of selected classical music and spontaneous imagery on plasma beta-endorphin. *J Behav Med.* 1997 Feb;20(1):85–99.
66. Pickrell KL, Metzger JT, Wilde NJ, Broadbent TR, Edwards BF. The use and therapeutic value of music in the hospital and operating room. *Plast Reconstr Surg.* 1946. 1950 Aug;6(2):142–52.
67. Salamon E, Bernstein SR, Kim S-A, Kim M, Stefano GB. The effects of auditory perception and musical preference on anxiety in naive human subjects. *Med Sci Monit Int Med J Exp Clin Res.* 2003 Sep;9(9):CR396–399.
68. Juslin PN, Västfjäll D. Emotional responses to music: the need to consider underlying mechanisms. *Behav Brain Sci.* 2008 Oct;31(5):559–75; discussion 575–621.

69. Chapados C, Levitin DJ. Cross-modal interactions in the experience of musical performances: physiological correlates. *Cognition*. 2008 Sep;108(3):639–51.
70. Miu AC, Balte FR. Empathy manipulation impacts music-induced emotions: a psychophysiological study on opera. *PLoS One*. 2012;7(1):e30618.
71. Schiavio A, van der Schyff D, Kruse-Weber S, Timmers R. When the Sound Becomes the Goal. 4E Cognition and Telemusicality in Early Infancy. *Front Psychol*. 2017;8:1585.
72. Griffiths TD, Uppenkamp S, Johnsrude I, Josephs O, Patterson RD. Encoding of the temporal regularity of sound in the human brainstem. *Nat Neurosci*. 2001 Jun;4(6):633–7.
73. Chanda ML, Levitin DJ. The neurochemistry of music. *Trends Cogn Sci*. 2013 Apr;17(4):179–93.
74. Knutson B, Burgdorf J, Panksepp J. Ultrasonic vocalizations as indices of affective states in rats. *Psychol Bull*. 2002 Nov;128(6):961–77.
75. Wallston KA. The validity of the multidimensional health locus of control scales. *J Health Psychol*. 2005 Sep;10(5):623–31.
76. Knappe S, Pinquart M. Tracing criteria of successful aging? Health locus of control and well-being in older patients with internal diseases. *Psychol Health Med*. 2009 Mar;14(2):201–12.
77. Grotz M, Hapke U, Lampert T, Baumeister H. Health locus of control and health behaviour: results from a nationally representative survey. *Psychol Health Med*. 2011 Mar;16(2):129–40.
78. Bernardi L, Porta C, Sleight P. Cardiovascular, cerebrovascular, and respiratory changes induced by different types of music in musicians and non-musicians: the importance of silence. *Heart Br Card Soc*. 2006 Apr;92(4):445–52.
79. Hébert S, Béland R, Dionne-Fournelle O, Crête M, Lupien SJ. Physiological stress response to video-game playing: the contribution of built-in music. *Life Sci*. 2005 Apr 1;76(20):2371–80.
80. Chamorro-Premuzic T, Furnham A. Personality and music: can traits explain how people use music in everyday life? *Br J Psychol Lond Engl*. 1953. 2007 May;98(Pt 2):175–85.
81. Rentfrow PJ, Goldberg LR, Levitin DJ. The structure of musical preferences: a five-factor model. *J Pers Soc Psychol*. 2011 Jun;100(6):1139–57.
82. Furnham A, Strbac L. Music is as distracting as noise: the differential distraction of background music and noise on the cognitive test performance of introverts and extraverts. *Ergonomics*. 2002 Feb 20;45(3):203–17.
83. Möckel M, Röcker L, Störk T, Vollert J, Danne O, Eichstädt H, et al. Immediate physiological responses of healthy volunteers to different types of music: cardiovascular, hormonal and mental changes. *Eur J Appl Physiol*. 1994;68(6):451–9.
84. Nater UM, Abbruzzese E, Krebs M, Ehlert U. Sex differences in emotional and psychophysiological responses to musical stimuli. *Int J Psychophysiol Off J Int Organ Psychophysiol*. 2006 Nov;62(2):300–8.
85. Nilsson U. The effect of music intervention in stress response to cardiac surgery in a randomized clinical trial. *Heart Lung J Crit Care*. 2009 Jun;38(3):201–7.
86. Nilsson U, Unosson M, Rawal N. Stress reduction and analgesia in patients exposed to calming music postoperatively: a randomized controlled trial. *Eur J Anaesthesiol*. 2005 Feb;22(2):96–102.
87. Monroe Institute. The Surgical Support Series | Hemi-Sync [Internet] [Internet]. 2018. Available from: <https://www.monroeinstitute.org/product/the-surgical-support-series>
88. Atwater F. The Hemi-Sync® Process [Internet]. 2004. Disponible en: <https://www.monroeinstitute.org/catalog/hemi-sync%C2%AE>
89. Oster G. Auditory beats in the brain. *Sci Am*. 1973;229(4):94–102.
90. Smith JC, Marsh JT, Brown WS. Far-field recorded frequency-following responses: evidence for the locus of brainstem sources. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1975;39(5):465–72.
91. Ozdamar O, Bohorquez J, Mihajloski T, Yavuz E, Lachowska M. Auditory evoked responses to binaural beat illusion: stimulus generation and the derivation of the Binaural Interaction Component (BIC). *Conf Proc Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc IEEE Eng Med Biol Soc Annu Conf*. 2011;2011:830–3.
92. Pratt H, Starr A, Michalewski HJ, Dimitrijevic A, Bleich N, Mittelman N. Cortical evoked potentials to an auditory illusion: binaural beats. *Clin Neurophysiol Off J Int Fed Clin Neurophysiol*. 2009 Aug;120(8):1514–24.
93. Atwater F. The Hemi-Sync® Process. [Internet]. Resources. 2004. Available from: <http://www.monroeinstitute.org/resources/the-hemi-sync-process>.
94. Ozdamar O, Bohorquez J, Mihajloski T, Yavuz E, Lachowska M. Auditory evoked responses to binaural beat illusion: stimulus generation and the derivation of the Binaural Interaction Component (BIC). *Conf Proc Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc IEEE Eng Med Biol Soc Conf*. 2011;2011:830–3.
95. Pratt H, Starr A, Michalewski HJ, Dimitrijevic A, Bleich N, Mittelman N. Cortical evoked potentials to an auditory illusion: binaural beats. *Clin Neurophysiol Off J Int Fed Clin Neurophysiol*. 2009 Aug;120(8):1514–24.
96. Marsh JT, Brown WS, Smith JC. Far-field recorded frequency-following responses: correlates of low pitch auditory perception in humans. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1975 Feb;38(2):113–9.
97. Dabu-Bondoc S, Drummond-Lewis J, Gaal D, McGinn M, Caldwell-Andrews AA, Kain ZN. Hemispheric synchronized sounds and intraoperative anesthetic requirements. *Anesth Analg*. 2003 Sep;97(3):772–5.
98. Schwender D, Klasing S, Madler C, Pöppel E, Peter K. Depth of anesthesia. Midlatency auditory evoked potentials and cognitive function during general anesthesia. *Int Anesthesiol Clin*. 1993;31(4):89–106.
99. Wakim JH, Smith S, Guinn C. The efficacy of music therapy. *J Perianesthesia Nurs Off J Am Soc PeriAnesthesia Nurses Am Soc PeriAnesthesia Nurses*. 2010 Aug;25(4):226–32.
100. Leardi S, Pietroletti R, Angeloni G, Necozone S, Ranalletta G, Del Gusto B. Randomized clinical trial examining the effect of music therapy in stress response to day surgery. *Br J Surg*. 2007;94(8):943–7.

