



MÚSICA, DE LA ONDA SONORA A LA INTERVENCIÓN TERAPÉUTICA: BASES FÍSICAS, NEUROBIOLÓGICAS Y CLÍNICAS DE LOS EFECTOS DE LA MÚSICA SOBRE EL CEREBRO. UNA REVISIÓN NARRATIVA



*Antonio Sanabria Quirós

ARTÍCULO
ORIGINAL

Resumen

La música es un estímulo acústico complejo capaz de influir sobre la percepción, la emoción, la cognición y el comportamiento humano. Esta es una revisión narrativa que analiza el recorrido del estímulo musical desde sus bases físicas hasta sus aplicaciones terapéuticas. Se parte desde las propiedades del sonido, los mecanismos de procesamiento auditivo y las redes cerebrales implicadas en la percepción musical, la emoción y la recompensa. La evidencia disponible demuestra que la música estimula sistemas auditivos, motores, cognitivos y límbicos, lleva a la liberación de dopamina e induce procesos de neuroplasticidad. Estos mecanismos constituyen la base biológica de la musicoterapia y de otras intervenciones basadas en música. Los hallazgos clínicos apoyan beneficios en diversas condiciones neurológicas y psiquiátricas, incluyendo demencias, enfermedad de Parkinson, rehabilitación postictus, trastornos afectivos,

dolor crónico y cuidados paliativos. Aunque persisten limitaciones metodológicas, la evidencia actual respalda el potencial de la música como herramienta complementaria para la promoción de la salud y la rehabilitación.

Palabras clave: música, neurociencia, audición, neuroplasticidad, recompensa, musicoterapia.

Abstract

Music is a complex acoustic stimulus capable of influencing perception, emotion, cognition, and human behavior. This narrative review examines the progression of musical stimuli from their physical foundations to their therapeutic applications. It reviews the properties of sound, auditory processing mechanisms, and the neural networks involved in music perception, emotion, and reward. Available evidence demonstrates that music stimulates auditory, motor, cognitive, and limbic systems, promotes

* Médico Psiquiatra. Caja Costarricense de Seguro Social. Hospital Nacional de Salud Mental. Unidad de Cuidados Intensivos Hombres. Email. wsanabria@ccss.sa.cr



dopamine release, and induces neuroplastic processes. These mechanisms provide the biological basis for music therapy and other music-based interventions. Clinical findings support beneficial effects across a variety of neurological and psychiatric conditions, including dementia, Parkinson's disease, post-stroke rehabilitation, affective disorders, chronic pain, and palliative care. Although methodological limitations remain, current evidence supports the potential of music as a complementary tool for health promotion and rehabilitation.

Keywords: Music, neuroscience, hearing, neuroplasticity, reward, music therapy.

1. Introducción

La música es un fenómeno presente en todas las culturas hasta hoy conocidas y forma parte de la experiencia humana desde tiempos prehistóricos. Más allá de su función artística o recreativa, representa un estímulo acústico complejo capaz de influir sobre la percepción, la emoción, la cognición y el comportamiento (4).

Durante las últimas décadas, los avances en neurociencia y ciencias auditivas han permitido comprender que la experiencia musical surge de la interacción entre las propiedades físicas del sonido y múltiples sistemas neurales encargados de procesar información sensorial y cognitiva (1,2).

La evidencia arqueológica demuestra la existencia de instrumentos musicales elaborados hace más de 35.000 años, lo cual sugiere una relación inherente y casi natural con el ser humano y que lo ha acompañado a lo largo de su evolución (4).

El interés científico por la música ha aumentado y esto llevado a generar mayor evidencia sobre su capacidad para modular la actividad cerebral, inducir respuestas emocionales complejas, sincronizar el movimiento corporal y activar circuitos neurales relacionados con la recompensa y la motivación (2-4). Por otra parte, la música constituye una herramienta para estudiar la forma en que el cerebro transforma estímulos físicos en experiencias subjetivas complejas, permitiendo integrar conocimientos provenientes de la acústica, la neurofisiología, la psicología cognitiva y las neurociencias afectivas (4).

Diversos estudios sugieren que la percepción musical no se limita al análisis pasivo de sonidos. Por el contrario, implica procesos activos de memoria, anticipación y generación de expectativas basadas en experiencias previas y en el aprendizaje implícito de los sonidos musicales. Estas capacidades permiten que la música evoque emociones intensas y experiencias placenteras, asociadas a la activación de sistemas como el dopaminérgico, el cual está implicado en procesos de recompensa (4).



El objetivo de esta revisión es analizar las bases físicas y neurobiológicas de la música, describiendo cómo las características acústicas de las ondas sonoras son transformadas en experiencias perceptivas complejas y cómo estos procesos pueden traducirse posteriormente en aplicaciones terapéuticas. Para ello, se revisarán de forma secuencial los fenómenos físicos del sonido, la neurofisiología auditiva, los mecanismos cerebrales implicados en la percepción musical y sus efectos fisiológicos, emocionales y clínicos.

2. Naturaleza física de la música: el estímulo que recibe el cerebro

2.1. El sonido como onda mecánica

El sonido es una onda mecánica longitudinal generada por la vibración de una fuente sonora. Estas vibraciones producen variaciones de presión que se propagan a través de un medio como aire, líquidos o sólidos, transportando energía acústica hasta el sistema auditivo (1).

A diferencia de las ondas transversales, en las ondas sonoras las partículas del medio vibran en la misma dirección en que se desplaza el sonido. En términos simples, el sonido se transmite mediante pequeñas compresiones y expansiones del aire que transportan energía desde la fuente sonora hasta el oído. Por ello, toda experiencia musical comienza como un fenómeno físico de transmisión de energía que posteriormente es transformado por

el cerebro en percepciones, emociones y experiencias conscientes. (1,2).

2.2. Frecuencia, amplitud e intensidad

Las propiedades fundamentales del sonido son frecuencia, amplitud e intensidad. La frecuencia, medida en hertz (Hz), se relaciona con la percepción de la altura tonal o pitch; la amplitud con la sonoridad percibida; y la intensidad suele expresarse en decibeles (dB) (1).

La percepción auditiva no depende únicamente de estas características físicas, sino también del procesamiento realizado por el sistema nervioso central. La discriminación de frecuencias constituye la base para reconocer melodías, voces e instrumentos y se inicia en la cóclea mediante mecanismos tonotópicos especializados (1,5).

2.3. Frecuencia fundamental, armónicos y espectro sonoro

Cuando escuchamos una nota tocada en un piano, una guitarra o cantada por una persona, en realidad no escuchamos una única frecuencia aislada. El sonido está compuesto por una frecuencia principal, denominada frecuencia fundamental (F_0), que define la altura de la nota, junto con múltiples frecuencias adicionales llamadas armónicos. La combinación de todas ellas es la que permite reconocer el sonido característico de cada instrumento o voz (1,2,5).

La percepción del pitch o sea la altura tonal percibida (grave o aguda) no depende



exclusivamente de la presencia física de la frecuencia fundamental. El sistema auditivo integra información espectral (frecuencia fundamental y armónicos) y temporal (cómo evoluciona el sonido desde que comienza hasta que termina) para estimar la altura tonal incluso cuando la frecuencia fundamental está ausente o no es el componente dominante del sonido (5).

Estas características espectrales también constituyen la base física para la percepción del timbre (2,5).

2.4. Timbre

El timbre permite diferenciar instrumentos musicales o voces que producen la misma nota con igual intensidad (2). Actualmente se considera una propiedad perceptiva multidimensional que depende de la integración de características espectrales y temporales de la señal acústica (2,6).

La corteza auditiva procesa conjuntamente la distribución de armónicos, las modulaciones temporales, el ataque y otras propiedades dinámicas del sonido, generando representaciones espectro-temporales en zonas especializadas como cortezas auditivas que permiten identificar con precisión distintas fuentes sonoras, ya sea un piano, una trompeta o una campana (2,6).

Asimismo, existe evidencia de cierta especialización hemisférica, con predominio del hemisferio derecho para el procesamiento

espectral y una mayor participación izquierda en algunos aspectos temporales (6).

2.5. Organización temporal del sonido

La música se caracteriza por desarrollarse en el tiempo, obligando al cerebro a integrar información presente, pasada y anticipada. La percepción musical depende de la capacidad para reconocer patrones temporales y generar expectativas sobre acontecimientos futuros (4).

2.5.1. Pulso

El pulso corresponde a la regularidad temporal subyacente de la música y proporciona una referencia estable que facilita la predicción de eventos futuros y la sincronización del movimiento corporal con el sonido (3,4).

2.5.2. Ritmo

El ritmo surge de la organización temporal de sonidos y silencios alrededor de un pulso regular. Gracias a esta estructura, el cerebro puede reconocer patrones repetitivos, anticipar eventos futuros y organizar los sonidos en secuencias con significado musical. Más allá de su función estética, el ritmo tiene una estrecha relación con el sistema motor. Al escuchar música, las redes auditivas interactúan con áreas cerebrales responsables de la planificación y ejecución del movimiento, lo que explica la tendencia espontánea a marcar el compás con el pie, mover la cabeza o bailar. Asimismo, la sincronización rítmica compartida favorece



la coordinación entre individuos y contribuye a procesos de interacción social, cohesión grupal y comunicación no verbal mediada por la música (3,4).

2.5.3. Tempo

El tempo representa la velocidad de los pulsos musicales y constituye un importante modulador de la respuesta emocional y fisiológica del oyente, influyendo sobre activación, relajación y percepción subjetiva del tiempo (3,4). Por ejemplo, una misma melodía interpretada lentamente puede percibirse como tranquila, melancólica o reflexiva. Sin embargo, si esa misma melodía se ejecuta a una velocidad mucho mayor, suele percibirse como más energética, alegre o estimulante. Esto demuestra que el tempo no solo modifica la estructura temporal de la música, sino también la respuesta emocional del oyente (4,8,9,12).

2.5.4. Sincronización temporal

La música posee la capacidad de sincronizar la percepción auditiva y el movimiento corporal. Este fenómeno depende de la interacción entre cortezas auditivas, áreas premotoras, ganglios basales y otras regiones implicadas en la predicción temporal y el control motor (3,4).

La sincronización auditivo-motora constituye uno de los principales fundamentos neurobiológicos de las intervenciones de rehabilitación basadas en estimulación rítmica auditiva (3,4).

3. Del oído al cerebro: neurofisiología de la audición

La experiencia musical adquiere significado cuando la energía acústica es transformada en señales nerviosas e integrada por múltiples estructuras auditivas centrales. Este proceso permite la construcción cerebral de elementos musicales complejos como tono, ritmo, melodía y armonía (5,8).

3.1. Sistema auditivo periférico

El sistema auditivo periférico comprende oído externo, medio e interno. Su función es captar, amplificar y transmitir las ondas sonoras hacia la cóclea, donde se encuentran las células ciliadas responsables de iniciar la transducción auditiva (1,7).

La cóclea actúa como un órgano sensorial altamente especializado capaz de convertir vibraciones mecánicas en señales nerviosas y mejorar la discriminación frecuencial mediante mecanismos activos de amplificación (7).

3.2. Transducción coclear

Conversión de energía mecánica en señales nerviosas

La transducción auditiva ocurre en las células ciliadas del órgano de Corti (principal órgano receptor de la audición ubicado en la cóclea). Las vibraciones de la membrana basilar producen desplazamientos de los estereocilios (pequeñas proyecciones similares a pelos microscópicos presentes



en las células ciliadas) generando la apertura de canales celulares mecanosensibles y la entrada de iones que desencadenan la liberación de neurotransmisores hacia el nervio auditivo y el consecuente estímulo nervioso (7,8).

Además de funcionar como receptores sensoriales, las células ciliadas participan activamente en la amplificación de señales acústicas de baja intensidad, aumentando la sensibilidad del sistema auditivo (7).

3.3. Tonotopía y codificación de frecuencias

Organización tonotópica

La membrana basilar presenta una organización tonotópica (un tipo de mapa ordenado de frecuencias en el que distintas regiones responden preferentemente a sonidos graves o agudos) las frecuencias altas se representan principalmente en regiones basales y las frecuencias bajas en regiones apicales de la cóclea (5,8).

Esta disposición espacial se mantiene a lo largo de las vías auditivas hasta la corteza auditiva primaria y constituye la base neurobiológica de la percepción del *pitch*. La codificación tonal resulta de la integración de información frecuencial y temporal, permitiendo identificar sonidos complejos con gran precisión (5,8).

3.4. Vías auditivas centrales

La información auditiva asciende desde la cóclea a través de una serie de estaciones neurales especializadas (8).

Núcleos cocleares

Constituyen el primer relevo central y participan en el análisis inicial de frecuencia, intensidad y temporalidad del sonido (8).

Oliva superior

Interviene en la localización espacial auditiva mediante la comparación de diferencias temporales e interaurales de intensidad (8).

Colículo inferior

Actúa como centro integrador de información auditiva compleja y participa en mecanismos atencionales y reflejos auditivos (8).

Tálamo

El cuerpo geniculado medial constituye la principal vía de transmisión e integración auditiva antes de la llegada de la información a la corteza cerebral (8).

Corteza auditiva

La corteza auditiva primaria mantiene la organización tonotópica y realiza el procesamiento inicial de las características acústicas. Posteriormente, áreas auditivas secundarias participan en el análisis de melodía, ritmo, armonía, timbre y significado emocional de los sonidos (5,8).

3.5. Construcción cerebral de la percepción musical

La percepción musical surge de la interacción entre múltiples redes cerebrales dedicadas al análisis acústico, la memoria,



la predicción, la emoción y el control motor (4,8).

Altura tonal (Pitch)

El *pitch* depende de mecanismos corticales que integran información frecuencial y temporal, permitiendo reconocer una nota independientemente de variaciones en sus armónicos (5). Este proceso involucra redes auditivas corticales especializadas y parece mostrar una participación predominante del hemisferio derecho en el análisis de la altura tonal y otros componentes musicales complejos (4,8).

Timbre

El timbre resulta de la integración cerebral de características espectrales y temporales complejas. Las áreas auditivas secundarias y el giro temporal superior participan en la identificación de instrumentos y voces (2,6,8).

Ritmo

La percepción del ritmo involucra una amplia red auditivo-motora compuesta por corteza auditiva, corteza premotora, área motora suplementaria, ganglios basales y cerebelo (3,4,8).

Melodía

La melodía requiere integrar secuencias de tonos a lo largo del tiempo y depende principalmente de regiones temporales superiores, conexiones frontotemporales y mecanismos de memoria auditiva (4,8).

Armonía

La armonía implica el procesamiento simultáneo de múltiples sonidos y la

evaluación de relaciones tonales. Este proceso involucra áreas auditivas y frontales asociadas tanto al análisis perceptivo como a la respuesta emocional y de recompensa (4,8).

4. Neurobiología de las emociones musicales

Amígdala

La amígdala desempeña un papel fundamental en la evaluación afectiva de los estímulos musicales. Además de responder a cambios inesperados en la armonía, el timbre o la intensidad sonora, participa en la detección de señales musicales asociadas con valencia emocional positiva o negativa (8). Estudios de neuroimagen han mostrado una activación diferencial de la amígdala ante música percibida como triste, amenazante o emocionalmente intensa, lo que respalda su participación en la asignación de significado emocional a estímulos auditivos complejos (12).

Ínsula

El córtex de la ínsula integra información auditiva, autonómica y emocional, contribuyendo a la experiencia subjetiva de las emociones inducidas por la música y a la representación consciente de cambios fisiológicos como la frecuencia cardíaca, la respiración y la activación simpática (4,12). Por otra parte, estudios de neuroimagen han demostrado activación de la ínsula durante experiencias musicales de intensa carga emocional, particularmente aquellas asociadas con placer, conmoción estética escalofríos musicales (*musical chills*) (9,12).



Corteza cingulada

La corteza cingulada, especialmente su porción anterior, constituye una interfaz entre emoción y cognición. Participa en la anticipación de eventos musicales, la monitorización de expectativas y la evaluación afectiva de los resultados obtenidos (4,10). Estudios de neuroimagen funcional han demostrado activación del cíngulo anterior durante la escucha de música emocionalmente significativa, en particular cuando se evocan recuerdos autobiográficos o estados afectivos intensos (12). Además, algunas investigaciones sugieren que las melodías en tonalidades menores inducen una mayor activación de regiones cinguladas relacionadas con el procesamiento de emociones negativas o melancólicas, contribuyendo a la percepción subjetiva de tristeza musical (12).

4.1 Sistema mesocorticolímbico de recompensa

Las respuestas emocionales intensas generadas por la música involucran la activación coordinada de las redes auditivas y del sistema mesocorticolímbico de recompensa. Este circuito participa habitualmente en conductas biológicamente relevantes, como la alimentación, el apego social y los comportamientos motivados, pero también puede activarse ante estímulos abstractos con elevado valor estético, incluida la música (4). Estudios de neuroimagen y neurofarmacología han demostrado que la experiencia de placer musical se

asocia con la activación de estructuras del sistema de recompensa y con cambios en la neurotransmisión dopaminérgica, lo que respalda su papel en la generación de experiencias musicales emocionalmente significativas (9,12).

Área tegmental ventral

El área tegmental ventral del mesencefalo constituye una de las principales fuentes de neuronas dopaminérgicas del cerebro y forma parte central del sistema mesocorticolímbico de recompensa, participando en la valoración hedónica y motivacional de los estímulos musicales (4). Estudios de neuroimagen y de manipulación farmacológica han mostrado que la escucha de música altamente placentera se asocia con una mayor actividad de este circuito y con cambios en la neurotransmisión dopaminérgica hacia estructuras límbicas y corticales relacionadas con la recompensa (9).

Núcleo accumbens

El núcleo accumbens constituye un componente central del sistema mesocorticolímbico de recompensa y participa en la valoración hedónica y motivacional de los estímulos musicales. Las conexiones funcionales entre la corteza auditiva, el estriado ventral y el núcleo accumbens permiten transformar patrones acústicos complejos en experiencias subjetivamente gratificantes (4,12). Por otra parte, estudios de neuroimagen y neurofarmacología han mostrado que



la intensidad de la activación del núcleo accumbens se correlaciona con la magnitud del placer experimentado durante la escucha musical y con la tendencia a buscar nuevamente dicha experiencia (9).

Corteza prefrontal

La corteza prefrontal participa en la generación de predicciones, expectativas y juicios estéticos relacionados con la música. En particular, la corteza orbitofrontal contribuye a la valoración hedónica consciente de la experiencia musical (4,8). Por otra parte, estudios de neuroimagen han mostrado la participación de regiones prefrontales mediales durante la evocación de recuerdos autobiográficos y de significados personales asociados a determinadas piezas musicales (12).

4.2 Dopamina y placer musical

Anticipación de la recompensa

Una característica distintiva de la música es su capacidad para generar expectativas temporales, melódicas y armónicas. El cerebro utiliza regularidades musicales aprendidas implícitamente para anticipar eventos futuros, de modo que la experiencia acumulada permite predecir cuáles sonidos, acordes o progresiones tienen mayor probabilidad de ocurrir a continuación (4,12). Cuando estas expectativas son satisfechas o modificadas de forma óptima, pueden desencadenar respuestas de recompensa asociadas con una experiencia subjetiva

de placer (4). Estudios experimentales han mostrado que este proceso involucra la activación de circuitos dopaminérgicos y que la intensidad de la recompensa musical depende en parte de los mecanismos de anticipación y predicción generados durante la escucha (9). Asimismo, hallazgos de neuroimagen sugieren que las respuestas de placer pueden comenzar antes de la ocurrencia del evento musical esperado, apoyando el papel central de la predicción en la experiencia musical (9,12).

Momento de máximo placer (“chills”)

Los *musical chills* representan una respuesta psicofisiológica caracterizada por escalofríos, piloerección, sensación de expansión emocional y cambios autonómicos transitorios durante la escucha musical (4,12). Estudios de neuroimagen han demostrado que estos episodios se asocian con la activación de estructuras del sistema de recompensa, incluyendo el núcleo accumbens, la ínsula y la corteza orbitofrontal, además de otras regiones mesolímbicas implicadas en el procesamiento emocional y hedónico (4,12). Por otra parte, Ferreri y colaboradores demostraron que la administración de levodopa incrementa el placer musical percibido, mientras que la risperidona lo reduce significativamente, proporcionando evidencia causal directa de la participación dopaminérgica en el placer musical (9).



Evidencia por Tomografía por emisión de positrones y resonancia magnética funcional.

Los estudios mediante tomografía por emisión de positrones (PET) y resonancia magnética funcional (fMRI) han mostrado una activación consistente de estructuras auditivas, límbicas y de recompensa durante experiencias musicales intensamente placenteras. Entre las regiones más frecuentemente implicadas se encuentran el núcleo accumbens, el área tegmental ventral, la amígdala, la ínsula, la corteza cingulada y la corteza orbitofrontal (8,12). Estas observaciones concuerdan con modelos neurobiológicos que proponen una interacción funcional entre las redes auditivas y el sistema mesocorticolímbico de recompensa durante la experiencia musical placentera (4).

De forma adicional, estudios con PET han demostrado incrementos reales en la liberación de dopamina durante la escucha de música placentera, proporcionando una de las evidencias más sólidas de la participación directa de los circuitos dopaminérgicos en la recompensa musical (9). Estos hallazgos respaldan los modelos teóricos que atribuyen un papel central a la dopamina en la generación del placer inducido por la música (4).

4.3 Diferencias individuales

Formación musical

El entrenamiento musical prolongado induce cambios estructurales y funcionales

en múltiples regiones cerebrales, incluyendo la corteza auditiva, la corteza motora, el cerebelo y el cuerpo calloso (12). Estas modificaciones neuroplásticas se asocian con una mayor eficiencia en el procesamiento de patrones musicales complejos y con cambios en circuitos implicados en la respuesta emocional a la música (10,12). Asimismo, aunque estos efectos suelen ser más pronunciados cuando el aprendizaje comienza durante la infancia, la evidencia actual indica que la práctica musical puede inducir procesos de neuroplasticidad y favorecer la adquisición de habilidades musicales a lo largo de todo el ciclo vital (10,11).

Personalidad

Las respuestas emocionales a la música se encuentran moduladas por características individuales como apertura a la experiencia, sensibilidad estética, empatía y búsqueda de novedades. Los individuos con mayor conectividad funcional entre sistemas auditivos y de recompensa suelen mostrar respuestas emocionales más intensas y una mayor susceptibilidad a experimentar musical chills (4,9).

Experiencias previas

La música constituye uno de los desencadenantes más potentes de memoria autobiográfica. La activación simultánea del hipocampo, corteza prefrontal medial y estructuras límbicas permite que determinadas piezas musicales evoquen



recuerdos personales vívidos acompañados de una intensa carga emocional (12).

Diversos estudios muestran que la familiaridad con una pieza musical aumenta su impacto emocional al facilitar la generación de expectativas y reforzar las asociaciones mnésicas previas (4,12).

Factores culturales

Las respuestas emocionales a la música dependen tanto de mecanismos neurobiológicos compartidos como de procesos de aprendizaje cultural. Los sistemas tonales, patrones rítmicos y convenciones armónicas adquiridos durante el desarrollo contribuyen a la formación de expectativas musicales y modulan la interpretación emocional de los estímulos sonoros (8). Asimismo, la exposición prolongada a determinados estilos musicales puede modificar la percepción de consonancia, disonancia, tensión y resolución armónica, contribuyendo a las diferencias observadas entre distintas culturas en la experiencia emocional de la música (12).

5. Neuroplasticidad inducida por la música

La exposición repetida a la música y el entrenamiento musical producen cambios estructurales, funcionales y moleculares en el sistema nervioso central, fenómeno conocido como neuroplasticidad (10,14,15). Estos cambios incluyen modificaciones en la organización de redes neuronales, la conectividad cerebral y diversos mecanismos celulares implicados en el aprendizaje y la

adaptación cerebral (14,15). Debido a que la música activa simultáneamente redes auditivas, motoras, cognitivas, emocionales y de recompensa, constituye uno de los estímulos más potentes para inducir reorganización cerebral dependiente de la experiencia (10,12).

5.1. Cambios estructurales

Diversos estudios de neuroimagen han demostrado que los músicos presentan modificaciones anatómicas en regiones auditivas, motoras y frontales, así como cambios en la organización de la sustancia blanca. Entre los hallazgos más consistentes destacan el aumento del volumen del cuerpo caloso, modificaciones del fascículo arqueado y una mayor integridad de los tractos auditivo-motores, particularmente cuando el entrenamiento musical comienza durante la infancia (12). Estas observaciones sugieren que la práctica musical prolongada favorece procesos de neuroplasticidad que modifican la conectividad cerebral y la organización de los circuitos neurales implicados en el procesamiento musical (14,15).

Asimismo, se han descrito incrementos de sustancia gris en la corteza auditiva, la corteza motora, el cerebelo, el hipocampo y diversas regiones prefrontales en individuos con entrenamiento musical prolongado (12). Estas modificaciones parecen reflejar procesos acumulativos de aprendizaje y especialización funcional dependientes de la experiencia, asociados con mecanismos moleculares y celulares de neuroplasticidad inducidos por la práctica musical sostenida (14,15).



5.2. Cambios funcionales

Además de los cambios estructurales, la música reorganiza la actividad funcional cerebral mediante el fortalecimiento de las conexiones entre regiones auditivas, motoras, límbicas y ejecutivas. Como resultado, mejora la integración entre percepción, movimiento, emoción y memoria, favoreciendo una comunicación más eficiente entre redes neuronales distribuidas (10-12). Estos cambios funcionales parecen estar sustentados por diversos mecanismos de neuroplasticidad celular y molecular inducidos por la experiencia musical repetida (14,15).

Estudios electrofisiológicos han demostrado que los músicos presentan respuestas auditivas más rápidas y precisas, así como una mayor sincronización entre regiones corticales implicadas en el procesamiento temporal, la atención y la predicción perceptiva (12,15).

5.3. Aprendizaje musical y reorganización cerebral

El aprendizaje musical constituye uno de los modelos mejor estudiados de plasticidad cerebral dependiente de la experiencia. La práctica musical sostenida se asocia con una reorganización progresiva de circuitos auditivos, sensorimotores y cognitivos, así como con modificaciones funcionales en redes cerebrales involucradas en la percepción, la memoria y el control ejecutivo (10,12). Estos cambios parecen estar sustentados por mecanismos de plasticidad sináptica y molecular que

favorecen la adaptación y el refinamiento de las conexiones neuronales en respuesta a la experiencia musical repetida (14).

Los efectos de la música sobre el cerebro no se limitan a músicos profesionales. Diversos estudios han demostrado que incluso períodos relativamente breves de entrenamiento musical pueden producir cambios detectables en el procesamiento auditivo, la memoria de trabajo, el lenguaje y las funciones ejecutivas (12,15). Estos hallazgos sugieren que la experiencia musical conserva la capacidad de inducir neuroplasticidad y promover aprendizaje a lo largo de todo el ciclo vital (10,15).

5.4. Reserva cognitiva

La participación musical sostenida se ha asociado con una mayor reserva cognitiva, entendida como la capacidad del cerebro para mantener su funcionamiento frente al envejecimiento o la enfermedad. Diversos estudios han mostrado que las personas con una trayectoria musical prolongada presentan mejor rendimiento en tareas de memoria, atención y funciones ejecutivas, así como una menor vulnerabilidad a ciertos cambios cognitivos asociados con el envejecimiento (12,15). Estos beneficios podrían estar relacionados con mecanismos de neuroplasticidad y adaptación cerebral inducidos por la práctica musical mantenida a largo plazo (14).

Adicionalmente, algunos estudios sugieren que la actividad musical regular podría contribuir a retrasar la aparición o progresión de manifestaciones



clínicas en determinadas enfermedades neurodegenerativas (13,15). Sin embargo, la magnitud exacta de este efecto y su relevancia clínica continúan siendo objeto de investigación y requieren confirmación mediante estudios longitudinales de mayor duración (13).

5.5. Mecanismos neuroplásticos potencialmente terapéuticos

Los efectos terapéuticos de la música probablemente dependen de múltiples mecanismos neuroplásticos que actúan de forma simultánea. Entre ellos destacan la potenciación sináptica, la reorganización de redes funcionales, el aprendizaje multisensorial, la sincronización auditivo-motora y la modulación de sistemas dopaminérgicos y neurotróficos (10-15).

De particular interés son los hallazgos recientes sobre neuroplasticidad molecular. Estudios en humanos han demostrado que la escucha y la práctica musical se asocia con modificaciones en la expresión génica, regulación de microARN y aumento de factores neurotróficos como el Factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF) y el factor neurotrófico derivado de la línea celular glial (GDNF), moléculas implicadas en neurogénesis, supervivencia neuronal, plasticidad sináptica y recuperación funcional tras lesión cerebral (14).

En conjunto, estos hallazgos sugieren que la música no solo modifica la actividad cerebral de forma transitoria, sino que puede inducir adaptaciones biológicas duraderas

que constituyen la base de sus potenciales aplicaciones terapéuticas en neurología, psiquiatría y rehabilitación (10-15).

6. De la neurociencia a la terapia: fundamentos de la musicoterapia

6.1. ¿Qué es la musicoterapia?

La musicoterapia es una disciplina terapéutica basada en la utilización sistemática de intervenciones musicales con el propósito de aliviar síntomas psicológicos, cognitivos, somáticos o conductuales dentro de una relación terapéutica estructurada entre paciente y terapeuta (17). A diferencia del uso recreativo de la música, la musicoterapia persigue objetivos clínicos definidos y se fundamenta en principios científicos, procedimientos terapéuticos específicos y evaluación sistemática de resultados (17).

Desde una perspectiva contemporánea, la musicoterapia puede entenderse como una intervención biopsicosocial capaz de actuar simultáneamente sobre sistemas emocionales, cognitivos, motores y fisiológicos (17). Los avances en neurociencia, rehabilitación neurológica y psicología clínica han ampliado progresivamente sus campos de aplicación, extendiéndolos más allá del ámbito psicoterapéutico tradicional hacia especialidades como neurología, psiquiatría, geriatría, rehabilitación física, neonatología y cuidados paliativos (18).



Musicoterapia activa

La musicoterapia activa implica la participación directa del paciente mediante canto, interpretación instrumental, improvisación, movimiento rítmico o creación musical. Esta modalidad promueve la interacción entre sistemas auditivos, motores, emocionales y cognitivos, favoreciendo procesos de aprendizaje, rehabilitación funcional y expresión emocional (18).

La participación en estos procesos facilita experiencias de autoeficacia, motivación y compromiso terapéutico, factores que pueden potenciar la adherencia a tratamientos prolongados y reforzar procesos de recuperación funcional (18).

Musicoterapia receptiva

La musicoterapia receptiva se basa en la escucha dirigida de música seleccionada terapéuticamente. Puede utilizarse para inducir relajación, modular estados emocionales, estimular funciones cognitivas, favorecer imaginación guiada o disminuir respuestas fisiológicas relacionadas con estrés y ansiedad (18).

Aunque el paciente adopta un papel más pasivo que en la musicoterapia activa, esta modalidad también implica un procesamiento cerebral complejo que involucra redes auditivas, límbicas y autonómicas relacionadas con emoción, memoria y regulación fisiológica (4,18).

6.2. Musicoterapia versus intervenciones basadas en música

No toda intervención musical constituye musicoterapia. En el ámbito de la salud existen diversas intervenciones basadas en música que pueden emplearse con fines terapéuticos sin requerir necesariamente la participación de un musicoterapeuta acreditado (10,13,23).

Esta distinción resulta importante tanto desde el punto de vista clínico como metodológico. La musicoterapia implica planificación terapéutica, evaluación, establecimiento de objetivos, seguimiento profesional y una relación terapéutica estructurada entre terapeuta y paciente (17). En contraste, otras intervenciones musicales pueden consistir en escuchar música, participar en actividades musicales comunitarias o utilizar estimulación auditiva con fines específicos sin constituir formalmente un proceso de musicoterapia (17).

Mainka y Weymann proponen que la musicoterapia se diferencie de otras formas de utilización de la música en salud debido a que está orientada específicamente al alivio de síntomas mediante intervenciones musicales diseñadas y aplicadas dentro de un marco terapéutico profesional (17).

Asimismo, dentro del ámbito sanitario pueden coexistir otros enfoques, como la music medicine, la estimulación auditiva rítmica, los *healing soundscapes* y diversas actividades musicales recreativas. Aunque estas estrategias pueden aportar beneficios



clínicos, difieren de la musicoterapia en sus objetivos, mecanismos de acción y nivel de estructuración terapéutica (17,23).

6.3. Mecanismos terapéuticos propuestos

La evidencia actual sugiere que los efectos terapéuticos de la música dependen de múltiples mecanismos neurobiológicos y psicológicos que operan de manera simultánea e interactiva (4,10,18).

Modulación emocional

La música activa estructuras límbicas implicadas en la regulación emocional, incluyendo amígdala, ínsula, hipocampo y corteza cingulada. Como resultado, puede disminuir síntomas de ansiedad, promover estados afectivos positivos, facilitar la expresión emocional y modular el estrés psicológico (4,10,18).

La respuesta emocional inducida por la música constituye uno de los mecanismos más consistentes observados en diferentes poblaciones clínicas y probablemente contribuye de forma importante a muchos de los beneficios terapéuticos reportados (4,18).

Regulación autonómica

La música influye sobre el sistema nervioso autónomo mediante la modulación de frecuencia cardíaca, presión arterial, frecuencia respiratoria y respuesta neuroendocrina al estrés. Diversos estudios han demostrado disminución de cortisol y reducción de la activación simpática en asociación con intervenciones musicales,

favoreciendo estados fisiológicos compatibles con relajación y recuperación (10,18).

Estimulación cognitiva

La música activa extensas redes cerebrales implicadas en la atención, la memoria, el lenguaje y las funciones ejecutivas, favoreciendo la integración entre múltiples dominios cognitivos (10). Estas propiedades han sustentado su utilización en programas de rehabilitación cognitiva, envejecimiento cerebral, demencia y recuperación posterior a lesiones neurológicas (13,18).

Además, la organización temporal, rítmica y predictiva de la música facilita procesos de anticipación, aprendizaje y reorganización cerebral dependientes de la experiencia (4). Estos mecanismos pueden aprovecharse terapéuticamente para estimular capacidades cognitivas preservadas y promover procesos de rehabilitación neurológica (18).

Facilitación motora

La conexión funcional entre sistemas auditivos y motores permite que los estímulos musicales actúen como señales externas capaces de organizar temporalmente el movimiento. Este fenómeno, conocido como sincronización o entrainment auditivo-motor, constituye uno de los fundamentos más sólidos de la musicoterapia neurológica (3,18).

La estimulación auditiva rítmica ha demostrado mejorar marcha, equilibrio,



coordinación y velocidad de movimiento en diferentes trastornos neurológicos, particularmente enfermedad de Parkinson y rehabilitación postictus (18).

Inducción de neuroplasticidad

La música constituye un potente estímulo neuroplástico debido a su capacidad para activar simultáneamente múltiples sistemas cerebrales. Estudios recientes sugieren que las intervenciones musicales pueden favorecer reorganización funcional de redes neuronales, fortalecimiento sináptico, incremento de conectividad cerebral y modulación de factores neurotróficos relacionados con recuperación neurológica (10-15,18).

En conjunto, los beneficios clínicos observados probablemente no dependen de un único mecanismo aislado, sino de la interacción dinámica entre procesos emocionales, cognitivos, motores, autonómicos y neuroplásticos que convierten a la música en una intervención particularmente versátil dentro del contexto terapéutico moderno (4,10,18).

7. Aplicaciones clínicas de la música y la musicoterapia

La evidencia disponible sugiere que la música y la musicoterapia pueden generar beneficios clínicos en diversas condiciones neurológicas, psiquiátricas y médicas, incluyendo deterioro cognitivo, enfermedades neurológicas, trastornos mentales graves y procesos de rehabilitación (13,18,21). Sin embargo, los efectos observados suelen ser

moderados y presentan una considerable heterogeneidad según la población estudiada, el tipo de intervención empleada y la calidad metodológica de los estudios disponibles (10,21).

7.1. Demencias y deterioro cognitivo

Los hallazgos más consistentes incluyen mejoría del estado de ánimo, reducción de síntomas conductuales y psicológicos, incremento de la interacción social y preservación parcial de funciones cognitivas en personas con deterioro cognitivo y demencia (13). Además, las intervenciones musicales activas parecen generar mayores beneficios que la escucha pasiva en dominios como el compromiso social, la participación terapéutica y la calidad de vida durante los procesos de rehabilitación y estimulación cognitiva (18).

Asimismo, la música familiar posee una notable capacidad para evocar recuerdos autobiográficos relevantes incluso en fases avanzadas del deterioro cognitivo, favoreciendo la orientación personal, la evocación de experiencias significativas y la conexión emocional con familiares y cuidadores (13).

7.2. Enfermedad de Parkinson

La estimulación auditiva rítmica constituye una de las aplicaciones más consolidadas de la musicoterapia neurológica. Los estudios muestran mejoría de la velocidad de marcha, longitud del paso, cadencia y estabilidad postural. También se han observado reducciones en los episodios de



congelamiento motor y mejoras en movilidad funcional y calidad de vida (18).

Algunos programas de música activa y terapia rítmica también han mostrado beneficios sobre estado de ánimo, expresión emocional y participación social (18).

7.3. Rehabilitación postictus

La evidencia sugiere efectos favorables sobre recuperación motora, coordinación y funciones del lenguaje. La terapia de entonación melódica ha demostrado utilidad en determinados pacientes con afasia, facilitando la producción verbal mediante circuitos musicales relativamente preservados (18).

Además, algunos estudios muestran mejorías en atención, memoria de trabajo, velocidad de procesamiento y estado de ánimo durante los programas de rehabilitación (12,18).

7.4. Trastornos depresivos

La musicoterapia se ha asociado con reducción de síntomas depresivos, incremento de bienestar emocional y mejor calidad de vida cuando se utiliza como complemento del tratamiento habitual (10,21).

Los beneficios parecen ser mayores cuando las intervenciones incluyen participación, improvisación, canto o creación musical, aunque la escucha musical estructurada también ha mostrado efectos positivos en múltiples estudios (21).

7.5. Trastornos de ansiedad

Las intervenciones musicales se han asociado con reducción de ansiedad subjetiva, mejor regulación emocional y disminución de parámetros fisiológicos relacionados con estrés, incluyendo frecuencia cardíaca, activación autonómica y tensión muscular (10,19).

Los efectos parecen particularmente útiles en contextos hospitalarios, procedimientos médicos, rehabilitación y enfermedades crónicas (19,20).

7.6. Esquizofrenia y otros trastornos psicóticos

La esquizofrenia constituye una de las patologías más estudiadas en musicoterapia. Las revisiones muestran mejorías en síntomas negativos, motivación, interacción social, participación en tratamiento y funcionamiento global cuando la musicoterapia se añade al tratamiento convencional (21).

También se han descrito beneficios sobre expresión emocional, autoestima, comunicación interpersonal y calidad de vida percibida (21).

7.7. Trastorno bipolar

La evidencia disponible es menor que en otros trastornos psiquiátricos. Los resultados preliminares sugieren posibles beneficios en regulación emocional, adherencia terapéutica y funcionamiento psicosocial durante fases de estabilidad clínica (10,21).



Actualmente la evidencia sigue considerándose insuficiente para establecer recomendaciones específicas.

7.8. Trastornos del neurodesarrollo

Trastorno del espectro autista

Los estudios describen mejorías en la comunicación social, el contacto interpersonal, la atención compartida, la reciprocidad emocional y la expresión afectiva en diversos grupos clínicos expuestos a intervenciones musicales (21). La música parece facilitar formas alternativas de interacción y comunicación cuando existen limitaciones del lenguaje verbal, posiblemente mediante la activación de redes emocionales, cognitivas y no verbales preservadas (10).

Trastorno por déficit atencional e hiperactividad.

Se han observado beneficios modestos sobre atención sostenida, control inhibitorio, autorregulación y algunas funciones ejecutivas. Sin embargo, los resultados son variables entre estudios (10).

7.9. Dolor agudo y crónico

La evidencia actual respalda la utilización de la música como complemento analgésico no farmacológico. Un metaanálisis reciente mostró reducción significativa de la intensidad del dolor y de los síntomas depresivos asociados al dolor crónico (20).

Los beneficios fueron especialmente consistentes en dolor crónico no maligno

y dolor asociado a cáncer, observándose además disminución de angustia emocional y mejor afrontamiento del dolor (20).

7.10. Sueño e insomnio

La escucha musical antes de dormir se ha asociado con mejor calidad subjetiva del sueño, reducción de latencia de inicio y menor percepción de insomnio. Los efectos parecen más evidentes cuando la intervención se mantiene durante varias semanas (10,20).

7.11. Cuidados paliativos y oncología

La musicoterapia ha mostrado beneficios consistentes sobre bienestar emocional, ansiedad, dolor, calidad de vida y acompañamiento durante enfermedades avanzadas. En pacientes oncológicos se han descrito además reducciones en sufrimiento emocional, mayor relajación y mejor adaptación al proceso de enfermedad (20).

La intervención también facilita la comunicación emocional entre pacientes, familiares y equipo tratante, aspecto especialmente valorado en contextos paliativos (20).

7.12. Trastornos de la conciencia

Una aplicación emergente corresponde a pacientes en estado mínimamente consciente o con trastornos de conciencia prolongados. Un ensayo clínico aleatorizado mostró mejoría de parámetros del sistema nervioso autónomo, incremento de puntuaciones en la escala de Glasgow (GCS) y signos de reorganización de redes cerebrales observados mediante fMRI



e imágenes por tensor de difusión (DTI) tras cuatro semanas de musicoterapia en comparación con estimulación auditiva familiar o cuidados habituales (19).

Estos hallazgos sugieren un posible papel de la música como estrategia complementaria en programas de neurorehabilitación orientados al despertar y recuperación de la conciencia, aunque la evidencia aún es preliminar (19).

8. Limitaciones actuales de la evidencia

A pesar de los resultados alentadores, la evidencia disponible presenta importantes limitaciones que dificultan la comparación entre estudios y la formulación de recomendaciones definitivas. Entre las principales se encuentran la heterogeneidad metodológica, la variabilidad en los protocolos de intervención, las dificultades para realizar cegamiento, los tamaños muestrales reducidos y la complejidad para determinar qué componentes específicos de la experiencia musical son responsables de los beneficios observados (10,13,18,21).

Además, numerosos estudios utilizan descripciones incompletas de las intervenciones musicales, lo que dificulta la reproducibilidad y la realización de metaanálisis robustos. Persisten diferencias importantes en la selección musical, modalidad de intervención, frecuencia de sesiones, duración de los programas y características de los terapeutas, generando una considerable heterogeneidad entre estudios (22,23).

Otra limitación relevante es la escasez de estudios multicéntricos con seguimiento prolongado. La mayoría de los ensayos evalúan resultados a corto plazo, por lo que aún existe incertidumbre acerca de la magnitud y persistencia de los beneficios observados a largo plazo, así como sobre su impacto en desenlaces clínicamente relevantes como hospitalización, funcionalidad, institucionalización o utilización de servicios de salud (13,18,23).

Asimismo, los estudios suelen centrarse en indicadores sintomáticos o cognitivos, mientras que variables relevantes para pacientes y cuidadores, como calidad de vida, bienestar emocional, carga del cuidador, autonomía y participación social, continúan insuficientemente representadas en la investigación actual (22,23).

9. Perspectivas futuras

Las futuras investigaciones se orientarán hacia intervenciones musicales más personalizadas, apoyadas en biomarcadores, neuroimagen avanzada, inteligencia artificial y herramientas digitales capaces de adaptar las intervenciones a las características de cada paciente (10-12,18).

Será prioritario desarrollar estudios multicéntricos con metodologías estandarizadas que permitan definir dosis terapéuticas óptimas, duración de los efectos y perfiles de respuesta clínica, así como evaluar su coste-efectividad (22,23).

Asimismo, la integración de la musicoterapia con telemedicina, sensores



fisiológicos y dispositivos portátiles podría mejorar la accesibilidad y el seguimiento terapéutico (23).

Desde el punto de vista neurocientífico, será necesario profundizar en los mecanismos biológicos subyacentes mediante neuroimagen, electrofisiología, genética y biomarcadores de neuroplasticidad (14,22,23).

Finalmente, la consolidación de estándares internacionales de formación, acreditación y reporte metodológico favorecerá la incorporación de la musicoterapia dentro de modelos asistenciales multidisciplinarios y políticas públicas de medicina basada en evidencia (17,23).

10. Conclusiones

La música constituye un fenómeno complejo en cuyo contexto, se transforma señales acústicas en experiencias perceptivas, emocionales y cognitivas mediante la participación coordinada de múltiples sistemas cerebrales. La evidencia actual demuestra que la música activa circuitos auditivos, motores, límbicos y de recompensa, favoreciendo procesos de aprendizaje, regulación emocional y neuroplasticidad.

Los hallazgos revisados nos dan un panorama científico sólido, pero todavía en construcción para comprender los efectos de la música sobre el cerebro, respaldando el uso de intervenciones musicales y musicoterapéuticas como estrategias

complementarias en neurología, psiquiatría y rehabilitación. Aunque persisten limitaciones metodológicas y es necesaria una mayor estandarización de la investigación, los avances en neuroimagen, biomarcadores y medicina personalizada permitirán definir con mayor precisión sus mecanismos de acción y optimizar sus aplicaciones clínicas. En conjunto, la música representa una herramienta terapéutica prometedora, accesible y con creciente respaldo neurocientífico.

Referencias Bibliográficas

1. Kadis J. Acoustics: The Study of Sound Waves. Stanford: Center for Computer Research in Music and Acoustics; 2015.
2. Patil K, Pressnitzer D, Shamma S, Elhilali M. Music in Our Ears: The Biological Bases of Musical Timbre Perception. PLoS Comput Biol. 2012;8(11):e1002759.
3. Burger B, Thompson MR, Luck G, Saarikallio S, Toiviainen P. Influences of Rhythm- and Timbre-Related Musical Features on Characteristics of Music-Induced Movement. Front Psychol. 2013;4:183.
4. Zatorre RJ, Salimpoor VN. From Perception to Pleasure: Music and Its Neural Substrates. Proc Natl Acad Sci U S A. 2013;110(Suppl 2):10430-10437.



5. McDermott JH, Oxenham AJ. Music Perception, Pitch, and the Auditory System. *Curr Opin Neurobiol.* 2008;18(4):452-463.
6. Zhang H, Lin J, Chen S. Timbre Perception, Representation, and Its Neuroscientific Exploration: A Comprehensive Review. *arXiv.* 2024.
7. Mozaffari K, Ahmadpoor F, Deng Q, Sharma P. A Minimal Physics-Based Model for Musical Perception. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2023;120(5):e2216146120.
8. Domingues RB, Domingues LA, Procaci VR, Pedroso JL. The Neuroscience of Music Perception: A Narrative Review. *Arq Neuropsiquiatr.* 2025;83(9).
9. Ferreri L, Mas-Herrero E, Zatorre RJ, Ripollés P, Gomez-Andres A, Alicart H, et al. Dopamine Modulates the Reward Experiences Elicited by Music. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2019;116(9):3793-3798.
10. Noda Y, Noda T. The Influence of Music on Mental Health Through Neuroplasticity: Mechanisms, Clinical Implications, and Contextual Perspectives. *Brain Sci.* 2025;15:1248.
11. Osei Duah Junior I, Rodriguez DS, Germain CM. Music-Induced Cortical Plasticity: Protocol for a Systematic Review. *PLoS One.* 2026;21(7):e0336011.
12. Toader C, Tataru CP, Florian IA, Covache-Busuioac RA, Bratu BG, Glavan LA, et al. Cognitive Crescendo: How Music Shapes the Brain's Structure and Function. *Brain Sci.* 2023;13:1390.
13. Dorris JL, Neely S, Terhorst L, VonVille HM, Rodakowski J. Effects of Music Participation for Mild Cognitive Impairment and Dementia: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Am Geriatr Soc.* 2021;69(9):2659-2667.
14. Kunikullaya UK, Pranjić M, Rigby A, Pallás-Ferrer I, Anand H, Kunnavil R, et al. The Molecular Basis of Music-Induced Neuroplasticity in Humans: A Systematic Review. *Neurosci Biobehav Rev.* 2025;175:106219.
15. Zaatar MT, Alhakim K, Enayeh M, Tamer R. The Transformative Power of Music: Insights Into Neuroplasticity, Health, and Disease. *Brain Behav Immun Health.* 2024;35:100716.
16. Arshad, H., Muhammad, G., Khan, A. R., & Arshad, A. (2023). Vocal music and brain plasticity: A literature review. *European Psychiatry*, 66(Suppl 1), EPP0230
17. Mainka S, Weymann E. Music Therapy Newly Defined. *Approaches.* 2025;17(4):812-824.
18. Yu M, Song Y, Song H, Duan H, Zhang G. Advances in Music Therapy for



- Neurological Rehabilitation. Front Neurol. 2026;17:1821915.
19. Xiao X, Chen W, Zhang X. The Effect and Mechanisms of Music Therapy on the Autonomic Nervous System and Brain Networks of Patients in a Minimally Conscious State: A Randomized Controlled Trial. Front Neurosci. 2023;17:1182181.
20. Chen S, Yuan Q, Wang C, Ye J, Yang L. The Effect of Music Therapy for Patients With Chronic Pain: Systematic Review and Meta-analysis. BMC Psychol. 2025;13:455.
21. Golden TL, Springs S, Kimmel HJ, Gupta S, Tiedemann A, Sandu CC, et al. The Use of Music in the Treatment and Management of Serious Mental Illness: A Global Scoping Review of the Literature. Front Psychol. 2021;12:649840.
22. Gustavson DE, Coleman PL, Iversen JR, Maes HH, Gordon RL, Lense MD. Mental Health and Music Engagement: Review, Framework, and Guidelines for Future Studies. Transl Psychiatry. 2021;11:370.
23. Lan YY, Kovinthapillai R, Wiczo-rowska-Tobis K, Tobis S. Music Therapy in Health Care Practice: Promise, Pitfalls, and Policy Implications. Front Hum Neurosci. 2026;20:1768102.