

M. Arias Gómez

Música y neurología

Servicio de Neuroloxía
Hospital Clínico Universitario
Santiago de Compostela (La Coruña)

La percepción y producción musical es una función particular del cerebro humano. La investigación en este campo está creciendo al contar con el apoyo de las modernas técnicas de neuroimagen (tomografía por emisión de positrones y resonancia magnética-funcional). En la neurología clínica el interés por el fenómeno musical y los trastornos de su procesamiento ha sido menor. La música no es sólo una actividad artística, sino un lenguaje encaminado esencialmente a comunicar, evocar y reforzar diversas emociones. Aunque es todavía un tema abierto, el procesamiento de la música es independiente del lenguaje común y cada uno utiliza circuitos independientes, pudiendo estar uno afectado gravemente y el otro prácticamente indemne. Por otra parte, dentro del procesamiento de la música podrían existir canales separados para los elementos temporales (ritmo), melódicos (tono, timbre, melodía), memoria y respuesta emocional. Los estudios de casos particulares de oído absoluto, amusia congénita y adquirida, epilepsia musicogénica y alucinaciones musicales también han contribuido al conocimiento del procesado cerebral de la música. El cerebro de los músicos profesionales muestra peculiares cambios en su anatomía y funcionalidad. Además del estrés y el dolor crónico, las distonías específicas de actos motores relacionados con la interpretación constituyen una parcela especial de la patología de los músicos que conciernen al quehacer neurológico. Escuchar y practicar música puede tener beneficios educativos y terapéuticos.

Palabras clave:

Alucinaciones musicales. Amusias. Epilepsia musicogénica. Magnetoencefalografía. Musicoterapia. Neuromusicología. Oído absoluto.

Neurología 2007;22(1):39-45

Music and neurology

Music perception and output are special functions of the human brain. Investigation in this field is growing

Correspondencia:
Manuel Arias Gómez
Ramón Piñeiro, 5, 2.º C
15702 Santiago de Compostela (La Coruña)
Correo electrónico: mariasg@meditex.es

Recibido el 10-2-06
Aceptado el 16-6-06

with the support of modern neuroimaging techniques (functional magnetic resonance imaging, positron emission tomography). Interest in the music phenomenon and the disorders regarding its processing has been limited. Music is not just an artistic activity but a language to communicate, evoke and reinforce several emotions. Although the subject is still under debate, processing of music is independent of common language and each one uses independent circuits. One may be seriously affected and the other practically unharmed. On the other hand, there may be separate channels within the processing of music for the temporary elements (rhythm), melodic elements (pitch, timbre, and melody), memory and emotional response. The study of subjects with absolute pitch, congenital and acquired amusias, musicogenic epilepsy and musical hallucinations has greatly contributed to the knowledge of how the brain processes music. Music training involves some changes in morphology and physiology of professional musicians' brains. Stress, chronic pain and professional dystonias constitute a special field of musicians' disturbances that concerns neurological practice. Listening to and playing music may have some educational and therapeutic benefits.

Key words:

Hallucinations. Amusia. Musicogenic epilepsy. Magnetoencephalography. Music therapy. Neuromusicology. Absolute pitch.

INTRODUCCIÓN

La palabra música hace referencia a algo que atañe o se relaciona con las musas. En la mitología griega las musas, hijas de Zeus y Mnemósine, eran deidades encargadas de la inspiración y patrocinio de las actividades artísticas. Euterpe, representada con una flauta, podría ser considerada como la «supermusa», es decir, la más musical, aunque también la danzarina Terpsícore, la de bella voz Calíope, que enseñó el canto a Aquiles, y Erato, que no se despegaba nunca de su lira, mantienen una estrecha relación con el mágico mundo sonoro. Las musas, con su doble misión de deleitar a los dioses e inspirar a los hombres, suponen una especie de cordón

umbilical entre lo humano y lo divino; este cordón no podría ser otro que el arte que distingue al hombre del animal y, en cierto modo, lo deifica.

La música, presente en todas las civilizaciones humanas e inseparable de la existencia del hombre (aunque se diga que los ángeles cantan de manera sublime), ha sido definida como el arte de combinar sonidos en el tiempo. Sin embargo, de tal concepto hay que separar la parte de elitismo que la palabra «arte» evoca, ya que la música también es un lenguaje, un lenguaje para comunicar, reforzar o evocar emociones, tanto colectivas como individuales. La definición de la música como el sonido organizado y dotado de una carga significativa¹ viene a incidir en ambos aspectos. La música abarca géneros tan diversos como emociones puede sentir el hombre; tales géneros musicales van desde los cantos rituales ancestrales de magos y hechiceros a las íntimas canciones de cuna susurradas a sus tiernos retoños por las madres de todo el orbe y a la sencilla pero sentida música popular, pasando por la refinada y exquisita música de cámara, la profunda música religiosa, el consagrado mundo sinfónico, hasta llegar a los actuales y multitudinarios conciertos de música pop, sin olvidarnos de los enardecedores (y tantas veces desgraciados) himnos, marchas y canciones militares.

En 1995 se encontró en Eslovenia una flauta a la que los expertos asignaron una antigüedad de 40.000 a 80.000 años; este hecho es una prueba de la existencia de un apreciable desarrollo musical en los homínidos de entonces². El fenómeno musical ha contribuido y sigue contribuyendo de un modo significativo al desarrollo evolutivo del cerebro humano³. Hoy parece claro que las áreas auditivas secundarias y terciarias se fueron activando y desarrollando al aumentar la complejidad tímbrica, tonal y armónica.

La existencia de un sustrato anatómico cerebral específico para la percepción y generación de la música es todavía una cuestión abierta, aunque existen numerosos ejemplos de pacientes con graves cuadros de afasia que conservaron intactas sus capacidades musicales. El presente trabajo, escrito en este año dedicado a honrar la memoria de uno de los más geniales músicos (W. A. Mozart), tiene por objeto describir los conocimientos y teorías actuales sobre los mecanismos y áreas cerebrales implicadas en la percepción y producción del lenguaje musical, realizando una revisión de la bibliografía actual sobre el tema (Medline). Esta revisión se estructura en dos grandes apartados: *a)* nociones básicas del fenómeno musical, y *b)* el lenguaje musical y el cerebro: el procesamiento cerebral de la música, oído absoluto, amusia congénita, la respuesta emocional a la música, música y epilepsia, enfermedades de los músicos, musicoterapia.

NOCIONES BÁSICAS DEL FENÓMENO MUSICAL

La acústica es la ciencia que estudia los sonidos. Los sonidos están compuestos por uno o varios tonos. El tono es el resultado de la vibración de un cuerpo elástico; se propaga

por el medio aéreo a una velocidad de 340 m/s, es decir, una millonésima de la velocidad de la luz. Cuando la curva de la vibración de un cuerpo elástico es irregular surge el ruido⁴.

Del número de vibraciones por segundo, que se mide en hertzios (Hz), va a depender que un sonido sea menos o más alto (del grave al agudo). El oído humano puede percibir tonos desde 16 Hz (nota do de la primera escala del piano) a 16.000 Hz (nota do de la décima escala). La nota la del diapason actual se sitúa en 445 Hz. El triángulo (instrumento de percusión) puede emitir sonidos que alcanzan 16.000 Hz, la trompeta 9.000, el violín 8.000 y la flauta 4.000⁴.

La intensidad del sonido (del *piano* al *forte*) depende de la masa del cuerpo que vibra y de la amplitud de la vibración. El timbre es colorido del sonido, característico del instrumento emisor, que depende de un tono fundamental y de una envoltura de sonidos de varias frecuencias, que son múltiplos del tono fundamental. La combinación y sucesión de sonidos que suben, bajan o se repiten da lugar a un movimiento de tensión (aumenta al subir y se relaja al bajar) que denominamos melodía. La melodía es percibida como un contorno que oscila y progresa; una pérdida sutil en la capacidad de discriminación tonal puede no afectar a la percepción melódica.

El ritmo hace referencia a la sucesión de los sonidos en unidades de tiempo, subdivididas en partes fuertes (acentuadas) y débiles. Ritmo y melodía constituyen los pilares básicos de la música. A lo largo de la historia, viejas melodías populares han sido aprovechadas por compositores que les han proporcionado nuevos ritmos, amén de otras transformaciones como armonías (base de nuevos sonidos añadidos) y contrapuntos (melodías opuestas o complementarias).

EL LENGUAJE MUSICAL Y EL CEREBRO

Como se apuntaba anteriormente, la música es un lenguaje, pero un lenguaje especial dirigido esencialmente a comunicar emociones, aunque también sirve para evocarlas y hasta reforzarlas. El estudio neurológico del fenómeno musical aplicando el método anatomoclínico de correlacionar lesiones cerebrales y sus correspondientes repercusiones en las capacidades musicales no ha tenido los mismos frutos que en el campo del lenguaje: los déficit sutiles pasan generalmente inadvertidos, muchos examinadores carecen de conocimientos musicales básicos y generalmente sólo se publican casos de músicos en los que una enfermedad cerebral determinó un cambio llamativo en su vida profesional.

Se han notificado trastornos a músicos en los dos tercios de los pacientes de una serie que presentaron un ictus⁵ y en la mitad de otros intervenidos de aneurismas silvianos⁶. La disponibilidad de las modernas técnicas de neuroimagen como la resonancia magnética funcional (RMf) y la tomografía por emisión de positrones (PET) y de neurofisiología (magnetoencefalografía) y la introducción de paradigmas

neuropsicológicos más refinados van proporcionando más información de cómo el cerebro procesa y produce la música. El estudio del aprendizaje musical y de las habilidades para la música, así como la correlación de los trastornos del procesamiento musical con diversas lesiones cerebrales constituye una manera de aproximarse al funcionamiento del cerebro y a sus mecanismos de plasticidad. Cuando un sonido excita nuestro oído se ponen en marcha una serie de procesos mecánicos, químicos y bioeléctricos a lo largo de estructuras tan diversas como tímpano, oído medio, cóclea, nervio auditivo, tronco cerebral, tálamo y diversas regiones corticales que casi de un modo instantáneo concluyen con el reconocimiento de dicho sonido y su significado emocional. El conocimiento de todo este proceso está siendo una ocupación principal de diversos investigadores⁷.

Procesamiento cerebral de la música

Desde una perspectiva clínica podemos decir que las enfermedades neurológicas pueden afectar a la función musical y dar lugar a síntomas positivos (epilepsia, alucinaciones, sinestesias) y síntomas negativos que se concretan en casos de amusias receptivas, expresivas o con afectación particular de los diversos componentes del procesado musical (tono, timbre, ritmo, melodía, armonía, grafía, respuesta emocional)⁸.

La musicalidad como capacidad cognitiva superior depende, en gran medida, de un factor genético pero complementado por el aprendizaje, sobre todo en lo que respecta a sus complejas reglas abstractas. Ya a partir de los 6 meses de vida se puede comprobar que al niño le gustan más los intervalos consonantes que los disonantes y muestra tendencia a reproducir escalas con tonos y semitonos^{9,10}. J. S. Bach, rodeado de cinco de sus hijos y un nieto, todos ellos también compositores e instrumentistas, podría organizar conciertos en sus fiestas de familia, constituyendo así un magnífico ejemplo del factor genético en la música. Sin lugar a dudas como función mental, la música es la que tiene un componente ambiental más reducido. De todos modos ya existe constancia de que la experiencia produce modificaciones considerables en los sistemas cerebrales relacionados con la música: la aproximación innata al fenómeno musical implica al hemisferio derecho¹¹ y se centra sobre todo en el aspecto melódico, mientras que el músico entrenado echa mano de su hemisferio izquierdo para poner en marcha un componente analítico adicional¹²⁻¹⁸. Así se ha demostrado, mediante estudios de RM, que los músicos entrenados presentan algunas peculiaridades: *a)* utilizan más el hemisferio izquierdo, pero también la indudable implicación del hemisferio derecho hace que la asimetría a favor del plano temporal izquierdo sea menor que en la población general; *b)* activan menos superficie cortical para realizar un determinado paradigma, y *c)* la porción anterior de su cuerpo calloso y su cerebelo tienen mayor tamaño^{19,20}. Estos hallazgos están en sintonía con otros, realizados en animales de experimentación, que han demostrado cambios

microestructurales (aumento del número de sinapsis, del número de células gliales y de la densidad capilar) tanto en el cerebelo como en la corteza motora primaria tras repetidos ejercicios de un paradigma motor. En estudios de magnetoencefalografía se ha comprobado que cada intérprete profesional experimenta un peculiar fenómeno de incremento de la respuesta cerebral a los tonos de su instrumento, que es un 25% mayor que en el sujeto neutro²¹.

Actualmente se tiene la idea de que el fenómeno de la percepción musical atañe a ambos hemisferios cerebrales, a pesar de que se han comunicado casos de afasia por lesión de hemisferio izquierdo sin ningún tipo de amusia. Hay documentados casos de músicos, afectados por cuadros de afasia global, que continuaron interpretando y componiendo^{22,23} y otros con formas puras de trastorno de la percepción melódica²⁴. Una de las más llamativas y no infrecuentes disociaciones entre música y lenguaje lo constituyen los casos de los pacientes con afasia de Broca que son capaces de cantar con buena fluidez. La estimulación magnética transcortical del lóbulo temporal izquierdo bloquea temporalmente el lenguaje pero no el canto²⁵. Maurice Ravel presentó un cuadro de afasia progresiva con alexia, agrafia y apraxia ideomotora, pero su pensamiento musical se mantenía intacto, aunque no podía dictar ni escribir música²⁶. En demencias del lóbulo frontal con afectación inicial del hemisferio no dominante se ha documentado amusia y disprosodia²⁷, que serían equivalentes de la afasia progresiva primaria determinadas por la afectación del hemisferio dominante. En cambio, la escritura musical parece depender del lóbulo parietal dominante²⁸, aunque un estudio de RMf reveló que la región temporoccipital derecha podría tener un papel decisivo en descifrar la notación tonal en un teclado²⁹. También ha sido comunicada una pérdida selectiva para percibir el timbre de los instrumentos de tecla y percusión después de sufrir una lesión isquémica temporal derecha, que afectaba a las circunvoluciones temporales superior y media y a parte de la ínsula³⁰.

El tono, el timbre, el ritmo, la melodía y la respuesta emocional propiciada por la música parecen tener localizaciones cerebrales distintas. El timbre se procesa y percibe fundamentalmente en el hemisferio derecho, la melodía en ambos hemisferios y el ritmo y los elementos secuenciales atañen al hemisferio izquierdo, según se ha demostrado con estudios de PET¹⁵. En la discriminación tonal la corteza auditiva derecha tiene un mayor protagonismo³¹. En lo que respecta al procesamiento melódico, parece que el hemisferio derecho se centra más en el contorno y el izquierdo en los intervalos tonales^{32,33}. Todos los datos expuestos parecen indicar que el procesamiento melódico y temporal (ritmo) de la música dependería de subsistemas separados y relativamente independientes tanto en la percepción como en la producción, aunque esta cuestión está por dilucidar.

En la práctica clínica habitual podríamos estudiar a un paciente que refiere pérdida de sus capacidades musicales siguiendo los pasos expuestos en la tabla 1. Para seguir

Tabla 1	Estudio sistemático del paciente con trastorno de las habilidades musicales
	Preguntar al paciente y a los familiares por sus habilidades musicales previas a la enfermedad y su interés por la música Escuchar una melodía muy popular alterada y valorar si reconoce dónde reside la alteración Reproducir una nota aislada y una serie de notas Reproducir una secuencia rítmica sencilla (binaria y terciaria) Preguntar específicamente por si hay cambios en las emociones despertadas por escuchar música Cantar una canción popular Reconocimiento de diversos sonidos y melodías: sonidos ambientales, instrumentos, pieza clásica, melodía popular Escribir y leer una partitura
	Modificada de Schuppert et al. ⁶

avanzando en el conocimiento del procesamiento cerebral de la música debemos prestar atención a los déficit y correlacionarlos con los hallazgos de los estudios de neuroimagen y neurofisiológicos.

El oído absoluto

Se calcula que entre 1.500 a 10.000 personas de la población general existe un sujeto que posee oído absoluto, o sea, la cualidad de identificar la altura exacta de un tono sin que le sea proporcionado otro de referencia. El oído absoluto es más frecuente en mujeres, tiene tendencia a ser familiar, puede detectarse ya a temprana edad y suele asociarse a dificultades en el aprendizaje, según concluyó en sus estudios J. Profita³⁴, que estudió violín y piano en la Juilliard School y posteriormente medicina, y poseía este don. Anteriormente se ha mencionado que la percepción del tono atañe al hemisferio derecho, pero en los sujetos con oído absoluto existen pruebas de que utilizan también el hemisferio izquierdo. Un violinista profesional perdió su oído absoluto tras sufrir un ictus de la cerebral media izquierda, conservando la percepción relativa de los tonos. Los estudios de Zatorre et al. utilizando PET han demostrado activación de un área dorsolateral posterior del lóbulo frontal izquierdo en los sujetos con oído absoluto³⁵. El aprendizaje y entrenamiento musical a temprana edad es una condición que favorece la aparición de oído absoluto, pero no lo suficiente⁶. El oído absoluto es más prevalente en pacientes afectos de síndrome de Williams que poseen especiales habilidades para la música (suelen comenzar a practicar a temprana edad), para el reconocimiento de las caras y para el lenguaje hablado; por el contrario presentan dificultades en tareas visuoespaciales, matemáticas, pensamiento abstracto y aprendizaje en general y su cociente intelectual suele ser bajo^{37,38}.

Amusia congénita

Esta condición se conoce desde hace más de un siglo: Julie Ayotte et al.³⁹ detallan que ya en 1878 Grant-Allen publicó el caso de un varón con un nivel educacional alto y sin ningún padecimiento neurológico ni lesión cerebral aparente que era incapaz de reconocer ni diferenciar dos melodías muy familiares; tampoco podía discriminar la mayor o menor altura de dos tonos sucesivos. Ernesto «Che» Guevara fue uno de los más célebres y reconocidos amúsicos. Los estudios de Isabelle Peretz et al. han aclarado que los sujetos con amusia congénita, independientemente de su exposición a estudios musicales, presentan no sólo graves deficiencias en el procesamiento tonal, sino también defectos en el reconocimiento de las melodías, capacidad de cantar o realizar paradigmas rítmicos sencillos³⁹⁻⁴¹. Estas personas no tienen problemas con el reconocimiento de los sonidos ambientales y tampoco con las palabras, incluyendo sus aspectos prosódicos, lo que les diferencia drásticamente de los pacientes afectos de afasia congénita. Los mencionados autores piensan que el defecto fundamental de la amusia congénita es el procesamiento tonal, que tiene una base hereditaria como la dislexia³⁹⁻⁴¹.

En los sujetos con amusia congénita no se evidencia pérdida auditiva ni trastorno cognitivo, emocional o del comportamiento. Estudios neurofisiológicos han puesto de manifiesto una respuesta cerebral anormal de la respuesta N2-P3 que, propiciada por los cambios de altura tonal de un sonido, se presenta con una latencia de 200 ms y con lateralización derecha⁴¹.

Respuesta emocional a la música

Se han descrito casos de pacientes con lesiones cerebrales determinantes de profundas alteraciones en la percepción del ritmo, tono y melodía, que son capaces de percibir el componente emocional de la música⁴² y también hay otros con todo lo contrario^{43,44}. Esto prueba que el componente emocional de la música se procesa de un modo independiente. Se ha demostrado en estudios de PET que con la música poco placentera decrece la activación de la corteza orbitofrontal y cingular anterior y aumenta en el *precuneus* y giro parahipocámpico derecho⁴⁵. Los circuitos relacionados con los fenómenos de recompensa tendrían que ver con el placer experimentado al escuchar ciertos tipos de música⁴⁶. La música aumenta las emociones evocadas al contemplar fotografías con carga afectiva⁴⁷.

Se ha comprobado en estudios de RM que la música disonante (poco placentera) activa la amígdala, el hipocampo y parahipocampo, y los polos temporales, estructuras relacionadas con el procesamiento de estímulos con carga emocional negativa. Por el contrario la música agradable activa la circunvolución frontal inferior, la insula superior, el estriado ventral y el opérculo rolándico⁴⁸.

En casos de pacientes con demencia frontotemporal se han descrito cambios muy importantes en sus gustos musicales: algunos pasan a tener un desmesurado interés por la música clásica, mientras que otros se vuelcan con ritmos populares⁴⁹ o la música pop⁵⁰.

Epilepsia y música

El cerebro del sujeto con altas prestaciones musicales tiene una gran capacidad de procesamiento de los sonidos y, echando mano de su memoria acústica, de algún modo, al escuchar uno o varios sonidos, es capaz de anticiparse a lo que sigue o debiera seguir. Algunos pacientes pueden experimentar crisis comiciales exclusivamente cuando escuchan música, mientras que en otros casos las crisis se presentan también en otras circunstancias. Cuando la crisis comicial es desencadenada por un tipo concreto de música, instrumento, voz, melodía particular e incluso por canciones cantadas por el propio sujeto hablamos de epilepsia musicógena. Este tipo de epilepsia puede ser idiopática o bien secundaria a lesiones estructurales cerebrales. En la epilepsia musicógena la música suele inducir un estado de tensión emocional y después surge la crisis. Generalmente el foco epileptógeno se localiza en el lóbulo temporal derecho. Los pacientes pueden llegar a desarrollar una intensa fobia musical⁵¹.

Distintas de las crisis de la epilepsia musicógena son las crisis parciales caracterizadas por alucinaciones auditivo-musicales de diversos tipos (canciones, melodía orquestal, voces) y también aquellas crisis comiciales en las que el paciente canta de un modo automático. El foco suele localizarse en la circunvolución temporal superior, sobre todo derecha. Ha sido descrito un caso de pérdida transitoria de la percepción tonal producida por ataques isquémicos transitorios que podrían confundirse con crisis⁵².

En las personas con hipoacusia pueden presentarse alucinaciones musicales por privación cortical de estímulos⁵³. No obstante, las causas de alucinaciones musicales son múltiples y una serie de medicamentos (quinina, imipramina, carbamazepina, fenitoína, propranolol, etc.) pueden producirlas⁵⁴.

El término sinestesia hace alusión a una percepción sensorial involuntaria provocada por un estímulo de naturaleza distinta: sonido que evoca color, gusto que evoca sonido, etc.⁵⁵. Pueden darse en consumidores de ácido lisérgico (LSD), en lesiones de tronco cerebral y en niños; en algunos casos son familiares o culturales.

Patología de los músicos

Los músicos son más susceptibles al estrés psíquico, a los síndromes de dolor crónico y padecen con mayor frecuencia trastornos motores. La permanente exposición al público y a la crítica especializada por parte de directores,

cantantes, solistas e instrumentistas en general, siempre en busca de la actuación perfecta e inolvidable, les hace más susceptibles y frágiles. Como se ha comentado anteriormente, el procesamiento cerebral del lenguaje musical difiere entre músicos y no músicos. Una especial dotación para el procesamiento preconsciente de los sonidos hace que determinados tipos de música produzcan más estrés. Ya hay datos indicativos de que la melatonina y la corticotropina (ACTH) se relacionan con el talento musical, pudiendo decirse lo contrario de los niveles de testosterona. Escuchar música puede estimular la secreción de oxitocina, hormona que potencia las relaciones maternofiliales, de pareja e incluso sociales y de grupo^{3,56}.

Las pacientes con distonía presentan posturas y movimientos anormales, propiciados por la contracción simultánea o indebida de músculos agonistas y antagonistas. Las distonías focales relacionadas con actos motores específicos de la interpretación musical (profesionales) tienen una frecuencia considerable y suponen una carga importante de discapacidad para el intérprete que las sufre. Han sido descritos distintos tipos de distonías en intérpretes de muy diversos instrumentos (cuerda, teclados, percusionistas, maderas, viento, etc.); el problema puede localizarse en una extremidad o bien en la musculatura facial. No se conoce con exactitud la génesis de estas distonías profesionales, aunque se piensa que sobre una base de predisposición genética un entrenamiento excesivo y quizás inadecuado, con compromiso del sistema nervioso periférico, acabaría por perturbar el funcionamiento de los circuitos centrales que controlan estos actos motores específicos. El patrón de activación cortical en estos casos muestra una regresión para parecerse a los del practicante aficionado, con una mayor extensión de la corteza implicada⁵⁷⁻⁵⁹.

Musicoterapia

Todavía es materia de discusión si escuchar cierto tipo de música puede aumentar algunas capacidades mentales: el tan traído y llevado efecto Mozart⁶⁰ como potenciador de funciones visuoespaciales, propiciado por escuchar una sonata de piano del genial e irrepitible compositor salzburgués no parece perdurar más allá de unos minutos⁶¹. La musicoterapia es todavía una modalidad terapéutica que no supera el rango de anecdótica, aunque hay algunos datos experimentales que certifican cambios bioquímicos en el cerebro, entre ellos aumento de la transmisión dopaminérgica⁶². La musicoterapia podría tener un papel en enfermedades como el déficit de atención con hiperactividad, las demencias, la enfermedad de Parkinson, la epilepsia, trastornos emocionales diversos, así como para atenuar la ansiedad que se presenta antes o durante diversas exploraciones como cateterismos y endoscopias⁶³⁻⁶⁶.

Como resumen y conclusiones de lo expuesto (una especie de coda musical) podríamos decir que la música no es sólo una actividad artística, sino un lenguaje encaminado

esencialmente a comunicar, evocar y reforzar diversas emociones, cuyo procesamiento es independiente del lenguaje común: cada uno utiliza circuitos independientes, pudiendo estar uno afectado gravemente y el otro prácticamente indemne. Estudios recientes apuntan a que existen canales separados para la percepción de los elementos temporales (ritmo), melódicos (tono, timbre, melodía), memoria y respuesta emocional a la música. Los estudios de casos particulares de oído absoluto, amusia congénita y adquirida, epilepsia musicogénica y alucinaciones musicales contribuyen al conocimiento de la funcionalidad cerebral relacionada con la música. El cerebro de los músicos profesionales muestra peculiares cambios en su anatomía y funcionalidad. Además del estrés y el dolor crónico, las distonías específicas de actos motores relacionados con la interpretación constituyen una parcela especial de la patología de los músicos que concierne al quehacer neurológico. Escuchar y practicar música pueden tener beneficios educacionales y terapéuticos.

AGRADECIMIENTOS

Al colega y amigo J. Gómez por la detenida revisión científica del manuscrito que, sin lugar a dudas, ha contribuido a su publicación.

BIBLIOGRAFÍA

- Valls M. Aproximación a la música. Madrid: Salvat Editores, 1970; p. 20-1.
- Wong K. Neanderthal notes: did ancient humans play modern scales? *Sci Am* 1997;277:28-30.
- Lewis PA. Musical minds. *Trends Cogn Sci* 2002;6:364-6.
- Hamel F, Hürlimann M. Enciclopedia de la música. Barcelona: Grijalbo, 1970; p. 1-5.
- Ayotte J, Peretz I, Rousseau I, Bard C, Bojanowski M. Patterns of music agnosia associated with middle cerebral artery infarcts. *Brain* 2000;123:1926-38.
- Schuppert M, Munte TF, Wieringa BM, Altenmüller E. Receptive amusia: evidence for cross-hemispheric networks underlying music processing strategies. *Brain* 2000;123:546-59.
- Zatorre R, McGill J. Music, the food of neuroscience? *Nature* 2005;434:312-5.
- Brust JC. Music and the neurologist. A historical perspective. *Ann N Y Acad Sci* 2001;930:143-52.
- Peretz I, Hyde KL. GAT is specific to music processing? Insights from congenital amusia. *Trends Cogn Sci* 2003;7:362-7.
- Schellenberg EG, Trehub SE. Natural musical intervals: evidence from infant listeners. *Psychol Sci* 1996;7:272-7.
- Kimura D. Left-right dominances in the perception of melodies. *Q J Exp Psychol* 1964;16:355-8.
- Bever TG, Chiarello RJ. Cerebral dominance in musicians and non musicians. *Science* 1974;185:537-9.
- Mazziotta JC, Phelps ME, Carson RE, Kuhl DE. Tomographic mapping of human cerebral metabolism: auditory stimulation. *Neurology* 1982;32:921-37.
- Zatorre RJ, Evans AC, Meyer E. Neural mechanisms underlying melodic perception and memory for pitch. *J Neurosci* 1994;14:1908-19.
- Platel H, Price C, Baron JC, Wise R, Lambert J, Frackowiak RSJ, et al. The structural components of music perception. A functional anatomical study. *Brain* 1997;120:229-43.
- Tramo MJ. Music of the hemispheres. *Science* 2001;291:54-6.
- Brown S, Martínez MJ, Hodges DA, Fox PT, Parsons LM. The song system of human brain. *Brain Res Cogn Brain Res* 2004;20:363-75.
- Koelsch S. Neural substrates of processing syntax and semantics in music. *Curr Opin Neurobiol* 2005;15:207-12.
- Schlaug G, Jaencke L, Huang Y, Steinmetz H. In vivo evidence of structural brain asymmetry in musicians. *Science* 1995;267:699-701.
- Schlaug G, Jaencke L, Huang Y, Steinmetz H. Increased corpus callosum size in musicians. *Neuropsychologia* 1995;33:1047-55.
- Perez I, Zatorre RJ. Brain organization for music processing. *Annu Rev Psychol* 2005;56:89-114.
- Yamadori A, Osumi S, Masuhara S, Okubo M. Preservation of singing in Broca's aphasia. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1977;40:221-4.
- Tzortzis C, Goldblum MC, Dang M, Forette F, Boller F. Absence of amusia and preserved naming of musical instruments in an aphasic composer. *Cortex* 2000;36:227-42.
- Sparr SA. Receptive amelia in a trained musician. *Neurology* 2002;59:1659-60.
- Stewart L, Walsh V, Frith U, Rothwell J. Transcranial magnetic stimulation produces speech arrest but not song arrest. *Ann N Y Acad Sci* 2001;930:433-5.
- Alajouanine T. Aphasia and artistic realization. *Brain* 1948;71:229-41.
- Confavreux C, Croisile B, Garassus P, Aimard G, Trillet M. Progressive amusia and aprosody. *Arch Neurol* 1992;49:971-6.
- Midorikawa A, Kawamura M. A case of musical agraphia. *Neuroreport* 2000;11:3053-7.
- Schön D, Anton JL, Roth M, Besson M. An fMRI study of music sight-reading. *Neuroreport* 2002;13:2285-9.
- Kohlmetz C, Müller SV, Nager W, Munte TF, Altenmüller E. Selective loss of timbre perception for keyboard and percussion instruments following a right temporal lesion. *Neurocase* 2003;9:86-93.
- Tramo M, Shah GD, Braid LD. Functional role of auditory cortex in frequency processing and pitch perception. *J Neurophysiol* 2002;87:122-39.
- Peretz I. Processing of local and global information by unilateral brain-damaged patients. *Brain* 1990;113:1185-202.
- Peretz I, Kolinsky R. Boundaries of separability between melody and rhythm in music discrimination: a neuropsychological perspective. *Q J Exp Psychol A* 1993;46:301-25.
- Profita J, Bidder TG. Perfect pitch. *Am J Genet* 1988;29:763-71.
- Zatorre RJ, Perry DW, Beckett CA, Westbury CF, Evans AC. Functional anatomy of musical processing in listeners with absolute pitch and relative pitch. *Proc Natl Acad Sci USA* 1998;95:3172-7.
- Baharloo S, Johnston PA, Service SK, Gitscheir J, Freimer NB. Absolute pitch: an approach for identification of genetic and nongenetic components. *Am J Hum Genet* 1998;62:224-31.
- Lenhoff HM, Perales O, Hickok G. Absolute pitch in Williams syndrome. *Music Perception* 2001;18:491-503.

38. Levitin DJ, Cole K, Chiles M, Lai Z, Lincoln A, Bellugi U. Characterizing the musical phenotype in individuals with the Williams syndrome. *Neuropsychol Dev Cogn C Child Neuropsychol* 2004; 10:223-47.
39. Ayotte J, Peretz I, Hyde K. Congenital amusia. A group study of adults afflicted with a music-specific disorder. *Brain* 2002;125: 238-51.
40. Peretz I. Brain specialization for music. New evidence from congenital amusia. *Ann N Y Acad Sci* 2001;930:153-65.
41. Peretz I, Ayotte J, Zatorre RJ, Mehler J, Ahad P, Penhune VB, et al. Congenital amusia: a disorder of fine-grained pitch discrimination. *Neuron* 2002;33:185-91.
42. Peretz I, Brattico E, Tervaniemi M. Abnormal electrical brain responses to pitch in congenital amusia. *Ann Neurol* 2005;58:478-82.
43. Peretz I, Gagnon L, Bouchard B. Music and emotion: perceptual determinants, immediacy and isolation after brain damage. *Cognition* 1998;68:111-41.
44. Mazzoni M, Moretti P, Pardossi L, Vista M, Muratorio A, Puglioli M. A case of music imperception. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1993;56:322.
45. Griffiths TD, Warren JD, Dean JL, Howard D. When the feeling's gone. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2004;75:344-5.
46. Blood AJ, Zatorre RJ, Bermudez P, Evans AC. Emotional responses to pleasant and unpleasant music correlate with activity in paralimbic brain regions. *Nat Neurosci* 1999;2:382-7.
47. Menon V, Levitin DJ. The rewards of music listening: response and physiological connectivity of the mesolimbic system. *Neuroimage* 2005;28:175-84.
48. Baumgartner T, Esslen M, Jäncke L. From emotion perception to emotion experience: emotion evoked by pictures and classical music. *Int J Psychophysiol* 2006;60:34-43.
49. Koelsch S, Fritz T, Cramon DY, Muller K, Friederici AD. Investigating emotion with music: an fMRI study. *Hum Brain Mapp* 2006; 27:239-50.
50. Boeve BF, Geda YE. Polka music and semantic dementia. *Neurology* 2001;57:1485.
51. Geroldi C, Metitieri T, Binetti G, Zanetti O, Trabucchi M, Frisoni GB. Pop music and frontotemporal dementia. *Neurology* 2000;55: 1935-6.
52. Wieser HG, Hungerbuhler H, Siegel AM, Buck A. Musicogenic epilepsy: review of the literature and case report with ictal single photon emission computed tomography. *Epilepsia* 1997;38:200-7.
53. Sidtis JJ, Feldman E. Transient ischemic attacks presenting with loss of pitch perception. *Cortex* 1990;26:469-71.
54. Berrios GE. Musical hallucinations: a statistical analysis of 46 cases. *Psychopathology* 1991;24:356-60.
55. Fernández A, Crowther TR, Wieweg WW. Musical hallucinations induced by propranolol. *J Nerv Ment Dis* 1998;186:192-4.
56. Yoon CK. Synesthesia: the taste of music, the sound of colour. *J NIH Res* 1997;9:25-7.
57. Fukui H. Music and testosterone: a new hypothesis for the origin and function of music. *Ann N Y Acad Sci* 2001;930:448-51.
58. Pujol J, Roset-Lloret J, Rosinés-Cubells D, Deus J, Narberhaus B, Valls-Solé J, et al. Brain cortical activation during guitar-inducing hand dystonia studied by functional MRI. *Neuroimage* 2000;12:257-67.
59. Brandfonbrener AG, Robson C. Review of 113 musicians with focal dystonia seen between 1985 and 2002 at a clinic for performing artist. *Adv Neurol* 2004;94:255-6.
60. Rosset-Llobet J, Fàbregas S, Rosinés-Cubells D, Narberhaus B, Montero J. Análisis clínico de la distonía focal en los músicos. Revisión de 86 casos. *Neurología* 2005;20:108-15.
61. Thompson BM, Andrews SR. An historical commentary on the physiological effects of music: Tomatis, Mozart and neuropsychology. *Integr Physiol Behav Sci* 2000;35:174-88.
62. Rauscher FH, Shaw GL, Ky KN. Listening to Mozart enhances spatial-temporal reasoning: towards a neurophysiological basis. *Neurosci Lett* 1995;185:44-7.
63. Sutoo D, Akiyama K. Music improves dopaminergic neurotransmission: demonstration based on the effect of music on blood pressure regulation. *Brain Res* 2004;1016:255-62.
64. Kneafsey R. The therapeutic use of music in a care of the elderly setting: a literature review. *J Clin Nurs* 1997;6:341-6.
65. Koger SM, Chapin K, Brotons M. Is music therapy an effective intervention for dementia? A meta-analysis review of literature. *J Music Ther* 1999;36:2-15.
66. Hamel WJ. The effect of music intervention on anxiety in the patient waiting for cardiac catheterizations. *Intensive Crit Care Nurs* 2001;2001;17:279-85.
67. Hughes JR. The Mozart effect. *Epilepsy Behav* 2001;2:396-417.