

Neurobiomodulación acupuntural

Tomo I

Neurobiomodulación acupuntural

Salvador Quiroz González



Tomo I

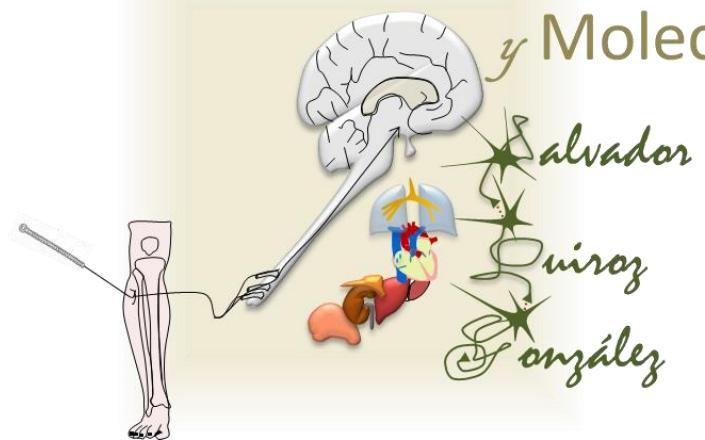
**Acupuntura clásica y nuevos paradigmas
experimentales**

DEDICADO:

*A mi esposa Dora María
A mis hijos Astrid Abigail y Kaled Salvador*

Colección de:

Acupuntura Neurofisiológica y Molecular



Fecha de edición: Febrero de 2018

D. R. ® Salvador Quiroz González

D. R. ® Instituto de Ciencias y Medicina Integrativa S.C.

Sociedad Mexicana de Ciencias y Medicina Integrativa

Calle Texas 117 Col. Nápoles Delegación Benito Juárez. CP 03810

sqg20@yahoo.com.mx

quiroz@fisio.cinvestav.mx

www.institutodeciencias.com

Todos los derechos reservados. Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, la fotocopia o grabación, sin la previa autorización por escrito del titular de los derechos de esta edición.

Acerca del autor

Salvador Quiroz González, es Licenciado en Acupuntura Médica y Rehabilitación Integral, por la Universidad Estatal del Valle de Ecatepec (UNEVE). Realizó estudios de Maestría en el Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias, del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV-IPN). Es Doctor en Ciencias en la Especialidad de Neurobiología Celular y Molécular por la misma institución. Miembro de la *Society for Neuroscience* de los Estados Unidos de Norteamérica y de la Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas. En reconocimiento a su capacidad para realizar investigación científica el Dr. Quiroz recibió el nombramiento de Investigador Nacional Nivel 1 (SNI-1), por el consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). En la actualidad es profesor-investigador de la Licenciatura en Acupuntura Humana Rehabilitatoria de la UNEVE y colaborador-investigador con profesores del CINVESTAV y de la UNAM. Su trayectoria en investigación básica y clínica inicia al realizar estudios en la Universidad Complutense de Madrid España y su servicio social en el departamento de Neurociencias del CINVESTAV. También ha realizado estancias en el Xiyuan Hospital de la China Academy of Chinese Medical Science, en Beijing China.

Es autor de artículos científicos publicados en revistas arbitradas e indexadas de divulgación internacional como: *Experimental Brain Research*, *Brain Research Bulletin*, *Neurochemical Research*, *Journal of Acupuncture and Meridian Studies*, *Chaos, fractals and Solitons*, *Journal of physiology and animal nutrition*, *Trends in Molecular Medicine*, Archivos de Neurociencias, del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía de México, así como en la Revista Digital Universitaria (RDU), de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Ha presentado trabajos de investigación en congresos nacionales organizados por la Sociedad

Mexicana de Ciencias Fisiológicas e Internacionales convocados por la prestigiosa *Society for Neuroscience*, de la *World Federation of Chinese Medicine Societies* (WFCMS) y de la Federación de Asociaciones Latinoamericanas y del Caribe de Neurociencias (FALAN). Sus líneas de investigación se enfocan al análisis de los efectos y mecanismos de la electro-estimulación periférica en el Sistema Nervioso en modelos fisiológicos y patológicos, Neurobiología de las medicinas complementarias, así como del efecto de los déficit nutricionales y enfermedades crónico degenerativas sobre los sistemas sensoriales y motores en modelos animales y humanos. También estudia los cambios plásticos generados en la médula espinal a partir del estímulo acupuntural, la modulación de la actividad de neuronas nociceptivas durante la analgesia acupuntural al igual que la especificidad de los acupuntos en las acciones terapéuticas. El Dr. Quiroz ahora nos entrega esta obra como una muestra de su interés en la consolidación científica de la acupuntura.

Contenido

Capítulo 1

De la acupuntura tradicional a los nuevos enfoques experimentales

1.1 Acupuntura tradicional.....	13
1.2 El sistema de meridianos.....	18
1.3 Puntos de acupuntura.....	23
1.4 Reflejo víscero-somático y su relación con la teoría de meridianos.....	24
1.5 De la acupuntura clásica a la acupuntura moderna.....	37
1.6 Búsqueda de respuestas a la acupuntura clásica.....	40
1.7 Neurobiomodulación por acupuntura neurofisiológica.....	44

Capítulo 2

Efectos específicos e inespecíficos de la acupuntura

2.1 Factores que determinan la eficacia acupuntural.....	59
2.2 Placebo y efectos inespecíficos.....	60
2.3 Interacción terapeuta-paciente y placebo.....	64
2.4 Efectos inespecíficos de la acupuntura.....	66
2.5 Efectos específicos de la acupuntura.....	71

Capítulo 3

Sistemas de bioinformación

3.1 Modulación.....	79
3.2 Modulación y procesamiento de la información.....	85
3.3 Modulación y sistema binario.....	89
3.4 Modulación por impulsos codificados.....	93

Capítulo 4

Modulación y sistemas biológicos

4.1 Biomodulación.....	101
4.2 Ritmos biológicos y la ciclicidad de los procesos biológicos.....	103
4.3 La medicina china y los ritmos biológicos.....	109
4.4 Series de tiempo de variables fisiológicas como ejemplo de la ritmidad del organismo.....	112
4.5 Biomodulación binaria y alternancia yin-yang.....	117
4.6 Modulación por retroalimentación positiva y negativa....	125

Capítulo 5

Modulación en el sistema nervioso

5.1 Neuromodulación.....	133
5.2 Neuromodulación por estimulación eléctrica.....	134
5.3 Agujas de acupuntura y electrodos en la neuromodulación eléctrica periférica.....	137
5.4 Neuromodulación de la transmisión sináptica.....	139
5.5 Neuromodulación por acupuntura.....	144

Capítulo 6

Sensación *DeQi* y neuroestimulación

6.1 Manipulación de la aguja y sensación acupuntural.....	151
6.2 Manifestaciones clínicas de la sensación acupuntural.....	155
6.2 Tipos de Sensación <i>DeQi</i>	157
6.3 Propagación de la sensación acupuntural.....	158
6.4 Relevancia fisiológica del <i>DeQi</i>	159
6.5 Reforzando el <i>DeQi</i>	161

Capítulo 1

De la acupuntura tradicional a los nuevos enfoques experimentales

1.1 Acupuntura tradicional

La palabra acupuntura deriva de los vocablos latinos “acus” (aguja) y “punctura” (punción). Consiste en la introducción y manipulación de agujas finas de acero inoxidable, en sitios específicos del cuerpo, denominados puntos de acupuntura o acupuntos. Estos acupuntos están dispuestos sobre canales o meridianos por donde fluye la energía. Aunque existen varias técnicas diferentes de la práctica de la acupuntura, el método utilizado en la Medicina Tradicional China (MTC), parece ser el más ampliamente adoptado en los Estados Unidos de Norteamérica (EE.UU).

Las teorías de la MTC provienen de la observación y el análisis empírico; sostiene que la base de la actividad física es el llamado *Qi* (energía) o también denominado “fuerza vital”. Desde esta perspectiva, el concepto de salud se concibe como el flujo unidireccional sin interrupciones del *Qi* y/o energía a través de los canales de acupuntura, conectando tanto el exterior como el interior. El bloqueo de este libre fluir o el cambio en la dirección del recorrido energético, se traduce en desequilibrios, que a lo largo de la vida conducen a la enfermedad.

La acupuntura por medio de la inserción de las agujas en los acupuntos localizados sobre los canales o meridianos, pretende restablecer el flujo correcto de la energía y sangre en los canales de acupuntura así como el balance entre el yin y yang.

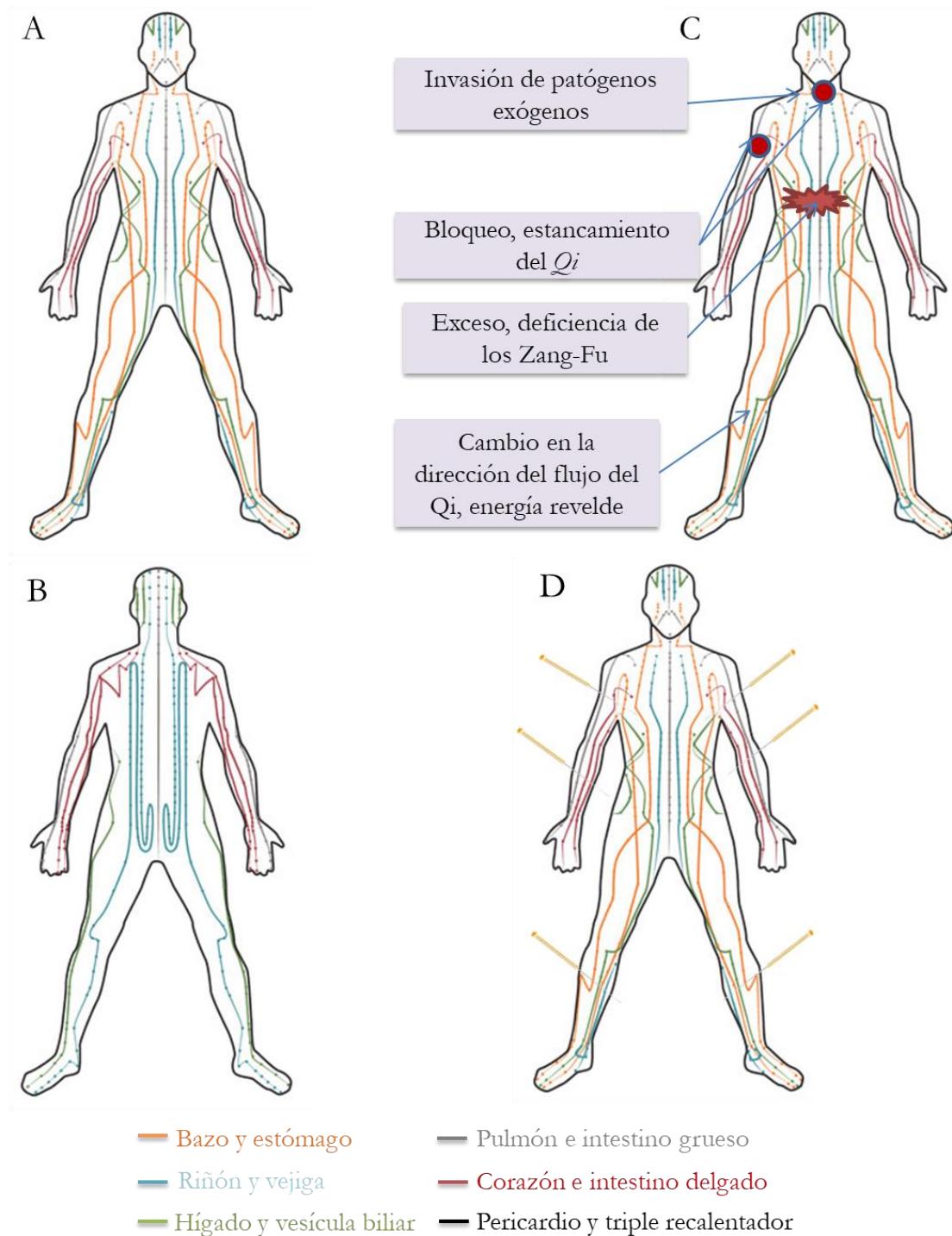


Figura 1.1 A, B) Distribución de los canales de acupuntura en la superficie anterior y posterior del cuerpo; C) Factores que alteran el libre fluir del Qi sobre los canales de acupuntura; D) Recuperación del estado de salud por el desbloqueo del flujo del Qi sobre los canales de acupuntura posterior al tratamiento acupuntural.

Existe una diversa gama de acercamientos hacia la acupuntura, lo que implica diversas filosofías. La acupuntura tradicional no solo hace alusión a la inserción de la aguja, sino que también están inmersas otras intervenciones como la moxibustión, masaje y terapia de ventosas. Estas pueden acompañarse de otros procedimientos como sentir el pulso, palpar el cuerpo y examinar la lengua.

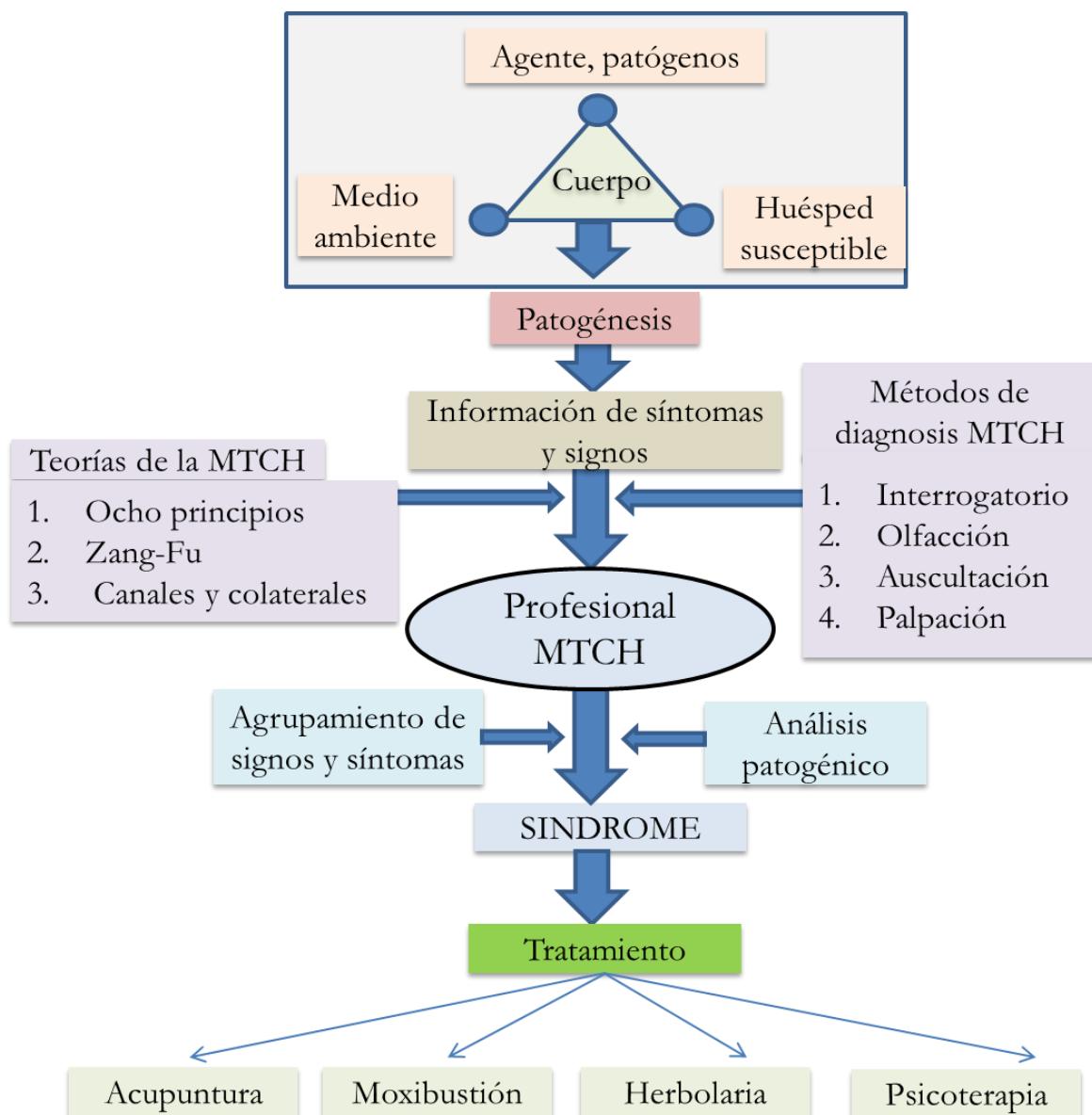


Figura 1.2 Método de diagnosis en la MTC. En la parte superior se muestra la triada epidemiológica de los factores causales o patogénesis de enfermedad, que en la MTC tiene su equivalente en los factores patógenos tanto exógenos como endógenos. También se

muestran las teorías de la MTC (ocho principios, Zang-Fu, canales y colaterales), así como los métodos de diagnosis (interrogatorio, olfacción, auscultación y palpación), indispensables para la elaboración del síndrome y del tratamiento.

En la acupuntura tradicional, el acupunturista decide qué puntos deben ser tratados, observando y cuestionando al paciente para hacer un diagnóstico de acuerdo con la tradición utilizada. En MTC, se utilizan cuatro métodos de diagnóstico: inspección, auscultación-olfacción, interrogatorio y palpación.

El marco teórico de la MTC sostiene que existe una relación entre los órganos-vísceras (Zang-Fu) con la superficie del cuerpo; de tal manera que los cambios observados en el interior del cuerpo se verán reflejados en el exterior y viceversa. En atención a lo cual, a través de la inspección de la cara, color, forma y tamaño de la lengua, revestimiento, ausencia o presencia de marcas de dientes alrededor del borde, es posible conocer el estado de salud del individuo.

En la inspección se evalúa el color de la cara y piel, la postura corporal, el territorio de los meridianos y la predominancia yin/yang de los órganos internos y/o ataque de los factores patógenos. Esta información es relevante para el diagnóstico de las enfermedades.

Según la MTC el estado de los Zang-Fu puede ser analizado por medio de la auscultación y el olfato. Esto se refiere al uso del sentido auditivo y olfativo para reunir información sobre el estado de salud del paciente. Se escucha la voz, incluyendo el habla, la respiración, el tipo de tos, eructos y borborigmos. También involucra la escucha de sonidos particulares como sibilancias. A través del olfato se percibe el olor usual del paciente y sus excretas, el jadeo, la tos, el vómito y el hipo. Inquirir implica centrarse en las diferentes preguntas: escalofríos, fiebre, transpiración, apetito, sed, gusto, defecación y orina; dolor, dormir, menstruación y leucorrea.

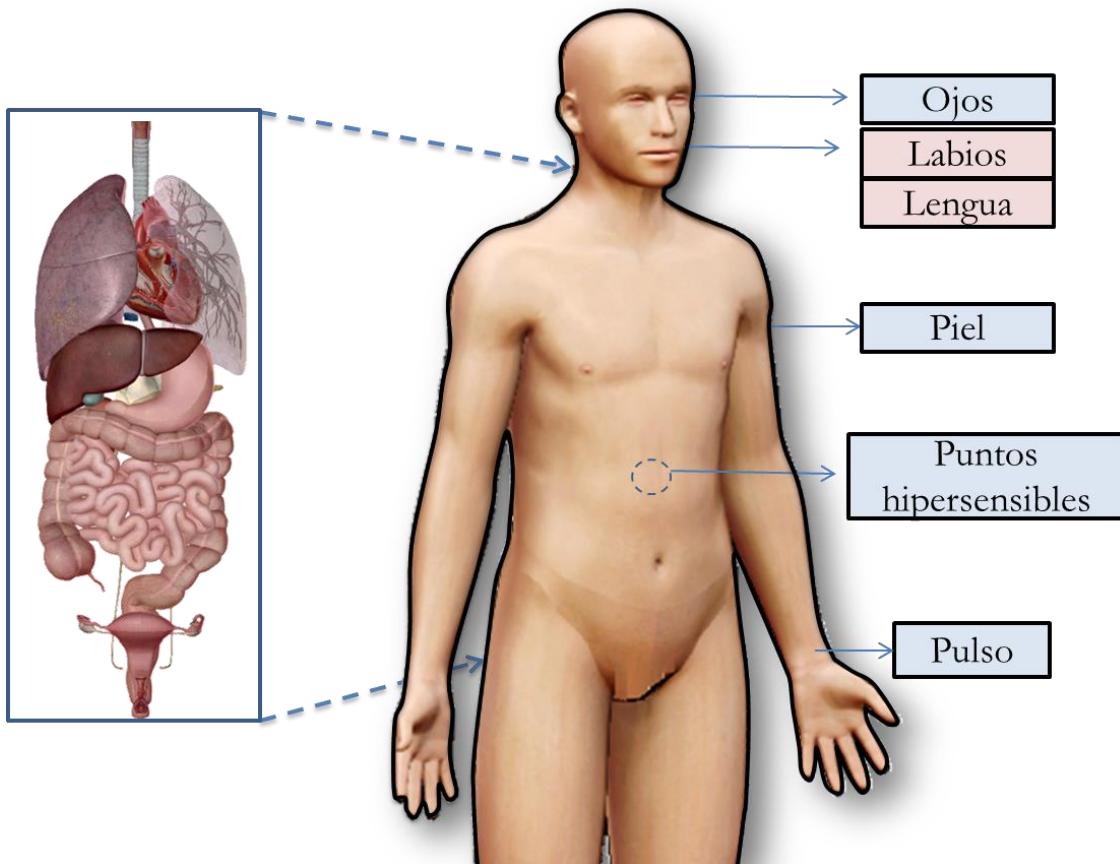


Figura 1.3 Expresión de los Zang-Fu hacia la superficie corporal. Los cambios en la coloración de los ojos, labios, lengua así como la intensidad del pulso reflejan el estado de los Zang-Fu. La presencia de puntos hipersensibles o coloraciones en la piel también refleja el estado de los Zang-Fu.

La palpación se centra en sentir el cuerpo por los puntos sensibles "An-shi" y palpar el pulso. Los pulsos sirven para conocer la condición del paciente y signos anormales relacionados, para diagnosticar los desequilibrios energéticos, tanto de tipo general como los referidos a un determinado órgano o víscera. Se analizan: la profundidad, la frecuencia, el volumen, ritmo y longitud.

1.2 El sistema de meridianos

El sistema de meridianos o también denominados canales de acupuntura constituye un conjunto de puntos y canales por donde se transporta el Qi y la Sangre; comunicando las estructuras periféricas del organismo con los órganos internos y manteniendo el balance entre el Yin-Yang.

Según la MTC, existen doce canales regulares o primarios que conectan con los órganos y vísceras: 1) el canal de pulmón. 2) intestino grueso. 3) estómago. 4) bazo-páncreas. 5) corazón. 6) intestino delgado. 7) vejiga. 8) riñón. 9) triple calentador. 10) pericardio. 11) vesícula biliar. 12) hígado.

Estos canales se encuentran interconectados formando un solo sistema de comunicación entre la piel, tendones, órganos-vísceras, cerebro, médula, interiorizándose y exteriorizándose hasta las porciones superficiales y distales del cuerpo.

El correcto flujo de la sangre y el Qi sobre estos canales determina la salud en el organismo; y por consiguiente, el disturbio de este libre fluir por la invasión de agentes exógenos o endógenos se transforma en enfermedad.

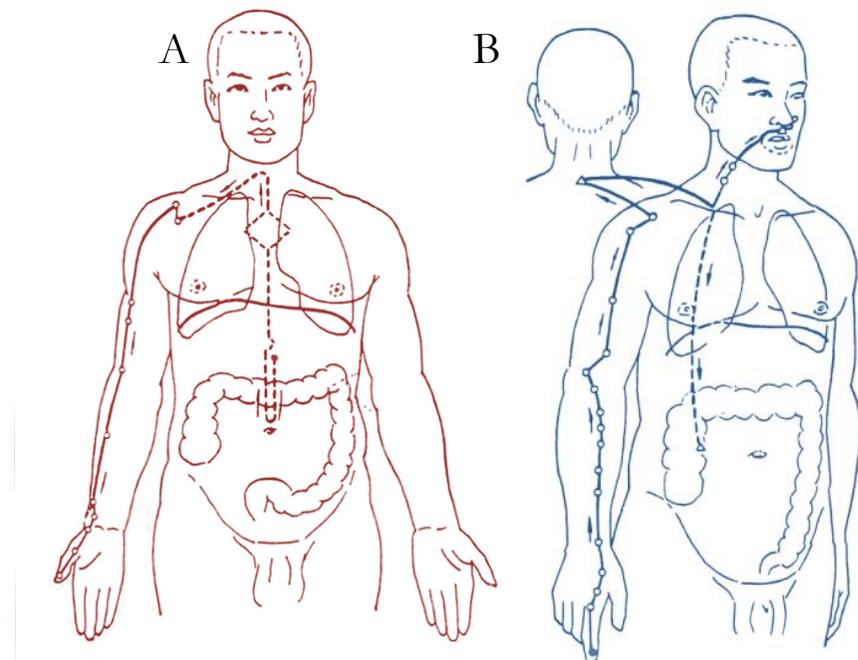


Figura 1.4 Recorrido externo e interno del canal de pulmón (A); intestino grueso (B). Se muestra su conexión con el órgano-víscera.

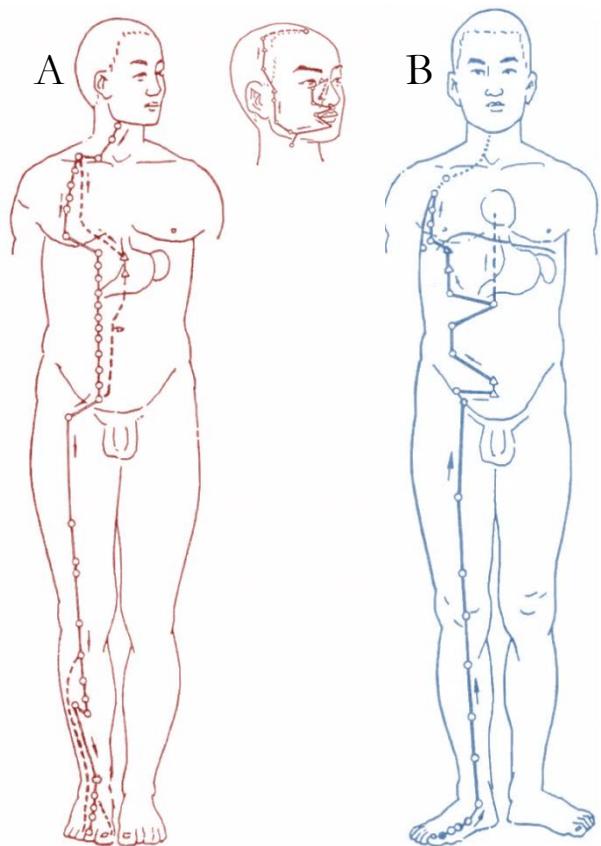


Figura 1.5 Recorrido del canal de estómago (A) y bazo (B).

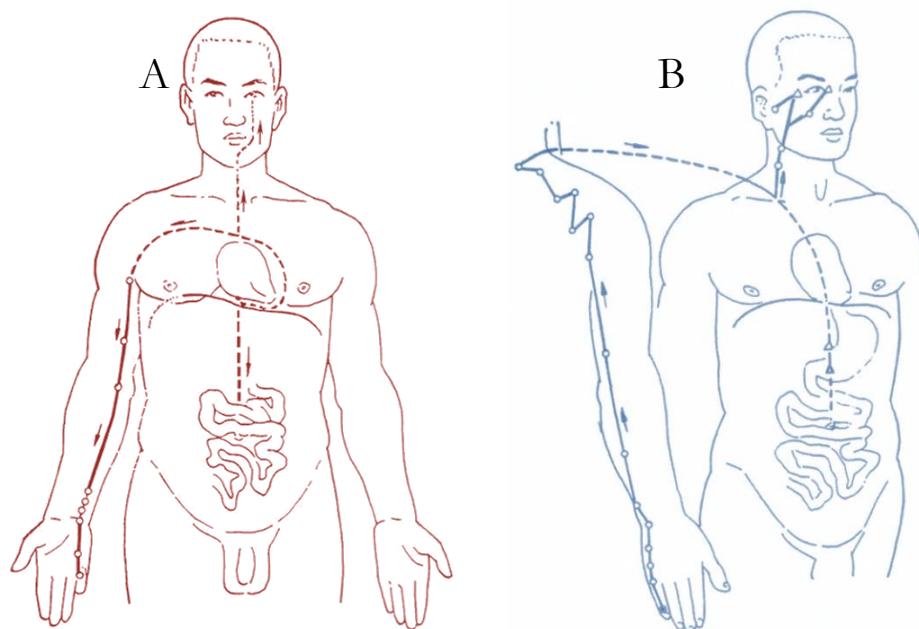


Figura 1.6 Canal de acupuntura de corazón (A) e intestino delgado (B).

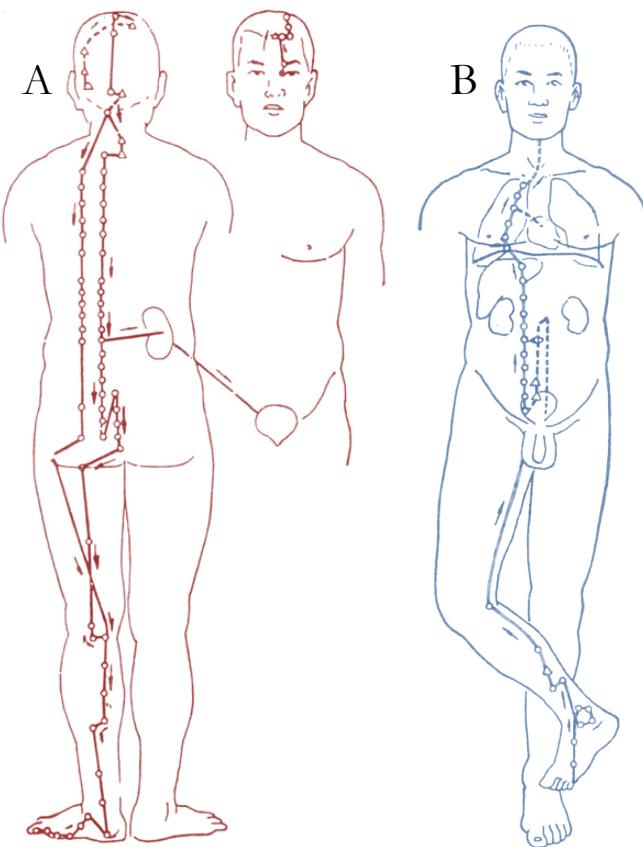


Figura 1.7 Recorrido del canal de acupuntura de vejiga (A); canal de riñón (B).

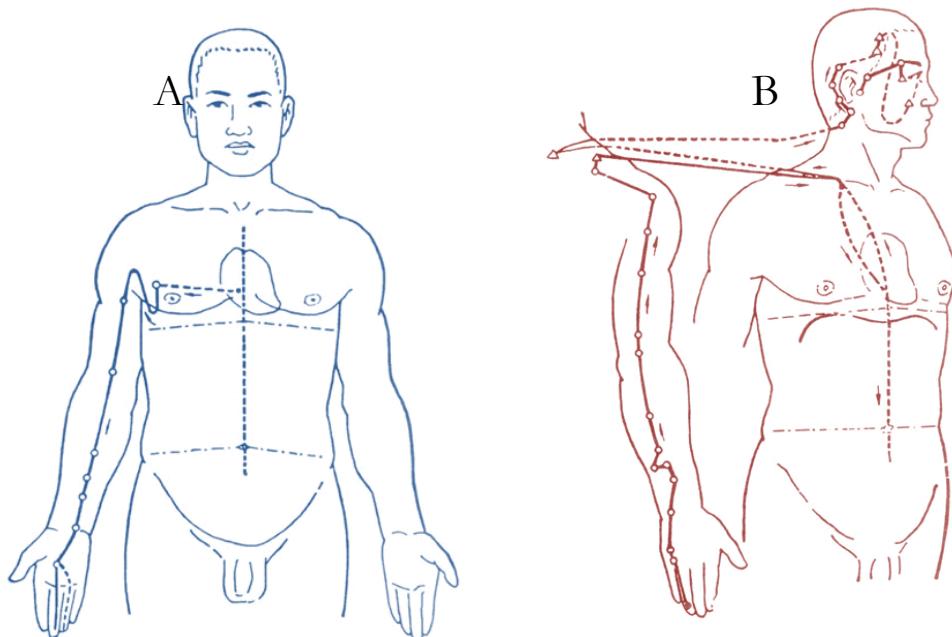


Figura 1.8 Canal de pericardio (A) y triple calentador (B).

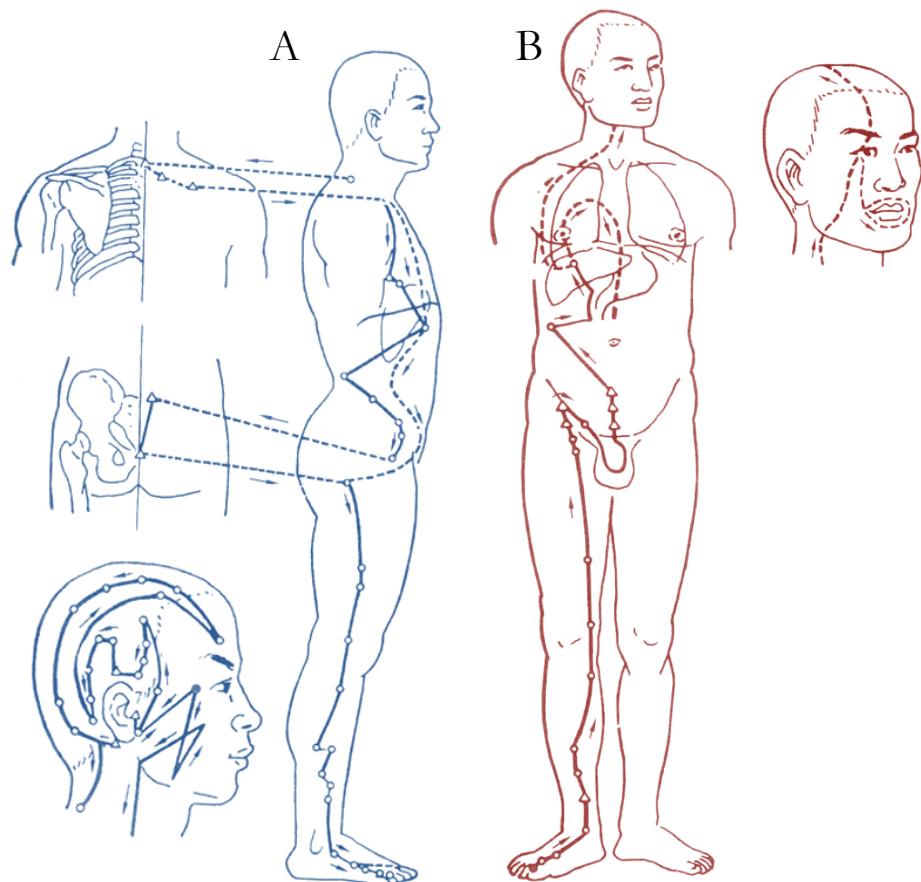


Figura 1.9 Canal de acupuntura de vesícula biliar (A) e hígado (B).

La acupuntura y otras modalidades de estimulación periférica como el masaje tuina, digitopuntura, ventosas y moxibustión, pretenden liberar o restablecer el libre recorrido y dirección del *Qi* y/o energía vital del organismo.

En adición, la MTC menciona otros ocho canales denominados extraordinarios, de los cuales cuatro (Du Mai, Ren Mai, Chong Mai, Dai Mai) desempeñan un papel importante en la regulación del flujo de Qi y Sangre en los canales ordinarios.

El canal vaso gobernador (VG, Du Mai) regula y gobierna el Qi de todos los canales yang del cuerpo, es el maestro de los canales yang. También se conoce como el mar de los canales yang (todos los canales yang convergen en el punto Dazhui Du 14).

El canal de Vaso Concepción (VC, Ren Mai) es el Mar de los canales yin y tiene la función de regular y gobernar el Qi de los canales yin (los tres canales yin del pie se unen al canal de Vaso

Concepción en Guanyuan (VC 4). También regula la menstruación y gobierna al feto.

El canal Chong Mai se denomina el Mar de los Doce Canales Regulares así como el Mar de Sangre. Su función es regular la menstruación y actuar como un reservorio para el Qi y la Sangre de los doce canales ordinarios. El Chong Mai enlaza los canales del Estómago y del Riñón y fortalece el vínculo entre los canales de vaso concepción y vaso gobernador. El canal Dai Mai une los doce canales ordinarios y regula el equilibrio entre el flujo ascendente y descendente de Qi en el tronco. El Dai Mai rodea el cuerpo en la cintura, uniendo las vías verticales de los doce canales primarios, los colaterales así como los canales de Riñón, Hígado y Bazo en particular.

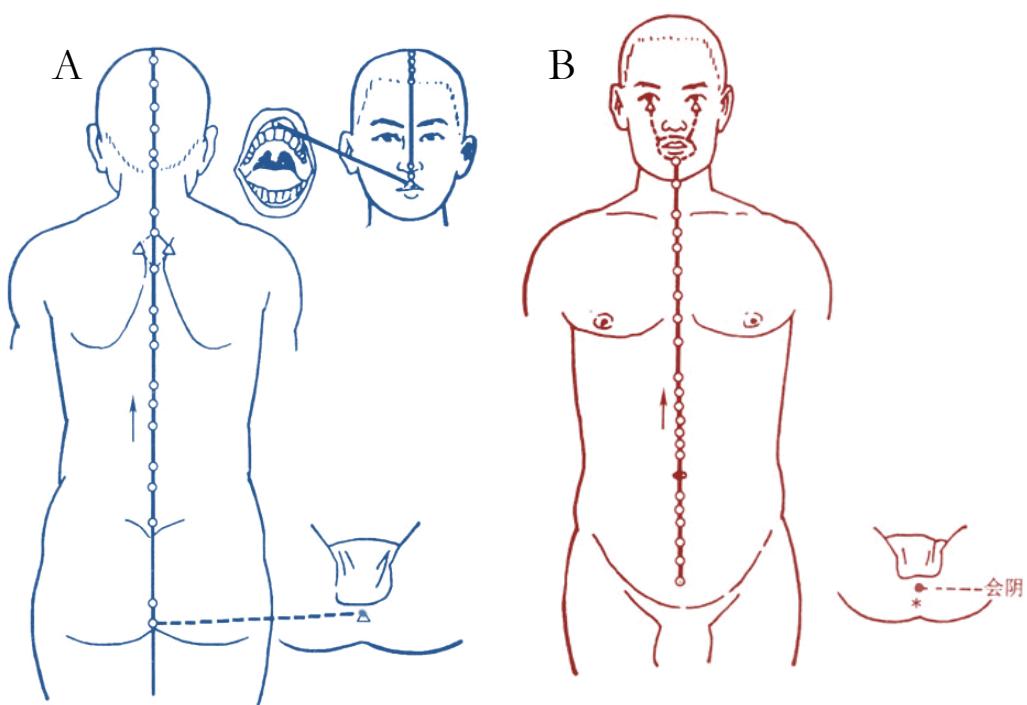


Figura 1.10 Canal de acupuntura de vaso gobernador Du Mai (A) y vaso concepción Ren Mai (B).

Los meridianos o canales de acupuntura presentan las siguientes características:

- Cada órgano corresponde con un canal de acupuntura.
- Se distribuyen sobre la superficie así como en el interior del cuerpo y están interconectados.
- Conectan con los órganos-vísceras mediante una red de conexiones complejas.
- Regulan y modifican la función de su órgano-víscera correspondiente.
- Presentan manifestaciones clínicas que sirven de orientación a la terapéutica.
- Desde la perspectiva occidental tienen una relación con los paquetes vásculo-nerviosos.
- Están en relación a cómo penetran las fibras a nivel del tracto de Lissauer (tracto posterolateral), en el asta posterior medular, donde se agrupan las fibras sensibles a la acupuntura, para provocar sensaciones de trayectos lineales a nivel de zonas de la piel.

1.3 Puntos de acupuntura

Los puntos de acupuntura son pequeñas áreas específicas distribuidas en la superficie corporal utilizados con fines diagnósticos y terapéuticos en acupuntura. En la MTC, los puntos de acupuntura se denominan “*xue*”, que significa “cueva” o “agujero”. Se conocen alrededor de 365 acupuntos, algunos están localizados sobre 12 canales principales, otros fuera de los canales denominados puntos “Extra”, y otros conocidos como puntos “An-Shi” que resultan hipersensibles a la palpación.

Según la MTC los puntos de acupuntura se caracterizan por lo siguiente:

- Se distribuyen a lo largo de canales o meridianos relacionados con órganos y vísceras.
- A través de los canales de acupuntura conectan el exterior con el interior del organismo y viceversa.
- Proporcionan un medio para modular o regular el flujo de energía y sangre en el organismo.
- Su estímulo o dispersión tiene como objetivo equilibrar la energía para restablecer el estado óptimo de salud.
- Se combinan de diversas maneras para el tratamiento de alguna enfermedad.
- Se seleccionan con base en tres principios: 1) puntos locales cercanos al área de afección. 2) puntos distales a lo largo del canal de acupuntura. 3) puntos distales con base en la diferenciación sindromática.
- En términos occidentales constituyen conductores de señales bioeléctricas, que tiene su equivalente con las áreas del cuerpo relacionados con campos receptivos de neuronas sensitivas.
- Algunos puntos de acupuntura se encuentran relacionados con puntos gatillo, puntos motores y planos intermusculares con abundante tejido conectivo. Otros se localizan fuera de los canales de acupuntura; y se denominan puntos “extra”.
- El carácter chino del punto de acupuntura significa “hueco y/o cavidad”, y señala los puntos localizados en sitios donde la aguja tiene acceso a tejidos profundos.
- Algunos puntos de acupuntura pueden también localizarse sobre prominencias óseas, músculos o entre los tendones.

1.4 Reflejo viscero-somático y su relación con la teoría de meridianos

El sistema nervioso central (SNC) puede ser considerado como un conjunto de computadoras conectadas entre sí. Cada computadora tiene su propio equipamiento periférico. En el caso del humano,

esos son los órganos y vísceras. Cada órgano tiene su propia computadora, la cual se comunica hacia otras regiones del organismo. Los órganos y vísceras de la cavidad abdominal o la cavidad torácica se comunican hacia determinada área en la piel a través de mecanismos reflejos denominados reflejos víscero-somáticos.

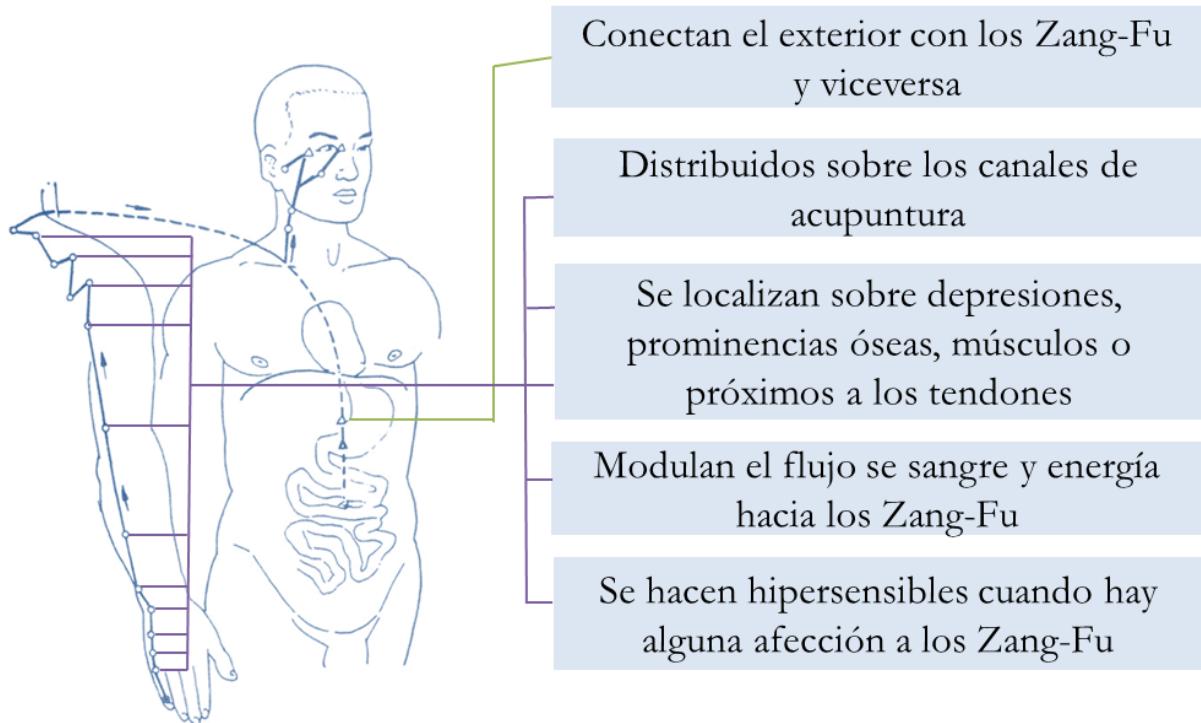


Figura 1.11 Resumen de las características de los puntos de acupuntura.

Los reflejos víscero-cutáneos y/o víscero-somáticos fueron primeramente dilucidados en modelos animales; con estos experimentos se constató que diferentes estímulos somáticos aplicados en la cavidad abdominal, producen respuestas reflejas en la musculatura abdominal. Tales efectos se acompañan de cambios en variables autónomas como la frecuencia cardíaca y presión arterial. Otros estudios revelaron que el estímulo del peritoneo parietal así como a los nervios esplácnicos, incrementan la reactividad periférica a la manipulación somática; por lo cual, se evidenciaron las primeras relaciones entre las vísceras con la superficie somática del organismo. Actualmente se conoce que las

señales nocivas de las vísceras frecuentemente producen dolor referido en las superficies del cuerpo somatotópicamente distintas, lo que generalmente se atribuye a la convergencia viscerosomática en los segmentos de la médula espinal.

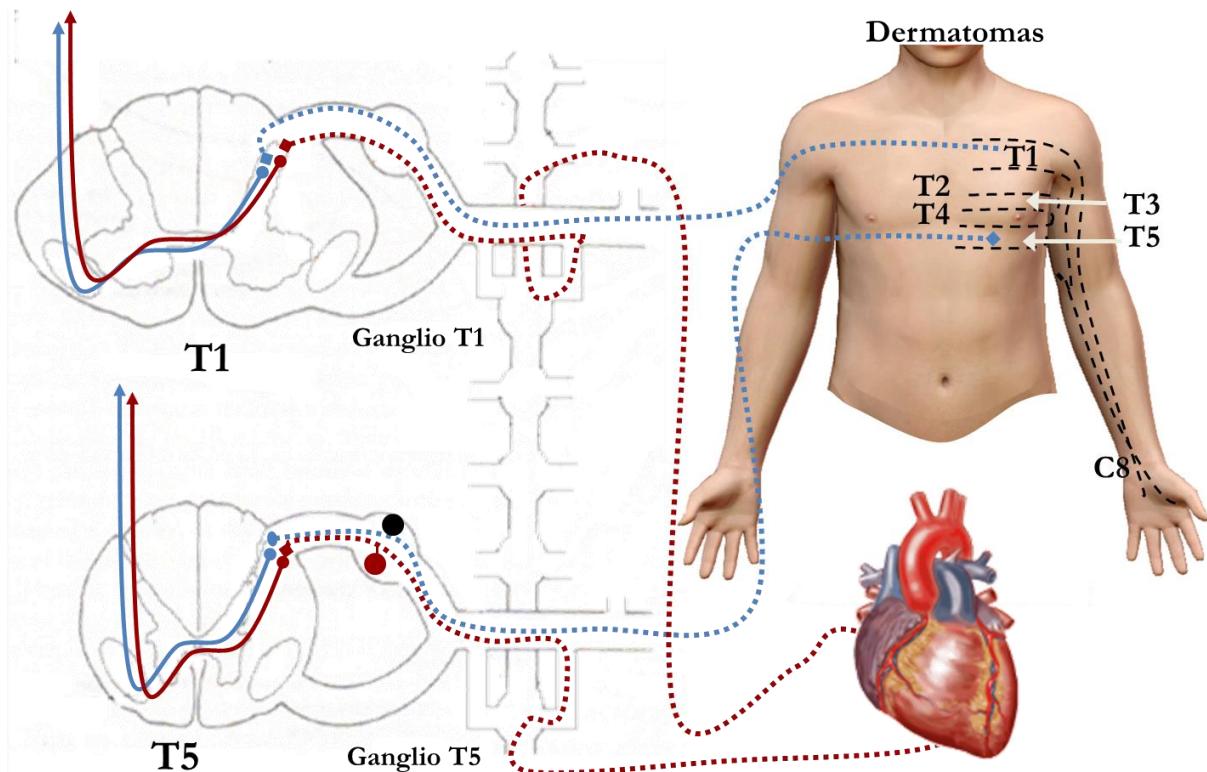


Figura 1.12 Conexiones a nivel espinal de las fibras aferentes somáticas y viscerales provenientes del brazo y región cardiaca. Las entradas aferentes del corazón y los dermatomas de la cara anterior de la extremidad superior convergen en los segmentos T1-T5 (convergencia víscero-somática).

Estas conexiones hacen posible que durante una enfermedad, el dolor producto de la irritación de las eferentes viscerales nociceptivas se refleje hacia la periferia y sea referido como hiperalgesia, tensión o irritación en un área determinada de la piel.

Este tipo de dolor puede ser distribuido ampliamente y tener una proyección difusa asociada al sistema de propagación del dolor y las metameras, es decir, hacia los segmentos de la médula espinal de la que nacen los nervios que van a inervar una región concreta. Tales regiones incluyen a los dermatomas (encargada de inervar la

piel), miotoma (inervación de la musculatura), viscerotoma (inerva órganos y vísceras), angiotoma (inervación vascular) así como al neurotoma; el propio nervio y su prolongación con el sistema nervioso autónomo.

Las estructuras que pertenecen al mismo nivel metamérico presentan alteraciones cuando uno de ellos está en disfunción. En este sentido, se conoce que en el infarto de miocardio, además del dolor en el pecho y la sensación de opresión en el mismo, aparece un dolor que se extiende por todo el brazo izquierdo.

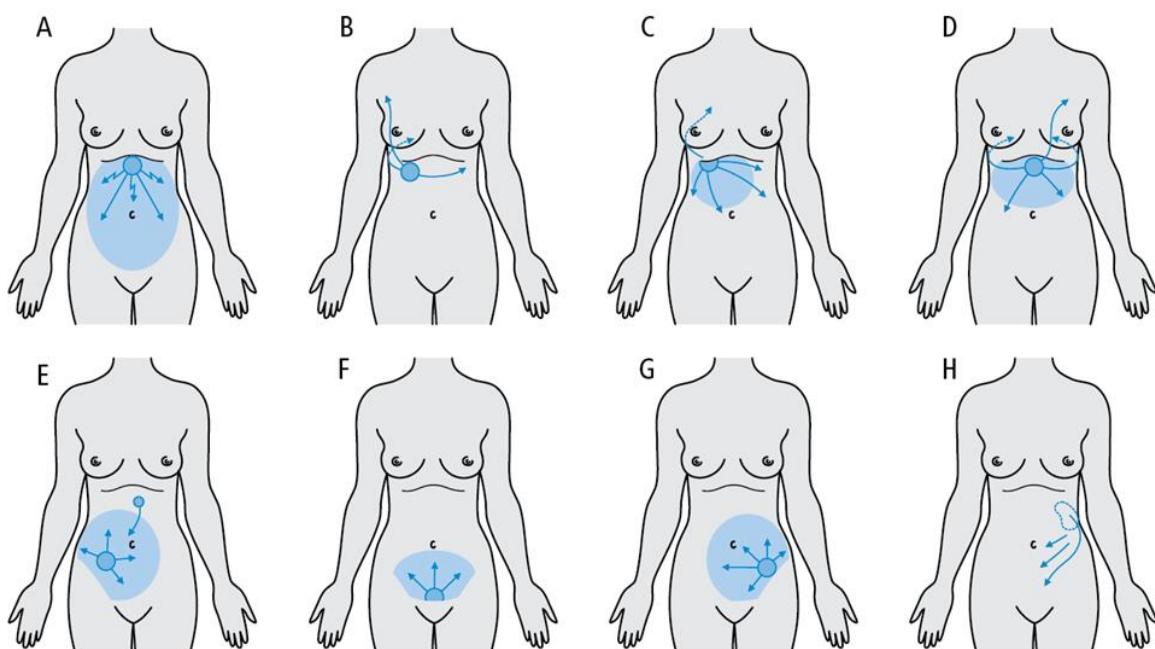


Figura 1.13 Características del dolor y defensa muscular en algunas enfermedades que cursan con obstrucción por ileo paralítico: perforación de úlcera péptica (A), cólico biliar (B), colecistitis aguda (C), pancreatitis aguda (D), apendicitis (E), anexitis (F), perforación de divertículo del colon sigmoides (G), cólico nefrítico (H).

Al igual que el corazón, para cada víscera existe un patrón de dolor referido específico; un problema en el estómago puede producir dolor referido en la zona cervical, detrás del esternón, en el hombro derecho, en el recto del abdomen, en el trapecio o en las vértebras dorsales medias, y más comúnmente en el lado derecho.

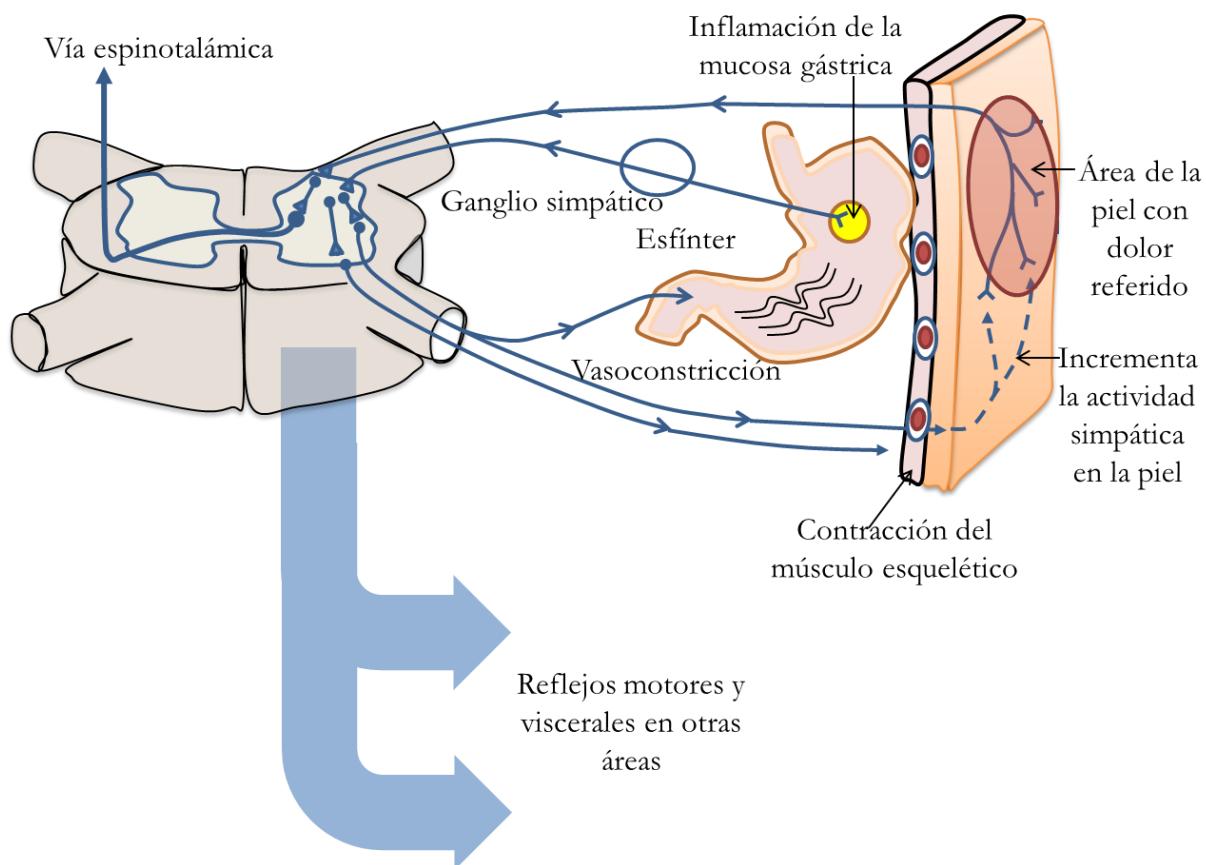


Figura 1.14 Reflejo víscero-somático. La inflamación de la mucosa gástrica (inflamación visceral) envía estímulos aferentes hacia el mismo segmento de la médula espinal que mantiene una relación segmental con el área de la piel que manifestará el dolor referido. De la médula espinal emergen las fibras eferentes que son activadas de manera refleja por la mucosa gástrica para desencadenar diferentes respuestas viscerales, somáticas y/o autónomas. Entre estas se encuentran: vasoconstricción, contracción del músculo esquelético, así como un incremento en la actividad simpática de la piel.

El hígado, puede generar dolor en la cabeza, el trapecio o el omóplato derecho. Los pulmones, en la zona torácica, en el trapecio, lado derecho de la espalda, cuello o la parte superior del abdomen. El riñón refiere dolores en la zona lumbar, la parte interior del muslo, los gemelos o la planta del pie.

Por lo cual, las conexiones neuronales bidireccionales entre las vísceras y las diferentes regiones somáticas del cuerpo

determina que para cada víscera exista un patrón de dolor referido específico hacia la superficie corporal.

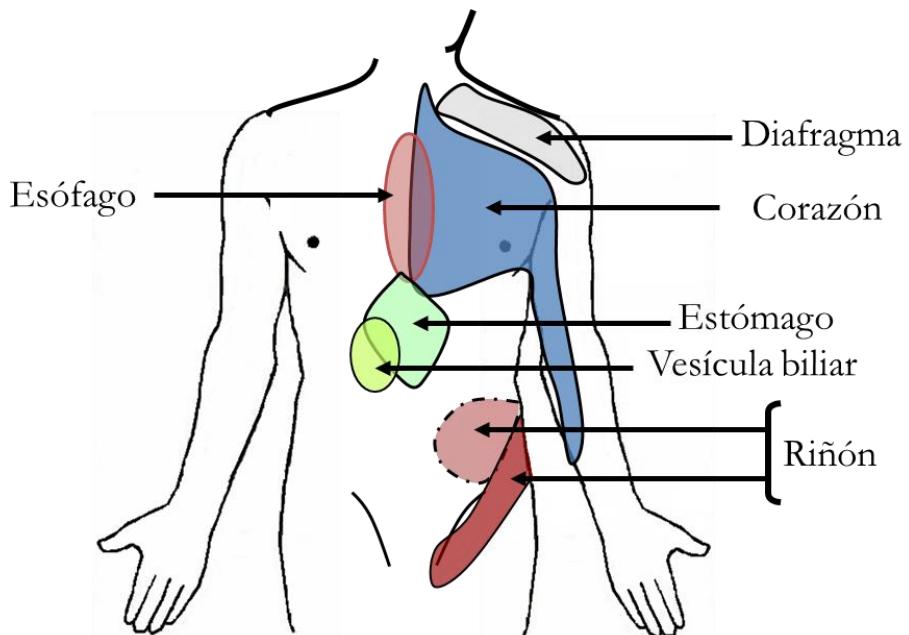


Figura 1.15 Áreas de la piel donde se refiere con frecuencia el dolor proveniente de aferentes viscerales.

Los campos de acupuntura y su relación visceral

Estudios recientes han mostrado que los campos donde se localizan los puntos de acupuntura presentan cambios en función del estado patológico de los órganos-vísceras:

1. Incrementa la sensibilidad a la palpación y estimulación acupuntural (puntos hipersensibles). En este sentido, en pacientes con úlcera gástrica, se localizan puntos hipersensibles a lo largo del canal de estómago a nivel abdominal así como en la espalda (hiperalgesia referida desde la víscera).
2. Mayor tamaño del campo de acupuntura.
3. Presencia de puntos hipersensibles que pueden no corresponder con la localización de los puntos de acupuntura tradicional. En pacientes con dismenorrea, se localizan puntos sensibles que difieren de la ubicación estándar del

punto de acupuntura Diji (BP 8); punto que según la MTC está indicado para el tratamiento de problemas menstruales como dismenorrea, oligomenorrea y amenorrea.

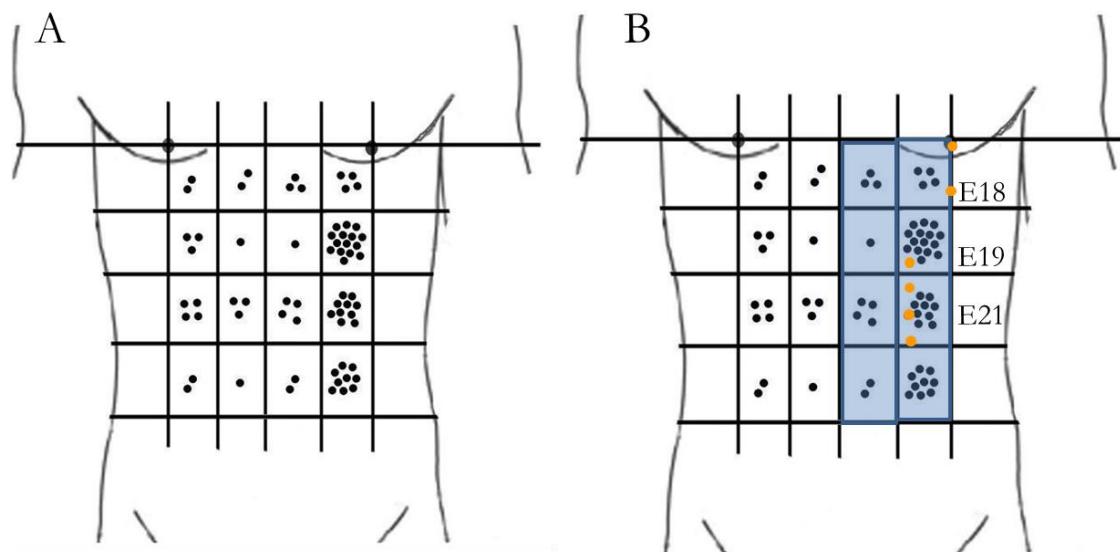


Figura 1.16 A) Puntos hipersensibles a la palpación en pacientes con gastritis crónica. B) Sobreposición de los puntos hipersensibles a la palpación con los puntos de acupuntura de estómago. Adaptado de Ben et al., 2012.

Puntos de acupuntura y puntos de inflamación neurogénica

Abordajes experimentales de ciencia básica realizados en roedores así como en humanos han corroborado la hipótesis de la presencia de conexiones bidireccionales entre los canales de acupuntura con los *Zang-Fu* (órganos-vísceras).

Como se describió anteriormente los trastornos viscerales con frecuencia producen una hiperalgesia visceral acompañada de dolor referido en superficies corporales topográficamente distintas, debido a la convergencia de aferentes viscerales y somáticas en la misma neurona en la vía sensorial (convergencia-viscerosomática). Estos hallazgos han permitido ampliar el significado de lo que hoy se denomina “hiperalgesia visceral”, donde se tornan hiperalgésicas no solamente la víscera sino también su área somática de referencia.

Se conocen diferentes mecanismos participativos de la hiperalgesia visceral:

1. Sensibilización de aferentes viscerales. Producto del incremento en la excitabilidad neuronal por presencia de mediadores de la inflamación (ATP, bradicinina, histamina, prostaglandinas, protones, IL-1 β , TNF- α , IL-6). También se ha argumentado la actividad alterada del sistema inmune que podría influir directa o indirectamente en la excitabilidad de las aferentes viscerales. En particular, se ha mostrado la participación de los macrófagos, mastocitos, y linfocitos Th1, Th2, Th17
2. Inflamación neurogénica. La inflamación es considerada neurogénica cuando los mediadores de la inflamación provienen de las terminales aferentes periféricas. La Sustancia P (SP), y el CGRP (péptido relacionado con el gen de la calcitonina), son los principales péptidos liberados de los axones de fibras C y A δ . A nivel de las vísceras producen vasodilatación arteriolar y extravasación de proteínas plasmáticas y neutrófilos, lo que favorece la inflamación y patogénesis visceral.



Figura 1.17 Areas de inflamación neurogénica en la piel del roedor que corresponden anatómicamente a los puntos de acupuntura tradicionales. A) Distribución en la piel de los puntos de inflamación neurogénicos identificados por el colorante azul de Evans en ratas con colitis. B) Correspondencia anatómica de puntos

de acupuntura tradicionales en ratas con colitis. Los círculos azules llenos y los círculos abiertos en la piel humana representan puntos de acupuntura tradicionales y acupuntos no tradicionales, respectivamente. Adaptado de: Do-H ee Kim et al., 2017

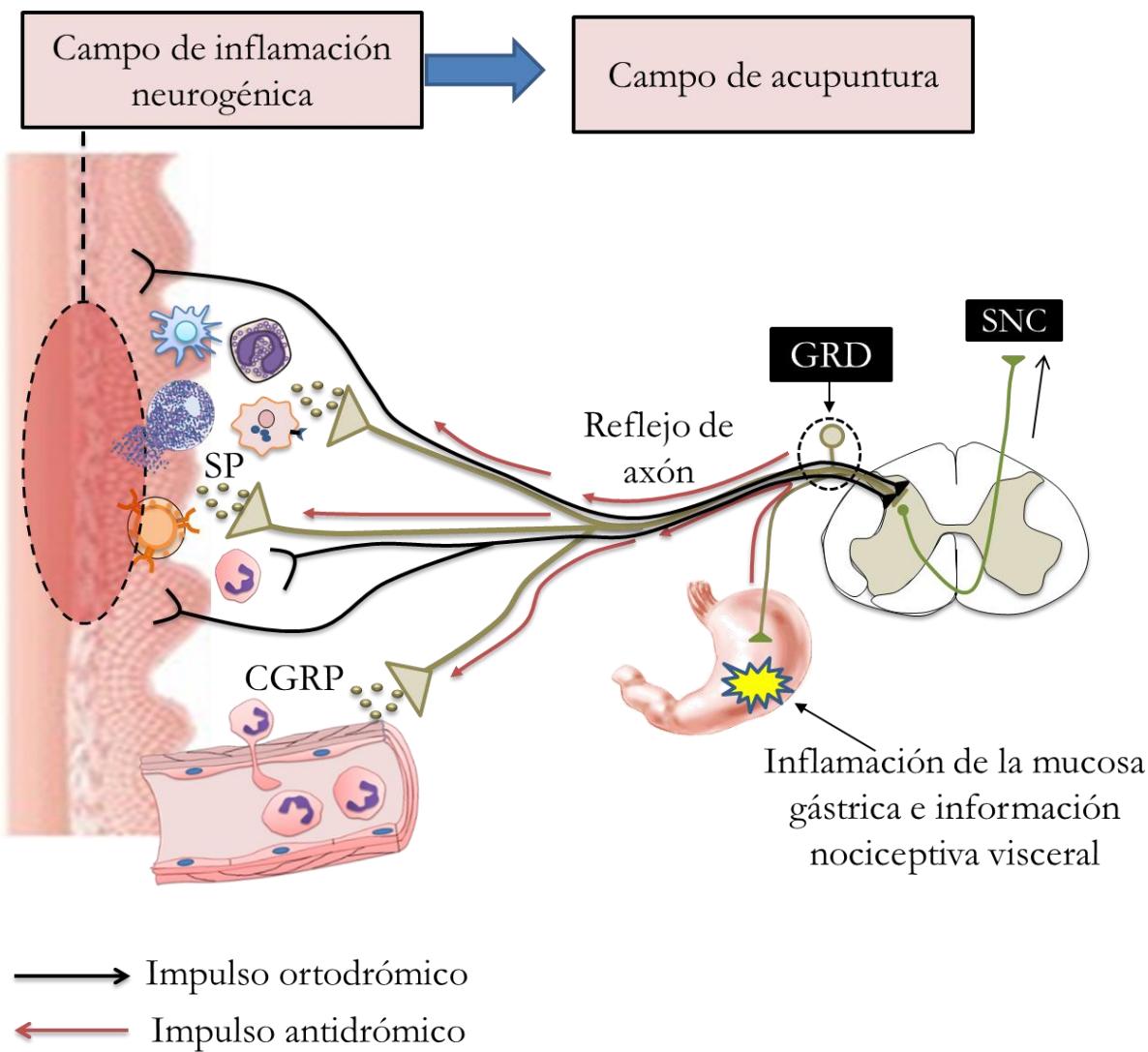


Figura 1.18 Croquis del mecanismo de sensibilización e inflamación neurogénica del punto de acupuntura debido a inflamación de la mucosa gástrica. La información nociceptiva de la mucosa gástrica activa neuronas en el ganglio de raíz dorsal (GRD), y luego los impulsos viajan antidiádicamente hacia la periferia a través de reflejos axónicos (AR). La información nociceptiva se transmite ortodrámicamente a las neuronas en la médula espinal que conduce a la activación antidiáctica de la rama somática y/o a la fibra

afferente primaria vecina a través de una interneurona y de los reflejos de raíz dorsal (DRR). La actividad antidiáfrica inducida por el AR o DRR induce la liberación de mediadores inflamatorios tales como SP y CGRP en las fibras nerviosas de la piel, dando como resultado la activación de los mastocitos. Los mastocitos activados liberan algunas sustancias alergénicas como histamina (HA) y serotonina (5-HT) y causan hiperalgesia en los puntos de acupuntura locales. En los puntos de acupuntura locales, el aumento de SP y CGRP causa extravasación de plasma y vasodilatación. La SP también puede inducir la agregación y desgranulación de mastocitos para liberar sustancias alérgicas como HA y 5-HT. La suma de todos estos procesos, incrementa la inflamación neurogénica en el punto local, y en consecuencia conducen hacia la sensibilización del punto de acupuntura. Adaptado de He y cols., 2017.

En múltiples sitios de la piel que recubren el dolor referido, también se han encontrado respuestas tisulares locales y/o puntos de inflamación neurogénica (manchas neurogénicas), que oscilan entre 0,5-2 mm de diámetro en los roedores y se pueden visualizar experimentalmente en la piel mediante inyección sistémica del colorante azul de Evans.

En roedores con inflamación en el ovario, se han localizado puntos de inflamación neurogénica alrededor de los puntos de acupuntura Guanyuan (Ren 14), Shenshu (V23) y Mingmen (Du4). En los modelos de inflamación de la mucosa gástrica tales puntos de inflamación se han localizado en los acupuntos Pishu (V20), Shenshu (V23), así como otros acupuntos cercanos a estos.

Los puntos de inflamación neurogénica en la superficie del cuerpo presentan las siguientes características:

1. Extravasación plasmática y vasodilatación en las vénulas poscapilares de la piel.
2. Reacción de pápula y erupción que surge de la liberación del péptido relacionado con el gen de la calcitonina (CGRP) y la

sustancia P (SP) de aferentes sensoriales de pequeño diámetro activados de manera refleja (reflejo de axón), por el estímulo de aferentes viscerales, posterior al proceso inflamatorio.

3. Hipersensibilidad, alta conductancia eléctrica y sensaciones mediadas por fibras nerviosas de pequeño diámetro, similares a las características fisiológicas de los puntos de acupuntura.
4. Similitud entre las manchas neurogénicas con la localización de los puntos de acupuntura en el dermatoma asociado con trastornos viscerales.

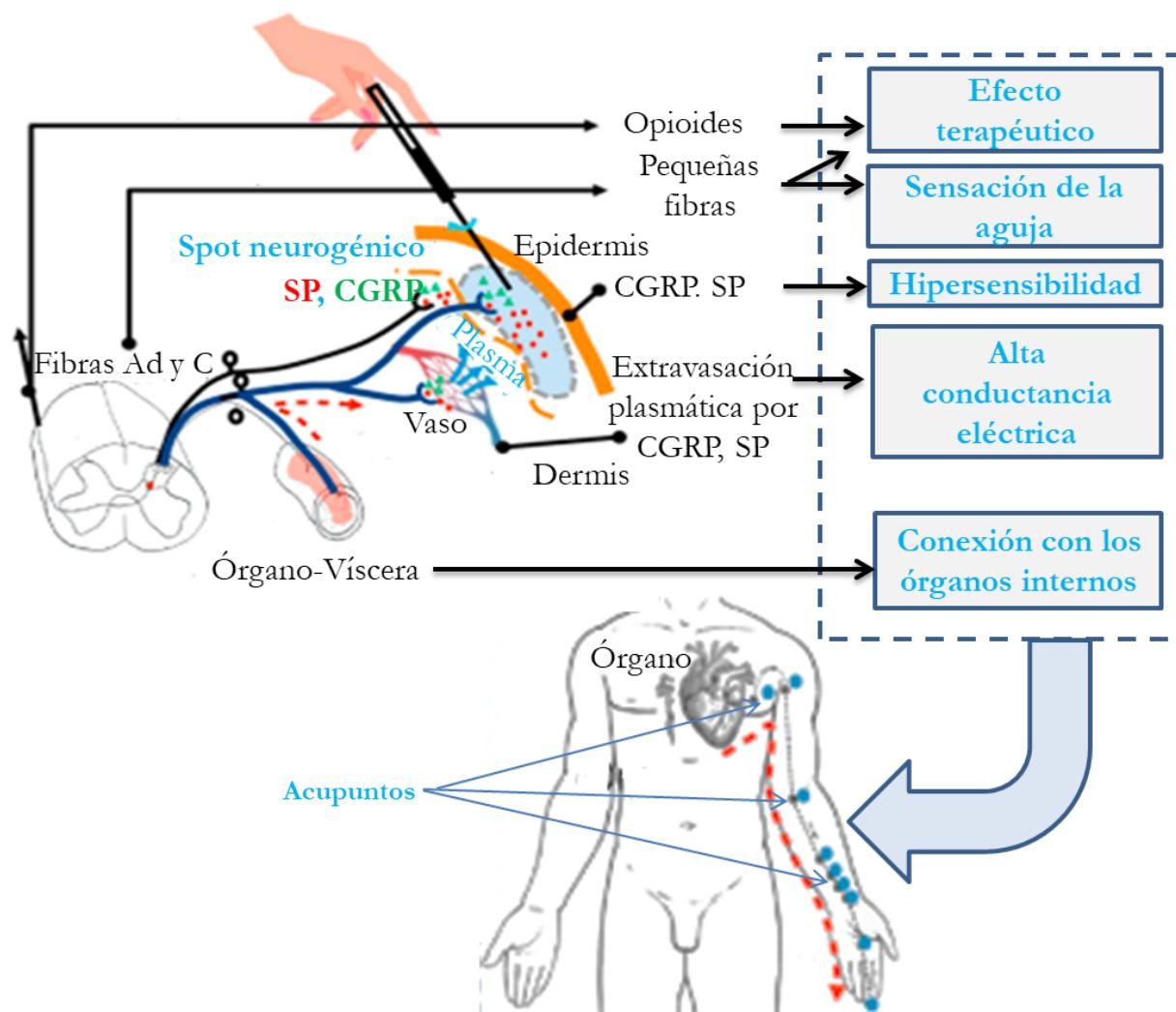


Figura 1.19 Representación esquemática de la hipótesis propuesta por Do-Hee Kim y colaboradores (2017) de que los puntos de inflamación neurogénica son idénticos a los puntos de acupuntura tradicionales asociados con los órganos internos. Las señales

viscerales nociceptivas producen puntos inflamatorios neurogénicos, causados por la liberación local de los neuropéptidos CGRP y SP a partir de aferentes primarias de diámetro pequeño. Los neuropéptidos en la piel causan hipersensibilidad mecánica y extravasación de plasma, produciendo una alta conductancia eléctrica. La activación de fibras pequeñas en puntos neurogénicos puede producir sensaciones punzantes (*DeQi*) y efectos terapéuticos en los órganos viscerales asociados, a través del sistema opioide endógeno. Las manchas neurogénicas en la piel están relacionadas con los órganos internos. Las características de los puntos neurogénicos se superponen con los de los puntos de acupuntura (Figura 1.20).

Estado silente y activo de los puntos de acupuntura

Los hallazgos en cuanto a la aparición de sitios de inflamación neurogénica, dependientes del estado patológico de los órganos-vísceras, han conducido a proponer el concepto de sensibilización del punto de acupuntura. Este concepto indica que cuando el estado de los órganos-vísceras cambian de un estado sano a uno patológico, los acupuntos cambian de un estado silente a un estado de sensibilización hipersensibles a la palpación, es decir, los puntos de acupuntura presentan un “estado dinámico”, en donde la función y tamaño de los acupuntos cambian en función del balance entre salud y enfermedad del organismo.

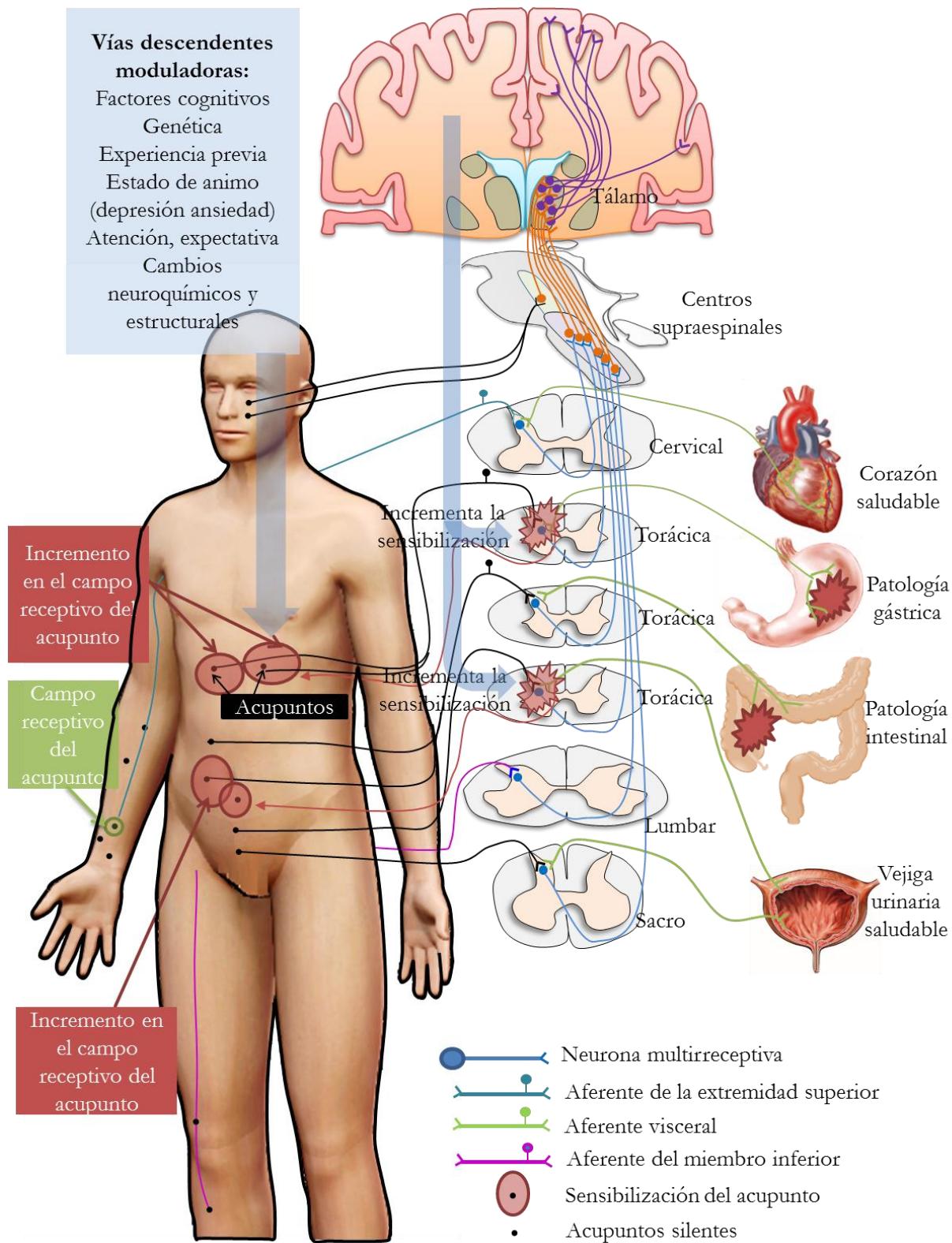


Figura 1.20 Resumen de las relaciones entre los puntos de acupuntura (C) y las neuronas de campo multirreceptivas (líneas en azul). Las neuronas del asta dorsal de la médula espinal reciben amplias entradas sensoriales de la piel periférica y aferente visceral, que a su vez envían ramas axónicas hacia los núcleos supraespinales

y centrales. El estómago y colon, bajo condiciones inflamatorias aumentan la entrada sensorial hacia la médula espinal. Las neuronas medulares, a su vez, envían proyecciones axonales a niveles supraespinales y mediante mecanismos reflejos a las regiones cutáneas periféricas donde se encuentran los puntos de acupuntura. El incremento en el campo receptivo de un punto de acupuntura es el resultado de cambios en la sensibilización visceral y de la médula espinal. El acupunto cambia de un estado silente a uno de estado sensibilizado. Los campos receptivos de los acupuntos también están bajo la influencia de la información descendente, que dependen de las condiciones individuales del individuo. Adaptado de Quiroz-González et al., 2017.

1.5 De la acupuntura clásica a la acupuntura moderna

La patogénesis en la medicina china

El tratamiento acupuntural produce efectos terapéuticos significativos en los pacientes, los cuales encuentran su explicación en el marco filosófico de la MTC. Como se describió anteriormente, en ésta filosofía sobresalen conceptos como el movimiento del Qi, el balance entre el Yin-Yang, teoría de los canales y colaterales, la teoría de los Zang-Fu (órganos-vísceras) y la diferenciación sindromática. La MTC establece que el desequilibrio entre el Yin-Yang obstruye el libre fluir de la energía, generando alteración en el recorrido, inversión o estancamiento de la energía. El resultado de esta obstrucción es la producción de calor patógeno endógeno, flema, humedad y sequedad según la patogénesis de cada desequilibrio en el organismo.

También incrementa la sensibilidad a la invasión del organismo por los factores patógenos exógenos por una disminución en la energía anti-patógena o *WeiQi*, a causa de un bloqueo en el libre fluir de la energía hacia la superficie del cuerpo para su protección.



Figura 1.21 Efectos de la acupuntura explicados desde la perspectiva filosófica de la Medicina Tradicional China.

Según la MTC el tratamiento acupuntural tiene como objetivo:

1. Eliminar los agentes patógenos exógenos.
2. Reforzar la energía antipatógena o *WeiQi*.
3. Tonificar o dispersar la excesiva o reducida actividad de los Zang-Fu.
4. Restablecer la correcta dirección y flujo del Qi y sangre así como el balance entre el yin-yang para recuperar el estado óptimo de salud.

La caja negra de la acupuntura

El método de análisis así como el lenguaje metafórico de la MTC, difieren de la sistematización del método científico, lo que dificulta enmarcarlo en los términos biomédicos convencionales. Por lo tanto, conocer los mecanismos neurofisiológicos de la acupuntura desde el lenguaje de la MTC resulta en una “caja negra”. En 1948, Wiener introdujo el concepto de “caja negra” para definir al sistema cuyos componentes y mecanismos internos se desconocen, pero se conoce la relación que existe entre el estímulo y la respuesta.

El fisiólogo estimula la caja negra en condiciones controladas de laboratorio y mide las respuestas para establecer relaciones, teorías e hipótesis sobre el funcionamiento de la caja negra.

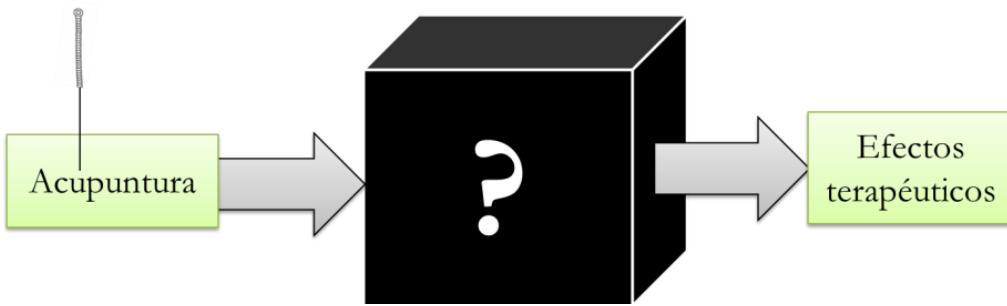


Figura 1.22 La caja negra de los mecanismos de acción de la acupuntura.

Actualmente, se ha incrementado el interés por la investigación científica en el campo de la acupuntura, lo que ha permitido avances significativos en la descripción de los mecanismos de acción incluyendo la propuesta de diferentes modelos holísticos y sistemáticos.

Entre los logros para dilucidar la caja negra se encuentran:

- + Aprobación de la acupuntura por organizaciones internacionales como la organización mundial de la salud (OMS) e instituciones de salud en diferentes países del mundo; incluso, incluida en guías clínicas.
- + Formación de diferentes sociedades de investigación de acupuntura en el mundo.
- + Descripción de los equivalentes neuroanatómicos y funcionales de los canales y puntos de acupuntura.
- + Conocimiento de los efectos de los diferentes estilos de acupuntura.
- + Descripción de los efectos fisiológicos desencadenados por la inserción de las agujas de acupuntura en diferentes planos y tejidos del organismo.
- + Estándares para la documentación de intervenciones en ensayos controlados de acupuntura (criterios STRICTA, por siglas en inglés).
- + Nuevos enfoques de la acupuntura desde la perspectiva experimental y de la medicina basada en evidencias.

Los retos:

- Dilucidar la dimensión del punto de acupuntura.
- Determinar el papel de la sugestión y expectativa al tratamiento acupuntural.
- La influencia de la cultura en la respuesta al tratamiento acupuntural.
- Duración e intervalo de los tratamientos.
- Estandarizar la diversidad de síndromes por las distintas escuelas de acupuntura, así como los métodos de diagnosis.
- Estandarizar la localización de los puntos de acupuntura entre los acupunturistas.

1.6 Búsqueda de respuestas a la acupuntura clásica

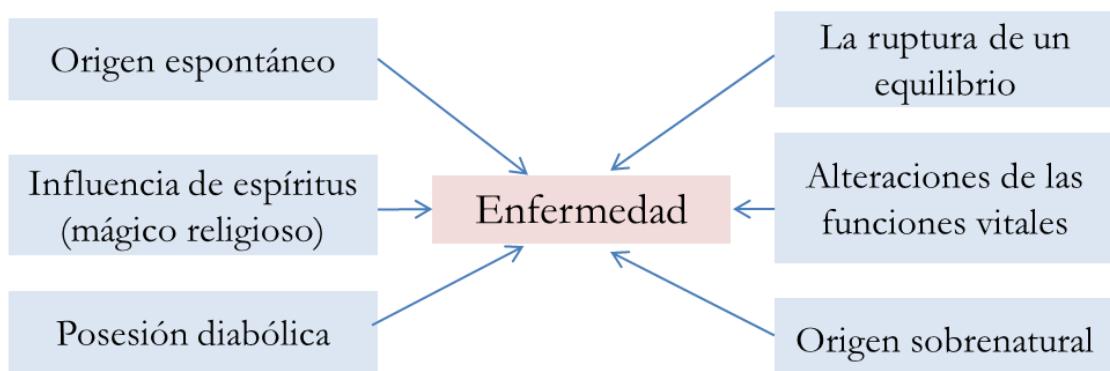
Constantemente el ser humano ha tratado de explicar su realidad así como la vida y enfermedad. En este sentido, algunas culturas atribuían la causa de las enfermedades a poderes sobre-naturales y castigos divinos. Otras más cercanas a la realidad actual, lo atribuían a desequilibrios entre la naturaleza interna del hombre y su medio ambiente, es decir, fenómenos naturales susceptibles de ser reversibles o modificados dejando de lado las creencias sobre-naturales.



Figura 1.23 René Descartes y su representación de las respuestas reflejas (1596-1650). ‘Las partículas del fuego A mueven el trozo de la piel del pie B; por ese medio tiran del hilo C que abrirán la entrada del poro D, en

donde termina el hilo. Una vez abierto el conducto E, los espíritus animales de la concavidad F entran dentro y parte van a los músculos para retirar el pie del fuego, parte a los ojos para mirar (orig.143:)"

En su búsqueda de respuestas, el hombre propone modelos, hipótesis y teorías sobre el funcionamiento del cuerpo humano, que tradicionalmente se describen en términos de los adelantes médicos y biológicos obtenidos en ese momento. Lo que origina que con el transcurso de los años algunas hipótesis pueden ser descartadas.



Esquema 1.1 Causas de las enfermedades en la antigüedad.

Rene Descartes, atribuía a los espíritus animales el movimiento voluntario e involuntario del cuerpo. Para Descartes, los espíritus invadían el cerebro y a las extremidades para producir el movimiento. La hipótesis, en su tiempo era aceptada, pero en la actualidad se conoce que el movimiento es producto de la actividad del sistema nervioso.

Por otra parte, teorías de la MTC, como los cinco movimientos, yin-yang, órganos-vísceras, han encontrado puntos de convergencia entre ambas formas de pensamiento (filosofía y biociencias). Desde esta óptica la MTC ha experimentado constantes progresos, siendo el principal objetivo de ambas, comprender la naturaleza biológica del ser humano.

En el transcurso de la historia se han suscitado descubrimientos biomédicos que han contribuido al desarrollo de

la actual medicina: los métodos de tinción, la elaboración del microscopio para el estudio de la célula, la bioelectricidad, el conocimiento de la actividad eléctrica de las neuronas y las bases biológicas de la comunicación celular. Estos así como otros hallazgos han sido pilares fundamentales para la construcción de nuevos conocimientos aplicados a los procesos biológicos y curación de enfermedades.

El microscopio y el estudio de la célula

Con el advenimiento del microscopio por Zacharias Jansen (1590) y las aportaciones de Robert Hooke, se utilizó por primera vez la palabra “célula”, para describir las celdillas ordenadas de color transparente localizadas en una lámina de corcho que permitieron a los científicos alemanes Matthias Schleiden y Theodor Schwann formular la famosa teoría celular. Esta teoría establece que todos los seres vivos estamos formados por células y otros microorganismos; y que las funciones vitales de los organismos ocurren dentro de estas células, las cuales se encuentran bajo el control de las sustancias que producen. Posteriormente, Camilo Golgi desarrolló una técnica de tinción mediante cromato de plata que le permitió visualizar células con prolongaciones o extensiones a las que posteriormente se les denominó neuronas. Esto permitió a Santiago Ramón y Cajal postular la teoría neuronal que propone a las neuronas como unidades estructurales básicas y funcionales del sistema nervioso; las cuales se encuentran interconectadas pero constituidas como unidades independientes.

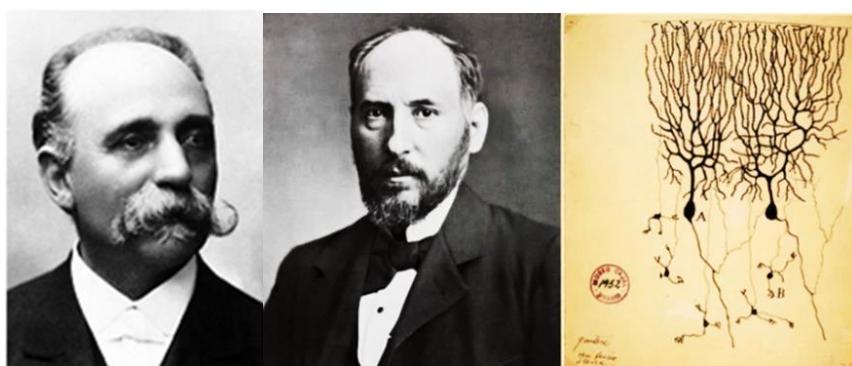


Figura 1.24 Camilo Golgi (izquierda) y Santiago Ramón y Cajal (derecha). Se muestra la imagen histológica de un par de neuronas de la corteza

El advenimiento de la bioelectricidad y las propiedades eléctricas de las neuronas

Otro acontecimiento importante en el desarrollo científico de las neurociencias fue el descubrimiento de los procesos bioeléctricos que experimentan los seres vivos. Esto se atribuye a las aportaciones del italiano Luigi Galvani quien observó la contracción de la pata de la rana al tocarla con un escopelo cargado electrostáticamente. Posteriormente, publicó su trabajo sobre la estimulación eléctrica de nervios de rana y las primeras bases teóricas de la bioelectricidad.

La fisiología clásica tomó otro curso con eminentes científicos como Charles Sherrington (1857-1952). Comenzó sus trabajos sobre la actividad fisiológica de la médula espinal, especialmente los relacionados con los reflejos y la organización funcional del sistema nervioso. Mostró claras evidencias de que los músculos agonistas y antagonistas presentan una inervación recíproca y que la estimulación de los receptores de un músculo agonista activa a las motoneuronas del mismo músculo agonista y, a la vez, inhibe a las motoneuronas del músculo antagonista para facilitar el movimiento.

Charles Sherrington estableció el concepto de “sinapsis”, demostró la interacción entre la excitación e inhibición; puntuó que no todas las sinapsis son de naturaleza excitadora, sino que también las hay inhibidoras, lo cual coincidía con los conceptos de interdependencia del yin (inhibición) y yang (excitación) de la MTC; de tal manera que una neurona motora puede recibir tanto impulsos excitadores como inhibidores. Describió a la inhibición como un proceso activo y no solo como una ausencia de excitación.

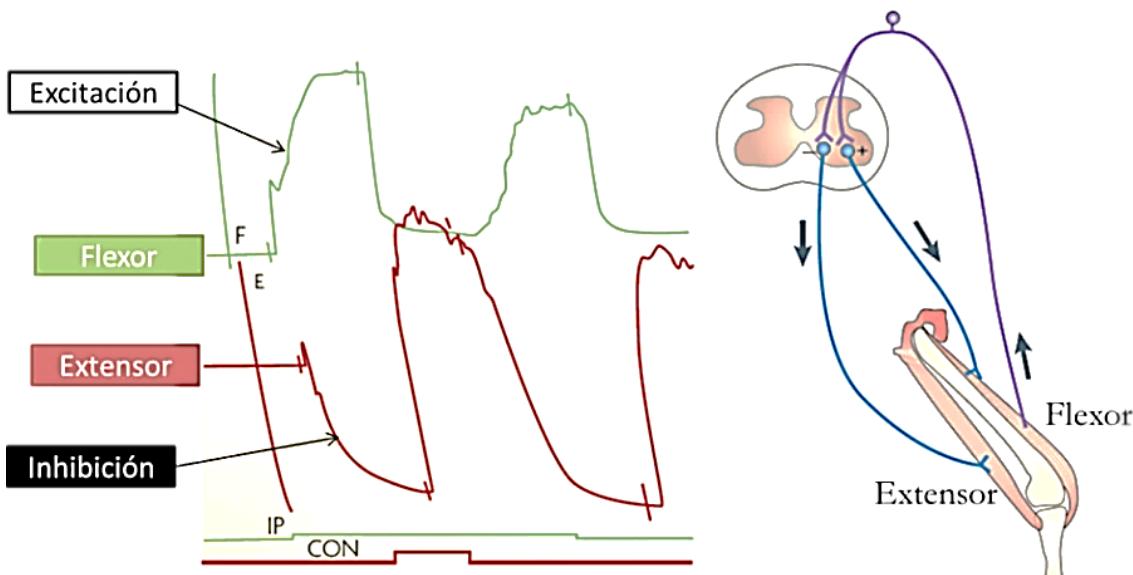


Figura 1.25 Mecanismos fisiológicos de los reflejos espinales por Charles Sherrington. Los registros representan la actividad o inhibición de las neuronas flexoras (verde) y extensoras (rojo). Adaptado de Molnár y Brown., 2010

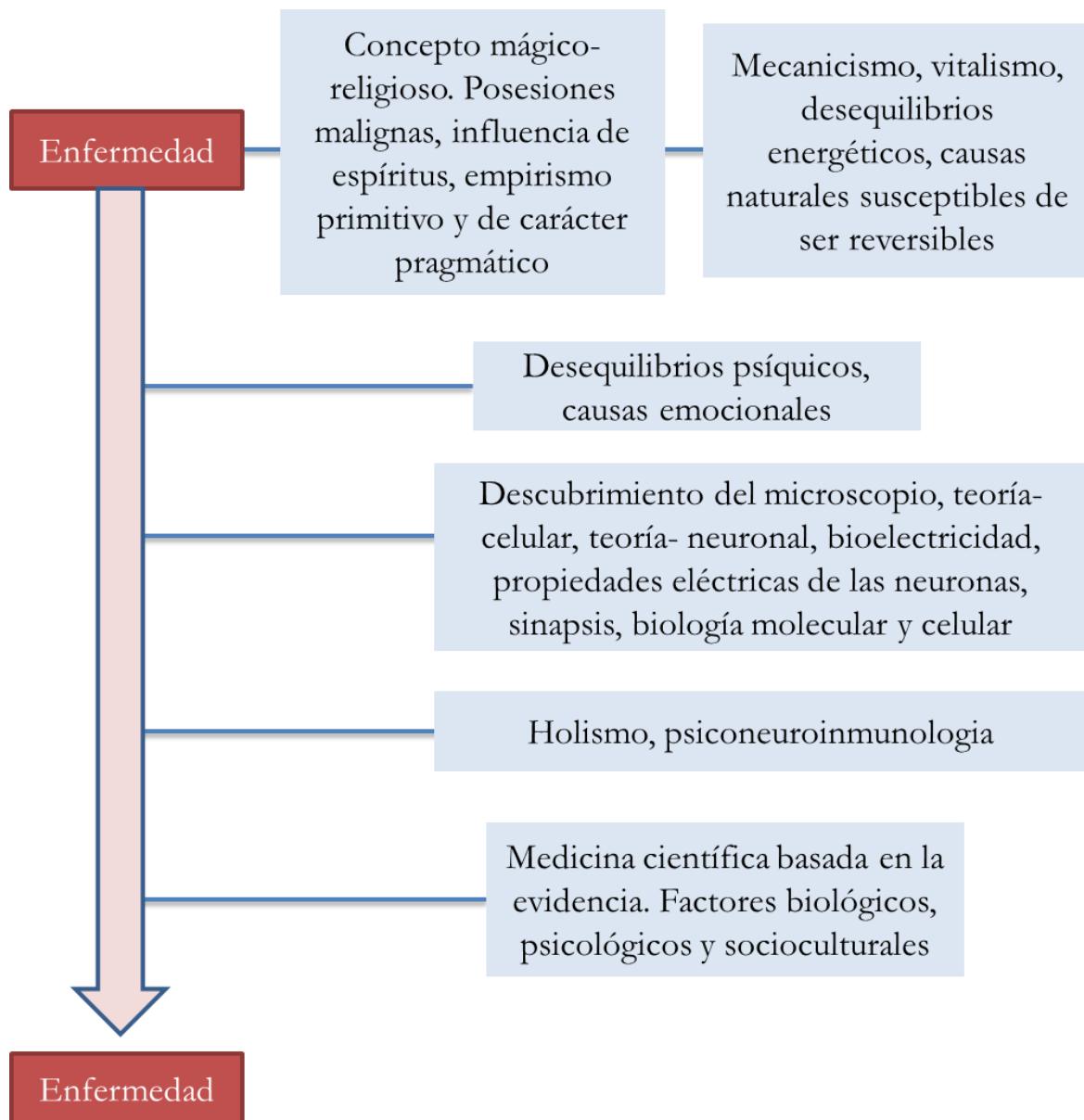
Actualmente, se entiende al reflejo como una respuesta automatizada e involuntaria provocada por la acción de un estímulo específico, que involucra la participación de un circuito de neuronas sensitivas y motoras organizadas en un sistema de entrada-salida. Estas aportaciones dejaron de lado la teoría de los espíritus animales como responsables del movimiento. Las respuestas reflejas adolecen de relación con la influencia de espíritus animales, ya que están asociadas con la organización de circuitos neuronales y sus propiedades eléctricas.

1.7 Neurobiomodulación por acupuntura neurofisiológica

Existe evidencia experimental y clínica de la acupuntura en sus diferentes campos de acción, lo cual ha permitido su enseñanza en instituciones e universidades desde la óptica de la Medicina Basada en Evidencias.

La convergencia entre dos formas de pensamiento, por un lado la acupuntura tradicional con su marco filosófico, y por el

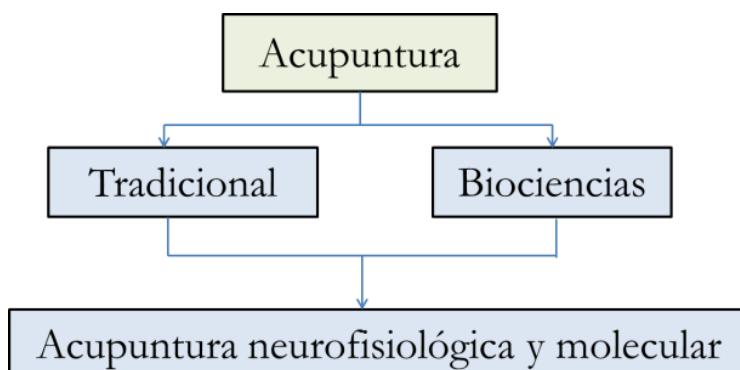
otro, las biociencias fundamentadas en el método científico, ha generado el marco teórico de la Acupuntura Neurofisiológica y Molecular. Este novedoso enfoque tiene como pilar los conocimientos de neurofisiología, neuroanatomía, neuroquímica, biología molecular, así como otras ramas derivadas de las biociencias.



Esquema 1.2 Conceptualización de la enfermedad en el pasado y en el presente.

Los principales objetivos de la Acupuntura Neurofisiológica y Molecular son:

- + Dilucidar los mecanismos de acción de la acupuntura.
- + Conocer las áreas de oportunidad de la acupuntura neurofisiológica y molecular.
- + Prescribir planes de tratamiento razonados desde la perspectiva de las biociencias y neurofisiología.
- + Describir las variables intrínsecas al tratamiento acupuntural.
- + Conocer los efectos específicos como no específicos de la acupuntura.
- + Encontrar áreas de convergencia entre la Medicina Tradicional China y la Medicina Basada en Evidencias.



Esquema 1.3 Convergencia entre la Acupuntura Tradicional y las biociencias para el desarrollo de la Acupuntura Neurofisiológica y Molecular.

Desde la perspectiva de la acupuntura neurofisiológica y molecular, las agujas finas de acupuntura, constituyen electrodos de estimulación; los cuales se insertan en la piel y/o el músculo para subsecuentemente ser estimuladas de manera mecánica o eléctrica. Mediante las agujas se pretende estimular a los nervios periféricos con el objetivo de activar los mecanismos de neuromodulación y restablecer la homeostasis del organismo. El uso de corriente eléctrica permite graduar parámetros como intensidad, frecuencia y el ancho del pulso de estimulación.

Existen diferentes términos para describir la estimulación eléctrica a través de las agujas de acupuntura:

1. Estimulación eléctrica nerviosa percutánea (PENS).
2. Estimulación muscular eléctrica percutánea.
3. Estimulación Eléctrica Transdérmica Acupuntural (ETA).
4. Terapia de neuromodulación percutánea.
5. Electroacupuntura.
6. Electroneuroacupuntura.

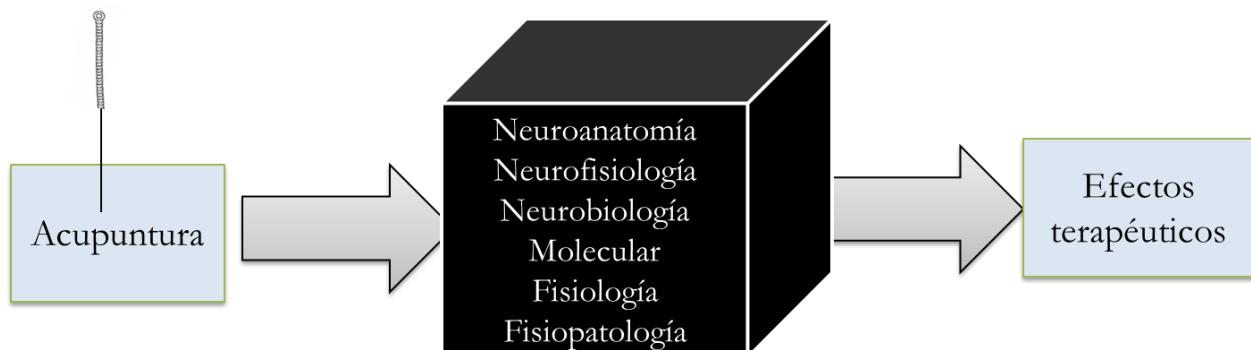
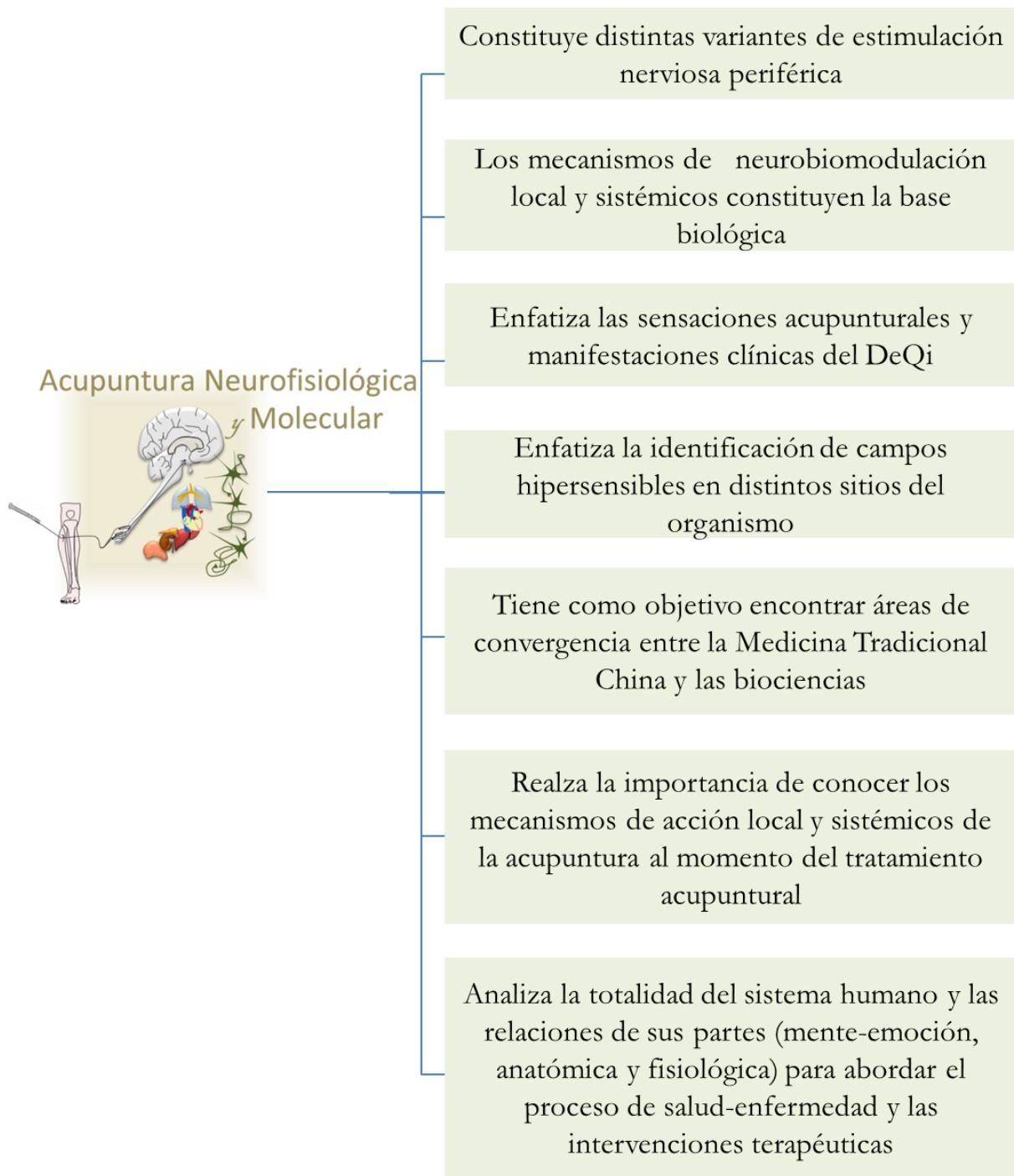


Figura 1.26 Explicación de los efectos terapéuticos de la acupuntura desde la perspectiva de las biociencias.

En acupuntura neurofisiológica y molecular es de relevancia el estímulo de las aferentes cutáneas y musculares, así como las sensaciones acupuntuales o el “*DeQi*” obtenido al momento de la estimulación y manipulación de la agujas. Las zonas de irradiación del “*DeQi*” son de relevancia para conocer las vías nerviosas que colindan con el sitio de estimulación acupuntural, ya que existe una importante correspondencia entre estas sensaciones con el trayecto de los nervios periféricos.

A través de las fibras aferentes se envía la información hacia los centros de neuromodulación, para desencadenar los efectos sistémicos de la acupuntura. Las aferentes somáticas establecen contactos sinápticos con la médula espinal, el tallo, diencéfalo y otros núcleos del encéfalo. Mediante reflejos somato-autónomos, teoría de la compuerta, reflejos de axón y activación de los ejes

neuroinmunoendocrinos, modula determinadas respuestas orgánicas-viscerales, incluyendo la analgesia acupuntural.



Esquema 1.4 Características de la Acupuntura Neurofisiológica y Molecular.

Ventajas del uso de las corrientes eléctricas en los campos de acupuntura:

1. La estimulación es continua durante el tratamiento; en contraste, la acupuntura manual es breve e intermitente.
2. No hay limitación en cuanto a la frecuencia de estimulación.
3. Los efectos son específicos de la frecuencia.
4. A diferencia de la acupuntura manual, cuya estimulación vigorosa incrementa el riesgo de dañar a los tejidos, la estimulación vigorosa por la EA se limita a tolerancia del paciente.
5. Se evita la impedancia de la piel.
6. La corriente se aplica directamente en la fuente que se desea estimular o inhibir (por ejemplo dolor).
7. La acupuntura puede aplicarse de manera segmental.
8. Puede reproducirse, estandarizarse y medirse de forma más objetiva que la acupuntura manual.
9. La estimulación puede aplicarse de forma continua con menor riesgo de daño que la acupuntura manual.

Tabla 1. Línea del tiempo de la evolución de la acupuntura científica en el mundo

1816	<ul style="list-style-type: none"> En Francia, Louis Joseph Berilioz realiza los primeros reportes sobre el uso de la acupuntura en artritis, reumatismo, rigidez muscular y articular.
1878–1955	<ul style="list-style-type: none"> George Soulie de Morant experimenta los efectos de la acupuntura en una epidemia de cólera en Beijing. Publica artículos y el libro “Acupuncture chinoise”, en donde introduce sistemáticamente los acupuntos y meridianos.
1823	<ul style="list-style-type: none"> La revista Lancet publica estudios clínicos sobre acupuntura.
1987	<ul style="list-style-type: none"> Formación de la Federación Mundial de Acupuntura y Moxibustión. Comprende dos aspectos de investigación: ciencia básica y clínica.
1912	<ul style="list-style-type: none"> Se derroca al último emperador de China (Aisin-Gioro Pu Yi o Puyi) y surge la República de China con Sun Yat Sen.
1927-1949	<ul style="list-style-type: none"> Se prohíbe la acupuntura durante la Guerra Civil China.
1940	<ul style="list-style-type: none"> Se establece en Paris Francia la Sociedad Francesa de Acupuntura y Moxibustión. La primera asociación académica de acupuntura y moxibustión en el mundo.
1949	<ul style="list-style-type: none"> Cae la República de China y surge la República Popular de China (1949). El presidente Mao aprueba nuevamente el uso de la acupuntura y comienzan a realizarse estudios científicos.
1965	<ul style="list-style-type: none"> El Instituto de Neurociencias de la Universidad de Pekín investiga los mecanismos analgésicos de la acupuntura en modelos animales como en humanos.
1971	<ul style="list-style-type: none"> James Reston publica en el New York Times, su experiencia personal con la acupuntura en la

	distensión abdominal post-quirúrgica.
1971	<ul style="list-style-type: none">• La revista de la Asociación Médica Americana (JAMA, por siglas en inglés), publica sobre la atención médica en China y la anestesia con acupuntura.
1972	<ul style="list-style-type: none">• El presidente Richard Nixon visita China y observa la práctica de la acupuntura.• El Instituto Nacional de Salud de los Estados Unidos de Norteamérica (NIH, por siglas en inglés) otorga el primer donativo para realizar investigación en acupuntura.
1973	<ul style="list-style-type: none">• La Administración de Medicamentos y Alimentos de los Estados Unidos de Norteamérica (FDA, por siglas en inglés) clasifica a las agujas de acupuntura como dispositivos médicos de investigación.
1975	<ul style="list-style-type: none">• La revista New England Journal of Medicine (NEJM) publica el primer ensayo controlado aleatorio de acupuntura.
1974	<ul style="list-style-type: none">• Estados Unidos de América elige un comité científico miembros de la Academia Nacional de Ciencias, para visitar China y evaluar la práctica de la acupuntura. Publican en la revista JAMA sus experiencias y resultados respecto a la anestesia con acupuntura.
1976	<ul style="list-style-type: none">• El grupo de investigación de la Universidad de Pekín, envía un documento a la Academia Nacional de Ciencias de EUA, en donde refieren las evidencias experimentales de la acupuntura obtenidas hasta ese momento.
1978	<ul style="list-style-type: none">• Bruce Pomeranz neurofisiólogo de la Universidad de Toronto, demuestra que la analgesia por EA ocurre a través de mecanismos opioides y no opioides. Utiliza registros

	electrofisiológicos.
1979	<ul style="list-style-type: none"> • La FDA clasifica a las agujas de acupuntura como clase III (investigación) dispositivos médicos, y permite su uso por profesionales autorizados. • Akio Sato publica sus hallazgos sobre los reflejos somato-viscerales en modelos animales.
1979	<ul style="list-style-type: none"> • La OMS aprueba el uso de la acupuntura para el tratamiento de 43 enfermedades.
1984	<ul style="list-style-type: none"> • Se publican revisiones sobre los elementos anatómicos de los puntos de acupuntura y correspondencia con los paquetes neurovasculares.
1987	<ul style="list-style-type: none"> • Se demuestra la participación de mecanismos GABAérgicos en la analgesia acupuntural. • Akio Sato y Robert Schmidt publican los primeros circuitos de los reflejos Somato-Viscerales.
1989	<ul style="list-style-type: none"> • Bruce Pomeranz y Gabriel Stux publican el libro: “Bases científicas de la acupuntura”
1992	<ul style="list-style-type: none"> • Emerge la Medicina Basada en Evidencias por el grupo canadiense “Evidence-Based Medicine Working”.
1998	<ul style="list-style-type: none"> • Se crea el Instituto Nacional de Medicinas Alternativas y Complementarias de los Estados Unidos de Norteamérica.
1998	<ul style="list-style-type: none"> • Se publican revisiones sistemáticas de algunos estudios clínicos de acupuntura en China. Se reportan deficiencias metodológicas en tales estudios. • Publicaciones de estudios con agujas placebo para evaluar los efectos inespecíficos de la acupuntura.
2001	<ul style="list-style-type: none"> • La Sociedad de Investigación en Acupuntura de los Estados Unidos de Norteamérica, publica la

guía de recomendaciones para reportar intervenciones con acupuntura en ensayos clínicos controlados (*STRICTA*, por siglas en inglés).

- | | |
|-----------|--|
| 2001 | <ul style="list-style-type: none">• Estudios sobre los componentes histológicos de los puntos de acupuntura encontrado similitudes con áreas adyacentes.• Revisión de literatura sobre electroacupuntura y liberación de los opioides endógenos. |
| 2002 | <ul style="list-style-type: none">• La doctora Helen Langevin publica varios estudios sobre la correspondencia de los puntos de acupuntura con planos intermusculares y tejido conectivo.• Se describe el mecanismo de atrapamiento de la aguja.• El doctor Kwang-Sup Soh publica sus investigaciones sobre los sistemas primo vasculares. |
| 2005 | <ul style="list-style-type: none">• Mecanismos de la acupuntura a nivel cardiovascular |
| 2006 | <ul style="list-style-type: none">• Aportaciones sobre los efectos de la acupuntura a nivel ginecológico• Mecanismos a nivel cortical producidos por la acupuntura• Se publica una revisión crítica sobre la inconsistencia en las mediciones de resistencia eléctrica de la piel utilizando el registro monopolar, propuestos por Nakatani y Voll.• Publicaciones críticas sobre las evidencias clínicas de la acupuntura resaltando las deficiencias metodológicas que cuestionan su efectividad. |
| 2000-2012 | <ul style="list-style-type: none">• Críticas sobre la diferente localización de los puntos de acupuntura entre los acupunturistas. |
| 2010 | <ul style="list-style-type: none">• Revisión y actualización de las recomendaciones |

2011

STRICTA para la publicación de ensayos clínicos en acupuntura.

2012

- Investigación en todos los campos de la ciencia sobre las diferentes variables que influyen en el tratamiento acupuntural.
- Concepto emergente de la unidad de acupuntura neural.
- Equivalentes anatómicos de los puntos de acupuntura.
- Revisiones sistemáticas y meta-análisis sobre la eficacia de la acupuntura en: Dolor dental agudo, Náuseas y vómito, Dolor osteoartrítico, Migraña.
- Acupuntura desde las evidencias experimentales y la práctica de la Medicina Basada en Evidencias.
- Puntos de acupuntura y su relación con los campos receptivos de las neuronas.
- El grupo de investigación de acupuntura de los estados unidos de norteamérica (Society for Acupuncture research) publica recomendaciones para incrementar los vínculos entre la ciencia básica y los ensayos clínicos.

2017

Resumen

- Los efectos terapéuticos de la acupuntura pueden explicarse desde el marco filosófico de la MTC, pero desde este enfoque es difícil enmarcarlos en los términos biomédicos convencionales.
- La acupuntura tradicional encuentra puntos de convergencia con las biociencias, lo cual está originando nuevos paradigmas como de la acupuntura desde una perspectiva experimental, tal es el caso de la Acupuntura Neurofisiológica y Molecular.

- La teoría meridiana tiene su base biológica con los reflejos víscero-somáticos.
- Los puntos de acupuntura se describen como unidades funcionales con propiedades activas o silentes según el estado orgánico del paciente.
- La estimulación eléctrica de los campos de acupuntura constituye una novedosa estrategia terapéutica. Para ello, es requisito indispensable el estímulo de las aferentes somáticas para desencadenar los efectos sistémicos de la acupuntura.
- La estimulación eléctrica permite estandarizar los parámetros de estimulación y por lo tanto reproducir los resultados terapéuticos bajo condiciones controladas.
- Los nuevos enfoques experimentales de la acupuntura, como la Acupuntura Neurofisiológica y Molecular, tienen como base el estudio del ser humano desde la perspectiva de las biociencias y el método científico.

Preguntas de repaso

1. Desde la perspectiva tradicional ¿Qué es la acupuntura?
2. ¿De dónde derivan las teorías de la Medicina Tradicional China (MTC)?
3. ¿Cómo conceptualiza la MTC a la enfermedad?
4. ¿Cómo se define el sistema de meridianos y los puntos de acupuntura?
5. Puntualice las principales características de los canales y puntos de acupuntura.
6. Menciona las principales teorías de la MTC.
7. ¿Cuáles son los métodos diagnósticos utilizados por la MTC?

8. Describe algunos logros y metas en el campo de la investigación en acupuntura.
9. ¿Cuáles son los principales objetivos de la Acupuntura Neurofisiológica y Molecular?
10. ¿Cuál es el fundamento de la acupuntura neurofisiológica y molecular?

Referencias

1. Ben H, Li L, Rong PJ, Jin ZG, Zhang JL, Li YH, et al. Observation of pain-sensitive points along the meridians in patients with gastric ulcer or gastritis. Evid Based Complement Altern Med. 2012;2012:130802
2. Cryan J, Dinan TG. Mind-altering microorganisms: the impact of the gut microbiota on brain and behaviour. Nat Rev Neurosci. 2012 Oct;13(10):701-12.
3. Do-Hee Kim et al., Acupuncture points can be identified as cutaneous neurogenic inflammatory spots. Sci Rep. 2017; 7: 15214.
4. Helene Langevin y Jason Yandow. Relationship of Acupuncture Points and Meridians to Connective Tissue Planes. The Anatomical Record 269:257–265, 2002
5. He W¹, Wang XY¹, Shi H¹, Bai WZ¹, Cheng B^{1,2}, Su YS¹, Yu XC¹, Jing XH³, Zhu B⁴. Cutaneous neurogenic inflammation in the sensitized acupoints induced by gastric mucosal injury in

- rats. BMC Complement Altern Med. 2017 Mar 7;17(1):141. doi: 10.1186/s12906-017-1580-z.
6. Hu J, Liu B. The basic theory, diagnostic, and therapeutic system of traditional Chinese medicine and the challenges they bring to statistics. Stat Med. 2012 Mar 30;31(7):602-5.
 7. Kaoru Sakatani. Concept of mind and brain in traditional chinese medicine. Science Journal, 6, 7: 2007
 8. MacPherson H, Altman DG, Hammerschlag R, Youping L, Taixiang W, White A, et al. (2010) Revised STAndards for Reporting Interventions in Clinical Trials of Acupuncture (STRICTA): Extending the CONSORT Statement PLoS Med 7(6)
 9. Molnár Z1, Brown RE. Nat Rev Neurosci. Insights into the life and work of Sir Charles Sherrington. 2010 Jun;11(6):429-36.
 10. Network Analysis of Acupuncture Points Used in the Treatment of Low Back Pain. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine: 2013, 7
 11. Quiroz-González S, Torres-Castillo S, López-Gómez RE, Jiménez Estrada I. Acupuncture Points and Their Relationship with Multireceptive Fields of Neurons. J Acupunct Meridian Stud. 2017 Apr;10(2):81-89.
 12. Veen PHE van der. Viscero-cutaneous reflexes in relation to abdominal and pelvic pain. A study from 1982 in females with IUD insertions. Thermography international. 2013;23(3): 87-92

Capítulo 2

Efectos específicos e inespecíficos de la acupuntura

2.1 Factores que determinan la eficacia acupuntural

En la intervención terapéutica, incluyendo a la acupuntura, existen tres elementos críticos que conllevan a la mejoría clínica de la enfermedad: 1) La historia natural de la enfermedad, 2) Los efectos inespecíficos de la terapéutica asociados al placebo, 3) Los efectos específicos del tratamiento.

Historia natural de la enfermedad

La historia natural corresponde a la evolución del proceso patológico sin intervención médica, en donde se presentan una serie de procesos biológicos de manera secuencial desde su origen hasta el desenlace. En las diferentes etapas de una enfermedad se distinguen tres periodos: prepatogénico, patogénico y desenlace.

Periodo prepatogénico: periodo de susceptibilidad en donde factores ambientales, infecciosos, físicos, psico-sociales, alimenticios, drogas y adicciones favorecen o determinan el desarrollo de la enfermedad. Existen también factores endógenos como la edad, sexo y genética que participan en el curso de la enfermedad.

Periodo patogénico: resulta de la interacción multifactorial de los riesgos con el huésped desencadenando el estímulo productor del trastorno. El periodo patogénico tiene dos estados:

presintomático y enfermedad clínica. En el primero no hay manifestaciones clínicas como tal, pero se han generado cambios fisiológicos e histológicos propios de la enfermedad. En el estado clínico, los cambios ya son suficientes para la aparición signos y síntomas de la enfermedad en el paciente.

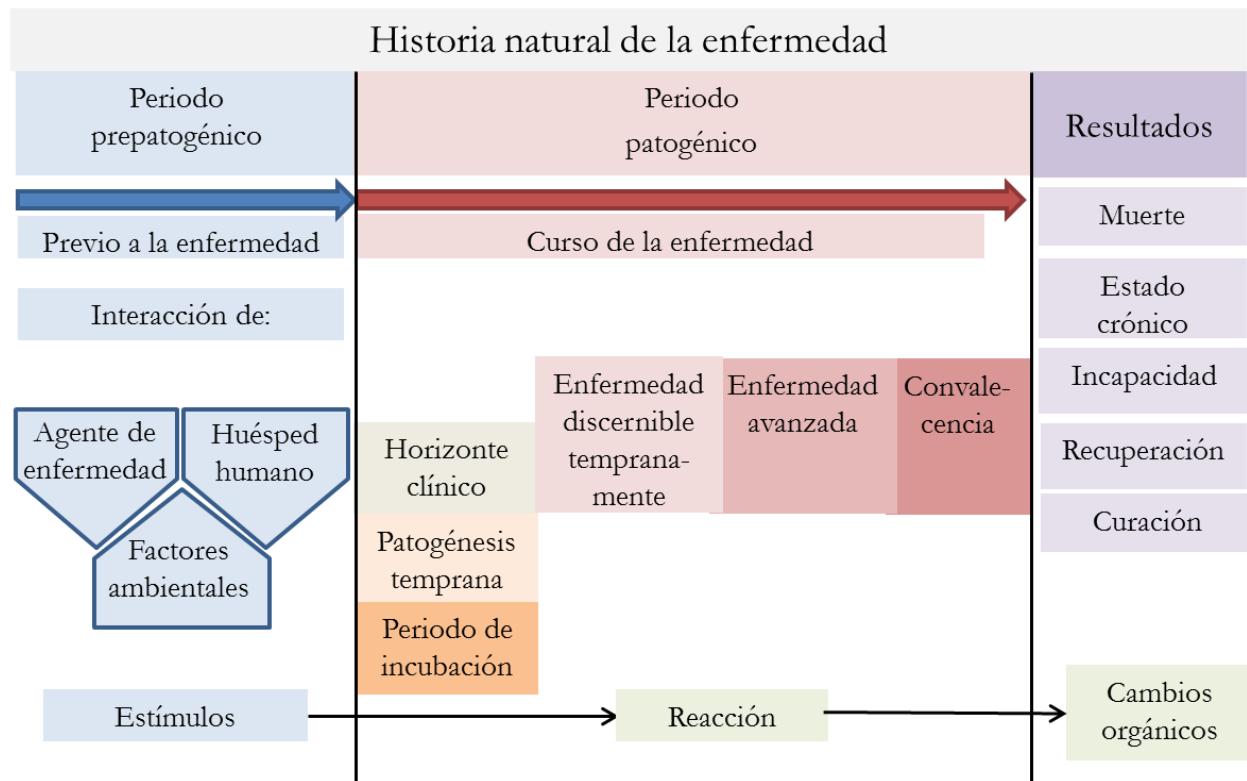


Figura 2.1 Historia natural de la enfermedad según el modelo clásico de Leavel y Clark de 1940.

Desenlace: corresponde al último periodo de la historia natural de la enfermedad que refleja el desenlace del proceso. Puede ser incapacidad, estado crónico, recuperación o muerte.

2.2 Placebo y efectos inespecíficos

La mayor o menor sensibilidad a la enfermedad está condicionada en gran medida por la carga genética y el ambiente socioeconómico prevalente. En ausencia de tratamiento, esta sigue

su curso natural a la curación, la cronicidad, la invalidez o la muerte. Con el tratamiento si es eficaz, el curso se modifica favorablemente hacia la mejora del nivel de salud.

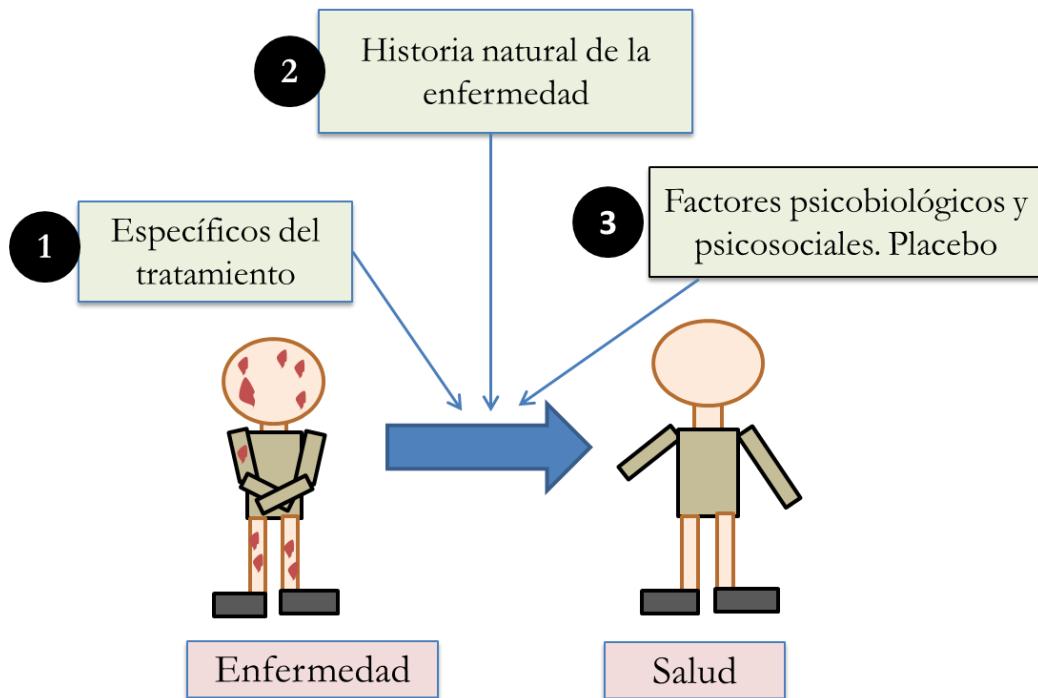


Figura 2.2 Elementos críticos que conllevan a la mejoría clínica de una enfermedad.

El Diccionario de la Real Academia Española plantea que el placebo es una "sustancia que, careciendo por sí misma de acción terapéutica, produce algún efecto curativo en el enfermo si este la recibe convencido de que esa sustancia posee realmente tal acción". Un procedimiento placebo comprende muchas cosas, incluyendo palabras, rituales, símbolos y significados que acompañan su uso. Por lo tanto, el placebo no es la sustancia o en el caso de la acupuntura solo la punción, sino su uso unido a un conjunto concomitante de estímulos sensoriales (sonido, vista, olfato, tacto) y sociales que le dicen al paciente que él o ella está siendo tratado. De hecho, placebo es todo el ritual del acto de curación terapéutica.

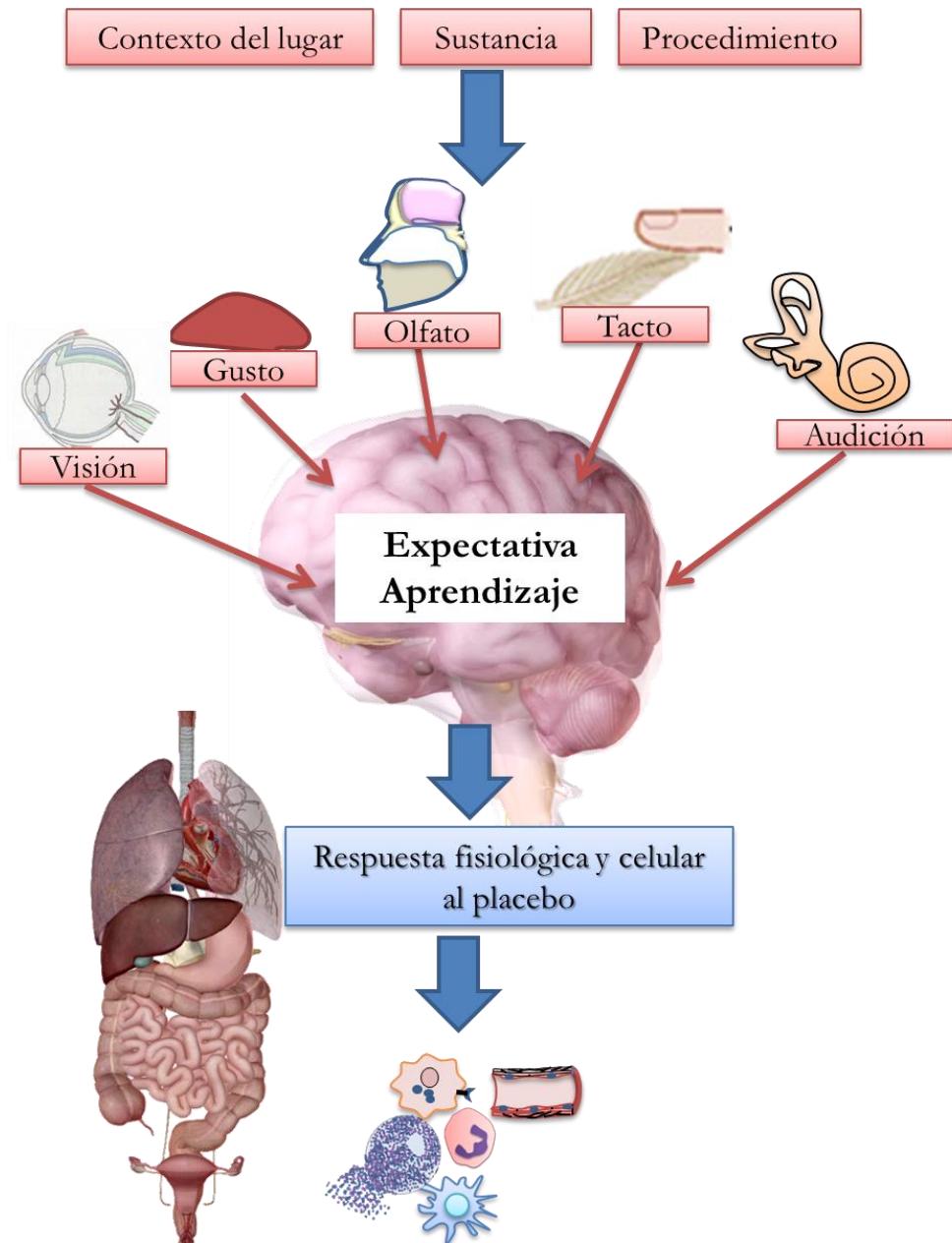


Figura 2.3 Conceptualización del efecto placebo en los órganos y vísceras. Los procedimientos que acompañan a los tratamientos, como son el contexto externo e interno, ejercen acciones sobre los centros cerebrales relacionados con la expectativa generando formas de condicionamiento, las cuales desencadenan respuestas fisiológicas en el organismo asociadas al placebo.

La cultura y el placebo

La cultura ejerce un impacto profundo en la medicina a través de condicionar las creencias de los individuos. Las culturas

determinan el esquema cognitivo y también cómo los individuos expresan y lidian con la angustia, ya sea física o emocional. Para lograr el control de la sintomatología siempre existirá una variación en virtud de la personalidad y poder otorgado por la sociedad y la esfera cultural a la figura del terapeuta: chaman, brujo, médico, sabio o modelo mágico que se le proporcione a la enfermedad y la persona. Por lo que en diversos contextos culturales, los pacientes tienen diferentes expectativas ante sus cuidadores.

Las culturas determinan los modelos explicativos de la enfermedad que los individuos poseen y asignan los recursos de salud, al igual que alientan a las personas a seguir ciertos caminos hacia la atención y aceptar o rechazar el cuidado de la salud. Es muy conocido que los hábitos dietéticos difieren entre las distintas culturas, el uso simultáneo de medicamentos alternativos y complementarios así como otros factores como la farmacodinámica y la farmacocinética también desempeñen un papel importante en la aceptación de los agentes farmacéuticos.



Figura 2.4 Factores que determinan la mejora de un tratamiento

2.3 Interacción terapeuta-paciente y placebo

Es importante destacar cómo la mejora que puede ocurrir después de la administración de un placebo depende de distintos factores y que parte de estas mejorías dependen del contexto externo e interno, incluyendo la interacción terapeuta-paciente.

Contexto externo: incluye los aspectos externos de la interacción con el terapeuta-paciente como las sugerencias verbales, el contexto del lugar, contexto social así como del tratamiento.

Contexto interno: está relacionado con el resultado esperado, las emociones, el significado del esquema, la memoria explícita (información de experiencias previas) y las asociaciones pre-cognitivas.



Figura 2.5 Estímulos que participan en la respuesta terapéutica

En el tratamiento acupuntural existe una importante interacción con los pacientes, lo que favorece que durante la sesión se genere de manera inespecífica una actitud psicológica adecuada unida al deseo de recuperación, que se ve potenciada por la importante interacción a través de los sentidos del paciente.

Entre los elementos a considerar que favorecen el efecto placebo en la consulta acupuntural se numeran a los siguientes:

1. La escucha activa del paciente por parte del terapeuta que muestra el interés humano. En determinadas circunstancias el factor predictivo de respuesta positiva del paciente, dependen de que éste se hubiera sentido escuchado durante la primera consulta que de otros condicionantes externos como las pruebas de laboratorio, exploración física u otros elementos asociados a la intervención terapéutica
2. La influencia del lenguaje. Las palabras sabiamente administradas constituyen un remedio para muchos enfermos (Hipócrates).
3. Entusiasmo por el tratamiento por parte del terapeuta. Proporcionar explicaciones satisfactorias
4. El profesionalismo y seguridad durante el tratamiento al momento de colocar las agujas de acupuntura

Estos elementos hacen de la consulta un sitio agradable para el paciente, al igual que potenciar sus efectos y producir una mejoría sobre el organismo enfermo.

Los placebos producen efectos terapéuticos en distinta magnitud

Se ha reportado que la magnitud del efecto placebo depende del grado de invasividad en el paciente. Al comparar el efecto analgésico de las tabletas placebo vs cirugía simulada, se observa un mayor efecto con la cirugía simulada. También se conoce que la acupuntura simulada reduce el dolor significativamente y en mayor proporción que las tabletas placebo. Lo cual puede estar relacionado con la mayor invasividad del tratamiento acupuntural que el simple hecho de ingerir una tableta.

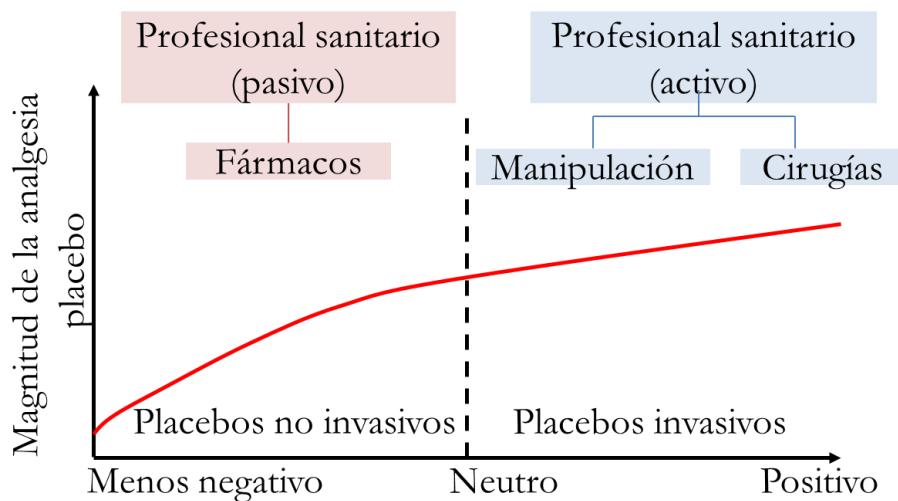


Figura 2.6 Diferencias en la magnitud de la analgesia placebo. Los placebos pasivos como el uso de fármacos producen menor efecto analgésico en comparación con los placebos invasivos como la acupuntura y las cirugías.

Factores que influyen sobre la magnitud del efecto placebo

1. Ruta de administración: entre más invasivo sea un placebo mayor su efecto.
2. Número de tabletas: tres tabletas vs una tableta produce un mayor efecto.
3. El grado de simpatía, cariño y preocupación del médico por su paciente, así como su prestigio, aumentan el efecto benéfico del tratamiento de la enfermedad, aún con un placebo.

2.4 Efectos inespecíficos de la acupuntura

Algunos estudios han reportado que los efectos de la acupuntura son significativos comparados con la intervención estándar para algunas condiciones médicas como cefaleas, lumbalgias, artrosis de rodilla, hipertensión. Sin embargo, cuando se compara el tratamiento de la acupuntura con falsa acupuntura, no encuentran diferencias significativas. Esto ha generado debate entre los críticos y partidarios de la acupuntura, que llevaron a proponer que

es más importante el ritual del tratamiento con acupuntura y los efectos no específicos de la técnica (asociados al placebo). Sin embargo, al analizar los estudios, se pudo percibir que algunos falsos acupuntos se encontraban muy cerca del punto de acupuntura real. Lo que plantea la posibilidad de que la falsa acupuntura penetrante estimulara campos receptivos que desencadenan respuestas similares a las del punto de acupuntura, por compartir vías nerviosas similares.

Esto ha mantenido la discusión por la falta de un control apropiado que responda a las exigencias del método científico y con base en ello, determinar el alcance de la acupuntura, ya que se dificulta extrapolar el modelo de placebo utilizado en farmacología, que consiste de una caja con tabletas sin principio activo que por su aspecto externo imita al tratamiento real, a la forma de terapia de acupuntura que implica introducir agujas en la piel.



Figura 2.7 Declaraciones positivas y negativas respecto al tratamiento acupuntural para esguince de tobillo. El tratamiento con acupuntura placebo produce efectos analgésico perceptibles cuando se manipula con una expectativa positiva, es decir, a los pacientes se les informa e insiste que el tratamiento proporcionará buenos

resultados (contenido positivo). Por el contrario, la exposición a una expectativa negativa como “sufrió un grave daño” (contenido negativo) no produce diferencias significativas en la disminución del dolor.

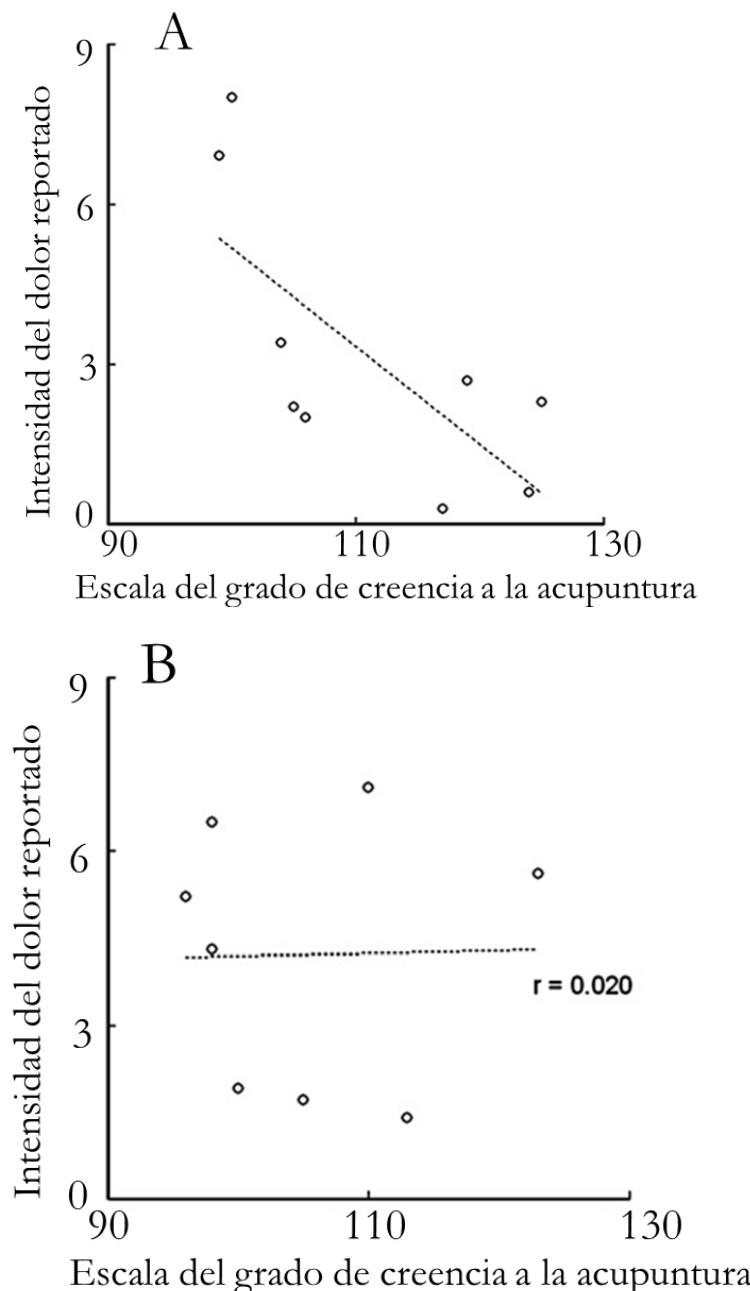


Figura 2.8 Los individuos con creencias positivas reportan una disminución en el dolor (inducido por inmersión al agua fría de una extremidad) independientemente si reciben acupuntura real o falsa, es decir, las creencias y expectativas de los pacientes (asignadas tanto a la acupuntura real como placebo) tuvieron un mayor impacto

en los resultados que el tratamiento en sí. Estos estudios muestran una clara influencia del parámetro “expectativa” y de las ideas preconcebidas en las respuestas al tratamiento.

Otros investigadores sostienen que el tipo de acupuntura placebo no es válido para los estudios controlados, debido a que la punción de una región del cuerpo por si misma produce una respuesta neurofisiológica, la cual en algunos casos podría llegar a ser similar al efecto esperado de la acupuntura real.

Estos hallazgos han conducido a proponer que la acupuntura produce efectos inespecíficos. Las evidencias actuales también han mostrado una correlación positiva entre la expectativa al tratamiento y la eficacia del mismo. En el campo de la acupuntura se cuenta con escalas para medir el grado de creencia al tratamiento con la finalidad de tener variables de base más homogéneas entre los pacientes y aplicables a los ensayos clínicos.

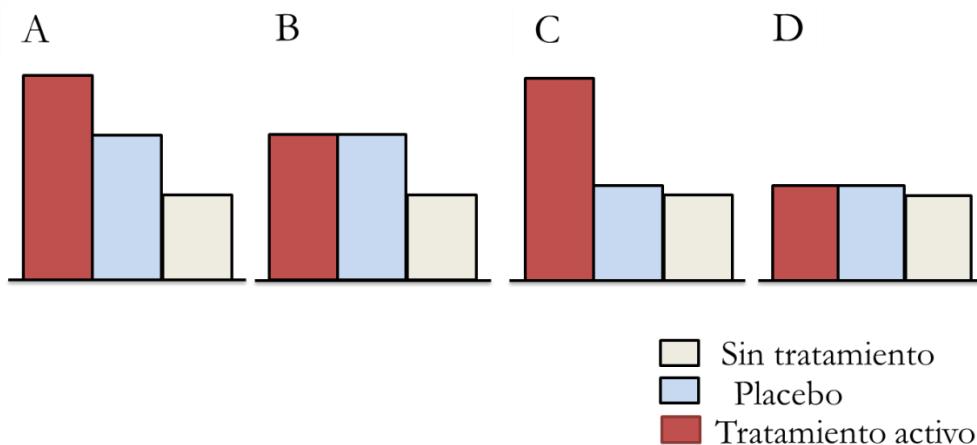


Figura 2.9 Factores que determinan la mejora de un tratamiento. (A) El tratamiento activo supera el efecto del placebo y la historia natural de la enfermedad (sin tratamiento), pero el placebo produce un mayor efecto que la historia natural de la enfermedad. (B) Tanto el placebo como al tratamiento activo producen mejoría en comparación con la historia natural de la enfermedad. (C) El tratamiento activo supera el efecto placebo y a la historia natural de la enfermedad. (D) El tratamiento activo y el placebo no superan la historia natural de la enfermedad.

En lo referente a las expectativas y las creencias sobre la acupuntura, los estudios han demostrado actividad en el centro de recompensa y disminución en áreas relacionadas con la percepción del dolor.

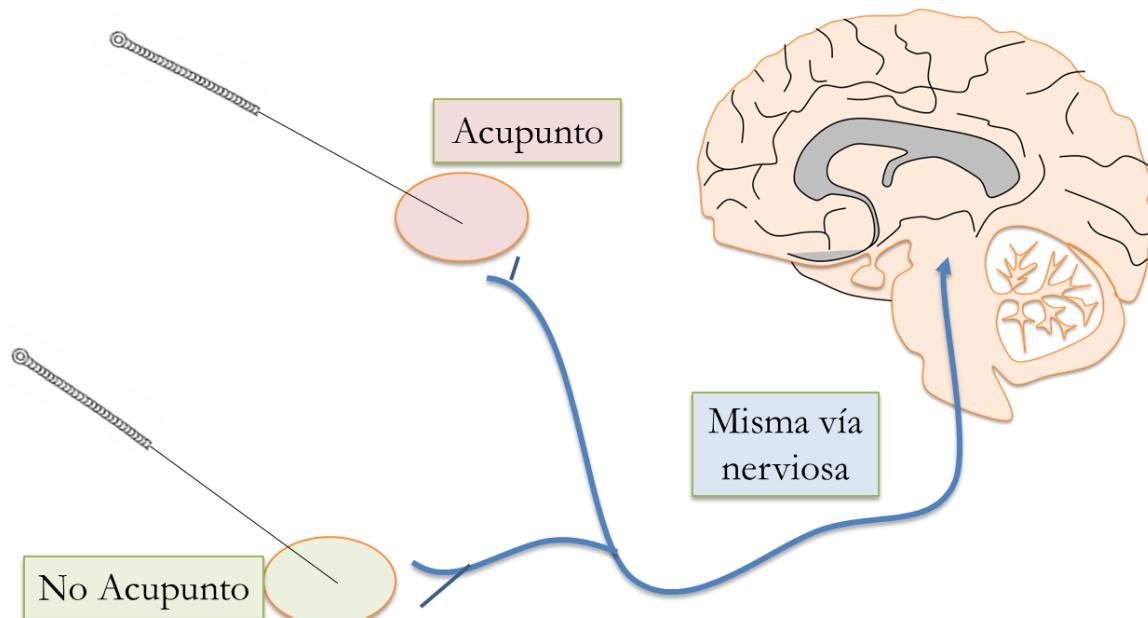


Figura 2.10 Posibles mecanismos que explican los efectos similares de la acupuntura obtenidos por el estímulo de dos puntos de acupuntura localizados en sitios diferentes pero que comparte la misma vía nerviosa. Podría suponerse que el estímulo en el no acupunto produce la misma respuesta fisiológica que el estímulo en el acupunto.

Distintos factores pueden explicar los resultados negativos de la intervención acupuntural en ensayos clínicos:

1. Selección irracional de los acupuntos y/o áreas de estimulación.
2. Capacidad inconsistente de acupunturistas.
3. Respuesta insignificante de la punción de la aguja (ausencia de técnica de estimulación).

4. Uso de frecuencias inadecuadas en el tratamiento de acupuntura.
5. Uso irracional de los controles placebo. De hecho, la base primaria de los resultados negativos o efectos placebo en los ensayos clínicos internacionales de acupuntura en ocasiones no está relacionada con la calidad metodológica, sino más bien con los requisitos esenciales planteados por la teoría de la acupuntura en términos de las condiciones de la manipulación clínica asociada al placebo.

2.5 Efectos específicos de la acupuntura

Estudios experimentales en humanos y modelos animales han permitido conocer los mecanismos intrínsecos y específicos del tratamiento acupuntural, indistintos al efecto placebo.

Entre estos se encuentran a los siguientes:

1. Los efectos fisiológicos dependen de parámetros de la aguja, como la profundidad de inserción, tipo, amplitud y frecuencia de la estimulación de la aguja.
2. Los parámetros de punción están relacionados con resultados terapéuticamente relevantes para distintas condiciones como analgesia, anti-hiperalgesia, disminución de la inflamación, disminución de la hipertensión arterial sistémica, modulación de la motilidad gastrointestinal, respuesta inmunológica, endocrina, respiratoria y genitourinaria.
3. Los mecanismos de la acupuntura para el tratamiento del cáncer se han enfocado, principalmente, en la activación de las vías neurohormonales y la inmunomodulación.

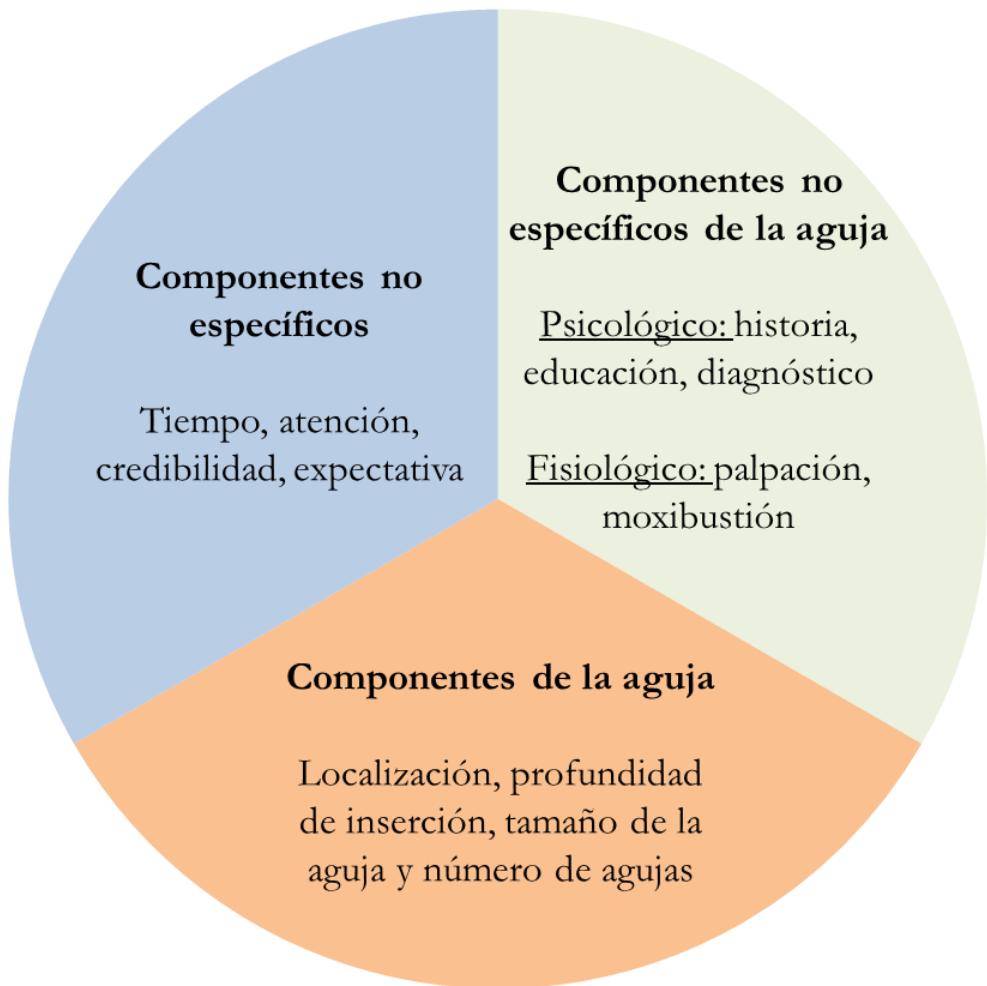


Figura 2.11 Componentes específicos e inespecíficos relacionados al tratamiento acupuntural.

El vínculo entre la ciencia clínica y básica

Actualmente se están estableciendo vínculos entre las diferentes áreas de la biociencias, la investigación básica y clínica; con el objetivo de obtener resultados que sean aterrizados en la práctica clínica acupuntural.

La investigación básica pretende dilucidar los mecanismos de acción de la acupuntura y electroacupuntura (EA); así como determinar los parámetros de estimulación que sean más efectivos para cada condición clínica. También pretende caracterizar con

precisión la localización y las propiedades de los puntos de acupuntura, parámetros de importancia en el diseño del tratamiento acupuntural. Esto ha resultado en una práctica de la acupuntura desde la perspectiva neurofisiológica, lo cual permite incrementar sus beneficios terapéuticos.

En la práctica clínica debe considerarse la interpretación apropiada de las evidencias obtenidas en los ensayos clínicos, estudios de ciencia básica, mecanismos de acción, la base biológica de la diferenciación sindromática, incluyendo los biomarcadores. En adición, no debe restar importancia el analizar los protocolos de tratamiento en los ensayos exitosos. También, es importante mencionar que la estimulación con EA podría tener un efecto sinérgico relevante en combinación con los tratamientos clínicos convencionales. Por ejemplo, la estimulación de EA combinada con dosis bajas de analgésicos convencionales constituye un tratamiento altamente efectivo para el dolor. Es posible que la EA de baja frecuencia pueda mejorar los efectos analgésicos de fármacos relacionados con los mecanismos adrenérgicos o serotoninérgicos del dolor neuropático en el contexto clínico.

En concordancia, Goodnick y colaboradores (2000) mostraron sinergia de los efectos de la 5-hidroxitriptamina (5-HT), en combinación con la acupuntura en la disminución del dolor en pacientes con neuropatía diabética.

Teniendo en cuenta que la EA también produce influencias importantes en la actividad neuronal de la médula espinal, probablemente a través de mecanismos GABAérgicos pre y post-sinápticos, es razonable que el efecto analgésico de la EA se vea potenciado por el uso de fármacos agonistas GABAérgicos para el tratamiento clínico del dolor neuropático. Por lo cual, combinar la EA con dosis bajas de analgésicos convencionales, podría proporcionar un manejo eficaz del dolor así como prevenir los efectos secundarios de las drogas químicas.

¿Cómo potencializar el efecto de la acupuntura?

Como se describió anteriormente la investigación pretende dilucidar los mecanismos de acción de la acupuntura y EA; así como determinar los parámetros de estimulación que sean más efectivos para cada condición clínica.

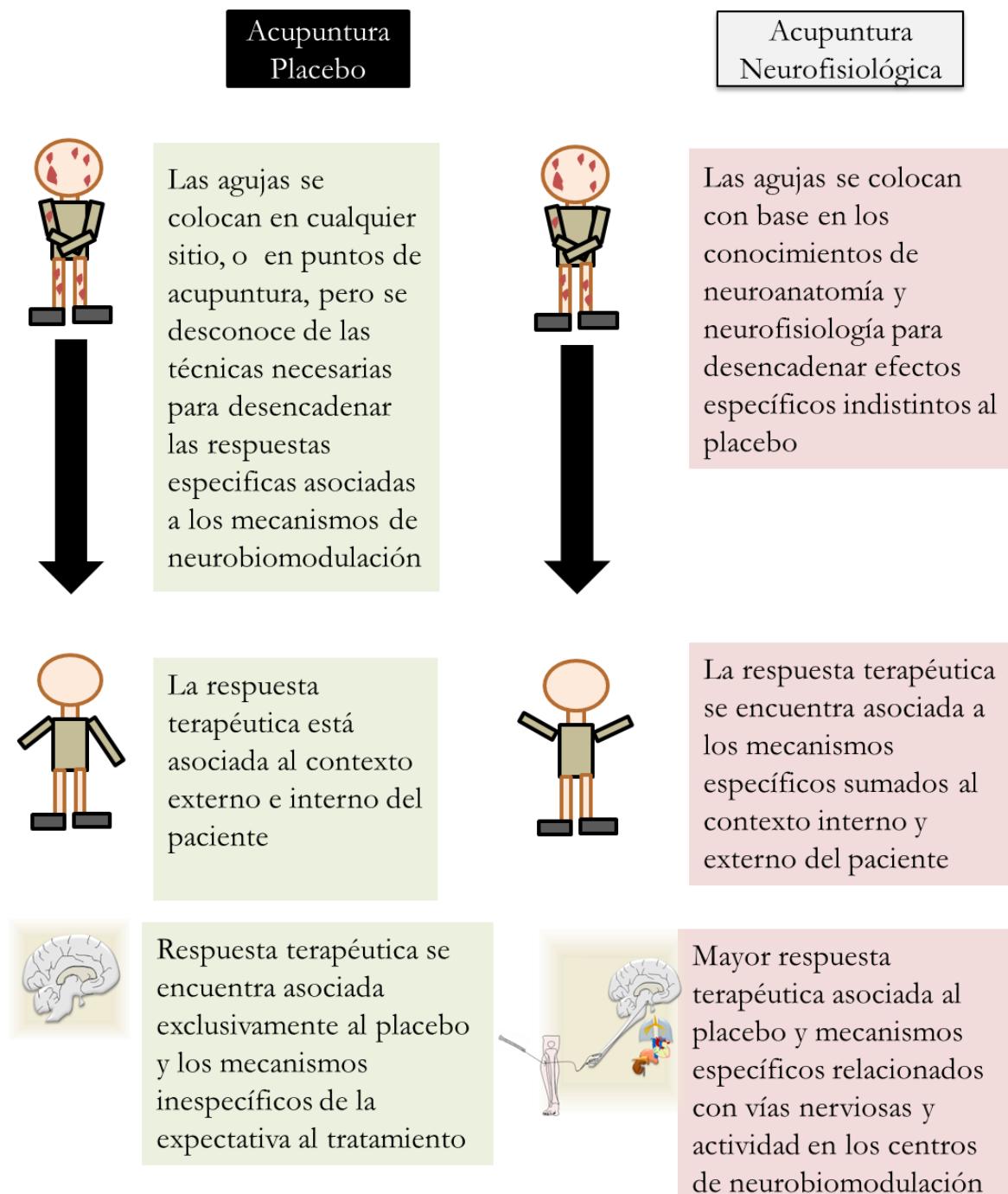


Figura 2.12 Diferencias entre las respuestas terapéuticas asociadas a la acupuntura placebo y a la acupuntura neurofisiológica

El resultado de tales hallazgos es que la práctica de la acupuntura se fundamenta en la medicina basada en evidencias, lo que permite conocer las variables específicas que sobrepasan al efecto placebo, tan criticado en la acupuntura tradicional. En consecuencia, se puede obtener una mayor respuesta terapéutica asociada a la activación de los mecanismos neuronales específicos, en contraste con el simple hecho de puncionar cualquier región del cuerpo por desconocer los sitios de estimulación, las técnicas y parámetros necesarios para activar los mecanismos de neurobiomodulación así como los procesos de autoreparación del organismo.

Resumen

- Existen diferentes elementos críticos que conllevan a la mejoría clínica de una enfermedad.
- El placebo es una "sustancia que careciendo por sí misma de acción terapéutica, produce algún efecto curativo en el enfermo si este la recibe convencido de que esa sustancia posee realmente tal acción".
- Placebo es todo el ritual del acto de curación terapéutica.
- La cultura ejerce un impacto profundo en la medicina a través de condicionar las creencias de los individuos.
- La magnitud del efecto placebo depende del grado de invasividad en el paciente.
- Críticos y partidarios de la acupuntura, proponen que es más importante el ritual del tratamiento con acupuntura y los efectos no específicos de la técnica.
- Otros investigadores sostienen que el tipo de acupuntura placebo no es válido para los estudios controlados, debido a que la punción de una región del cuerpo por si misma produce una respuesta neurofisiológica.

- Existen diferentes factores que pueden explicar los resultados negativos de la intervención acupuntural.
- En la terapéutica acupuntural están inmersos los efectos específicos como los inespecíficos; los efectos específicos son independientes del placebo.
- El vínculo entre la ciencia básica y clínica pretende dilucidar los mecanismos de acción de la acupuntura que sean aterrizzables en la práctica clínica.
- Los efectos fisiológicos específicos de la acupuntura dependen de parámetros de la aguja, como la profundidad de inserción, tipo, amplitud y frecuencia de la estimulación de la aguja.

Preguntas de repaso

1. ¿Cuáles son los factores que conllevan a la mejoría clínica de una enfermedad?
2. Mencione los periodos que distinguen las etapas de una enfermedad.
3. ¿Defina el concepto de placebo?
4. ¿Qué influencia tiene la cultura sobre el placebo?
5. Describa los efectos inespecíficos y específicos de la acupuntura.
6. ¿Qué relevancia tendría establecer vínculos entre la ciencia básica y clínica?

Referencias

1. Bhugra D, Ventriglio A. Do cultures influence placebo response? *Acta Psychiatr Scand.* 2015 Oct;132(4):227-30.
2. Carlino E, Torta DM, Piedimonte A, Frisaldi E, Vighetti S, Benedetti F. Role of explicit verbal information in conditioned analgesia. *Eur J Pain.* 2015 Apr;19(4):546-53.
3. Chae Y. The dilemma of placebo needles in acupuncture research. *Acupunct Med.* 2017 Oct;35(5):382-383.
4. Dos Santos Maciel LY, Dos Santos Leite PM, Neto ML, Mendonça AC, de Araujo CC, da Hora Santos Souza J, De Santana JM. Comparison of the placebo effect between different non-penetrating acupuncture devices and real acupuncture in healthy subjects: a randomized clinical trial. *BMC Complement Altern Med.* 2016 Dec 15;16(1):518.
5. Goodnick PJ, Breakstone K, Wen XL, Kumar A. Acupuncture and neuropathy. *Am J Psychiatry.* 2000 Aug;157(8):1342-3.
6. Gong CZ, Liu W. To be, or not to be: The calculated politics of acupuncture in JAMA. *Chin J Integr Med.* 2017 Nov;23(11):803-808.
7. Kong J, Spaeth R, Cook A, Kirsch I, Claggett B, Vangel M, Gollub RL, Smoller JW, Kaptchuk TJ. Are all placebo effects equal? Placebo pills, sham acupuncture, cue conditioning and their association. *PLoS One.* 2013 Jul 31;8(7):e67485.

8. Liu T. Route of placebo administration: Robust placebo effects in laboratory and clinical settings. *Neurosci Biobehav Rev.* 2017 Sep 21.
9. Koog YH. Effect of placebo acupuncture over no-treatment: A simple model incorporating the placebo and nocebo effects. *Complement Ther Med.* 2016 Feb;24:69-72.

Capítulo 3

Sistemas de bioinformación

3.1 Modulación

El cuerpo es una máquina dotada de mecanismos de auto-reparación, a veces olvida cómo hacerlo y enferma, restablecer el balance volviendo a instalar la información olvidada, es regresarla a su propia naturaleza humana

La real academia de la lengua española define el concepto de modulación de la siguiente manera:

Modular .Del lat. *Modulāri*.

1. Variar con fines armónicos las cualidades del sonido en el habla o en el canto.
2. Modificar los factores que intervienen en un proceso para obtener distintos resultados; p.ej., aumentar la temperatura para acelerar una reacción.
3. Variar el valor de la amplitud, frecuencia o fase de una onda portadora en función de una señal.
4. Pasar de una tonalidad a otra.

En atención a ello, la modulación es un término aplicable a diferentes contextos relacionados con el verbo modular. En la MTC, se menciona que todo en el universo está formado por dos fuerzas opuestas y complementarias en constante transformación denominadas yin-yang. Esta interacción de energías puede aplicarse a todos los conceptos existentes, ya que ambas complementan un todo. Se puede aplicar a las direcciones: el norte es yang, el sur es yin. Aplicado a la temperatura: el frio es yin, el calor es yang. También al concepto de fluir del tiempo: el mediodía es yang y la medianoche es yin. A cambios de magnitud

física: el incremento de masa es yin, el decremento es yang. A cambios de altura: el alto es yang, el bajo es yin.

El yin-yang puede subdividirse a su vez en yin-yang. Un objeto puede estar caliente o frío, pero a su vez lo caliente puede estar ardiente o templado.

La manifestación de la vida así como de todos los procesos biológicos, físicos y eléctricos resulta de la interacción de las fuerzas de la naturaleza, cuyo equilibrio y bienestar resulta de la perfecta relación entre el yin-yang. En este sentido, el día (yang) ocurre de manera transitoria para dar oportunidad a la noche (yin); lo que permite la sucesión del día y la noche. Tales eventos regulan nuestras actividades diarias y sincronizan nuestros ciclos de descanso y trabajo. Esta interacción requiere de un orden y equilibrio dinámico mantenido por los mecanismos autorreguladores o moduladores de la naturaleza, los cuales se ven reflejados en la perfecta relación que existe entre los ciclos vitales de la vida. Por lo tanto, el concepto de modulación también es aplicable en la MTC.

Modulación en música

La modulación en música tonal se refiere al cambio hacia tonos vecinos de una escala musical, así como en la amplitud e intensidad de las ondas sonoras que producen el sonido. Un mismo acorde puede incrementar (yang) o disminuir (yin) en semitonos, cambiando solamente una nota. El ordenamiento de los sonidos para generar armonía en una pieza musical, también requiere de la modulación. En términos de la MTC el sonido orquestado se refiere a diferentes grados de expresión entre el yin-yang.

Modulación en telecomunicaciones

El concepto de modulación aplica también en telecomunicaciones. Con la finalidad de evitar interferencias y ruido de una onda

portadora a través de un canal de comunicación, se modulan parámetros como la frecuencia, amplitud y longitud de onda.

Generalmente las señales de entrada (banda base) no pueden ser enviadas directamente hacia el canal o medio de comunicación. Primeramente debe modificarse una onda portadora, cuyas propiedades se adaptan mejor al canal para representar el mensaje, es decir, las señales son en ocasiones modificadas para facilitar su transmisión. Como se describió previamente, parámetros a modular son la frecuencia y amplitud, que en términos del yin-yang se traduce en incrementos (yang) o decrementos (yin) para obtener frecuencias altas o bajas. Lo mismo aplica para la amplitud.

La modulación constituye una modificación sistemática de una onda portadora de acuerdo con el mensaje (señal modulada); y puede ser también una codificación que pretende conseguir una adecuación entre señal y canal para que la transmisión ocurra en el rango de frecuencias en las que el canal proporciona la óptima respuesta. El dispositivo encargado de realizar la modulación se denomina modulador.

Existen diferentes razones de importancia para la modulación de una señal en telecomunicaciones:

- Favorece la propagación de la señal por cable o por aire.
- Define la calidad de la señal transmitida.
- Disminuye la interferencia, entre canales.
- Ordena el radioespectro distribuyendo canales a cada información distinta.
- Disminuye dimensiones de antenas.
- Optimiza el ancho de banda de cada canal.
- Protege a la información de las degradaciones por ruido.

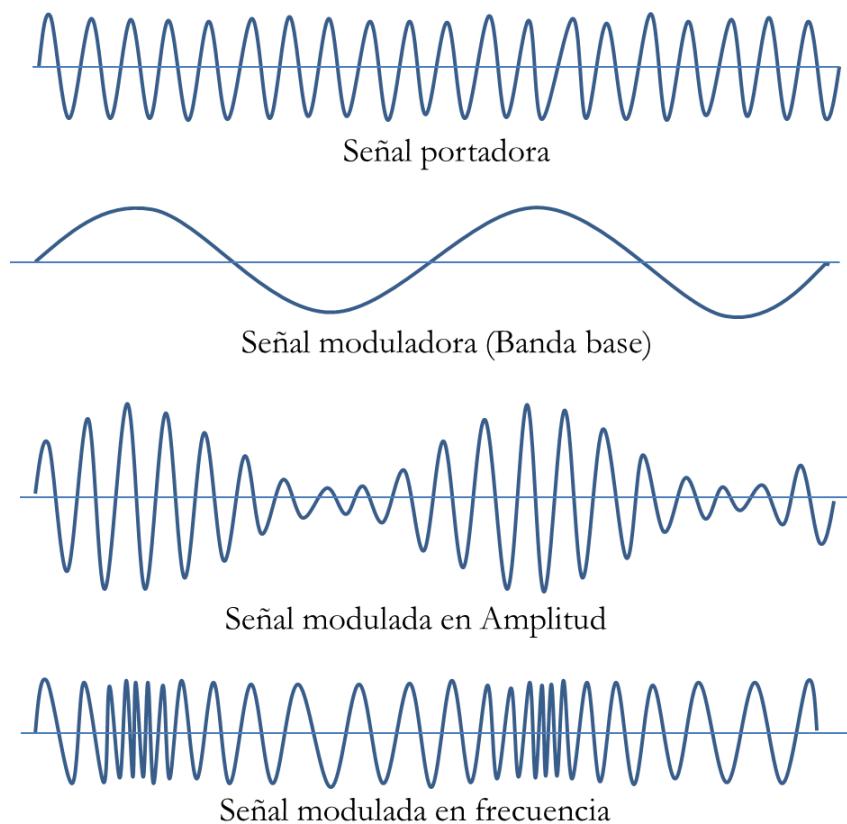


Figura 3.1 modulación de una señal moduladora (banda base).

En la naturaleza los estímulos o fuentes energéticas varían en cuanto a frecuencia e intensidad. La luz es diferente a las ondas sonoras, también a la temperatura, así como a las partículas químicas suspendidas en el ambiente o incluidas en los alimentos. Por su parte, el organismo humano presenta estructuras especializadas denominadas receptores que tienen la capacidad de transformar en impulsos eléctricos los diferentes estímulos que inciden sobre él. En consecuencia, también se realiza una codificación entre la señal (estímulo) y el canal de transmisión (vías nerviosas), lo cual permite que diferentes estímulos o variaciones energéticas sean reconocidos, gracias a su transformación y codificación en el lenguaje que reconoce el sistema nervioso, “los impulsos eléctricos”, así como los cambios de voltaje que ocurren en las neuronas sensitivas.

Modulación en electricidad

El voltaje así como la intensidad lumínica puede modularse a través de reguladores de voltaje, esto evita que el suministro eléctrico genere daños o queme los circuitos eléctricos de los electrodomésticos a causa de descargas o irregularidades en el voltaje (rayos, sobrecarga). Por lo cual, es importante mantener la energía en un punto medio evitando los picos altos (exceso de yang) y bajos (exceso de yin) así como las fluctuaciones en el voltaje.

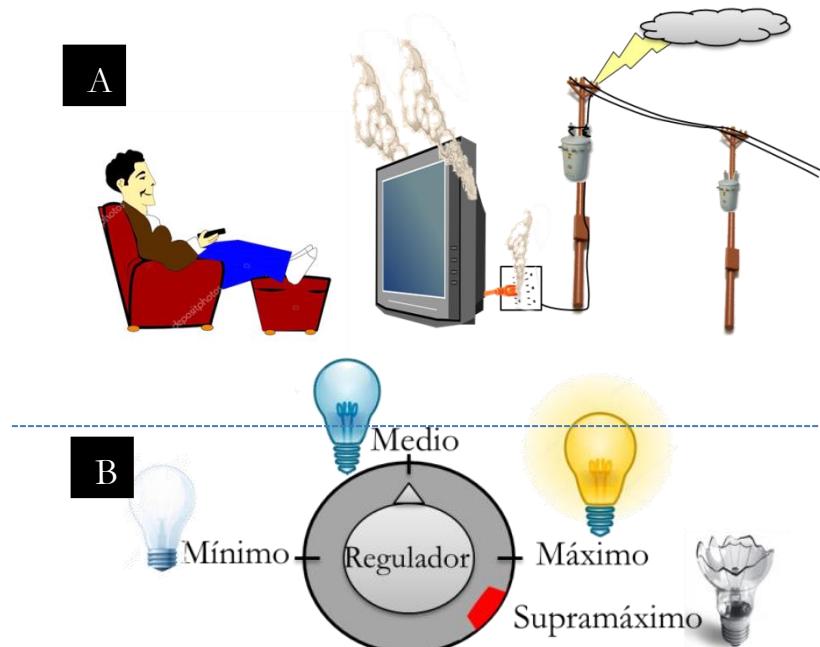


Figura 3.2 A) La ausencia de un regulador de voltaje incrementa el riesgo de daño al electrodoméstico por fluctuaciones en el voltaje. B) Regulador para modular la intensidad de la luz (mantiene el balance entre el yin-yang). En ausencia del regulador, es factible el daño a la bombilla al incrementar la intensidad lumínica a un valor supramáximo (exceso de yang).

La ausencia del filtrado o modulación del voltaje favorece un incremento inesperado en el voltaje por encima de los valores, (sobretensión, exceso de yang) o una reducción en el nivel de voltaje (baja tensión, exceso de yin). En consecuencia, se incrementa el riesgo de falla en el circuito eléctrico. Aplicado a los

sistemas biológicos, las variables también requieren ser moduladas; por ejemplo, un incremento inesperado y mantenido en la presión arterial constituye un factor de riesgo cardiovascular y renal. Motivo por el cual se requiere de mecanismos moduladores que se encarguen de contrarrestar tales cambios para mantener constante la presión arterial.

En síntesis, la modulación puede aplicarse a distintos contextos, los cuales pueden resumirse en modificar, ya sea incrementando (yang) o disminuyendo (yin) la variable involucrada. En términos de la MTC, hace referencia a diferentes grados de manifestación del yin-yang para mantener el balance.

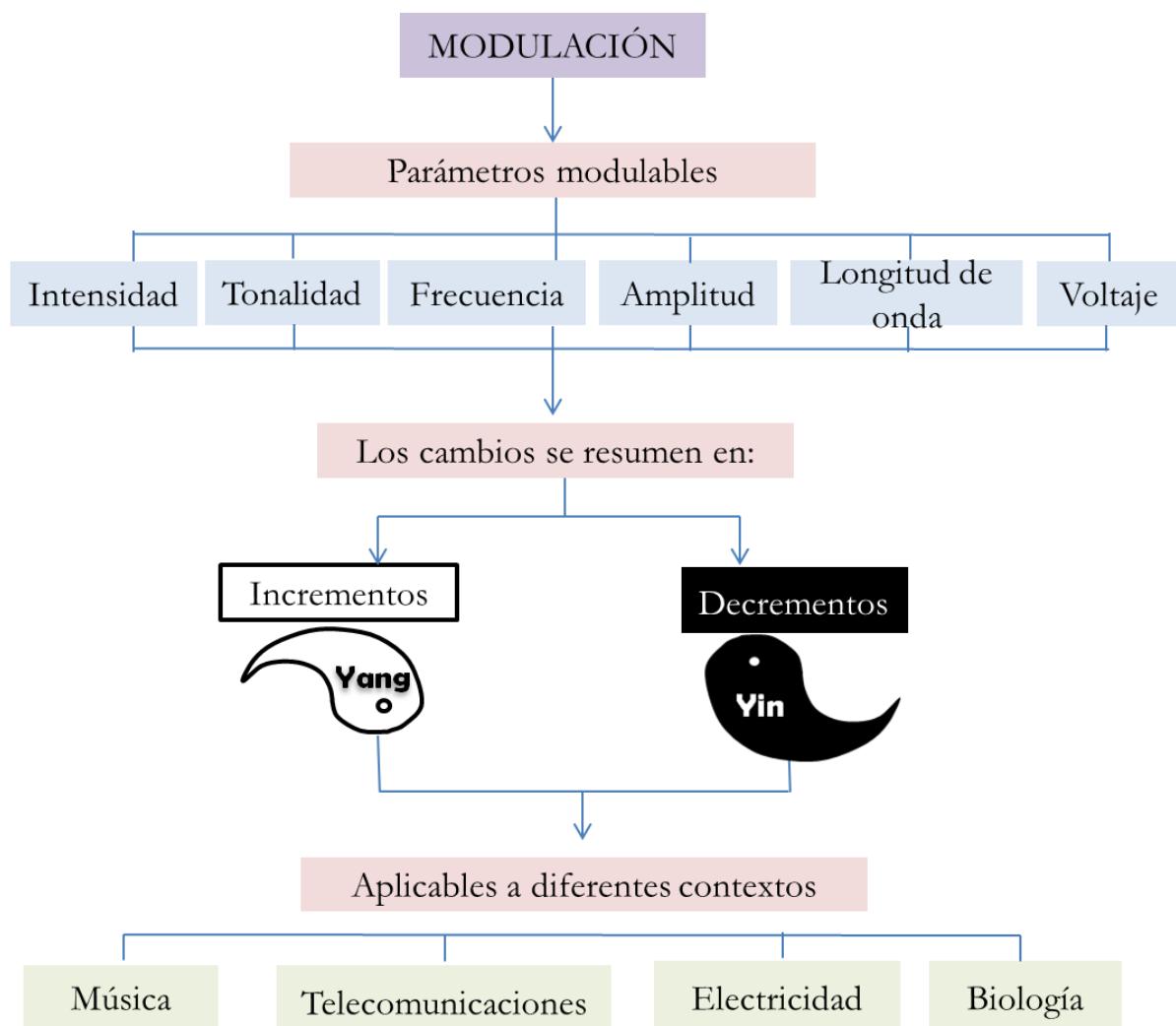


Figura 3.3 Contextualización de la modulación y su relación con el yin-yang en diferentes contextos.

3.2 Modulación y procesamiento de la información

Procesamiento de la información en las computadoras y los sistemas biológicos

El procesamiento de la información consiste en realizar operaciones elementales como las operaciones aritméticas (suma-resta), operaciones lógicas (falso-verdadero) y/o operaciones de comparación o relacionales. El resultado del procesamiento será acorde a los datos que recibe el procesador. En los sistemas biológicos los datos de ingreso al sistema varían en cuanto a órdenes de magnitud, amplitud, frecuencia e intensidad.

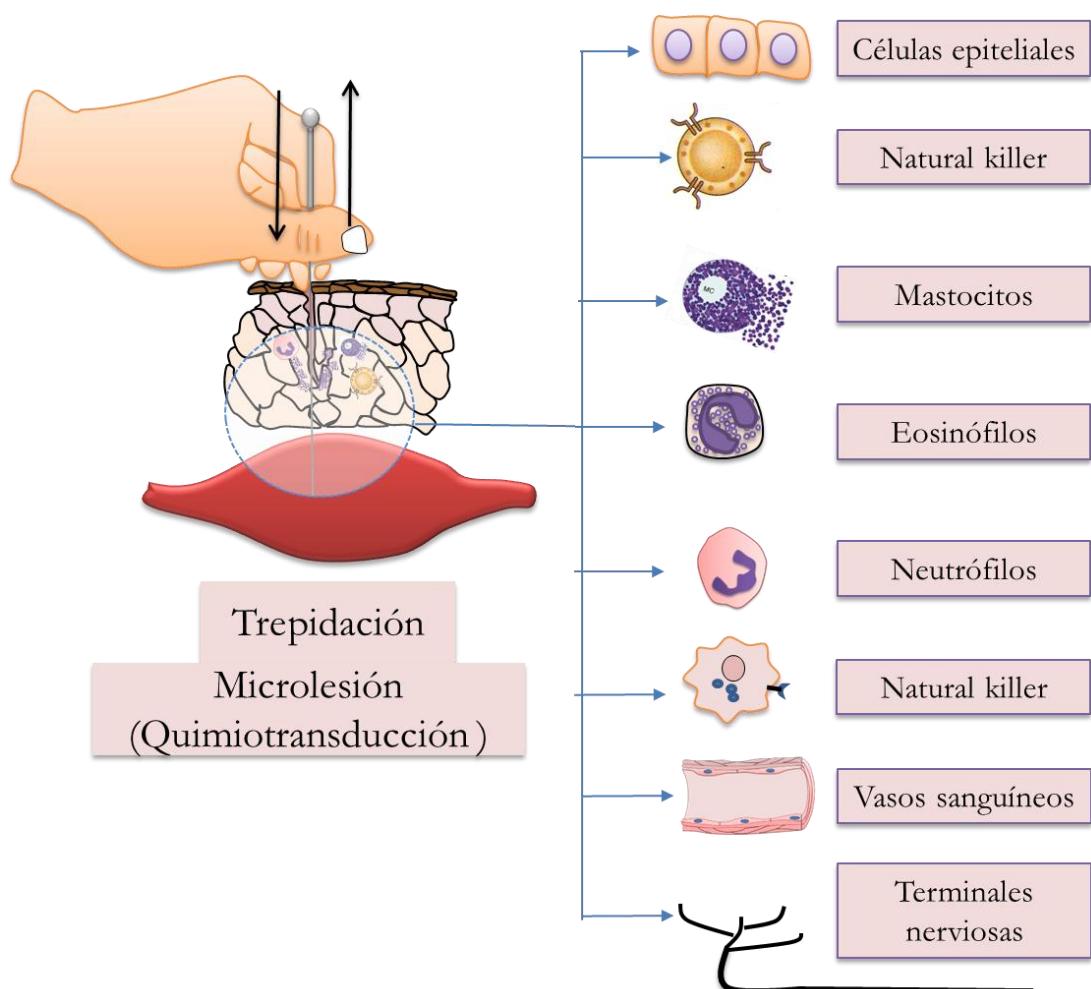


Figura 3.4 Elementos celulares que responden a la técnica de estimulación mediante trepidación de la aguja de acupuntura.

La acupuntura produce distintas respuestas celulares en función de la técnica de estimulación (datos de ingreso al sistema). Por ejemplo, la técnica de trepidación de la acupuntura manual, favorece la liberación de mediadores de la inflamación producto del microtrauma desencadenado por la velocidad de punción (frecuencia) y grados de profundidad (amplitud) a los tejidos blandos.

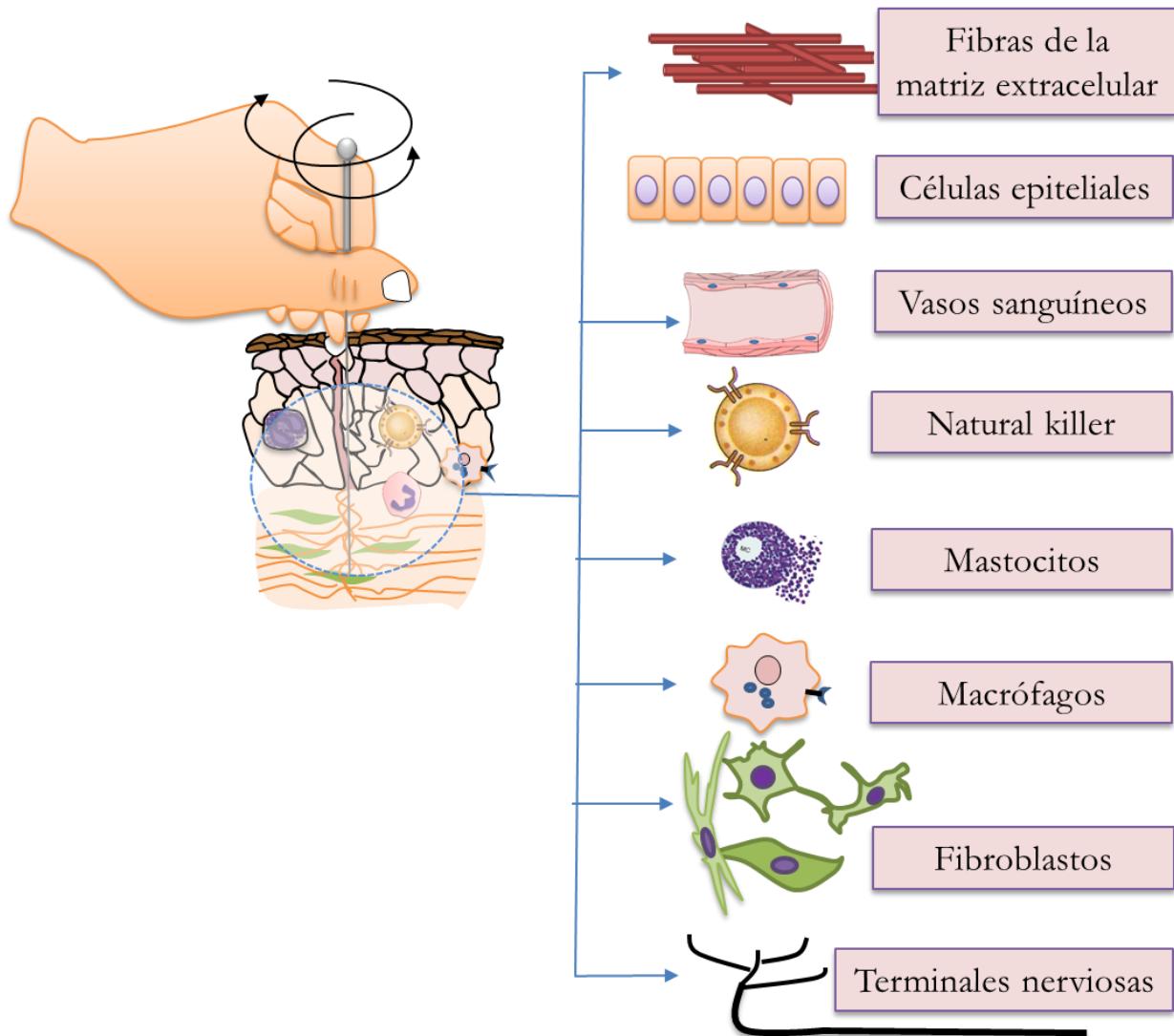


Figura 3.5 Elementos celulares que responden a la técnica de rotación de la aguja de acupuntura.

La frecuencia aproximada puede ser de 2 a 10Hz, la cual depende de la habilidad del acupuntor. Las células inmunológicas poseen receptores capaces de detectar las sustancias químicas

liberadas por el trauma de la aguja. Las células sensoriales también tienen receptores de membrana para tales sustancias químicas. Una vez unidas producen cambios en el voltaje y en consecuencia un impulso eléctrico.

La capacidad de las células para responder a los estímulos químicos se denomina quimiotransducción y constituye uno de los mecanismos de acción de la acupuntura para ejercer sus efectos en el sitio de punción así como desencadenar los efectos sistémicos

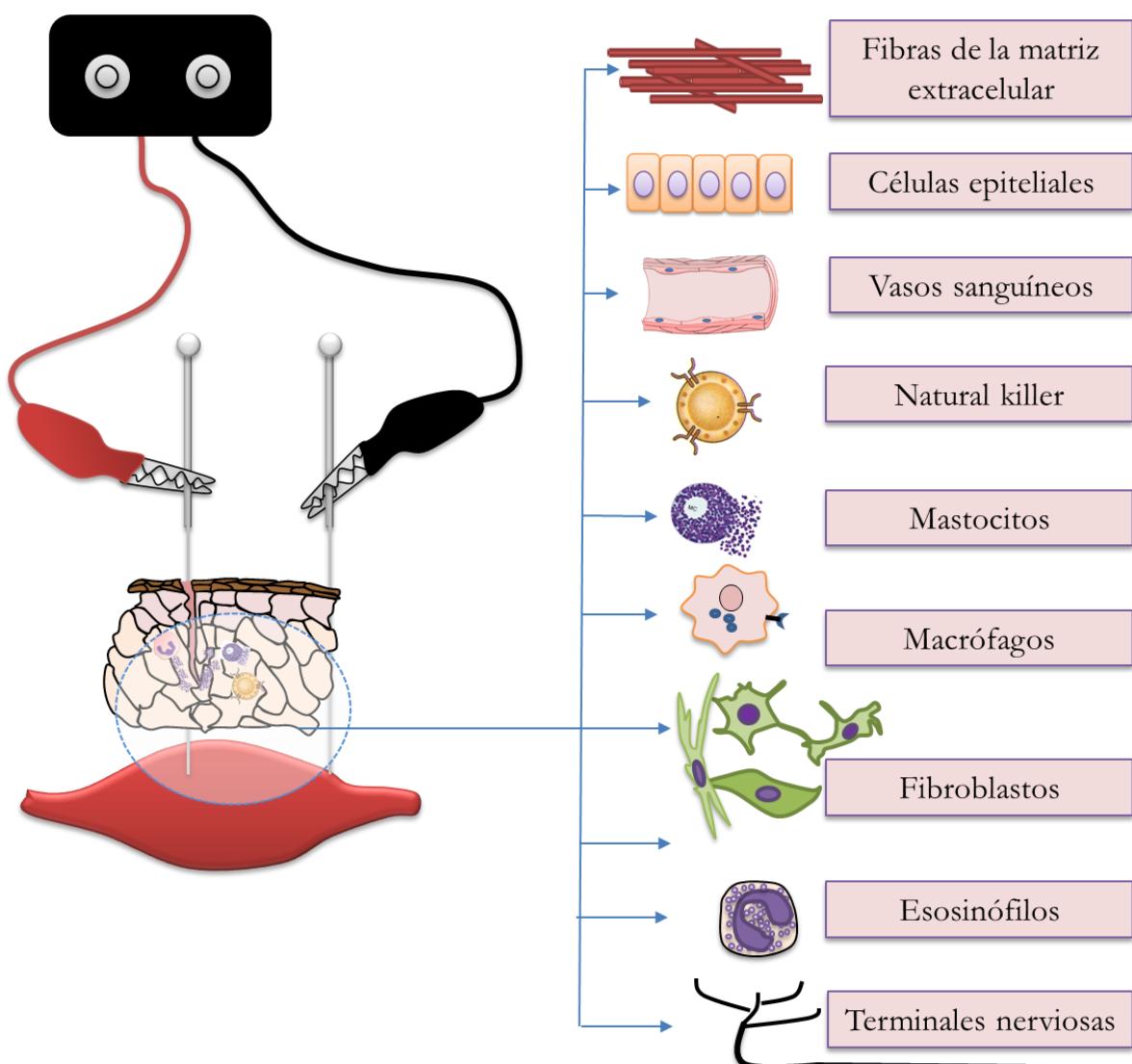


Figura 3.6 Elementos celulares que responden a la electroacupuntura.

En otra técnica de la acupuntura denominada “técnica de rotación”, la aguja se gira en una dirección (unidireccional) o en ambos sentidos (bidireccional). Este procedimiento favorece el enrollamiento de las fibras de la matriz extracelular (colágena, elastina y reticulares) sobre el eje de la aguja y en consecuencia, produce la deformación del tejido conectivo. La frecuencia de rotación puede ser de 2 a 10Hz y depende de la habilidad del acupunturista. La amplitud depende del ángulo de giro que puede ser desde 90° hasta los 360°.

La mecanotransducción constituye un proceso de transmisión o conversión de fuerzas mecánicas provenientes del medio o matriz extracelular, que desencadenan repuestas bioquímicas intracelulares para producir respuestas de adaptación al medio. La interacción entre la matriz extracelular (ME) y las células residentes en ella a través de estos mecanismos de mecanotransducción, es fundamental para determinar la forma y función de los tejidos conectivos blandos. También es indispensable para el desarrollo, la remodelación, durante las adaptaciones y reparación en respuesta a la enfermedad y lesión.

El mecanismos de mecanotransducción se encuentra asociado a un acople entre las fibras de la matriz extracelular con la aguja de acupuntura; de tal manera que, entre más giros se realicen, mayor acople y enrollamiento de las fibras con la aguja de acupuntura. El resultado es mayor respuesta celular asociada a la mecanotransducción, es decir, se establece una relación intensidad-respuesta. Este cambio tiene como analogía a cuando el espagueti se enrolla en el tenedor como producto de su giro.

Existe otra variante de estimulación de las agujas denominada electroacupuntura (EA), que consiste en la administración de pulsos eléctricos a través de las agujas conectadas por medio de un caimán a un electroestimulador. En el caso de la EA las respuestas celulares están en función de parámetros como la frecuencia, intensidad, amplitud y ancho de pulso de la estimulación eléctrica. Por ejemplo, se ha demostrado la liberación de dinorfina, endomorfina, colecistocinina (CCK8) y orfanina cuando se aplica

EA a frecuencias de 100Hz. La EA de 15 Hz, favorece la liberación de encefalinas, β -endorfinas y dinorfinas. Mientras que la EA de 10 Hz favorece la liberación de sustancia P. La EA de 4 Hz produce la liberación de dinorfina y endomorfina y la EA de 2 Hz de encefalinas, β -endorfina y endomorfina.

Tabla 3.1 Liberación de opioides dependientes de la frecuencia de estimulación

Frecuencias (Hz)	Opiode							
	SP	Enc	β -endo	Din	Endom	CCK8	Orf	
100				x	x	x	x	
15		x	x	x				
10	x							
4				x	x			
2		x	x		x			

Abreviaciones: SP= Sustancia P, Enc=Encefalina, Din=dinorfina, β -endo= β -endorfina, Din=dinorfina, Endom=endomorfina, CCK8=colecistocinina, Orf=orfanina

3.3 Modulación y sistema binario

Para el procesamiento de la información los sistemas computacionales utilizan el sistema de numeración binario, en el que los datos ingresados al sistema son convertidos en números dígitos. Estos se representan utilizando dos dígitos: cero y uno (0 y 1), que representan también pulsos electrónicos de encendido y apagado.

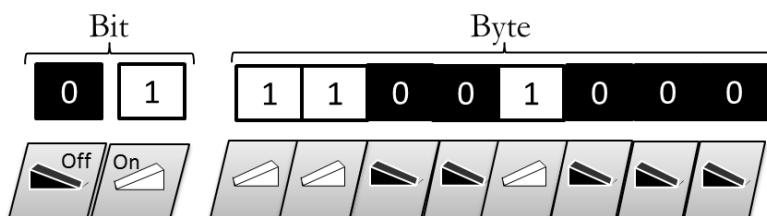


Figura 3.7 Relación de los códigos 0 y 1 con el bite y byte.

La computadora utiliza un grupo de 8 dígitos de 0 y 1, para representar un carácter, número o letra. Cada conjunto de 8 dígitos binarios se denomina byte y cada uno de los ocho dígitos del byte se llama bit. Las computadoras transducen la realidad a 1 y 0, proceso conocido como digitalización de la información.

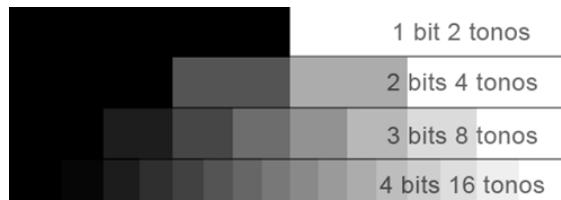


Figura 3.8 Relación de los tonos con los bits.

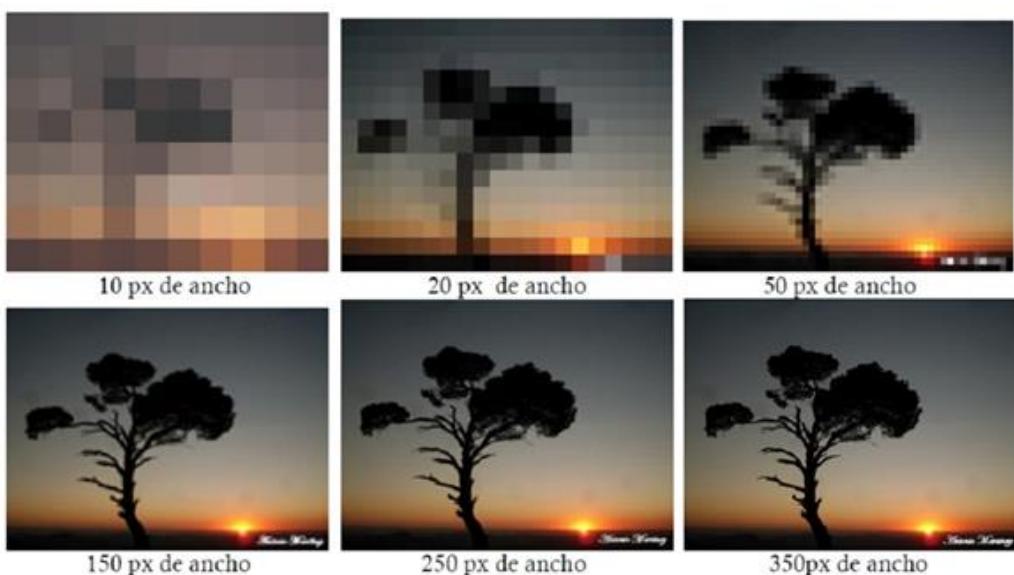


Figura 3.9 Relación entre el número de pixeles (conjunto definido de puntos cuadrados) con la resolución. Cada pixel de una imagen almacena la información de su tono o luminosidad (un bit por pixel = dos colores monocromáticas, 2 bits por pixel = 4 colores o CGA, 4 bits por pixel 16 colores, estándar VGA. A mayor número de bits, mayor número de pixeles y por lo tanto mayor resolución de la imagen.

En informática, el bit es la unidad de medida de información mínima y constituye dos clases de información: prendido – apagado, si – no, uno – cero. Es como un interruptor de la luz que deja pasar o bloquea la corriente eléctrica. En MTC, tiene su

equivalente con los dos estados de manifestación de la energía y materia, es decir, en el yin-yang (apagado y encendido), componentes indispensables para realizar la modulación.

Como fue descrito previamente, las computadoras convierten toda la realidad en números dígitos de 0 y 1; y el sistema nervioso a través de los receptores transducen las modalidades sensoriales como luz, sonido, temperatura, tacto, en impulsos eléctricos o cambios de voltaje. Por lo tanto, existe una relación estrecha entre el modo de operación de las computadoras y el modo de trabajo del sistema nervioso, ya que al transducir las computadoras la realidad a 0 y 1, los receptores del sistema nervioso también transducen la realidad a cambios de voltaje, ya sea produciendo una hiperpolarización (apagado) o despolarización de las neuronas (encendido).

Los receptores sensitivos también son los responsables de transducir los estímulos desencadenados por las agujas de acupuntura (estímulo mecánico) a cambios de voltaje. La transmisión de estos impulsos ocurre por medio de neuronas sensitivas y sus neurotransmisores, haciendo relevos en la médula espinal, tallo, cerebral previo a su arribo al cerebro. La comunicación neuronal o sinapsis que se establecen en los núcleos de relevo, como la médula espinal, promedian los impulsos, integrando tanto las señales excitadoras (yang) como las inhibidoras (yin). El resultado es el bloqueo o la propagación del estímulo acupuntural así como de otras fuentes de información periférica como el dolor somático. El perfecto balance entre la excitación (yang) e inhibición (yin) favorece la generación de señales eléctricas dentro de un rango de normalidad. La pérdida de este balance resulta en patologías asociadas a un incremento (hiperestesia, hiperalgesia, alodinia) o decremento de la neurotransmisión (hipoestesia, hipoalgesia).

El procesamiento de la información tiene como objetivo:

1. Seleccionar la información que se recibe y desecha.

2. Procesamiento previo de la información antes de que esta se guarde e interprete.
3. Integrar la fuente de información para seleccionar la óptima respuesta en función del estímulo.

Es importante puntualizar que a pesar de que existen claras similitudes entre los sistemas informáticos con los biológicos existen diferencias. Por ejemplo, una computadora procesa datos a partir de un determinado grupo de instrucciones fijas o programas, mientras que el cerebro puede adaptarse a diferentes entradas generando un aprendizaje. El cerebro es más tolerante al daño que los sistemas de cómputo. Esto recae en la existencia de múltiples neuronas que pueden establecer infinidad de conexiones, mientras que en las computadoras son rutas fijas de información.

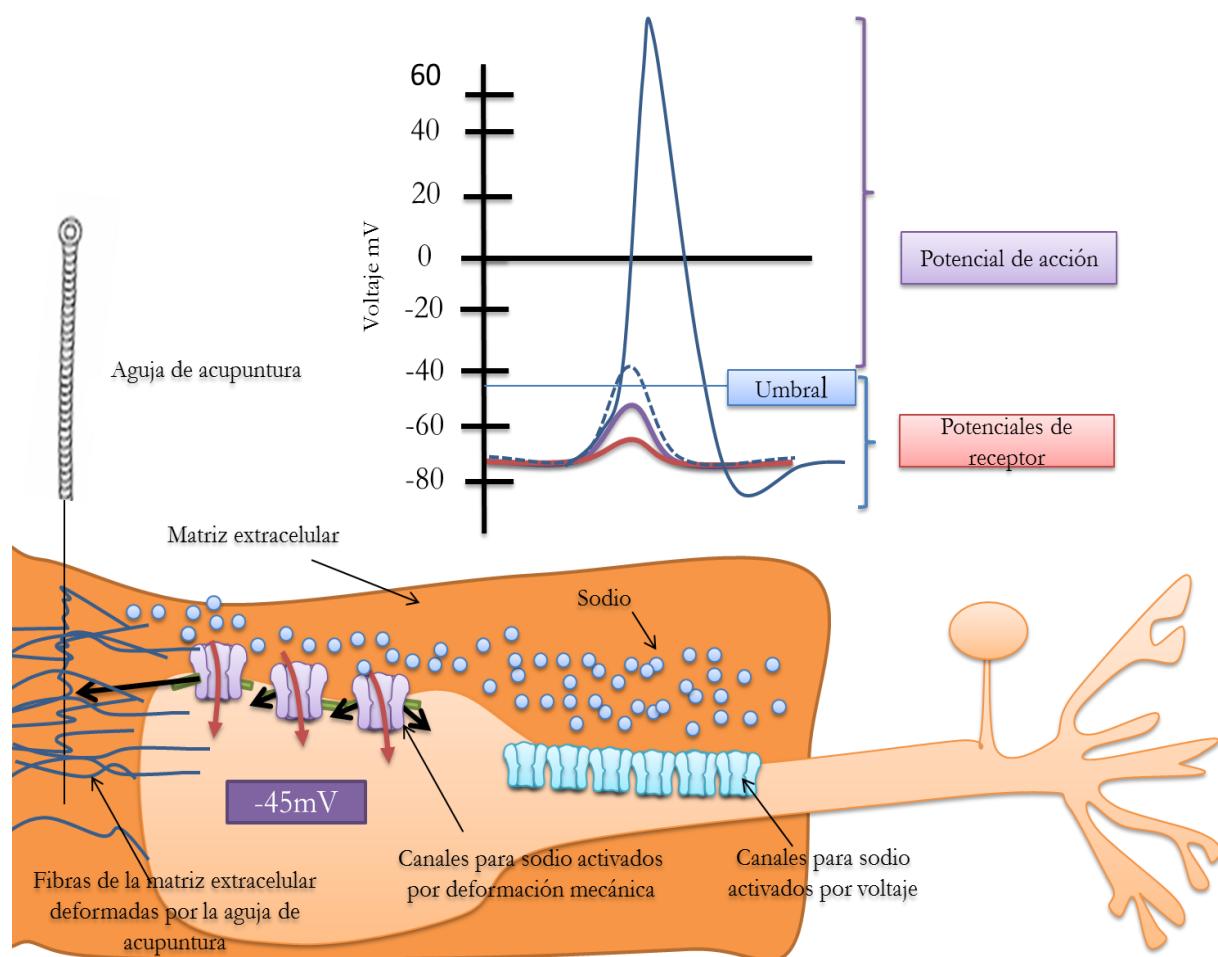


Figura 3.10 Transducción del estímulo acupuntural a potenciales de acción. Los potenciales de acción constituyen los elementos esenciales para la transmisión de los estímulos o códigos neurales desencadenados por la aguja de acupuntura. Previo a su generación, primeramente se produce una apertura de los canales iónicos a sodio sensibles a los estímulos mecánicos, el resultado es una despolarización graduada del mecanorreceptor (potencial de receptor) en respuesta al estímulo de la aguja. Posteriormente, se propaga pasivamente desde el receptor, pasando por el soma, hacia el segmento inicial del axón o cono axónico, en este último si la despolarización gradual es de suficiente intensidad para alcanzar el umbral de apertura de los canales iónicos activados por voltaje, se producirá una despolarización masiva, ya que en este sitio hay abundantes canales iónicos para sodio que se abren en coordinación con los cambios en el voltaje. Esta despolarización masiva se denomina potencial de acción.

El procesamiento de la información no solo recae en el sistema nervioso inclusive los organismos unicelulares como las bacterias tienen la capacidad de comparar los entornos más aptos que permitan su supervivencia. Así pueden censar la proporción de glucosa o sustratos con una situación más hostil. Con base en ello, la bacteria puede seleccionar el ambiente que más le convenga.

3.4 Modulación por impulsos codificados

Es claro que el cerebro trabaja a partir de un código de 0 y 1, es decir excitación e inhibición, pero también es importante la frecuencia de disparo de los potenciales de acción, es decir, recae en dos propiedades básicas, la frecuencia de muestreo (número de muestras tomadas en un segundo), así como de la sumación

espacial determinada por el número de posibilidades de excitación o inhibición que puede tener una neurona en función de las entradas. Este procedimiento de modulación es lo que se conoce como modulación por impulsos codificados. Para el caso de la acupuntura, ya se explicó previamente que sus respuestas dependen de parámetros de la aguja como intensidad y frecuencia de estimulación. Pero otro parámetro de relevancia es el sitio de punción. A través de estudios experimentales se ha demostrado que en función del sitio de estimulación pueden desencadenarse distintas respuestas acupunturales.

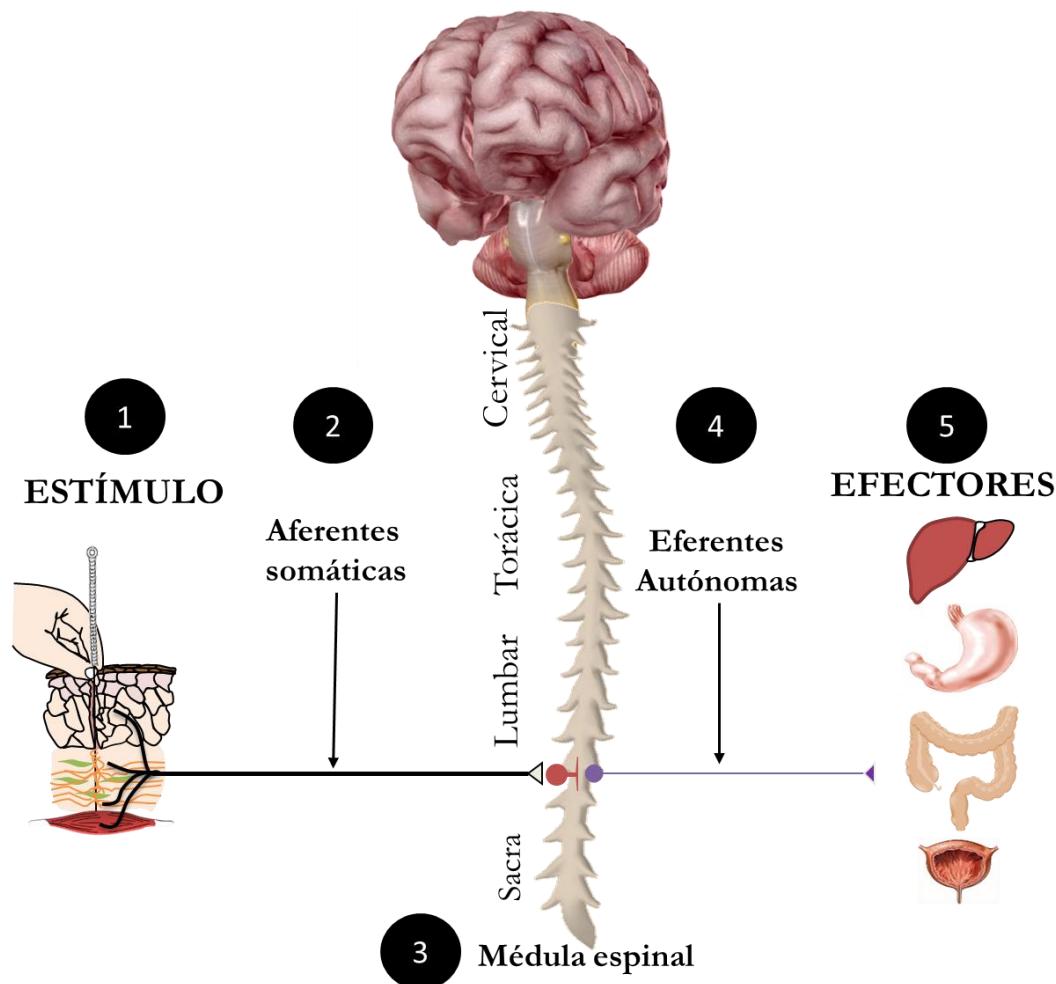


Figura 3.11 Mecanismos segmentales desencadenado por el estímulo acupuntura en las regiones abdominal, tórax y espalda.

El estímulo graduado en puntos localizados en las extremidades inferiores se encuentra asociado a la activación de los mecanismos colinérgicos que pueden ejercer acciones sobre los órganos-

vísceras a través de mecanismos somato-viscerales no segmentales. En contraste, el estímulo a ciertas intensidades de puntos localizados en la región del abdomen, tórax o región posterior de la espalda (sitios en donde se localizan los puntos Shu y Mu de la MTC), desencadena la activación de los mecanismos simpáticos segmentales. Es claro, que durante un tratamiento acupuntural, se colocan agujas tanto en las extremidades como en la región donde se localizan los puntos Shu y Mu (dorsales y anteriores), por lo cual se activan tanto mecanismos colinérgicos como adrenérgicos con el objetivo de modular la respuesta de los órganos-vísceras.

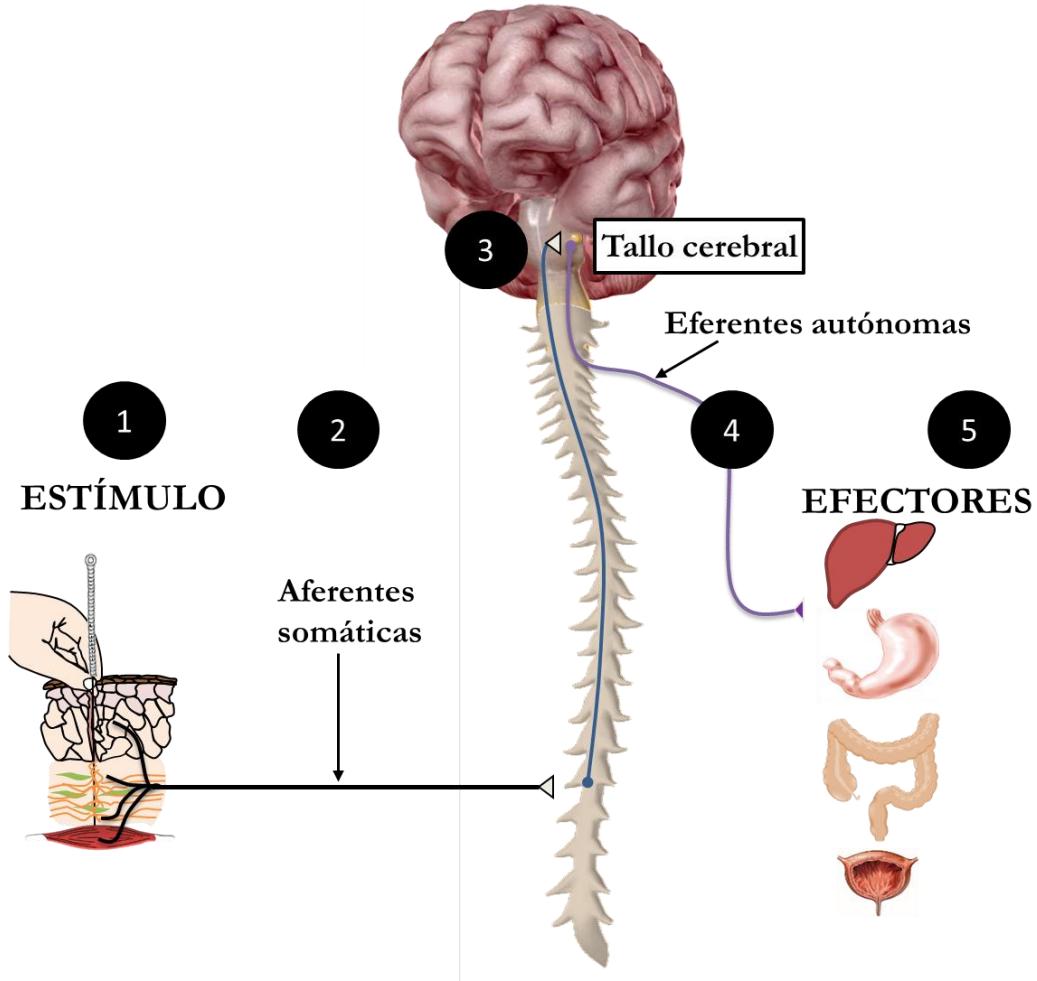


Figura 3.12 Reflejo somatovisceral no segmental. La vía eferente corresponde al nervio vago.

Otro aspecto de interés en la intervención acupuntural está en función de la distribución de los puntos sobre un mismo canal

de acupuntura. Por ejemplo, sobre el canal de intestino grueso (IG), en la extremidad superior, se localizan puntos de acupuntura cuyas indicaciones terapéuticas son muy similares según la tradición de la acupuntura.

El punto de acupuntura IG4 está indicado para el tratamiento de cefalea, odontalgias, epistaxis, sinusitis, faringo-amigdalitis, alergias, cefalea, desviación de la boca y ojos, parálisis facial, fiebre, entre otros más asociados a la invasión de las energías perversas externas. En adición, el punto de acupuntura IG5 también está indicado para cefalea, odontalgia, ojos rojos y edematosos, sordera y tinnitus, inflamación de garganta, dolor de articulación de la muñeca. Igualmente, el punto IG6 se prescribe para el tratamiento de odontalgias, ojos rojos, epistaxis, sinusitis, sorderas, tinnitus, parálisis facial, borborigmos, edemas en general, así como dolores reumáticos del miembro superior.

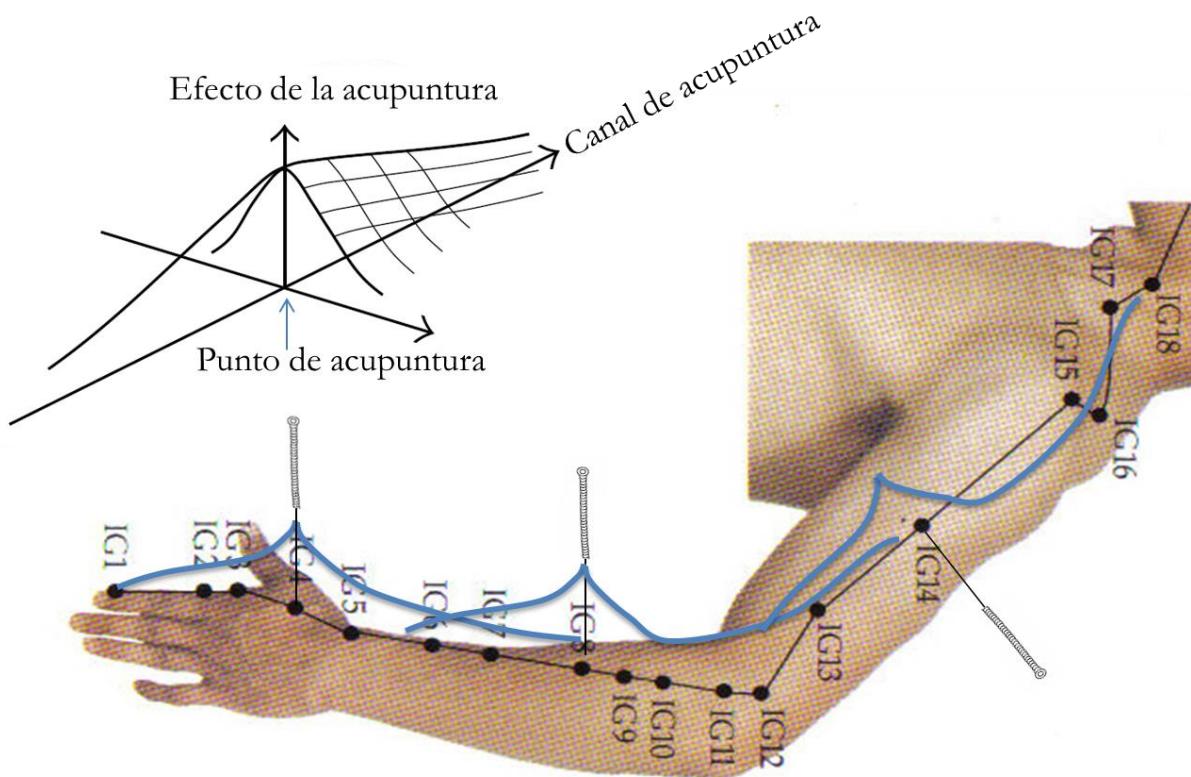


Figura 3.13 Sumación espacial del estímulo de puntos de acupuntura a lo largo del canal de intestino grueso (IG), se muestran la punción de los puntos IG4, IG8 e IG14

El punto de acupuntura IG8 es de utilidad para cefalea, mareo, visión borrosa, fiebre, dolor de codo y hombro, mala digestión, dolor abdominal, diarrea, melena.

IG 11 para el tratamiento de paresias, parálisis y reumatismo en miembros superiores, edema y dolor del codo, falta de movimientos del codo. Dolor abdominal, enteritis, diarrea, vómito, disentería, estreñimiento, alergias, (por humedad o frío). Gripe, dolor e inflamación de la garganta, sinusitis, enfermedades febriles, hipertensión arterial, dismenorrea, regulador de la energía corporal, escrúfula y urticaria. Es importante puntualizar que estos puntos también están indicados para el tratamiento de alteraciones musculoesqueléticos o tendinosas en el sitio donde se encuentran los puntos, es decir, indicaciones terapéuticas asociadas al territorio del canal.

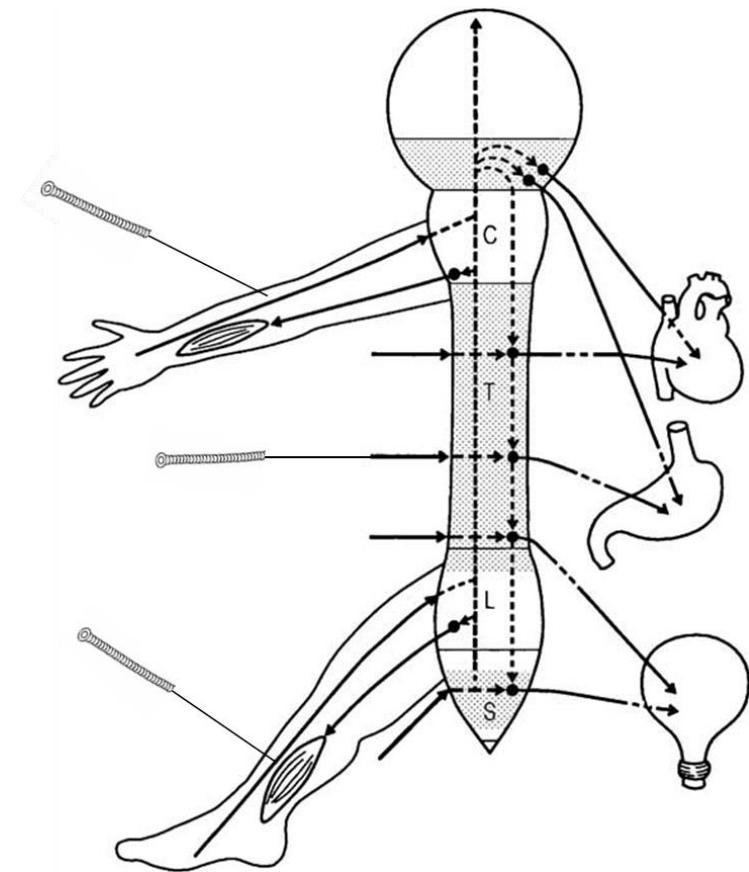


Figura 3.14 Integración y sumación espacial de los puntos de acupuntura localizados en las extremidades y en la región cervical,

torácica, lumbar y sacra. Se muestra la relación entre los reflejos somato-viscerales segmentales y no segmentales.

Con base en ello, el estímulo de puntos de acupuntura localizados sobre el mismo canal tiene como resultado la sumación espacial con el objetivo de reclutar una mayor cantidad de fibras aferentes y en consecuencia asegurar la activación de los centros de neuromodulación localizados en el SNC.

Resumen

- La modulación es un término aplicable a diferentes contextos así como a los procesos biológicos.
- El procesamiento de la información consiste en realizar operaciones elementales como las operaciones aritméticas (suma-resta), operaciones lógicas (falso-veradero) y/o operaciones de comparación o relaciones. En MTC tiene su equivalente con el yin-yang.
- En los sistemas biológicos los datos de ingreso al sistema pueden variar en cuanto a órdenes de magnitud, amplitud, frecuencia e intensidad.
- En el caso de la acupuntura, se conoce que en función de la técnica de estimulación (datos de ingreso al sistema) pueden desencadenarse diferentes respuestas.
- En lo referente a los sistemas de modulación, se considera la organización de los sistemas en los códigos binarios de 0 y 1, que para la MTC, se relaciona con el Yin y Yang. Para que el sistema opere en perfecto balance requiere de mecanismos de inhibición o estimulación.
- La modulación depende no solo de la frecuencia de disparo de los potenciales de acción, sino también en la sumación espacial.
- En el caso de la acupuntura la sumación espacial puede ocurrir sobre el trayecto del canal de acupuntura asociado

con un nervio periférico así como en aquello localizados en las extremidades o región torácica-abdominal.

Preguntas de repaso

1. Ejemplifique en que disciplinas puede aplicarse el concepto de modulación.
2. ¿Qué relación tiene el procesamiento de información en las computadoras con el yin-yang?
3. Mencione la importancia de la modulación en los circuitos eléctricos.
4. ¿Qué es la modulación por impulsos codificados?
5. Describa el mecanismo a través del cual el estímulo mecánico desencadenado por la aguja se transduce en potenciales de acción.
6. Mencione algunos ejemplos de sumación espacial aplicable a la acupuntura.

Referencias

1. Ding N, Patel AD, Chen L, Butler H, Luo C, Poeppel D. Temporal modulations in speech and music. *Neurosci Biobehav Rev*. 2017 Feb 14.
2. Dobek CE, Beynon ME, Bosma RL, Stroman PW. Music modulation of pain perception and pain-related activity in the brain, brain stem, and spinal cord: a functional magnetic resonance imaging study. *J Pain*. 2014 Oct;15(10):1057-68.
3. Stefan Gebhard, Markus Kunkel and Richard von Georgi. The use of music for emotion modulation in mental

- disorders: the role of personality dimensions. *Journal of Integrative Psychology and Therapeutics*. 2014; 2, 5.
4. Triki M, Slock D, Periodic signal extraction with global amplitude and phase modulation for music signal decomposition *IEEE Xplore*: 09; 2005.
 5. Zhang et al., Comparison of Acupuncture Effect on Blood Perfusion between Needling Nonacupoint on Meridian and Needling Nonacupoint off Meridian. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* Volume 2013.
 6. Sato A. J Somatovisceral reflexes. *Manipulative Physiol Ther*. 1995 Nov-Dec;18(9):597-602.

Capítulo 4

Modulación y sistemas biológicos

4.1 Biomodulación

Los nuevos enfoques sistémicos y de cibernetica consideran al ser humano como una estupenda máquina biológica, formada por diferentes elementos que permiten establecer, relaciones, asociaciones y la posibilidad de recordarlas.

Las células son las unidades funcionales y estructurales de los seres vivos, también consideradas como promediadores de los insumos que reciben. En consecuencia, es crítico conocer su lenguaje, propiedades, organización y capacidad de respuestas a los diferentes estímulos que se exponen. La biomodulación corresponde a la modificación de la actividad de las respuestas celulares del organismo, ya sea incremento o disminuyendo la actividad génica, la expresión de proteínas así como otros mecanismos suscitados en la célula.

Las células se organizan con base a funciones a fines para formar tejidos, órganos y sistemas. Prácticamente todas las funciones del organismo emanan de las células las cuales requieren de mecanismos precisos para regular estos incrementos o decrementos de la actividad en función de la demanda. Un factor indispensable es contar con un medio estable para que se susciten los procesos metabólicos de manera organizada y regulada, ya que el medio interno presenta fluctuaciones como resultado de la actividad metabólica y de los relojes endógenos en el organismo.

Todos estos procesos celulares se resumen en señales o fuentes de información que pueden representarse en una línea ondulada, mostrando la ciclicidad de los procesos biológicos que ocurren dentro de un rango de normalidad. En contraste, una línea recta representa la ausencia de fluctuaciones y en consecuencia el

equilibrio estático o la muerte. Estas fluctuaciones ocurren dentro de un rango con límites establecidos, es decir, presentan un máximo y un mínimo, así como una frecuencia de ocurrencia.

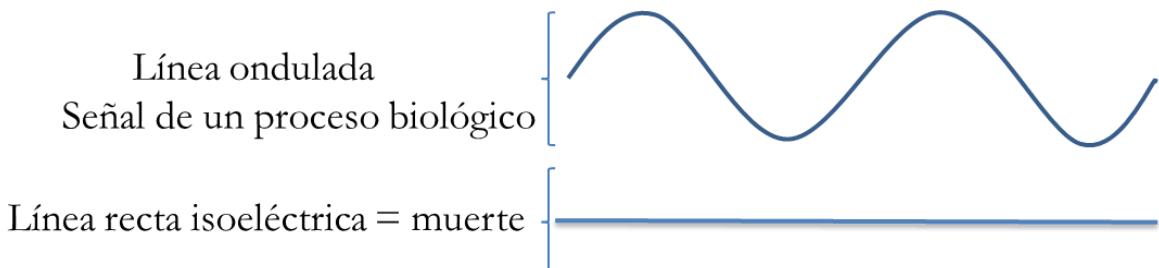


Figura 4.1 Representación de información biológica y ausencia de vida o muerte.

El organismo como sistema abierto está constantemente bajo las influencias de los estresores externos como internos. Estos producen cambios en los parámetros de la variable biológica, ya sea incrementando o disminuyendo la amplitud o la frecuencia de ocurrencia.

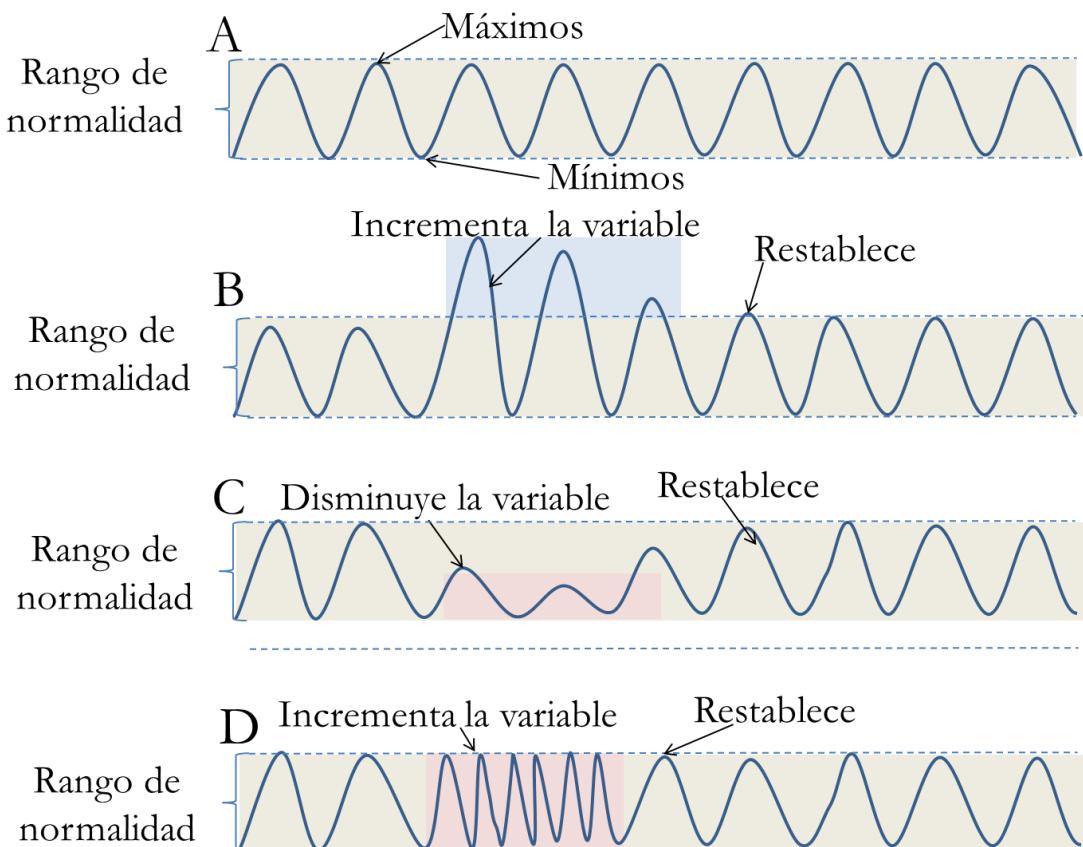


Figura 4.2 Modulación de series de tiempo. A) Representación gráfica de un ritmo biológico con máximos y mínimos. B)

Incremento en la amplitud de la variable por perturbación del entorno modifican el ritmo biológico, pero los mecanismos de biomodulación restablecen el cambio a su estado inicial. C) disminución en la amplitud de la variable y restablecimiento a su condición inicial por medio de los sistemas de retroalimentación. D) incremento en la frecuencia de la variable y restablecimiento a su condición inicial.

Para compensar estos cambios, el organismo activa mecanismos de retroalimentación negativa y restablece la variable hacia su normalidad, es decir, cuando se detecta una disminución, se activa un mecanismo de estimulación (yang); por el contrario, cuando se detecta un incremento, se activa un mecanismo de inhibición (yin).

Si consideramos el ejemplo de un sube y baja, el ascenso y descenso no tiende hacia el infinito, sino que el contrapeso de su opuesto proporciona la fuerza necesaria para mantenerlo en equilibrio. Para ello, las fuerzas entre ambos deben ser similares, ya que si uno de ellos, proporciona más o menos de la requerida el sube/baja estará ya sea arriba o abajo.

En síntesis, los parámetros que pueden modularse o modificarse de una señal biológica pueden ser la frecuencia, la dirección, la amplitud así como la intensidad de la señal, tales parámetros pueden incrementar (yang) o disminuir (yin) según lo demande el sistema.

4.2 Ritmos biológicos y la ciclicidad de los procesos biológicos

Actualmente, se conoce que la frecuencia cardiaca, la ovulación, la actividad cerebral, la secreción de hormonas, la frecuencia respiratoria presentan variaciones cílicas que se repiten a intervalos regulares de tiempo. Es decir, constituyen ritmos biológicos.

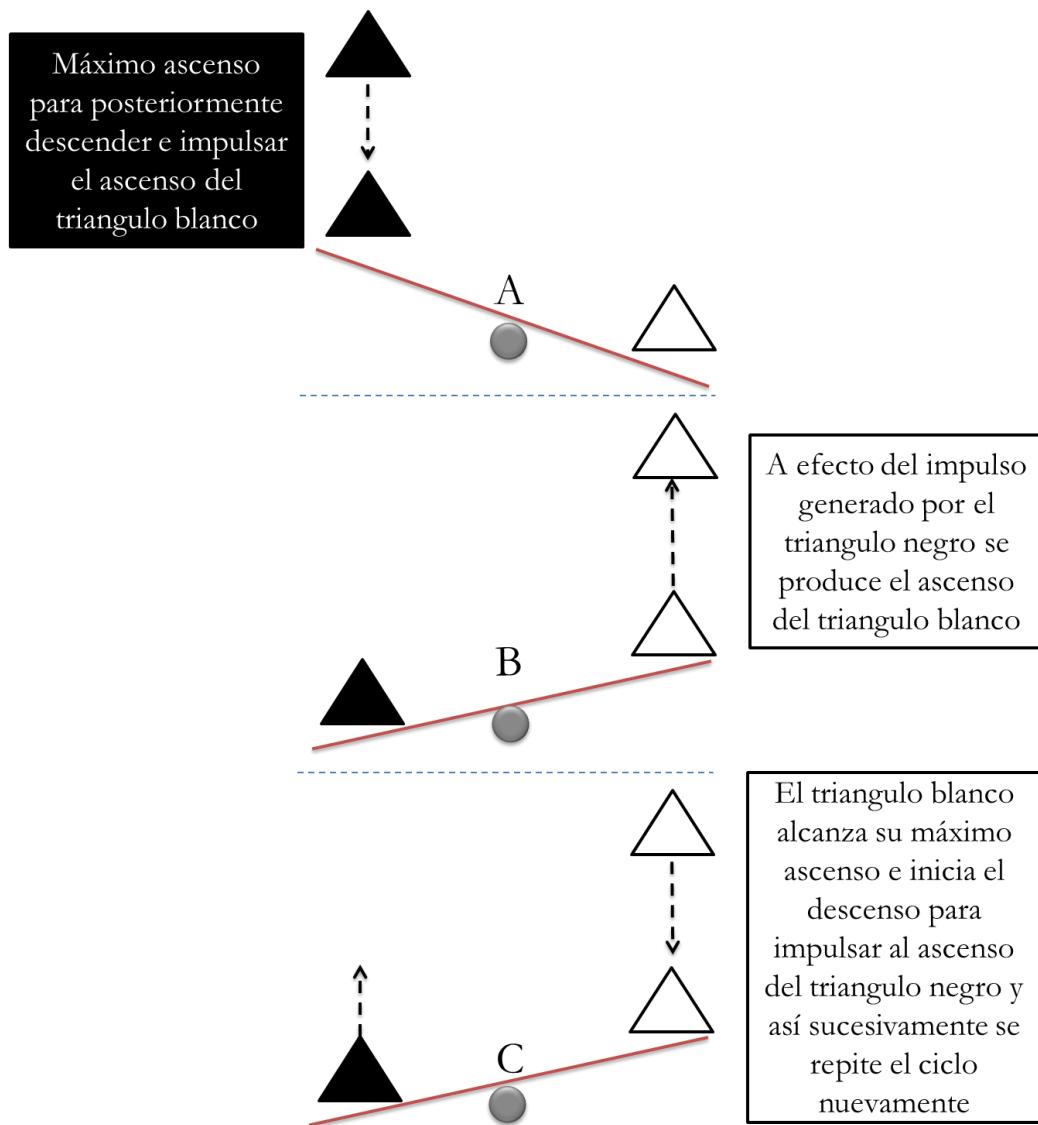


Figura 4.3 Ejemplo de control de los máximos y mínimos por analogía con un sube y baja.

Un ritmo biológico es la recurrencia de un fenómeno biológico en intervalos regulares de tiempo, que se relaciona con eventos cíclicos como la noche-día, las estaciones del año así como cambios en la presión atmosférica. Diferentes estudiosos de la fisiología humana demostraron que los ejes neuroendocrinos, las variables fisiológicas y los procesos metabólicos constituyen señales que oscilan o fluctúan constantemente. Por ejemplo, en 1842, Gierse describió por primera vez que la temperatura

corporal normal alcanza un mínimo en la mañana (36. 5 °C) y un máximo por la noche (37. 5 °C). En 1927, el médico sueco Forsgreen describió una relación inversa entre la formación de bilis y glucógeno en el hígado humano, en la cual la cantidad varía según la hora; al inicio del día los valores de cortisol alcanza su máximo valor y por la tarde comienza a decaer.

Los ritmos biológicos permiten la interacción de los seres vivos con su entorno físico, para satisfacer demandas tales como la alimentación, dormir y asearse. La cronobiología es la ciencia que estudia los ritmos biológicos los mecanismos que los regulan así como sus alteraciones.

Componentes de un ritmo biológico

Un rímo biológico está conformado por las vías aferentes, un marcapaso o reloj biológico, y vías de salida o eferente.

Estímulo y vías aferentes: constituido por la señal del medio ambiente, por ejemplo la luz que incide sobre la retina es enviada al NSQ por medio del tracto retino-hipotalámico.

Marca paso o reloj biológico: encargado de generar oscilaciones rítmicas para mantener un orden temporal interno (oscilador primario). Para el caso de un ritmo circadiano este corresponde al núcleo supraquiasmático del hipotálamo. En adición, establece una congruencia entre el reloj endógeno y el medio ambiente.

Vias eferentes: Las vías de salida con sus respectivos efectores: estos pueden ser los ejes neuroendocrinos, las vías eferentes del sistema nervioso autónomo así como los diferentes estirpes celulares que constituyen estos sistemas.

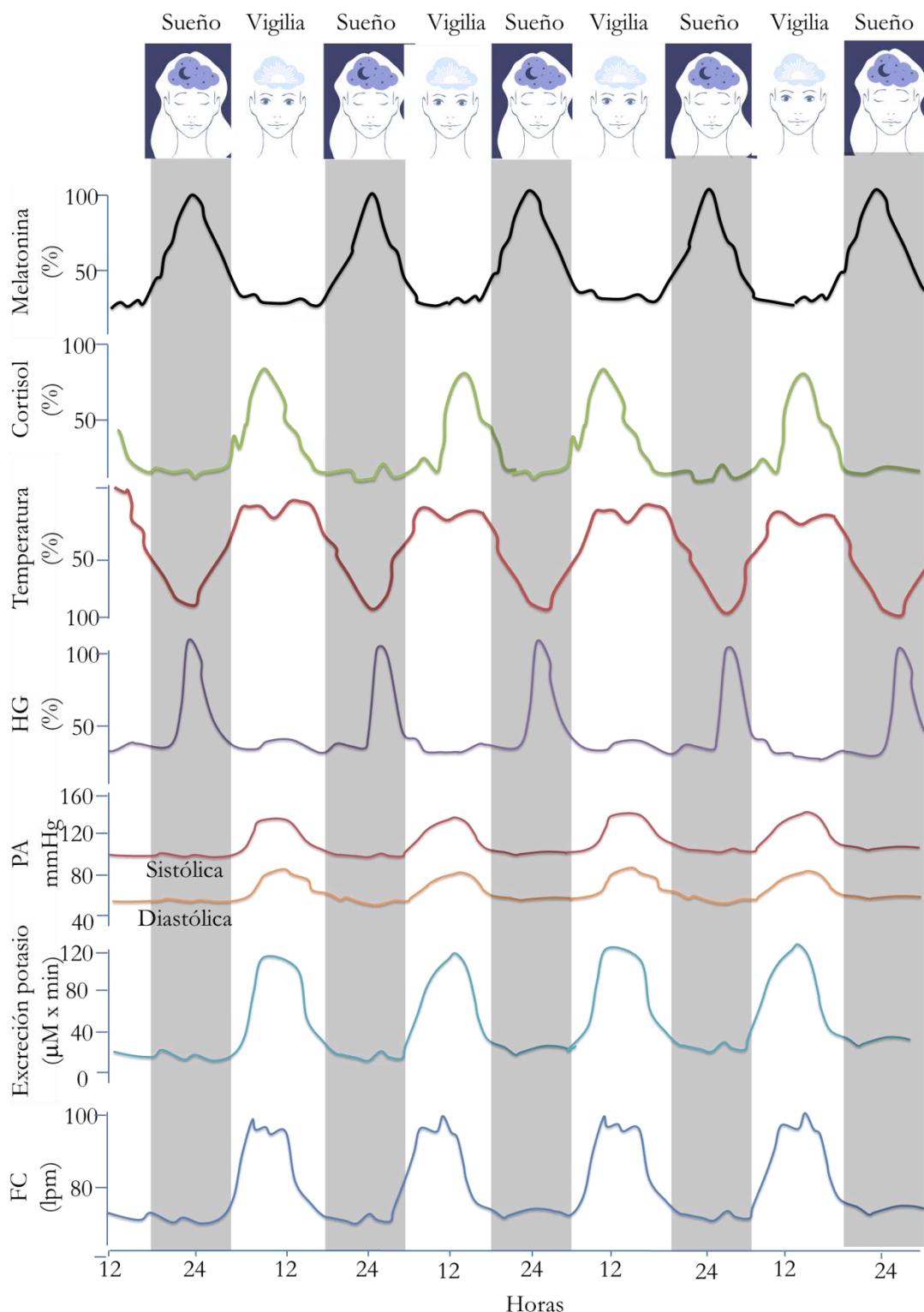


Figura 4.4 Representación de las fluctuaciones de variables fisiológicas durante los ciclos circadianos. Abreviaciones: FC, frecuencia cardiaca; PA, presión arterial; HG, hormona de crecimiento. Noteese que los fluctuaciones se encuentran en sincronía con las fases de sueño y vigilia, que en términos de la MTC se relaciona con la alternancia entre el yin-yang.

Características de un ritmo biológico

Un ritmo biológico presenta un periodo, frecuencia,. Fase de ascenso, máximo, mínimo y una amplitud.

Periodo: corresponde al tiempo que la oscilación requiere para cumplir un ciclo y volver al punto de partida.

Frecuencia: es el inverso del periodo que se define como el número de ciclos que ocurren en un tiempo determinado.

Fase de ascenso: Constituye el incremento de la actividad biológica.

Máximo: también denominado cresta que corresponde a la máxima actividad biológica.

Fase de descenso: Disminuye la actividad biológica.

Mínimo: Ocurre cuando la actividad biológica llega al punto de mayor decremento.

Amplitud: Representa el grado de cambio de la actividad o variable biológica.

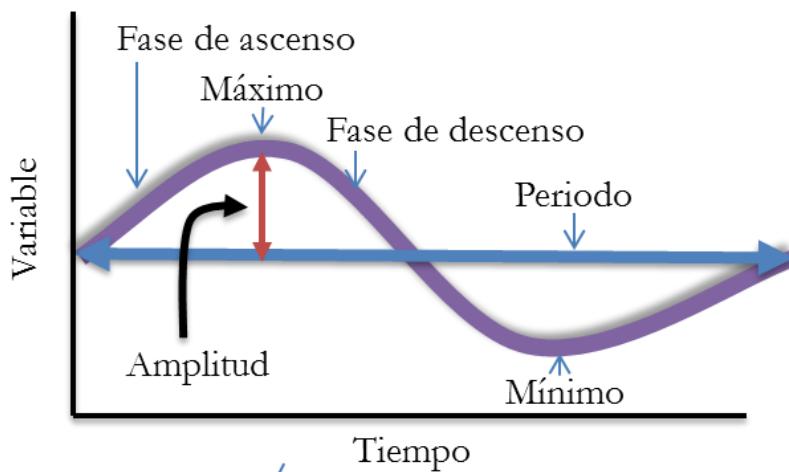


Figura 4.5 Representación gráfica de un ritmo biológico.

Tipos de ritmos biológicos

Los ritmos biológicos se diferencian según la frecuencia con la que ocurren en ultradianos, circadianos e infradianos.

Ultradianos: ocurren en ciclos menores a las 20 horas, es decir, a lo largo de un día. Estos reflejan la superposición de los estímulos externos e internos sobre la señal endógena. Como ejemplo tenemos a la frecuencia cardíaca, la frecuencia respiratoria, el apetito y las ondas cerebrales.

Circadianos: ocurren en un periodo aproximado de 24 horas y entre ellos se encuentran el ciclo sueño-vigilia, la fase de reposo-actividad así como la secreción de algunos tipos de hormonas como la melatonina.

Infradianos: su periodo es mayor a las 24 horas y se agrupan según el tiempo que tarda para completar el ciclo en circa-lunares, circa-anuales. El ciclo menstrual corresponde a un ejemplo de ritmo infradiano.

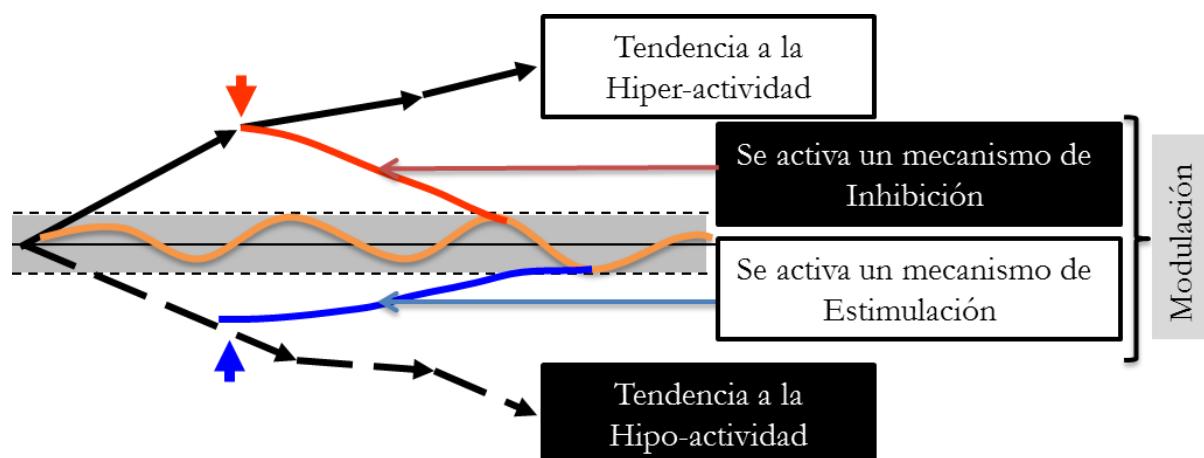


Figura 4.6 Mecanismo de regulación de los ritmos biológicos. La tendencia hacia la hiper-actividad, activa un mecanismo de inhibición para contrarrestar el exceso. La tendencia hacia la hipoadividad, activa el mecanismo de estimulación para contrarrestar la

disminución. La falla en los mecanismos de modulación conduce hacia los excesos o deficiencias.

4.3 La medicina china y los ritmos biológicos

Desde el marco conceptual de la Medicina Tradicional China (MTC) los fenómenos cílicos que ocurren en la naturaleza así como en los organismos tienen su equivalente en el yin-yang. El perfecto balance entre ambos permite el correcto funcionamiento del organismo. Los estados yin-yang corresponden a estados de equilibrio dinámico que ocurren de manera cíclica, es decir, un proceso biológico tendrá tanto una proporción de yin como de yang.

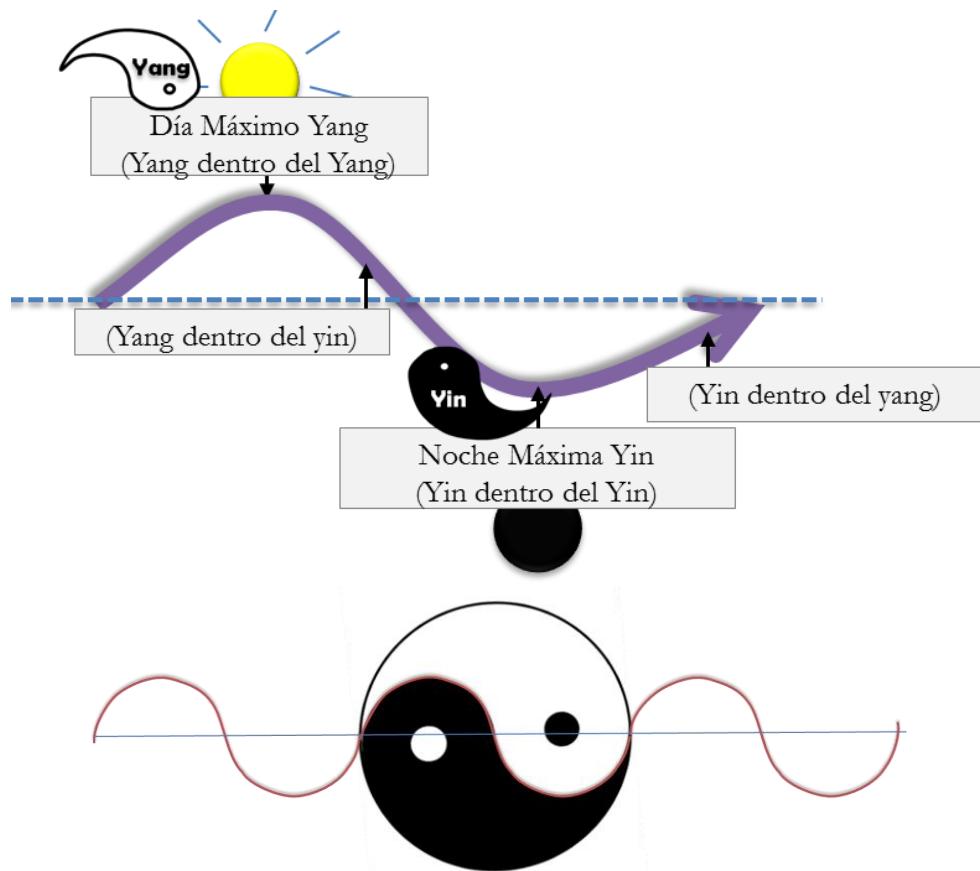


Figura 4.7 Representación gráfica de un ritmo biológico (A) y representación gráfica de los ciclos yin-yang (B). Representación de una serie de ciclos que se interrelacionan con el taijitu que representa

el equilibrio dinámico entre los conceptos Yin-Yang y su continua transformación (C).

El Yin es representado por el carácter 隅, que representa el lado sombrío y oscuro de la montaña. Por su parte, el “yang” tiene el carácter 陽 y significa el lado luminoso de la montaña. En síntesis, yin-yang corresponden a la denominación de cualquier proceso o función, incluso de alguna estructura u objeto, con base en dos características que resultan ser antagónicas pero a la vez complementarias. Para que exista la obscuridad se requiere de la luminosidad, el alto es una variación en cuanto a magnitud de lo bajo. Es por ello, que ambas cualidades yin-yang siempre estarán presentes: obscuridad-luminosidad, ascenso-descenso, alto-bajo, frio-calor, excitación-inhibición, centrípeto-centrífugo. El término yang también se atribuye a todas aquellas cosas con tendencia a fluir hacia arriba, con dirección hacia fuera, movilidad, excitación, claridad, calor, insustancialidad, funcionalidad, ligereza. En contraste, todas las cosas con tendencia a fluir hacia abajo, dirección hacia dentro, obscuridad, tranquilidad, astenia, pesadez, frialdad, inhibición, pertenecen a yin. En el cuerpo humano el interior es yin y la superficie es yang.

Características del Yin-Yang

El yin-yang presenta cuatro características o contenidos fundamentales:

- 1) Contradicción-oposición.
- 2) Interdependencia.
- 3) Crecimiento-decrecimiento.
- 4) Intertransformación.

1. Contradicción-oposición: La contradicción entre yin y yang refiere que todo elemento o proceso de la naturaleza presenta al unísono dos características contrarias u opuestas denominadas

como yin-yang. El cielo es yang y la tierra es yin; el día es yang y la noche es yin; el sol es yang y la luna es yin.

2. Interdependencia: La relación de interdependencia entre yin y yang significa que cada una de las dos partes opuestas existe dependiendo de la otra, y es una condición para la existencia de la otra (ninguna de las dos puede existir de forma aislada). Sin yin no hay yang, sin el exterior no existe el interior, sin el día no hay noche

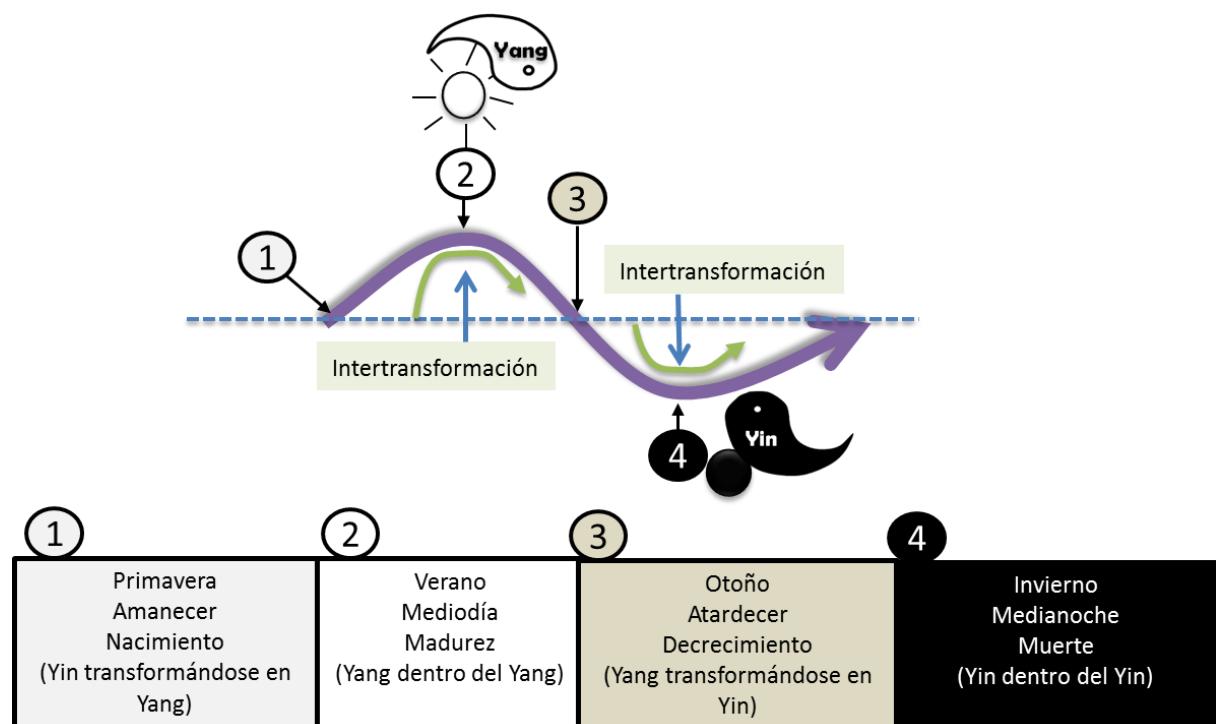


Figura 4.8 Representación de las características de los contenidos del yin-yang aplicados a un ciclo biológico.

3. Crecimiento-decrecimiento: La relación de crecimiento decrecimiento entre Yin y Yang designa que las dos partes opuestas de todo fenómeno se encuentran en un cambio constante, pero manteniendo un equilibrio dinámico para asegurar el desarrollo y transición del objeto o fenómeno. Cuando en una cualidad hay crecimiento la otra está decreciendo, conforme comienza el día (amanecer) la noche va disminuyendo.

4. La intertransformación: entre Yin y Yang trata que, en ciertas condiciones, las dos partes opuestas dentro del objeto o proceso puedan transformarse en la parte contraria. Yin se transforma en Yang, Yang se transforma en Yin.

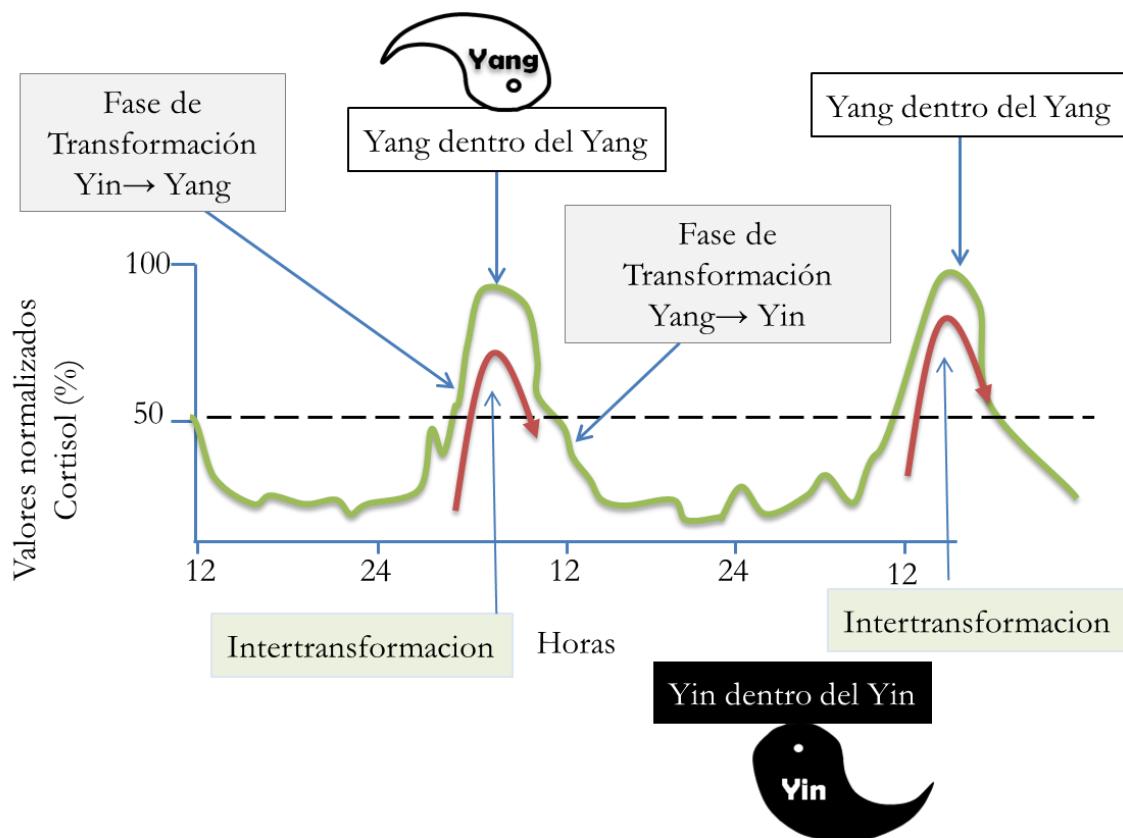


Figura 4.9 Análisis de la fluctuación en el cortisol desde el punto de vista del Yin-Yang.

4.4 Series de tiempo de variables fisiológicas como ejemplo de la ritmidad del organismo

Una serie temporal o cronológica es una secuencia de datos, observaciones o valores medidos en determinados momentos y ordenados cronológicamente. Visualmente constituye una curva que evoluciona a lo largo del tiempo. Las señales bioeléctricas constituyen series de tiempo, motivo por el cual pueden ser analizadas desde el punto de vista de la cronobiología y de la MTC. Las células excitables presentan la característica de producir

potenciales bioeléctricos, resultado de la actividad electroquímica de sus membranas plasmáticas. Estos potenciales constituyen datos que pueden estar espaciados a intervalos iguales.

Estas señales son ampliamente utilizadas en el diagnóstico médico así como en el estudio del organismo. Los biopotenciales se generan por la actividad electroquímica de cierto tipo de células conocidas como células excitables; son componentes del tejido nervioso, muscular y glandular. La actividad eléctrica se hace presente por medio del intercambio de iones en la membrana celular, de diferentes células que integran el cuerpo como en el cerebro, corazón y músculo.

Los equipos para adquisición de biopotenciales se componen, de transductores (electrodos) que permiten obtener señales electrónicas, una etapa de acondicionamiento analógico que rechaza fuentes de interferencia electromagnética (EMI), y una etapa de conversión analógica-digital.

La ingeniería biomédica y la medicina se ha podido realizar el diseño, los software y hardware etc. de dispositivos que a través de estas señales se puede analizar el desempeño de las funciones de los órganos. Entre estos se encuentran el electrocardiograma (ECG), electroencefalograma (EEG) y la electromiografía (EMG).

Características generales de las señales bioeléctricas

Los potenciales bioeléctricos del cuerpo humano o de cualquier animal raramente son determinísticos. Sus magnitudes varían con el tiempo, incluso cuando todos los factores que los originan están controlados. Los valores de la misma medida pueden variar enormemente entre diferentes individuos aunque estos estén sanos y las condiciones de medición sean las mismas. Esto quiere decir que los valores pueden ser muy diferentes para diferentes personas aunque sean valores normales en ellos.

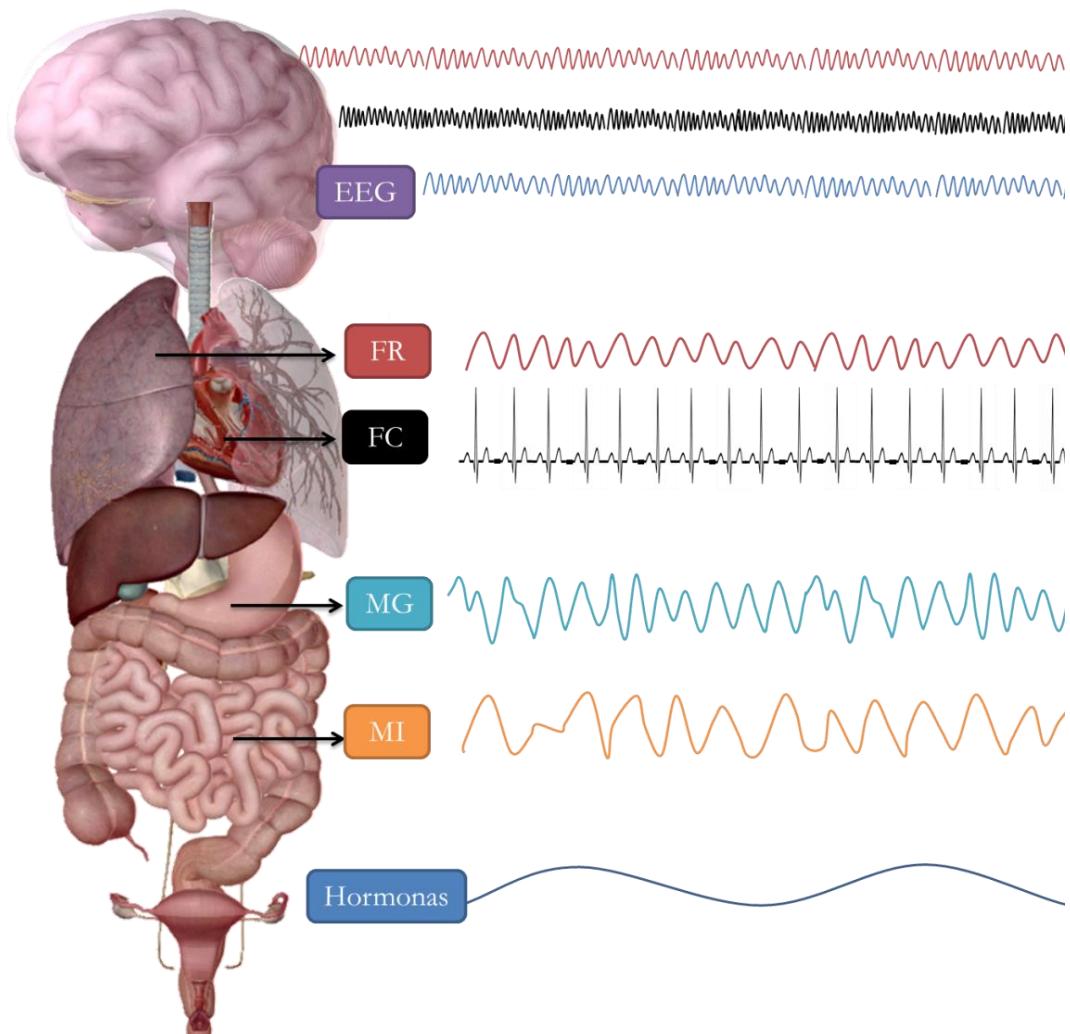


Figura 4.10 Actividad biológica de algunos órganos-vísceras del organismo. Abreviaciones: FR=frecuencia respiratoria, FC=frecuencia cardiaca, MG=motilidad gástrica, MI=motilidad intestinal, EEG=electroencefalograma

Tabla 5.1 Valores típicos para diferentes señales bioeléctricas:			
Bioseñal	Definición	Rango Amplitud	Rango de frecuencia
Electrocardiograma (ECG)	Actividad eléctrica cardiaca	0.5 - 4 mV	0.01 – 250 Hz
Electroencefalograma (EEG)	Actividad eléctrica cerebral	5-300µV	DC-150 Hz

Electrogastrograma (EGG)	Actividad eléctrica gástrica	$10\mu\text{V}-1\text{mV}$	DC-1 Hz
Electromiograma (EMG)	Actividad eléctrica muscular	0.1-5 mV	DC-10 KHz
Electroneurograma (ENG)	Actividad eléctrica nerviosa	0.01-3 mV	DC-1 KHz

Regulación de las series de tiempo

La célula también requiere de procesos dinámicos que le permiten mantener estable el balance dentro de un rango de variación con límites establecidos (máximo yang y máximo yin). Esta estabilidad es indispensable ya que como sistema abierto está en constante cambio, ya sea por perturbaciones del exterior o interior. En consecuencia, requiere estar modificando o regulando parámetros de su estructura interna para mantener estabilidad en el tiempo.

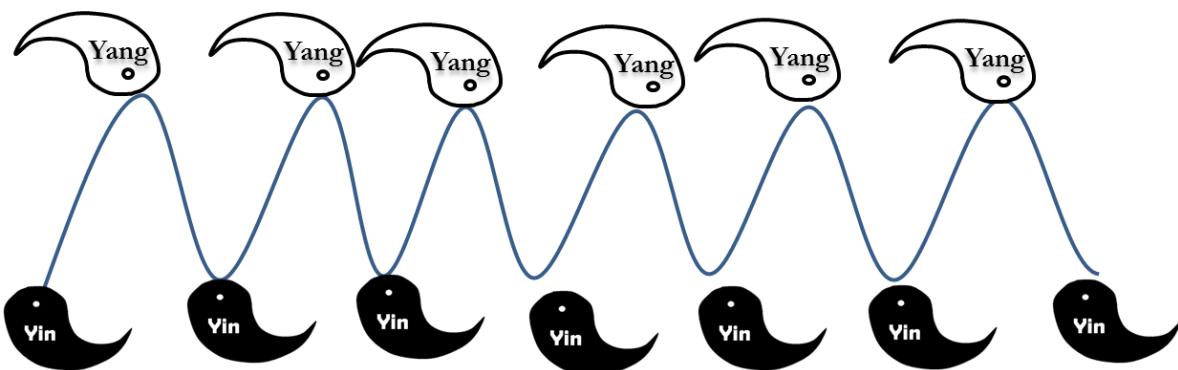


Figura 4.11 Alternancia entre los ciclos yin-yang. El yang representa el máximo y el yin el mínimo.

Estos ajustes reactivos de la actividad de las respuestas celulares o tisulares del organismo, es lo que se conoce como biomodulación. Tales cambios también pueden ser inducidos

durante un tratamiento de distinta índole o incluso por la evolución de una condición patológica. En síntesis, se entiende como biomodulación al ajuste reactivo o asociativo del estado bioquímico o celular de un organismo.

Como ejemplo, se conoce como **modulador alostérico** a los fármacos que regulan alostéricamente incrementando o disminuyendo indirectamente el efecto de un agonista o antagonista sobre un receptor celular mediante la activación del sitio catalítico en la proteína. Un modulador alostérico positivo incrementa la actividad del receptor, mientras que un modulador alostérico negativo la disminuye.

Alteraciones en la modulación de las series de tiempo

Como se describió anteriormente, las series de tiempo oscilan dentro de parámetros con límites establecidos. Estas fluctuaciones son reguladas por mecanismos de retroalimentación y osciladores con marcapasos celulares. Cuando estos mecanismos fallan, las series de tiempo pueden afectarse en cuanto a amplitud o frecuencia de ocurrencia, es decir, la variable puede estar en deficiencia o en exceso.

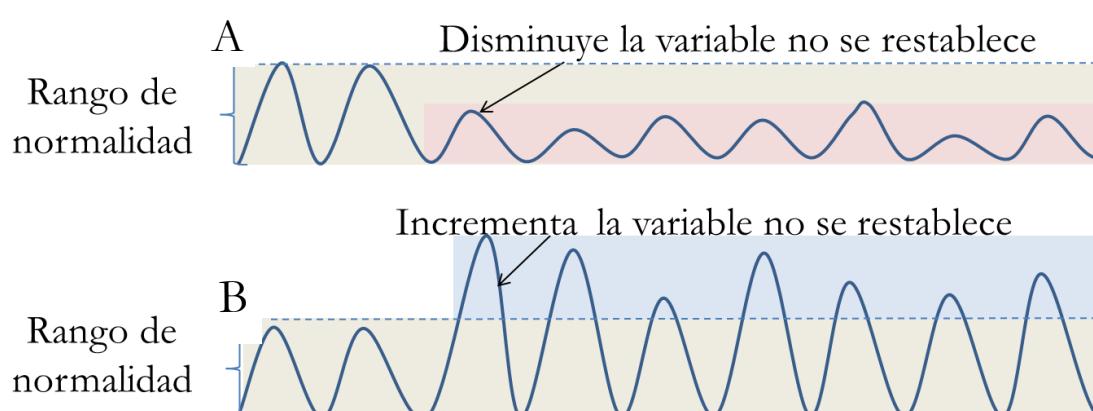


Figura 4.12 Alteración en la modulación de los ritmos biológicos A) disminuye la amplitud de la variable pero no se restablece hacia su condición inicial, B) incrementa la amplitud de la variables sin restablecerse a su condición inicial.

4.5 Biomodulación binaria y alternancia yin-yang

Para cuestiones prácticas en lo referente a los sistemas de biomodulación, consideramos primeramente la organización de los sistemas en los códigos binarios de 0 y 1, que para la MTC, se relaciona con el yin-yang. Esta representación en binario puede aplicarse al estudio de la neurotransmisión, estrés oxidativo, regulación de la presión arterial, lo que refleja la simetría de los procesos fisiológicos orgánicos. Por ejemplo, para mantener el balance en los procesos biológicos se requiere de mecanismos de inhibición o estimulación. Es decir, la interdependencia del yin y yang.

Es importante aclarar que este razonamiento no pretende reducir los procesos biológicos a un modelo simplista, ya que como lo señalan los principios del yin-yang, dentro del yang, también existe yin y dentro del yin existe yang. En atención a lo cual, este modelo hace un planteamiento general de organización de los procesos fisiológicos en binario para comprender los mecanismos de acción de la acupuntura.

Codificación binaria en la inflamación

La respuesta inflamatoria se encuentra modulada por mediadores químicos denominados citocinas, los cuales constituyen una vía importante de comunicación que permite la amplificación o disminución de las respuestas celulares a la inflamación.

La respuesta inflamatoria es beneficiosa cuando las citocinas pro-inflamatorias (yang) como el factor de necrosis tumoral (TNF) y la IL-2 se producen en cantidad adecuada. En caso contrario, el exceso puede conducir a patologías de hipersensibilidad, autoinmunidad o inflamación crónica que puede llegar incluso a ser fatal como el caso del choque séptico. Por lo cual, la respuesta

inflamatoria es regulada por múltiples inhibidores y antagonistas también denominados citocinas anti-inflamatorias (yin).

Las interleucinas 4, 10, 13, 24 son ejemplos de citocinas anti-inflamatorias.

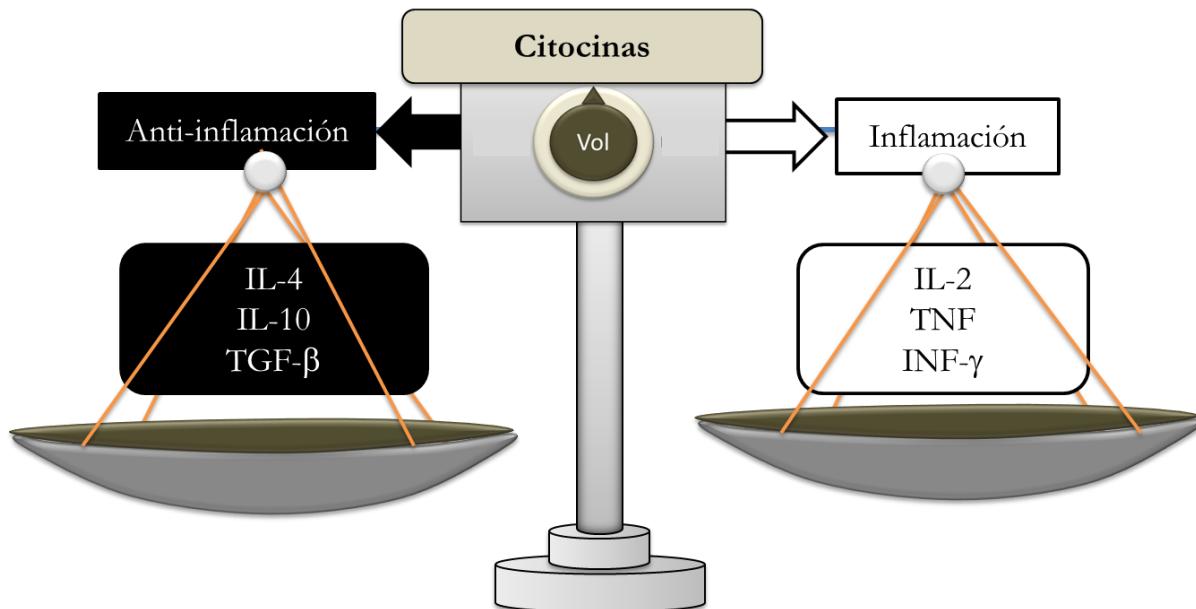


Figura 4.13 Balance entre las citocinas inflamatorias y anti-inflamatorias.



Figura 4.14 Representación en el “Taijitu” del balance entre las citocinas inflamatorias y anti-inflamatorias

Codificación binaria en el estrés oxidativo

El estrés oxidativo es provocado por radicales libres que contiene uno o más electrones desapareados en su orbital externo. Los radicales libres tienen duración de microsegundos, pero a su vez, tienen la capacidad de reaccionar con todo lo que esté a su alrededor provocando un gran daño a moléculas y membranas celulares.

Para contrarrestar los efectos del estrés oxidativo, en el organismo existen mecanismos de defensa enzimático y no enzimático. Los primeros están constituidos por un conjunto de proteínas que favorecen la remoción de los radicales libres de especie pro-oxidante. Entre las enzimas participantes se encuentran: la glutatión peroxidasa, catalasas y superóxido dismutasa. Se conoce que la acupuntura disminuye el estrés oxidativo por activar a las enzimas antioxidantes como la glutatión peroxidasa.

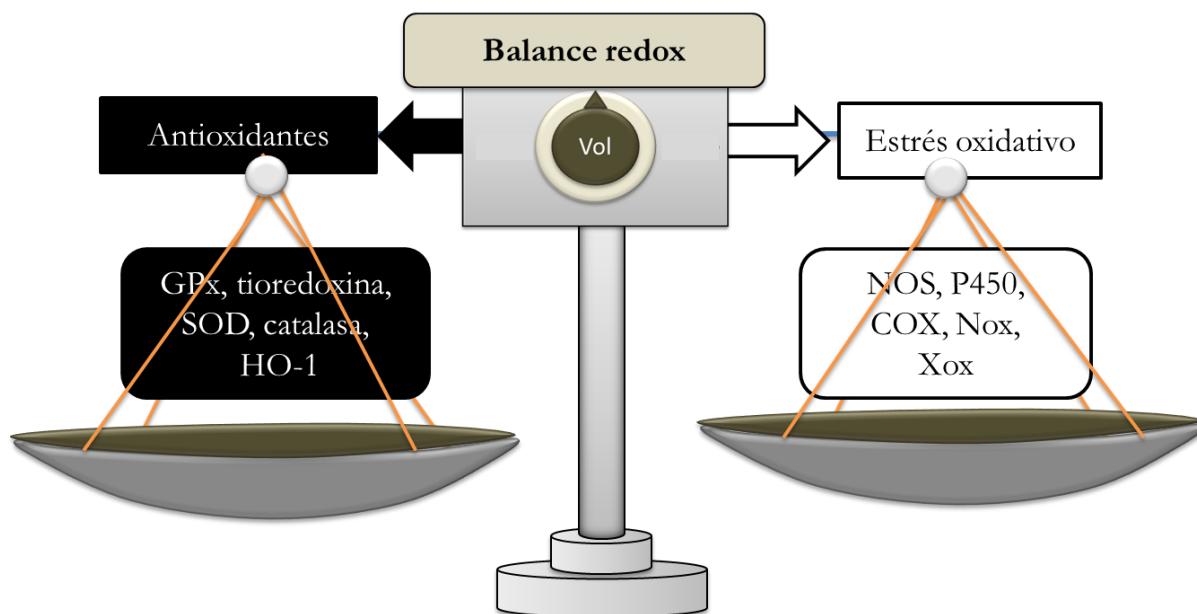


Figura 4.15 Balance redox entre los mecanismos antioxidantes y oxidantes. Abreviaciones: SOD = superóxido dismutasa, NOS = sintasa de óxido nítrico

Codificación binaria en el desarrollo de la célula

Las células se encuentran en constante división y se desarrollan según el tejido al que pertenezcan. El crecimiento de organismos, se atribuye el aumento en el número de células y consecuentemente el aumento de tamaño del individuo. El desarrollo de la célula requiere de dos procesos fundamentales: la proliferación (yang) y la apoptosis (yin).

La proliferación corresponde a la reproducción y crecimiento de las células de un modo controlado. Para que se lleve a cabo la célula requiere de condiciones adecuadas como factores de crecimiento, nutrientes, temperatura y pH. La apoptosis corresponde a un mecanismo de suicidio por medio del cual las células viejas o dañadas son eliminadas. La falla en estos mecanismos conduce hacia una proliferación incontrolada, lo cual puede ser factor de riesgo para el desarrollo de cáncer.

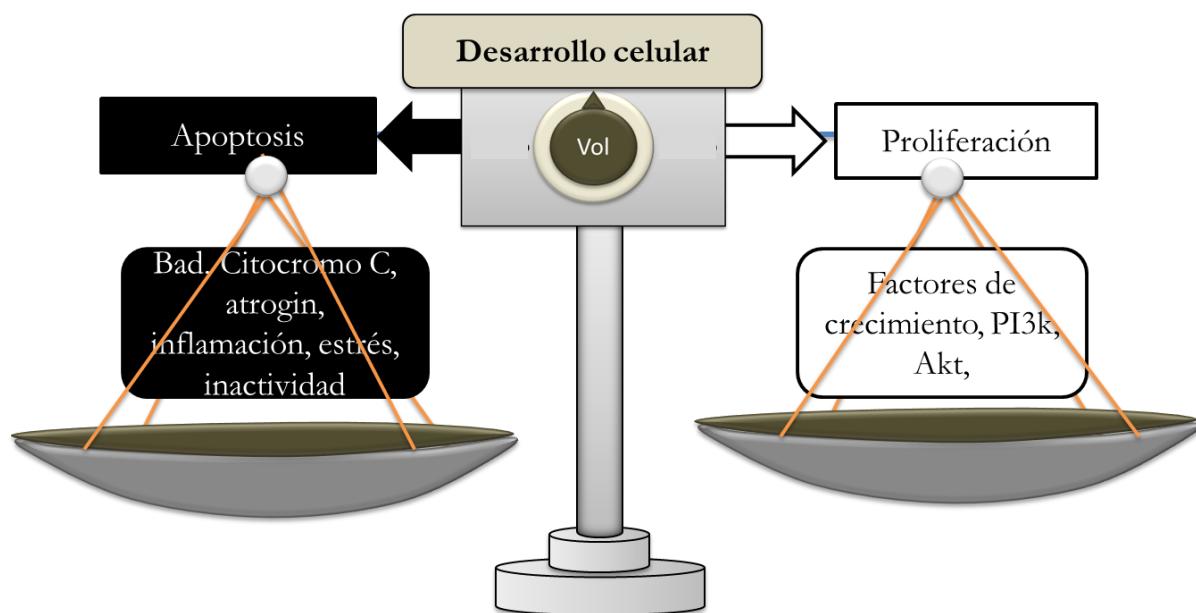


Figura 4.16 Balance entre apoptosis y proliferación celular.

Secreción gástrica

La secreción del ácido clorhídrico (HCl) por las células parietales del estómago está bajo el control de mecanismos humorales y autónomos.

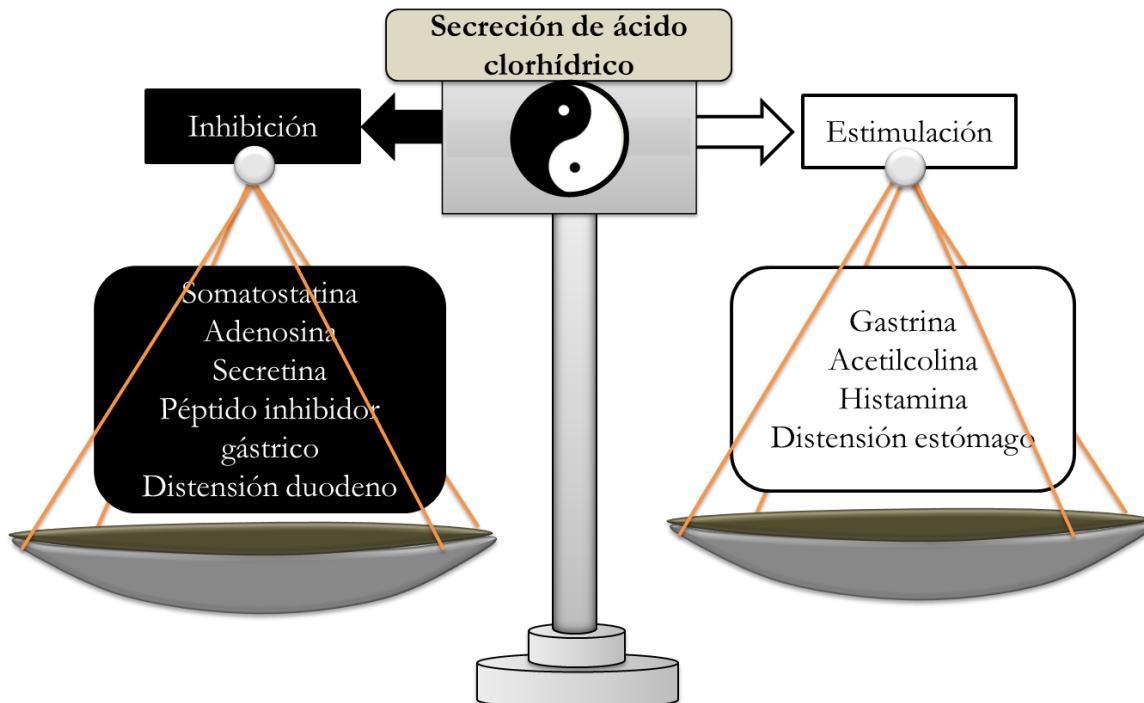


Figura 4.17 Balance entre apoptosis y la proliferación celular.

La liberación de gastrina al torrente sanguíneo, colecistocinina, acetilcolina e histamina así como la distensión del estómago, incrementan la secreción de HCl. La liberación de hormonas intestinales como el péptido inhibidor gástrico, somatostatina, colecistocinina, péptido intestinal vasoactivo, el incremento en la actividad simpática y la distensión del duodeno inhiben la secreción de ácido gástrico.

Motilidad gástrica

La motilidad gástrica está bajo el control del sistema nervioso entérico, el autonómico y las hormonas gastrointestinales. La distensión de la pared gástrica y la hormona gastrina secretada por

el estómago aumenta la motilidad y la velocidad de vaciamiento del estómago.

La distensión del duodeno el péptido inhibidor gástrico, la secretina o la colecistoquinina-pancreocimina tienen efecto inhibidor sobre la motilidad y el vaciamiento gástrico

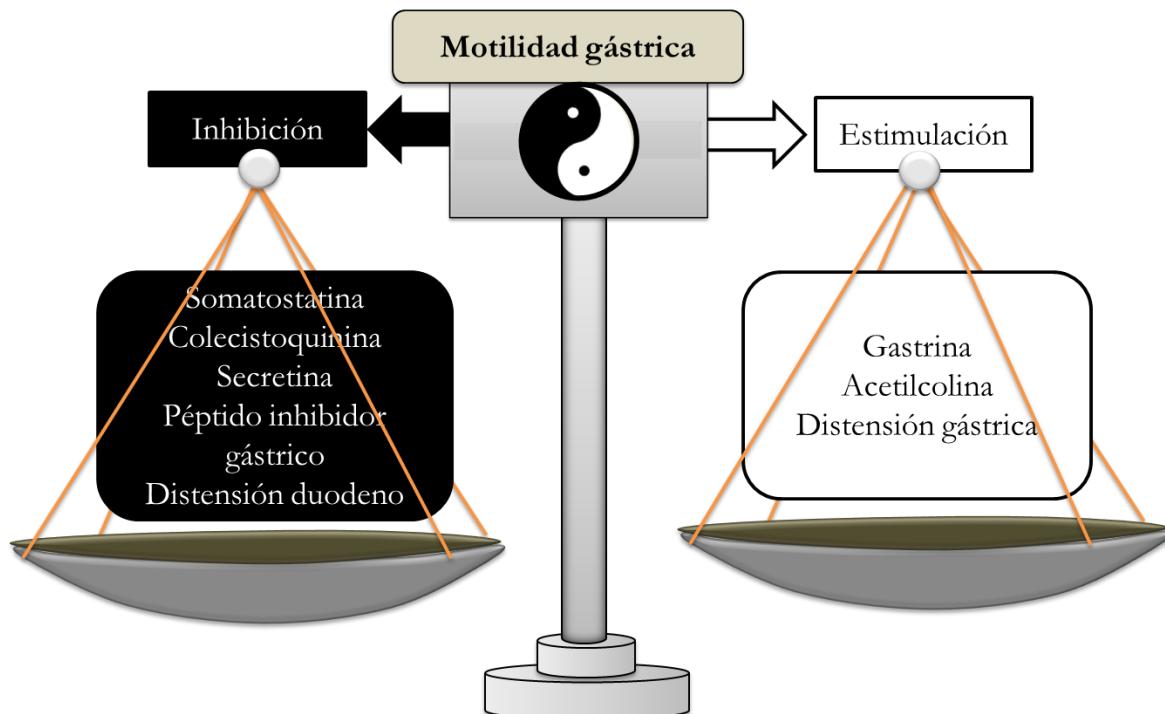


Figura 4.18 Balance entre apoptosis y la proliferación celular.

Motilidad intestinal

La presencia de alimento en el estómago, en el intestino da lugar a un incremento en la motilidad intestinal. El aumento de la estimulación parasimpática también incrementa la motilidad intestinal.

Presión arterial

La regulación de la presión arterial (PA) puede ser efectuada en tres sitios: 1) la salida cardiaca, 2) los vasos sanguíneos (resistencia vascular) y 3) el volumen sanguíneo manejado por los riñones, cuyo efecto final será un incremento o un decremento de la PA. El gasto cardíaco (GC) y la resistencia periférica (RP) son

proporcionales a la PA. Si se incrementa el GC y la RP se incrementa la PA.

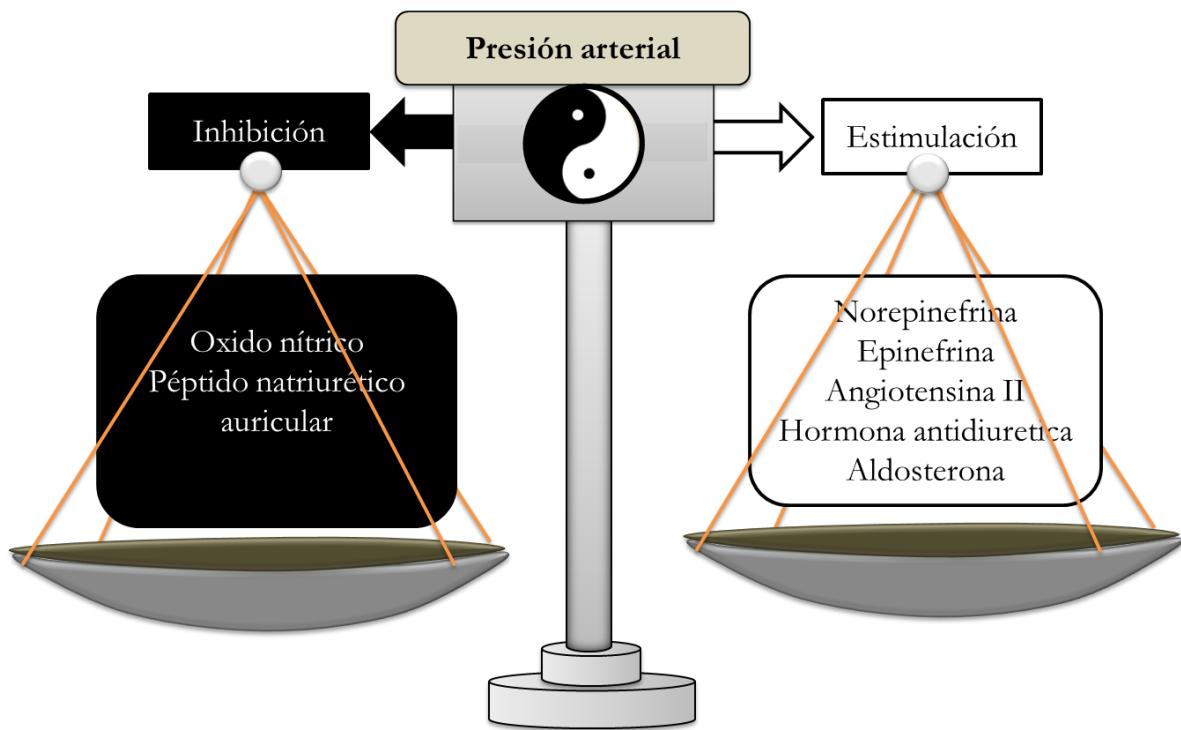


Figura 4.19 Balance entre apoptosis y la proliferación celular

La liberación de noradrenalina y norepinefrina producen un incremento en la frecuencia cardíaca, como en la contractibilidad. La liberación del péptido natriurético auricular (PNA), a efecto del incremento en la TA en las aurículas, la producción y liberación de óxido nítrico por las células endoteliales vasculares, producen vasodilatación y una reducción de las resistencias periféricas vasculares y por ende una reducción de la PA. La aldosterona y la hormona antidiurética incremental la PA.

Codificación binaria de la neurotransmisión

La neurotransmisión es el proceso mediante el cual se liberan moléculas de señalización denominadas neurotransmisores, en las sinapsis. A fin de coordinar la actividad en las redes nerviosas y sus

respectivos efectores (músculos, glándulas y las funciones orgánicas) los neurotransmisores son esenciales para la transmisión de las señales.

Se cuenta con neurotransmisores que inhiben el flujo de la información tales como el GABA, glicina, los cuales producen una hiperpolarización de la neurona por medio de la apertura de canales de Cl. El resultado es un bloqueo en la generación de los potenciales de acción. Por su parte, los neurotransmisores excitadores como el glutamato y aspartato, activan los canales de sodio dependientes de ligando, y en consecuencia producen la despolarización de la neurona, acercando el voltaje hacia el umbral para generar los potenciales de acción.

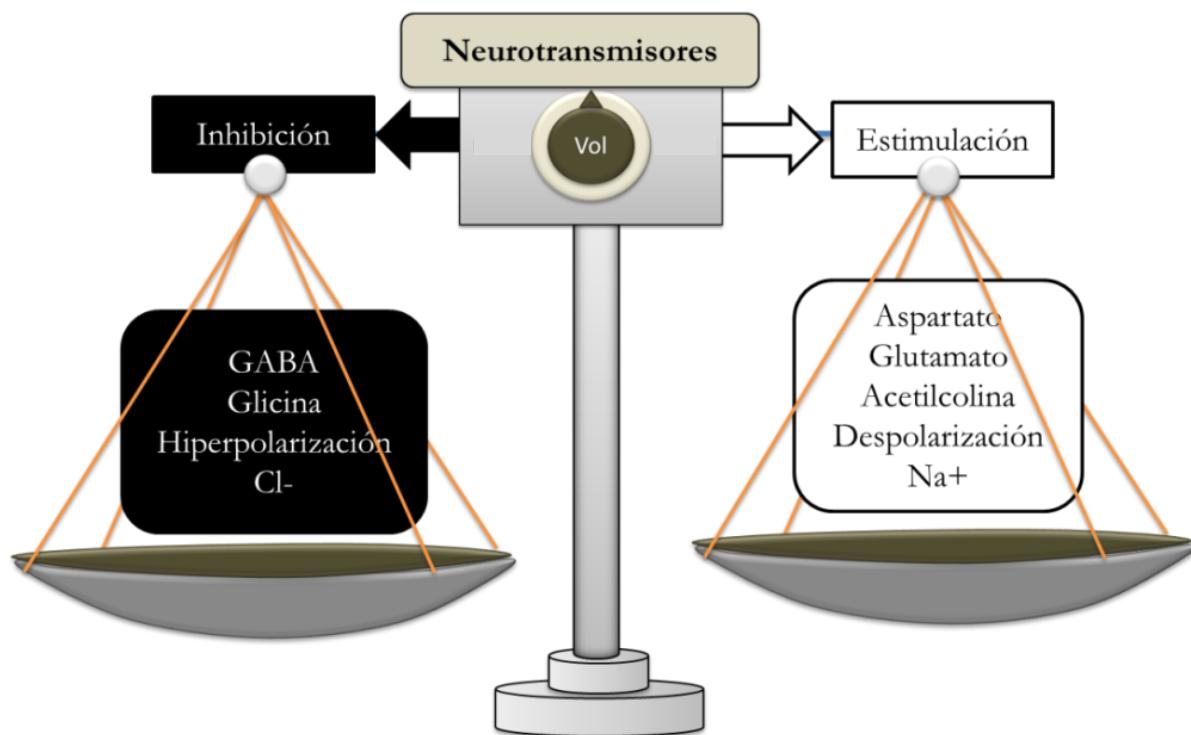


Figura 4.20 Balance entre los neurotransmisores excitadores e inhibidores.

4.6 Modulación por retroalimentación negativa

En los años treinta Wiener junto con un grupo de médicos e ingenieros iniciaron los análisis de semejanza entre los sistemas biológicos y eléctricos. El resultado fue el concepto de retroalimentación, referida también como realimentación, estudiándose con mayor detalle en aquellos sistemas que los incorporaban. Tal fue la importancia de estos conceptos que se pudo demostrar que, al parecer, un elemento en común que presentan los sistemas biológicos es la retroalimentación; Wiener los denominó "fenómenos locales antientrópicos".

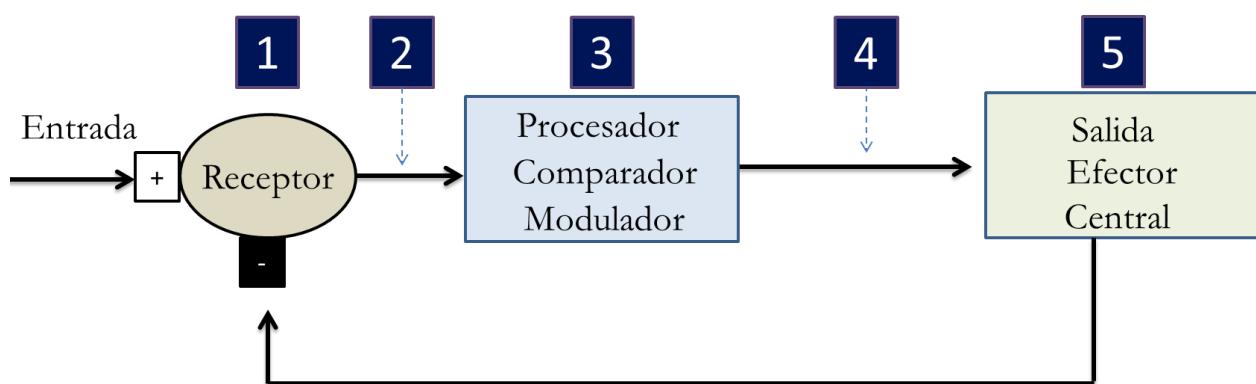


Figura 4.21 Componentes de un sistema de retroalimentación (1) receptor; 2) vía aferente; 3) procesador central; 4) vía eferente; 5) efector.

La retroalimentación es un mecanismo por el cual una proporción de la salida de un sistema se redirige a la entrada, con objeto de modular su comportamiento. La retroalimentación se encuentra en la mayoría de los sistemas biológicos.

Arturo Rosenblueth, investigador mexicano fundador del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV-IPN) propuso en su obra *Behavior, Purpose and Teleology* (comportamiento, propósito y teleología), que el comportamiento modulado por la retroalimentación negativa aplicable, ya sea al ser humano o a la

ingeniería, constituye un principio determinante y directivo. Tal propuesta estaba en acuerdo con las bases teóricas del matemático estadounidense Norbert Wiener; fundador de la cibernetica.

Las perturbaciones en las variables biológicas activan a los mecanismos de retroalimentación negativa, que como su nombre lo indica, responden en dirección opuesta a la señal.

La retroalimentación negativa tiene como objetivo primordial restablecer y estabilizar los valores de una variable fisiológica hacia su condición inicial o punto de inicio. En sistemas físicos se conocen como equilibrios. Por ejemplo, en ingeniería mecánica los sistemas de retroalimentación negativa se encargan de regular la temperatura de un motor. Este sistema está formado por un sensor y un efecto, así como de sistemas para la transmisión de las señales. Cuando un estímulo incrementa la temperatura, se envía la señal hacia el efecto. El resultado se traduce en la activación de un sistema refrigerante para disminuir la temperatura y restablecer al valor inicial. En los sistemas biológicos se conoce como homeostasis y evita que los cambios en el sistema sobrepasen más de lo necesario. En MTC se relaciona con el principio de inter-transformación del yin-yang, en donde el exceso de yin se transforma en yang y viceversa. Este principio es la base del equilibrio dinámico entre la alternancia del yin-yang.

4.7 La retroalimentación en el control de la presión arterial

Los receptores detectan el cambio fisiológico fuera de los parámetros de normalidad, por ejemplo disminución en la presión arterial. En la MTC sería la fase yin. El centro de procesamiento compara con los valores de referencia y si están fuera de rango envía las respuestas para que los efectos corrijan los cambios en la variable, que para este ejemplo sería un incremento en la presión arterial (efecto yang). El objetivo es restablecer los cambios en la presión arterial hacia su rango de normalidad. El mismo mecanismo se activa cuando la variable incrementa, solo que para

en este ejemplo el resultado sería disminuir la presión arterial (intertransformación de yang a yin).

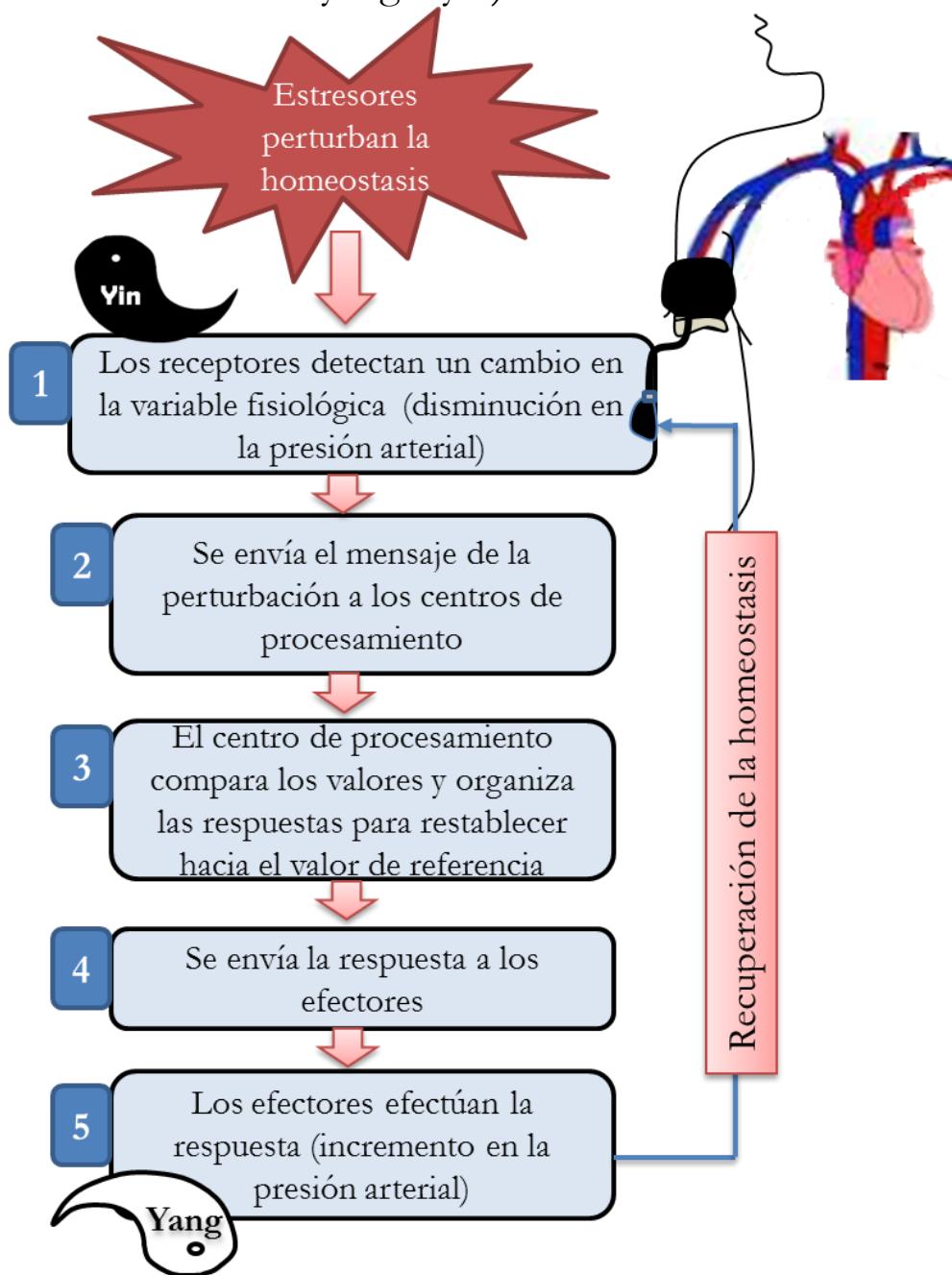


Figura 4.22 Sistema de retroalimentación negativa activada por el descenso (yin) en la presión arterial. El receptor corresponde al barorreceptor, las vías aferentes corresponden al sistema nervioso autónomo.

Anteriormente se mencionó que los mecanismos de retroalimentación negativa tienen como objetivo restablecer la variable fisiológica hacia la condición inicial. En el cuerpo humano estos mecanismos de retroalimentación están coordinados por el sistema nervioso y endocrino, que en su conjunto, forman al sistema neurohumoral.

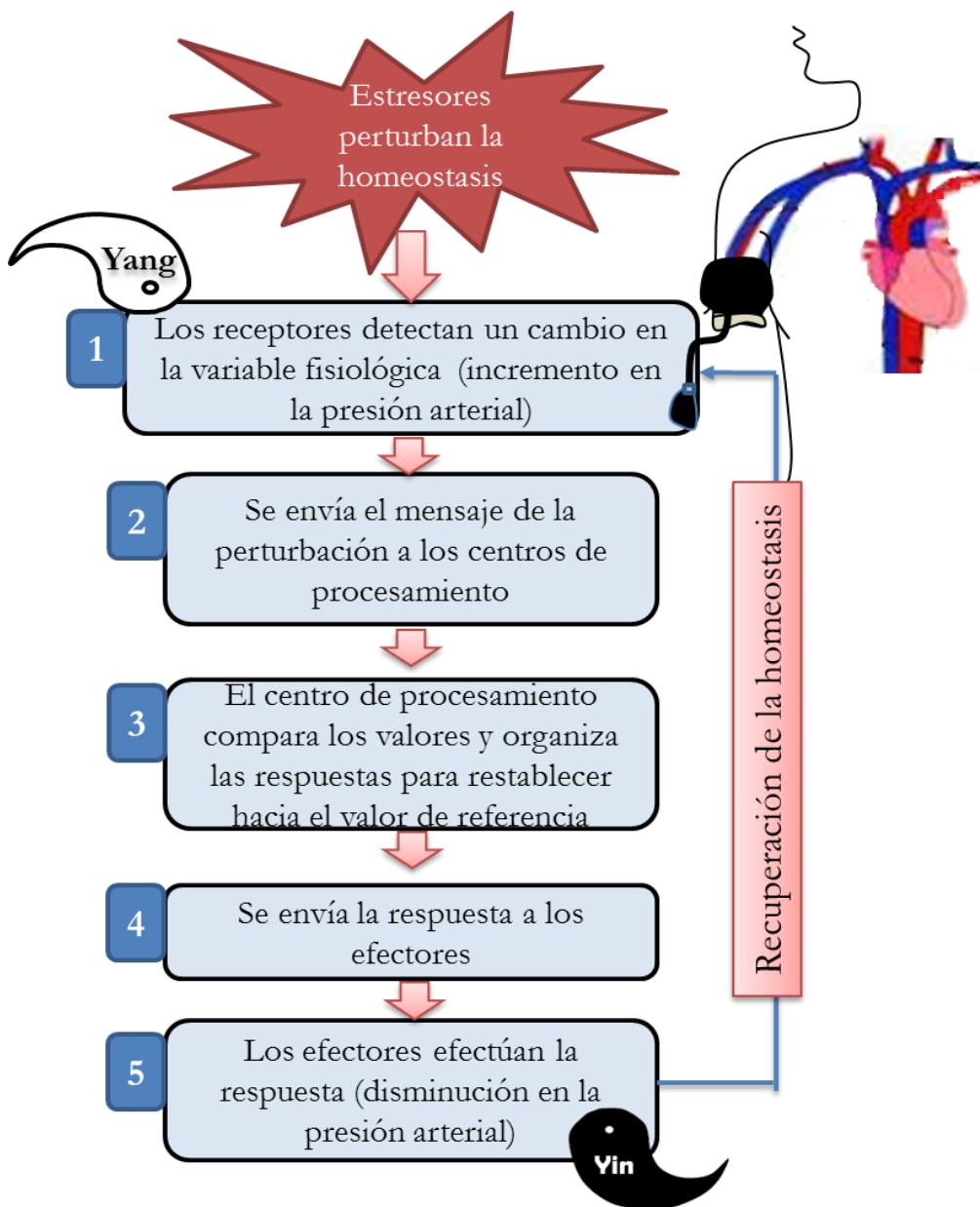


Figura 4.23 Sistema de retroalimentación negativa activado por el incremento (yang) en la presión arterial. El receptor corresponde al barorreceptor, las vías aferentes corresponden al sistema nervioso autónomo.

En síntesis, uno de los principios fundamentales del yin-yang corresponde a la intertransformación, es decir, el yang en su máxima plenitud se transforma en su contrario el yin. Por su parte, el yin en su máxima expresión tiende a intertransformarse en yang. A través de este proceso, se garantiza la alternancia del yin-yang dentro de parámetros establecidos evitando los excesos o deficiencias.

Resumen

- La célula requiere de un medio estable para que se susciten los procesos metabólicos de manera organizada y regulada.
- Los procesos biológicos pueden representarse por una línea ondulada, que representa la ciclicidad de los procesos biológicos, que ocurren dentro de un rango de normalidad.
- Los parámetros que pueden modularse o modificarse de una señal biológica pueden ser la frecuencia, la dirección, la amplitud así como la intensidad de la señal, tales parámetros pueden incrementar (yang) o disminuir (yin) según lo demande el sistema.
- La cronobiología es la ciencia que estudia los ritmos biológicos los mecanismos que los regulan así como sus alteraciones.
- Se conoce como biomodulación a los ajustes reactivos de la actividad de las respuestas celulares o tisulares del organismo.
- Las series de tiempo pueden afectarse en amplitud o frecuencia de ocurrencia, es decir, la variable puede estar en deficiencia o en exceso.

Preguntas de repaso

1. Describa el concepto de biomodulación
2. Que se entiende por ritmo biológico y su relación con la MTC
3. Establezca la relación entre las series de tiempo con la ritmidad del organismo
4. ¿Cómo se verán reflejadas las alteraciones en la modulación de las series de tiempo?
5. Defina que es la modulación por retroalimentación negativa y su relación con el principio de intertransformación del Yin-Yang .

Referencias

1. Reinberg Alain., Concepts in human biological rhythms. Dialogues Clin Neurosci. 2003 Dec; 5(4): 327–342.
2. Reinberg AE, Ashkenazi I, Smolensky MH. Euchronism, allochronism, and dyschronism: is internal desynchronization of human circadian rhythms a sign of illness?. Chronobiol Int. 2007;24(4):553-88.
3. Quiroz-González Salvador et al., Detrended fluctuation analysis of compound action potentials recorded in the cutaneous nerves of diabetic rat. Chaos, Solitons & Fractals. 83: 2016; 223-233

4. Sagar S, Wong R. Chinese medicine and biomodulation in cancer patient Part one. Curr Oncol. 2008;15:42-8

Capítulo 5

Modulación en el sistema nervioso

5.1 Neuromodulación

La neuromodulación consiste en la modificación de la actividad de ciertos circuitos neuronales en distintas estructuras del sistema nervioso. El objetivo de la neuromodulación es activar (facilitar) o deactivate (inhibir) las respuestas neuronales y celulares que permitan establecer el balance en el organismo. Puede ocurrir en los circuitos neuronales así como a nivel celular individual.

Los patrones de actividad neuronal no son estáticos sino que pueden cambiar dependiendo de las condiciones del ambiente. Para ello las células presentan modificaciones en los mecanismos reguladores de la transmisión sináptica (eficacia sináptica), de tal manera que adaptan su actividad en función del cambio.

Estas modificaciones incluyen:

1. La expresión de receptores en el elemento pre y post-sináptico
2. Liberación del neurotransmisor
3. Sensibilidad de la neurona post-sináptica
4. Grado de excitabilidad
5. Propiedades de los canales iónicos

Existen diferentes métodos para inducir la neuromodulación:

1. Estimulación eléctrica.
2. Estimulación farmacológica.
3. Neuromodulación cognitiva.

5.2 Neuromodulación por estimulación eléctrica

Esta técnica requiere de un electroestimulador cuyos parámetros de la estimulación eléctrica como la frecuencia, intensidad y duración del pulso pueden ser estandarizados. Cada neurona responde a diferentes frecuencias e intensidades de estimulación, es decir, propiedades como la amplitud, duración del potencial de acción, el patrón temporal de las descargas puede modificarse ya sea transitoriamente o por largos períodos de tiempo como resultado del estímulo eléctrico.

Las técnicas de neuromodulación por estimulación eléctrica incluyen a las siguientes:

1. Estimulación nerviosa transcutánea.
2. Estimulación de nervios periféricos.
3. Estimulación epidural de la médula espinal.
4. Estimulación de las raíces dorsales.
5. Estimulación cerebral y cortical profunda.
6. Estimulación del nervio vago.

Neuromodulación por estimulación eléctrica periférica

La estimulación eléctrica periférica consiste en la administración de una corriente eléctrica directamente en los tejidos profundos, con la finalidad de estimular a las fibras aferentes sensitivas en las localizaciones próximas a la patología de origen. Requiere de equipos sofisticados para la estimulación eléctrica aprobados por la FDA (Food and Drug Administration). Mediante procedimientos neuroquirúrgicos se implantan electrodos de estimulación sobre nervios periféricos, los cuales también constan de un estimulador tipo marcapasos.

A través de esta técnica puede estimularse diferentes nervios periféricos:

1. Estimulación de nervios sacros.
2. Estimulación de raíces nerviosas espinales.
3. Estimulación de nervios somáticos periféricos (tibial posterior, peroneo profundo, occipital entre otros).

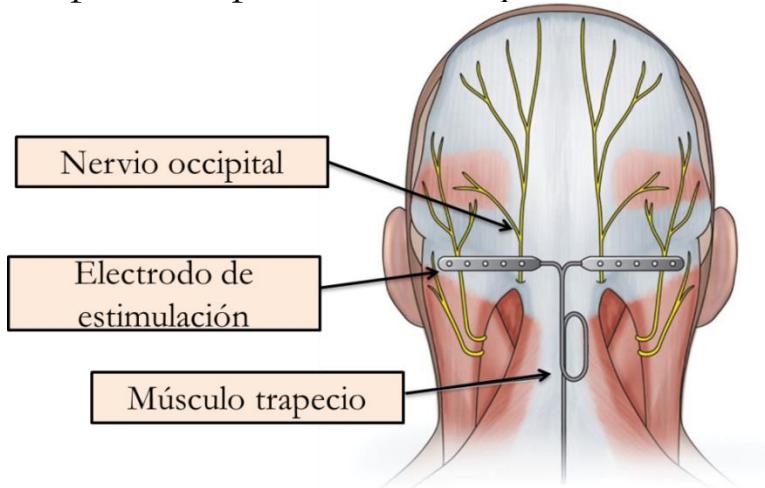


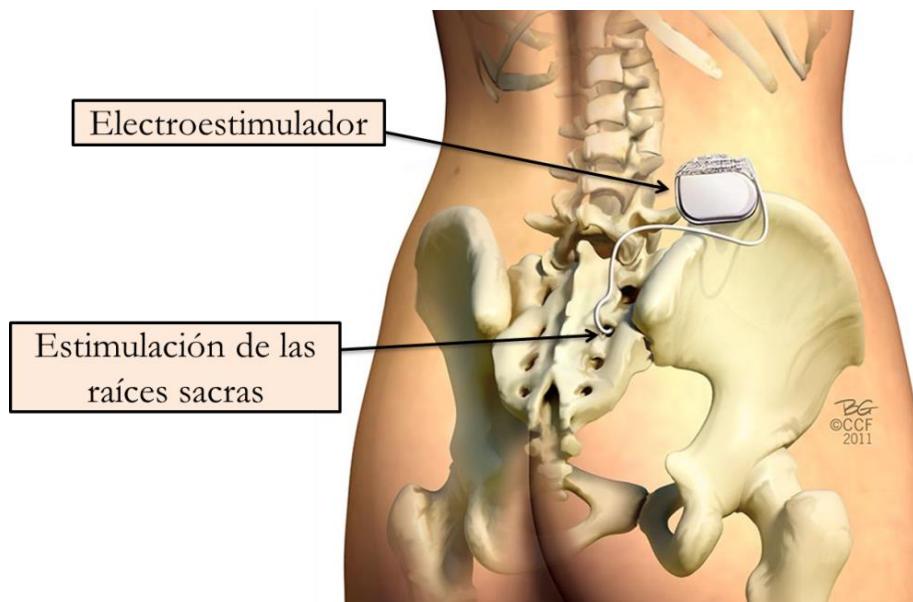
Figura 5.1 Neuromodulación por estimulación eléctrica periférica: Estimulación del nervio occipital para el tratamiento de cefalea resistente a fármacos.

Actualmente se ha investigado el papel de la neuromodulación por estimulación eléctrica en diferentes condiciones de salud. Estas incluyen: trastornos genitourinarios, depresión, epilepsia, isquemia, procesos inflamatorios; pancreatitis, colitis, sepsis, dolor neuropático, visceral e inflamatorio, alteraciones del movimiento, patologías neurodegenerativas como enfermedad de Parkinson, rehabilitación en secuelas de evento vascular cerebral (EVC), secuelas motoras de lesión de la médula espinal, obesidad, diabetes entre otras.

La estimulación neuronal ofrece resultados prometedores, sin embargo existen riesgos potenciales:

1. Desconexión del estimulador.
2. Algunas intervenciones poco accesibles por el costo y demanda del sector sanitario.
3. Rechazo del implante.
4. Riesgo del procedimiento quirúrgico como hemorragia. y/o infección por la implantación del electroestimulador.

A



B

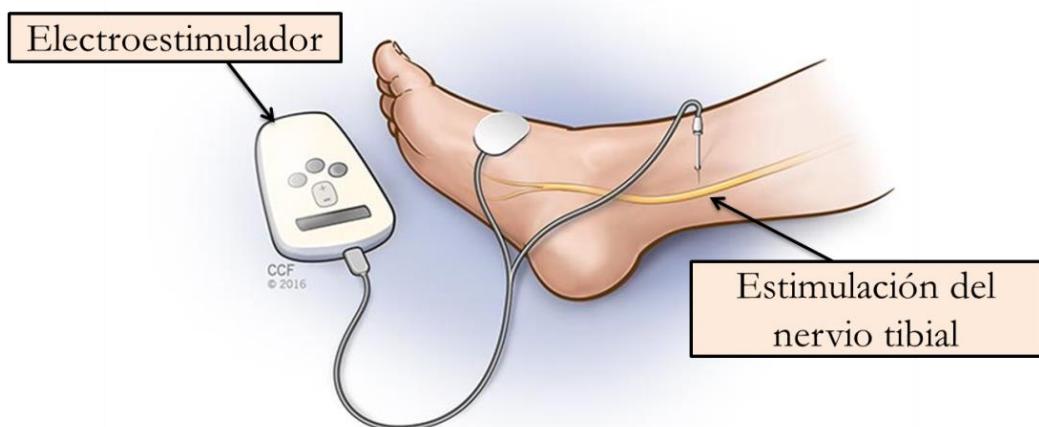


Figura 5.2 Neuromodulación por estimulación eléctrica periférica para el tratamiento de vejiga neurogénica: A) estímulo de las raíces sacras, B) estímulo del nervio tibial.

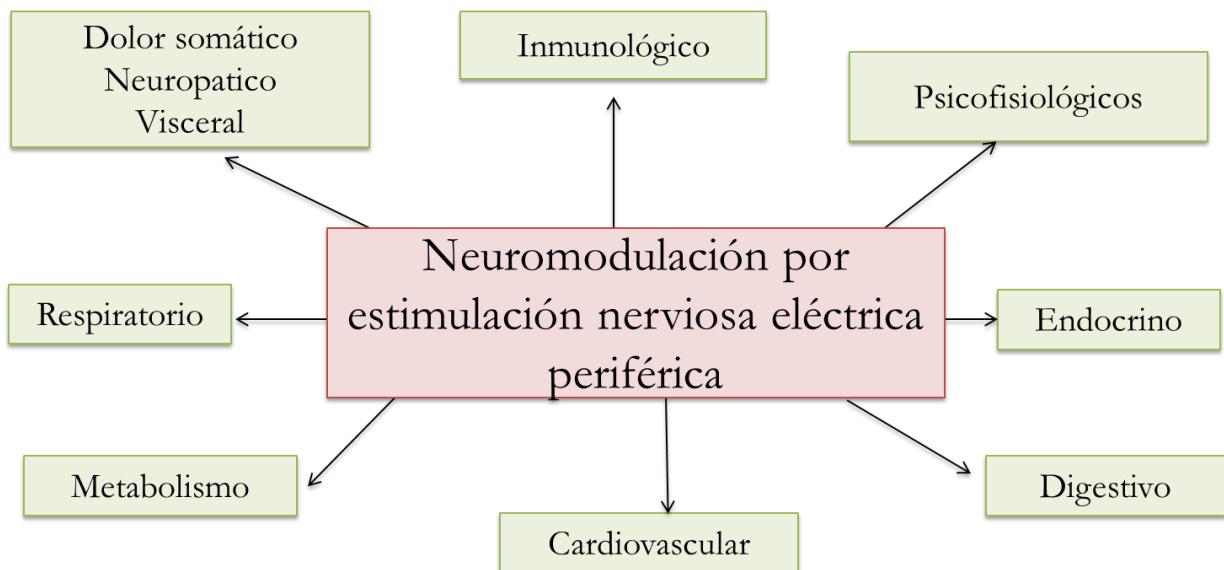


Figura 5.3 Implicaciones funcionales de la neuromodulación por estimulación nerviosa eléctrica periférica en diferentes sistemas del organismo.

5.3 Agujas de acupuntura y electrodos en la neuromodulación eléctrica periférica

Las agujas de acupuntura son pequeñas agujas filiformes que se utilizan en los tratamientos de acupuntura. La electroacupuntura utiliza a las agujas como electrodos de estimulación percutánea para aplicar estimulación a distintas frecuencias e intensidades. En la práctica clínica las agujas más utilizadas son las de acero inoxidable quirúrgico 18/8, de alta calidad y gran flexibilidad. El afilado y pulimentado de la punta de la aguja en forma de “punta de trigo” permiten una inserción indolora en la piel. También existen agujas elaboradas de diferentes metales y aleaciones como el oro, plata, cobre.

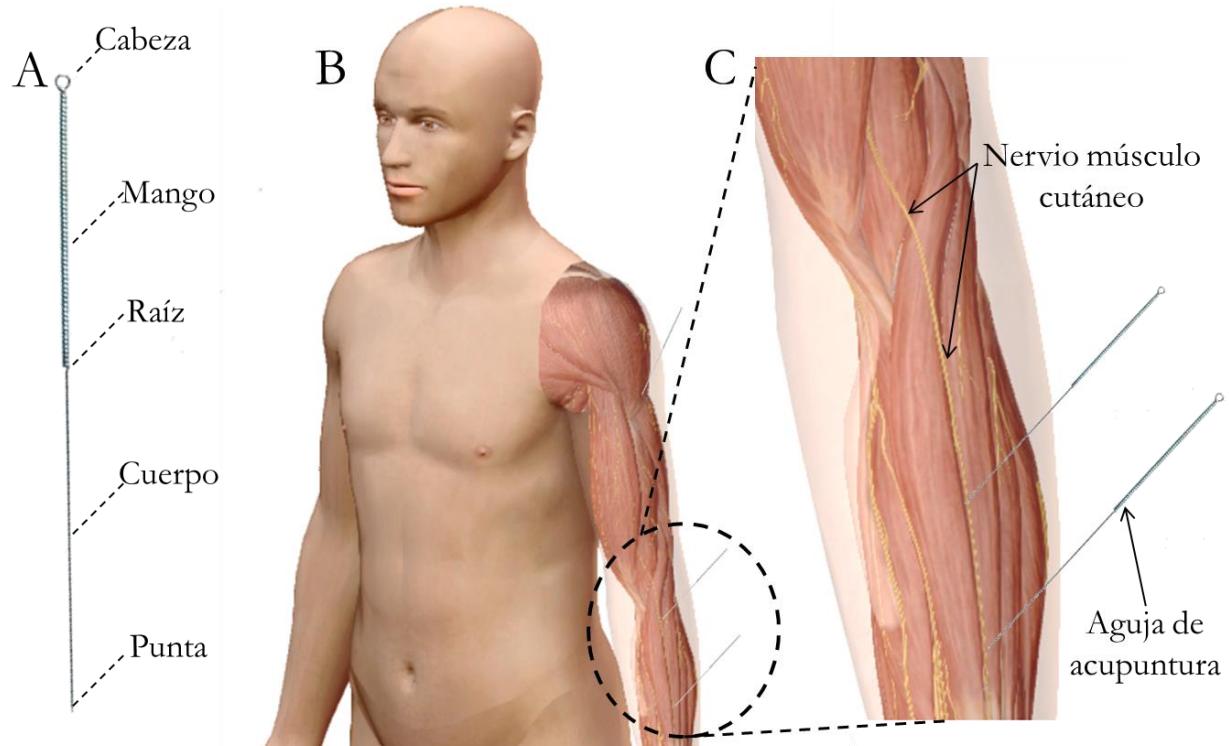


Figura 5.4 Las agujas de acupuntura como electrodos para estimular al sistema nervioso periférico. A) Partes de una aguja de acupuntura. B) Localización de agujas de acupuntura sobre un canal de acupuntura. C) Amplificación de una región del antebrazo y brazo que muestra el trayecto del nervio musculocutáneo y su relación con las agujas de acupuntura.

Las agujas de acupuntura presentan cabeza, mango, raíz, cuerpo y punta.

1. **Cabeza:** se encuentra en la parte superior del mango, algunas agujas la presentan pero otras no.
2. **Mango:** es el sitio donde se sujetla la aguja. Existen diferentes tipos como los bañados en oro, plata, cobre, plástico, de forma circular, trenzado, entre otros.
3. **Cuerpo:** corresponde a la parte más fina de la aguja; indica el largo. Las medidas de las agujas son tomadas desde la punta hasta que termina el mango, es decir, abarca todo el cuerpo.
4. **Punta:** es el final de la aguja.

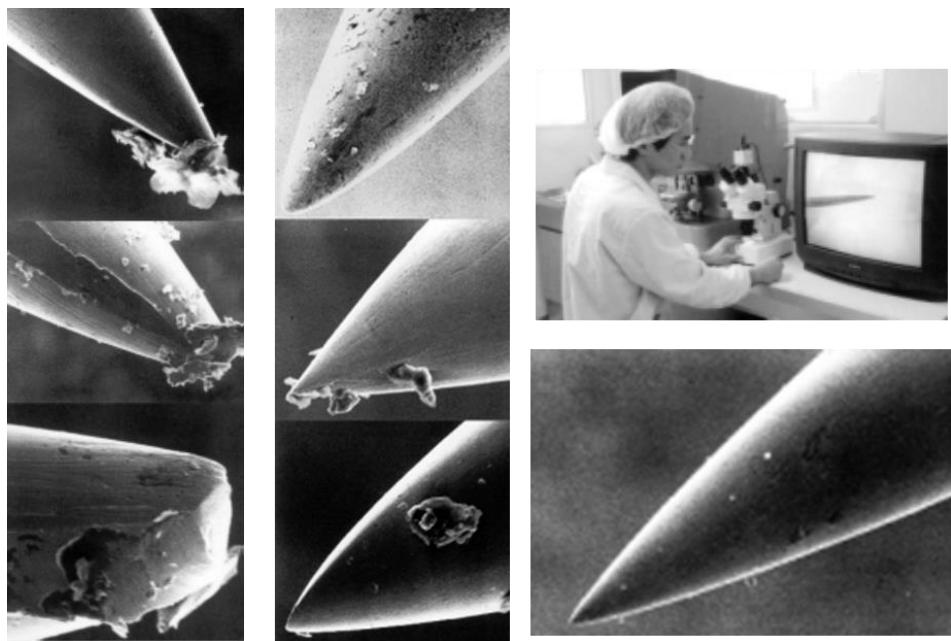


Figura 5.5 Microscopía electrónica de las puntas de agujas de acupuntura. Nótese el diferente terminado de la punta de la aguja de acupuntura. (Adaptado de Hayhoe et al., 2002).

La aguja de acupuntura constituye un dispositivo médico según la FDA, por lo que su fabricación requiere satisfacer determinados requerimientos legales internacionales. La adecuada esterilización es un procedimiento importante, para eliminar, en lo más posible, la propagación de los microbios por medio de las agujas de acupuntura. También es requisito que la punta de la aguja tenga un terminado fino para disminuir el riesgo de lesión al paciente, a efecto de la excesiva manipulación al momento de introducir las agujas y en consecuencia, generar dolor innecesario.

5.4 Neuromodulación de la transmisión sináptica

Ejemplo en el dolor neuropático

Los patrones de actividad neuronal no son estáticos, sino que cambian dependiendo de las condiciones del ambiente así como de los mecanismos relacionados con la transmisión sináptica.

De tal manera que adaptan su actividad en función del cambio, que muchas veces resulta no beneficioso para el organismo, un ejemplo sería la nocicepción transformada en dolor crónico.

Un paciente que sufre dolor neuropático refiere con frecuencia una sensación eléctrica espontánea, ardiente o un dolor punzante. Clínicamente, se caracteriza por alodinia, donde un estímulo no nociceptivo que normalmente no produce dolor comienza a ocasionarlo; y la hiperalgesia, en la cual los estímulos nocivos evocan una sensación exacerbada y prolongada de dolor en el sitio dañado y las áreas adyacentes normales.

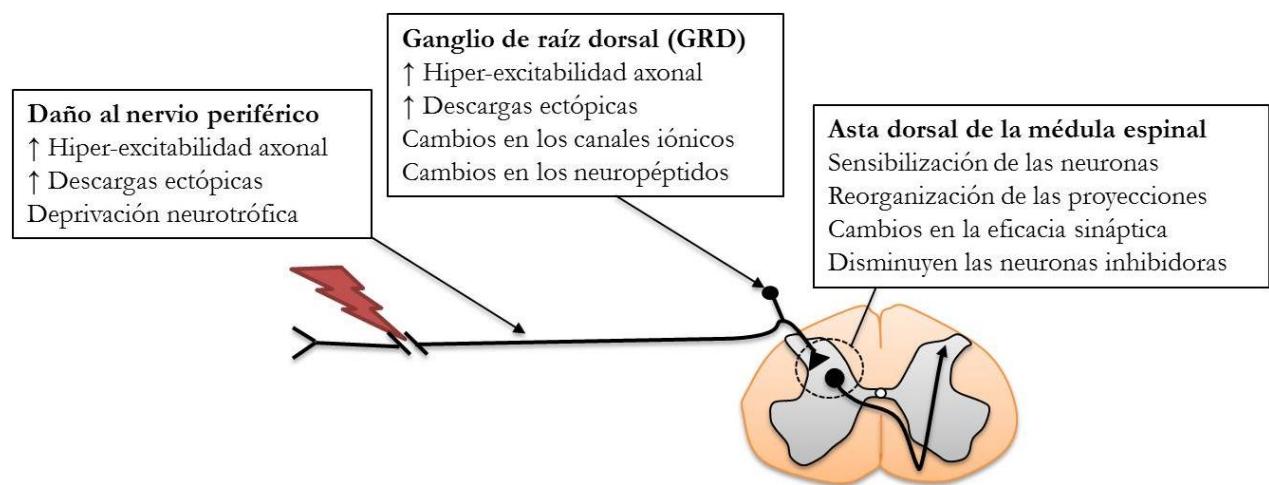


Figura 5.6 Mecanismos patofisiológicos que acompañan el desarrollo de hiperalgesia.

Se propone que los cambios plásticos nociceptivos en las sinapsis espinales después de la lesión de un nervio contribuyen al desarrollo de la sensibilización central en el cuerno dorsal espinal y conducen en última instancia a la generación del dolor neuropático. En términos de la MTC estos cambios se reflejan por el desequilibrio entre el balance del yin-yang, es decir, hay un exceso en los mecanismos excitadores (yang) y una disminución en los mecanismos inhibidores (yin) de la neurotransmisión de estímulos nociceptivos.

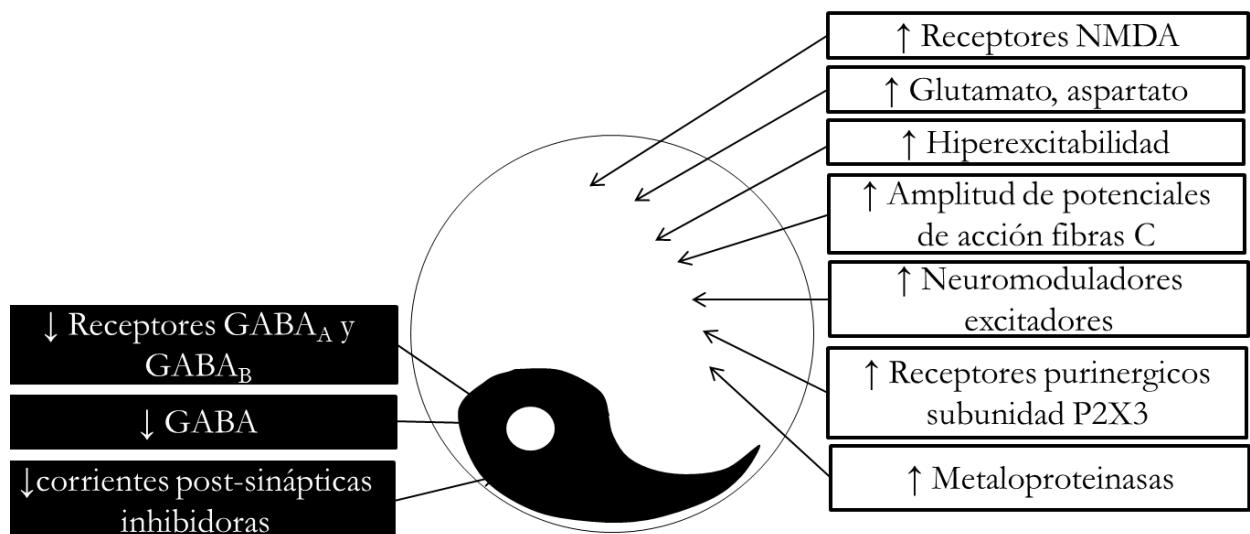


Figura 5.7 Relación entre el Yin y Yang y la patogénesis del dolor neuropático esquematizado en el Taijitu. Obsérvese el claro desequilibrio entre los mecanismos excitadores (glutamato) e inhibidores (GABA) que participan en la neurotransmisión del dolor.

Los estudios experimentales han demostrado que el desarrollo de la sensibilización central implica no sólo la participación de neuronas, sino también de las interacciones entre la neuroglia y el sistema inmune.

Los cambios incluyen:

1. Hiperexcitabilidad en las neuronas nociceptivas de la médula espinal por la cascada inflamatoria y exceso de glutamato.
2. Reducción en el umbral para evocar una potenciación espinal de largo plazo (LTP, por sus siglas en inglés) en las neuronas que transmiten dolor. El LTP de los potenciales de las fibras-C se considera un índice del incremento en la transmisión sináptica entre las fibras-C aferentes y las neuronas dorsales espinales; y se propone como un mecanismo central en la patogénesis del dolor neuropático.

3. Disminución significativa en el umbral de los potenciales de acción de las fibras-C (nociceptivas), concomitante a un incremento en la amplitud de tales potenciales.

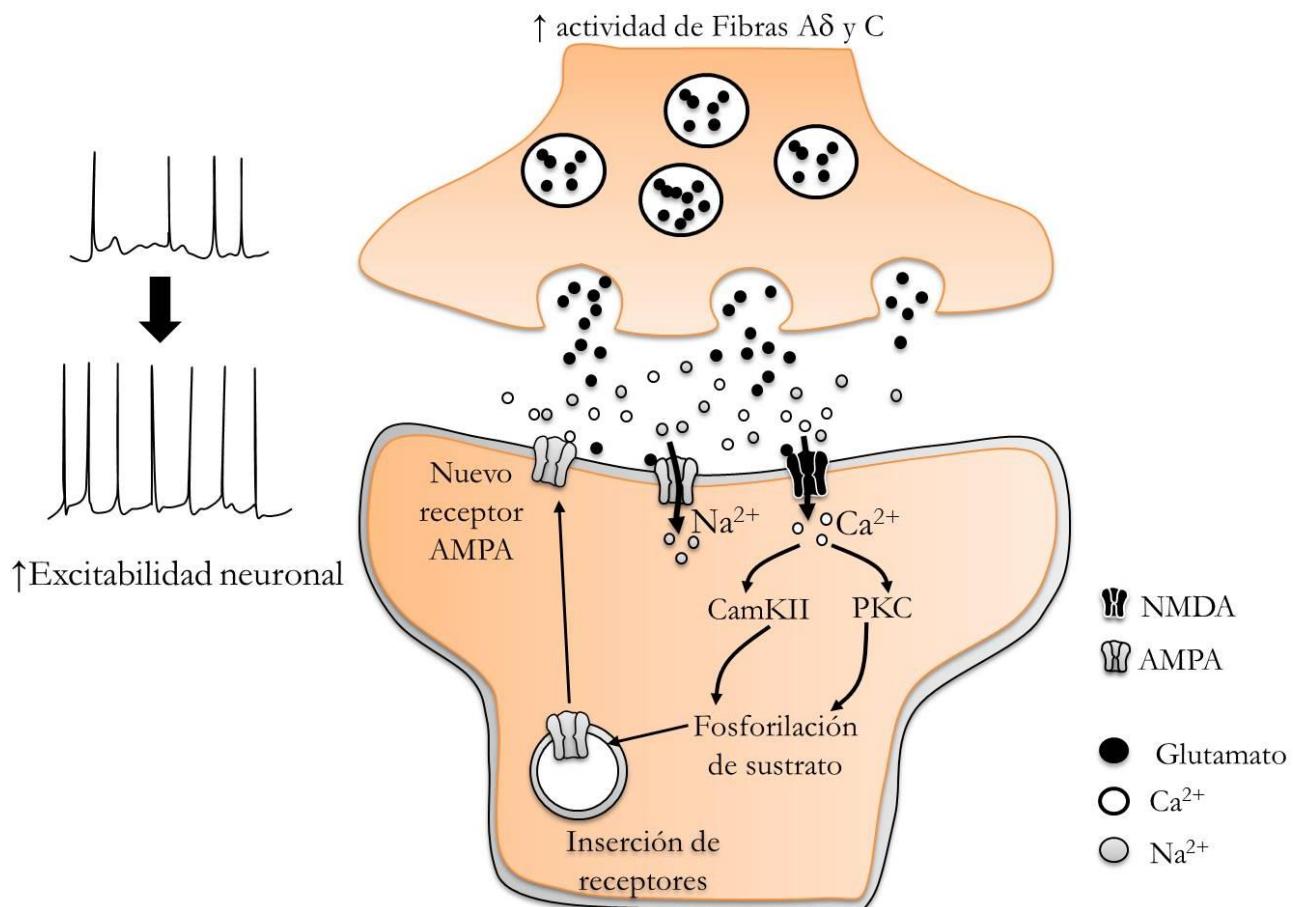


Figura 5.8 Sobre-expresión de receptores a glutamato por sensibilización central en la médula espinal. Izquierda: representación del incremento en la actividad de las neuronas por el incremento en excitabilidad por mayor actividad de las fibras Aδ y C.

Interacciones entre los nervios periféricos en el sistema nervioso central

Los nervios periféricos interactúan sinápticamente en las neuronas de la médula espinal, de tal manera que la actividad de algunos de ellos modifica la eficacia sináptica de otros. Estudios experimentales han demostrado que la estimulación eléctrica de determinados nervios periféricos modifica la actividad sináptica de las neuronas en la médula espinal.

Entre las evidencias se muestran las siguientes:

1. La estimulación de las fibras aferentes A δ , del nervio ciático, deprimen por largos periodos (long-term depression [LTD, por siglas en inglés]) los potenciales de campo en las neuronas de la sustancia gelatinosa de la médula espinal (neuronas que transmiten dolor), y generados por la activación de las fibras C.
2. La estimulación autogénica de alta frecuencia del nervio articular posterior produce depresión de los potenciales espinales provocados por otras fibras aferentes articulares dolorosas (depresión homosináptica).

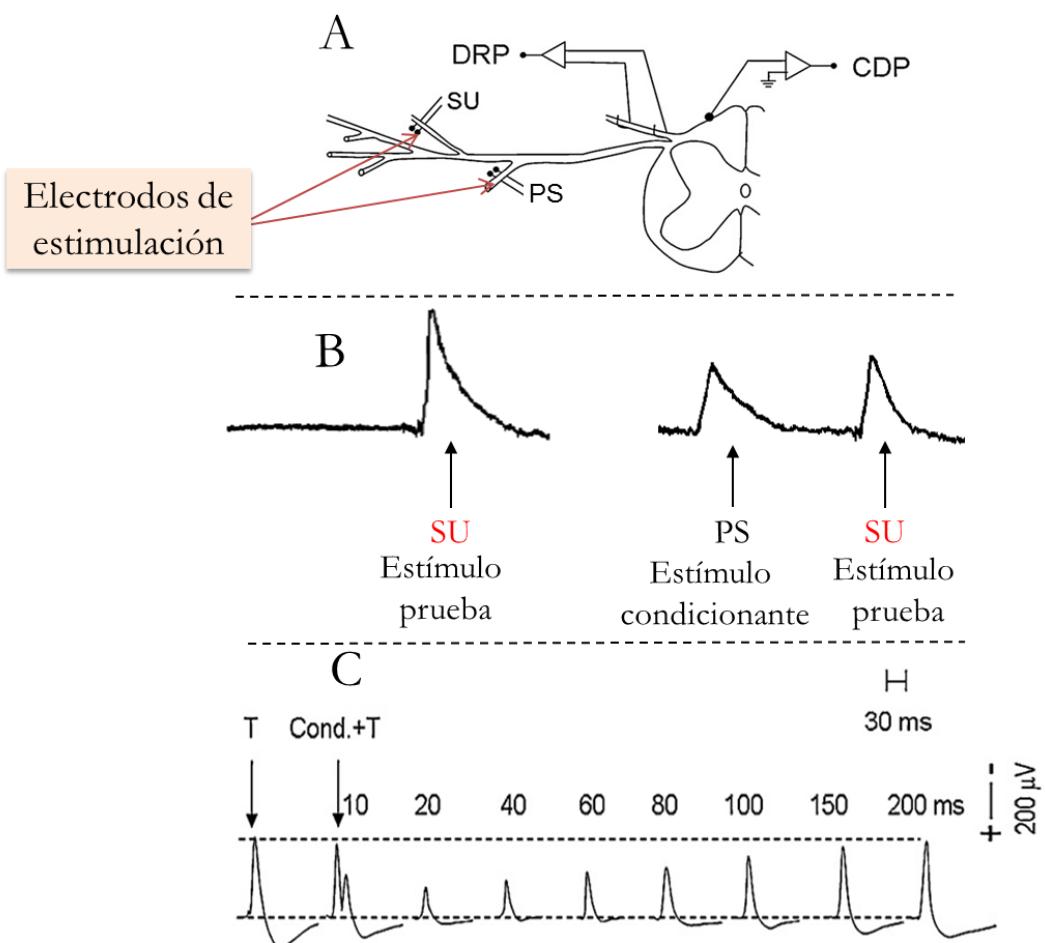


Figura 5.9 A) Arreglo experimental para registrar la actividad neuronal por medio de registros extracelulares de poblaciones de neuronas registrados en el dorso de la médula espinal también denominados potenciales del dorso de la médula (CDP, por siglas en

inglés) así como en la raíz dorsal (DRP, por sus siglas en inglés). B) El estímulo condicionado del nervio peroneo superficial (PS) deprime las respuestas neuronales producidas por el estímulo del nervio sural. C) Curso temporal de la depresión producida por el estímulo condicionante. Adaptado de Quiroz-González et al., 2012

3. Otros mecanismos que explican la neuromodulación de la neurotransmisión es mediante el efecto generado por los estímulos condicionados en los nervios periféricos, a las neuronas espinales que reciben influencias de otros nervios periféricos. Por ejemplo, las respuestas generadas en la médula espinal por el estímulo eléctrico del nervio sural, pueden deprimirse por el estímulo condicionado aplicado al nervio peroneo superficial. Esta depresión tiene un intervalo de aproximadamente 100 a 200ms, lo cual está correlacionado con el tiempo de despolarización de las fibras aferentes en la médula espinal y la inhibición presináptica.
4. A través de abordajes farmacológicos se ha demostrado una importante participación del GABA en la inhibición presináptica asociadas a la despolarización de aferentes primarias en la médula espinal para la neuromodulación por estimulación eléctrica periférica.

5.5 Neuromodulación por acupuntura

Activación de neuronas por la acupuntura

Algunos puntos de acupuntura guardan una relación anatómica con los trayectos de los nervios periféricos. Por tal situación, la estimulación de estos puntos puede producir cambios significativos en la transmisión sináptica en el sistema nervioso central, de manera similar a la estimulación directa de los nervios periféricos.

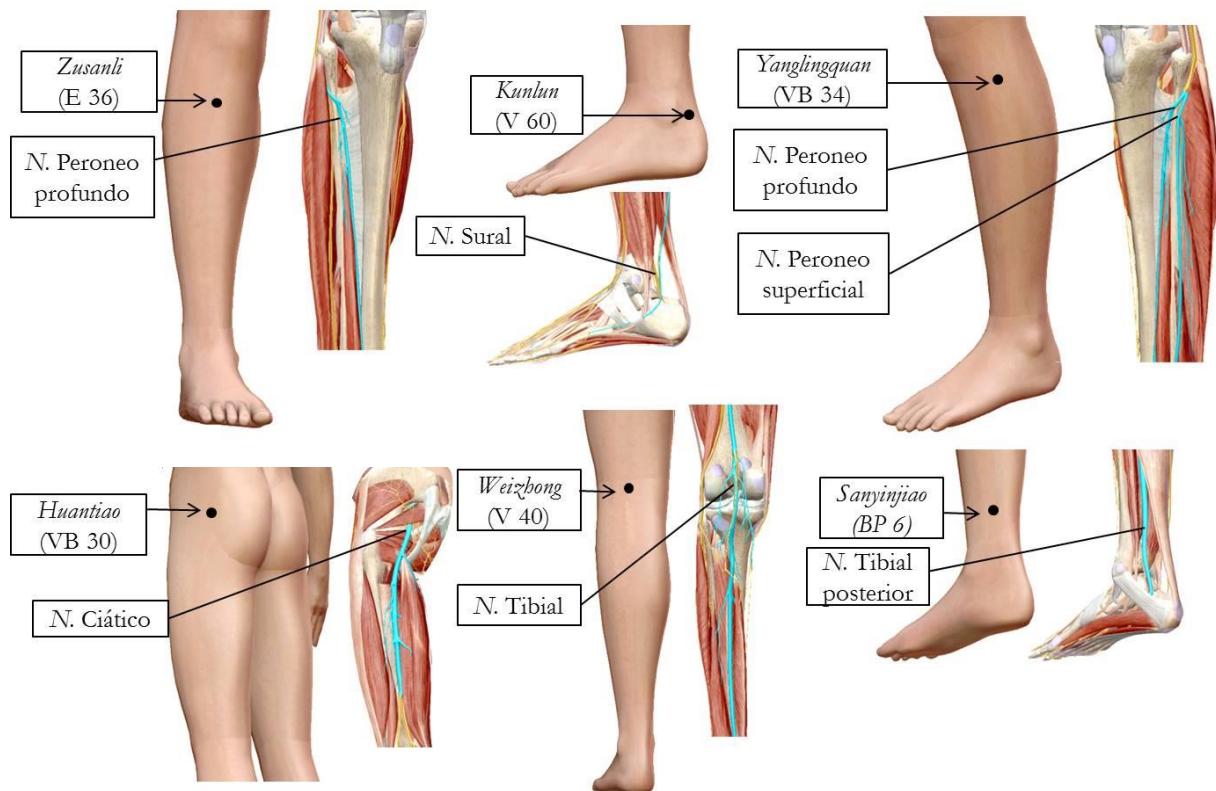


Figura 5.10 Algunos puntos de acupuntura utilizados para el tratamiento de afecciones de salud. Se muestran sus relaciones con los nervios periféricos. Adaptado de Quiroz-González et al., 2017

La electroacupuntura neuromodula la actividad de las neuronas espinales produciendo los siguientes cambios:

1. Deprime la actividad nociceptiva de las neuronas localizadas en las láminas IV-VII de la médula espinal, así como en otros núcleos supraespinales como el tálamo y corteza somatosensorial que reciben aferentes nociceptivas
2. Produce depresión de largo término (LTD) de los potenciales de campo provocados por la estimulación de fibras C y registrados en el asta dorsal de la médula espinal.
3. En la médula espinal existe una convergencia de los estímulos provenientes de los nociceptores, así como de aquellos generados por la EA. En esta estructura, la actividad nociceptiva de las neuronas puede ser deprimida por mecanismos inhibitorios pre-y postsinápticos.

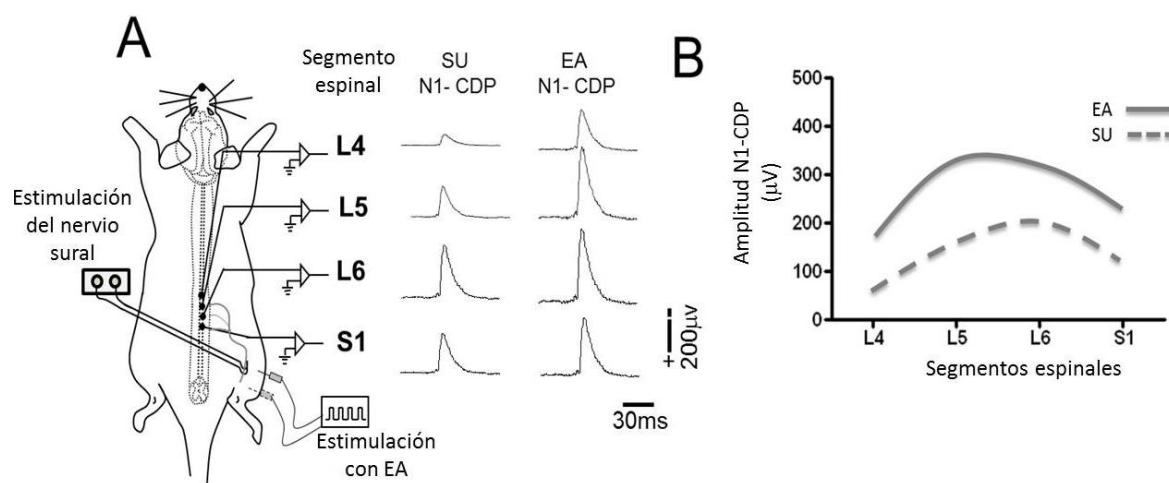


Figura 5.11 Potenciales del dorso de la médula espinal (cord dorsum potential CDP) producidos por el estímulo del nervio sural (SU) y estimulación con electroacupuntura (EA) en Zusanli (E36) y Sanyinjiao (BP6). A. Representación esquemática del protocolo experimental y del primer componente negativo del CDP (N1-CDP) producido por estímulos eléctricos únicos aplicados al nervio SU y por la EA, y registrados en los segmentos espinales L4-S1 en el roedor. B. Representación gráfica de la distribución longitudinal de la amplitud del componente N1-CDP producido por la estimulación del nervio SU y por la EA. Adaptado de Quiroz-González et al., 2014.

Por otra parte también se ha demostrado la existencia de una importante superposición, en varios segmentos de la médula espinal, de la actividad neuronal producida por la entrada sensorial de bajo umbral con aquella generada por la EA. Tal evidencia podría indicar que las fibras aferentes sensoriales de bajo y alto umbral, así como aquellas activadas por la EA, excitan grupos de neuronas en las cuales convergen ambos estímulos para producir la neuromodulación de la eficacia sináptica. El resultado sería un incremento o decremento en la neurotransmisión en función de la frecuencia, intensidad y sitio de estimulación periférica

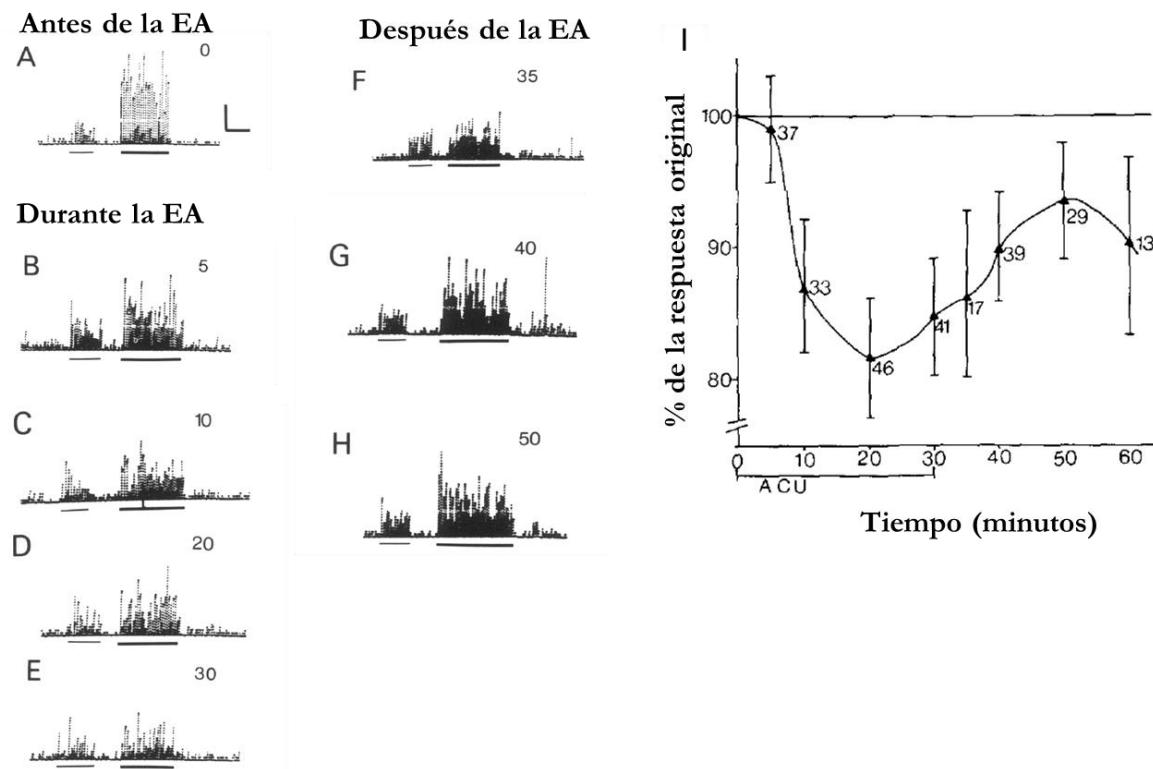


Figura 6.12 Registro de la actividad de neuronas localizadas en las láminas superficiales de la médula espinal antes, durante y después de la EA (A-H). Se muestra la representación gráfica del curso temporal de la depresión transitoria de la EA, así como el efecto post-estímulo (I) Adaptado de Pomeranz y colaboradores., 1979.

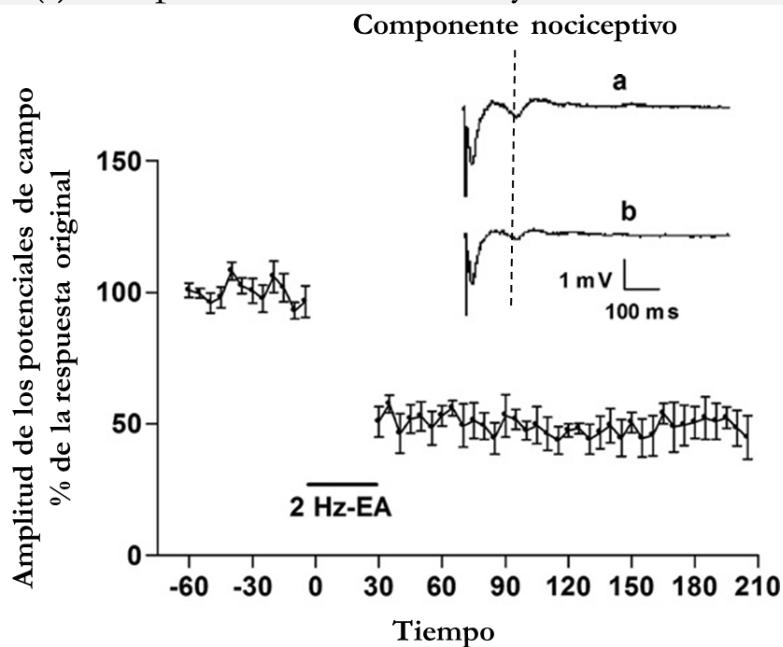


Figura 6.13 Depresión de largo término de las neuronas nociceptivas de la médula espinal por la EA de baja frecuencia

(2Hz), a) antes de la EA, b) después de la EA. Adaptado de Kim et al., 2004

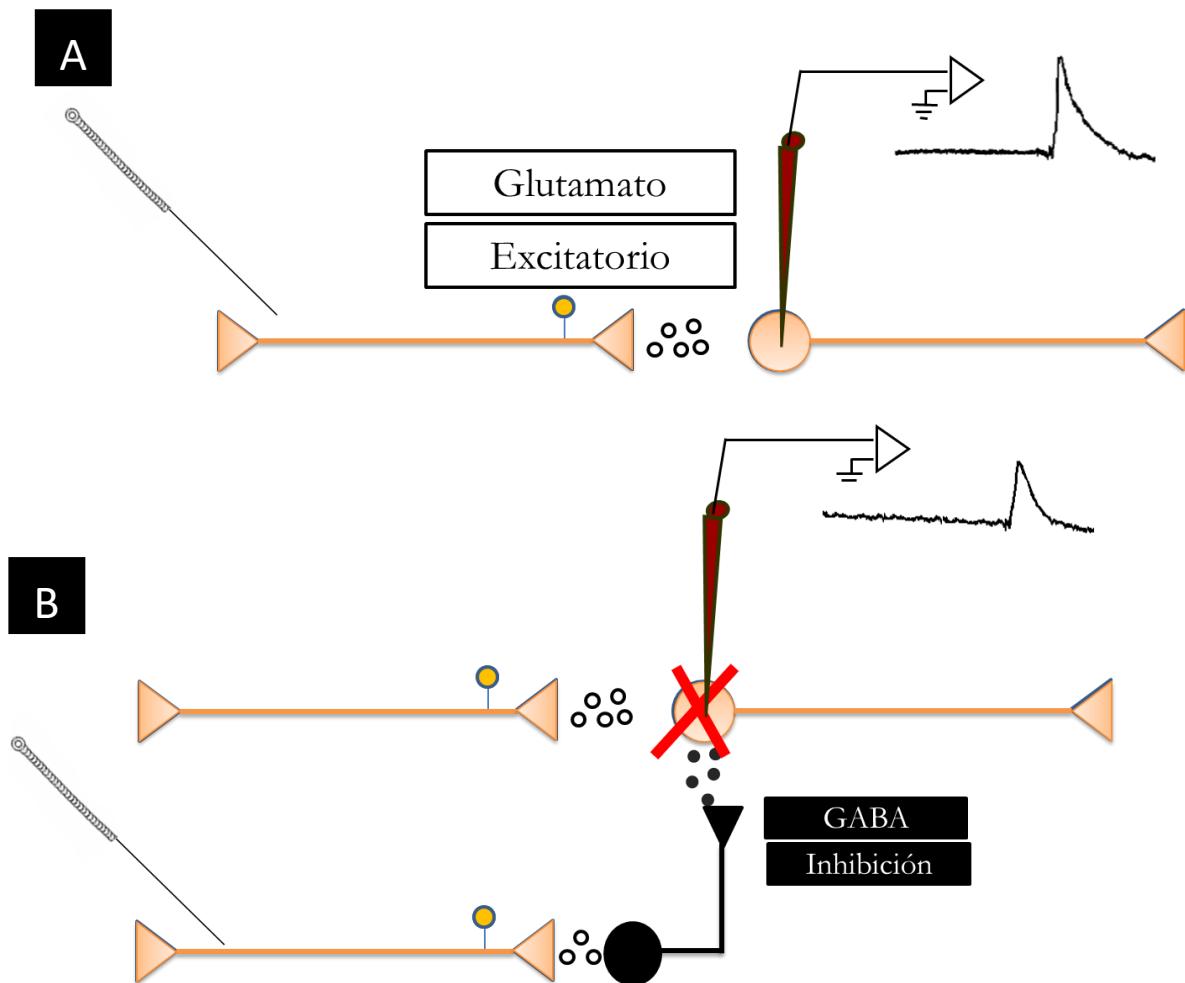


Figura 6.14 Ejemplos de modulación (facilitación o inhibición) de la actividad neuronal por el estímulo acupuntural. A) La acupuntura favorece la actividad en las neuronas de primer orden. B) La acupuntura activa interneuronas inhibidoras que disminuyen la actividad de las neuronas de segundo orden.

Resumen

- La neuromodulación consiste en la modificación de la actividad de ciertos circuitos neuronales en distintas estructuras del sistema nervioso.

- El objetivo de la neuromodulación es activar (facilitar) o deactivate (inhibir) las respuestas neuronales y celulares que permitan establecer el balance en el organismo.
- Existen distintas técnicas de neuromodulación por estimulación eléctrica periférica.
- La acupuntura constituye una técnica de estimulación nerviosa periférica.
- La electroacupuntura utiliza a las agujas como electrodos de estimulación percutánea para aplicar estimulación a distintas frecuencias e intensidades.
- Los nervios periféricos interactúan sinápticamente en las neuronas de la médula espinal, de tal manera que la actividad de algunos de ellos modifica la eficacia sináptica de otros.
- Algunos puntos de acupuntura se relacionan con los nervios periféricos. Por tal situación, la estimulación de estos puntos puede producir cambios significativos en la transmisión sináptica en el sistema nervioso central, de manera similar a la estimulación directa de los nervios periféricos.

Preguntas de repaso

1. Defina el concepto de neuromodulación.
2. Describa las diferentes técnicas de neuromodulación.
3. De las distintas técnicas de neuromodulación, ¿cuál de ellas tiene el equivalente más cercano a la acupuntura?
4. Que entiende por neuromodulación de la transmisión sináptica.
5. ¿Cómo interaccionan los nervios periféricos en la sistema nervioso central?
6. Describa algunos estudios que han demostrado la modulación de la actividad de las neuronas por acupuntura.

Referencias

1. Barton Samantha Mind over machine. *Nature Reviews Neuroscience* 2006; 7, 682-683
2. Chung JM, et al., Prolongated inhibition of primate spinothalamic tracks cells by peripheral nerve stimulation. *Pain* 1984; 19:259–275
3. Kim JH, Min BI, Na HS, Park DS Relieving effects of electroacupuncture on mechanical allodynia in neuropathic pain model of inferior caudal trunk injury in rat: mediation by spinal opioid receptors. *Brain Res.* 2004; 998:230–236
4. Piccolino M. Biological machines: from mills to molecules. *Nat Rev Mol Cell Biol.* 2000;1(2):149-53.
5. Quiroz-González S, Segura-Alegría B, Jiménez-Estrada I. Depressing effect of electroacupuncture on the spinal non-painful sensory input of the rat. *Exp Brain Res.* 2014;232:2721–9.12.
6. Quiróz-Gonzalez S, Segura-Alegría B, Olmos JC, Jiménez-Estrada I. The effect of chronic undernourishment on the synaptic depression of cutaneous pathways in the rat spinal cord. *Brain Res Bull* 2012; 89:97–101.
7. Quiroz-González Salvador et al., Electroacupuntura y neuromodulación en la médula espinal: implicaciones en el dolor neuropático. *Revista Internacional de Acupuntura* 11 (3) 2017; 85-95.
8. Simon Hayhoe, et al., Single-Use Acupuncture Needles: Scanning Electron-Microscopy of Needle-Tips. *Acupuncture in medicine* 2002;20(1):11-18

Capítulo 6

Sensación *DeQi* y neuroestimulación

6.1 Manipulación de la aguja y sensación acupuntural

Después de introducir la aguja, en determinado punto de acupuntura, el acupunturista realiza diferentes manipulaciones para que el paciente tenga una reacción al estímulo acupuntural. Esto se conoce como manipulación de la aguja. Cuando la aguja llega hasta cierta profundidad, el paciente describe distintas sensaciones como tumefacción, entumecimiento, hormigueo y pesadez en el sitio punzado. El acupunturista debe sentir una fuerza de resistencia contra la aguja a causa de estas sensaciones. Esto se conoce como atracción del *Qi* o reacción de la aguja. Cuando no ha llegado la reacción de la aguja, es decir, no se ha atraído el *Qi*, el acupunturista tiene una sensación de relajación y deslizamiento de la aguja; el paciente, a su vez, no refiere sensación alguna.

Hay una frase que dice:

“Cuando llega la energía, o la sensación acupuntural, la sensación del acupunturista es como si el pez hubiera mordido el anzuelo; mientras que cuando no llega la reacción de la aguja, la sensación del acupunturista es como si gozara de un paseo en un lugar muy tranquilo.

El Pivote Milagroso (Ling Shu Jing) menciona lo siguiente:

“La técnica acupuntural no tiene efecto hasta que el Qi (“Energía”) llega. Los efectos son sorprendentes como cuando el viento dispersa las nubes y aparece un cielo despejado”.

En MTC la sensación desencadenada por el estímulo acupuntural se conoce como “*DeQi*”, la cual se acompaña de diferentes sensaciones percibidas tanto por el paciente como por el acupunturista. En la teoría de la MTC se considera que mediante la estimulación de ciertos puntos de acupuntura se puede activar el *Qi* y la sangre de los meridianos y colaterales. En consecuencia, para regular la función de los órganos para prevenir y tratar a las enfermedades, es indispensable activar la sangre y la energía. Por lo tanto, el *DeQi*, que literalmente significa "la llegada de la energía vital" (得 Qi: Obtener, conseguir, 氣 Qi:), es un requisito previo para los efectos clínicos de la acupuntura. También se considera de relevancia para conocer el estado de la energía patógena y antipatógena en el organismo y, en consecuencia, para el pronóstico de la enfermedad.

El “*DeQi*” puede generarse por el estímulo con las agujas de acupuntura, moxibustión, masaje, digitopuntura así como mediante otros procedimientos. El concepto “*DeQi*”, se describe en el texto clásico de medicina interna.

El “*Huang Di Neijing*”; puntualiza:

“Los efectos terapéuticos de la acupuntura no se realizarán hasta que arribe la energía. Obtener la respuesta DeQi, mantener el Qi y observar los movimientos de la energía son pasos importantes en la terapéutica acupuntural.

Ling Shu Capítulo 3 sobre el minuto de la aguja

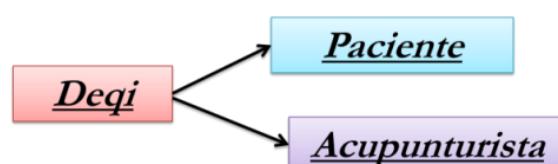


Figura 6.1 Componentes del “*DeQi*”

El término “*DeQi*” también puede ser traducido de distintas maneras. Se traduce como "sensación de aguja", a veces como "llegada del Qi" o "respuesta de aguja".

Algunos investigadores sostienen que no hay diferencia significativa entre estas traducciones, mientras que otros mencionan lo contrario. La sensación de aguja se refiere principalmente a la sensación subjetiva y respuesta percibida por los pacientes así como por los acupunturistas. No obstante, la sensación de la aguja se encuentra asociada a la llegada del *Qi*, como resultado de la respuesta a la aguja.

Indistintamente de la diferencia o no de la traducción de la sensación acupuntural “*DeQi*” o respuesta acupuntural tiene implicaciones funcionales:

1. El arribo del *Qi*, asociado a la respuesta acupuntural, activa al *Qi* antipatógeno para expulsar los agentes patógenos exógenos.
2. Constituye uno de los objetivos principales de la acupuntura.
3. Describe las sensaciones subjetivas percibidas por los pacientes así como por los acupunturistas durante el tratamiento acupuntural.
4. Incluye la sensación propagada a lo largo de los canales así como los signos físicos externamente visibles debido al tratamiento de acupuntura.
5. La reacción de la aguja constituye un factor decisivo para el resultado terapéutico.

Cuando no se logra la sensación acupuntural hay que analizar las causas que impiden la llegada de la reacción de la aguja.

Existen diversas:

1. El ángulo de la profundidad de la punción.
2. Sitio de la punción.
3. La técnica de manipulación.
4. La condición del paciente (determina el umbral a la sensación acupuntural). En MTC la demora en la llegada de la reacción de la aguja puede atribuirse a una deficiencia de *Qi* de los meridianos producida por la debilidad del factor antipatógeno, o se deba a otros factores patógenos.

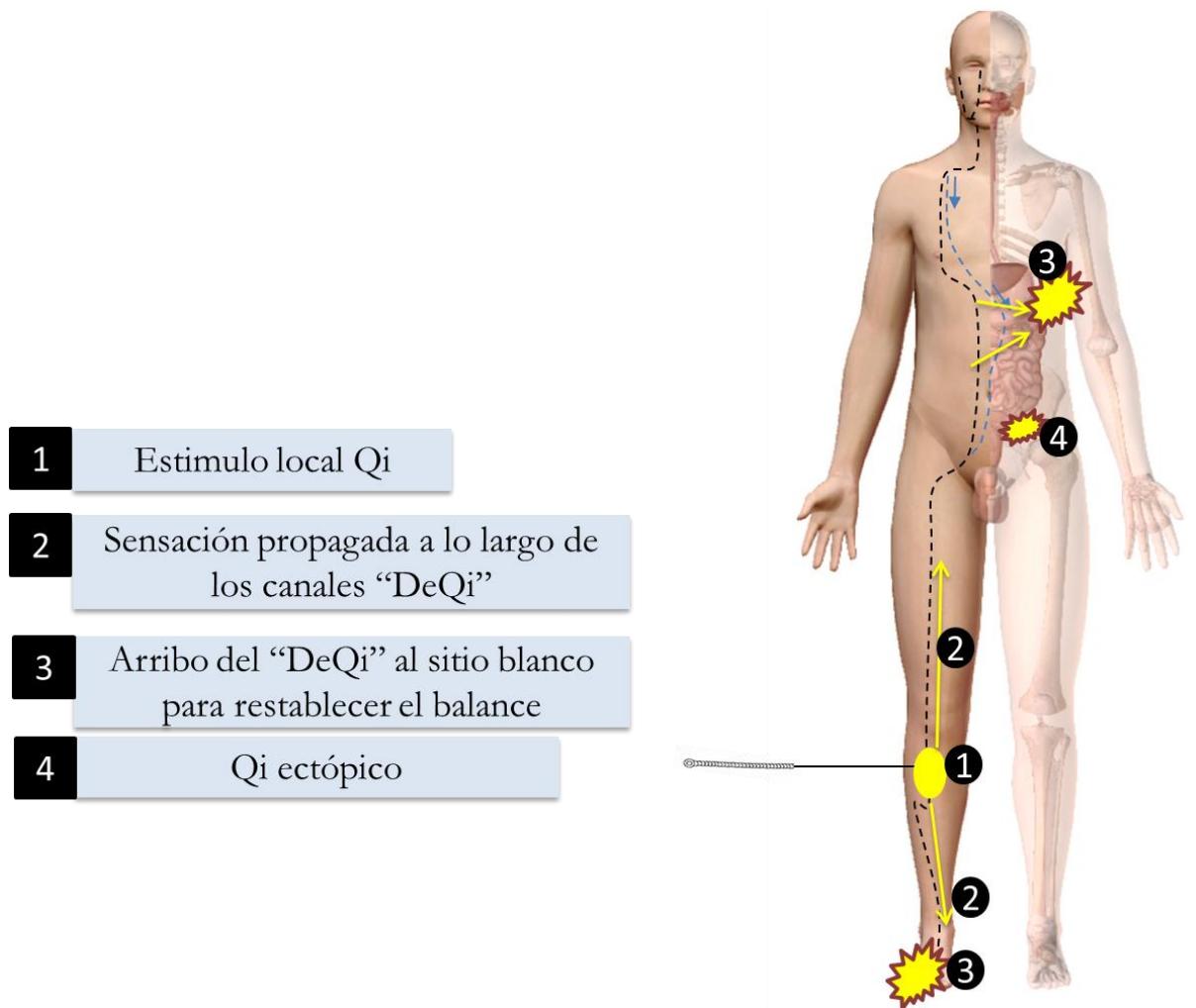


Figura 6.2 Manifestaciones clínicas de la sensación acupuntural

6.2 Manifestaciones clínicas de la sensación acupuntural.

En el marco de la MTC así como en términos de neuromodulación es requisito conocer si la aguja está colocada correctamente próxima a los nervios periféricos. Esto es de suma importancia ya que permite al acupunturista asegurar la entrada aferente para activar los centros de neuromodulación y desencadenar la respuesta terapéutica.

A través de registro de campo extracelular se ha podido dilucidar el componente fisiológico de la sensación acupuntural. Se ha demostrado que durante la sensación *DeQi*, se evocan descargas aferentes en los nervios que se encuentran circundando los puntos de acupuntura. Tales sensaciones y descargas nerviosas son bloqueadas con antagonistas de los canales de voltaje para sodio, lo que sugiere la participación de los potenciales de acción en la sensación acupuntural.

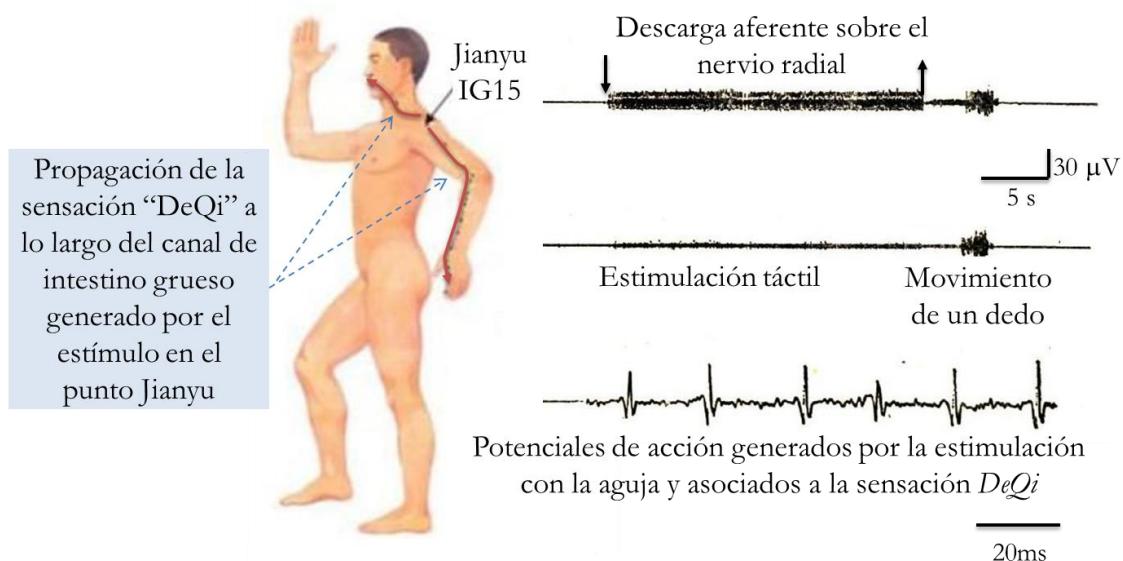


Figura 6.3 La sensación del "*DeQi*" se encuentra asociado a la generación y propagación de los potenciales de acción en las vías nerviosas.

Por lo tanto, el enfoque tradicional y filosófico de la sensación *DeQi* tiene un componente neurofisiológico, en donde el estímulo acupuntural referido como sensación “*DeQi*”, es indicativo de la despolarización de fibras aferentes somáticas y, en consecuencia, de la activación de determinados nervios periféricos para inducir la neuromodulación.

La sensación *DeQi* tiene diferentes manifestaciones clínicas de relevancia a conocer por el acupunturista.

1. *Qi desencadenado por el estímulo local:* hace referencia a la respuesta obtenida por el hecho de puncionar el área somática y producir la microlesión. Esta respuesta está asociada al estímulo de nociceptores y mecanoreceptores a nivel local.

2. *Propagación de la sensación DeQi:* esta respuesta está relacionada a la transmisión del estímulo acupuntural hacia los centros de integración o neuromoduladores localizados en el SNC. Incluye la despolarización de una gran cantidad de fibras aferentes somáticas.

Los procedimientos para inducir la propagación de la sensación acupuntural incluyen a los siguientes:

- a) Retener la aguja por un breve tiempo para esperar la reacción.
- b) Atrapamiento de la aguja en el tejido conectivo
- c) Manipulación de la aguja en el sitio punzado (técnica vuelo de pájaro, rascado, trepidación, rotación, golpeteo, vibración, balanceo y agitación entre otras)
- d) Aplicar la moxa con el fin de recuperar el *Qi* de los meridianos, o algunos tratamientos adicionales.

3. *Arribo del Qi al sitio blanco:* corresponde a la respuesta desencadenada por los centros de procesamiento y ejecutada por los efectores (músculo, glándulas o tejido conectivo) con la

finalidad de restablecer el balance en el organismo. La respuesta está en función del sitio de punción y su relación con la inervación somato-visceral.

4. *Qi ectópico:* corresponde a las sensaciones acupunturales desencadenadas en sitios remotos al sitio de punción y que no guardan una relación directa con la inervación somato-visceral

6.3 Tipos de Sensación *DeQi*

Sensación de *Qi* percibida por el paciente

Durante el tratamiento acupuntural los pacientes experimentan numerosas sensaciones relacionadas al *DeQi*. Por ejemplo, describen presión profunda, dolor sordo, pesadez, entumecimiento, dolor difuso, irradiante, sensación de descarga eléctrica, refrescante, alivio y hormigueo.

Las sensaciones asociadas al *DeQi* dependen de la constitución del paciente, de su estado orgánico, la manipulación, dirección, ángulo y profundidad de inserción de las agujas así como de los diferentes acupuntos estimulados. La sensación *DeQi* es cualitativa y cuantitativamente diferente entre la estimulación manual y eléctrica.

Sensación *DeQi* percibida por el acupunturista

El Huangdi Neijing (canon de la medicina interna de Huangdi), uno de los cuatro grandes clásicos de la MTC, afirma que el *DeQi* debe ser sentido por los acupunturistas. Por lo tanto, es requisito indispensable concentrarse en la aguja y el paciente durante la intervención acupuntural para percibirlo.

El acupunturista experimenta una sensación de atrape de la aguja, la cual está asociada al proceso de mecanotransducción, en

la cual se percibe que la aguja está muy tensa, apretada y llena como "un pescado que muerde el cebo", y la llegada del *DeQi* como "un pájaro que vuela". En la literatura antigua de MTC el atrape de la aguja se consideraba estar asociado con la eficacia clínica.

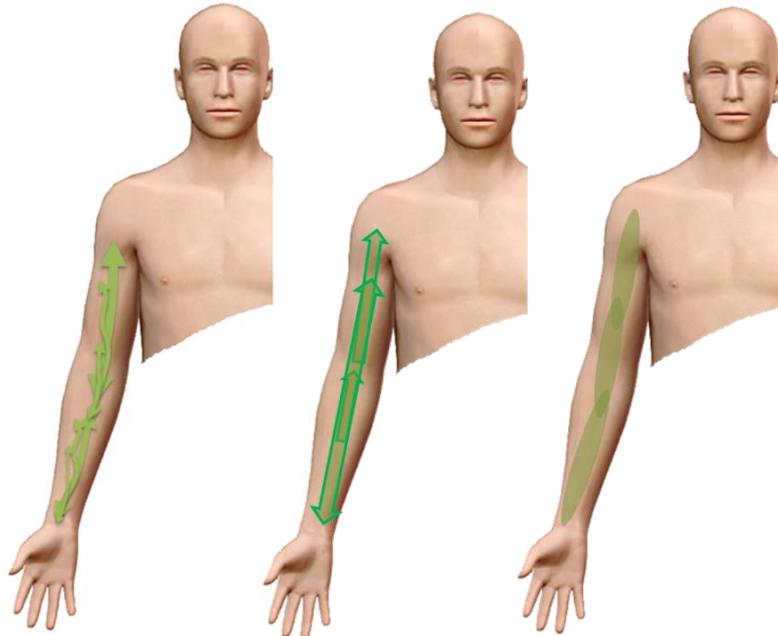


Figura 6.4 Sensación propagada a lo largo del canal de pericardio

6.4 Propagación de la sensación acupuntural

Como se describió anteriormente otra característica importante del *DeQi* es su propagación o irradiación desde el punto de generación del estímulo acupuntural hacia el sitio blanco, es lo que comúnmente se denomina "sensación propagada a lo largo de los meridianos" o más comúnmente, "sensación propagada a lo largo de los canales" (SPC). Esta propagación se relaciona con el flujo de Qi a través de los diferentes canales de acupuntura. A veces puede manifestarse como enrojecimiento de la piel, piel de gallina, o manifestar líneas rojas o blancas a lo largo de los canales de la superficie corporal.

Es claro que las sensaciones de los pacientes y de los acupunturistas están estrechamente vinculadas. Cuando los

acupuntores perciben el atrape de la aguja, los pacientes suelen experimentar dolor, entumecimiento, plenitud o pesadez al mismo tiempo. En las circunstancias en que el Qi no ha llegado, los pacientes no tienen sensación o respuesta especial y los acupunturistas sienten la aguja vacía, sin atrape ni dirección.

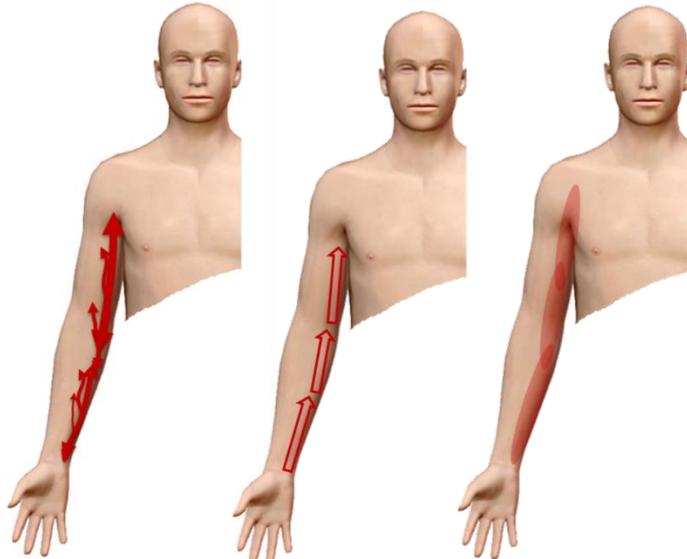


Figura 6.5 Sensaciones propagadas a lo largo del canal de corazón

6.5 Relevancia fisiológica del “*DeQi*”

La sensación del “*DeQi*” se encuentra relacionada con elementos neuronales así como no neuronales periféricos y centrales. Las investigaciones han encontrado que la estimulación de los vasos, nervios, músculos, tendones y periostio produce sensaciones variables, produciendo así diversos efectos en áreas del SNC y el cuerpo humano relacionadas al procesamiento de los estímulos sensoriales que acompañan la sensación del “*DeQi*”.

Predominantemente, la estimulación de las ramas nerviosas produce entumecimiento; la estimulación de los músculos produce dolor y distensión; y la estimulación de los vasos sanguíneos produce dolor. También las sensaciones “*DeQi*” son transmitidas por diferentes sistemas de fibras nerviosas. Las fibras A δ y C de transmisión lenta conducen, dolor, distensión, pesadez, calor y

dolor sordo, mientras que el entumecimiento es transportado por las fibras A β y A α de conducción rápida en la piel.

Entre los cambios fisiológicos que acompañan la sensación de *DeQi* se enlistan los siguientes:

1. Incremento del flujo sanguíneo en el sitio de punción; puede ser muscular o cutáneo.
2. Incremento del flujo sanguíneo en los órganos y vísceras.
3. Incremento del flujo sanguíneo cerebral.
4. Modulación del metabolismo.
5. Respuesta motora.
6. Modulación de los órganos-vísceras.
7. Psiconeuroinmunomodulación.

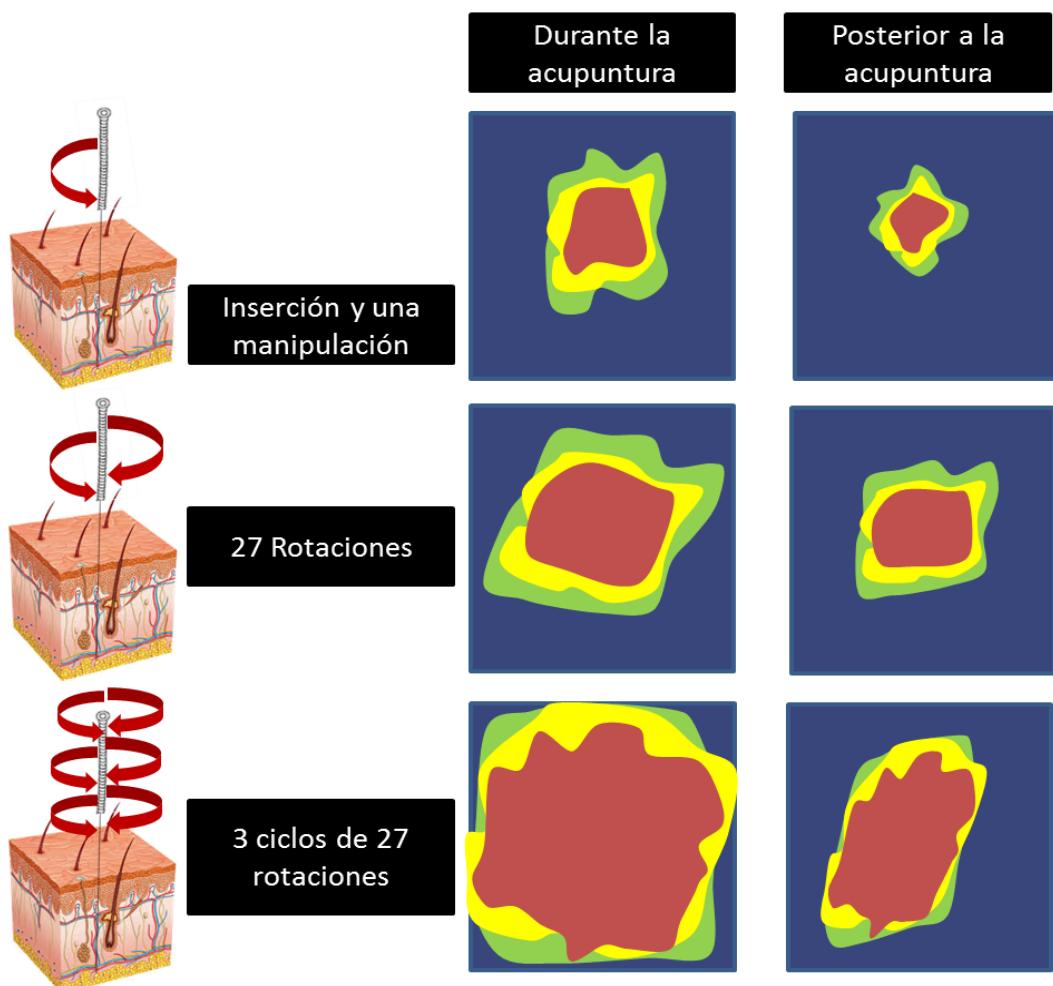


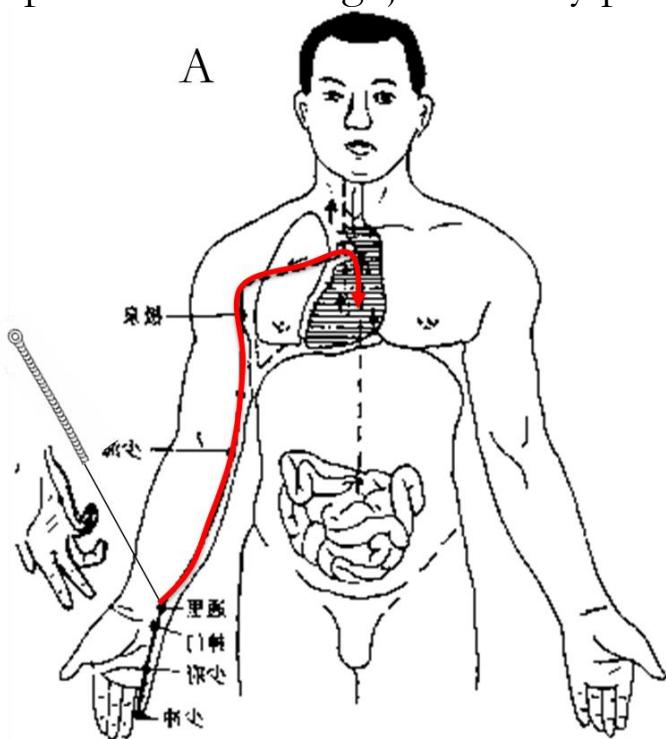
Figura 6.6 Representación esquemática de los cambios vasculares (coloración roja) a nivel cutáneo producida por la manipulación de la aguja de acupuntura después de la punción (Adaptado de Min y colaboradores., 2015).

6.6 Reforzando el “*DeQi*”

El Ling Shu Capítulo 3 sobre el minuto de la aguja menciona:

“Obtener la respuesta DeQi, mantener el Qi y observar los movimientos de la energía son pasos importantes en la terapéutica acupuntural”

Las fibras aferentes del sistema nervioso periférico constituyen las vías de entrada hacia el sistema nervioso central. La deformación del tejido conectivo a través del atrapamiento de la aguja también produce la sensación *DeQi* y en consecuencia favorece el reforzamiento de la sensación acupuntural cuando las agujas se estimulan. La estimulación por trepidación, golpeteo, así como otras técnicas de estimulación también incrementa la sensación de Qi, y permite mantenerlo. Con el objetivo de tener una mayor eficacia, se recomienda la manipulación cada cinco minutos durante la retención de la aguja posterior de haber obtenido la sensación *DeQi*. Si el *DeQi* no es generado y mantenido el paciente no manifiesta ninguna sensación o reacción particular y el acupunturista puede sentir las agujas vacías y perdidas.



B

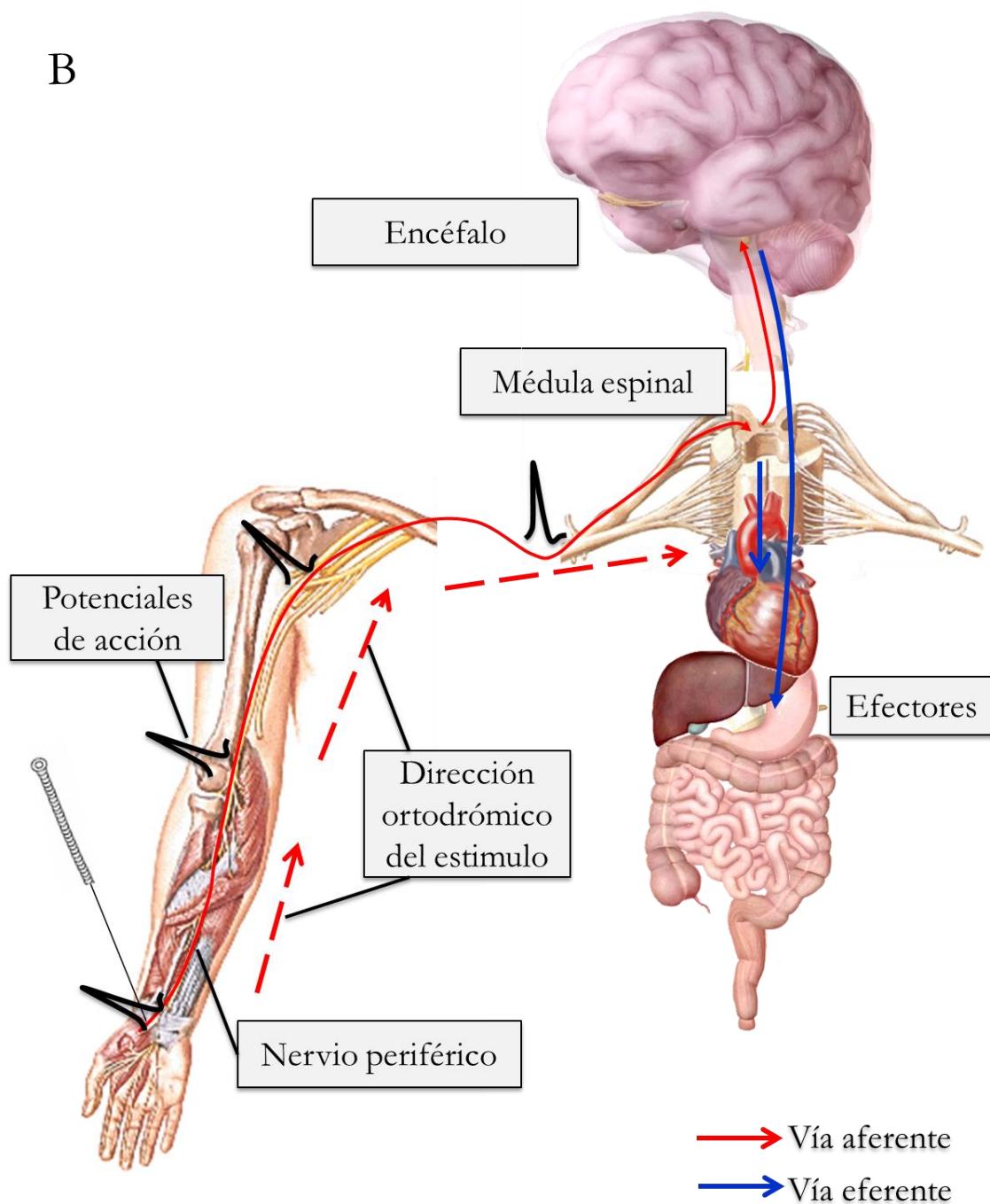


Figura 6.7 Sensación de Qi y potenciales de acción. A) Estímulo de un punto de acupuntura y la sensación de Qi propagada sobre un canal de acupuntura (línea roja); B) Relación entre la sensación de la acupuntura (DeQi) con la despolarización de aferentes primarias y los potenciales de acción en los nervios periféricos. El arriba del potencial de acción a la médula espinal y encéfalo (línea roja) activa los centros de procesamiento y en consecuencia la respuesta (línea azul). Tal respuesta será en función de los parámetros de estimulación de la acupuntura.

Resumen

- En MTC la sensación desencadenada por el estímulo acupuntural se conoce como “*DeQi*”, la cual se acompaña de diferentes sensaciones percibidas tanto por el paciente como por el acupunturista.
- También se considera de relevancia para conocer el estado de la energía patógena y antipatógena en el organismo y en consecuencia para el pronóstico de la enfermedad.
- Esta respuesta puede generarse por el estímulo con las agujas de acupuntura, moxibustión, masaje, digitopuntura así como mediante otros procedimientos.
- Cuando no se logra la sensación acupuntural hay que analizar las causas que impiden la llegada de la reacción de la aguja.
- Los pacientes pueden experimentar diversas sensaciones asociadas al *DeQi*, lo cual depende de su constitución, estado orgánico, la manipulación, dirección, el ángulo y la profundidad de las agujas así como de los diferentes acupuntos estimulados.
- La sensación propagada a lo largo de los meridianos" (SPM) o, más comúnmente, "sensación propagada a lo largo de los canales" (SPC), se asocia con el flujo de Qi a través de los diferentes canales de acupuntura.
- La sensación de Qi se encuentra relacionada con elementos neuronales así como no neuronales periféricos y centrales.
- La sensación del “*DeQi*” corresponde a la generación y propagación de los potenciales de acción en las vías nerviosas

y es de relevancia para activar los efectos locales y sistémicos de la acupuntura.

Preguntas de repaso

1. ¿Qué se entiende por atracción del Qi o reacción de la aguja?
2. Describa cual es la importancia de la *DeQi*.
3. Mencione cuales son los tipos de sensaciones *DeQi* que describe el paciente y el acupunturista.
4. Que entiende por sensación propagada.
5. Describa la relevancia fisiológica del *DeQi*.
6. ¿Qué es el reforzamiento del *DeQi*?

Referencias

1. Hong-Wen Yuan, et al., The Historical Development of Deqi Concept from Classics of Traditional Chinese Medicine to Modern Research: Exploitation of the Connotation of Deqi in Chinese Medicine. Evid Based Complement Alternat Med. 2013; 2013:
2. Ji-Eun Park, Yeon-Hee Ryu, Yan Liu, Hee-Jung Jung, Ae-Ran Kim, So-Young Jung, Sun-Mi Choi. A literature review of de qi in clinical studies. Acupunct Med. 2013 Jun; 31(2): 132–142.
3. Kong, Acupuncture De Qi, from Qualitative History to Quantitative Measurement. The journal of alternative and complementary medicine Volume 13, Number 10, 2007, pp. 1059–1070.

4. Min et al., Local changes in microcirculation and the analgesic effects of acupuncture: a laser Doppler perfusion imaging study. *J Altern Complement Med.* 2015 Jan;21(1):46-52.
5. Xing-Yue Yang, Guang-Xia Shi, Qian-Qian Li, Zhen-Hua Zhang, Qian Xu, and Cun-Zhi Liu* Characterization of *DeQi* Sensation and Acupuncture Effect. *Evid Based Complement Alternat Med.* 2013; 2013: 319734.
6. Won-Mo Jung, Woosun Shim, Taehyung Lee, Hi-Joon Park, Yeonhee Ryu, Florian Beissner, Younbyoung Chae More than DeQi: Spatial Patterns of Acupuncture-Induced Bodily Sensations *Front Neurosci.* 2016; 10: 462
7. Zhang-Jin Zhang, Xiao-Min Wang, Grainne M. McAlonan Neural Acupuncture Unit: A New Concept for Interpreting Effects and Mechanisms of Acupuncture *Evid Based Complement Alternat Med.* 2012; 2012:
8. Xiaoling Wang, Jiliang Fang, et al., Deqi Sensations of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation on Auricular Points *Evid Based Complement Alternat Med.* 2013; 2013: