

Relación entre las emisiones otoacústicas espontáneas y la evocación de imágenes auditivas.

Estudio comparativo entre músicos y no-músicos

Gabriela Pérez Acosta

Sinopsis

Existen múltiples evidencias de que los sustratos cerebrales que se ven activados durante la evocación de imágenes auditivas son, en gran parte, los mismos involucrados en la percepción de los estímulos acústicos. Sin embargo, aún no se tienen evidencias respecto de las influencias eferentes que esa actividad cognitiva pueda llegar a tener en el nivel coclear. La observación del comportamiento de las emisiones otoacústicas espontáneas durante la evocación de imágenes auditivas puede ofrecer datos importantes a este respecto. De observarse una interacción entre estos dos elementos se podrían aportar algunos fundamentos neurofisiológicos de la utilidad de la práctica de la evocación de imágenes auditivas en el desarrollo de la sensibilidad auditiva y en la práctica musical misma.

Emisiones otoacústicas

Las *emisiones otoacústicas* son sonidos de muy baja intensidad que produce la cóclea debido al movimiento de las células pilosas externas. Fueron registradas por primera vez en 1978 por el físico británico Kemp.¹ Existen dos tipos de emisiones otoacústicas, las provocadas por un estímulo externo y las espontáneas, producidas sin estímulo externo alguno. En el grupo de las emisiones otoacústicas provocadas encontramos dos tipos principalmente: las emisiones provocadas transitorias (EOAT) y las emisiones otoacústicas productos de la distorsión (EOAD). Estos dos tipos de emisiones otoacústicas constituyen una herramienta clínica importante para el monitoreo del funcionamiento de la cóclea. Sin embargo, el origen y la función de las emisiones otoacústicas espontáneas (EOAE) permanecen aún poco claros.

Actualmente ya es conocido que de la población con oídos sanos no todos presentan EOAE, y se sabe que el hecho de que esta población no las presente es absolutamente normal; su ausencia no es signo de disfunción auditiva o de algún tipo de problema clínico.² Anteriormente, se hablaba de que sólo 50% de la población las presentaba, con predominancia en las

mujeres y en los oídos derechos. Con el desarrollo de equipos más sensibles, en especial de micrófonos de ruido más bajo, el hallazgo de porcentajes positivos ha aumentado hasta 70% de la población [Penner y col., 1993].³ Sin embargo, se han mantenido las predominancias mencionadas en cuanto al sexo y a la lateralización. En promedio, en oídos humanos, la posibilidad de encontrar EOAE es mayor en las regiones de mayor sensibilidad auditiva (1 a 2 kHz), con amplitudes de -5 hasta 15dB, aproximadamente.

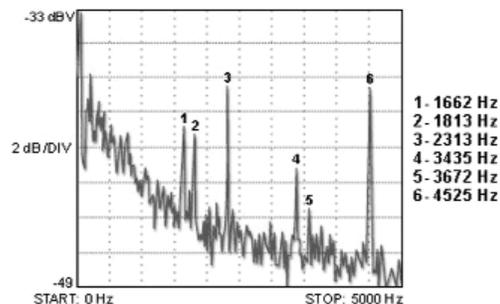


Imagen 1: Registro de varias emisiones otoacústicas espontáneas en un mismo oído.

(Imagen de Blatrix, S., registros hechos por Puel, J.L., Bonfils, P., Piron, J.P. "Promenade around the cochlea" <www.cochlea.org> EDU website de Pujol, R. y col., INSERM y la Universidad de Montpellier 1)

¹ Kemp, D.T., 1978.

² Hall, J. W., 2000.

³ Penner, M. J., Glotzbach, L., Huang, T., 1993.

Las frecuencias de las EOAE de un individuo pueden permanecer estables por largos periodos, sin embargo, las EOAE de altas frecuencias pueden desaparecer en el transcurso de los años y, por el contrario, pueden aparecer algunas emisiones de frecuencias más bajas. Se pueden registrar varias EOAE en cada oído y es altamente probable que si un individuo las presenta, se encuentren en ambos oídos.

Actualmente se reconoce su relación con el sistema auditivo eferente⁴ y existen evidencias de que aquellos oídos con EOAE poseen mayor sensibilidad auditiva.⁵ Por su parte, Braun⁶ ha realizado importantes hallazgos respecto de la relación de las frecuencias de las EOAE con las bandas críticas⁷ y posiblemente con la discriminación de la altura tonal.⁸ Estos datos abren nuevas perspectivas para llevar a cabo investigaciones sobre el papel que pueda desempeñar este tipo de emisiones otoacústicas en la percepción y producción musical y en sus procesos de cognición.

Imágenes auditivas

El estudio de la evocación de imágenes auditivas ha provocado gran interés en los últimos años. El acto de "evocar una imagen auditiva" describe el fenómeno de "crear" la música en la mente. Anteriormente se había realizado ya mucha investigación respecto de la evocación de imágenes visuales y motoras, y se encontró que el hecho de "simplemente imaginar" un objeto, un paisaje o un rostro activaba algunas áreas cerebrales en común con las que se activan al efectivamente verlos.⁹ Lo mismo sucedió con respecto a la imaginación de movimientos: el imaginar ejecutar un instrumento activaba áreas cerebrales motoras involucradas en la ejecución misma del movimiento.¹⁰ Es decir, se observó que los procesos de imaginación visual y motora y sus procesos correspondientes de percepción comparten algunos sustratos cerebrales. Todo esto llevó directamente a que se presentaran incógnitas con respecto a cómo se evocan las imágenes auditivas y a las diferencias que pudiera haber entre músicos profesionales y sujetos sin instrucción musical especializada. En varios estudios se demostró que la evocación de imágenes auditivas y la

percepción del estímulo acústico comparten áreas de activación cerebral en común, como ciertas áreas del sistema auditivo central¹¹ (núcleos geniculados mediales, colículos inferiores y lemnisco lateral)¹² y las cortezas auditivas primaria y secundaria,¹³ por ejemplo. Sin embargo, muchas incógnitas siguen sin responderse en relación con la manera según la cual funciona este proceso cognitivo, sobre todo respecto de la repercusión que pudiera tener en la práctica musical.

Halpern¹⁴ realizó estudios con diferentes técnicas respecto de la evocación de imágenes auditivas con lo que, además de corroborar lo dicho anteriormente, observaron que elementos musicales como la altura tonal y el tempo son recreados en esas imágenes con gran exactitud, sobre todo, por los músicos profesionales. Por otro lado, en otras investigaciones¹⁵ se ha encontrado evidencia de que el timbre, cualidad compleja del sonido cuyos elementos más determinantes son el ataque y el espectro¹⁶ también puede ser imaginado.

Schürmann,¹⁷ en su estudio de magnetoencefalografía (MEG)¹⁸ con el objetivo de observar el patrón temporoespacial de la actividad cerebral durante la evocación de imágenes auditivas que seguían a un estímulo visual, obtuvieron hallazgos similares y observaron que la activación neural específica a la evocación de la imagen auditiva de un solo sonido aprendido con anterioridad, desencadenada visualmente, seguía una secuencia temporal definida en los músicos profesionales.

Kraemer, et. al.,¹⁹ usaron la resonancia magnética funcional (fMRI)²⁰ para identificar y caracterizar los sustratos neurales relacionados con la evocación de imágenes auditivas espontáneas. Estos autores extrajeron fragmentos de melodías conocidas y los reemplazaron con lapsos de silencio. Observaron que esta acción provocaba espontáneamente la evocación de la imagen auditiva que completaba la frase musical incompleta y que activaba la corteza auditiva primaria y áreas de asociación auditiva.

⁴ Vías descendentes del sistema auditivo que transmiten información desde centros superiores del sistema auditivo central hacia estructuras más inferiores, entre ellas, las células pilosas externas.

⁵ McFadden, D., Mishra, R. 1993.

⁶ Braun, M., 1997.

⁷ Banda de frecuencias que excita cada terminación nerviosa. El ancho de banda crítica es en función de la frecuencia.

⁸ Braun, M., 2000.

⁹ O'Craven, K. M., Kanwisher, N., 2000.

¹⁰ Meister, I. G., Krings, T., Foltys, H., Borojerdi, B., Muller, M., Topper, R., Thron, A., 2004.

¹¹ Chen, W., Kato, T., Zhu, X. -H., Adriany, G., Ugurbil, K., 1996.

¹² Estructuras que se encuentran en orden descendente entre la corteza auditiva y los complejos olivarios.

¹³ Kraemer, D.J.M., Macrae, C.N., Green, A.E., Kelley, W.M., 2005.

¹⁴ Halpern, A. R., 2001.

¹⁵ Zatorre, R.J., Halpern, A.R., Bouffard, M., Johnson, J.A., 2004.

¹⁶ McAdams, S., Cunible, J.C., 1992.

¹⁷ Schürmann, M., Raji, T., Fujiki, N., Hari, R., 2002.

¹⁸ Técnica de imagenología que se emplea para estudiar el funcionamiento del cerebro humano a través de la medición de la actividad magnética de las neuronas. [Castro-Sierra, 1996.]

¹⁹ Kraemer, *Ibid.*

²⁰ Técnica de imagenología que mide los cambios que se llevan a cabo en una zona activa del cerebro mediante el uso de ondas de radio que crean un campo magnético en cada neurona.

Desarrollo

La evocación de imágenes auditivas activa las mismas áreas cerebrales que las que activa la percepción auditiva, incluyendo posiblemente centros del sistema auditivo eferente. Las EOAE conservan una relación directa con este sistema. Además, se tiene evidencia sobre la relación entre las EOAE y la sensibilidad auditiva y sobre la existencia de mayores influencias eferentes en músicos profesionales que en no-músicos.²¹ Podemos entonces deducir que puede existir una relación entre la evocación de las imágenes auditivas y las EOAE y que esta relación puede ser diferente entre músicos y no-músicos.

Algunos de los objetivos de esta investigación consisten en observar si el comportamiento de las emisiones otoacústicas espontáneas tiene relación, efecto o influencia en la actividad cerebral desencadenada por la evocación de imágenes auditivas, es decir, si existe una influencia ascendente desde el sistema auditivo periférico hacia áreas superiores de procesamiento auditivo-cognitivo. Observar si, de manera inversa, existen influencias descendentes de la actividad cerebral durante la evocación de imágenes auditivas en el comportamiento de las emisiones otoacústicas espontáneas. Por otro lado, se pretende observar si esta interacción es diferente entre músicos y personas sin instrucción musical especializada y si hay diferencia estadística en la presencia de emisiones otoacústicas espontáneas entre los oídos de músicos y no-músicos.

Metodología

La primera etapa de este estudio es decisiva debido a la dificultad conocida para localizar una población representativa con EOAE. Sin embargo, la gran población de la Ciudad de México representa una ventaja importante y permite una postura optimista al respecto.

La primera fase del estudio consiste en el análisis de las poblaciones y en la obtención de los registros de una cantidad considerablemente estable y estadísticamente significativa de las EOAE necesarias para poder llevar a cabo las comparaciones propuestas.

1) Con este objetivo, se realizarán audiometrías a un número determinado de personas para encontrar las dos poblaciones deseadas, una con experiencia musical y otra sin ella, que manifiesten audición normal, condición necesaria para que

se presenten las EOAE. Se espera obtener dentro de esta etapa, por lo menos 55 mujeres y 55 hombres que presenten audición normal (± 5 , para tomar en cuenta defecciones u otras pérdidas de sujetos de estudio) con edades de 25 a 35 años (± 5 para no restringir tajantemente los límites y descartar sujetos que puedan ser buenos candidatos a estudio).

2) Una vez delimitada la población deseada con audición normal se procederá al análisis de las EOAE en cada individuo para determinar su existencia, los promedios de presentación, las frecuencias y las amplitudes de estas emisiones. Esto se lleva a cabo mediante la inserción de un micrófono de alta sensibilidad en el canal auditivo, posteriormente se realiza el registro de la actividad coclear mediante un analizador de audio. Para poder determinar cualquier cambio en el comportamiento de las EOAE al incluir la tarea de evocación de imágenes auditivas será importante tener una base de datos con información definida de las características de las EOAE encontradas en ausencia de actividad cognitiva específica. Se piensa obtener un promedio aproximado de 35 personas con EOAE en cada grupo, número que resulta estadísticamente significativo y que permite la aplicación de técnicas estadísticas paramétricas con resultados más confiables.

3) Debido a que se llevará a cabo un estudio comparativo entre músicos e individuos sin instrucción musical especializada, se establecerán:

a.- como candidatos al grupo de sujetos con experiencia musical formal aquellas personas que hayan comenzado estudios de música entre los seis y once años de edad y hayan tocado su instrumento alrededor de cuatro horas al día por al menos diez años;

b.- como candidatos al grupo de sujetos sin experiencia musical profesional aquellas personas que no hayan tenido instrucción musical formal, es decir, adicional a la recibida en la educación básica, por más de tres años.

4) Se buscará, de preferencia, que el grupo sin educación musical tenga alguna relación de parentesco (hermanos, primos) con los reclutados en el grupo con educación musical profesional: el contar con características genéticas parecidas elimina variables dadas por factores ambientales que son indeseables en este tipo de investigaciones. Además, los sujetos no deberán tener antecedentes de desórdenes auditivos, visuales, hápticos,²² neurológicos o psiquiátricos de ningún tipo.

²² "El término "háptico" se refiere a la percepción táctil, en la cual, la sensación cutánea y cinestésica transmiten información significativa respecto de eventos y objetos distales. La mayor parte de nuestra percepción táctil cotidiana y desempeño controlado por el tacto cae dentro de esta categoría". Loomis, J. M., Lederman, S. J. Tactual perception en *Handbook of Perception and Human Performance*, Boff, K., Kaufman, L., & Thomas, J. (Eds.), 1986, Volumen II, Capítulo 31.

²¹ Perrot, X., Micheyl, C., Khalfa, S., Collet, L., 1999.

Posteriormente, y ya con los datos anteriores en mano, se procederá a realizar las mediciones de las EOAe conforme a los mismos parámetros que en la etapa anterior, durante la tarea de evocación de imágenes auditivas, con el objetivo de poder recabar la información deseada y realizar las comparaciones propuestas:

- 1) Entre individuos de ambos grupos.
- 2) Entre ambos sexos.
- 3) Entre los dos oídos de cada individuo.
- 4) En el grupo de los músicos, entre las diferentes disciplinas (instrumentistas, cantantes y compositores).

Discusión

Una de las metas principales de esta investigación es determinar, dada la interacción entre las emisiones otoacústicas espontáneas y la evocación de imágenes auditivas, una explicación más sobre el origen de la gran sensibilidad auditiva de los músicos. Es decir, se podría determinar que el practicar la evocación de imágenes auditivas, actividad muy desarrollada en el quehacer musical, pueda tener una relación directa con la sensibilidad auditiva, y que quizá, de manera más ambiciosa, se pueda pensar en usarla como herramienta para el refinamiento de esta última. De igual manera, se pretende obtener más evidencia del papel o los papeles que pueda tener la existencia de las emisiones otoacústicas espontáneas y quizá incluso, de su utilidad.

Referencias bibliográficas

Braun, M. "Frequency spacing of multiple spontaneous otoacoustic emissions shows relation to critical bands: A large-scale cumulative study", *Hear Res*; 114:197-203; 1997.

Braun, M. "Inferior colliculus as candidate for pitch extraction: Multiple support from statistics of bilateral spontaneous otoacoustic emissions", *Hear Res*; 145:130-140; 2000.

Castro-Sierra, E. "Actividad auditiva cortical cerebral medida por técnicas de magnetoencefalografía", *Ciencia y Desarrollo*; 21(127):42-5; 1996.

Chen, W., Kato, T., Zhu, X.-H., Adriany, G., Ugurbil, K. "Functional mapping of human brain during music imagery processing", *NeuroImage*; 3:S205; 1996.

Hall, J.W. Spontaneous otoacoustic emissions (SOAEs) en *Handbook of Otoacoustic Emissions*, San Diego, CA: Singular Publishing Group, pp. 67-92, 2000.

Halpern, A.R. "Cerebral substrates of music imagery", *Ann NY Acad Sci*; 930:179-92; 2001.

Kemp, D.T. "Stimulated acoustic emissions from within the human auditory system", *JASA*; 64:1386-1391; 1978.

Kraemer, D.J.M., Macrae, C.N., Green, A.E., Kelley, W.M. "Sound of silence activates auditory cortex", *Nature*; 434:158; 2005.

Loomis, J. M., Lederman, S. J. Tactual perception en *Handbook of Perception and Human Performance*, Boff, K., Kaufman, L., & Thomas, J. (Eds.), Volumen II, Capítulo 31, 1986.

McAdams, S., Cunible, J.C. "Perception of timbral analogies", *Phil Trans R Soc Lond B Biol Sci*; 336(1278):383-9; 1992.

McFadden, D., Mishra, R. "On the relation between hearing sensitivity and otoacoustic emissions", *Hear Res*; 97:208-13; 1993.

Meister, I.G., Krings, T., Foltys, H., Boroojerdi, B., Müller, M., Topper, R., Thron, A. "Playing piano in the mind-an fMRI study on music imagery and performance in pianists", *Cogn Brain Res*; 19(3):219-28; 2004.

O'Craven, K.M., Kanwisher, N. "Mental imagery of faces and places activates corresponding stimulus-specific brain regions", *J Cogn Neurosci*; 12(6):1013-23; 2000.

Penner, M.J., Glotzbach, L., Huang, T. "Spontaneous otoacoustic emissions: Measurement and data", *Hear Res*; 68:229-37; 1993.

Perrot, X., Micheyl, C., Khalfa, S., Collet, L. "Stronger bilateral efferent influences on cochlear biomechanical activity in musicians than in non-musicians", *Neurosci Lett*; 262:167-70; 1999.

Schürmann, M., Raij, T., Fujiki, N., Hari, R. "Mind's ear in a musician: where and when in the brain", *NeuroImage*; 16(2):434-40; 2002.

Talmdage, C.L., Long, G.R., Murphy, W.J., Tubis, A. "New off-line method for detecting spontaneous otoacoustic emissions in human subjects", *Hear Res*; 71:170-182; 1993.

Yoo, S., Lee, Ch.U., Choi, B.G. "Human brain mapping of auditory imagery: Event-related functional MRI study", *NeuroReport*; 12:3045-3049; 2001.

Zatorre, R.J., Halpern, A.R., Bouffard, M., Johnson, J.A. "Behavioral and neural correlates of perceived and imagined musical timbre", *Neuropsychologia*; 42(9):1281-92; 2004.