

Artículo Original

Terapia por medio de la estimulación del vago

Mikel Haranburu Oiharbide, Nekane Balluerka Lasa, Arantxa Gorostiaga Manterola

Universidad del País Vasco

Resumen

Terapia por medio de la estimulación vagal

En la primera parte de la ponencia hablamos del equilibrio homeostático y allostático de nuestro organismo. El Sistema Nervioso Autónomo se encarga del mantenimiento de la homeostasis interna del organismo. Coordina las funciones involuntarias de la persona. La rama simpática del Sistema Nervioso Simpático prepara al organismo para responder al entorno por medio de la lucha y la huida, mientras que la rama parasimpática prepara al organismo para la relajación y el descanso.

Cuando hay una hiperactivación del simpático el Sistema Nervioso Autónomo se desequilibra y de ese desequilibrio derivan diversos trastornos. Para mantenernos saludables, debemos mantener un equilibrio homeostático; debemos responder al estrés y a la hiperactivación del simpático, activando el vago.

Pero no se trata únicamente de mantener la homeostasis. Las condiciones y las exigencias de entorno varían. Por lo tanto, se debe responder a la variabilidad del entorno mediante la variabilidad del ritmo cardíaco. Cuando las exigencias del entorno varían se debe responder con modelos de variabilidad. La estabilidad y la regulación rígidas están más relacionadas con la enfermedad que con la salud. Tan importante como mantener la homeostasis es responder a un entorno variable.

Se trata de lograr una adaptación alostática, una adaptación dinámica a un entorno que cambia sin cesar.

En la segunda parte de la ponencia proponemos una serie de técnicas y actividades para estimular el nervio vago (cimática, música, ejercicio físico, respiración, risa, ayuno...) y llegar así a un nuevo equilibrio dinámico alostático.

Palabras clave: Equilibrio homeostático, Equilibrio alostático, Estimulación vagal, Variabilidad del ritmo cardíaco

Abstract

Vagal Stimulation Therapy

In the first part of the paper we talked about the homeostatic and allostatic balance of our body. The Autonomic Nervous System is responsible for maintaining the internal homeostasis of the body. Coordinates the person's involuntary functions. The sympathetic branch of the Sympathetic Nervous System prepares the body to respond to the environment through fight and flight, while the parasympathetic branch prepares the body for relaxation and rest.

When there is a hyperactivation of the sympathetic, the Autonomic Nervous System becomes unbalanced and various disorders derive from this imbalance. To stay healthy, we must maintain a homeostatic balance; We must respond to stress and sympathetic hyperactivation by activating the vagus.

But it's not just about maintaining homeostasis. Conditions and environmental demands vary. Therefore, the variability of the environment must be responded to by heart rate variability. When the demands of the environment vary, it is necessary to respond with models of variability.

Rigid stability and regulation are more related to disease than health. Just as important as maintaining homeostasis is responding to a changing environment. It is about achieving allostatic adaptation, a dynamic adaptation to a constantly changing environment.

In the second part of the presentation we propose a series of techniques and activities to stimulate the vagus nerve (cymatics, music, physical exercise, breathing, laughter, fasting...) and thus reach a new allostatic dynamic balance.

Keywords: Homeostatic balance, Allostatic balance, Vagal stimulation, Heart rate variability

Primera parte: Sistema Nervio Autónomo y vago

1. La función del Sistema Nervioso Autónomo
2. Partes del Sistema Nervoso Autónomo
3. Anatomía del Sistema Nervioso Autónomo
4. Relación entre el sistema nervioso parasimpático y el vago

Segunda parte: Funcionamiento del vago, Variabilidad del Ritmo Cardíaco y la alostasis

5. Relación entre la salud y el Sistema Nervioso Autónomo
6. Origen del desequilibrio del estado mental de la persona
7. Anatomía y funciones del nervio vago
8. Relación entre el funcionamiento del vago, la Variabilidad del Ritmo Cardíaco, la homeostasis, la alostasis y algunas enfermedades
9. Relación entre el funcionamiento del vago, el sistema inmunitario, el estado afectivo negativo y la enfermedad
- 10.

Tercera parte: la Teoría Trivagal de Porges

11. Teoría trivagal de Porges (director del Brain-Body Center y profesor de psiquiatría de la Universidad de Illinois)
12. Las tres fases del desarrollo de los animales vertebrados, según Porges:
13. ¿Cómo afrontar las patología derivadas de situaciones estresantes?

Cuarta parte: terapia por estimulación del Vago

14. Efectos terapéuticos de la estimulación del nervio vago

Quinta parte: Recursos para la activación del nervio vago

15. ¿Qué técnicas podemos utilizar para activa el nervio vago?
 - 14.1. Música
 - 14.2. Terapia del sonido
 - 14.3. Otras técnicas de estimulación vagal

Primera parte: Sistema Nervio Autónomo y vago

1. Funciones del Sistema Nervioso Autónomo

La función del Sistema Nervioso Autónomo es mantener la homeostasis interna del organismo, coordinando y controlando el funcionamiento de sus órganos (corazón, estómago, hígado...). Debe controlar las variables corporales involuntarias e inconscientes, tales como los latidos cardíacos, la presión sanguínea, las secreciones glandulares o la actividad de la musculatura lisa.

El Sistema Nervioso Parasimpático se activa en entornos seguros y relajados, entornos en los que no existen riesgos, contextos en los que el organismo puede comer, hacer la digestión, tener relaciones sexuales o descansar, sin miedo a que le ataquen. La activación del parasimpático reduce la presión sanguínea, ralentiza los movimientos, conduce al organismo a ahorrar energía, aumenta la secreción salivar, estimula los movimientos del estómago y de los intestinos.

El Sistema Nervioso Simpático prepara al organismo para la lucha, el esfuerzo y la huida. Reduce la secreción salivar, la secreción de los jugos gástricos y la actividad intestinal, dilata las pupilas, acelera los latidos cardíacos, dilata las arterias pulmonares y cardíacas, incrementa el flujo sanguíneo de la musculatura estriada y envía azúcar a la sangre. La activación del simpático provoca la liberación de epinefrina y norepinefrina por las glándulas suprarrenales

2. Partes del Sistema Nervioso Autónomo

El Sistema Nervioso Autónomo tiene dos partes: el sistema simpático que activa el consumo de energía, para poder llevar a cabo actividades de lucha y huida; el sistema parasimpático que se encarga del restablecimiento de las reservas de energía. El simpático prepara al organismo para afrontar situaciones que exigen trabajar y luchar desplegando mucha energía, valiéndose de la epinefrina y el cortisol. El parasimpático se activa en situaciones tranquilas, ralentiza los movimientos, prepara al organismo para el descanso, para actividades placenteras y reproductoras.

3. Anatomía del Sistema Nervioso Autónomo

Las fibras nerviosas del Sistema Simpático salen de la zona torácica y lumbar de la columna vertebral. Las fibras nerviosas del Sistema Parasimpático salen de los nervios craneales del tronco encefálico y de la zona sacra de la columna vertebral. La mayor parte de los órganos corporales está reguladas tanto por la rama simpática como por la rama parasimpática del Sistema Nervioso Autónomo, lo cual garantiza un equilibrio saludable.

4. Relación entre el sistema nervioso parasimpático y el vago

El nervio vago o neumogástrico es el décimo de entre los pares de nervios que salen del cráneo. Es el componente más importante del Sistema Nervioso Autónomo. El nervio vago es el que regula el parasimpático, valiéndose para ello de un neurotransmisor fundamental: la acetilcolina. Gracias a la acetilcolina se ralentizan el ritmo de respiración y los latidos cardíacos, y se activan los movimientos gástricos e intestinales.

Segunda parte: Funcionamiento del vago, Variabilidad del Ritmo Cardíaco y la alostasis**5. Relación entre la salud y el Sistema Nervioso Autónomo**

La mayor parte de los órganos corporales están reguladas tanto por la rama simpática como por la rama parasimpática de Sistema Nervioso Autónomo. La participación y la combinación equilibrada de ambas ramas favorece la buena salud de la persona. Cuando ambas ramas actúan de forma desequilibrada surgen los problemas de la salud.

6. Origen del desequilibrio del estado mental de la persona

En las personas sanas se observa un equilibrio dinámico entre las ramas simpática y parasimpática del Sistema Nervioso Autónomo. Pero cuando el entorno ejerce una gran presión y aumenta el estrés, las personas se vuelven vulnerables. Cuando el sistema simpático se activa en exceso y el sistema parasimpático está inhibido se desequilibra el Sistema Nervioso Autónomo y aparecen síntomas psicopatológicos. Cuando es la rama simpática la que predomina, cuando el entorno es muy precario y exige demasiada energía, la situación de alarma se alarga y aparecen estados anímicos negativos como la ansiedad o la depresión. Cuando nos encontramos en una situación de estrés y esa situación se prolonga, se prolonga también el período de hiper-activación del sistema simpático. El hipotálamo envía a la glándula pituitaria la hormona liberadora de la hormona adrenocorticotropina (CRF). La glándula pituitaria libera el ACTH que hace que las glándulas suprarrenales liberen adrenalina y cortisol. Como la situación estresante se prolonga, el nervio vago deja de emitir señales que conduzcan a la relajación; el sistema nervioso simpático continúa predominando y la ansiedad se incrementa en la persona. En consecuencia, el nivel de glutamato crece en el cerebro, el nivel de cortisol se incrementa en el hipocampo y eso debilita la memoria de la persona.

La actividad del nervio vago está relacionada con el estado emocional. Cuando estamos tranquilos interiormente, cuando tenemos sentimientos compasivos, se activa el nervio vago que nos procura tranquilidad. Cuando nos alcanza el estrés, el sistema simpático acelera los latidos cardíacos, y respondemos mediante la lucha y/o la huida.

7. Anatomía y funciones del nervio vago

Las ramas del nervio vago tienen su origen en el núcleo ambiguo de la médula oblongada del bulbo raquídeo y salen del cráneo a través del foramen yugular.

El nervio vago llega hasta el abdomen atravesando el cuello y el tórax, y cumple funciones tanto sensitivas como motoras: el 80% de sus fibras son aferentes o sensitivas y el 20% restante son eferentes o motoras.

La información sensitiva del vago va desde la periferia hasta el núcleo del tracto solitario de la médula espinal. El núcleo del tracto solitario traslada la información sensitiva del corazón, del tubo digestivo y del sistema inmunitario hasta el tronco cerebral y el cerebro prefrontal.

La estimulación de las fibras aferentes del nervio vago altera la actividad de las estructuras superiores del cerebro e influye directamente tanto en las neuronas motoras del cerebro superior, como en las neuronas motoras del cerebro inferior. Estas últimas son las que regulan la conducta social de la persona.

Las fibras motoras llevan la información desde el cerebro superior y el núcleo ambiguo hasta la musculatura estriada de la cara, la cabeza, el cuello, el tórax y las vísceras subdiafragmáticas.

8. *Relación entre el funcionamiento del vago, la Variabilidad del Ritmo Cardíaco, la homeostasis, la allostasis y algunas enfermedades*

Según Claude Bernard, un sistema saludable requiere un entorno interior constante. Walter Cannon hablaba de un entorno homeostático. La homeostasis es la capacidad que tiene un sistema biológico de mantener un equilibrio dinámico ante los cambios internos y externos. Por ejemplo, el organismo mantiene una presión sanguínea constante en su sistema circulatorio.

Pero, según Sterling, la conducta saludable no deriva tanto del mantenimiento constante del entorno como de la capacidad de proporcionar una respuesta adecuada a un entorno cambiante. Las conductas saludables no son las que se mantienen constantes en un entorno cambiante, sino las que se adecúan a ese entorno.

De ahí que sea necesario hablar de alostasis, más que de homeostasis. Hay que mantener la estabilidad, pero a través del cambio. Por ejemplo, la presión sanguínea no debe ser la misma cuando la persona duerme y cuando la persona realiza un ejercicio físico. Es necesario que la presión sanguínea varíe, adecuándose a los cambios del entorno. La carga alostática está relacionada con el esfuerzo que el organismo debe realizar para adaptarse a situaciones físicas difíciles.

La estabilidad y el cambio del organismo humano está regulada por las relaciones dinámicas existentes entre las ramas simpática y parasimpática del Sistema Nervioso Autónomo. El organismo debe cambiar de acuerdo a las exigencias del entorno. Para adaptarse a esas exigencias el organismo debe organizar sus recursos de forma dinámica. Así, cuando la persona va a realizar un ejercicio que requiere mucha energía, tiene que acelerar sus latidos cardíacos y el ritmo medio de su corazón debe ser más rápido. Dar una respuesta estable y regular a un entorno cambiante estaría más relacionado con la patología que con la salud.

La disfunción y el desequilibrio autonómicos están relacionados con varios trastornos neurobiológicos y psicológicos: Alzheimer, autismo, enfermedades autoinmunes, ansiedad, esquizofrenia. Cuando la rama simpática de Sistema Nervioso Autónomo del organismo se mantiene hiperactiva durante un tiempo prolongado, el sistema está exigiendo demasiada energía y eso puede perjudicar al organismo.

Una persona dotada de una amplia variabilidad del ritmo cardíaco es con toda probabilidad una persona que tiene un sistema de regulación saludable. Una variabilidad reducida del ritmo cardíaco no está relacionada positivamente con una buena salud cardíaca y circulatoria, sino con trastornos neurovegetativos. La variabilidad del ritmo cardíaco que se adapta al entorno variable es el mejor indicativo de un sistema de regulación saludable. Una variabilidad reducida del ritmo del corazón está relacionada con enfermedades cardíacas y circulatorias, con trastornos mentales y cognitivos como la depresión, la ansiedad generalizada, el trastorno del estrés post-traumático, el déficit de regulación emocional y carencias en las funciones ejecutivas (Thayer y Brosschot, 2005; Kemp, Quintana, Felmingham, Matthews y Jelinek, 2012; Thayer y Lane, 2007).

Cuando la depresión va acompañada de ansiedad comórbida, se manifiesta una mayor reducción de la variabilidad del ritmo cardíaco que cuando persona sufre únicamente de depresión. La variabilidad reducida del ritmo cardíaco se relaciona con cambios en el equilibrio entre el sistema simpático y el vago, y con un predominio del simpático. Del predominio del simpático deriva un incremento del riesgo de patología cardio-vascular (Dimitriev, Saperova, Dimitriev, 2016).

Teniendo en cuenta lo que acabamos de decir, es más apropiado hablar de la variabilidad del ritmo cardíaco que hablar del ritmo cardíaco medio. Aun así, se han hecho más investigaciones sobre la relación entre determinadas variables psicológicas y la variabilidad del ritmo cardíaco que sobre la relación de esas variables con el ritmo cardíaco.

La variabilidad del ritmo cardíaco es un marcador cuantitativo del Sistema Nervioso Autónomo (Parati, Saul, Di Rienzo y Mancia, 1995). Desde hace ya mucho tiempo se viene utilizando la variabilidad del ritmo cardíaco como indicador del equilibrio homeostático. La variabilidad del ritmo cardíaco se basa en la frecuencia de los latidos cardíacos.

El ritmo cardíaco está regulado por el Sistema Nervioso Autónomo. El sistema nervioso simpático incrementa la fuerza y el ritmo de las contracciones musculares; se activa en situaciones de estrés, en situaciones en las que hay que dar una respuesta rápida. En situaciones de descanso es el parasimpático el que regula el ritmo cardíaco, por medio del nervio vago, de forma que los latidos del corazón ocurren más espaciadamente. El sistema nervioso parasimpático reduce la fuerza y la frecuencia de los latidos del corazón y el simpático acelera el ritmo de las contracciones cardíacas. En personas con buena salud los dos sistemas actúan coordinadamente y alternándose.

El simpático y el parasimpático están relacionados con la corteza cerebral, el cerebro medio y el tronco cerebral. El simpático y el parasimpático están relacionados con las estructura orbito-frontales, prefrontales, el cingulado anterior, la ínsula, los ganglios basales, el núcleo medio de la amígdala, el núcleo del tracto solitario, el núcleo ambiguo y con la materia gris cercana al acueducto. Esas estructuras tienen diversos niveles: el plano ejecutivo, el plano de los circuitos afectivo-emocionales y el plano de los circuitos neuro-fisiológicos.

9. Relación entre el funcionamiento del vago, el sistema inmunitario, el estado afectivo negativo y la enfermedad

Existe una relación estrecha entre el funcionamiento del nervio vago, el eje hipotálamo-pituitaria-suprarrenales, el estado afectivo, la variabilidad del ritmo cardíaco, el equilibrio y el desequilibrio del sistema inmunitario, la inflamación y varias enfermedades (cáncer, Alzheimer, artritis, nivel de glucosa, ansiedad, depresión y problemas cardíacos). Esos trastornos ocurren cuando el Sistema Nervioso Autónomo está alterado y la actividad del parasimpático es deficiente. O dicho de otra manera: cuando se muestran estos trastornos psicológicos el sistema nervioso parasimpático se muestra desequilibrado. Muchos de los trastornos mencionados se producen cuando la exigencia de la situación es excesiva, la situación de estrés se prolonga y existe carga alostática exagerada: citoquinas que producen inflamación, excesivo cortisol, falta de regulación del metabolismo de la glucosa.

Tercera parte: la Teoría Trivagal de Porges

10. Teoría trivagal de Porges (director del Brain-Body Center y profesor de psiquiatría de la Universidad de Illinois)

Los mamíferos heredaron de los reptiles y de los otros vertebrados sus sistemas defensivos de inmovilización y de lucha-huida. Según avanzaba la evolución los mamíferos desarrollaron otro sistema vagal, el sistema que se sitúa en la base de las conductas de reproducción, de

cuidado de niños y de colaboración entre humanos; gracias a este sistema podían construir un red social más compleja. Este sistema se desarrolló a partir de núcleos del tronco encefálico que controlan los componentes del vago y los músculos de la cara. A través de este sistema los mamíferos diferencian a los amigos de los enemigos y reconocen los entornos seguros y los inseguros; se adaptan a las situaciones cambiantes y en cada situación saben hasta qué punto pueden acercarse a los demás.

11. Las tres fases del desarrollo de los animales vertebrados, según Porges:

1) Inmovilidad: el sistema parasimpático se activa en situaciones de tranquilidad y relajación. Pero el nervio del sistema parasimpático (el vago) tiene dos partes: la parte antigua, no mielinizada, denominada *vago dorsal*; y la parte nueva, mielinizada, denominada *vago ventral*. La vía vagal no mielinizada apareció en los vertebrados antiguos. Los reptiles eran animales solitarios y no desarrollaron ni la sociabilidad ni las cualidades asociadas a ella. Cuando los recursos energéticos son escasos y no abunda el oxígeno, los animales no se mueven, se mantienen inmóviles para ahorrar energía. El vago dorsal lo compartimos con los reptiles; es filogenéticamente el más antiguo; apareció hace 600 millones de años en los reptiles; induce al organismo a la inmovilidad; el vago dorsal se activa en situaciones peligrosas en las que se superan los recursos del organismo, en situaciones de emergencia que amenazan la vida del animal. Los reptiles pueden aguantar mucho tiempo sin respirar y sin moverse; de esa manera, gastan muy poca energía. En situaciones de gran peligro el animal se paraliza, intentando pasar desapercibido.

2) Movilidad: el sistema nervioso simpático hace que el animal vertebrado se prepare para la lucha y la huida. Los vertebrados desarrollaron el sistema simpático hace 400 millones de años. Ese sistema les permitía hacer frente a las dificultades y a las amenazas, luchar por lograr una mejor situación y escapar de los enemigos.

3) Comunicación: aparte de la conducta de inmovilización, lucha y huida, los mamíferos desarrollaron la conducta de colaboración y solidaridad, y abrieron la segunda vía del nervio vago.

Hace aproximadamente 200 millones de años los mamíferos desarrollaron el nervio vago ventral, que regula su comportamiento social. En las relaciones sociales, cuando nos sentimos seguros y a gusto con otras personas, tendemos a buscar su contacto y protección. El nervio vago ventral nace en el núcleo ambiguo de la parte delantera de tronco encefálico y se relaciona con las estructuras del tronco encefálico que regulan las fibras estriadas que van a la cara y a la cabeza. Esta vía, que está mielinizada, integra los pulmones, el corazón y el cerebro, ralentiza los latidos cardíacos y ayuda a tejer la red de las relaciones sociales. La combinación de las vías vagales del vientre y del dorso fomenta las relaciones sociales íntimas. El sistema vagal ventral posibilita la conducta social de los mamíferos. Cuando están en un medio seguro los mamíferos muestran conexiones afectivas y conductas sociales; se reproducen, se ocupan del cuidado de los niños y colaboran con otras personas. Este sistema del vago ventral informa del estado fisiológico por medio de la entonación vocal y las expresiones faciales; regula los músculos del oído medio y ajusta el oído a la banda de frecuencia de la comunicación social. Los núcleos del tronco encefálico del sistema vagal reciben la influencia de las estructuras cerebrales y de los órganos del vientre.

12. ¿Cómo afrontar las patología derivadas de situaciones estresantes?

Los síntomas cognitivos, afectivos y somáticos de la ansiedad son respuestas fisiológicas normales cuando la persona se encuentra en situaciones de peligro. Cuando la persona se encuentra en la necesidad de tener que responder a estados traumáticos o a estados estresantes que se prolongan en el tiempo, aparecen en ella trastornos de la ansiedad, a no ser que exista una gran resiliencia. Cuando se responde a una situación con una activación mayor de la requerida, cuando se responde a la situación ansiógena con excesiva ansiedad, se puede hablar de trastorno de la ansiedad: trastorno de estrés post-traumático, trastorno de pánico, fobia social o trastorno de la ansiedad generalizada. Los trastornos de la ansiedad están muy extendidos en nuestra sociedad. Ante esos trastornos los terapeutas pueden utilizar terapias cognitivo-conductuales, terapias cognitivas o terapias de activación del vago.

Cuarta parte: terapia por estimulación del Vago**13. Efectos terapéuticos de la estimulación del nervio vago**

Las fibras aferentes del vago viajan desde el corazón y las arterias hasta el tracto solitario; la información que viene de las vísceras se transporta a través de sus fibras hasta la zona límbica, la zona prefrontal y la corteza cerebral, y cumple una función importante en la ansiedad, las emociones y la atención (Sarter y Bruno, 2000). Asimismo, la retroalimentación que llega por las fibras aferentes influye en las decisiones que toman las personas (Damasio, 1996).

Se ha utilizado la estimulación del nervio vago para tratar la epilepsia, las cefaleas, las migrañas y la depresión (Terry, 2014; Mauskop, 2005). Según algunas investigaciones, se ha utilizado la estimulación del vago también como terapia contra la inflamación (Corcoran, Connor, O'Keane y Garland, 2005). En consecuencia, se abre la posibilidad de utilizar la estimulación del nervio vago como terapia para las enfermedades inflamatorias tales como la artritis reumatoide o las enfermedades neurodegenerativas (Yuan y Silberstein, 2016; Akiyama, Barger, Barnum, Bradt, Bauer, Cole et. al., 2000 ; Sveinbjornsdottir, 2016).

La estimulación del nervio vago funciona como terapia contra la depresión, y tiene mejores resultados cuando va acompañada de entrenamiento cognitivo. Se puede utilizar la estimulación del nervio vago con los pacientes que sufren Alzheimer (Chun-Hung Chang, Hsien-Yuan Lane y Chieh-Hsin Lin, 2018). El nervio vago transmite información a centros cerebrales que son importantes para la regulación de la ansiedad: hipocampo, amígdala, locus coeruleus, corteza orbito-frontal, ínsula. Pacientes que sufrían de ansiedad mejoraron al recibir la terapia de estimulación del vago, mejoría que se prolongó en el tiempo. Según los investigadores, está justificado que los pacientes que sufren trastorno obsesivo-compulsivo reciban el tratamiento de estimulación del nervio vago, para tratar su ansiedad.

Se ha solidado utilizar la técnica de la estimulación del nervio vago para tratar el trastorno generalizado de la ansiedad y en algunos pacientes se han logrado mejorías a largo plazo. Pero todavía hay que hacer más estudios. Aun así, hoy en día está aceptada la utilización de la estimulación del nervio vago para el tratamiento de la epilepsia, la depresión, la ansiedad y la enfermedad de Alzheimer (Milby, Halpern y Baltuch, 2008; Groves y Brown, 2005; George, Ward, Ninan, Mark Polack, Ziad Nahas, Berry Anderson, Samet Kose, Robert H. Howland, Wayne y Goodman, 2008).

Las fibras aferentes del nervio vago inhiben el eje HPA (Hipotalámico-pituitario-adrenal) y reducen la secreción del cortisol. La subida de cortisol está relacionada con la reducción del tono del nervio vago. Según la teoría polivagal las conductas prosociales están relacionadas con los estados fisiológicos relajados; las situaciones percibidas como tranquilas y seguras activan el sistema de las relaciones sociales. Se puede mejorar la conducta social estimulando el oído. La parte del tronco cerebral que regula el compromiso social y la actividad cardíaca regula los músculos de la cara, la cabeza, la boca, el oído medio, la laringe y la faringe. Esos músculos conforman el sistema del compromiso social y controlan la mirada, la vocalización, el oído y los gestos. Los músculos del oído medio nos ayudan a separar la voz humana del complejo entorno de estímulos auditivos. Es la regulación de esos músculos la que proporciona expresividad a la cara. La regulación de los músculos del oído medio está relacionada con la regulación de los otros músculos por medio del nervio vago. Son esos los músculos que controlan la entonación de la voz y la expresión de la cara (Porges, 2003; Yakunina, 2016).

El nervio vago cumple una función importante tanto en logro del equilibrio homeostático, como en el del equilibrio allostático. La hipoactividad del vago augura la aparición de diversas enfermedades. Cuando la actividad del vago está inhibida, hay que activarlo, y la estimulación del vago fomentará la variabilidad del ritmo cardíaco.

La estimulación del nervio vago produce cambios en la variabilidad del ritmo cardíaco (De Couck, Cserjesi, Caers, Zijlstra, Widjaja, Wolf, Luminet, Ellrich y Gidron, 2017).

Se puede utilizar la técnica de estimulación del nervio vago para tratar la epilepsia, la depresión, la ansiedad y la enfermedad de Alzheimer. Esa técnica tiene efectos positivos en la curación de la depresión (Nahas, Marangell, Husain et al., 2005) y se muestra como una terapia potencial para el tratamiento del tinnitus, la epilepsia, la inflamación y el Alzheimer, aunque todavía hay que hacer más estudios. La estimulación del vago influye en las enfermedades neurocognitivas, pero los resultados son mejores cuando la estimulación se combina con el entrenamiento cognitivo. Las técnicas de estimulación cerebral pueden modular las funciones cognitivas de las personas que tienen enfermedades neurocognitivas (Clancy, Mary, Witte et al., 2014). La estimulación de las fibras aferentes del nervio vago influye directamente en la regulación de las estructuras superiores del cerebro. Una de las vías eficaces para estimular el vago es estimular los barorreceptores periféricos.

Quinta parte: Recursos para la activación del nervio vago

14. ¿Qué técnicas podemos utilizar para activar el nervio vago?

14.1. Música

Diversos estudios han mostrado que la música relajante ralentiza el ritmo cardíaco, el ritmo respiratorio y disminuye la presión arterial. Pero los efectos de la música no son duraderos. Según la revisión llevada a cabo por Hodges (2010), las mitad de los estudios no han mostrado efectos significativos de la música y en algunos estudios han aparecido efectos significativos y no significativos. Según se ha mostrado en varios ensayos aleatorios, la música es tranquilizadora y reduce el nivel de presión sanguínea, el ritmo de respiración y el ritmo cardíaco (Dunn, 2004; Evans, 2002).

Ya desde el Antiguo Egipto se utilizó el sonido para curar a la gente.

Pitágoras de Samos (560-480 a. C.), filósofo y matemático griego, utilizó el sonido y la música para curar las enfermedades emocionales y físicas (Thomas Taylor, 1926). Pitágoras inventó en monocordio y creyó que a través de las proporciones armónicas del sonido llegaría a conocer los secretos del universo. Gracias a la vibración de cuerdas de diferente longitud examinó el tono fundamental, las octavas y los armónicos. Observó que las ratios halladas entre esa variables estaban relacionadas con las relaciones espaciales de la arquitectura, con los sucesos de la naturaleza, con las órbitas y constelaciones de los cuerpos celestes. A su vez, Kayser (2006) observó que hallamos todas las ratios de los armónicos de la música en la física, la química, la arquitectura y las ciencias naturales.

Una persona puede transmitir a otra sus vibraciones por medio del sonido. Los órganos corporales de la persona resuenan con los sonidos. El cuerpo crea un movimiento rítmico, gracias al sonido, y crea un equilibrio entre las impresiones y las expresiones, gracias a la armonía. La música cambia el ritmo de nuestra respiración y de los latidos de nuestro corazón; ayuda a nuestro organismo a liberar endorfinas y se utiliza como tratamiento para el dolor (de La Hougue, 2014). La música puede hacer que mejore la actividad cognitiva y el estado psicológico de la persona que sufre de Alzheimer. Puede reducir la ansiedad y activar las redes neuronales. La música puede activar la corteza auditiva, el área prefrontal y el sistema límbico, y puede incrementar la secreción de melatonina (Platel, Groussard y Fauvel, 2014; Bradt, Dileo et al Shim, 2013). Gracias a la resonancia de la música una persona se puede sentir conectada con otra o consigo misma, porque proporciona una sensación de unidad. La música ayuda a estructurar el espacio y el tiempo, por medio del canto y del movimiento rítmico, y eso beneficia a las personas que sufren trastornos neurogenerativos. La música activa los lóbulos temporales y el hipocampo, fortalece las conexiones inter-hemisféricas y multiplica las neuronas de algunas regiones del cerebro (Peretz, Aubé y Armony, 2010).

La producción de nuevas neuronas se va reduciendo según se avanza en edad; pero en algunas regiones del cerebro adulto se mantiene la neuroplasticidad.

Gracias a ese proceso generativo las personas mantienen su flexibilidad cognitivo-conductual (Belzung y Wigmore, 2013). La plasticidad morfológica permite la producción de nuevas neuronas. La plasticidad funcional favorece la creación de nuevas sinapsis y la renovación de sinapsis antiguas. Si bien la neurogénesis adulta parece estar restringida principalmente al hipocampo y al sistema olfativo, la sinaptogénesis y sus cambios funcionales asociados en la plasticidad ocurren en todas las áreas corticales y subcorticales.

La música influye directamente en la salud, reduciendo la presión sanguínea y el nivel de la depresión. La música relajadora puede incrementar la actividad del sistema nervioso parasimpático. Pero en este momento existe todavía un déficit de utilización de criterios objetivos para evaluar el efecto terapéutico de la música. Algunos han propuesto la utilización de la variabilidad del ritmo cardíaco para evaluar la influencia de la actividad del parasimpático. La variabilidad del ritmo cardíaco aumenta tras la terapia musical. Activando el vago por medio de la música, se puede relajar al paciente y hacer que mejoren sus trastornos de ansiedad y depresión (Demoures y Strubel, 2006). Para activar el vago utilizaremos una música de baja frecuencia. Asimismo, la actividad del canto puede reducir la tensión, incrementar la energía y mejorar el estado anímico de personas sanas (Clift y Hancox, 2001). Según la percepción de la persona que canta, el hecho de cantar puede o no resultar estresante (Ellis y Thayer, 2010).

La música que nos gusta produce cambios en diversas regiones cerebrales e influye en las estructuras corporales relacionadas con las emociones (Blood y Zatorre, 2001). Nuestras melodías favoritas cambian la actividad del Sistema Nervioso Autónomo, los latidos cardíacos, la tensión muscular, la resistencia de la piel y la profundidad de la respiración. Activan el estriatum ventral, el cerebro dorsomedial, la ínsula, la corteza orbito-frontal. Según Menon y Levitin (2005), el núcleo accumbens libera dopamina al escuchar música; también se activan el cerebelo y los ganglios basales (Kachanathu, Verma y Khanna, 2013).

La música es un conjunto de señales que funciona a diferentes niveles. Las señales musicales llegan al centro nervioso, a la corteza y al hipotálamo a través del oído. El sistema nervioso responde a las señales e influye en el ritmo cardíaco. Cuando el ritmo y la intensidad de las ondas que entran por el oído y el ritmo y la frecuencia del cuerpo humano son los mismos, la música resuena en el cuerpo humano y actúa como un masaje, reduciendo la presión sanguínea y relajándose.

A menudo se pretende alterar el estado de la conciencia a través de la música. Las alteraciones del estado de la conciencia están relacionadas con la alteración de la temporalidad. La música cambia la conciencia a través de su ritmo. La música rápida e intensa nos puede llevar a la acción o a la ruptura de relaciones y la música lenta y solemne nos puede llevar a la contemplación y a fortalecer las relaciones (Söhngen, 1967). Para Rouget (1985) la música crea las condiciones para experimentar determinadas emociones y estructura los tiempos de los procesos simbólicos.

Rouget distingue el trance y el éxtasis (Rouget, 1985). El trance está relacionado con la hiperestimulación de los sentidos a través de los ruidos, la música, la danza, el olor, la excitación y los movimientos rítmicos del cuerpo. El éxtasis está relacionado con la deprivación sensorial: el silencio, la oscuridad, el ayuno, la meditación, la contemplación y la inmovilidad. Cuando estamos en éxtasis estamos fuera de nosotros mismos, alienados; las sensaciones corporales han desaparecido; ha desaparecido la sensibilidad hacia los estímulos externos y la conciencia se encuentra en un estado diferente (Hess, Fachner y Rittner, 2009; Penman y Becker, 2009). Los cambios de conciencia ocurren más a menudo cuando la atención se dirige hacia el interior y se procesa la información aferente. En las sesiones de terapia musical en las que se crean estados alterados de la conciencia se utilizan instrumentos de sonido monocromo como los cuencos, los gongs, los monocordios, los tambores y se produce una repetición monótona de los sonidos.

14.2. Terapia del sonido

Son muchas las tradiciones espirituales que dicen que el sonido creó el mundo. En el Evangelio de San Juan podemos leer que al inicio era la Palabra, que la Palabra estaba en Dios y que Dios era la Palabra, Que todo fue creado por la Palabra, y que nada se ha hecho sin la Palabra. En la tradición védica del Brahman se habla en términos parecidos: al comienzo era el Brahman, y la palabra estaba con él y a través de esa palabra creó todo lo que es.

El sonido tiene el poder de organizar la materia y el mundo. El sonido transmite información a través de vibraciones de átomos y moléculas. La transmisión del sonido se produce gracias a las moléculas que chocan entre si. Cuando el sonido se encuentra con un entorno flexible construye una geometría visual y crea unas imágenes. El sonido puede participar en la tarea de restaurar el orden o el equilibrio perdido. La buena música activa los centros cerebrales del placer y de los sentimientos positivos. Se utilizará la terapia del sonido (ultrasonidos) para construir realidades armónicas, reducir fracturas, deshacer tumores malignos y piedras de los riñones. Cada organismo y cada órgano tiene su propia vibración y su propia frecuencia de resonancia. Cuando los órganos y tejidos del organismo se conectan entre si, forman una frecuencia compuesta, tal como ocurre con los miembros de una orquesta. Cuando un órgano del organismo está fuera de tono, crea una desarmonía en todo el organismo y podemos utilizar el sonido para restablecer la armonía.

Son muchas las culturas antiguas que han utilizado el sonido para curar a las personas; consideraban que los sonidos tenían poderes mágicos para la curación. Los aborígenes de Australia han utilizado durante milenios el yidaki o el didgeridoo para curar huesos y fibras musculares o quemaduras. Estudios sobre el poder curador del yidaki dicen que hace desaparecer los síntomas del asma o que cura la apnea del sueño (Eley y Gorman, 2010). Los budistas e hinduistas han utilizado sus propias terapias: el canto budista “Om Mani Padma Hume” y el mantra hinduista “Om”. El año 1927 Wood utilizó los ultrasonidos para tratar los cólicos renales.

Se han utilizado ultrasonidos de baja frecuencia para curar tejidos blandos y huesos fracturados, pero los utilizan con cuidado para que no provoquen quemaduras. Según Yu Weibo y cols. (Yu Weibo, Sharma, Shivani, Gimzewski James K., Rao y Jianyu, 2017) cada célula de nuestro cuerpo tiene un sonido particular. La citología del sonido trata de identificar los sonidos de las células sanas y enfermas mediante las pulsaciones de la membrana celular, sabiendo que las células enfermas enviarán sonidos de alta frecuencia.

El sonido puede cambiar los indicadores fisiológicos como la presión sanguínea, la tensión muscular, la frecuencia de las ondas cerebrales; en consecuencia el sonido puede cambiar el comportamiento humano. La terapia del sonido se practica por medio de la música de instrumentos que se combinan bien entre sí. El cuerpo resuena al son de esos instrumentos, hasta llegar a un estado de armonía sónica. Aunque la terapia del sonido funciona incluso cuando el paciente no cree en ella, la intención del paciente aumenta la efectividad de esa terapia. La fuerza de la intención del paciente es importante para lograr una curación exitosa, juntamente con sus sentimientos, pensamientos y visualizaciones (Dyson, 1987).

Keyes (1973) habló de la tonificación a través de los sonidos de las vocales. La tonificación se logra alargando la pronunciación del sonido de la vocal. La tonificación oxigena el cuerpo, hace que la respiración sea más profunda, relaja los músculos y mejora la salud. Si una persona se tonifica en compañía de otras personas experimenta un sentimiento de conexión con ellas y se relaja en su compañía. La tonificación rebaja la tensión, fortalece el sistema inmunitario y hace que desaparezcan los trastornos del sueño. Si practicamos el canto y hacemos que desaparezcan las frecuencias de alto nivel de estrés de nuestra voz, se reducirá la presión sanguínea y desaparecerán algunos de los problemas relacionados con el desequilibrio del sistema nervioso autónomo.

Hay resonancia cuando un objeto vibra porque el otro también vibra. Cuando dos cuerpos resuenan, la frecuencia de vibración de un cuerpo es la misma que la del cuerpo con el que resuena.

Cuando una persona escucha un sonido, las vibraciones del sonido atraviesan el cuerpo e influyen en la conciencia y las emociones de la persona. Son las notas de diferente frecuencia

y los intervalos entre las notas los que crean disonancia o consonancia y nos hacen sentir unas emociones u otras.

Los egipcios, los indios americanos, los chinos y otras culturas antiguas han utilizado las propiedades del sonido para curar a las personas enfermas. La terapia se basa en la estimulación de los tejidos y de las estructuras de la persona por medio del sonido. La terapia del sonido trata de restaurar la frecuencia original de los órganos de la persona. Cada célula tiene su propio sonido y se pueden diferenciar las células cancerosas y las sanas por medio de sonidos que se han vuelto visibles gracias al címacope. La cimática de Hans Jenny (1904-1972) y Ernst Chladni (siglo XVIII) visibiliza los sonidos en una superficie o membrana, a modo de patrones holográficos. Las células malignas serían las que emiten formas y sonidos caóticos y las células sanas emitirían formas y sonidos armónicos.

14.3. Otras técnicas de activación el vago

Una de las técnicas más extendidas es practicar la respiración profunda hasta que se empieza a salivar. Se trata de prolongar más la espiración que la inspiración. Cuando se inspira el diafragma tiene que descender y el vientre tiene que salir hacia fuera. La respiración profunda se utiliza mucho en el yoga, la meditación, las técnicas de relajación.

Hablar y cantar tanto en solitario como en grupo. Hacer ejercicios para emitir sonidos de poca frecuencia. La actividad del canto hace que nuestro organismo libere oxitocina e incrementa la Variabilidad del Ritmo Cardíaco. Esa variabilidad está relacionada con la relajación, la adaptación y la actividad del parasimpático.

Tumbarse en el suelo, mirando hacia el techo, cruzar las manos detrás de la nuca; mirar hacia un lado durante un determinado tiempo, manteniendo la cabeza inmóvil y moviendo únicamente los ojos. Luego mirar hacia el otro lado, moviendo solo los ojos.

Sentarnos en un sillón, con la espalda derecha. Girar el cuello y mirar hacia la derecha, manteniendo el cuerpo sin mover. Después de un determinado tiempo, girar la cabeza hacia el otro lado. Cuando se gira la cabeza en una dirección, dirigir la mirada en el sentido contrario.

Sentarnos en un sillón, con la espalda derecha. Llevar la cabeza hacia el hombro izquierdo, manteniendo el cuerpo sin mover. Después de un determinado tiempo, llevar la cabeza hacia el hombro derecho. Cuando la cabeza descansa en el hombro izquierdo, dirigir la mirada en el sentido opuesto. Cuando la cabeza descansa sobre el hombro derecho, dirigir la mirada en sentido opuesto.

Hacer ejercicios de activación del vago. Disponemos de baro-receptores que detectan el nivel de presión sanguínea en diferentes partes del cuerpo. Cuando las fibras aferentes nerviosas nos alertan de una elevada presión sanguínea, se activa el nervio vago que inhibe la actividad del sistema nervioso simpático y activa el parasimpático.

Activar el vago mediante la vocalización continuada de las vocales. Respirar profundamente, llenar los pulmones de aire y espirar hasta el fondo pronunciando una vocal:
aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa eeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeee iii
oooooooooooooooooooooo uuuuuuuuuuuuuuuuuuu. La vocalización permite estimular el vago por medio de la estimulación de los músculos cercanos a la trayectoria del vago.

Realizar a lo largo de la semana actividades físicas que exigen la aceleración de los latidos cardíacos.

Practicar la relajación progresiva de los músculos, empezando por los pies y llegando hasta la cabeza, contrayendo y relajando cada grupo de músculos.

Estimular el yago mediante ejercicios de estiramiento.

Recibir masajes, activando los músculos y puntos por los que pasa el vago.

Practicar la meditación y el yoga. Fomentar sentimientos y pensamientos de amor, ternura y compasión hacia los otros, más que sentimientos enemistad y odio.

Recibir duchas de agua fría para tonificar el vago. Baños fríos. Refrescar la cara y la nuca con agua fresca. Estar durante un cierto tiempo en lugares fríos.

Dormir acostados sobre el costado derecho.

Practicar el humor y la risa. La risa mejora la circulación y rebaja la tensión sanguínea. Combinar la risa con la socialización.

No beber alcohol y evitar el azúcar. Alimentarse de alimentos probióticos.

Practicar el ayuno intermitente, bajo la dirección de profesionales de la salud. El ayuno intermitente y la reducción de calorías incrementa la variabilidad del ritmo cardíaco. Al reducir la glucosa se reciben menos estímulos desde los intestinos y se incrementan los impulsos del nervio vago.

Hacer gárgaras hasta que nos salgan lágrimas. El activar los músculos de la parte trasera de la garganta estimula al nervio vago.

Relacionarte con las personas con las que te sientes cómodo. Las emociones positivas (alegría, interés, tranquilidad, afecto) y las relaciones sociales fomentan la conexión con las otras personas y la actividad del vago.

Bibliografía

1. Akiyama, H., Barger, S., Barnum, S., Bradt, B., Bauer, J., Cole, G. M. et. al. (2000). Inflammation and Alzheimer's disease. *Neurobiol Aging*, 21(3), 383-421. doi: 10.1016/s0197-4580(00)00124-x. PMID: 10858586; PMCID: PMC3887148.
2. Belzung, C. y Wigmore, P. (Ed.). (2013). *Neurogenesis and Neural Plasticity*. 383–42. Berlin: Springer.
3. Blood, A. J. y Zatorre, R. J. (2001). Intensely Pleasurable Responses to Music Correlate with Activity in Brain Regions Implicated in Reward and Emotion. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98, 11818-11823.
4. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.191355898>
5. Bradt, J., Dileo C. y Shim, M. (2013). Music interventions for preoperative anxiety. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006908.pub2>
6. Chun-Hung Chang, Hsien-Yuan Lane Chieh-Hsin Lin (2018). Brain Stimulation in Alzheimer's Disease. *Frontiers in Psychiatry* 9, 201 DOI: 10.3389/fpsyg.2018.00201
7. Clancy, J.A., Mary, D.A. y Witte, K. K. et al. (2014). Non-invasive Vagus Nerve Stimulation in Healthy Humans Reduces Sympathetic Nerve Activity. *Brain Stimulation*, 7 (6), 871-877. ISSN 1935-861X <https://doi.org/10.1016/j.brs.2014.07.031>
8. Clift, S. M. y Hancox, G. (2001). The perceived benefits of singing: findings from preliminary surveys of a university college choral society, *Journal of the Royal Society for the Promotion of Health*, 121(4), 248–256.

9. Corcoran, C., Connor, T. J., O'Keane, V. y Garland, M. R. (2005). The effects of vagus nerve stimulation on pro- and anti-inflammatory cytokines in humans: a preliminary report. *Neuroimmunomodulation* 12, 307–309.
10. Damasio, A. R. (1996). The somatic marker hypothesis and the possible functions of the prefrontal cortex. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B, Biological Sciences*, 351, 1413–1420.
11. De Couck, M., Cserjesi, R., Caers, R., Zijlstra, W. P., Widjaja, D., Wolf, N., Luminet, O., Ellrich, J. y Gidron, Y. (2017). Effects of short and prolonged transcutaneous vagus nerve stimulation on heart rate variability in healthy subjects. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical*, 203, 88-96.
12. de La Hougue, Cécile. (2014). *Une expérience d'art-thérapie à dominante musique et arts plastiques auprès de personnes âgées en institution, atteintes de la maladie d'Alzheimer*. Mémoire d'art-thérapie pour l'obtention du titre d'art-thérapeute répertorié par l'Etat au niveau II. http://art-therapie-tours.net/noref/img/m%C3%A9moires/2015/deLa%20Hougue_2014_atmusiqueartsplastiques_alzheimer.pdf
13. Demoures, G. y Strubel, D. (2006). *Prise en soin du patient Alzheimer en institution*. Paris: Masson.
14. Dimitriev, D. A., Saperova, E. V. y Dimitriev, A. (2016). State Anxiety and Nonlinear Dynamics of Heart Rate Variability in Students. *PloS ONE*, 11, e0146131
15. Dunn, K. (2004). Music and the reduction of post-operative pain. *Nursing standard*, 18, 33–39.
16. Dyson, M. (1987). Mechanisms involved in therapeutic ultrasound. *Physiotherapy*, 73 (3), 116-120.

17. Eley, R. y Gorman, D. (2010). Didgeridoo playing and singing to support asthma management in Aboriginal Australians. *Journal of Rural Health*, 26 (1), 100-4. doi: 10.1111/j.1748-0361.2009.00256.x. PMID: 20105276.
18. Ellis, R. J. y Thayer, J. F. (2010). Music and Autonomic Nervous System (Dys)function. *Music perception*, 27 (4), 317–326. <https://doi.org/10.1525/mp.2010.27.4.317>
19. Evans, D. (2002). The effectiveness of music as an intervention for hospital patients: A systematic review. *Journal of Advanced Nursing*, 37, 8–18.
20. George, M. S., Ward, H. E., Ninan, P. T. y Polack, M., Nahas, Z., Anderson, B., Kose, S., Howland, R. H., Goodman, W. K. y Ballenger, J. C. (2008). A pilot study of vagus nerve stimulation (VNS) for treatment-resistant anxiety disorders. *Brain Stimul*, 1, 112–121).
21. Groves, D. A. y Brown, V. J. (2005). Vagal nerve stimulation: a review of its applications and potential mechanisms that mediate its clinical effects. *Neurosci Biobehav Rev*, 29, 493–500.
22. Hess, P. y Rittner, S. (1997). Altered States of Consciousness. In: Decker-Voigt, H.-H., Knill, P., Weymann, E. (Hrg.): *Lexicon of Music Therapy*. Göttingen/Toronto/Seattle: Hogrefe.
23. Hodges, D. A. (2010). Can neuroscience help us do a better job of teaching music? *General MusicToday*, 23 (2), 3-12
24. Kachanathu, S. J., Verma, S. K y Khanna, G. L. (2013). Effect of Music Therapy on Heart Rate Variability: A Reliable Marker to Pre-competition Stress in Sports Performance. *Journal of Medical Sciences*, 13, 418-424.
25. Kayser, Hans. (2006). *Lehrbruch der Harmonik*. Basel-Stuttgart: Julius Schwabe Verlag.
26. Kemp, A. H., Quintana, D. S., Felmingham, K. L, Matthews, S. y Jelinek, H. F. (2012). Depression, comorbid anxiety disorders, and heart rate variability in physically healthy,

unmedicated patients: implications for cardiovascular risk. *PLoS One*, 7 (2): e30777. doi: 10.1371/journal.pone.0030777. Epub 2012. PMID: 22355326; PMCID: PMC3280258.

27. Keyes, L. E. (1973). *Toning the Creative Power of the Voice*. Marina Del Rey, CA: De Vorss & Co.

28. Levitin, Daniel. (2008). *Tu cerebro y la música*. Barcelona: RBA._2008b. *The World in Six Songs: How the Musical Brain Created Human Nature*. Nueva York: Dutton Adult.

29. Mauskop, A. A. (2005). Vagus nerve stimulation relieves chronic refractory migraine and cluster headaches. *Cephalgia*, 25 (2), 82-86.

30. Menon, V. y Levitin, D. J. (2005). The rewards of music lis-tening: Response and physiological connectivity of the mesolimbic system. *NeuroImage*, 28, 175-184.

31. Milby, A. H., Halpern, C. H. y Baltuch, G. H. Vagus nerve stimulation for epilepsy and depression. *Neurotherapeutics*, 5, 75–85.

32. Nahas, Z., Marangell, L.B., Husain, M.M., et al. (2005). Two-year outcome of vagus nerve stimulation (VNS) for treatment of major depressive episodes. *J Clin Psychiatry*, 66, 1097–1104. doi: 10.4088/JCP.v66n0902.

33. Parati, G., Saul, J. P., Di Rienzo, M. y Mancia, G. (1995) Spectral Analysis of Blood Pressure and Heart Rate Variability in Evaluating Cardiovascular Regulation. A Critical Appraisal. *Hypertension*, 25, 1276-1286.

<https://doi.org/10.1161/01.HYP.25.6.1276>

34. Penman, J. y Becker, J. (2009). Religious ecstasies, “deep listeners,” and musicalemotion. *Empirical Musicology Review*, 4 (2), 49–70

35. Peretz, I., Aubé, W. Y. y Armony J. (2010). *Toward a neurobiology of musical emotions*. DOI:10.1093/acprof:oso/9780199583560.003.0017

[https://www.researchgate.net/publication/284821288 Toward a neurobiology of musical emotinos](https://www.researchgate.net/publication/284821288_Toward_a_neurobiology_of_musical_emotions)

36. Pilla, A. A., Figueiredo, M., Nasser, P., et al. (1990). Noninvasive low intensity pulsed ultrasound: potent accelerator of bone repair, Proceedings of the 36th Annual Meeting, Orthopaedic Research Society, New Orleans.
37. Platel, H., Groussard, M. y Flauvel, B. (2014). La musique contre les troubles de la mémoire. *Cerveau & Psycho*, 63. <https://www.cerveaupsycho.fr/sd/neurologie/la-musique-contre-les-troubles-de-la-memoire-7889.php>
38. Porges, Stephen W. (2003). The Polyvagal Theory: phylogenetic contributions to social behaviour. *Physiology & Behavior*, 79, 503-513.
39. Rouget, G. (1985). *Music and Trance. A Theory of the Relations between Music and Possession*. Chicago, IL: Chicago University Press.
40. Sarter, M. y Bruno, J.P. (2000). Cortical cholinergic inputs mediating arousal, attentional processing and dreaming: Differential afferent regulation of the basal forebrain by telencephalic and brainstem afferents. *Neuroscience*, 95, 933–952.
41. Söhngen, O. (1967). *Theologie der Musik [Theology of music]*. Kassel: Stauda.
42. Sveinbjorndottir, S. (2016). The clinical symptoms of Parkinson's disease. *J. neurochemistry* 139, 318–324.
43. Terry Jr, R. S. (2014). Vagus nerve stimulation therapy for epilepsy. *Epilepsy Topics: InTech*, 139–160. Editors: Mark D. Holmes.
44. Thayer, J. F. y Brosschot, J. F. (2005). Psychosomatics and psychopathology: Looking up and down from the brain. *Psychoneuroendocrinology*, 30 (10), 1050–1058. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2005.04.014>
45. Thayer, J. F. y Lane, R. D. (2007). The role of vagal function in the risk for cardiovascular disease and mortality. *Biol. Psychol.*, 74, 224–242.
46. Thomas Taylor (1926). *Iamblichus' Life of Pythagoras, or, Pythagoric life*. London: J. M. Watkins.

47. Yakunina, N., Kim, S. S. y Nam, E.-C. (2016). Optimization of Transcutaneous Vagus Nerve Stimulation Using Functional MRI. Neuromodulation, 20, 290-300. DOI: 10.1111/ner.12541.
48. Yu Weibo, Sharma, Shivani, Gimzewski James K., Rao, Jianyu Rao (2017). Nanocytology as a potential biomarker for cancer. *Biomarkers in medicine*, 11(3): 213-216.
49. Yuan, H. y Silberstein, S. D. (2016). Vagus nerve and vagus nerve stimulation, a comprehensive review: part II. Headache: *J. Head. Face Pain.* 56, 259–266.