

Música y cerebro (II): evidencias cerebrales del entrenamiento musical

Gema Soria-Urios, Pablo Duque, José M. García-Moreno

Resumen. La música es un estímulo multimodal muy potente que transmite información visual, auditiva y motora a nuestro cerebro, el cual cuenta con una red específica para su procesamiento, compuesta por regiones fronto-temporoparietales. Esta activación puede resultar muy provechosa en el tratamiento de diversos síndromes y enfermedades, ya sea rehabilitando o bien estimulando conexiones neuronales alteradas. Revisamos también las peculiaridades del cerebro del músico y vemos cómo el cerebro se adapta según las necesidades para mejorar su ejecución musical.

Palabras clave. Cuerpo caloso. Música. Musicoterapia. Plano temporal. Rehabilitación. Tono absoluto.

Introducción

Como describimos en el anterior artículo [1], los trastornos musicales pueden ser objeto de rehabilitación y la música puede ser instrumento rehabilitador, de tal forma que se puede utilizar con fines terapéuticos tanto física como emocional y socialmente, por lo que se aplica en numerosos trastornos y con múltiples finalidades.

En un segundo bloque de esta revisión nos adentramos en el cerebro del músico. Como sabemos, el cerebro es capaz de reorganizarse dependiendo de sus necesidades, y así se ha podido comprobar en diversos estudios al respecto; como veremos, nos encontramos con que existen diferencias tanto estructurales como funcionales en el cerebro de un músico profesional.

Terapias musicales

Según la World Federation of Music Therapy (WFMT), 'la musicoterapia consiste en el uso de la música y/o de sus elementos musicales (sonido, ritmo, melodía, armonía) por un musicoterapeuta, con un paciente o grupo, en el proceso diseñado para facilitar y promover la comunicación, el aprendizaje, la movilización, la expresión, la organización u otros objetivos terapéuticos relevantes, con el fin de lograr cambios y satisfacer necesidades físicas, emocionales, mentales, sociales y cognitivas. La musicoterapia busca descubrir potenciales y restituir funcio-

nes del individuo para que éste alcance una mejor organización intra e interpersonal y, consecuentemente, una mejor calidad de vida a través de la prevención y rehabilitación en un tratamiento' [2].

Como describe la definición de la WFMT de la musicoterapia, ésta es capaz de mejorar nuestra salud física y psicológica. ¿Qué factores contribuyen a que la musicoterapia sea efectiva? Hillecke y su equipo del Centro Alemán de Investigación de la Musicoterapia describen cinco factores [3]:

- *Modulación atencional o factor atencional.* La música tiene la capacidad de atraer nuestra atención de manera más potente que otros estímulos sensitivos. Este factor se ha utilizado tanto para activar como para distraer, por ejemplo, en casos de elevado estrés.
- *Modulación emocional o factor emocional.* Como sabemos, la música es capaz de modular emociones y de provocar en nosotros respuestas emocionales, implicando áreas corticales y subcorticales. Este factor está muy involucrado en el uso de la musicoterapia en el tratamiento de trastornos emocionales como la depresión, la ansiedad o el estrés postraumático [4].
- *Modulación cognitiva o factor cognitivo.* La música, como entidad neurocognitiva, conlleva diversas funciones cognitivas en su procesamiento. Este factor implica la memoria asociada a la música (codificación, almacenamiento y recuperación) y a los diversos aspectos implicados en el análisis de la música.
- *Modulación conductual o factor motor-conductual.*

Centro de Daño Cerebral NISA Vinalopó; Elx, Alacant (G. Soria-Urios, P. Duque). Fundación Instituto Valenciano de Neurorehabilitación (P. Duque). Programa de Neuropsicología Clínica; Área Hospitalaria Virgen Macarena; Sevilla (P. Duque). Servicio de Neurología; Hospital Universitario Virgen Macarena; Sevilla, España (J.M. García-Moreno).

Correspondencia:

Dra. Gema Soria Urios. Centro de Daño Cerebral NISA Vinalopó. María de Maeztu, 5. E-03208 Elx (Alacant).

Fax:

+34 962 031 003.

E-mail:

gemasour@gmail.com

Acceptado tras revisión externa: 11.10.11.

Cómo citar este artículo:

Soria-Urios G, Duque P, García-Moreno JM. Música y cerebro (II): evidencias cerebrales del entrenamiento musical. Rev Neurol 2011; 53: 739-46.

© 2011 Revista de Neurología

La música es capaz de evocar patrones de movimiento incluso de manera inconsciente. Este hecho implica la posibilidad de usar la música mediante la estimulación del ritmo en la rehabilitación de pacientes con daño cerebral y en el tratamiento de pacientes con enfermedades del movimiento [5,6].

- *Modulación comunicativa o factor interpersonal.* La música implica comunicación y, como tal, se puede emplear para entrenar habilidades de comunicación no verbal, lo que puede ser muy útil en el caso de alteraciones conductuales y autismo.

A estos cinco factores debemos añadir la modulación perceptiva [4]. El entrenamiento musical mejora la percepción acústica, lo que repercute en otros procesos como la comprensión del lenguaje.

En resumen, estos seis factores nos aportan información sobre qué está en la base del buen funcionamiento de la musicoterapia, pero ¿qué resultados vamos a poder obtener? Koelsch propone tres dominios principales sobre los cuales podemos lograr resultados mediante la musicoterapia: emoción, acción-percepción y cognición social [4]:

- *Emoción.* Escuchar música tiene efectos claros sobre estructuras límbicas y paralímbicas. Se ha podido comprobar que el placentero efecto del escalofrío por la espalda va ligado a un aumento en el flujo sanguíneo en la ínsula, en la corteza orbitofrontal, en la corteza prefrontal ventromedial y en el estriado ventral. Asimismo, también se ha registrado una disminución del flujo sanguíneo en la amígdala y el hipocampo [7]. Este hallazgo apoya el tratamiento con musicoterapia de trastornos ligados a disfunciones amigdalinas, como podría ser el caso de la depresión o la ansiedad. Koelsch apunta la posibilidad de que la musicoterapia active el hipocampo, de manera que prevenga la muerte de neuronas hipocámpicas y el bloqueo de la neurogénesis hipocámpica (presente en alteraciones como la depresión y el estrés postraumático). También cabe señalar la importancia del núcleo *accumbens*, ya que su activación se correlaciona con la experiencia placentera de escuchar piezas musicales agradables [7]. A todos estos efectos sobre determinadas áreas cerebrales debemos sumarle el efecto que tienen las emociones sobre el sistema nervioso vegetativo, así como sobre el sistema hormonal y el sistema inmune: con la música también podemos obtener efectos beneficiosos en pacientes con trastornos endocrinos, autoinmunes o autonómicos.
- *Acción-percepción.* En los diversos estudios realizados se ha podido comprobar que la percepción

musical no sólo activa áreas auditivas, sino que también activa áreas motoras, y no es necesario que seamos músicos para ello [8]. Este hecho resulta significativo para la musicoterapia, ya que estos mecanismos resultarán útiles para el aprendizaje de acciones, su comprensión y la capacidad de predicción en las acciones de otros.

- *Cognición social.* Dentro del paradigma de la teoría de la mente (ToM), se ha buscado esclarecer si el hecho de conocer que un autor ha escrito una determinada pieza musical con un fin concreto influirá en nuestra percepción sobre su obra [9], y se ha podido demostrar que también se activaban redes de la ToM: corteza frontal anteromedial, surco temporal superior bilateral y ambos polos temporales. Los autores concluyeron que resultaba necesaria más investigación al respecto para conseguir aplicar estos hallazgos a la musicoterapia, principalmente en casos de alteraciones conductuales y autismo [9].

Como vemos, existe una amplia base que justifica el uso de la música como instrumento terapéutico. En la práctica clínica diaria la musicoterapia se aplica en una gran cantidad de trastornos, pero tal y como veremos a continuación, carecemos de suficientes estudios metodológicamente bien estructurados que puedan demostrar la efectividad de la musicoterapia o las terapias musicales.

Demencia y terapia musical

El tratamiento de las demencias se compone (preferentemente) de la combinación de la terapia farmacológica y diversas terapias no farmacológicas. La musicoterapia, así como la estimulación cognitiva, es una de las terapias no farmacológicas más utilizadas. Busca la mejora de la calidad de vida de las personas con demencia mediante la estimulación de capacidades psicomotoras, perceptivo-cognitivas, de comunicación y socioemocionales.

La práctica de la musicoterapia con las personas con demencia nos ha permitido ver que la música influye en su comportamiento y su humor, ya que puede hacer que estén más tranquilas. Asimismo facilitamos la reminiscencia, las expresiones emocionales y el movimiento. Al igual que en la estimulación cognitiva, es muy importante que el material que empleamos para realizar la intervención sea significativo. En el caso de la música, si tenemos en cuenta sus gustos y sus experiencias con la música, obtendremos mejores resultados [2].

Según una revisión Cochrane [10], actualmente no tenemos evidencia científica sobre la efectividad

de la terapia musical en el tratamiento de los diversos síntomas de la demencia, pero la práctica diaria nos aporta otras conclusiones, ya que con la música podemos conseguir tranquilidad, emoción, reminiscencia, sociabilidad e, incluso, en fases avanzadas de demencia en las que los pacientes apenas reaccionan ante los estímulos, vemos cómo siguen reaccionando ante la música. Dados estos resultados, deberían diseñarse estudios que aportasen pruebas científicas sobre la efectividad de esta terapia.

Estrés y ansiedad y terapia musical

Recientemente se ha publicado una revisión Cochrane en la cual se revisan los efectos de la terapia musical en pacientes con enfermedades cardíacas [11]. En el caso de las enfermedades coronarias la musicoterapia está orientada a reducir el estrés y la ansiedad para mejorar el funcionamiento fisiológico. Los estudios revisados, a pesar de que encontraron efectos sobre la frecuencia cardíaca, la frecuencia respiratoria y la presión arterial, no hallaron evidencia suficiente para afirmar que la terapia musical reduzca la ansiedad y el estrés en este tipo de pacientes. No obstante, cuenta con ciertos efectos. También cabe señalar que, en los estudios que componen la revisión, la terapia musical estaba basada en escuchar música grabada, por lo que cabría realizar estudios más exhaustivos con la música ofrecida por musicoterapeutas entrenados.

Depresión y musicoterapia

El efecto que tiene la musicoterapia en la depresión no está claro. Diversos estudios han comparado el efecto de la musicoterapia con el obtenido en otras terapias, farmacológicas o no. La revisión Cochrane incluyó cinco estudios [12], en los cuales vieron que la combinación de la musicoterapia con terapias tradicionales obtenía una mayor reducción de los síntomas en comparación con el tratamiento tradicional. En cualquier caso, los resultados no son consistentes y resulta necesario destinarle una mayor atención.

Esquizofrenia y musicoterapia

En el caso de la esquizofrenia y otras enfermedades mentales graves, la música puede ayudar a que las personas que las padecen desarrollen sus relaciones y sus capacidades de expresión con los demás. Los diversos estudios publicados al respecto nos dicen que la musicoterapia es capaz de mejorar el estado global de las personas con esquizofrenia, así como su

estado mental y su funcionamiento en general, siempre que se realice el número de sesiones adecuado [13].

Afasia y terapia musical

Las personas con afasia no fluida son capaces de cantar palabras pero no de hablar. Por esta razón, se reconoce el uso de la melodía y el ritmo en este tipo de pacientes y, más específicamente, el uso de la terapia de entonación melódica (TEM).

Norton et al hablan en una publicación reciente de la TEM, de sus posibilidades de aplicación y de su utilidad [14]. La TEM utiliza los elementos musicales melodía y ritmo, también presentes en el lenguaje, para mejorar la expresividad del lenguaje mediante el canto (que está preservado), de manera que se pueden implicar áreas homólogas del hemisferio derecho. La terapia consiste en que, según diversos niveles, el paciente debe entonar una palabra o frase, mientras que tamborilea con la mano izquierda y recibe pistas visuales. Los autores remarcan que es muy importante que el paciente a su vez haga reproducciones 'internas,' para sí mismo, de manera que esto lo ayude a corregir la secuencia motora para la articulación de palabras, junto con el entrenamiento en el *feedback* auditivomotor, con el que el paciente será capaz de reconocer sus propios errores y así modificar su articulación.

Como hemos visto, mediante la entonación y el ritmo vamos a implicar al hemisferio derecho de forma auditiva y sensoriomotora, lo cual ayudará al paciente a mejorar su producción silábica, ya que sabemos que el hemisferio derecho también posee potencial lingüístico.

Autismo y musicoterapia

La música es capaz de estimular la comunicación y expresión, problemas centrales en las personas con autismo. De hecho, una de las aplicaciones más extendidas de la musicoterapia es el autismo, donde se han encontrado muy buenos resultados. En una reciente publicación, Wan et al [15] proponen que se trata de diseñar intervenciones que involucren a las neuronas espejo, lo cual es posible mediante la utilización de los instrumentos musicales, poniendo en marcha así no sólo patrones motores, sino también mecanismos de imitación y comunicación. Estos autores también señalan el uso de la TEM adaptada al niño autista, e integran el uso de instrumentos musicales en la terapia además de los componentes básicos vistos anteriormente. En la revisión Cochrane confirman que los niños del espectro autista son capaces de mejorar sus habilida-

des comunicativas con la ayuda de las terapias musicales [16].

Daño cerebral y terapia musical

Thaut et al publicaron recientemente que con cuatro sesiones de 30 minutos de terapia neurológica musical consiguieron resultados cognitivos y emocionales inmediatos en un grupo de pacientes con daño cerebral [17]. La terapia neurológica musical se define como la 'aplicación terapéutica de la música en disfunciones motoras, sensoriales y cognitivas secundarias a alteraciones neurológicas' [17]. Asimismo, Särkämö y su equipo también estudiaron el efecto de la música en un grupo de pacientes con daño cerebral, pero en este caso el estudio consistió en seis meses de tratamiento [18]. En este estudio compararon el efecto que tiene la terapia musical comparada con la terapia verbal o no recibir ninguna terapia auditiva complementaria, en un contexto en el que los pacientes seguían un programa de rehabilitación para pacientes con daño cerebral secundario a ictus de la arteria cerebral media. El tratamiento consistía en escuchar diariamente su música favorita o los audiolibros que habían seleccionado (según el grupo experimental). Se realizaron pruebas neuropsicológicas y de neuroimagen (basal, y a tres y seis meses) y también se valoró el estado de ánimo y la calidad de vida. Tras finalizar el tratamiento, observaron que los pacientes que habían seguido el tratamiento musical habían mejorado sus puntuaciones en memoria verbal y atención focalizada, a la vez que previnieron estados depresivos y confusionales.

Como podemos ver, son múltiples las posibilidades de aplicación de la musicoterapia y, aunque no contamos con evidencia científica suficiente, la música podría ser útil para la rehabilitación y estimulación en diversas enfermedades y cuadros clínicos, además de resultar una excelente herramienta para desarrollar diversas habilidades, ya que activa procesos cognitivos, afectivos y sensoriomotores transferibles a otras funciones cognitivas [17].

Evidencias cerebrales del entrenamiento musical

La corteza cerebral tiene la marcada capacidad para reorganizarse según sus necesidades, y el efecto que produce la música en él podemos verlo en cuestiones como, por ejemplo, las diferencias anatómicas presentes en aquellos músicos que cuentan con la habilidad del tono absoluto [19].

Otro ejemplo de la reorganización cortical es el de las personas invidentes con habilidades auditivas más desarrolladas: la privación de una de las áreas sensoriales como la visión puede incrementar las habilidades en otras modalidades. En un estudio realizado con tomografía por emisión de positrones se pudo observar que personas invidentes tenían una mayor expansión del territorio auditivo en la corteza cerebral ya que en tareas de localización de sonidos activaron áreas visuales [20].

Diversos estudios han mostrado cómo el aprendizaje y adquisición de una nueva destreza produce cambios en la representación cortical, como el realizado por Pascual-Leone et al [21], quienes asociaron que aprender una secuencia de cinco dedos para piano durante cinco días implicaba una cierta reorganización de la corteza motora.

El cerebro del músico es un buen paradigma para estudiar la influencia de la música sobre el cerebro, ya que nos ofrece la oportunidad de ver qué diferencias estructurales y funcionales hallamos en aquellas personas que han realizado estudios musicales respecto a las que nunca lo han hecho.

Como sabemos, la producción musical implica que nuestro cerebro se active para leer una partitura, realizar movimientos específicos, mantener activa la memoria y la atención, identificar los tonos y controlar la afinación e incluso improvisar. No resulta descabellado pensar que el hecho de practicar la música diariamente durante años tendrá repercusiones cerebrales ya que, como sabemos, el cerebro se adapta a nuestras necesidades, tanto funcional como estructuralmente. Algunos autores se plantearon la posibilidad de que los músicos contaran con una anatomía cerebral previa como prerrequisito para poder adquirir habilidades musicales, pero, como veremos más adelante, diversos estudios han mostrado que estas diferencias se deben a la práctica musical intensa principalmente [21,22].

Schlaug et al publicaron un estudio en el cual demostraban diferencias en el cuerpo caloso de los músicos profesionales [23]. Compararon a personas con estudios musicales con personas que no eran músicos y encontraron que la mitad anterior del cuerpo caloso era significativamente mayor en los músicos, en especial en aquellos que iniciaron sus estudios musicales a edades tempranas (antes de los 7 años), con un cerebro en vías de desarrollo. Estas diferencias en el tamaño del cuerpo caloso las relacionaron con un mayor número de fibras o fibras con mayor mielinización. En cualquier caso, el mayor tamaño del cuerpo caloso de los músicos implica una mayor velocidad de transferencia interhemisférica.

Años después se replicaron los hallazgos comentados anteriormente con una muestra distinta [24], pero encontraron que el efecto que tenía la música en el cerebro masculino no lo tenía en el femenino. Es posible que estos resultados se obtuviesen debido a una organización más simétrica del cerebro en las mujeres o a que en la muestra del experimento se contaba con un gran número de mujeres con tono absoluto, el cual no fue controlado y podría explicar esta diferencia, aunque nos parece improbable.

En un estudio sobre la simetría y representación de la mano en la corteza cerebral, se tomó la longitud entre surcos de la parte posterior del giro precentral como marcador anatómico de la corteza motora primaria. Se pudo observar que los músicos profesionales tienen una mayor simetría entre los dos hemisferios, así como un mayor tamaño [25,26]. Estos resultados los atribuyen al control de la mano no dominante para tocar el instrumento y, como hemos visto en otros estudios, el efecto es más importante cuanto menor es la edad de inicio de los estudios musicales.

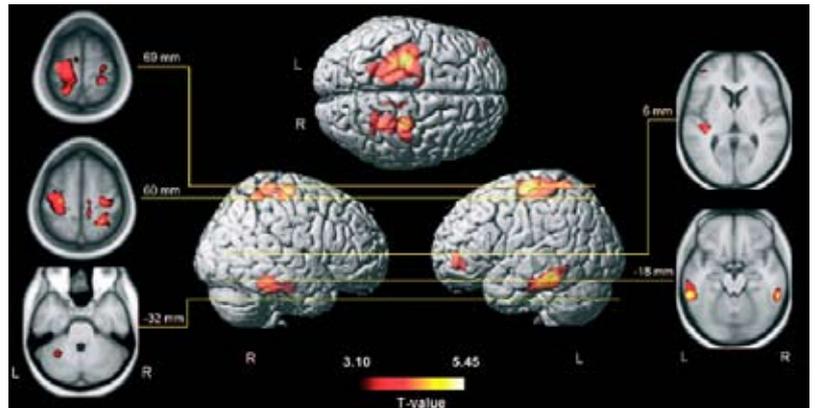
Sabemos que el cerebelo, entre otras funciones cognitivas, está implicado en la coordinación y en la secuenciación temporal de los movimientos, actividades que resultan fundamentales en la producción musical. En un estudio en el que se valoraba si había diferencias en el cerebelo del músico, se comprobó que los músicos tienen un mayor volumen cerebeloso, pero al igual que en el cuerpo caloso, este efecto sólo se vio en hombres, ya que entre mujeres músicos y no músicos no se encontraron diferencias [27]. Los autores atribuyen este hecho a diversas posibles causas:

- El cerebelo de las mujeres alcanza su nivel máximo de desarrollo mucho antes que el cerebelo del hombre.
- El cerebelo de las mujeres ya es de por sí de mayor tamaño que el de los hombres, con lo que es posible que se produzca un 'efecto techo'.

Además de estos dos hallazgos, los autores también vieron que el mayor tamaño del cerebelo era dependiente de la intensidad del entrenamiento musical (horas al día a lo largo de toda la vida), así como de haber iniciado antes de los 7 años el entrenamiento musical [28].

Gaser y Schlaug realizaron un estudio en el cual, con morfometría vóxel a vóxel, vieron que los músicos profesionales, comparados con músicos amateurs y no músicos, tenían concentraciones más elevadas de materia gris en áreas motoras, auditivas y visuoespaciales [28], todas ellas implicadas en la producción y percepción de la música.

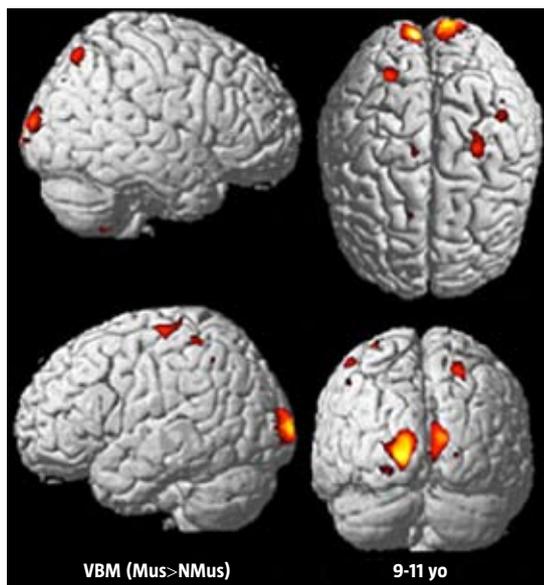
Figura 1. Diferencias regionales en el volumen de la materia gris. Podemos apreciar un mayor volumen de materia gris en áreas visuoespaciales, auditivas y motoras en músicos profesionales. Imagen tomada de [29].



Cabe aquí plantearse si estas diferencias en diversas áreas son innatas o si, por el contrario, se deben al entrenamiento realizado durante años por los músicos [29] (Fig. 1).

Para arrojar un poco de luz, Schlaug et al publicaron un estudio longitudinal en el cual examinaron los efectos del entrenamiento musical en niños de entre 5 y 7 años, precisamente para comprobar si las diferencias cerebrales halladas en los adultos existen antes de empezar el entrenamiento [30]. Al inicio del estudio encontraron que no había ningún tipo de diferencias, ni en lo cognitivo ni en lo motor ni en estructuras cerebrales. Por tanto, los niños que escogieron tocar un instrumento no tenían ninguna peculiaridad cerebral, lo cual señala que las diferencias en el cerebro del músico adulto vienen dadas por el entrenamiento musical más que por marcadores biológicos preexistentes. Catorce meses después de empezar el entrenamiento, se valoró a los niños de nuevo y se hallaron diversos cambios significativos. Los niños que empezaron a tocar un instrumento, comparados con los que no recibían entrenamiento musical, tenían mejores rendimientos en tareas de control motor fino y discriminación auditiva. Respecto a la neuroimagen, observaron diferencias, pero no significativas, en el volumen de la materia gris, el cual se vio incrementado en el grupo de instrumentistas. Para completar el estudio, compararon a un grupo de niños de 9 a 11 años de edad, que tocaba un instrumento durante una media de cuatro años, con un grupo de niños de la misma edad que no recibía ningún tipo de entrenamiento musical (Fig. 2).

Figura 2. Los niños que tocaban un instrumento musical obtuvieron un mayor volumen de materia gris en la corteza sensoriomotora y en el lóbulo occipital bilateral. Imagen tomada de [30].



En los niños instrumentistas aumentó significativamente el volumen de materia gris no sólo en la corteza sensoriomotora, sino también en el lóbulo occipital bilateral. Como vemos, tras cuatro años de práctica musical las diferencias son mayores, pero, de todas formas, debemos tener en cuenta que no son datos de un estudio longitudinal como la primera parte del estudio, sino que son transversales.

Recientemente se ha publicado un nuevo estudio en el que por primera vez se consigue demostrar que hay cambios estructurales en el cerebro de niños tras 15 meses de entrenamiento musical [31,32]. Los dos grupos de niños eran iguales salvo por el hecho de que un grupo recibió entrenamiento musical y el otro no (solamente la clase de música semanal que recibían en el colegio). En una primera parte del estudio se les pasaron una serie de tests y se les hizo una resonancia magnética (RM). Tras 15 meses se repitió el mismo protocolo. Al igual que en el estudio anterior, en la fase inicial los autores no descubrieron diferencias entre los grupos, lo cual, como comentábamos anteriormente, apoya el hecho de que los cambios vistos en adultos se deben a la práctica musical. Tras los 15 meses de entrenamiento hallaron, tal y como esperaban, que los niños habían mejorado en la tarea de control motor y en las tareas

melódico-rítmicas. Además, en esta ocasión también constataron cambios en áreas cerebrales, con mayor volumen en el giro precentral derecho, en el cuerpo calloso y en el área auditiva primaria derecha, datos que casan con los obtenidos en estudios que comparan a adultos músicos con adultos no músicos. Asimismo, estos resultados son compatibles con los de los tests obtenidos por los niños, ya que mejoraban en control motor (giro precentral derecho y cuerpo calloso) y en tareas melódico-rítmicas (área auditiva primaria derecha) (Fig. 3).

Observaron además otras diferencias significativas en áreas frontales, en el pericingulado posterior izquierdo y en la región occipital medial izquierda. Los autores atribuyen estos cambios a que pueden ser áreas encargadas de la integración sensoriomotora multimodal implicadas en el aprendizaje de un instrumento musical.

En un estudio llevado a cabo con RM [19,25], se pudo comprobar que los músicos con tono absoluto tenían un mayor tamaño del plano temporal izquierdo. La asimetría entre los dos planos temporales de los músicos con tono absoluto es extrema. Esta peculiaridad estructural, junto con el inicio del entrenamiento musical a edades tempranas, parecen ser los factores necesarios para que se desarrolle el tono absoluto. Por otro lado, en un reciente estudio de imagen con tensor de difusión y tractografía, se estudió la posibilidad de que los músicos con tono absoluto tengan una mayor conectividad cortical en el lóbulo temporal. Se observó que una mayor conexión entre el giro temporal superior posterior y el giro temporal medial posterior izquierdos estaba estrechamente relacionado con la posesión de tono absoluto [33].

Músicos y no músicos procesan la música de manera diferente. A mayor conocimiento musical, mayor implicación del hemisferio izquierdo. Sin embargo, si aceptamos que los no músicos tienen un procesamiento más holístico o emocional (hemisferio derecho) y los músicos más analítico (hemisferio izquierdo), estaremos simplificando demasiado. Ambos hemisferios están implicados en el procesamiento musical, tanto para los músicos como para los no músicos. El procesamiento de algunos aspectos musicales se lleva a cabo igual en unos y otros, como el contorno melódico (hemisferio derecho) o el ritmo (hemisferio izquierdo), pero, por otro lado, también constatamos diferencias.

Pujol y Soriano realizaron una investigación [34] en la cual su objetivo era observar qué diferencias había entre el procesamiento musical de una persona sin estudios musicales y una persona músico profesional, en este caso, violinista. Escogieron una pie-

za musical que la persona no músico nunca había oído, pero que para la violinista profesional era muy familiar y la conocía perfectamente. Hallaron que las áreas que se activan en sus cerebros son muy diferentes, ya que la persona que no es músico activa áreas del lóbulo temporal relacionadas con el procesamiento auditivo y la violinista profesional, además de activar el lóbulo temporal, activa también el lóbulo frontal y áreas premotoras, lo cual nos lleva a pensar que el cerebro de la violinista no sólo estaba escuchando la pieza sino que también 'la estaba tocando'.

Conclusiones

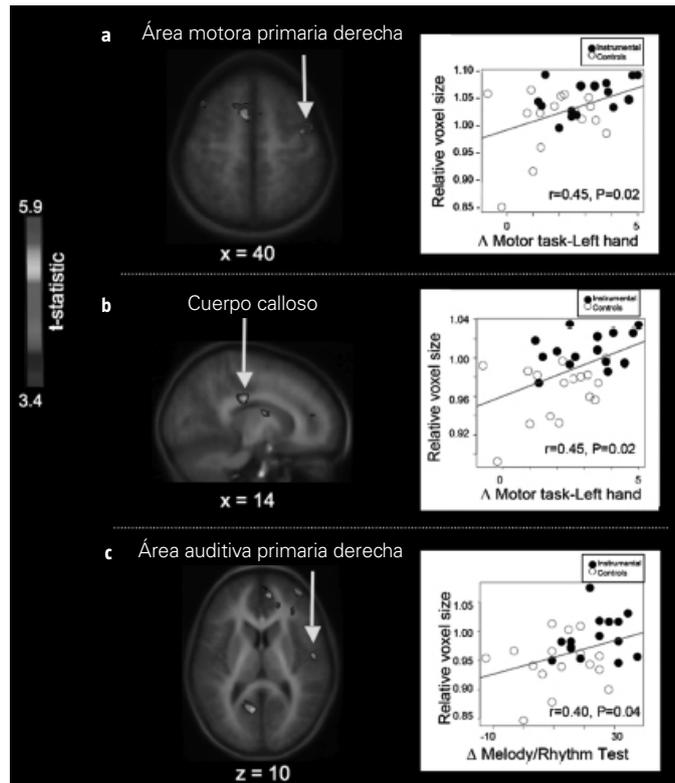
La música es procesada en nuestro cerebro mediante redes neuronales que implican áreas de procesamiento auditivo y motor, y su percepción y ejecución involucran a diversas funciones cognitivas. La música supone un medio más para la rehabilitación mediante la musicoterapia, la cual es capaz de mejorar nuestra salud mediante diversos factores: atención, emoción, cognición, conducta, comunicación y percepción, en los cuales nos basaremos para llevar a cabo o no el tratamiento con musicoterapia en un determinado caso.

En la práctica clínica diaria la musicoterapia se utiliza ampliamente y los resultados en los pacientes son evidentes, pero no se han realizado estudios que muestren científicamente con un nivel alto de evidencia que la musicoterapia tiene efectos significativos sobre el trastorno que esté siendo tratado (sea o no un trastorno musical).

Diversos estudios han mostrado que el cerebro del músico es distinto al de las personas que jamás han llevado a cabo cualquier entrenamiento musical. El hecho de practicar a diario con un instrumento durante varias horas implica a diversas áreas cerebrales y funciones cognitivas, lo cual tiene como consecuencia que el cerebro del músico sea diferente, tanto a funcional como estructuralmente. Cuando una persona con estudios musicales percibe una melodía está activando una red cerebral muy extensa, ya que se activan áreas de procesamiento del tono, de control motor y auditivas. Por el contrario, en una persona sin estudios musicales se activan áreas auditivas principalmente.

Como hemos señalado, observamos diferencias en estas áreas cerebrales, ya que en los músicos tienen un mayor tamaño. La mitad anterior del cuerpo caloso y el cerebelo es mayor en hombres músicos; esta diferencia no se ha encontrado en mujeres. También se ha constatado una mayor simetría y tamaño de la corteza motora de los músicos profesionales.

Figura 3. Imagen tomada de [32]. Se muestra la neuroimagen del estudio en la cual se reflejan las diferencias estructurales entre los niños con entrenamiento musical durante 15 meses frente a los niños que no recibieron ningún entrenamiento musical. a) Diferencia en el área motora primaria derecha (giro precen-tral); b) Diferencia en el cuerpo caloso; c) Diferencia en el área auditiva primaria derecha (giro de Heschl).



Con esto comprobamos que los músicos cuentan con una mayor conectividad interhemisférica y áreas cerebrales relacionadas con el procesamiento musical más desarrolladas. Estas cualidades son muy importantes para la correcta ejecución musical. Asimismo, también se ha podido comprobar que los músicos con tono absoluto presentan un mayor plano temporal izquierdo así como una hiperconectividad entre el giro temporal superior posterior y el giro temporal medial posterior izquierdos, bases cerebrales necesarias para poder desarrollar el tono absoluto, siempre y cuando se inicie el entrenamiento musical a edades tempranas.

Bibliografía

1. Soria-Urios G, Duque P, García-Moreno JM. Música y cerebro: fundamentos neurocientíficos y trastornos musicales. *Rev Neurol* 2011; 52: 45-55.
2. Mateos-Hernández LA. Musicoterapia. Guías de implantación.

- Intervenciones no farmacológicas. Madrid: IMSERSO/ Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad; 2011.
3. Hillecke T, Nickel A, Volker Bolay H. Scientific perspectives on music therapy. *Ann N Y Acad Sci* 2005; 1060: 271-82.
 4. Koelsch S. A neuroscientific perspective on music therapy. *Ann N Y Acad Sci* 2009; 1169: 374-84.
 5. Thaut MH, McIntosh GC, Rice RR. Rhythmic facilitation of gait training in hemiparetic stroke rehabilitation. *J Neuro Sci* 1997; 151: 207-12.
 6. Thaut MH, Kenyon GP, Schauer ML, McIntosh GC. The connection between rhythmicity and brain function; implications for therapy of movement disorders. *IEEE Eng Med Biol Mag* 1999; 18: 101-208.
 7. Blood A, 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; 98: 11818-23.
 8. Zatorre RJ, Chen JL, Penhune VB. When the brain plays music: auditory-motor interactions in music perception and production. *Nat Rev Neurosci* 2007; 8: 547-58.
 9. Steinbeis N, Koelsch S. Understanding the intentions behind man-made products elicits neural activity in areas dedicated to mental state attribution. *Cereb Cortex* 2009; 19: 619-23.
 10. Vink AC, Birks J, Bruinsma MS, Scholten RJPM. Music therapy for people with dementia. *Cochrane Database Syst Rev* 2003; 4: CD003477.
 11. Bradt J, Dileo C. Music for stress and anxiety reduction in coronary heart disease patients. *Cochrane Database Syst Rev* 2009; 2: CD006577.
 12. Maratos A, Gold C, Wang X, Crawford M. Music therapy for depression. *Cochrane Database Syst Rev* 2008; 1: CD004517.
 13. Gold C, Heldal TO, Dahle T, Wilgram T. Music therapy for schizophrenia or schizophrenia-like illnesses. *Cochrane Database Syst Re* 2005; 2: CD004025.
 14. Norton A, Zipse L, Marchina S, Schlaug G. Melodic intonation therapy. Shared insights on how it is done and why it might help. *The neurosciences and music III –disorders and plasticity. Ann N Y Acad Sci* 2009; 1169: 431-6.
 15. Wan CY, Demaine K, Zipse L, Norton A, Schlaug G. From music making to speaking: engaging the mirror neuron system in autism. *Brain Res Bull* 2010; 82: 161-8.
 16. Gold C, Wigram T, Elefant C. Music therapy for autistic spectrum disorder. *Cochrane Database Syst Rev* 2006; 2: CD004381.
 17. Thaut MH, Gardiner JC, Holmberg D, Horwithz J, Kent L, Andrews G et al. Neurologic music therapy improves executive function and emotional adjustment in traumatic brain injury rehabilitation. *Ann N Y Acad Sci* 2009; 1169: 406-16.
 18. Särkämö T, Tervaniemi M, Laitinen S, Forsblom A, Soinila S, Mikkonen M, et al. Music listening enhances cognitive recovery and mood after middle cerebral artery stroke. *Brain* 2008; 131: 866-76.
 19. Schlaug G. The brain of musicians. A model for functional and structural adaptation. *Ann N Y Acad Sci* 2001; 930: 281-99.
 20. Weeks R, Horwitz B, Aziz-Sultan A, Tian B, Wessinger CM, Cohen LG, et al. A positron emission tomographic study of auditory localization in the congenitally blind. *J Neurosci* 2000; 20: 2664-72.
 21. Pascual-Leone A, Nguyet D, Cohen LG, Brasil-Neto JP, Cammarota A, Hallett M. Modulation of muscle responses evoked by transcranial magnetic stimulation during the acquisition of new fine motor skills. *J Neurophysiol* 1995; 74: 1037-44.
 22. Schlaug G. The brain of musicians. In Peretz I, Zatorre RJ, eds. *The cognitive neuroscience of music*. New York: Oxford University Press; 2003. p. 366-81.
 23. Schlaug G, Jäncke L, Huang Y, Staiger JF, Steinmetz H. Increased corpus callosum size in musicians. *Neuropsychologia* 1995; 33: 1047-55.
 24. Lee DJ, Chen Y, Schlaug G. Corpus callosum: musician and gender effects. *Neuroreport* 2003; 14: 205-9.
 25. Schlaug G, Jäncke L, Huang Y, Steinmetz H. In vivo evidence of structural brain asymmetry in musicians. *Science* 1995; 267: 699-701.
 26. Amunts K, Schlaug G, Schleicher A, Steinmetz H, Dabringhaus A, Roland PE, et al. Asymmetry in the human motor cortex and handedness. *Neuroimage* 1996; 4: 216-22.
 27. Hutchinson S, Lee LH, Gaab N, Schlaug G. Cerebellar volume of musicians. *Cereb Cortex* 2003; 13: 943-9.
 28. Schlaug G, Forgeard M, Zhu L, Norton A, Norton A, Winner E. Training-induced neuroplasticity in young children. *The neurosciences and music III. Disorders and plasticity. Ann N Y Acad Sci* 2009; 1169: 205-8.
 29. Gaser C, Schlaug G. Brain structures differ between musicians and non-musicians. *J Neurosci* 2003; 23: 9240-5.
 30. Schlaug G, Norton A, Overy K, Winner E. Effects of music training on the child's brain and cognitive development. *Ann N Y Acad Sci* 2005; 1060: 219-30.
 31. Hyde KL, Lerch J, Norton A, Forgeard M, Winner E, Evans A, et al. Musical training shapes structural brain development. *J Neurosci* 2009; 29: 3019-25.
 32. Hyde KL, Lerch J, Norton A, Forgeard M, Winner E, Evans A, et al. The effects of musical training on structural brain development. A longitudinal study. *The neurosciences and music III. Disorders and plasticity. Ann N Y Acad Sci* 2009; 1169: 182-186.
 33. Loui P, Li HC, Hohmann A, Schlaug G. Enhanced cortical connectivity in absolute pitch musicians: a model for local hyperconnectivity. *J Cogn Neurosci* 2011; 23: 1015-26.
 34. Pujol J, Ortiz H, Soriano-Mas C, Wagensberg J. Respuesta cerebral a la música estudiada con RM funcional. *Unitat de Recerca en RM-CRC*. URL: http://www.crccorp.es/unidades_crc.php. [14.07.2010].

Music and brain (II): evidence of musical training in the brain

Summary. Music is a very powerful multimodal stimulus that transmits visual, auditory and motor information to our brain, which in turn has a specific network for processing it, consisting in the frontotemporoparietal regions. This activation can be very beneficial in the treatment of several syndromes and diseases, either by rehabilitating or by stimulating altered neuronal connections. We also review the peculiarities of the musician's brain and we look at how the brain adapts according to the needs that must be met in order to improve musical performance.

Key words. Absolute tone. Corpus callosum. Music therapy. Music. Rehabilitation. Temporal plane.