



Auditory and non-auditory effects of noise on health

**Mathias Basner, Wolfgang Babisch, Mark Brink, Charlotte
Clark, Sabine Jansen, Stephen Stansfeld**

Publicado en THE LANCET Vol. 383. Abril de 2014

**Versión en español de Santiago J. Pérez Ruiz
Contribución para SEMARNAT
Apoyo de CONACYT PDCPN_2013/213883**

Efectos auditivos y no auditivos en la salud, provocados por el ruido.

Mathias Basner, Wolfgang Babisch, Mark Brink, Charlotte Clark, Sabine Jansen Stephen Stansfeld

El ruido es omnipresente en la vida cotidiana y puede causar efectos auditivos y no auditivos en la salud. La pérdida auditiva inducida por el ruido sigue siendo muy prevalente en los lugares de trabajo, y es cada vez más ocasionada por la exposición al ruido social (por ejemplo, por los reproductores de música personales). La comprensión de los mecanismos moleculares implicados en el daño de células y nervios, inducidos por ruido, se ha incrementado sustancialmente y algunos medicamentos preventivos y terapéuticos probablemente estarán disponibles dentro de 10 años. La evidencia de los efectos no auditivos, por la exposición al ruido ambiental, en la salud pública está creciendo. Estudios observacionales y experimentales han demostrado que la exposición al ruido provoca molestias, perturba el sueño y causa somnolencia diurna, afecta la recuperación de los pacientes y el desempeño del personal en los hospitales, aumenta la incidencia de hipertensión y enfermedad cardiovascular y perjudica el rendimiento cognitivo en los alumnos. En esta revisión, se destaca la importancia de contar con estrategias adecuadas de prevención y mitigación del ruido para la salud pública.

Introducción

La evolución ha programado a los seres humanos para ser conscientes de los sonidos como posibles fuentes de peligro¹. El ruido, definido como sonido no deseado, es un contaminante cuyos efectos sobre la salud han sido descuidados, a pesar de la capacidad de medir con precisión o calcular la exposición a partir de los niveles máximos de energía promediados en el tiempo (panel 1, figura 1). Aunque las personas tienden a acostumbrarse a la exposición al ruido, el grado de habituación difiere para los individuos y rara vez es completo². Si la exposición al ruido es crónica y excede ciertos niveles, entonces los síntomas negativos en la salud pueden verse. Los efectos sobre la salud se reconocieron por primera vez en los entornos laborales, como los telares, donde se asociaban altos niveles de ruido, con la pérdida auditiva inducida por el ruido³. El ruido laboral es el tipo de exposición al ruido más frecuentemente estudiado. El enfoque de la investigación se ha ampliado al ruido social (por ejemplo el escuchado en un bar o través de un reproductor de música personal), y ruido ambiental (por ejemplo: ruido del tráfico por carretera, ferrocarril y aire, y la construcción industrial). Estas exposiciones al ruido se han vinculado a una serie

de efectos no auditivos sobre la salud, incluyendo molestias⁴, perturbación del sueño⁵, enfermedad cardiovascular^{6,7}, y afecta el rendimiento cognitivo en los alumnos⁸. Los efectos sobre la salud del ruido provocado por los lugares de entretenimiento y por los vecinos son evasivos, sin embargo, causan muchas quejas a las autoridades. El significado atribuido a los sonidos podría afectar nuestra respuesta a ellos -por ejemplo, la respuesta al ruido de los aviones podría diferir entre un empleado del aeropuerto y un residente que teme consecuencias a largo plazo para la salud debido a la exposición al ruido-. El ruido es omnipresente en los entornos urbanos y la disponibilidad de lugares tranquilos está disminuyendo. En la Unión Europea, cerca de 56 millones de personas (54%) viven en zonas donde más de 250 000 habitantes están expuestas a un ruido de tráfico de más de 55 dB (L_{DEN}) 55 dB por año, lo que se considera riesgoso para la salud⁹. Por lo tanto, la comprensión del ruido ocupacional y ambiental es importante para la salud pública. En esta revisión, resumimos el conocimiento y la investigación relacionados con la exposición al ruido y los efectos de salud auditivos y no auditivos.

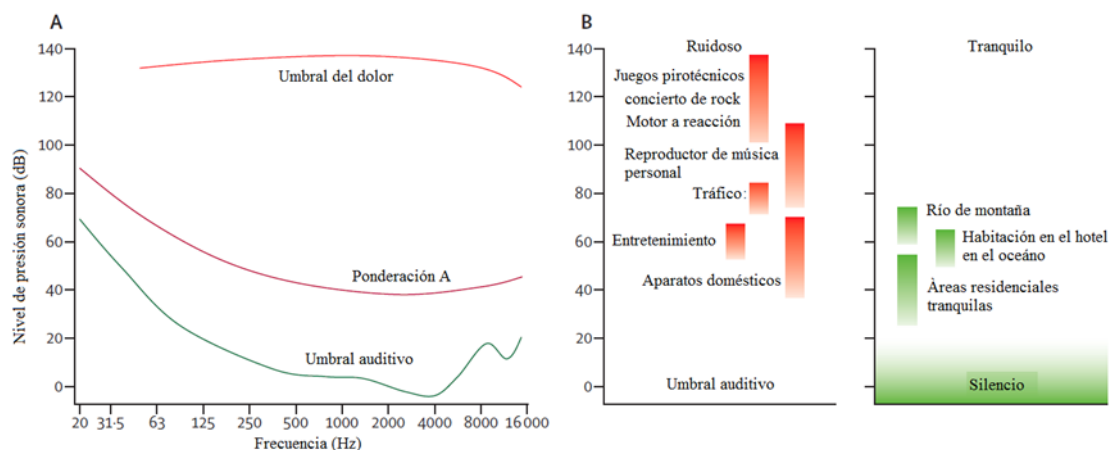


Figura 1. Niveles de presión sonora (A) La sensibilidad del sistema auditivo depende de la frecuencia del sonido, la sensibilidad es más alta entre 2000 Hz y 5000 Hz (línea verde). La ponderación A (línea roja oscura) es una ponderación de la frecuencia de los niveles de presión acústica que imita la sensibilidad del sistema auditivo (por ejemplo, los sonidos de baja frecuencia contribuyen poco al nivel de dB ponderado en A). (B) Los niveles de presión acústica ponderada A para varios sonidos ambientales, enfatizando que si un ruido se percibe como ruido depende en gran medida del contexto y del individuo, y sólo está determinado en parte por sus niveles de presión acústica. Por ejemplo, los espectadores que asisten a un concierto de rock podrían no percibir la música como ruido, mientras que los residentes en las cercanías del lugar podrían llamar ruido, a pesar de que los niveles de presión sonora son mucho más bajos allí que en el interior.

Efectos auditivos en la salud

Pérdida auditiva inducida por ruido

El ruido es la principal causa, evitable, de pérdida de audición. La pérdida de la audición inducida por el ruido puede ser causada por una sola exposición a un sonido intenso tipo impulso (por ejemplo, pistola), o por exposición a largo plazo, en estado estacionario, con niveles de presión acústica superiores a 75-85 dB LA, como sucede, por ejemplo, en entornos industriales. La característica patológica de la pérdida auditiva inducida por ruido es la pérdida de células sensoriales auditivas en la cóclea. Debido a que estas células no pueden regenerarse en mamíferos, no puede producirse reposición celular; la prevención de la pérdida auditiva inducida por el ruido es la única opción para preservar la audición. La pérdida auditiva que encamina a la incapacidad de entender el habla, en situaciones cotidianas, puede tener un efecto social severo. También puede afectar el rendimiento cognitivo y disminuir la concentración en las actividades. Los accidentes y caídas también se asocian con pérdida auditiva no diagnosticada, con un exceso de mortalidad del 10-20% en 20 años¹⁰.

La pérdida auditiva inducida por el ruido es un problema de salud pública, el estudio de la OMS, Carga Mundial de enfermedad 2010¹¹, estimó que 1,300 millones de personas se ven afectadas por la pérdida de audición y los investigadores calificaron la pérdida de audición (2.6% del total, 19.9 millones de años) como el 13º contribuyente más importante a los años globales vividos con discapacidad (YLD, años viviendo con discapacidad por sus siglas en inglés). La pérdida auditiva en adultos, no relacionada con un proceso específico de enfermedad, representó el 79%. En los Estados Unidos y Europa, el 26% de los adultos tienen un trastorno auditivo bilateral que perjudica su capacidad de oír en entornos ruidosos, y un 2% más tiene problemas auditivos unilaterales sustanciales. La prevalencia, ajustada por edad, es similar en Asia¹². La OMS estima que el 10% de la población mundial está expuesta a niveles de presión acústica que podrían causar pérdida auditiva inducida por el ruido. En, alrededor de, la mitad de estas personas, el daño auditivo puede atribuirse a la exposición a ruido intenso¹³.

El tinnitus (cambio en la percepción del sonido, como zumbido o campanilleo, y que no se puede atribuir a una fuente externa), a menudo proviene de la exposición a ruido agudo y crónico, y persiste en una alta proporción de individuos afectados¹⁴. El tinnitus puede afectar la calidad de vida de varias maneras, incluyendo la alteración del sueño, la depresión o la incapacidad de mantener la atención¹⁵. El hecho de que la pérdida auditiva y el tinnitus se presentan en combinación sugiere que ambos síntomas comparten vías fisiopatológicas comunes.

Pérdida de la audición inducida por ruido laboral

A pesar de la introducción de normas para la protección auditiva, la reducción de la exposición al ruido ocupacional y los amplios esfuerzos de los organismos de salud pública en los países desarrollados; la pérdida de la audición inducida por la exposición al ruido laboral sigue siendo un dilema y es objeto de extensas investigaciones. La pérdida auditiva inducida por el ruido es la enfermedad profesional más común en Estados Unidos; alrededor de 22 millones de trabajadores estadounidenses están expuestos a niveles de ruido peligrosos en el trabajo y, anualmente, se calcula que se gastarán \$242 millones de dólares en compensación por discapacidad auditiva¹⁶.

Muchos países hacen cumplir la legislación vigente sobre salud y seguridad donde se especifica los niveles máximos de exposición y los requisitos de acción, incluyendo evaluaciones del ruido, pruebas audiométricas regulares, equipo de protección y de monitoreo, que tienen por objeto proteger tanto a los trabajadores como al público en general, contra la exposición excesiva al ruido. Sin embargo, la evidencia disponible para las asociaciones entre la exposición al ruido laboral y la pérdida auditiva es compleja y su calidad es variable. Muchos estudios carecen de controles, no expuestos al ruido, apropiados y los estudios longitudinales son escasos. Los contribuidores de la revisión de la base de datos Cochrane¹⁷ Concluyó que: "se necesitan programas de prevención de mayor alcance, mejor calidad de los estudios, especialmente en el campo de ingeniería de control de ruido y una mejor implementación de la legislación para prevenir mejor la pérdida de la audición inducida por el ruido". Esta revisión también

señaló que los esfuerzos actuales para la prevención de la pérdida de audición, se centran más en la protección auditiva que en el control del ruido.

El nivel exacto de exposición al ruido, en ambientes industriales, que conlleva el riesgo de daño auditivo se debate internacionalmente. Por ejemplo, en el Reino Unido, el reglamento sobre el control del ruido en el trabajo (2005)¹⁸, estableció niveles de control de 80 dB L_{Aeq8h} (protección disponible) y de 85 dB (protección obligatoria). Una investigación de seguimiento de 3 años de 19 empresas del Reino Unido que tenían diversos grados de cumplimiento comunicó que estos valores eran seguros¹⁹. Sin embargo, son necesarios estudios con un seguimiento más largo, para apuntalar estos hallazgos. La Administración de Seguridad y Salud Laboral de los Estados Unidos (OSHA, por sus siglas en inglés) promueve estándares menos estrictos que otros y establece el límite de exposición permisible en 90 dB. Sin embargo, de acuerdo con los reglamentos de OSHA, los empleadores tienen que implementar un programa de conservación de la audición si los trabajadores están expuestos a niveles más altos que 85 dB. Aunque la pérdida auditiva inducida por el ruido es bien reconocida en ambientes industriales, los individuos con otras ocupaciones como músicos^{20,21} ó los que trabajan en la esfera militar^{22,13}, también contribuyen sustancialmente a la carga global de enfermedades debido a la pérdida de la audición inducida por el ruido.

Exposición al ruido social

El ruido excesivo es a menudo aceptado como parte del ambiente recreativo. Aunque el ruido laboral ha disminuido desde el principio de los años ochenta, el número de jóvenes con grados relevantes de exposición al ruido social se ha triplicado en el mismo período²⁴. Un creciente grupo de investigación está evaluando el riesgo de pérdida auditiva en adolescentes debido al uso personal del reproductor de música²⁵. En una investigación, se consigna que el 66% de los adultos jóvenes que asisten a clubes nocturnos o conciertos de rock en el área de Nottingham de Inglaterra informó de pérdida auditiva temporales o tinnitus²⁴. Estudios epidemiológicos (estudios de cohorte) como el OHRKAN²⁶ son necesarios para concluir si la exposición generalizada a la música fuerte en la adolescencia aumenta la prevalencia de la pérdida auditiva y el tinnitus en

edades más avanzadas. Se necesitan tanto productos más seguros como campañas de salud pública para reducir el riesgo de pérdida auditiva por el uso de reproductores personales de música. Audífonos con cancelación de ruido son una medida preventiva efectiva para reducir riesgos a los usuarios de reproductores de música personales²⁷.

Pérdida auditiva inducida por ruido y la edad

La pérdida auditiva inducida por ruido está determinada por exposición al ruido y por eventos cotidianos, todos los grupos de distinta edad pueden padecerla. La exposición a diferentes tipos de ruido desde la primera infancia, puede tener efectos acumulativos en la pérdida auditiva del adulto. Hay una creciente evidencia científica de que algunos factores sociales y biológicos pueden afectar la audición en la mediana edad (por ejemplo, estudios en pacientes evaluados en edades de 45 años²⁸). La prevalencia de pérdida auditiva está altamente asociada a la edad²⁹. Como interactúan el ruido y la edad es un reto abierto en el conocimiento de los especialistas. Los datos sugieren que cambios sutiles, pero patológicos, que aparecen desde exposiciones a ruido tempranas incrementan el envejecimiento del oído interno y su pérdida auditiva asociada^{30, 31}. Además del ruido, factores como el alcohol, fumar, y la hiperglicemia están asociadas a la pérdida auditiva por la edad. De modo que las iniciativas de salud públicas se necesitan enfocar tanto a la salud en general como a la salud auditiva.

Avances científicos y estrategias terapéuticas

En los últimos 5 años, varios estudios han mejorado el conocimiento de las causas y factores que afectan la susceptibilidad a la pérdida auditiva inducida por ruido. Es ampliamente aceptado que la pérdida auditiva inducida por ruido es un síntoma de una enfermedad compleja producto de la interacción de factores ambientales y genéticos. La herencia puede explicar más del 50% de la variabilidad en la pérdida auditiva en individuos, después del ruido, pero definitivamente hace falta investigar más. La identificación de genes susceptibles podría ayudar a identificar a la población en riesgo alto y mejorar la protección

auditiva dirigida para individuos predispuestos ³². Se han hecho muchos progresos en la comprensión de los mecanismos moleculares involucrados en el daño de las células ciliadas y los nervios. Recientes investigaciones, de investigadores que utilizan células del tallo cerebral para recuperar circuitos neuronales de la cóclea, aún etapas prematuras podrían conducir a estrategias terapéuticas potenciales ³³. Se ha incrementado la atención sobre el riesgo de combinar exposición alta al ruido y el empleo de drogas que pueden afectar las estructuras de oído interno y las fibras nerviosas ^{34,35}. Una pequeña pero substancial cantidad de personas tiene pérdida auditiva como complicación en fármacos para el tratamiento de cáncer como el Cisplatino, que además puede incrementarse con altos niveles de ruido (como por ejemplo los que generan los scanners MRI).

Recientemente se han explorado varios senderos terapéuticos y se espera contar con fármacos orales, para protegerse de una pérdida auditiva inducida por ruido, en los próximos diez años ¹³. Hay investigadores que consignan que la tensión oxidativa puede contribuir al daño celular de la cóclea; compuestos antioxidantes tales como el Glutathión han mejorado la pérdida auditiva inducida por ruido en animales de experimentación y pueden prevenir la pérdida auditiva inducida por ruido ^{36,37}. Un fármaco oral oto-protector, el D-methionine, previene la pérdida auditiva inducida por ruido en animales de experimentación aún cuando la primera toma del medicamento ocurra unas horas después de la exposición al ruido; sin embargo, únicamente estudios clínicos formales proporcionarían la información necesaria para estimar su riesgo y eficacia en seres humanos. La armada de EUA tiene programada realizar próximamente un estudio clínico del D-methionine (NCT01345474) ³⁸.

Diagnóstico de la pérdida auditiva inducida por ruido

El desarrollo de la medición de las emisiones oto-acústicas ha sido un avance tecnológico importante en la valoración audiológica. Las emisiones oto-acústicas son una liberación de la energía acústica que emite la cóclea y que se puede registrar en el canal auditivo. La medición de las emisiones oto-acústicas se utilizan para identificar defectos auditivos en recién nacidos y niños pequeños. Los investigadores Hall y Lutman ³⁹ consignan que la medición de las emisiones

oto-acústicas fue dos veces más sensible que la audiometría para detectar cambios en el umbral auditivo y sugieren que su empleo podría mejorar el monitoreo de la pérdida auditiva inducida por ruido en el mismo sitio de trabajo. Un estudio longitudinal ⁴⁰ también sugiere que las emisiones oto-acústicas pueden indicar cambios inducidos por el ruido en el oído interno indetectables con la audiometría. Por eso las emisiones oto-acústicas podrían ser un mejor predictor para la pérdida auditiva inducida por ruido, pero son necesarios otros estudios longitudinales para demostrar cuando la medición de las emisiones oto-acústicas puede reemplazar la audiometría usual o cuando las dos técnicas tienen un papel complementario ¹⁹.

Efectos no auditivos en la salud

Introducción

Los temas más investigados de los efectos no auditivos son: perturbación y molestia, deterioro cognoscitivo (sobre todo en niños), alteración del sueño y salud cardiovascular. La OMS estima que en países de Europa occidental de altos ingresos (con una población de alrededor de 340 millones de habitantes), al menos un millón de años de vida sanos (años de vida ajustados por discapacidad) se pierden cada año debido al ruido ambiental (ver figura 2) ¹⁴.

Molestia

La molestia es la respuesta comunitaria más predominante en una población expuesta al ruido ambiental. La molestia puede resultar del ruido que interfiere con las actividades cotidianas, los sentimientos, los pensamientos, el sueño o el descanso, y puede estar acompañado de respuestas negativas, como la ira, el descontento, el agotamiento y los síntomas relacionados con el estrés ⁴¹. En formas graves, se podría pensar que afectan el bienestar y la salud, y debido al elevado número de personas afectadas, la molestia contribuye sustancialmente a la carga de las enfermedades provocadas por el ruido ambiental (figura 2) ¹⁴. Algunos investigadores han propuesto preguntas normalizadas, sobre la molestia a largo plazo de los residentes en su hogar, para su uso en encuestas

⁴². Además, los investigadores han reunido datos sustanciales, de la molestia de los residentes expuestos al ruido en su hogar, sobre la base de qué relación exposición-respuesta resultaron (por ejemplo, de turbinas de viento) ^{4,43, 44}. Estas relaciones pueden utilizarse en evaluaciones de impacto estratégico o de salud para estimar molestias a largo plazo en una situación bastante estable. Aunque la respuesta global de la comunidad depende de los valores de la sociedad, y es más relevante para la orientación de la política de salud a desarrollar, varias características personales (por ejemplo edad y sensibilidad al ruido) y de la situación de la exposición (por ejemplo aislamiento sonoro en la vivienda) pueden afectar el grado individual de la molestia ^{41, 44}.

Enfermedad cardiovascular

Tanto estudio de laboratorio, a corto plazo, con seres humanos como estudios, a largo, con animales han proporcionado los mecanismos biológicos y la plausibilidad para sustentar la teoría de que la exposición a largo plazo al ruido ambiental afecta el sistema cardiovascular y ocasiona enfermedades evidentes (Incluyendo hipertensión, cardiopatía isquémica y accidente cerebrovascular) ⁴⁵. La exposición aguda a diferentes tipos de ruido se asocia con la activación del sistema nervioso autónomo y del sistema endocrino ⁴⁶. Los investigadores han observado repetidamente que la exposición al ruido aumenta la presión arterial sistólica y diastólica, cambia la frecuencia cardíaca y provoca la liberación de hormonas del estrés (incluyendo catecolaminas y glucocorticoides) ⁴⁵. El modelo de estrés general, es la razón detrás de estas reacciones, los mecanismos potenciales son reacciones de estrés emocional debido a la incomodidad percibida (vía indirecta), y el estrés fisiológico no consciente, ocasionado por las interacciones entre el sistema auditivo central y otras regiones del Sistema Nervioso Central SNC (vía directa). La vía directa podría ser el mecanismo predominante en los individuos dormidos, incluso a bajos niveles de ruido. La exposición crónica puede causar un desequilibrio en la homeóstasis de un organismo (carga alostática) que afecta el metabolismo y el sistema cardiovascular, con aumentos en los factores de riesgo de enfermedad cardiovascular, tales como: la presión sanguínea, las concentraciones de lípidos sanguíneos, la viscosidad sanguínea y las concentraciones de glucosa en

sangre ^{45,47}. Estos cambios aumentan el riesgo de hipertensión, arteriosclerosis, y están relacionados con eventos severos, como infarto al miocardio y accidente cerebrovascular. Estudios de epidemiología laboral ⁴⁸⁻⁵⁰ y ambiental ^{7,51-53} han mostrado una mayor prevalencia e incidencia de enfermedades cardiovasculares y mortalidad en grupos altamente expuestos al ruido. Las estimaciones de riesgo de ruido laboral, en los niveles perjudiciales para el oído, tienden a ser más altas que las del ruido ambiental (en niveles más bajos). Debido a las diferentes características acústicas (nivel de presión, espectro en frecuencias, curso temporal, tiempo de elevación del nivel de presión y su valoración sico-acústica) para diferentes fuentes de ruido, los niveles de ruido de diferentes fuentes de ruido no se pueden combinar en un indicador de decibeles. Se necesitan diferentes curvas de exposición-respuesta, para diferentes fuentes de ruido. Se realizaron meta análisis para evaluar cuantitativamente la relación exposición-respuesta para el ruido de transporte (exposición al ruido de tráfico por carretera y al ruido de las aeronaves) y efectos en la salud (hipertensión y cardiopatía isquémica, incluido el infarto de miocardio) ^{6, 54, 55}. Los investigadores obtuvieron aumentos en el riesgo de entre un 7% y un 17% por cada 10 dB de aumento del nivel de ruido equivalente L_{Aeq} (figura 3). Sus resultados han sido ajustados por factores de riesgo conocidos como: la edad, el sexo, la situación socioeconómica, el tabaquismo, el índice de masa corporal y otros. Los investigadores identificaron el sexo y la edad como modificadores de efecto. Los estudios de los efectos combinados del ruido y la contaminación atmosférica, mostraron efectos ampliamente independientes ^{7, 51-53}, que puede explicarse pensando en diferentes mecanismos de cómo ambas exposiciones pueden afectar la salud (Respuesta al estrés cognitivo y autónomo versus procesos inflamatorios).

Rendimiento cognitivo

La OMS estima que alrededor de 45.000 años de vida ajustados a la discapacidad, se pierden cada año en los países de Europa occidental (de altos ingresos) en niños de 7 a 19 años, debido a la exposición al ruido ambiental (figura 2) ¹⁴.

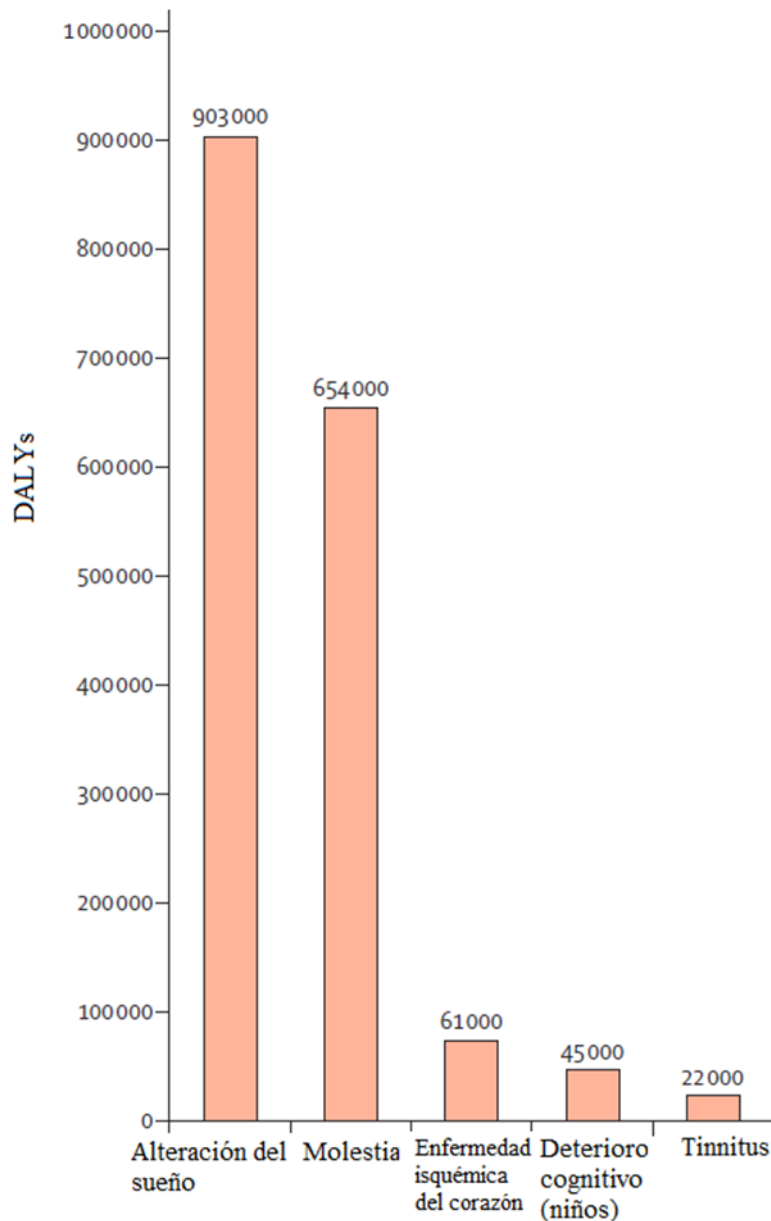


Figura 2. DALYs atribuidos a la exposición al ruido ambiental en Europa. De acuerdo a la OMS más de un millón de años de vida sanos (DALYs), se pierden anualmente debido a la exposición de ruido ambiental solamente en los estados miembros de Europa. La mayoría de esos DALYs se deben a la alteración del sueño por ruido y a la molestia por ruido. DALYs = Años de vida ajustados por discapacidad.

Los mecanismos postulados para efectos de ruido en la cognición de los niños incluyen: dificultades de comunicación, disminución de la atención, aumento de la excitación, desamparo aprendido, frustración, molestia por el ruido y consecuencias del trastorno del sueño en el rendimiento ^{3, 56}. Los investigadores también han sugerido respuestas de estrés psicológico como un mecanismo,

debido a que los niños son aun incapaces de evaluar las amenazas de los factores de estrés y tienen estrategias de resistencia menos desarrolladas que los adultos ³. Las áreas con altos niveles de ruido ambiental son a menudo socialmente desfavorecidas y los niños de áreas con alta carencia social empeoran en las pruebas de cognición que los niños no expuestos a la carencia social. Por lo tanto, las valoraciones de la posición socioeconómica deben tenerse en cuenta en la evaluación de las asociaciones entre la exposición al ruido y la salud y la cognición.

Más de 20 estudios han demostrado que la exposición al ruido ambiental tiene un efecto negativo en los resultados de aprendizaje de los niños y en su rendimiento cognoscitivo ⁵⁷, y que los niños con una exposición al ruido crónica (de tráfico, de aviones o ruido ferroviario) en la escuela, tienen menor capacidad de lectura, memoria y desempeño en las pruebas nacionales estandarizadas que los niños que no están expuestos al ruido en la escuela ⁵⁸⁻⁶⁰. Los investigadores han examinado los vínculos de exposición-efecto, entre la exposición al ruido y la cognición para identificar el nivel de exposición el que comienza afectar el ruido ^{61, 62}. La investigación RANCH, estudió 2844 niños con edades de 9 a 10 años, de 89 escuelas ubicadas en las vecindades de los aeropuertos de Heathrow (Londres, Inglaterra), Schiphol (Ámsterdam, Holanda), y Barajas (Madrid, España), encontró una relación lineal, exposición- efecto, entre exposición al ruido de aviones y la comprensión de lectura y su memoria de reconocimiento en niños, después de ajustar por una serie de factores socioeconómicos ^{61,62}. Un incremento de 5 dB en L_{Aeq} en la exposición al ruido de aviones se asoció con 2 meses de retraso en la edad de la lectura en los niños de Inglaterra y de 1 un mes en los niños de Holanda. Estas asociaciones lineales sugieren que no hay umbral para los efectos y cualquier reducción en el nivel de ruido en la escuela debe mejorar la cognición de los niños.

En el documento Directrices sobre el Ruido en la Comunidad de la OMS ⁶³, se sugiere que el nivel de presión sonora de fondo no debe exceder los 35 dB de L_{Aeq} durante las sesiones de enseñanza. Estudios de mitigación y experimentos naturales han demostrado que las reducciones en la exposición al ruido mediante mejoras en el aislamiento sonoro o el cierre de los aeropuertos, están asociadas

con mejoras en la cognición, lo que sugiere que la reducción del ruido puede eliminar los efectos del ruido en la cognición ^{58, 59}.

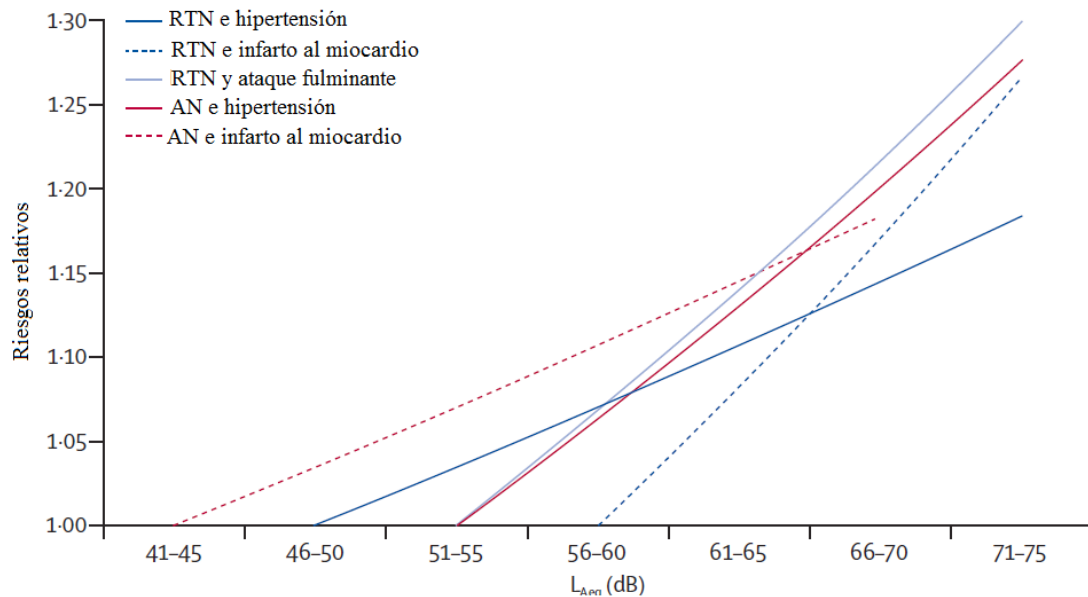


Figura 3. Curvas de exposición – respuesta, de ruido de trafico y de aviones y puntos finales cardiovasculares. RTN e hipertensión (24 estudios, indicador de ruido L_{Aeq16h}); RTN e infarto al miocardio (5 estudios, indicador de ruido L_{Aeq16h}); RTN y ataque fulminante (un estudio, indicador de ruido L_{DEN}); AN e hipertensión (cinco estudios, indicador de ruido L_{DN}); AN e infarto al miocardio (un estudio, indicador de ruido L_{DN}). RTN= ruido de trafico en carreteras; AN = ruido de aviones.

Alteración del sueño

Se piensa que la alteración del sueño es el efecto no auditivo más perjudicial de la exposición al ruido ambiental (figura 2), ya que se necesita un sueño inalterado de una duración suficiente, para mantener el estado de alerta diurno y tener un buen rendimiento, calidad de vida y salud ^{5, 14}. Los seres humanos perciben, evalúan y reaccionan a los sonidos ambientales, incluso mientras duermen ⁶⁴. Niveles máximos de presión acústica tan bajos como L_{Amax} 33 dB pueden inducir reacciones fisiológicas durante el sueño, incluyendo excitación autónoma, motora y cortical (por ejemplo, taquicardia, movimientos corporales e incluso despertarse) ^{5, 65}. Cuando el ruido inducirá a despertarse, depende no sólo del número de eventos de ruido y sus propiedades acústicas ², sino también de los moderadores situacionales (tal como la etapa momentánea del sueño ⁶⁶)

y la susceptibilidad al ruido individual ⁶⁴. Personas de edad avanzada, niños, los trabajadores por turnos y las personas con un trastorno preexistente (del sueño) se consideran como parte del grupo de riesgo para el trastorno del sueño inducido por ruido ⁵. Los despertares repetidos, inducidos por el ruido interfieren con la calidad de la estructura del sueño, que incluye: retraso en el inicio del sueño, los despertares tempranos, el sueño reducido profundo (onda lenta y movimiento rápido de los ojos), un aumento en el tiempo sin conciliar el sueño y aumento en las etapas de sueño superficial ^{2, 66}. Sin embargo, estos efectos no son específicos para el ruido ⁶⁷ y generalmente son menos severos, que los que provocan los trastornos del sueño clínicos, como la apnea obstructiva del sueño ⁶⁸. Los efectos a corto plazo de la perturbación del sueño inducida por el ruido incluyen alteraciones del estado de ánimo, aumento subjetivo y objetivo de la somnolencia diurna y deterioro del rendimiento cognitivo ^{69, 70}. Los resultados de los estudios epidemiológicos indican que la exposición al ruido nocturno podría ser más relevante para la creación de riesgos de salud a largo plazo, como las enfermedades cardiovasculares, que la exposición diurna al ruido ⁷¹, probablemente debido a repetidas excitaciones autónomas que, se ha demostrado, se habitúan en un grado mucho menor al ruido que otras excitaciones ². La OMS, publicó las Guías de Ruido Nocturno para Europa, un consenso de expertos que mapeo cuatro grupos de exposición al ruido hacia resultados negativos para la salud, en una gama que van desde ningún efecto biológico sustancial, hasta un mayor riesgo de enfermedad cardiovascular (panel 2) ⁷². La OMS estimó fijar, para la prevención de efectos sobre la salud inducidos por el ruido, un nivel de ruido nocturno promedio inferior a un L_{Aeq} , de 55 dB, como objetivo intermedio, y de 40 dB como objetivo a largo plazo.

Ruido en los hospitales

Aunque la mayoría de las pautas de ruido ambiental enumeran los hospitales como instalaciones sensibles al ruido, los estudios sobre los efectos externos del ruido (por ejemplo, de tráfico) en los entornos hospitalarios son muy raros. Sin embargo, la investigación sobre la comprensión y la prevención del ruido en el interior de los hospitales y su efecto sobre los pacientes y el personal ha ido creciendo. Un extenso meta-análisis, de los niveles sonoros hospitalarios indicó

que el ruido hospitalario ha aumentado alrededor de 10 dB, L_{Aeq} , desde los años sesenta ⁷¹. Los niveles de ruido en los hospitales son 15 -20 dB mas altos que los recomendados por la OMS ⁶³. El ruido hospitalario podría ser una amenaza creciente para la rehabilitación del paciente y el desempeño del personal. El ambiente acústico en los hospitales, especialmente en las unidades de cuidados intensivos, puede caracterizarse por ruidos irregulares de fuentes tales como dispositivos médicos (por ejemplo, alarmas), teléfonos, conversaciones, sonido de puertas, actividad de las enfermeras. Este tipo de ruido empeora los resultados de salud del paciente a través de factores tales como: aumento del estrés cardiovascular, tiempos de cicatrización más prolongados, aumentos en las dosis de fármacos de alivio del dolor y aumento de las tasas de re internación de los pacientes ⁷⁴. Se cree que los neonatos, los pacientes a largo plazo y los ancianos están particularmente expuestos a los efectos del ruido. La interrupción del sueño es la queja de los pacientes más común relacionada con el ruido ^{75, 76}. Los ruidos más inquietantes fueron las alarmas de la bomba intravenosa y los timbres telefónicos, que están intencionadamente diseñados para alertar a los miembros del personal.

La evidencia de los efectos negativos del ruido sobre el personal hospitalario está aumentando, particularmente para las enfermeras, con el estrés inducido por el ruido relacionado con el síndrome de Burnout, el bienestar disminuido y la reducción del rendimiento laboral ⁷⁸. Proporciones sustanciales de personal reportan molestias, irritación, fatiga y dolores de cabeza provocadas por la tensión, que atribuyen al ambiente de trabajo ruidoso ⁷⁹. El ruido también afecta la inteligibilidad del habla y por lo tanto podría conducir a malentendidos que resultan en errores médicos ^{73, 78}. Acciones para mejorar la acústica del hospital, como emplear techos con absorción sonora, son factores relevantes para el desempeño del personal y la reducción de la tensión en el trabajo ⁸⁰, y se han asociado con una disminución de las tasas de pacientes que son readmitidos en el hospital ⁷⁴. Se recomienda reducir los niveles de ruido de fondo y el volumen de tono del timbre de los teléfonos, para mejorar la recuperación del paciente por la noche ⁸¹.

Conclusiones

La pérdida auditiva ocasionada por la exposición laboral o recreativa al ruido es muy prevalente y constituye una amenaza para la salud pública que requiere estrategias preventivas y terapéuticas. En esta revisión, hacemos hincapié en que los efectos no auditivos sobre la salud del ruido ambiental son múltiples, graves y, debido a la amplia exposición, muy prevalente. Estos factores hacen hincapié en la necesidad de regular y reducir la exposición al ruido ambiental (idealmente en la fuente) y de hacer cumplir los límites de exposición para mitigar las consecuencias negativas para la salud por la exposición crónica al ruido ambiental. Las campañas educativas para niños y adultos pueden promover tanto evitar el ruido como promover comportamientos que reduzcan el ruido y, por lo tanto, podrían mitigar las consecuencias negativas para la salud. Los esfuerzos para reducir la exposición al ruido serán recompensados con menores cantidades de molestias, mejores entornos de aprendizaje para los niños, mejoría del sueño, menor prevalencia de enfermedades cardiovasculares y, en el caso de la exposición al ruido en los hospitales, mejores resultados para los pacientes y estancias hospitalarias más cortas.

Referencias

1. Hughes RW, Jones DM. Indispensable benefits and unavoidable costs of unattended sound for cognitive functioning. *Noise Health* 2003; 6: 63–76.
2. Basner M, Müller U, Elmenhorst EM. Single and combined effects of air, road, and rail traffic noise on sleep and recuperation. *Sleep* 2011; 34: 11–23.
3. Stan sfeld S, Haines M, Brown B. Noise and health in the urban environment. *Rev Environ Health* 2000; 15: 43–82.
4. Mied ema HME, Oudshoorn CGM. Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. *Environ Health Perspect* 2001; 109: 409–16.
5. Muze t A. Environmental noise, sleep and health. *Sleep Med Rev*

- 2007; 11: 135–42.
6. Van Kempen E, Babisch W. The quantitative relationship between road traffic noise and hypertension: a meta-analysis. *J Hypertens* 2012; 30: 1075–86.
 7. Sørensen M, Andersen ZJ, Nordsborg RB, et al. Road traffic noise and incident myocardial infarction: a prospective cohort study. *PLoS One* 2012; 7: e39283.
 8. Stansfeld SA, Matheson MP. Noise pollution: non-auditory effects on health. *Br Med Bull* 2003; 68: 243–57.
 9. Babisch W. Exposure to environmental noise: risks for health and the environment. Workshop on “sound level of motor vehicles”, Directorate General for Internal Policies of the European Parliament, Brussels, 2012. <http://www.europarl.europa.eu/document/activities/cont/201205/20120524ATT45762/20120524ATT45762EN.pdf> (accessed July 11, 2013).
 10. Karpa MJ, Gopinath B, Beath K, et al. Associations between hearing impairment and mortality risk in older persons: the Blue Mountains Hearing Study. *Ann Epidemiol* 2010; 20: 452–59.
 11. Vos T, Flaxman AD, Naghavi M, et al. Years lived with disability (YLDs) for 1160 sequelae of 289 diseases and injuries 1990–2010: systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet* 2012; 380: 2163–96.
 12. Fuente A, Hickson L. Noise-induced hearing loss in Asia. *Int J Audiol* 2011; 50 (suppl): S3–10.
 13. Oishi N, Schacht J. Emerging treatments for noise-induced hearing loss. *Expert Opin Emerg Drugs* 2011; 16: 235–45.
 14. Fritsch L, Brown AL, Kim R, Schwela DH, Kephelopoulou S, eds. Burden of disease from environmental noise. Bonn: World Health Organization, 2011.
 15. Davis A, El Refaie A. The epidemiology of tinnitus. In: Tyler R, ed. *Tinnitus handbook*. Hampshire: Cengage Learning, 2000: 1–23.
 16. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH): noise and hearing loss prevention, 2013. <http://www.cdc.gov/niosh/topics/noise/> (accessed July 11, 2013).

17. Verbeek JH, Kateman E, Morata TC, Dreschler WA, Mischke C. Interventions to prevent occupational noise-induced hearing loss. *Cochrane Database Syst Rev* 2012; 10: CD006396.
18. Stationery Office. The Control of Noise at Work Regulations, 2005. <http://www.legislation.gov.uk/ukxi/2005/1643/contents/made> (accessed July 11, 2013).
19. Lutman ME, Davis A, Ferguson M. Epidemiological evidence for the effectiveness of the noise at work regulations, 2008. <http://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr669.pdf> (accessed July 11, 2013).
20. Schmidt JH, Pedersen ER, Juhl PM, et al. Sound exposure of symphony orchestra musicians. *Ann Occup Hyg* 2011; 55: 893–905.
21. Jansen EJM, Helleman HW, Dreschler WA, de Laat JA. Noise induced hearing loss and other hearing complaints among musicians of symphony orchestras. *Int Arch Occup Environ Health* 2009; 82: 153–64.
22. Muhr P, Ros enhall U. The influence of military service on auditory health and the efficacy of a Hearing Conservation Program. *Noise Health* 2011; 13: 320–27.
23. Yankaskas K . Prelude: noise-induced tinnitus and hearing loss in the military. *Hear Res* 2013; 295: 3–8.
24. Smith PA, Davis A, Ferguson M, Lutman ME. The prevalence and type of social noise exposure in young adults in England. *Noise Health* 2000; 2: 41–56.
25. Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR) of the European Commission. Potential health risks of exposure to noise from personal music players and mobile phones including a music playing function, 2008. http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihhr/docs/scenihhr_o_017.pdf (accessed July 11, 2013).
26. Twardella D , Perez Alvarez C, Steff ens T, Fromme H, Raab U. Hearing loss in adolescents due to leisure noise. The OHRKAN study. *Bundesgesundheitsbla* 2011; 54: 965–71.
27. Liang MJ, Z hao F, French D, Zheng YQ. Characteristics of noise-canceling headphones to reduce the hearing hazard for MP3

- users. *J Acoust Soc Am* 2012; 131: 4526–34.
28. Ecob R, Rus s S, Davis A. BMI over the life course and hearing ability at age 45 years: a population based study. *Long it Life Course Stud* 2011; 2: 242–59.
29. Davis A, Sm ith P, Ferguson M, Stephens D, Gianopoulos I. Acceptability, benefit and costs of early screening for hearing disability: a study of potential screening tests and models. *Health Technol Assess* 2007; 11: 1–294.
30. Kujawa SG, Liberman MC. Acceleration of age-related hearing loss by early noise exposure: evidence of a misspent youth. *J Neurosci* 2006; 26: 2115–23.
31. Campo P, Ve net T, Rumeau C, et al. Impact of noise or styrene exposure on the kinetics of presbycusis. *Hear Res* 2011; 280: 122–32.
32. Sliwinska-K owalska M. Contribution of genetic factors to noise-induced hearing loss. In: Griefahn B, ed. 10th international congress on noise as a public health problem of the international commission on biological effects of noise, London, UK, 2011. <http://www.icben.org/proceedings.html> (accessed July 11, 2013).
33. Chen W, Jon gkamonwiwat N, Abbas L, et al. Restoration of auditory evoked responses by human ES-cell-derived otic progenitors. *Nature* 2012; 490: 278–82.
34. Campo P, Maguin K, Gabriel S, et al. Combined exposure to noise and ototoxic substances: European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA), 2009. https://osha.europa.eu/en/publications/literature_reviews/combined-exposure-to-noise-and-ototoxicsubstances (accessed July 11, 2013).
35. Johnson A-C , Morata TC. The Nordic Expert Group for Criteria Documentation of Health Risks from Chemicals: Occupational exposure to chemicals and hearing impairment. Gothenburg, Sweden, 2010. https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/23240/1/gupea_2077_23240_1.pdf (accessed July 11, 2013).
36. Le Prell CG , Dolan DF, Bennett DC, Boxer PA. Nutrient plasma levels achieved during treatment that reduces noise-induced hearing loss. *Transl Res* 2011; 158: 54–70.

37. Le Prell CG , Spankovich C. Healthy diets and dietary supplements: recent changes in how we might think about hearing conservation. In: Griefahn B, ed. 10th International Congress on Noise as a Public Health Problem of the International Commission on Biological Effects of Noise, London, UK, 2011. <http://www.icben.org/proceedings.html> (accessed July 11, 2013).
38. Campbell KC M. Oral pharmacologic otoprotective agents to prevent noise-induced hearing loss (NOISE-INDUCED HEARING LOSS): when dietary concentration isn't enough. In: Griefahn B, ed. 10th International Congress on Noise as a Public Health Problem of the International Commission on Biological Effects of Noise, London, UK, 2011. <http://www.icben.org/proceedings.html> (accessed July 11, 2013).
39. Lutman ME, Hall AJ. Novel methods for early identification of noise-induced hearing loss. Sudbury: HSE Books, 2000.
40. Lapsley Mil ler JA, Marshall L, Heller LM, Hughes LM. Low-level otoacoustic emissions may predict susceptibility to noise-induced hearing loss. J Acoust Soc Am 2006; 120: 280–96.
41. Ohrstrom E, Skanberg A, Svensson H, Gidlof-Gunnarsson A. Effects of road traffic noise and the benefit of access to quietness. J Sound Vibra 2006; 295: 40–59.
42. Fields JM, De Jong RG, Gjertland T, et al. Standardized general purpose noise reaction questions for community noise surveys: research and a recommendation. J Sound Vibrat 2001; 242: 641–79.
43. Fidell S, Mestre V, Schomer P, et al. A fi rst-principles model for estimating the prevalence of annoyance with aircraft noise exposure. J Acoust Soc Am 2011; 130: 791–806.
44. Janssen SA, Vos H, Eisses AR, Pedersen E. A comparison between exposure-response relationships for wind turbine annoyance and annoyance due to other noise sources. J Acoust Soc Am 2011; 130: 3746–53.
45. Babisch W. Cardiovascular eff ects of noise. In: Nriagu JO, ed. Encyclopedia of Environmental Health. Burlington: Elsevier, 2011: 532–42.
46. Lusk SL, Gillespie B, Hagerty BM, Ziemba RA. Acute effects of noise

- on blood pressure and heart rate. *Arch Environ Health* 2004; 59: 392–99.
47. Babisch W. Cardiovascular effects of noise. Editorial. *Noise Health* 2011; 13: 201–04.
48. van Kempen EEMM, Kruize H, Boshuizen HC, Ameling CB, Staatsen BAM, de Hollander AEM. The association between noise exposure and blood pressure and ischemic heart disease: a meta-analysis. *Environ Health Perspect* 2002; 110: 307–17.
49. Tomei G, Fioravanti M, Cerratti D, et al. Occupational exposure to noise and the cardiovascular system: a meta-analysis. *Sci Total Environ* 2010; 408: 681–89.
50. Davies H, van Kamp IV. Noise and cardiovascular disease: a review of the literature 2008–2011. *Noise Health* 2012; 14: 287–91.
51. Huss A, Spoerri A, Egger M, Röösli M, for the Swiss National Cohort Study Group. Aircraft noise, air pollution, and mortality from myocardial infarction. *Epidemiology* 2010; 21: 829–36.
52. Sørensen M, Hvidberg M, Andersen ZJ, et al. Road traffic noise and stroke: a prospective cohort study. *Eur Heart J* 2011; 32: 737–44.
53. Gan WQ, Davies HW, Koehoorn M, Brauer M. Association of long-term exposure to community noise and traffic-related air pollution with coronary heart disease mortality. *Am J Epidemiol* 2012; 175: 898–906.
54. Babisch W, Kamp I. Exposure-response relationship of the association between aircraft noise and the risk of hypertension. *Noise Health* 2009; 11: 161–68.
55. Babisch W. Road traffic noise and cardiovascular risk. *Noise Health* 2008; 10: 27–33.
56. Evans GW. Child development and the physical environment. *Annu Rev Psychol* 2006; 57: 423–51.
57. Evans G, Hygge S. Noise and performance in adults and children. In: Luxon L, Prasher D, eds. *Noise and its effects*. London: Whurr Publishers, 2007.
58. Hygge S, Evans GW, Bullinger M. A prospective study of some effects of aircraft noise on cognitive performance in schoolchildren. *Psychol Sci* 2002; 13: 469–74.

59. Bronzaft AL . The effect of a noise abatement program on reading ability. *J Environ Psychol* 1981; 1: 215–22.
60. Lercher P, Evans GW, Meis M. Ambient noise and cognitive processes among primary schoolchildren. *Environ Behav* 2003; 35: 725–35.
61. Stansfeld S A, Berglund B, Clark C, et al, for the RANCH study team. Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-national study. *Lancet* 2005; 365: 1942–49.
62. Clark C, Ma rtin R, van Kempen E, et al. Exposure-effect relations between aircraft and road traffic noise exposure at school and reading comprehension: the RANCH project. *Am J Epidemiol* 2006; 163: 27–37.
63. Berglund B, Lindvall T, Schwela DH. Guidelines for Community Noise. World Health Organization (WHO), Geneva, 1999. <http://whqlibdoc.who.int/hq/1999/a68672.pdf> (accessed July 11, 2013).
64. Dang-Vu TT, McKinney SM, Buxton OM, Solet JM, Ellenbogen JM. Spontaneous brain rhythms predict sleep stability in the face of noise. *Curr Biol* 2010; 20: R626–27.
65. Basner M, Samel A, Isermann U. Aircraft noise effects on sleep: application of the results of a large polysomnographic field study. *J Acoust Soc Am* 2006; 119: 2772–84.
66. Basner M, M üller U, Griefahn B. Practical guidance for risk assessment of traffic noise effects on sleep. *Appl Acoust* 2010; 71: 518–22.
67. Brink M, Basner M , Schierz C, et al. Determining physiological reaction probabilities to noise events during sleep. *Somnologie* 2009; 13: 236–43.
68. Cassel W, Ploch T , Griefahn B, et al. Disturbed sleep in obstructive sleep apnea expressed in a single index of sleep disturbance (SDI). *Somnologie* 2008; 12: 158–64.
69. Basner M. Nocturnal aircraft noise increases objectively assessed daytime sleepiness. *Somnologie* 2008; 12: 110–17
70. Elmenhorst EM, El menhorst D, Wenzel J, et al. Effects of nocturnal aircraft noise on cognitive performance in the following morning: dose-response relationships in laboratory and field.

- Int Arch Occup Environ Health 2010; 83: 743–51.
71. Jarup L, Babisch W, Houthuijs D, et al, and the HYENA study team. Hypertension and exposure to noise near airports: the HYENA study. Environ Health Perspect 2008; 116: 329–33.
72. Night noise guide lines for Europe. World Health Organization (WHO), Copenhagen, Denmark, 2009. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0017/43316/E92845.pdf (accessed July 11, 2013).
73. Busch-Vishniac IJ, West JE, Barnhill C, Hunter T, Orellana D, Chivukula R. Noise levels in Johns Hopkins Hospital. J Acoust Soc Am 2005; 118: 3629–45.
74. Hagerman I, Rasmánis G, Blomkvist V, Ulrich R, Eriksen CA, Theorell T. Influence of intensive coronary care acoustics on the quality of care and physiological state of patients. Int J Cardiol 2005; 98: 267–70.
75. Parthasarathy S, Tobin MJ. Sleep in the intensive care unit. Intensive Care Med 2004; 30: 197–206.
76. Xie H, Kang J, Mills GH. Clinical review: The impact of noise on patients' sleep and the effectiveness of noise reduction strategies in intensive care units. Crit Care 2009; 13: 208.
77. Buxton OM, Ellenbogen JM, Wang W, et al. Sleep disruption due to hospital noises: a prospective evaluation. Ann Intern Med 2012; 157: 170–79.
78. Messingher G, Ryherd EE, Ackerman J. Hospital noise and staff performance. J Acoust Soc Am 2012; 132: 2031.
79. Ryherd EE, Wayne K P, Ljungkvist L. Characterizing noise and perceived work environment in a neurological intensive care unit. J Acoust Soc Am 2008; 123: 747–56.
80. Blomkvist V, Erik sen CA, Theorell T, Ulrich R, Rasmánis G. Acoustics and psychosocial environment in intensive coronary care. Occup Environ Med 2005; 62: e1
81. Richardson A, Thompson A, Coghill E, Chambers I, Turnock C. Development and implementation of a noise reduction intervention Programme: a pre- and post audit of three hospital wards. J Clin Nurs 2009; 18: 3316–24.