

**Postgrado de iniciación
a la Acupuntura Veterinaria: UAB**

**Bases científicas
de la Acupuntura**



«No problem can be solved from the same consciousness which created it»

Albert Einstein

ÍNDICE

	Página
1. Introducción	7
2. Acupuntura-medicina tradicional china y los nuevos paradigmas en ciencia.....	8
A) Física moderna (Física cuántica) y Acupuntura	8
B) Autopoiesis, Teoría de los Fractales y Matemáticas Fractales, Teoría General de los Sistemas, Teoría del Caos y Ciencia de la Complejidad, y Acupuntura	9
1. Autopoiesis: la organización de lo vivo.....	10
2. Teoría de los fractales. Matemáticas fractales	11
a) La salud y el concepto de los fractales	11
3. Teoría General de los Sistemas	12
a) Características del pensamiento de «Sistemas»	12
4. Teoría del Caos y Ciencia de la Complejidad. Nuevos desarrollos en la Teoría General de los Sistemas	13
a) La Teoría del caos en el cuerpo	15

3.	Hipótesis científicas propuestas para explicar los mecanismos de acción de la acupuntura	16
A)	Biomecánica o anatómica	16
B)	Bioquímica	16
C)	Bioelectromagnética	16
4.	Introducción a las bases neuroanatómicas y neurofisiológicas de la acupuntura. Los puntos de acupuntura y los meridianos. Mecanismos biológicos de acción de la acupuntura	17
A)	Introducción a las bases neuroanatómicas y neurofisiológicas de la acupuntura	17
1.	Lugar de acción de la acupuntura	18
2.	Naturaleza de acción de la acupuntura	18
3.	Acupuntura analgésica	19
a)	Puntos de acupuntura	19
b)	¿Qué nervios son estimulados?	20
c)	Efectos analgésicos	21
4.	Efectos no analgésicos de la acupuntura	22
5.	Resumen	22
B)	Los puntos de acupuntura y los meridianos	22
1.	Características del punto de Acupuntura: características morfológicas y físicas (bioeléctricas)	22
a)	Características de los puntos de acupuntura	23
b)	Organización conceptual de los Meridianos (o Canales)	26
C)	Mecanismos biológicos de acción de la acupuntura	28
1.	Efectos locales	28
2.	Mecanismos espinales segmentarios o efectos segmentarios o metaméricos (Acupuntura Segmentaria o Metamérica)	29
a)	Periferia	32
b)	Médula espinal (filtro primario)	34

3.	Efectos Supraespinales: efectos específicos, no segmentarios, heterosegmentarios y, efectos generales, sistémicos	37
	a) Sistema espinotalámico y formación reticular	37
	b) Tálamo	43
	c) Hipotálamo	44
	d) Corteza Cerebral	45
	e) Sistema Nervioso Vegetativo: Sistema Nervioso Simpático y Sistema Nervioso Parasimpático	47
	f) Otros efectos generales	48
4.	Procesos nerviosos, humorales (neuroquímicos) y de defensa como procesos de base de la acupuntura	48
	a) Procesos nerviosos	48
	b) Procesos neuroquímicos (humorales)	49
	c) Procesos de defensa	52
5.	Sistema neurovascular y efectos viscerales.....	53
	a) Sistema neurovascular y neuroaxial	53
	b) Efectos viscerales	54
5.	Acupuntura y sistema nervioso. Otras teorías propuestas	54
	A) Teoría de la Neurona Talámica (« <i>Thalamic Neuron Theory</i> »)	54
6.	Más allá de la teoría neuroendocrina	56
	A) Corriente directa, diodos y acupuntura	56
	B) Acupuntura y tejido conjuntivo	58
	1. Respuesta biomecánica a la punción: atrapamiento de la aguja	59
	2. Papel del tejido conjuntivo en el atrapamiento de la aguja	60
	3. Señales mecánicas a través del tejido conjuntivo	61
	4. Correspondencia de los puntos de acupuntura y meridianos con los planos de tejido conjuntivo	62

5.	Artículos posteriores publicados sobre las investigaciones del grupo de la Dra. HM. Langevin sobre tejido conjuntivo y acupuntura	65
C)	Acupuntura y las fibras de colágeno cristalino líquidas del tejido conjuntivo	65
1.	Concepto de cristal líquido	65
2.	Fibras de colágeno cristalino líquidas, agua y conducción de protones	66
3.	Aparición de cristales líquidos en los puntos de acupuntura	67
D)	Acupuntura y biofotones	67
1.	La luz en la transferencia de informaciones biológicas	68
2.	Biofotones y meridianos	71
E)	Teoría de la singularidad morfogénica, centros organizadores y acupuntura	72
7.	Agradecimientos	73
8.	Bibliografía	73

BASES CIENTÍFICAS DE LA ACUPUNTURA

1. Introducción

La acupuntura y otros sistemas médicos no convencionales desde su aparición en el contexto científico cartesiano, no tuvieron una buena aceptación por parte de la medicina convencional, principalmente porque representaban un desafío al modelo biomédico actual. Sin embargo, entender la acupuntura según los términos de la ciencia experimental ayudaría indudablemente a establecer una conexión con la biomedicina (medicina científica) y facilitar, de esta manera, su aceptación. El desarrollo de una teoría científica, además, sería de gran utilidad para elaborar protocolos para la investigación básica en acupuntura y diseñar estudios clínicos para su examen desde una visión occidental. En la siguiente tabla se resumen las diferencias metodológicas principales existentes entre la acupuntura-medicina tradicional china (MTC) y la biomedicina.

	Acupuntura-MTC	Biomedicina
Filosofía subyacente	Holística La condición de la totalidad del cuerpo comporta la capacidad de ser diagnosticado a partir de una sola célula	Reduccionista Analítica Se preocupa de los fenómenos reales que se pueden medir
Naturaleza de la condición humana	Unitaria Mente, cuerpo y espíritu (<i>Shen</i>) están íntimamente interconectados	Dualista
Sistema médico	Empírico –principio de correlación–	Principio de causalidad
Enfoque	Salud y Curación	Enfermedad y Tratamiento
Comprensión de la curación	Vitalista	Mecanicista
Orientación de las intervenciones	Colectiva	Individualista
Aproximación al tratamiento	Universal sistémica, y personalizada para cada individuo	Específica para cada enfermedad y aplicada de forma universal

Fig. 1. Acupuntura-medicina tradicional china (MTC) vs biomedicina.
Adaptado de Rubik, 1995 y Engebretson, 2002

2. Acupuntura-medicina tradicional china y los nuevos paradigmas en ciencia

De forma general, la medicina occidental se ha centrado en la fragmentación del cuerpo más que en el estudio de la interconexión, analizando la anatomía y la fisiología desde los niveles de sistema de órganos, órganos, tejidos y células hasta la química de las biomoléculas y los genes. El paradigma científico dominante en la sociedad occidental ha sido desde el siglo XVII el mecánico reduccionista. Por el contrario, la medicina tradicional china (MTC) habla de la existencia de una energía o fuerza vital llamada *Qi* y de un sistema energético por donde discurre éste y que recibe el nombre de «meridianos» o «canales». Este sistema de meridianos no se corresponde en absoluto con ningún sistema de órganos conocido, describiéndose 12 meridianos principales, 8 extraordinarios además de otros canales, todos ellos interconectados. Junto a los meridianos se conocen más 1.000 «puntos de acupuntura» por lo que se puede acceder a la regulación del *Qi*. Sin embargo, y por extraño que parezca, el lenguaje y pensamiento de la cultura china, en particular, y la oriental, en general, se encuentra mucho más cerca a la física moderna y otros movimientos científicos vanguardistas que de la vigente y dominante ciencia actual.

El propósito de este apartado es la exposición de los conceptos generales más importantes de la física cuántica y de los movimientos científicos complementarios a la visión reduccionista de la ciencia contemporánea con el objetivo de analizar y reflexionar sobre sus parecidos epistemológicos con la MTC, en particular, y al pensamiento de la cultura china y oriental, en general.

A) Física moderna (Física cuántica) y Acupuntura

Para la física moderna (http://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_physics) es un hecho que la fragmentación no existe en el mundo real y que todas las cosas están interconectadas y se afectan unas con las otras, lo cual no difiere en nada, por ejemplo, de la visión taoísta de la Naturaleza. La constatación que los sistemas son totalidades integradas que no pueden ser comprendidas desde el análisis (vs síntesis) fue un concepto mucho más revolucionario en física que en biología. Desde Newton, los físicos habían pensado que todos los fenómenos físicos podían ser reducidos a las propiedades de sólidas y concretas de las partículas materiales. En los años 1920, la teoría cuántica forzó el aceptar que los objetos materiales sólidos (materia) de la física clásica se disolvían a nivel subatómico en pautas de probabilidades en formas de ondas (energía). Estas pautas o patrones no representan probabilidades de cosas, sino más bien de interconexiones. Las partículas subatómicas carecen de significado como entidades aisladas y solamente pueden ser entendidas como interconexiones o correlaciones entre varios procesos de observación y medición. En otras palabras, las partículas subatómicas no son «cosas», sino «interconexión de cosas» y éstas a su vez son «interconexiones entre otras cosas» y así

sucesivamente. Según la teoría cuántica nunca se acaba con «cosas», sino que constantemente se trata con interconexiones. La física cuántica pone en evidencia que no podemos descomponer el mundo en unidades elementales independientes y, por lo tanto, como dijo Werner Heisenberg, «*el mundo aparece entonces como un complicado tejido de acontecimientos en el que las conexiones de distinta índole alternan o se superponen o se combinan, determinando así la textura del conjunto*». En el formalismo de la teoría cuántica, estas relaciones se expresan en términos de probabilidades y éstas quedan determinadas por la dinámica de todo el sistema. Mientras que en la mecánica clásica las propiedades y el comportamiento de las partes determinan el conjunto, en la mecánica cuántica la situación se invierte: es el todo el que determina el comportamiento de las partes.

B) Autopoiesis, Teoría de los Fractales y Matemáticas Fractales, Teoría General de los Sistemas, Teoría del Caos y Ciencia de la Complejidad, y Acupuntura

Hace veinticinco años, uno de los principales biólogos moleculares, Sidney Brenner, hacía la siguiente reflexión: «*De algún modo, podríamos decir que todo el trabajo realizado en los campos de la genética y de la biología molecular de los últimos años, podría ser considerado como un largo intervalo (...). Ahora que el programa ha sido completado, nos encontramos de nuevo con los problemas que se dejaron sin resolver. ¿Cómo se regenera un organismo dañado hasta recuperar la misma estructura que tenía antes de producirse el daño? ¿Cómo forma el huevo al organismo? (...). Creo que los próximos veinticinco años deberemos enseñar otro lenguaje a los biólogos (...). Desconozco aún su nombre, ¿quién sabe? (...). Quizás sea incorrecto pensar que toda la lógica se halla en el nivel molecular. Quizás debamos ir más allá de los mecanismos de relojería*» (citado en Judson, 1979, pp. 209, 220).

Desde que Brenner hiciera estos comentarios, ha emergido ciertamente un nuevo lenguaje para la comprensión de los complejos y altamente integradores sistemas de vida. Distintos científicos le dan nombres diferentes: «teoría de los sistemas dinámicos», «teoría de la complejidad», «dinámica no-lineal», «dinámica de redes», etc. Los atractores caóticos, los fractales, las estructuras disipativas, la auto-organización y las redes autopoiesicas son algunos de sus conceptos clave.

Este planteamiento de la comprensión de la vida es seguido por sobresalientes investigadores y sus equipos en todo el mundo: Ilya Prigogine en la Universidad de Bruselas, Humberto Maturana en la Universidad de Chile en Santiago, Francisco Varela en la Escuela Politécnica de París, Lynn Margulis en la Universidad de Massachusetts, Benoît Mandelbrot en la Universidad de Yale y Stuart Kauffman en el Instituto de Santa Fe, por citar sólo algunos. Varios descubrimientos de estos

científicos, aparecidos en libros y publicaciones especializadas, han sido ensalzados como revolucionarios (para una síntesis general de estos descubrimientos, se recomienda la lectura de los libros de Fritjof Capra, 1998 y, John Briggs y F. David Peat, 1998, y la consulta de la página web de Fritjof Capra —<http://www.fritjofcapra.net>— y la de la *Shumacher College* —<http://www.schumachercollege.org.uk/index.html>—).

A continuación, y de forma resumida, se exponen algunas de las ideas más remarcables de estos planteamientos.

1. Autopoiesis: la organización de lo vivo

Auto significa «sí mismo», y se refiere a la autonomía de los sistemas autoorganizadores. *Poiesis*, significa «creación». La autopoiesis significa «creación de sí mismo».

La autopoiesis (<http://en.wikipedia.org/wiki/Autopoiesis>) se define como la capacidad de un sistema para autoorganizarse de tal manera que el único producto resultante es el mismo.

La autopoiesis es un patrón general de organización común a todos los sistemas vivos, cualquiera que sea la naturaleza de sus componentes. Su objetivo es la organización y no la estructura.

Distinción entre organización y estructura:

- La organización en un sistema vivo es un conjunto de relaciones entre sus componentes que caracteriza el sistema perteneciente a una clase determinada: bacteria, girasol, gato o cerebro humano. Es una descripción abstracta de relaciones y no identifica a los componentes. La organización del sistema es independiente de las propiedades de sus componentes, de modo que una determinada organización puede ser encarnada de muy distintas maneras por muy distintas clases de componentes.
- La estructura de un sistema está constituida por las propias relaciones entre los componentes físicos. La estructura de un sistema es la manifestación física de su organización.

La autopoiesis se define como una red de procesos de producción, en la que la función de cada componente es participar en la producción o transformación de otros componentes de la red. Toda red se «hace a sí misma».

En autopoiesis, no hay separación entre productor y producto. En un sistema vivo», el producto de su operación es su propia organización. El ser y el hacer de una unidad autopoiesis son inseparables y esto constituye su manera específica de organización. Nuestra experiencia se encuentra anclada en nuestra estructura de una forma indisoluble. No vemos el espacio del mundo, vivimos nuestro campo visual.

Una importante característica de los seres vivos es que su organización autopoiesis incluye la relación de un perímetro que especifica el territorio de las operaciones de la red y define el sistema como una unidad.

Los máximos representantes de la autopoiesis son Humberto Maturana y Francisco Varela.

2. Teoría de los fractales. Matemáticas fractales

De acuerdo con la definición de la *Encyclopedia Britannica*, es «fractal» (<http://en.wikipedia.org/wiki/Fractal>) un objeto irregular que tiene ciertas propiedades. La idea de fractal fue acuñada por el matemático Benoît Mandelbrot en el año 1974 para intentar buscar fórmulas que permitieran calcular los cambios de los sistemas hipercomplejos (sistemas complejos: http://en.wikipedia.org/wiki/Complex_system). Un fractal se caracteriza por:

- Tener detalles a escalas arbitrariamente grandes y pequeñas.
- Ser demasiado irregular para ser descrito en términos geométricos tradicionales.
- Estar formado por partes también irregulares que, si son aumentadas de tamaño, se muestran prácticamente iguales a su «todo» y a su vez están formadas de partes más pequeñas con la misma propiedad —conocido como «reiteración»— y así sucesivamente. Es decir, que su dimensión es mayor que su dimensión topológica. Este concepto se llama «autosimilitud exacta o estadística».
- Estar relacionados con la teoría del caos: «fractales estocásticos» (sometidos al azar y a las probabilidades).

a) LA SALUD Y EL CONCEPTO DE LOS FRACTALES

La salud sucede en un «sistema hipercomplejo», el ser humano: aquella no tiene características regulares y cumple con la propiedad de autosimilitud porque la salud del individuo está compuesta por la salud de

sus sistemas, éstos por la de los órganos que los forman, la de cada órgano por la de las células y así hasta llegar a las moléculas. Por este motivo, puede proponerse que la salud es un fractal y que, por lo tanto, necesita una definición que sea válida en todos los órdenes de magnitud involucrados, porque la salud de los individuos conforma la de las familias, éstas la de su conglomerado social, que a su vez hace la salud de la región, conformadora de la salud nacional y el conjunto de naciones saludables resulta en la salud de toda la Tierra.

3. Teoría General de los Sistemas

En un sentido amplio, la «teoría general de los sistemas» (TGS) (http://en.wikipedia.org/wiki/Systems_theory) es la historia de una filosofía y un método que se presenta como una forma sistemática y científica de aproximación y representación de la realidad (aproximación a la percepción de una parte de la globalidad que es el Universo), configurando un modelo de la misma no aislado del resto y que recibe el nombre de «sistema». Al mismo tiempo, la TGS sirve de orientación hacia la práctica para formas de trabajo interdisciplinarias.

El interés para la concepción de sistemas y su estudio nace en forma de disciplina a finales del año 1920 de la mano del biólogo alemán Ludwig von Bertalanffy. La TGS encuentra su objeto de estudio en las complejidades organizadas.

Se entiende por «sistema» a la unidad en la que sus elementos interaccionan juntos, ya que continuamente se afectan unos con los otros, de manera que operan hacia una meta común. Es algo que se percibe como una entidad que lo distingue de lo que lo envuelve y que es capaz de mantener esta identidad a lo largo del tiempo y bajo los entornos cambiantes. Todo sistema para sobrevivir necesita retroalimentación interna e intercambio de flujos de muy variada naturaleza con su entorno, con la finalidad de evitar el crecimiento constante de su entropía que lo llevaría a su muerte térmica.

a) CARACTERÍSTICAS DEL PENSAMIENTO DE «SISTEMAS»

(texto extraído de: <http://rehue.csociales.uchile.cl/publicaciones/moebio/03/frprinci.htm>;
http://personales.ciudad.com.ar/zamorano/practica_profesional2/pp2-23.htm)

La TGS contempla cualquier fenómeno como parte de un sistema y, que al menos potencialmente, también puede serlo por sí mismo. Así, por ejemplo, un individuo puede ser considerado un elemento de un sistema

mayor, como puede serlo un grupo de personas, y a su vez, un sistema conformado por un conjunto de células. La clasificación en 8 niveles de la teoría de los sistemas vivos (Miller, 1978) tales como células, órganos, organismos, grupos, organizaciones, comunidades, sociedades y sistemas supranacionales puede ser también ilustrativa en este sentido: cada nivel contiene a los sistemas del nivel inferior. La TGS se argumenta desde una visión «construccionista» de la realidad: el sujeto construye al objeto.

La TGS se interesa por los problemas de relación, estructura e interdependencia más que en los atributos constantes de los objetos y, como consecuencia, el interés por los «sistemas abiertos».

En la TGS se enfatiza por la aparición de «propiedades emergentes» ([http:// en.wikipedia.org/wiki/Emergence](http://en.wikipedia.org/wiki/Emergence)) no deducibles de los elementos del sistema por separado. El emergente es fruto de las interacciones entre los elementos del sistema. Como paradigma científico, la TGS se caracteriza por su perspectiva holística e integradora, más que por el conglomerado de las partes.

En todo sistema no todos los puntos de influencia tienen el mismo peso con vistas a una intervención para la producción de cambios en el sistema.

4. Teoría del Caos y Ciencia de la Complejidad. Nuevos Desarrollos en la Teoría General de los Sistemas

La «teoría del caos» (http://en.wikipedia.org/wiki/Chaos_theory) es la denominación popular de la rama de las matemáticas y la física que trata de comportamientos aleatorios («caóticos») de los «sistemas dinámicos no lineales». Es un estudio cualitativo del comportamiento inestable y aperiódico de sistemas dinámicos determinísticos y no lineales.

La teoría del caos surgió para explicar el efecto de un tercer cuerpo en el movimiento de otros dos. En general, se pueden distinguir dos enfoques clásicos en los estudios del caos:

- El primero se centra en el orden escondido que existe dentro de los sistemas con dinámicas caóticas («sistemas caóticos»). Estos sistemas contienen los «atractores extraños» (<http://en.wikipedia.org/wiki/Attractor>), y que son extraños patrones de orden que manifiestan una alta organización allá donde parecería existir solamente aleatoriedad y reinar el azar.

- El segundo enfoque es en el surgimiento espontáneo de orden, de «autoorganización» (concepto acuñado por Ilya Prigogine), en las estructuras que surgen de condiciones que se alejan del equilibrio de los sistemas cuando la producción de la entropía es elevada.

Un «sistema dinámico» (http://en.wikipedia.org/wiki/Dynamical_systems) puede definirse como un modelo simplificado de un sistema real, de comportamiento variable en el tiempo y comportamiento aperiódico, el cual es simplemente el comportamiento que sucede cuando ninguna variable descriptiva del estado del sistema experimenta una repetición regular de valores. El comportamiento aperiódico nunca se repite y continua manifestando sus efectos de cualquier perturbación por pequeña que ésta sea. De aquí surge que para cualquiera de estos sistemas aperiódicos cualquier predicción de estados de futuro es imposible.

La teoría del caos mantiene que no hay líneas simples en la naturaleza: cualquier línea, vista desde una escala diferente resulta ser una sucesión de formas, de irregularidades, de curvas, etc.

Uno de los principios básicos que describen adecuadamente la teoría del caos es el «efecto mariposa» (http://en.wikipedia.org/wiki/Butterfly_effect): pequeñas variaciones de las condiciones iniciales pueden resultar en gigantestas transformaciones dinámicas, es decir, sensibilidad a las condiciones iniciales. Así, dos soluciones del sistema con condiciones iniciales extremadamente cercanas, después de un tiempo relativamente corto se encontrarán alejadas y totalmente no correlacionadas entre sí. Por ejemplo, la pérdida de un clavo ocasiona la pérdida de un Reino: *«por culpa de un clavo, se pierde una herradura; por culpa de la herradura, se pierde el caballo; por culpa del caballo, se pierde el jinete; por culpa del jinete, se pierde el mensaje; por culpa del mensaje, se pierde la batalla; por culpa de la batalla, se pierde el Reino»*.

La teoría del caos también sugiere que nada tiene solamente una, dos o tres dimensiones, sino que está a medias entre ellas y que estas dimensiones son fractales y no lineales. Todo esto también es aplicable a la cuarta dimensión, el tiempo.

La teoría del caos tiene que ver con la incapacidad de predecir y de controlar, con la incapacidad de hacer una descripción completa. A esta realidad algunos científicos la han denominado como la «información ausente»: por un lado, a) un sistema tan complejo como el mundo, no tiene una clara división entre partes y nos impide conseguir toda la información, por el otro, b) nuestra simple acción de intentar obtener información, nuestra presencia, perturba un sistema

de forma impredecible. ¡No podemos poner la totalidad en nuestros bolsillos, porque éstos también son parte de esta totalidad!

A pesar de estas ideas, la teoría del caos no niega el mérito de la ciencia clásica pero propone una nueva manera de estudiar la realidad.

a) LA TEORÍA DEL CAOS EN EL CUERPO

(texto sacado de <http://elcaos.tripod.com>)

El cuerpo humano también es un sistema caótico. Está claro que es imposible predecir el recorrido que una partícula cualquiera tendrá dentro de nuestro cuerpo. También está claro que la medicina todavía no puede hacer una predicción acerca de la evolución del cuerpo de un determinado individuo. Sin embargo, el cuerpo humano, a pesar de las muy diferentes condiciones externas a que puede estar expuesto (clima, alimento, esfuerzo físico, etc.), siempre mantiene una forma general. Es tan resistente a cambios (dentro de lo que cabe) porque los sistemas caóticos son muy flexibles. Una enfermedad es algo impredecible, pero si el cuerpo no tuviera la libertad de ponerse enfermo, con cualquier cambio producido el sistema se desmoronaría.

Hasta tal punto es flexible dicho sistema, que mantiene una forma más o menos parecida durante más de 70 años, a pesar de que ningún átomo de los que hoy forman nuestro cuerpo era el mismo hace 7 años. La explicación de que un sistema tan impredecible como el cuerpo humano sea tan estable está en que es un «atractor extraño» y está lleno de atractores extraños. El sistema siempre es atraído hacia un determinado modelo de conducta, si cambiamos algo en el sistema éste vuelve cuanto antes hacia el atractor extraño. Esto no significa que la conducta sea mecánica, todo lo contrario: es impredecible. Sólo sabemos hacia dónde va a tender.

Por ejemplo, en el corazón la conducta atractora es el disparo de una secuencia de células. Conocemos aproximadamente el ritmo que debería tener el corazón, pero éste siempre tiene pequeñas irregularidades. Estas pequeñas alteraciones son una señal de salud del corazón, una muestra del vigor del sistema caótico, que es flexible a los cambios. El caos permite al corazón un abanico de comportamientos (grados de libertad) que le permiten volver a su ritmo normal después de un cambio.

3. Hipótesis científicas propuestas para explicar los mecanismos de acción de la acupuntura (Rubik, 1995)

A) Biomecánica o anatómica

1. Los meridianos son conducciones mecánicas por donde fluye el *Qi*.

Visualización de los meridianos a través de la inyección de radioisótopos (solución iónica de Tecnecio 99) en puntos de acupuntura y detección mediante gammacámara (Kovacs et al., 1992; 2000). Otros estudios, sin embargo, han cuestionado la existencia de los meridianos mediante el uso de la misma técnica radiológica (Lazorthes et al., 1990).

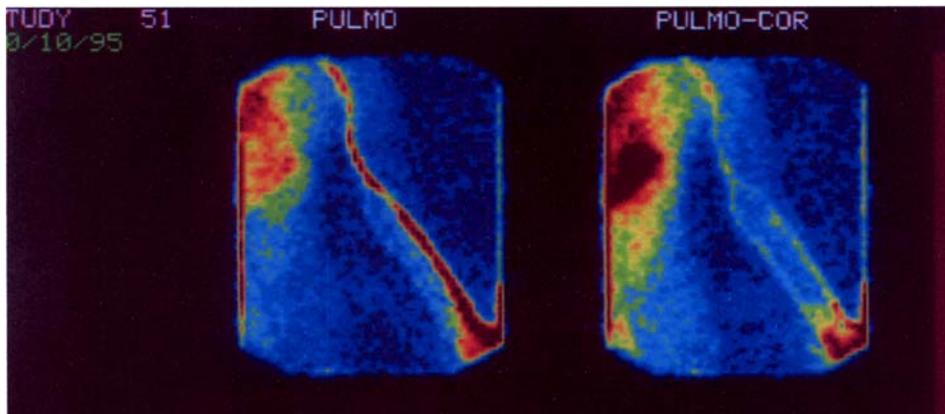


Fig. 2. Imagen cedida por la Dra. Isabel Giralt

2. Los puntos de acupuntura son anatómicamente diferentes al tejido circundante.

B) Bioquímica

En general, sólo se ha propuesto una explicación más o menos detallada para los mecanismos de acción de la acupuntura analgésica según el modelo neurofisiológico estándar (ver apartado 4 y fotocopias adjuntas).

C) Bioelectromagnética

1. Existencia de Campos Bioelectromagnéticos

Señales electromagnéticas pequeñas (i.e. cerebro) que varían con el tiempo, dependiendo de las condiciones externas, ritmos biológicos, estados fisiológicos y otros parámetros.

2. Respuestas biológicas específicas demostradas de los organismos tras ser sometidos a campos electromagnéticos (ver Liboff, 2004; artículo adjunto en la documentación entregada) no térmicos (baja intensidad) tanto de origen natural como los producidos por el hombre. Entre otros, se han comprobado cambios en el flujo de iones a través de la membrana celular, en el crecimiento tisular o en la fisiología normal.
3. **Hipótesis de Zhang-Popp («standing wave superposition hypothesis»)**
El cuerpo está formado por átomos, moléculas eléctricamente cargadas (Na⁺, K⁺) y, otros iones inorgánicos y orgánicos, e iones macromoleculares como muchas proteínas, el ADN, etc. Si cualquiera de estos iones se acelera emitirá una radiación electromagnética según los principios de la física convencional. Esto comporta que hayan muchos tipos de osciladores cargados en el cuerpo que emitirían radiaciones con longitudes de onda desde frecuencias extremadamente bajas (menores de 300 Hz) hasta microondas (10⁹-10¹⁰ Hz). Estas ondas viajan en el cuerpo, algunas decaen, otras son emitidas, otras son reflejadas o refractadas en interfases como la piel, huesos, nervios, generándose un patrón de interferencia formado por ondas de varias longitudes de onda a nivel de la piel. La combinación más alta de amplitudes de onda formarían los puntos tradicionales de acupuntura y meridianos. En estos puntos, la conductividad eléctrica sería alta.
4. **Introducción a las bases neuroanatómicas y neurofisiológicas de la acupuntura. Los puntos de acupuntura y los meridianos. Mecanismos biológicos de acción de la acupuntura** (Bossy, 1985; Delmas, 1985; Langevin y Vaillancourt, 1999; Filshie y White, 1998; Stux, 2000; Pomeranz y Stux, 2000; Ernst y White, 2001; Carlsson, 2002; Cummings, 2005)
 - A) **Introducción a las bases neuroanatómicas y neurofisiológicas de la acupuntura (Cummings, 2005)**

La justificación cosmogónica y metafísica de la acupuntura ha ido adquiriendo mayor peso científico en la medicina occidental al encontrar bases fisiológicas y bioquímicas en el mecanismo de actuación de esta terapia milenaria con el uso de agujas en zonas específicas. Hace miles de años, los médicos chinos ya intuyeron el complejo sistema nervioso y lo describieron en base a los sistemas de meridianos y puntos de acupuntura, es decir, zonas de alta conductividad eléctrica a nivel de la superficie del cuerpo.

El sistema nervioso es uno de los mecanismos de acción/reacción de nuestro organismo frente a los estímulos externos o internos. Una lesión de la piel, por ejemplo, activa los receptores periféricos nociceptivos y este estímulo tiene repercusiones no

sólo locales, sino también regionales (a nivel espinal) y generales (a nivel cerebral). La aplicación de una aguja de acupuntura en la piel es un estímulo sensorial y los efectos específicos de la inserción de las agujas estarían mediados por la estimulación inicial del sistema nervioso periférico (SNP) y como consecuencia de ésta, la modulación del sistema nervioso central (SNC).

1. Lugar de acción de la acupuntura

Los efectos de la acupuntura sobre el sistema nervioso se pueden clasificar según su lugar de acción:

- **Local** (en la vecindad inmediata a la puntura). A nivel local, la acupuntura afecta a una pequeña área de entre 1 y 3 cm alrededor del punto de inserción. Este efecto local es multifactorial y activa la síntesis de opioides endógenos, y diferentes sustancias vaso y neuroactivas (sustancia P, bradikina, serotonina, enzimas proteolíticas y sustancias histamina-like entre otras).
- **Segmentaria** (a nivel del segmento de cordón medular por donde los nervios del lugar punturado entran en el SNC). El efecto regional supone la puesta en marcha de diferentes arcos reflejos que afectan a todos los tejidos que tienen la misma inervación sensorial y motora que el área estimulada. Cabe recordar que tanto piel, como músculos, ligamentos, articulaciones, huesos, vísceras y todos los vasos sanguíneos relacionados con ellos, están controlados funcionalmente por determinados segmentos neuronales, y que dichos segmentos vienen determinados por la distribución metamérica embrionaria. Durante el desarrollo embrionario, la inervación de todas estas estructuras conserva una simetría perfecta. No obstante, al desarrollarse el organismo, dicha simetría se pierde y finalmente, sólo los nervios intercostales la conservan.
- **Heterosegmentaria**. En todos los niveles del SNC.
- **General**. Implica una respuesta masiva a nivel del SNC y los efectos aparecen en todo el cuerpo, posiblemente mediante la liberación tanto a nivel local como en la circulación sanguínea y en el líquido cefalorraquídeo de neurotransmisores (neuropéptidos) o de hormonas.

2. Naturaleza de la acción de la acupuntura

Los efectos de la acupuntura también pueden clasificarse según la naturaleza de su acción:

- Analgésico.
- No-Analgésico.

3. Acupuntura analgésica

En el momento presente disponemos de numerosa información sobre el mecanismo de acción de la acupuntura en la analgesia. Enumeramos a continuación algunos de los 17 hechos demostrados de analgesia acupuntural recogidos por Pomeranz (Pomeranz, 1997; Stux y Pomeranz, 1997):

- Requiere la estimulación de un sistema nervioso intacto.
- Se bloquea por anestesia local del tejido que ha de ser estimulado.
- Se bloquea por sección del nervio o por lesión del mismo.
- Se bloquea por naloxona.
- Se bloquea por 6 antagonistas opiáceos y no es afectada por la dextro-naloxona.
- Se bloquea por anticuerpos contra endorfinas.
- Se bloquea por microinyección de naloxona o anticuerpos.
- Está sujeta a efectos cruzados de la circulación.
- Está asociada a una elevación de ARNm para proencefalinas.
- Se bloquea por lesión de Sustancia gris periacueductal (PAG).
- Se bloquea por la lesión del núcleo arcuato.

a) PUNTOS DE ACUPUNTURA:

La acupuntura ha sufrido el escrutinio crítico de la visión reduccionista de la ciencia, la cual insiste en que «si no se puede cortar y demostrar histológicamente, no existe» (no se pretende citar textualmente, sino ilustrar una posición adoptada por algunos científicos). Esta actitud es más bien rígida, particularmente si consideramos la probable evolución clínica de los puntos de acupuntura. Los médicos chinos antiguos habrían documentado los puntos como resultado de observaciones clínicas repetidas en diferentes pacientes. Éstos habrían sido capaces de examinar la superficie corporal visualmente además de la palpación de los tejidos, pero ciertamente no usaron las técnicas modernas de la biopsia.

Al examinar las características anatómicas de los puntos de acupuntura se comprueba el alto grado de coherencia entre ellos. Sin embargo, no parece que este patrón se correlacione, en términos de «acceso», al SNP.

Algunos puntos de acupuntura guardan estrecha relación con (Liu y col., 1975; Melzack y col., 1977; Dung, 1984):

- Haces nerviosos.
- Nervios que emergen a través de fascias profundas.
- Plexos perivasculares de los vasorum nerviosos.
- Puntos motores del músculo.
- Puntos gatillo («trigger points») miofasciales.
- Nervios en ligamentos y cápsulas articulares.

b) ¿QUÉ NERVIOS SON ESTIMULADOS?

La analgesia en acupuntura parece estar mediada primariamente por la estimulación de pequeñas fibras mielinizadas que clasificadas como fibras tipo A δ o fibras tipo III.

Tabla 1. Neurofisiología de la puntura (recopilado originalmente por Prof. J. W. Thompson).

Fibra nerviosa Tipo ABC	Fibra nerviosa Tipo I-IV	Diámetro μm	Velocidad m/s	Papel en ACP	Papel en <i>deqi</i>
A α	Ia Ib	15-20	70-120		
A β	II	5-12	30-70		
A γ	II	3-6	15-30	+	adormecimiento
A δ	III (IIIa y IIIb)	2-5	12-30	+	dolorimiento distensión pesadez
C	IV	0,4-1,2	0,5-2		dolor

Papel en acupuntura (Browsher, 1976; Pomeranz y Paley, 1979; Toda y Ichioka, 1978).

Papel en *deqi* (Wang et al., 1985).

Funciones de las fibras nerviosas:

A α : presión en los tendones, estiramiento muscular.

Ia: huso muscular anuloespiral (mecanorreceptores encapsulados localizados en el músculo esquelético que participan en la propiocepción), longitud.

- Ib: órgano tendinoso de Golgi (mecanorreceptores encapsulados de estiramiento localizados a nivel de la interfase entre el músculo y su tendón que participan en la propiocepción), carga.
- A β : tacto (fino, discriminativo).
- A γ : huso muscular en «ramo de flores» (mecanorreceptores encapsulados localizados en el músculo esquelético que participan en la propiocepción); longitud (estiramiento muscular).
- A δ : sensación de puntura (pinchazo); dolor primario veloz; frío (percepción de temperatura); presión.
IIIa (umbral bajo): tacto presión.
IIIb (umbral alto) o fibras nerviosas pequeñas: dolor primario; dolor agudo, punzante, bien localizado.
- C: dolor secundario o lento, dolor crónico; dolorimiento; picor; calor (percepción de temperatura).

c) EFECTOS ANALGÉSICOS

- **Desactivación de los puntos gatillo («trigger point»).** Puede ocurrir mediante un mecanismo de reflejo espinal similar al que media la reacción de retirada (Hong y Simons, 1998). O puede ser simplemente un ejemplo de modulación segmentaria del dolor.
- **Modulación del dolor.** Ocurre segmentariamente a nivel del asta posterior de la médula espinal del nivel estimulado o supra-segmentariamente a través de la activación preferente de las vías inhibitorias descendentes. A nivel segmentario, las colaterales de las fibras A δ transmiten la sensación de aguja a nivel de la sinapsis con las interneuronas encefalinérgicas de la sustancia gelatinosa (lámina II) de la asta posterior de la médula espinal. La estimulación de estas interneuronas (denominadas «stalk cells») inhibe la vía de las fibras C, la cual transmite la sensación desagradable del dolor asociado al daño tisular. La vía A δ se proyecta por vía ascendente al tálamo y en el córtex somatosensorial por los tractos espinotalámicos cruzados (es decir, en el lado contralateral al de la estimulación). Las fibras colaterales en el cerebro medio llegan a la sustancia gris periacueductal (en inglés PAG), donde los péptidos opiáceos (endorfina y metaencefalinas) incrementan la actividad de las vías inhibitorias descendentes.

4. Efectos no analgésicos de la acupuntura

- Cicatrización.
- Antiemético.
- Rehabilitación de infartos cerebrales.
- Modulación autonómica.
- Tratamiento de la adicción.
- Inmunomodulación.

5. Resumen

Efectos locales:

- Estimulación nerviosa aferente.
- Vasodilatación.
- Proliferación de vasos sanguíneos.
- Crecimiento nervioso.

Efectos segmentarios:

- Modulación del dolor.
- Modulación autonómica.

Efectos heterosegmentarios:

- Inhibición descendente preferente.

Efectos generales:

- Liberación de endorfinas.
- Liberación de ACTH.
- Liberación de Oxitocina.

B) Los puntos de acupuntura y los meridianos

1. Características del Punto de Acupuntura: Características Morfológicas y Físicas (bioeléctricas)

Según la teoría tradicional china, los «puntos de acupuntura» son puntos específicos localizados en la superficie del cuerpo donde la inserción de una aguja permite acceder y influir en la corriente de la «energía vital» o *Qi*. Los

puntos de acupuntura se encuentran conectados mediante líneas en la superficie del cuerpo conocidas como «meridianos». El método tradicional chino para localizar los puntos de acupuntura en la superficie de la piel utiliza relaciones topográfico-anatómicas tales como prominencias óseas o arrugas de la piel, entre otros. Dentro del área delimitada por estas relaciones, la localización precisa de los puntos de acupuntura se ejerce mediante una palpación suave.

El desarrollo de los puntos de acupuntura se originó probablemente a partir de la observación clínica de que ciertas partes del cuerpo tenían mayor probabilidad que otros de contener puntos hipersensibles al tacto (*tender point*) y que tratando éstos mediante presión o punción podían mejorar el dolor, además de otros síntomas no dolorosos. El hallazgo empírico de patrones consistentes entre el dolor referido desde una zona de puntos musculares gatillo y la resolución del dolor punturando estos puntos musculares podría haber llevado al establecimiento de correlaciones entre alguno de los puntos y las zonas álgicas referidas. Ciertos patrones de irradiación de condiciones dolorosas como la cialgia y otras rediculopatías, y la aparición de *rash* cutáneos con trayectos definidos como el herpes zóster habrían añadido la visión de que todos estos puntos estaban conectados.

Estas teorías no pretenden explicar la localización de todos los puntos de acupuntura, ni la trayectoria de todos los canales, pero muestra una clara superposición entre los puntos gatillo («*trigger points*») y los puntos de acupuntura, así como entre el patrón de irradiación del dolor y los canales (meridianos) clásicos.

a) CARACTERÍSTICAS DE LOS PUNTOS DE ACUPUNTURA

Los puntos de acupuntura son de dimensiones reducidas, de un diámetro inferior al milímetro, y situados en el fondo de una depresión cutánea palpable. De hecho parece que ésta sea una zona depresible a la presión más que una verdadera depresión. Estudios recientes, sin embargo, han demostrado mediante dópler la presencia real de estas depresiones en el tejido (Langevin y Yandow, 2002b). Lo más frecuente es que la presión del dedo sobre el punto de acupuntura determine una hipersensibilidad dolorosa o no a la región.

No existe un punto de acupuntura con una organización constante, sino puntos de estructura variada, cuyo tipo de estimulación puede provocar efectos variables.

- **Características Morfológicas**

La acupuntura ha padecido del examen crítico del «científico reduccionista», quien insiste que si no se puede diseccionar y demostrar histológicamente, no existe.

Actualmente se reconoce que la eficacia de un punto de acupuntura está en relación con la integridad del sistema nervioso. Además, se postula que la acupuntura es efectiva solamente si se incide en ciertos puntos (áreas) de la superficie corporal. Estas zonas reactivas son los llamados «puntos de acupuntura». En los años 80-90 se definió una correspondencia mediante atlas anatómicos (Chan, 1984; Williams, 1989) de muchos de estos puntos con zonas de penetración de fibras nerviosas dentro de las fascias. Por otro lado, se ha podido comprobar también que, con el detector de puntos regulado de forma idéntica y en las mismas condiciones, existían variaciones individuales del orden de 2 a 3 mm. Esto se confirma con otros estudios, donde se afirma que en la analgesia acupuntural la especificidad de los puntos de acupuntura es relativa.

Se puede decir que no existe una estructura específica y, por lo general, hay varios tipos de terminaciones que se encuentran situadas a nivel del punto y que deberán ser estimuladas simultáneamente para obtener la sensación propia de la acupuntura. La cúpula del punto de acupuntura está generalmente relacionada con un tramo del tejido conjuntivo de la hipodermis que conduce los elementos vasculonerviosos con destinación cutánea. No parece que sea un solo elemento el que caracteriza a cada punto, sino que, por el contrario, la acción del punto puede variar según el número de elementos implicados. En este sentido las relaciones con el sistema nervioso parecen ser las más importantes. Varios ejemplos pueden ilustrar la importancia de la relación entre el sistema nervioso y el punto de acupuntura. Algunos autores han demostrado que la producción de influjo aferente sobre los nervios periféricos es esencial para el control eléctrico del dolor; el lugar idóneo para la aplicación de una corriente es el punto donde el nervio cutáneo penetra en la fascia, y esta región se corresponde exactamente con muchos puntos de acupuntura. También se puede hacer la misma apreciación con respecto a los puntos motores, los cuales presentan la característica anatómica común de ser los puntos por donde penetra el nervio en el músculo: todos los puntos motores son puntos de acupuntura pero no a la inversa.

Localización de los puntos. Muchos de los puntos se localizan encima o muy cerca de nervios conocidos (42%), y otros muy cerca o sobre vasos sanguíneos mayores (18% arterias y 40% venas), los cuales están, como se sabe, envueltos de pequeños haces nerviosos formando el *nervi vasorum*. La naturaleza de estos haces nerviosos que se encuentran debajo o cerca de los puntos de acupuntura es diversa: haces cutáneos (puramente sensitivos o sensitivos y simpáticos), vasculares (mezcla de simpático y sensorial) o musculares (mezcla de sensitivo y motor). El hecho que coexistan nervios de diferente naturaleza que la sensitiva, apoya los efectos positivos que la acupuntura tiene en diversas patologías, más allá de la modulación nociceptiva (control del dolor). No todos los puntos de acupuntura están a igual profundidad en la superficie corporal: los encontramos muy superficialmente en la piel o muy profundamente y se correlacionan con los puntos gatillo ('trigger points') de hiperreactividad sensitiva descritos por Travell (Melzack et al., 1977; Travell y Simons, 1983). Otros puntos se corresponden a las zonas de los músculos donde los nervios motores entran o salen (Varela y Oswald, 1977). Un ejemplo es el punto IG-4, que se localiza entre el primer y segundo dedo de la mano por encima de la tabaquera anatómica, y se corresponde a la rama superficial del nervio radial.

Mecanismos de activación básicos de los puntos. Se pueden mencionar dos mecanismos de activación: 1) una excitación directa de terminaciones nerviosas microscópicas o de fibras nerviosas, o 2) un efecto local sobre el tronco nervioso por un proceso iónico o humoral, desencadenado por la introducción de metal en el medio interno. Los dos mecanismos no se excluyen sino que se complementan. Asimismo, se ha intentado explicar la diferente manipulación horario-antihorario para conseguir efectos opuestos, por la existencia de mecanorreceptores sensibles al desplazamiento lento del estímulo. Se puede admitir que la manipulación de la aguja desencadena la actividad de alguno de estos receptores, los cuales entran en el funcionamiento del circuito neuroaxial, mientras que el movimiento en el sentido opuesto, o bien no excitaría estos receptores o bien pondrían en juego otros mecanorreceptores que intervienen en la actividad de otros circuitos nerviosos.

- **Características físicas (bioeléctricas)**

El punto de acupuntura presenta características eléctricas particulares: destaca una caída muy importante de la resistencia o

de la impedancia cutánea, del orden de 10 a 1. Para cada punto detectado por el puntoscopio se han realizado tres mediciones: 1) en el centro del punto detectado; 2) en un radio de 2 mm y 3) en un radio de 10 mm. En el centro detectado, la impedancia varía entre 30.000 y 350.000 Ohms, a 2 mm, de 150.000 a 1.500.000, y a 10 mm de 450.000 a 5.000.000. Para un punto el aumento de impedancia es del orden de 1,5 a 2 mm y de 1 a 10 por lo menos en un radio de 1 cm. La mayoría de aparatos usados en estas experiencias están basados en la medida de las variaciones de resistencia cutánea entre el centro y la periferia. Un ejemplo sobre este hecho es el estudio realizado por Gouden en 1921 donde demostró que distintos puntos distribuidos a lo largo del trayecto del nervio ciático tenían una menor impedancia que la piel circundante. A pesar de estos hallazgos, existen estudios que han aportado resultados contradictorios (Reishmanis et al., 1975; McCarroll y Rowley, 1979), por lo que la certeza de si los puntos de acupuntura presentan o no características bioeléctricas distintas comparado con el tejido circundante permanece incierto.

Desde algunos años los trabajos de investigación realizados tanto en laboratorios orientales como occidentales sugieren la evidencia la emisión de una «energía» a nivel del punto de acupuntura. En relación a este fenómeno, podemos considerar la técnica de la electronografía (técnica fotográfica). Esta técnica ha permitido demostrar que existe una corona de electrones alrededor del punto de acupuntura y que esta desaparece tras el tratamiento del punto. También se puede concluir que las características eléctricas del punto dependen, al menos en parte, de la hidratación cutánea.

b) ORGANIZACIÓN CONCEPTUAL DE LOS MERIDIANOS (O CANALES)

Los puntos de acupuntura están unidos según una topografía axial precisa, descrita desde hace siglos. Tradicionalmente, están unidos los unos a los otros por líneas imaginarias, meridianos o canales, por los cuales circula la Sangre (*Xue*), movilizada por el *Qi*. Por otra parte, es indispensable considerar esta red de canales o meridianos, porque si bien es cierto que no se puede relacionar ninguno de estos canales con ningún elemento anatómico, tampoco es menos cierto, que la descripción del trayecto doloroso que hacen muchos enfermos corresponde exactamente a un trayecto de un meridiano y no a un trayecto anatómico.

Así pues, si este trayecto existe realmente, el problema es saber ubicarlo y cuál es su soporte orgánico. Sin elementos periféricos, hay que dirigirse hacia los centros nerviosos y esto lo explica fácilmente. La organización hay que buscarla en los centros primarios del neuroeje. Diversos experimentos han demostrado que, cuando un nervio es bloqueado con anestesia local, la acupuntura no es efectiva en el territorio inervado por aquel nervio anestesiado (Chang, 1973); esto puede probar que el efecto acupuntural es conducido como mínimo a través de nervios, y explica en parte la existencia de lo que la acupuntura clásica llama meridianos. Cuando se expliquen los diferentes mecanismos neurofisiológicos en que se basa el efecto de la acupuntura, veremos que hay básicamente dos rutas neuroanatómicas mediante las cuales actúa la acupuntura: la «segmentaria o metamérica» y la ruta «no segmentaria o sistémica». Mientras que la acupuntura segmentaria tanto desde el punto de vista teórico como práctico se presenta como la más efectiva para aliviar el dolor, la acupuntura de puntos distales («sistémica, heterosegmentaria») se ha comprobado empíricamente que también es efectiva. Para demostrar esto último, los acupuntores antiguos dibujaban ilustraciones en las cuales puntos muy lejanos unos de los otros eran unidos por líneas llamadas meridianos. La intención era demostrar que la estimulación en un punto particular podía tener efecto a cualquier distancia del meridiano, incluyendo las vísceras internas sin seguir un trayecto metamérico.

Existe una concordancia punto por punto entre la piel y la médula espinal y las fibras nerviosas, uniendo una zona cutánea precisa y una zona neuronal definida en la médula espinal. Una serie de puntos cutáneos están en relación con una serie de zonas celulares sucesivas. La estimulación de cada una de estas zonas provoca una sensación cutánea perfectamente localizada. Si un influjo nervioso recorre sucesivamente los centros correspondientes, éste podrá ser el origen de la sensación periférica de una corriente que no tenga ningún soporte cutáneo, y es así como se puede concebir una explicación de los meridianos.

Se ha sugerido también (Iguchi y Sawai 1993; Yamada et al., 1993) que al menos algunos meridianos pueden corresponderse a canales linfáticos. Al igual que los vasos sanguíneos, los canales linfáticos se acompañan de finas fibras nerviosas, como se evidencia, por ejemplo, con el dolor sentido después de una infección de la mano no tratada que asciende por el brazo hacia las ganglios linfáticos axilares.

El análisis del sustrato de estos canales muestra su dualidad según la tradición y la anatomía. El vaso-meridiano, por su aspecto *Xue*, está en

relación con la sangre y los vasos que lo contienen, incluida su inervación autónoma, mientras que su aspecto *Qi*, correspondería sobre todo al sistema cerebroespinal.

Los elementos periféricos esencialmente vasculares pueden ser arteriales, venosos o linfáticos; por el contrario, el trayecto neuroaxial es responsable del *Qi*.

C) Mecanismos biológicos de acción de la acupuntura

1. Efectos locales

El efecto más simple después de la inserción de la aguja de acupuntura es la formación de una pequeña lesión. El tejido normal responde a la lesión mediante una triple respuesta, la cual incluye una vasoconstricción transitoria seguida de un incremento local del flujo circulatorio sanguíneo y la exudación de líquido rico en proteínas desde los capilares. Frecuentemente se observa una reacción cutánea en forma de halo rojo.

La respuesta inicial local (Fig. 3) promueve la liberación de bradiquinina, sustancia P, prostaglandinas, CGRP (*calcitonine gene-related peptide*) y endorfinas, entre otras sustancias. La sustancia P y la CGRP son potentes vasodilatadores con lo que se incrementa la perfusión sanguínea en el punto de acupuntura. Además de la respuesta vasomotora, estas sustancias estimulan las fibras nerviosas aferentes (mielínicas y amielínicas) de la región, con lo que se iniciaría la respuesta segmentaria de la acupuntura. La dermis contiene también una rica inervación del sistema nervioso autonómico simpático para el control de los anejos cutáneos y el flujo vascular de la zona. Junto a la respuesta descrita, la inserción de la aguja y la posterior respuesta celular activa varios mecanismos de regeneración tisular como pueden ser la proliferación de vasos sanguíneos o el crecimiento de fibras nerviosas. Al mismo tiempo aparece una respuesta antinoceptiva con lo que se regula la propiocepción y se estimula la relajación muscular (a través del reflejo axonal), entre otras.

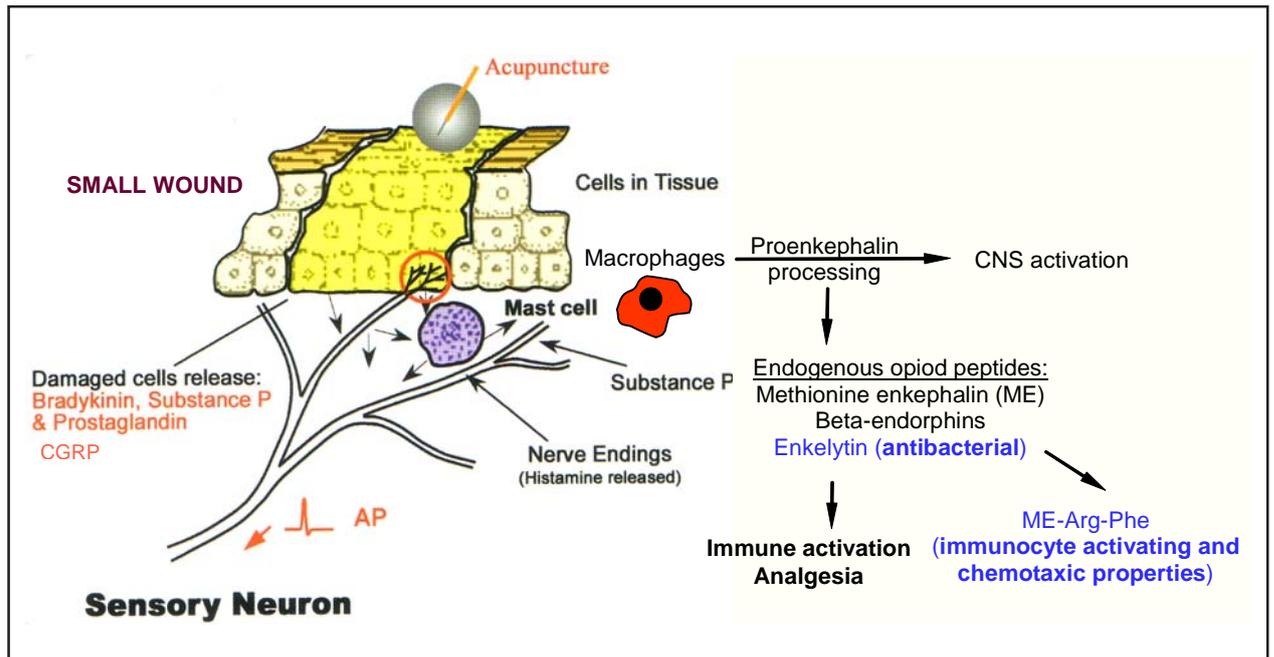


Fig. 3. Adaptado de Gollup y Hui, 1999 y Cho et al., 2001.

2. Mecanismos espinales segmentarios o efectos segmentarios o metaméricos (Acupuntura Segmentaria o Metamérica)

Desde el punto de vista neuroanatómico, un «segmento» agrupa diferentes tejidos que comparten la misma inervación, debido a su topografía común durante el desarrollo embrionario. Un segmento consiste en un «dermatoma», un «miotoma», un «esclerotoma» y un «viscerotoma»:

- **Dermatoma.** Un dermatoma es el área de la piel inervada por un único segmento de la médula espinal. Se reconoce el solapamiento entre dermatomas; sin embargo, existe una excepción: las uniones de facilitación de dermatomas no adyacentes. Estas líneas axiales son el resultado de las distorsiones del patrón segmentario producido como resultado de la formación de las extremidades.
- **Miotoma.** Un miotoma es la sección de un músculo o músculos inervados por un único segmento de la médula espinal. En este caso existe también una superposición. El diagrama de los miotomas indica la inervación de la musculatura de las extremidades, pero no incluye la musculatura del esqueleto axial, que está inervada por múltiples segmentos. Cada porción del plano superficial de músculos paraespinales, los cuales constituyen la musculatura erectora de la columna, está inervada por las ramas externas de los fascículos posteriores de los nervios espinales que nacen dos segmentos por encima del nivel considerado. El plano profundo de

los músculos paraespinales, constituidos por espinales, multífidos, rotadores, interespinales e intertransversales, está innervado por la rama interna del fascículo posterior del mismo nivel. Hay una superposición mínima en la innervación de los músculos intercostales por las ramas primarias anteriores de los nervios espinales. La musculatura de la pared abdominal anterior está innervada secuencialmente desde el sexto o séptimo nervio intercostal.

- **Esclerotoma.** Un esclerotoma es el área de periostio innervada por un único segmento de la médula espinal. La información de estas áreas es probablemente la menos fiable, y los gráficos muestran una coherencia lógica con las áreas superpuestas de los dermatomas. La información de los esclerotomas del esqueleto axial puede obtenerse a partir de la embriología. Durante el desarrollo fetal los esclerotomas a cada nivel se dividen y se funden con el esclerotoma adyacente para formar los cuerpos vertebrales. De este modo, el nervio espinal de cada segmento innerva una porción del cuerpo vertebral situada por encima y una porción del cuerpo vertebral situada por debajo. El extremo del proceso vertebral en cada nivel de la columna dorsal y lumbar es innervado por el nervio con el mismo número.
- **Víscerotoma.** Un víscerotoma es la porción de una víscera innervada por un único segmento de la médula espinal (la tabla 2 muestra los detalles de la innervación autonómica de las vísceras y el cuerpo).

Tabla 2. Inervación autonómica de las vísceras y del cuerpo (Cummings, 2005).

Víscera	Simpático	Parasimpático
Cabeza y Cuello	D1 a D5	4 nervios craneales Ninguno en cuerpo
Extremidad Superior	D2 a D9	Ninguno
Extremidad Inferior	D10 a L2	Ninguno
Corazón	D1 a D5	Vago
Pulmón y Bronquios	D2 a D4	Vago
Esófago (porción caudal)	D5 a D6	Vago
Estómago	D6 a D10	Vago
Intestino Delgado	D9 a D10	Vago
Intestino Grueso a Ángulo Esplénico	D11 a L1	Vago
Ángulo Esplénico a Recto	L1 a L2	S2 a S4
Hígado y Vesícula Biliar	D7 a D9	Vago
Bazo y Páncreas	D6 a D10	Vago
Riñón	D10 a L1	Vago
Uréter	D11 a L2	Vago
Suprarrenal	D8 a L1	Vago
Testes y Ovario	D10 a D11	Ninguno
Vejiga Urinaria	D11 a L2	S2 a S4
Próstata	D11 a L1	S2 a S4
Útero	D12 a L1	S2 a S4
Trompa de Falopio	D10 a L1	S2 a S4

Todas estas partes están interconectadas porque comparten la misma inervación y a través de esta inervación cada parte de un segmento es capaz de influir en cada parte de las otras del mismo segmento. Por ejemplo, una patología visceral (víscerotoma) puede manifestarse en la piel (dermatoma), en los músculos (miotoma) y en las articulaciones (esclerotoma) a través de los reflejos víscero-cutáneos y víscero-motores. De la misma forma, la estimulación de la piel o el músculo puede modificar el estado de los órganos internos aprovechando la inervación segmentaria a través de los reflejos cutáneo-visceral y músculo-visceral. Éste es el principio de las terapias segmentarias (o reflejas) como la acupuntura. (Según la acupuntura segmentaria)

Sin embargo, las diferentes partes de un mismo segmento no siempre se superponen unas con las otras netamente en un organismo adulto. Aunque estén neuroanatómicamente conectadas, pueden estar anatómicamente lejos unas de las otras. A menudo, un dermatoma está situado más caudalmente que su correspondiente esclerotoma, y el correspondiente víscerotoma suele estar localizado aún más abajo. Debido a que un dermatoma, miotoma y

esclerotoma de un segmento no se superponen por lo general unos con los otros, un estímulo en una parte del cuerpo influirá en diferentes segmentos dependiendo de la profundidad del estímulo. Este hecho es de vital importancia en todas las terapias segmentarias. En el caso de la acupuntura dependerá de si la aguja se inserta en la piel o profundamente en el músculo o periostio.

Para comprender los efectos de la acupuntura segmentaria, es indispensable resumir las bases morfológicas y funcionales del dolor y considerar el conjunto de los receptores de las vías y de los centros que participan en la conducción, transmisión, integración y percepción de los influjos que originan el dolor, así como el mecanismo de bloqueo, de inhibición, de extinción o de activación de los influjos dolorosos. Esto se debe principalmente a que el primer efecto estudiado científicamente y, sin duda, el más extensamente examinado hasta el momento, es el efecto de la acupuntura en el dolor. Este hecho coincidió también por el interés de los mecanismos relacionados con la modulación del dolor y el descubrimiento de los receptores opioides y los opioides endógenos (Pert y Snyder, 1973; Hughes, 1975). En este sentido, el descubrimiento a mediados de los 70 de la inducción de endorfinas en acupuntura para el tratamiento del dolor y su bloqueo con naloxona fue decisivo para empezar a establecer las bases científicas (Pomeranz y Chiu, 1976; Mayer et al., 1977) de esta técnica.

De esta manera, los efectos de la acupuntura, y en particular en la acupuntura analgésica (MacDonald, 1990; Cao, 2002) pueden parcialmente explicarse a través de los modelos fisiológicos convencionales, en concreto a través del sistema nervioso, y que se basan en los estudios realizados por Melzack y Wall (1965) sobre el dolor y la teoría conocida como Teoría de la Puerta Control («*Gate Control System*»). Sin embargo, esta teoría actualmente es controvertida y hay autores que piensan que el filtro selectivo a nivel de la médula espinal no es debido a la organización de los centros primarios, pero sí a los circuitos reverberantes suprasegmentarios nerviosos o humorales. De cualquier modo la analgesia segmentaria se realiza a este nivel y es realmente uno de los lugares de elección para la analgesia acupuntural.

a) PERIFERIA

En la periferia hay mecanismos de recepción, traducción y conducción de los influjos nerviosos (ver tabla 1). Podemos admitir que existen nociceptores específicos y nociceptores plurimodales no específicos. Estos receptores, mediante un mecanismo de transducción, transforman estos estímulos en un influjo nervioso que llega a la médula espinal.

Las fibras A δ y las fibras C son las responsables de la conducción de los influjos dolorosos, pero es posible que otras fibras A puedan también intervenir. Se ha podido demostrar que la estimulación de fibras C produce un dolor profundo, sordo, más persistente y de una gran imprecisión topográfica y que el estímulo de las fibras A δ produce un dolor agudo, de conducción rápida y que permite localizar el dolor cutáneo con gran precisión. Algunos autores suponen que los aspectos tónicos del dolor (estimulación que varía poco en el tiempo) dependen principalmente de las fibras C, mientras que los aspectos fásicos (inicio y variación brusca del dolor) dependen de las fibras A δ .

En la actualidad se propone que la inserción de una aguja en un punto de acupuntura (ver, 1. Efectos locales) desencadena una señal nerviosa que se transmite a través de las fibras nerviosas A δ mientras que la señal dolorosa se transmitiría a través de las fibras C. A este nivel, la acción de la acupuntura se podrá realizar mediante la transmisión en la sinapsis sensitivo-dendrítica de los receptores, por una acción humoral periférica, o por medio de un circuito inhibitor que tenga un centro neuroaxial.

Además de la acupuntura, existen también diferentes maneras de estimular específicamente un grupo de fibras nerviosas según la terapia segmentaria practicada tales como la presión, el estiramiento muscular, las inyecciones («*wet needling*»), y la estimulación eléctrica:

- **Presión.** Aplicando una presión moderada, en primer lugar se estimulan solamente las fibras nerviosas grandes A β (II) y A δ (IIIa). Sin embargo, con presión mayor aplicada durante más tiempo, estas fibras nerviosas grandes se bloquean (apareciendo una sensación de entumecimiento) y se estimulan las fibras nerviosas pequeñas A δ (IIIb) apareciendo una sensación de dolor agudo, bien definido. Más tarde, la mayoría de estas fibras nerviosas pequeñas cesan en su respuesta y son estimuladas solamente las fibras nerviosas pequeñas C (IV), con lo que aparece una sensación de dolor secundario, dolor sordo.
- **Estiramiento muscular.** Esta técnica es uno de los principales pilares en el tratamiento de los puntos gatillo miofasciales. El estiramiento de un músculo estimulará principalmente husos musculares, los órganos tendinosos de Golgi y las fibras nerviosas grandes.
- **Inyecciones («*wet needling*»).** Los anestésicos locales a baja concentración bloquearán selectivamente las fibras nerviosas

pequeñas mientras que los anestésicos locales a mayor concentración también bloquearán las fibras nerviosas A δ (IIIb y IIIa). Las inyecciones con suero fisiológico u otro tipo de líquido en los puntos gatillo miofasciales estirarán las fibras musculares individuales y así, las fibras nerviosas grandes.

- **Estimulación eléctrica.** La estimulación eléctrica a través de la acupuntura a baja intensidad (sensación de hormigueo, de picazón) y alta frecuencia (50-100Hz) estimulará principalmente las fibras nerviosas grandes, mientras que a mayor intensidad (sensación dolorosa) y baja frecuencia (1-4Hz) estimulará principalmente las fibras nerviosas pequeñas.

b) MÉDULA ESPINAL (FILTRO PRIMARIO)

El asta posterior sensorial de la médula espinal es el primer centro de procesamiento de la información sensorial aferente. Desde aquí, la información sensorial se distribuye en las tres direcciones principales: fibras ascendentes hacia el SNC y vía intrasegmental hacia las astas anterior y lateral de la médula espinal. El procesamiento de la información en el asta posterior de la médula espinal está siendo continuamente modulada por los reflejos intersegmentarios y por los estímulos descendentes desde los centros nerviosos superiores.

El asta anterior motora de la médula espinal es la responsable de la inervación de la musculatura estriada esquelética. El asta lateral autonómica (núcleo intermediolateral) de la médula espinal merece especial atención porque juega un importante papel, aunque pobremente reconocido, en muchas de las reacciones segmentarias.

El asta lateral autonómica de la médula espinal conforma el origen de la inervación simpática. Desde una limitada parte de los segmentos espinales (C8-L2), la totalidad del cuerpo está inervada por el SNP. Funcionalmente, el asta lateral puede dividirse en tres columnas:

- Columna medial: formada por los somas (cuerpos) celulares correspondientes a las fibras nerviosas preganglionares que se dirigen a los órganos internos.
- Columna central: formada por los somas (cuerpos) celulares correspondiente a las fibras nerviosas preganglionares que se dirigen hacia el tronco.

- Columna lateral: formada por los somas (cuerpos) celulares correspondientes a las fibras nerviosas que se dirigen hacia la cabeza y las extremidades.

Como vemos, hay una columna para cada parte del cuerpo. La columna de la cabeza y de las extremidades requiere de más explicación: la inervación autonómica de la cabeza deriva de C8-T4, la de las extremidades superiores de T5-T9, y la correspondiente a la de las extremidades inferiores de T10-L2. Las fibras eferentes de esta columna lateral ascienden o descienden dentro de la cadena simpática hacia los segmentos de su destino.

Además, la enorme cantidad de evidencia empírica y el gran número de interneuronas existentes indican claramente el efecto de la influencia mútua entre estas tres columnas y el asta lateral autonómica (tabla 3).

Tabla 3. Representación esquemática de las relaciones neuroanatómicas entre las diferentes partes de un segmento

Asta posterior	Asta anterior	Asta lateral		
		Medial	Central	Lateral
-	C1	-	-	-
C2-C7	C2-C7	-	-	-
C8-C7	C8-C7	C8-T2	C8-T2	C1-C2
T2-T4	T2-T4	T2-T4	T2-T4	C3-C4
T5-T6	T5-T6	T5-T6	T5-T6	C5-C6
T7-T9	T7-T9	T7-T9	T7-T9	C7-C8
T10-T11	T10-T11	T10-T11	T10-T11	T10-T11
T12-L2	T12-L2	T12-L2	T12-L2	L5-S2
L2-L5	L2-L5	-	-	-
S1-S5	L2-L5	-	-	-

Los influjos nociceptivos llegan al neuroeje (médula espinal) conducidos por las fibras C y A δ a través de la asta posterior de la médula espinal, que hemos visto es el primer centro de procesamiento de la información sensorial, y terminan en la sustancia gelatinosa, considerada como un conjunto de interneuronas orientadas transversalmente y longitudinalmente y que se corresponden a las láminas II y III de Rexed. Las fibras nerviosas C llegan a la lámina II de la sustancia gelatinosa, donde se encuentran las «células de la sustancia gelatinosa» (Fig. 4. «células de la SG»). Estas células se activan y generan impulsos que desinhiben a las «células de amplio rango dinámico o convergente» (Fig. 4. «células WRD»), las cuales

se encuentran mayoritariamente en las laminas VII y VIII de Rexed. Sus axones llegan hasta el cerebro a través del «haz espinoreticular» donde la señal se interpreta como dolorosa. La vía o haz espinoreticular podrá funcionar a nivel segmentario y plurisegmentario y subir así hasta la formación reticular del tronco cerebral para volver a bajar hacia los centros primarios, realizando un circuito reverberante de control superior. Esta vía reticular, además, no termina sobre un sólo segmento espinal, sino que al llegar a la zona marginal de Lissauer, se bifurca para ir a reunirse con varios segmentos supra y subyacentes. Una docena de segmentos pueden ser alcanzados por una sola fibra nerviosa. Por el contrario, las fibras nerviosas A δ llegan, en primer lugar, a la zona más superficial del asta posterior sensorial medular (lamina I de Rexed) donde se hallan las «células marginales M de Waldeyer (Fig. 4. «células M»». Los axones de las células M viajarán hacia el cerebro a través del «haz espinotalámico», y por lo tanto, llevando información sobre la puntura que se hará consciente. En segundo lugar, las fibras nerviosas A δ van a morir al cuello (lámina V de Rexed) del asta posterior sensorial de la médula espinal. En la frontera entre las láminas I y V del asta posterior conectan con las «células encefalinérgicas St» (*stalked*; Fig. 4. «células St»), las cuales se activan y liberan encefalinas (Fig. 4. «ENK»). La encefalina es un opioide que inhibe las células SG de la lamina II, enlenteciendo así la transmisión de la información generada por el estímulo nocivo de las fibras C. Se ha demostrado, por ejemplo, que las células St no reaccionan a frecuencias de estimulación por encima de 3 Hz, que es la frecuencia óptima en que se realiza el estímulo de la acupuntura analgésica.

El procesamiento de la información eferente en el asta posterior está constantemente modulada por reflejos intersegmentarios y por estímulos descendentes desde los centros nerviosos superiores.

El asta anterior motora de la médula espinal es responsable de la innervación motora del músculo estriado esquelético. El asta lateral autonómica (núcleo intermediolateral), que juega también un papel importantísimo en muchas de las reacciones segmentarias aunque poco conocidas, da origen a la innervación autonómica, principalmente simpática y de los segmentos espinales C8-L2, a todo el cuerpo.

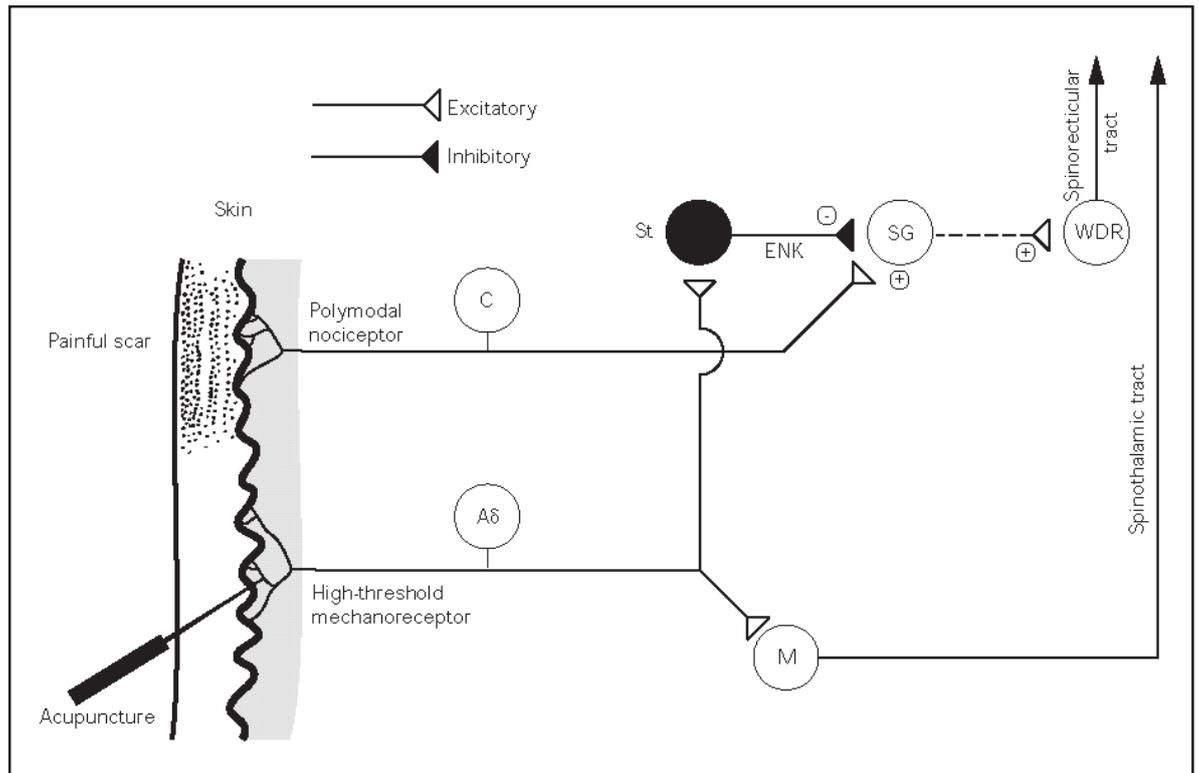


Fig. 4. Mecanismo de la acupuntura segmentaria (Bowsher, 1998). La fibra C nociceptora aferente primaria polimodal proyecta a las células de la sustancia gelatinosa (SG) del asta dorsal superficial de la médula espinal; éstas generan posteriores impulsos que pasan a, o quizás desinhiben, las células convergentes (*wide dynamic range*; WDR) cuyos axones ascienden al cerebro a través de la vía o tracto espinoreticular donde se interpretan eventualmente como dolorosos. La fibra A aferente primaria proyecta tanto a las células marginales (M), las cuales se proyectan al cerebro a través de la vía o tracto espinotalámico llevando información sobre «el pinchazo», convirtiéndose en consciente, o como las células encefalinérgicas (St) las cuales pueden secretar encefalinas (ENK) que inhiben a las células SG, y de esta manera prevenir la información generada por el estímulo nocivo transmitiéndose posteriormente.

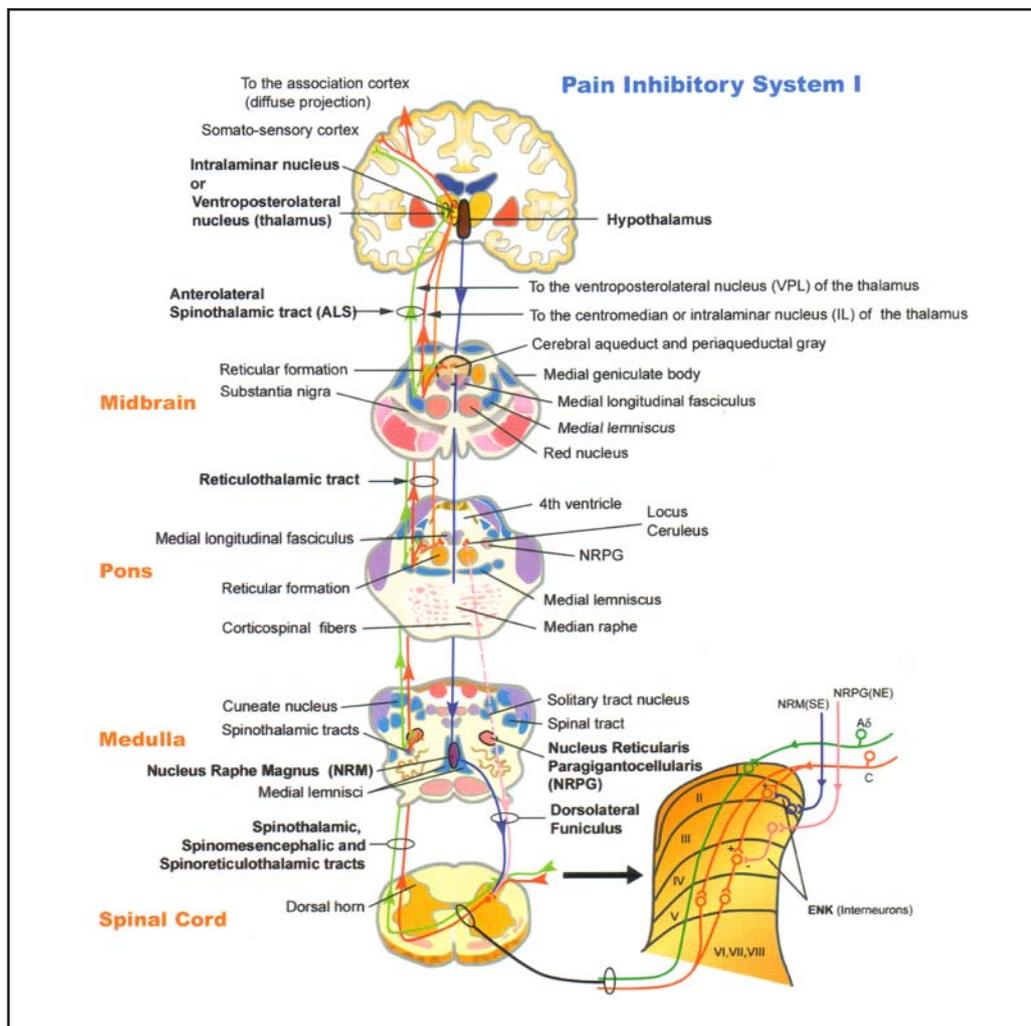
3. Efectos supraespinales: específicos, no segmentarios, heterosegmentarios y, generales, sistémicos.

a) SISTEMA ESPINOTALÁMICO Y FORMACIÓN RETICULAR (Fig. 5)

De las láminas IV V y VI de Rexed parte el sistema espinotalámico que terminará o enviará colaterales a la formación reticular del tronco cerebral; y de ahí por diferentes tipos de circuitos reverberantes, asegurarán un control superior del filtro espinal, modulando la actividad de la sustancia gelatinosa.

La formación reticular es un centro de integración de la sensibilidad en general y al mismo tiempo un centro de selección que actúa modulando a todos los centros mediante procesos de estimulación-inhibición. Parece ser que la sustancia gris periacueductal es la que produce los efectos analgésicos más intensos, pero los núcleos del rafe también dan lugar a una potente analgesia. La vía por la que caminan estos impulsos inhibidores hasta las células de transmisión central del asta posterior, es una vía serotoninérgica y a través del fascículo dorsolateral.

La acupuntura es capaz de actuar a estos niveles, mediante un mecanismo humoral, facilitando la liberación de sustancias morfínomiméticas que a su vez actuarían sobre los receptores opiáceos de la sustancia gris periacueductal y los núcleos del rafe los cuales pondrían en marcha la vía serotoninérgica mencionada anteriormente, provocando una descarga de dos neurotransmisores nerviosos (serotonina y noradrenalina) que inducen la activación de las interneuronas inhibitoras a nivel de la sustancia gelatinosa (láminas II y III de Rexed) y bloquear de esta manera la transmisión del impulso doloroso.



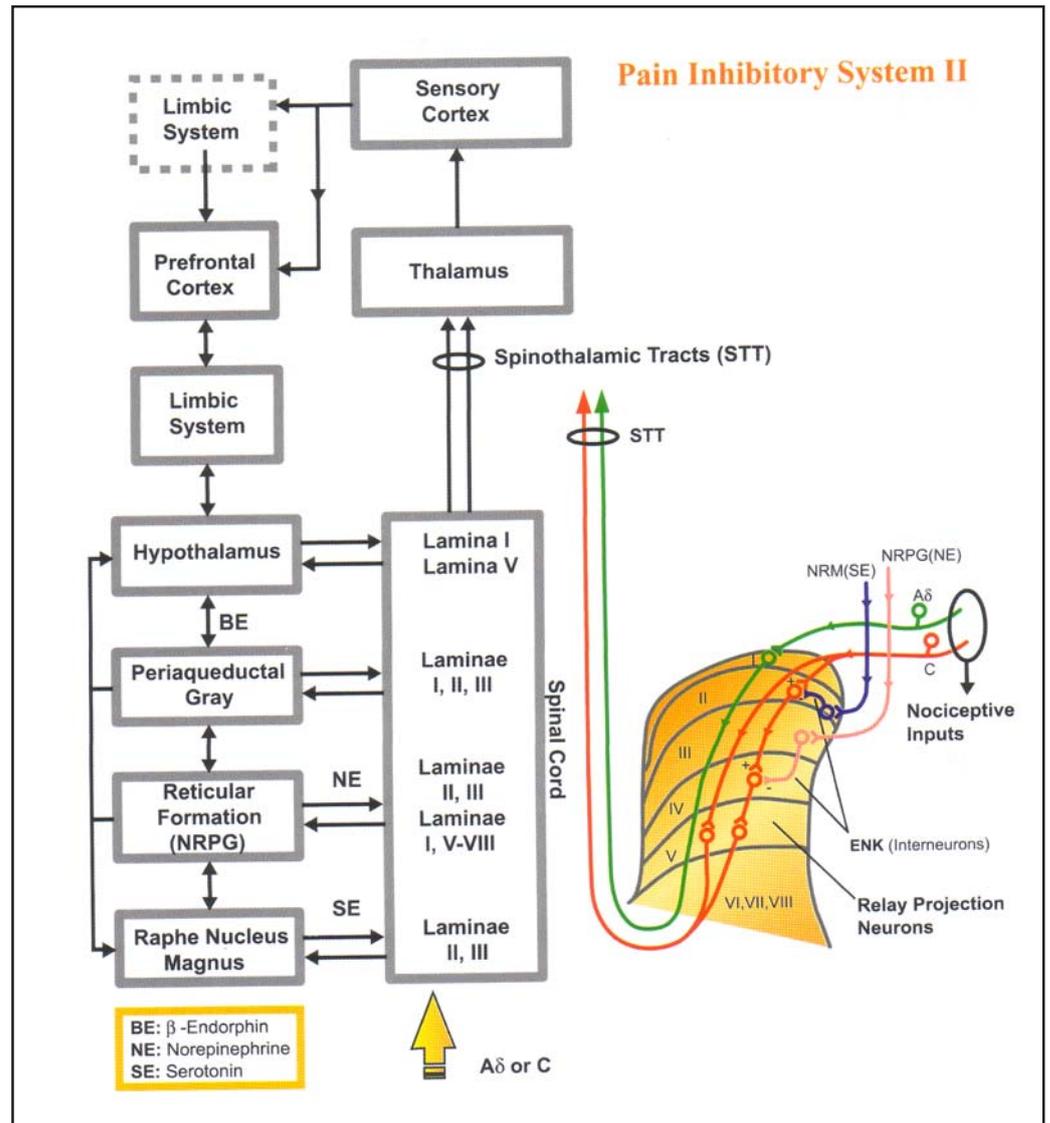


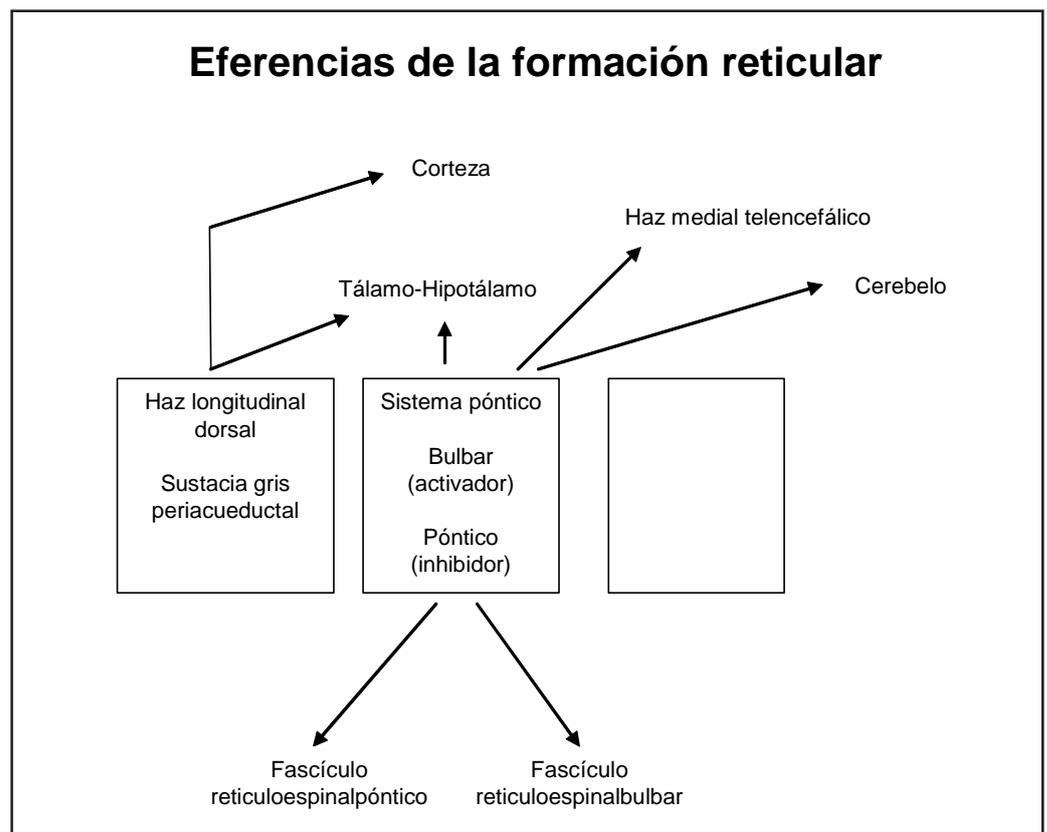
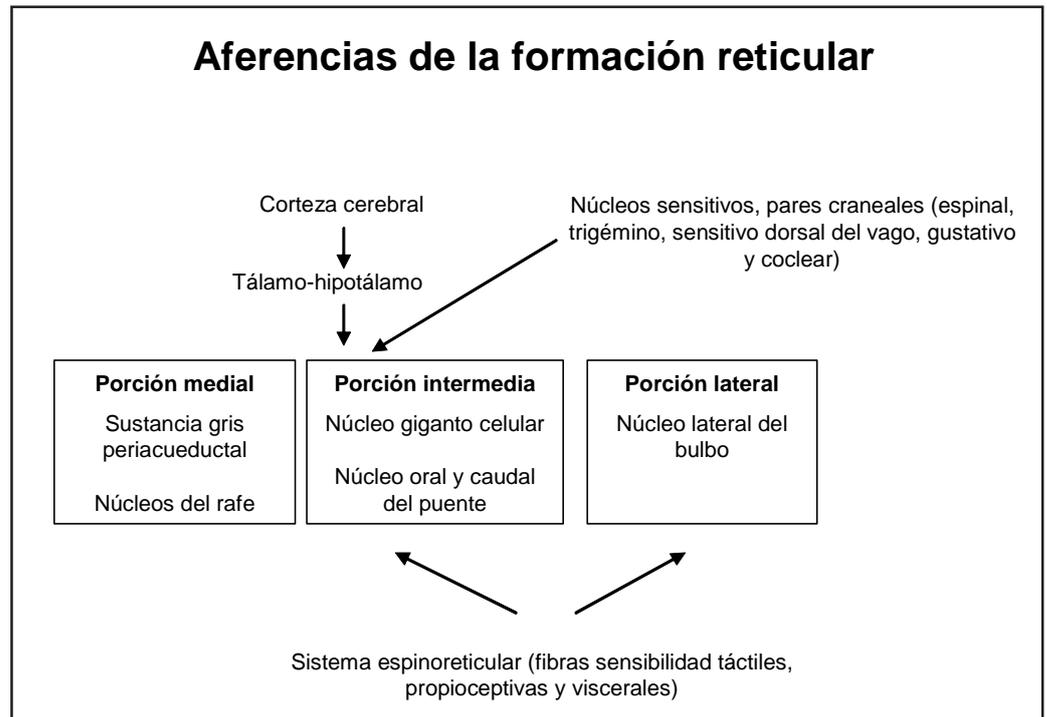
Fig. 5. Cho et al., 2001.

CENTROS DE LA FORMACIÓN RETICULAR

La formación reticular está formada por células y fibras nerviosas, y está escalonada a lo largo de todo el neuroeje. Juega un papel de centro y de vía de conducción. Es la porción del tronco cerebral más compleja y la que parece ser el centro principal. También parece jugar el papel más importante en el mecanismo de acción de las reflexoterapias. Parece esencial en todos los tipos de analgesia, modulando por una parte la actividad de los filtros primarios y por otra la del centro integrador talámico y de la corteza cerebral. Aparece como un centro inconsciente integrador de los diferentes tipos de sensibilidades, probablemente un filtro, y un centro de regulación que modula la actividad de todos los centros neuroaxiales.

- **Formación reticular espinal.** Se reduce a la capa lateral V de Rexed y parece jugar un papel de vía más que de centro. El agrupamiento de fibras forma un haz que contiene fibras espinoreticulares ascendentes, que aportan informaciones a los centros reticulares del tronco cerebral.
- **Formación reticular del tronco cerebral.** Muy compleja e importante. Debe ser considerada como centro superior de la formación reticular. Contiene centros netamente diferenciados y haces bien individualizados. Los núcleos más importantes son los núcleos del rafe, el núcleo lateral del bulbo y el núcleo gigantocelular. Estos núcleos reciben influencias descendentes corticoreticulares, ascendentes espinales y cerebelosas. Se ha demostrado en animales, además, que ciertas raíces nerviosas están en relación con ciertos núcleos, lo que prueba la existencia de relaciones topográficas específicas, particulares y precisas.
- **Formación reticular diencefálica.** En el nivel subyacente se encuentran el tálamo y el hipotálamo; este último no contiene centro reticular a pesar de que las fibras lleguen a él. Para el tálamo existen un número importante de núcleos incluidos en las láminas talámicas. Estos intervienen en la modulación del dolor, por un lado, y, por el otro, constituyen una conexión del sistema activador ascendente, dirigiéndose hacia la corteza cerebral. Se comprende así cómo la acupuntura, a través de la formación reticular, podrá actuar sobre los trastornos del sueño, las alteraciones del comportamiento y los fenómenos dolorosos.

- **Aferencias y eferencias de la formación reticular.**



- **Aspectos funcionales de la formación reticular.** El sistema activador ascendente interviene en la vigilancia, la regulación y la modulación del dolor o de los diversos mensajes sensoriales. El

nivel talámico podría jugar aquí un papel primordial. Los fenómenos descendentes pueden clasificarse en motores somáticos (la formación reticular actúa sobre el tono de los extensores y modula la actividad motriz), sensitivos (recepción dolorosa. Junto al *Gate Control System*, existen circuitos reverberantes que recurren al sistema reticular para inhibir la recepción a nivel de los centros primarios) y viscerales (la formación reticular actúa sobre la respiración, sobre el aparato cardiovascular, sobre el aparato digestivo y sobre el aparato genitourinario, modulando el funcionamiento de sus centros primarios por efectos activadores o inhibidores).

Así pues, la formación reticular del tronco cerebral aparece como una encrucijada en la que se reciben todos los tipos de influjos sensoriales y se modula su recepción en los diferentes niveles del neuroeje gracias a sus vías eferentes. Recibe información tanto de niveles suprayacentes, subyacentes como del cerebelo, y actúa sobre todos estos niveles por inhibición o facilitación.

- **Formación reticular y mecanismo de acción de la acupuntura.** La formación reticular está constituida por unidades que reciben un cierto número de aferencias según un esquema tópico preciso. Por otra parte, cada unidad recibe varios centenares de contactos sinápticos. Para poder funcionar, esta unidad deberá recibir un cierto número de influjos. Según los influjos recibidos podrá responder de formas diferentes. Así pues, a pesar de la ausencia de organización tópica y de unidades específicas desde el punto de vista estructural, se pueden apreciar respuestas bastante precisas y reproducibles para un mismo grupo de información.
- **Formación reticular y mecanismo de acción de la auriculopuntura.** La convergencia del influjo procedente de la estructura enferma y de ciertas áreas cutáneas del pabellón auricular sobre una misma unidad reticular puede entrañar un efecto relativamente específico sobre un centro primario en estado de recepción, permitiendo por tanto una respuesta específica sobre la estructura enferma. Esta convergencia corresponde a la organización tópica de las proyecciones espinotalámicas y de las zonas cutáneas de la auriculopuntura. Por ejemplo, en una torcedura de tobillo, fibras del sistema espinotalámico enviarán colaterales a ciertas unidades reticulares, estas unidades recibirán, por otra parte, numerosas colaterales de la región del pabellón auricular. Con una punta roma se podrá encontrar sobre el pabellón un punto doloroso, que

corresponderá a fibras que se proyectan sobre la misma unidad; este punto es doloroso porque está en relación con la unidad puesta en estado de recepción por la lesión del tobillo y, al mismo tiempo, su estimulación podrá actuar de manera específica sobre el tobillo por medio de esta unidad reticular puesta en estado de recepción

- **Efectos generales de la acupuntura en la formación reticular.** La acupuntura interviene, bien sea mediante un mecanismo nervioso, bien sea por un mecanismo humoral. Se ha demostrado que la acupuntura puede causar la inhibición presináptica a nivel de las astas dorsales de la médula espinal y de los núcleos del trigémino, modulando así la recepción de los mensajes sensitivos y sensoriales. De igual forma, la acupuntura actúa sobre los desequilibrios neurovegetativos reduciendo la amplitud de los fenómenos de oscilación. Este efecto sobre la regulación del sistema nervioso autónomo depende de procesos nerviosos y humorales tanto periféricos como centrales.

Parece ser que el mecanismo humoral de la acupuntura en la formación reticular, es esencialmente de tipo serotoninérgico, no obstante, éste no es el único neurotransmisor. Se sabe que el sueño lento depende de un sistema serotoninérgico que tiene sus centros en la formación reticular, en concreto en la región del rafe, y que el sueño rápido lo tiene en el sistema noradrenérgico del locus coeruleus. Es probable que el efecto de la acupuntura sobre las alteraciones del sueño se deba a la acción sobre estos dos sistemas. El núcleo del rafe serotoninérgico interviene dentro de los mecanismos motores y dolorosos. En la sustancia gris periacueductal, junto a la serotonina se ha demostrado también la presencia de sustancia P, neurotransmisor que interviene en los fenómenos dolorosos a nivel mesencefálico o a nivel espinal. En esta región convergen potenciales evocados nociceptivos y acupunturales. Muchos otros neurotransmisores interfieren en el funcionamiento de la formación reticular y tienen efectos generales variados, así como efectos en cadena (encefalinas, endorfinas, moduladas por mediación de la serotonina).

b) TÁLAMO (Fig. 6)

El tálamo por sus funciones sensoriales e integradoras, participa en la percepción del dolor y se puede considerar como un verdadero filtro general de sensaciones, algunos autores incluso lo consideran un segundo

sistema de control, comparable al descrito por Melzack sobre los centros primarios. El tálamo parece pues jugar un papel integrador de las sensaciones dolorosas.

La formación reticular talámica, en el más amplio sentido del término, parece jugar un papel esencial en los procesos de analgesia y de anestesia, puesto que se trata de la prolongación de la formación reticular del tronco cerebral.

Actualmente está demostrado que el tálamo interviene en los fenómenos dolorosos y en su inhibición mediante la acupuntura. Existe una convergencia de los influjos nociceptivos y acupunturales en varios núcleos talámicos. Se ha demostrado que el núcleo parafascicular recibe influjos dolorosos. El centro mediano recoge los influjos aferentes de los puntos de acupuntura y actúa como un centro modulador del dolor. La respuesta nociceptiva característica evocada en el núcleo parafascicular queda suprimida por la estimulación de los puntos de acupuntura. El estímulo de los puntos de acupuntura inhiben la actividad evocada en el grupo nuclear posterior (es lugar de convergencia de los influjos nociceptivos). El mecanismo en este caso es de tipo humoral, haciendo intervenir sustancias endógenas morfinomiméticas. El tálamo, además del papel estimulador que tiene, recoge fibras sensitivas, participa en el sistema reticular ascendente, tiene conexiones internucleares, integra influjos sensitivos y sensoriales y por esto no debe ser considerado como un simple filtro sino como un modulador esencial de los influjos nociceptivos, cualquiera que sea su origen.

c) HIPOTÁLAMO (Fig. 6)

El hipotálamo interviene en los mecanismos de la acupuntura tanto directamente como a través del eje hipotalamohipofisario a través de mecanismos nerviosos, sobre todo en el primer caso, y neurohormonales, en el segundo.

El registro de los potenciales denominados nociceptivos o acupunturales ha podido demostrar:

- La destrucción del núcleo supraóptico suprime el efecto analgésico de la estimulación del E-36 y IG-4.
- Lo mismo ocurre con la región preóptica y con el hipotálamo anterior para el estímulo de los puntos MC-6 y IG-4.

- En la región supramamilar del hipotálamo posterior las unidades activadas por una estimulación nociceptiva son inhibidas por la estimulación del E-36 y VB-34.
- En el área hipotalámica lateral se observa una convergencia de los potenciales evocados por la estimulación nociceptiva y por la estimulación de diferentes puntos de acupuntura (*Taiyang*, E-6, IG-14, IG-10).

Además la simple estimulación acupuntural utilizada en la terapia habitual, también interviene en la secreción de hormonas hipotalámicas.

d) CORTEZA CEREBRAL (Figs. 6, 7)

En la corteza cerebral se efectúa la toma de conciencia del dolor. Actúa sobre los centros subyacentes, en particular sobre diferentes niveles de la formación reticular. Parece activar o inhibir diferentes núcleos talámicos y a la formación reticular mesencefálica.

Las principales características de la organización y de la estructura de la corteza que pueden interesar respecto a los fenómenos dolorosos son los siguientes:

- Existen zonas de recubrimiento para las proyecciones corticales de los territorios cutáneos.
- Las áreas somestésicas son múltiples. Se ha podido demostrar que, además de las clásicas áreas I y II, los influjos nociceptivos se pueden proyectar sobre otras regiones corticales.
- La corteza puede activar o inhibir diferentes núcleos talámicos y la formación reticular mesencefálica.
- Existe una organización especial del área somestésica I. El área 3 corresponde a la proyección de derivados ectodérmicos, el área 2 recoge los influjos provenientes de los derivados mesodérmicos (músculos, tendones, tejido conjuntivo). De hecho, las proyecciones corticales aparecen mucho más como una representación segmentaria de los centros primarios que como representación de órganos y regiones del cuerpo.

Hay dos regiones de la corteza que parecen estar particularmente implicadas en la analgesia mediante acupuntura; el área somestésica y la circunvolución límbica. El funcionamiento del área somestésica parece estar respetado por la analgesia puesto que la sensación táctil es percibida y localizada. Esta acción parece ser que actúa a nivel del «cerebro afectivo» en la circunvolución frontal media, gyrus singular, gyrus hipocámpico. La localización es difícil de precisar. El gyrus singular parece reducir su campo de acción a una recepción visceral, mientras que el gyrus hipocámpico, parece ser considerado como una zona afecto-receptiva. Incluso cuando una topografía no puede ser precisada, el cíngulum, que asocia todas las áreas del lóbulo límbico, entre ellas y con áreas vecinas, permite comprender la difusión de los influjos nociceptivos y la participación afectiva en todas las sensaciones dolorosas.

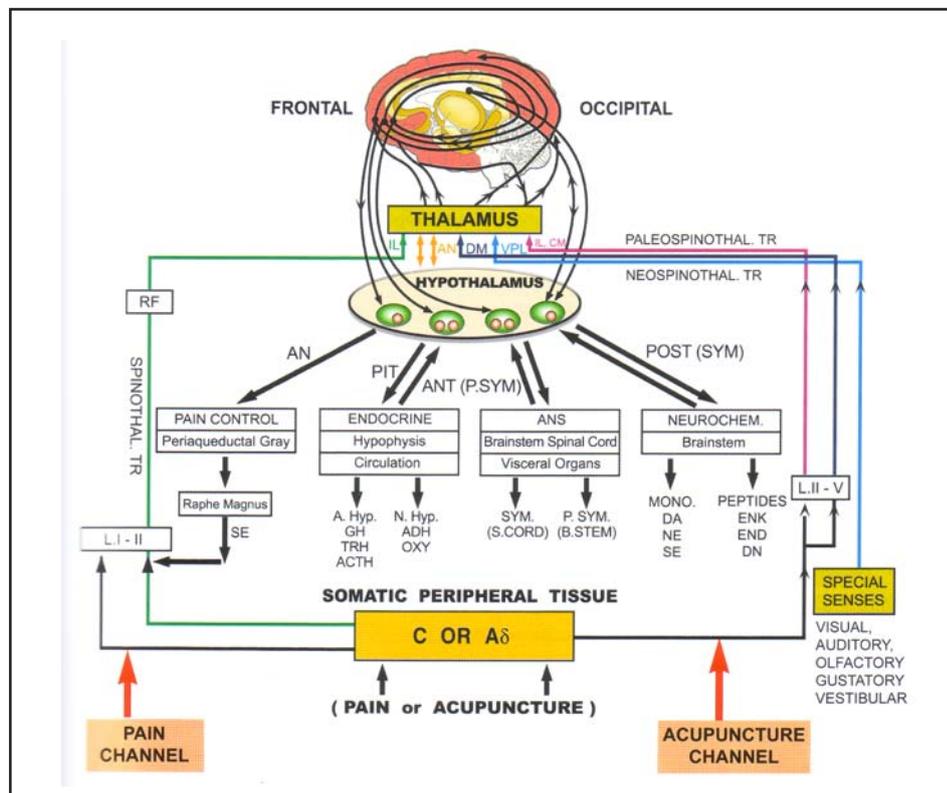


Fig. 6. Hipótesis del mecanismo de «Tratamiento-Enfermedad-Acupuntura integrado» (Cho et al., 2001). El control del dolor es solamente una parte de la extensa posibilidad del tratamiento de enfermedades mediante acupuntura y relacionado con las funciones básicas de supervivencia que incluyen funciones endocrinas, autonómicas y neuroquímicas. Estas están controladas principalmente por el hipotálamo, el centro integrador y controlador del cuerpo y del cerebro.

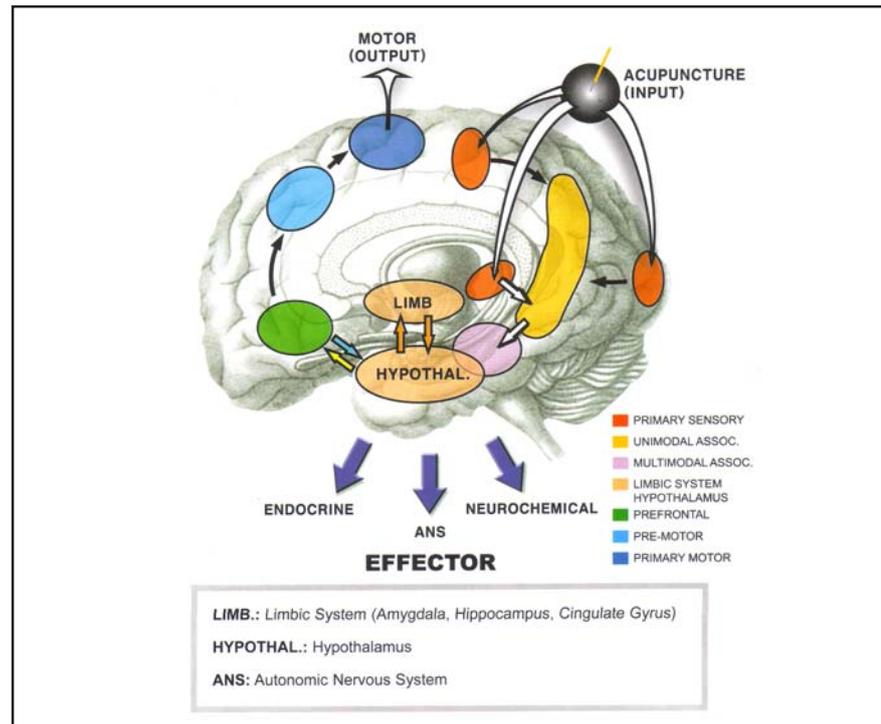


Fig. 7. (Cho et al., 2001). El estímulo de la acupuntura llega a estructuras cerebrales superiores integrando la información relacionada con la supervivencia a través del sistema límbico. Ésto induce que el cerebro superior mande órdenes, posiblemente desde el córtex frontal orbitario o el córtex prefrontal. La información derivada desde el córtex prefrontal pasa al hipotálamo, parte de esta información de forma directa pero la mayoría vía amígdala o otras estructuras límbicas, para la ejecución final de las funciones endocrina, autonómica y otras, con la objetivo final de la homeostasis.

e) SISTEMA NERVIOSO VEGETATIVO: SISTEMA NERVIOSO SIMPÁTICO Y SISTEMA NERVIOSO PARASIMPÁTICO

La relación entre el sistema nervioso autónomo y la acupuntura puede resumirse en los siguientes cuatro puntos:

- La acupuntura posee un efecto depresor sobre el sistema autónomo, pero sobre todo estabilizador.
- Los efectos pueden variar e incluso oponerse en función de los puntos estimulados y del tipo de estimulación (de la frecuencia, en particular).
- La organización metamérica juega un papel importante.

- Los mecanismos neurohormonales son esenciales para explicar ciertos efectos prolongados y a distancia, a pesar de que existen en el sistema nervioso autónomo efectos prolongados únicamente nerviosos.

f) OTROS EFECTOS GENERALES

Se ha sugerido que además de los mecanismos de acción de la acupuntura descritos anteriormente, también han de ser considerados otros efectos como a) el placebo; b) el reencuadre del problema por parte del paciente y c) la relajación y el efecto hipnótico.

4. Procesos nerviosos, humorales (neuroquímicos) y de defensa como procesos de base de la acupuntura

a) PROCESOS NERVIOSOS

- **Activación e inhibición.** Las estructuras implicadas en los fenómenos de tipo reflexoterápicos serán de tres tipos: sinapsis, interneurona y formación reticular.

En la inhibición sináptica hay que tener en cuenta dos procesos: un cuerpo neuronal está provisto de un cierto número de contactos sinápticos, los cuales pueden llegar a ser decenas de miles o más para las neuronas mayores. La activación de la neurona depende de la sumación espacial o temporal de un cierto número de estos contactos pero en ausencia de una acción inhibitoria. Es probable que la inhibición se produzca para un número de contactos menor que la activación y que la suma activadora sea somática, es decir, interese al cuerpo neuronal, mientras que la inhibición podría ser únicamente sináptica. La electroacupuntura inhibe los reflejos polisinápticos y una parte de los efectos analgésicos de la acupuntura se debe a una inhibición presináptica.

Junto a la especificidad sináptica activadora o inhibitoria, existen en el sistema nervioso interneuronas, que parecen estar especializadas en la inhibición o la activación. Son éstas las que intervendrán en los fenómenos de inhibición cortical o en los fenómenos de inhibición a nivel de los centros primarios (sustancia gelatinosa, por ejemplo), tal y como se ve en el *Gate Control System*. El tercer nivel inhibitorio está incluido en la formación reticular, una parte del cual constituye un verdadero centro inhibitorio.

- **Retroacción o retroalimentación.** La retroacción o retroalimentación (*feed-back*) es el sistema de base de las reacciones automantenidas, reacciones controladas y fenómenos de extinción. Existe *feed-back* positivo o negativo, pudiendo inhibir o mantener circuitos nerviosos. Una colateral axónica podrá activar una interneurona o una cadena de interneuronas que mantendrán la actividad inicial de la célula implicada; el fenómeno se consumirá progresivamente. La acupuntura podrá intervenir en el mantenimiento o la reducción de estos fenómenos por las diferentes vías tratadas.
- **Convergencia.** Gracias al registro de los potenciales evocados en una neurona o unidad neuronal, se ha podido demostrar que una misma unidad podía responder a estímulos nociceptivos somáticos, viscerales y a estímulos cutáneos y acupunturales.
- **Inervación recíproca.** La estimulación de las fibras de gran calibre de un nervio muscular, facilita a los músculos sinérgicos y mantiene una inhibición de las motoneuronas antagonistas con un retardo correspondiente al paso de una sinapsis suplementaria. Así, se puede comprender que la estimulación de un punto de un Meridiano *Yin*, por ejemplo, situado sobre un grupo muscular flexor, pueda inhibir un grupo muscular extensor perteneciente al lado *Yang* del miembro y viceversa.
- **Memorización.** Se sabe que ciertas células nerviosas o circuitos nerviosos, son capaces de registrar informaciones para utilizarlas al cabo de un plazo de tiempo más o menos largo. Estos fenómenos intervienen en los mecanismos de la acupuntura. Junto a los efectos de los reflejos elementales e inmediatos, se observan frecuentemente efectos retardados que no pueden ser imputados a reacciones humorales u hormonales.

b) PROCESOS NEUROQUÍMICOS (HUMORALES)

Desde que se demostró la posibilidad de transferir efectos analgésicos de la acupuntura mediante experiencias de circulación cruzada, los factores humorales se han implicado en los mecanismos de la acupuntura. Las dosificaciones directas, el bloqueo de la síntesis, de la destrucción o de la reabsorción, la inyección de precursores, entre otros, han permitido establecer la participación de ciertas sustancias en los mecanismos de acción de la acupuntura o de la analgesia acupuntural.

- **Serotonina (5-hidroxitriptamina; 5-HT).** La serotonina está en relación directa con la acción de la analgesia acupuntural. La estimulación de los puntos E-36 y VB-30, por ejemplo, genera un aumento de la relación serotonina/noradrenalina en el telencéfalo. Este aumento es debido a la disminución de la noradrenalina, mientras que en el tronco cerebral es debido al aumento de la serotonina. Este efecto sería debido a las neuronas serotoninérgicas de los núcleos del rafe dorsal y medio, y de la sustancia gris periacueductal que realizarían una vía descendente inhibitoria.
- **Acetilcolina (Ach) central.** La eserina que potencia la liberación endógena de acetilcolina aumenta la analgesia acupuntural en la rata. Por otra parte, se ha demostrado que la acetilcolina, que tiene un efecto excitador sobre unidades algosensibles de la formación reticular mesencefálica, ve disminuir su efecto por la estimulación de los puntos E-36 y IG-4.
- **Catecolaminas.** La dopamina tiene un efecto inhibitor sobre la analgesia acupuntural y el droperidol, antagonista de sus receptores, tiene el efecto inverso. Para la noradrenalina (NA), la interpretación de los efectos es mucho más compleja por la existencia de los receptores α y β . Se ha demostrado que la noradrenalina (Fig. 8), la serotonina y la acupuntura inhiben las neuronas algosensibles de la formación reticular mesencefálica. Se ha demostrado también que la electroacupuntura reduce la tasa de noradrenalina en el diencéfalo, más por su liberación que por disminución de su síntesis. La acupuntura crea una disminución de la insulíemia debido a la activación de los receptores α -adrenérgicos.

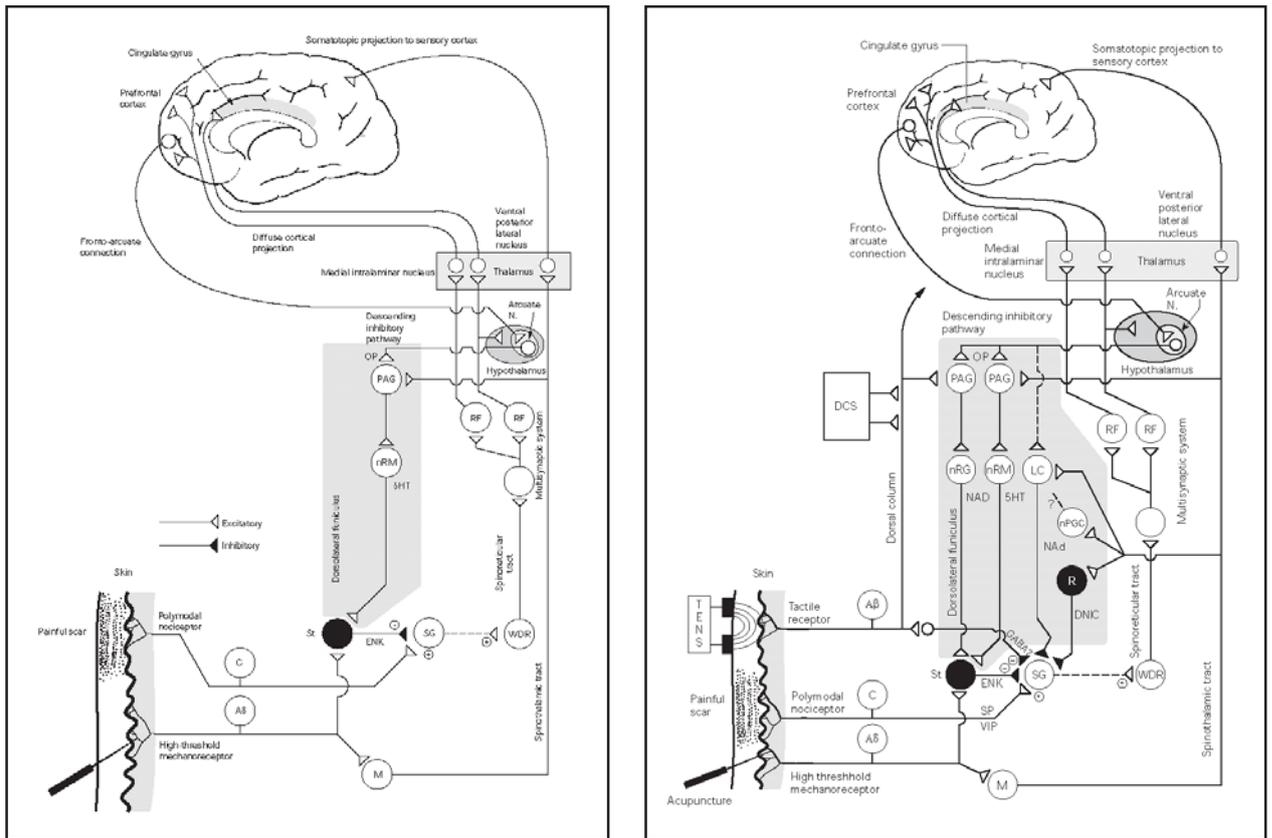


Fig. 8. Mecanismo de la acupuntura heterosegmentaria (Bowsher, 1998). Serotonina y Noradrenalina.

- Sustancias endógenas morfínomiméticas.** Al parecer la electroacupuntura hace segregarse β -endorfinas y ACTH, mientras que la acupuntura tradicional no produciría la secreción de ACTH. De esta manera se puede pensar que la electroacupuntura actúa sobre la hipófisis anterior, mientras que la acupuntura tradicional lo hace sobre lóbulo intermedio. La analgesia acupuntural aumenta el umbral doloroso y la tasa de sustancias endógenas morfínomiméticas en el núcleo accumbens septi y el mesencéfalo. En el hombre, la analgesia acupuntural aumenta los niveles de endorfinas. Estas sustancias serían liberadas por la sustancia gris periacueductal, el hipotálamo y el núcleo caudal.
- Varios.** El grado de analgesia acupuntural parece estar en relación con ciertos fenómenos iónicos, así se manifiesta una elevación de la misma desde el momento en que se produce aumento de O_2 del pulmón y de la relación Mg^{++}/Ca^{++} . La inyección intravenosa de AMPc disminuye la analgesia acupuntural. Durante la analgesia acupuntural, el ácido glutámico disminuye en el tálamo, el ácido γ -amino butírico (GABA) aumenta en el hipocampo, las prostaglandinas E

aumentan y la sustancia P intervienen por mediación de los núcleos del rafe, del núcleo caudado y de la sustancia gris espinal.

c) PROCESOS DE DEFENSA

La acupuntura también activa los mecanismos de defensa del organismo. Estos efectos desaparecen tras la supresión de la inervación cerebroespinal y autónoma de los puntos, y tras suprarrenalectomía e hipofisectomía. Se cree que la activación de los sistemas de defensa por parte de la acupuntura dependa de múltiples mecanismos:

- Una acción refleja segmentaria, intersegmentaria o suprasedimentaria.
- La activación de los centros autónomos de control genera efectos importantes sobre la circulación local o general, la termorregulación, la actividad de la musculatura lisa, las secreciones endocrinas, exocrinas etc.
- La activación de los centros inhibidores del dolor del tronco cerebral y la liberación de los neuropéptidos.
- La activación de los centros de control neuroendocrinos, comprendidos los ejes hipofisopararrenales e hipofisotiroideos.
- La liberación de factores humorales actuando sobre la leucocitosis, las respuestas inmunes, las prostaglandinas.
- Algunos de los efectos podrían estar mediados por los opioides mediante la estimulación de los receptores opioides encontrados en los linfocitos y en las plaquetas.

Estos efectos se han observado tras la estimulación de ciertos puntos de acupuntura, destacados por poseer efectos generales. En particular para E-36, IG-11, B-6, VB-39, V-18, V-23, Du-14. Estos mecanismos generan principalmente: a) incremento de la inmunidad humoral y celular; b) incremento de la actividad fagocítica, de la transformación de los linfocitos, de las células de la serie blanca (estos efectos requieren de un SNC intacto); c) frecuentemente se observa una disminución de eosinófilos; d) incremento de los niveles de inmunoglobulinas y anticuerpos, así como de interferón y otras citoquinas; y e) un aumento de la coagulación.

5. Sistema neurovascular y efectos viscerales

Partiendo de la organización segmentaria, es lógico comparar la inervación de los órganos con los puntos específicos utilizados en su tratamiento. A partir de la dermalgias reflejas descritas por Jarricot, se ha descubierto el parentesco metamérico entre las dermalgias y los puntos de los meridianos que tienen una indicación correspondiente. En concreto los puntos *Mu* y *Shu* del dorso están prácticamente situados en el territorio segmentario del órgano. Un número importante de puntos situados en la misma metámera, pero formando parte del meridiano del órgano, actúan sobre el órgano por un mecanismo segmentario. A nivel del tronco, este reparto puede ser esquematizado de un modo simple; sobre una metámera teórica se puede ver la distribución nerviosa correspondiente y se comprende que una estimulación de un ramal cutáneo cualquiera de una misma metámera pueda tener una acción comparable, en más de la mitad de los casos, sobre un órgano cuyos centros estén localizados en el mismo segmento espinal.

a) SISTEMA NEUROVASCULAR PERIFÉRICO Y NEUROAXIAL

Una de las vías de acción de la reflexoterapia pasa por el sistema vascular, bien sea actuando directamente sobre la musculatura de un vaso segmentario, o bien indirectamente controlando el débito sanguíneo de los vasos de los centros neuroaxiales. Se ha demostrado la importancia del sistema simpático en el origen y el tratamiento del dolor, y en particular el papel del sistema neurovascular.

La organización del sistema nervioso arterial es diferente de la del sistema cerebroespinal, puesto que una arteria recibe sucesivos pedículos nerviosos a lo largo de su trayecto. El sistema neurovenoso es mucho más sutil y se puede decir que las venas superficiales, reciben su inervación por sus nervios satélites (se reúne con la inervación sensitiva de la piel) y que las venas profundas reciben nervios del mismo origen que las arterias satélites.

Para los centros neuroaxiales, el sistema neurovascular se encuentra concentrado en la médula espinal de la siguiente manera:

- Extremidad cefálica T1 a T4.
- Miembro superior T2 a T8.
- Miembro inferior T11 a L12.
- Corazón T1 a T5.
- Abdomen T5 a L2.

b) EFECTOS VISCERALES

Solamente se indicarán un cierto número de ejemplos:

- **Aparato cardiovascular.** El punto Du-26 tiene un efecto simpaticomimético sobre el sistema cardiovascular, que puede ser bloqueado por un β -bloqueante. El punto E-36 tiene un efecto parasimpaticomimético que puede ser bloqueado por la atropina. El H-5 corrige el pulso alternante y la arritmia sinusal en el perro. Estas dos acciones parecen deberse a una excesiva estimulación vagal sobre el corazón.
- **Aparato digestivo.** La estimulación de ciertos puntos del miembro inferior (E-36, H-12), conlleva movimientos del tracto digestivo.
- **Aparato respiratorio.** La estimulación del E-36 activa las funciones respiratorias. La estimulación mecánica o química de los puntos metaméricos V-13, V-15 y V-17 así como la Du-14 o de los puntos fuera de meridiano situados en las proximidades, poseen un efecto favorable sobre la patología funcional respiratoria.
- **Aparato urinario.** Los puntos R-6 y V-23 poseen una acción diurética.
- **Regulación térmica.** La estimulación acupuntural de los puntos IG-4 y IG-11 actúan sobre la termorregulación y poseen un efecto analgésico. La hipotermia que resulta de esta estimulación se debe a una reducción de la producción de calor, por un descenso del metabolismo y a una vasodilatación periférica.

5. Acupuntura y sistema nervioso. Otras teorías propuestas

A) Teoría de la Neurona Talámica («*Thalamic Neuron Theory*»)

La «teoría de la neurona talámica» (TNT) postula que el sistema nervioso central (SNC) se hallaría involucrado en todas las enfermedades. Esta teoría ha sido propuesta por el Dr. Tsun-Nin Lee de la *Academy of Pain Research*, San Francisco, California, EEUU (<http://www.acupuncturecourse.org/sp2c.htm>; Lee, 2004) y relacionaría los mecanismos biológicos de la acupuntura con su acción sobre estructuras nerviosas superiores y concretamente sobre las estructuras filogenéticamente más antiguas como el tálamo e hipotálamo.

El SNC no solamente procesa información física y química desde la periferia, sino que también envía órdenes fisiológicas hacia la periferia con la misión de mantener la homeostasis de todo el cuerpo. A la capacidad inherente del SNC para aprender y adaptarse, se tiene que añadir a la agilidad por aprender a estar enfermo (habitación patológica) a partir de la desorganización de determinados circuitos neuronales centrales, conduciendo al estado crónico de la enfermedad. Sin embargo, los estados de habituación patológica podrían ser revertidos a través de la deshabituación o modulación de los circuitos neuronales anormales a partir de terapias fisiológicas como la acupuntura o terapias químicas como la fitoterapia, la homeopatía.

La TNT asume la existencia de una imprenta biológica (*blue print*) para el desarrollo embrionario y que se localiza en las áreas filogenéticamente más antiguas del cerebro: tálamo, hipotálamo, etc. Este «director» primordial, organizado en forma de homúnculo y posiblemente organizado en núcleos pequeños, mantendría el control sobre las demás partes desarrolladas del cerebro de tal manera que el SNC funcionaría como un homúnculo que controla las funciones fisiológicas de todo el cuerpo (Fig. 9). La TNT propone que el homúnculo director (*master homunculus*) tiene la forma de un embrión enrollado con una cabeza grande cerca de la región pélvica y con los pies largos y manos cruzadas hacia el lado contralateral.

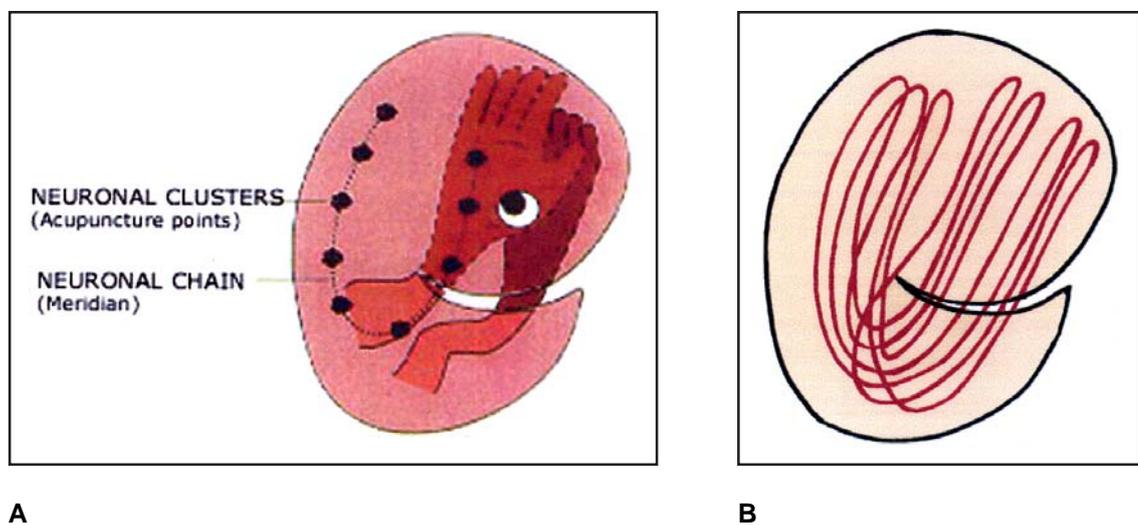
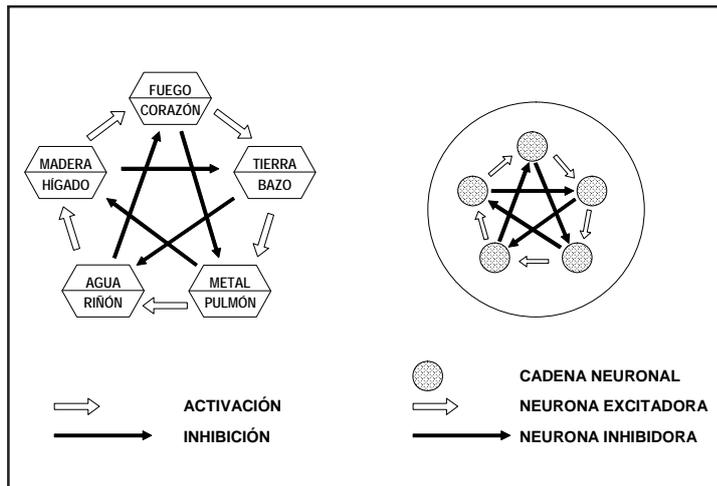


Fig. 3. A) Grupos de neuronas a lo largo de una cadena de neuronas en el homúnculo y que representan los puntos de acupuntura en la periferia. La cadena neuronal representa un meridiano y el Qi no sería nada más que el fenómeno de la neurotransmisión. B) Esquema simplificado de la cadena neuronal (meridianos) en el homúnculo: los meridianos están conectados de la cabeza a los pies formando una espiral continua que se enrolla sobre sí misma en un ovillo en forma de herradura de caballo con una extremidad del ovillo extendiéndose a lo largo de las extremidades y el otro hacia la región cefálica.



Explicación de la teoría de los 5 Elementos a través del fenómeno neurofisiológico. Representación esquemática del ovillo de cadenas neuronales (meridianos) y las neuronas excitadoras que se relacionan.

6. Más allá de la teoría neuroendocrina

A) Corriente directa, diodos y acupuntura (<http://www.srv.net/~jxt/research.html>)

Robert Becker, catedrático retirado de cirugía ortopédica de Nueva York, propuso en 1976 que la acupuntura funcionaría a través de un sistema de información y control análogo a las señales eléctricas de corriente directa y que ésta se asociaría con el sistema nervioso. Según Becker, las señales del sistema de corriente directa se generarían a través de las células gliales relacionadas con las fibras nerviosas (ver Becker, 1990). De hecho, se sabe que en situaciones fisiopatológicas como puede ser durante una lesión, se producen corrientes eléctricas generadas por estas células y que se asocian con los mecanismos de crecimiento y reparación. La hipótesis se basa en los trabajos sobre regeneración en anfibios (Becker, 1976) además de los fenómenos de corriente en lesiones. Si se produce una lesión y no se genera una corriente eléctrica, entonces no hay crecimiento ni reparación. También se ha visto que las corrientes eléctricas y campos asociados son fundamentales en el desarrollo y diferenciación de plantas y animales.

Becker integra la acupuntura con las células gliales, considerando los puntos de acupuntura como «estaciones de reinyección» (*booster stations*) a lo largo de los meridianos, los cuales son líneas que conectarían los puntos de acupuntura y estas líneas de meridianos se hallarían ligadas a las líneas de transmisión por las señales de corriente directa.

Semiconductores: Teoría de la Compuerta Diodo (*diode gate*)

Los puntos de acupuntura muestran propiedades eléctricas específicas y cambios en sus características podrían utilizarse para el diagnóstico:

- Los puntos de acupuntura parece que tienen poca o inexistente actividad eléctrica cuando el tejido u órgano que representa está sano (Fig. 10).

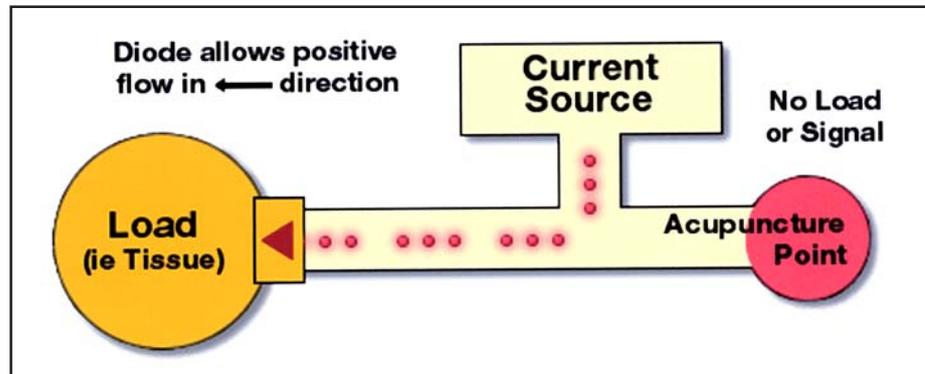


Fig. 10. Diodo conservado.

- Cuando tiene lugar una lesión o aparece una enfermedad se produce una corriente local (Fig. 11). Al mismo tiempo, las propiedades relacionadas con el punto de acupuntura cambian, y probablemente se dan cambios en la polaridad de estos puntos de acupuntura en relación con la piel circundante.

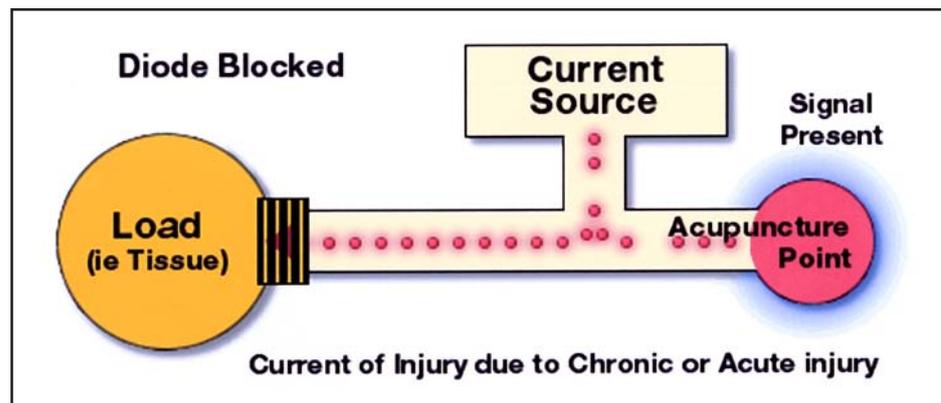
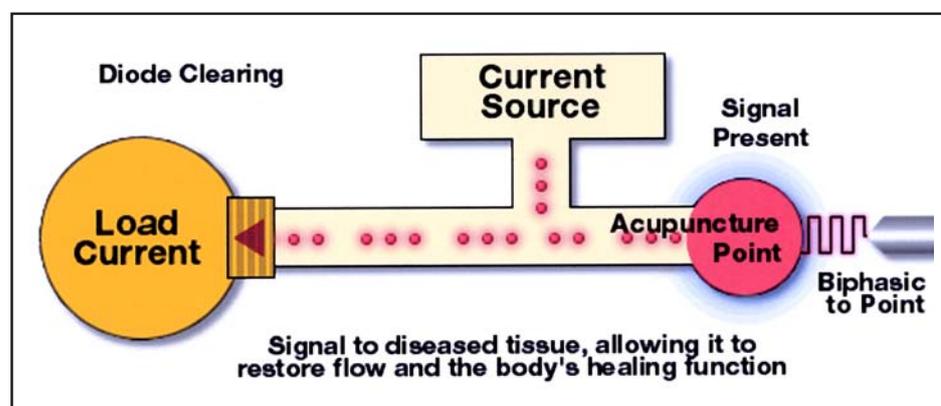


Fig. 11. Diodo bloqueado. Corriente de la lesión debido a una lesión aguda o crónica.



Diodo compensado. Señal del tejido dañado, permitiendo la restauración del flujo y de las funciones de curación del cuerpo.

Desde el punto de vista físico, uno de los circuitos eléctricos que pueden explicar este modelo es el de la «teoría de la compuerta diodo» (*diode gate*). La compuerta diodo es una de las piezas básicas en la construcción de microprocesadores. En situaciones dolorosas, el efecto semiconductor se bloquea e inhibe la circulación libre de cargas eléctricas produciendo una concentración de cargas y, por lo tanto, producir dolor. Los semiconductores tienen las características de ser aislantes y ser conductores dependientes de la temperatura. A diferencia de la conducción iónica, los semiconductores transportan poca corriente pero ésta puede viajar largas distancias. El concepto de diodo (para el concepto de diodo, ver <http://enciclopedia.us.es/wiki.phtml?title=Diodo>) implica la idea de un semiconductor (para el concepto de diodo semiconductor, ver http://www.unicrom.com/Tut_diodo.asp) que permite el paso de corriente en UNA sola dirección y sería central para la explicación de cómo funciona la acupuntura.

La semiconducción requiere de materiales que tengan una estructura ordenada por lo que, de esta manera, los electrones (también protones) puedan moverse fácilmente de un átomo a otro. Los materiales que tienen esta característica son los cristales (ver apartado C).

El primer científico que introdujo el concepto de semiconducción en el campo de la biología fue el premio Nobel (1937) Albert Szent-Gyorgyi en los años 40. Durante una cena en la que se invitó al Dr. Szent-Gyorgyi, uno de los asistentes hizo la siguiente pregunta: «¿Cuál es la diferencia entre una rata viva y una rata muerta?». Según las leyes de la química clásica y la física newtoniana no habría ninguna diferencia sustancial, pero el Dr. Szent-Gyorgyi replicó con una respuesta simple pero revolucionaria: «Algún tipo de electricidad».

B) Acupuntura y tejido conjuntivo

Tradicionalmente, el tratamiento con acupuntura se caracteriza por la inserción de agujas finas en localizaciones específicas del cuerpo que se conocen como puntos de acupuntura. Según la teoría clásica china, los puntos de acupuntura se hallan unidos mediante una red de «meridianos» que discurren longitudinalmente por la superficie del cuerpo. A pesar de los considerables esfuerzos para comprender la anatomía y la fisiología de los puntos de acupuntura y de los meridianos, la definición y características de su estructura de acuerdo con el conocimiento científico actual siguen sin ser desvelados. Langevin y colaboradores de la Universidad de Vermont, en los EEUU, han propuesto que la red de puntos de acupuntura y meridianos puede ser entendido como una representación de la red formada por el tejido conjuntivo intersticial y que esto sería relevante para comprender los efectos terapéuticos propios de la acupuntura.

medible que está asociado con la manipulación de la aguja. Aunque el atrapamiento de la aguja no es un fenómeno exclusivo de los puntos de acupuntura, éste si es superior en dichos puntos.

2. Papel del tejido conjuntivo en el atrapamiento de la aguja

Para determinar si el efecto del atrapamiento de la aguja con el organismo era debido a la contracción muscular o en su lugar al atrapamiento con el tejido subcutáneo, estos mismos autores (Langevin et al., 2001b) realizaron una serie de estudios *in vitro* e *in vivo* encontrando que durante la rotación de la aguja el tejido conectivo se enrollaba alrededor de la aguja de acupuntura, creando un acoplamiento mecánico estrecho entre la aguja y el tejido. Este acoplamiento aguja-tejido permitió además que los movimientos de la aguja (tanto rotación como picoteo —*pistoning*—) estirara y deformara el tejido conjuntivo que envuelve a la aguja, transmitiendo de esta manera una señal mecánica al tejido. Observaciones posteriores mediante el microscopio demostraron la presencia de fibras de colágeno asociadas a la aguja de acupuntura que había sido insertada en el tejido y manipulada, mientras que la presencia de fibras era menor en el caso de una manipulación suave o sin manipulación. Al mismo tiempo se observó que cuando la aguja se localizaba en la superficie del tejido y luego se rotaba, el tejido tiende a adherirse siguiendo la rotación de la aguja durante 180 grados, para luego adherirse por sí mismo hasta formar una espiral alrededor de la aguja.

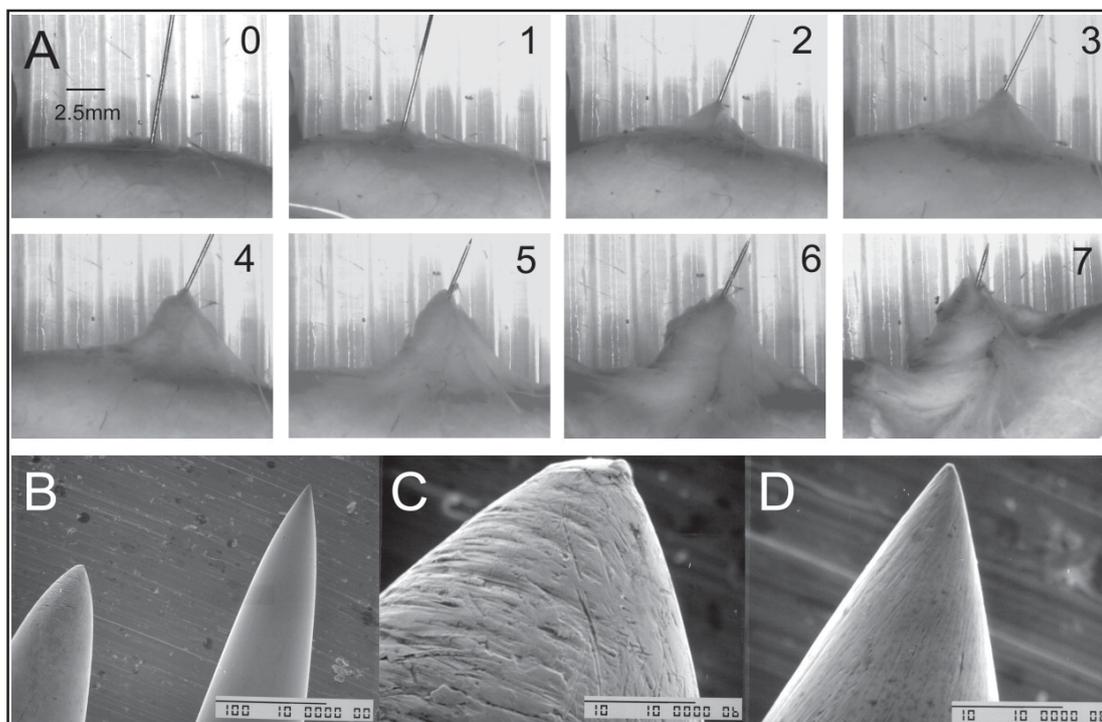


Fig. 14. A) Langevin y Yandow, 2002. Tejido subcutáneo de rata (0-7 indican el número de revoluciones de la aguja). B-D) Microscopía electrónica de *scanning*: B) Aguja de oro reutilizable (izquierda, 350x) y de acero inoxidable (derecha, 350x). C) Aguja de oro reutilizable (3.500x). D) Aguja de acero inoxidable (3.500x).

3. Señales mecánicas a través del tejido conjuntivo

Langevin y colaboradores estudiaron también la respuesta celular a la manipulación de la aguja de acupuntura (para una mayor comprensión, ver Langevin et al., 2001b). El estudio experimental (Langevin et al. 2001b) realizado con explantes de tejido subcutáneo de rata adulta dio como resultado que la rotación de la aguja de acupuntura provocaba que los fibroblastos del tejido conjuntivo se alinearan con las fibras de colágeno y cambiaban su forma de su apariencia normal más redondeada (Fig. 15. B, D) a una forma más alargada (Fig. 15. A, C). Asimismo, se observó que estas mismas células incrementaban el marcaje intracitoplasmático de los filamentos de actina polimerizados (Fig. 15. E) 1 minuto después de la rotación comparado con el control, en el que sólo se realizó una punción sin la rotación (Fig. 15. E). La redistribución de la actina polimerizada es un hecho conocido que ocurre con los fibroblastos y células endoteliales en cultivo después de pocos minutos de aplicar una fuerza a las células utilizando imanes o tracción mecánica.

Estas observaciones sugieren que la señal mecánica creada por la manipulación de la aguja de acupuntura puede inducir una reorganización del citoesqueleto intracelular en los fibroblastos y posiblemente en otras células presentes en el tejido conjuntivo como las células endoteliales. La reorganización del citoesqueleto en respuesta a las señales mecánicas se sabe que induce la contracción celular, la migración y la síntesis de proteínas. De esta manera, se pueden generar efectos potencialmente más poderosos derivados de esta transducción de la señal mecánica, incluyendo efectos autocrinos y paracrinos, con modificación de la matriz extracelular relacionada.

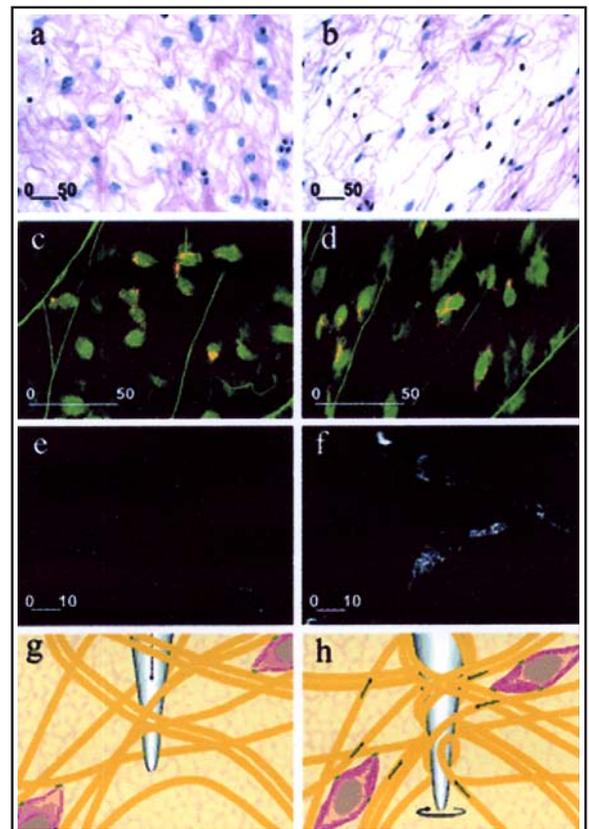
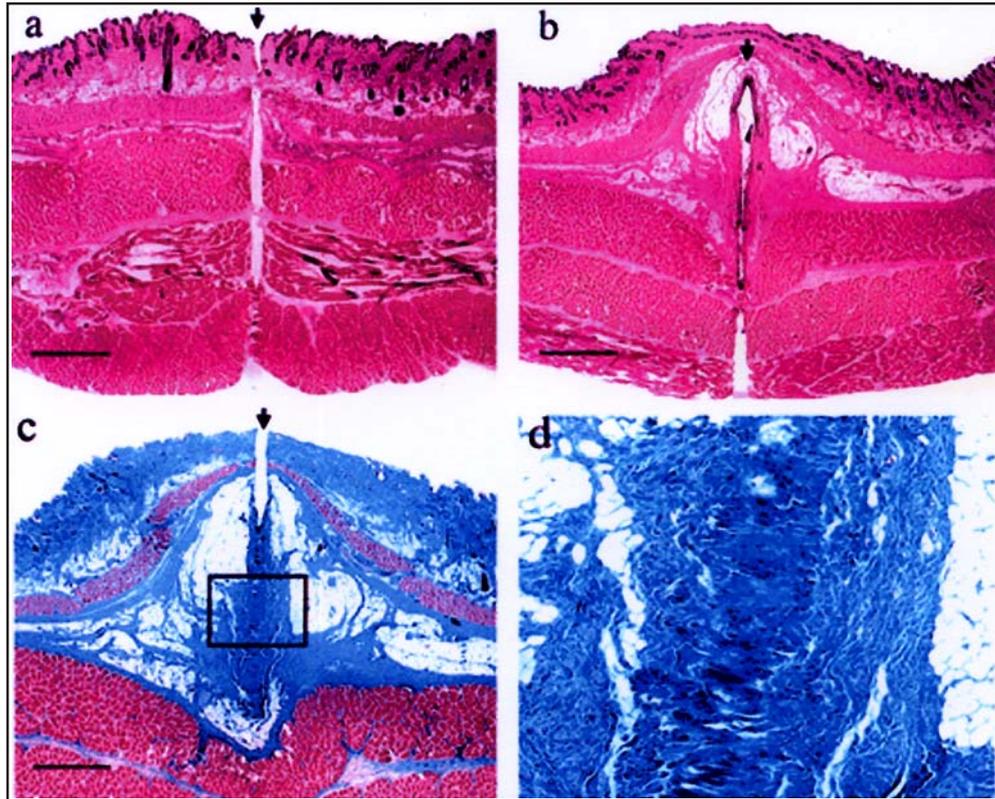


Fig. 15. Langevin et al., 2001b



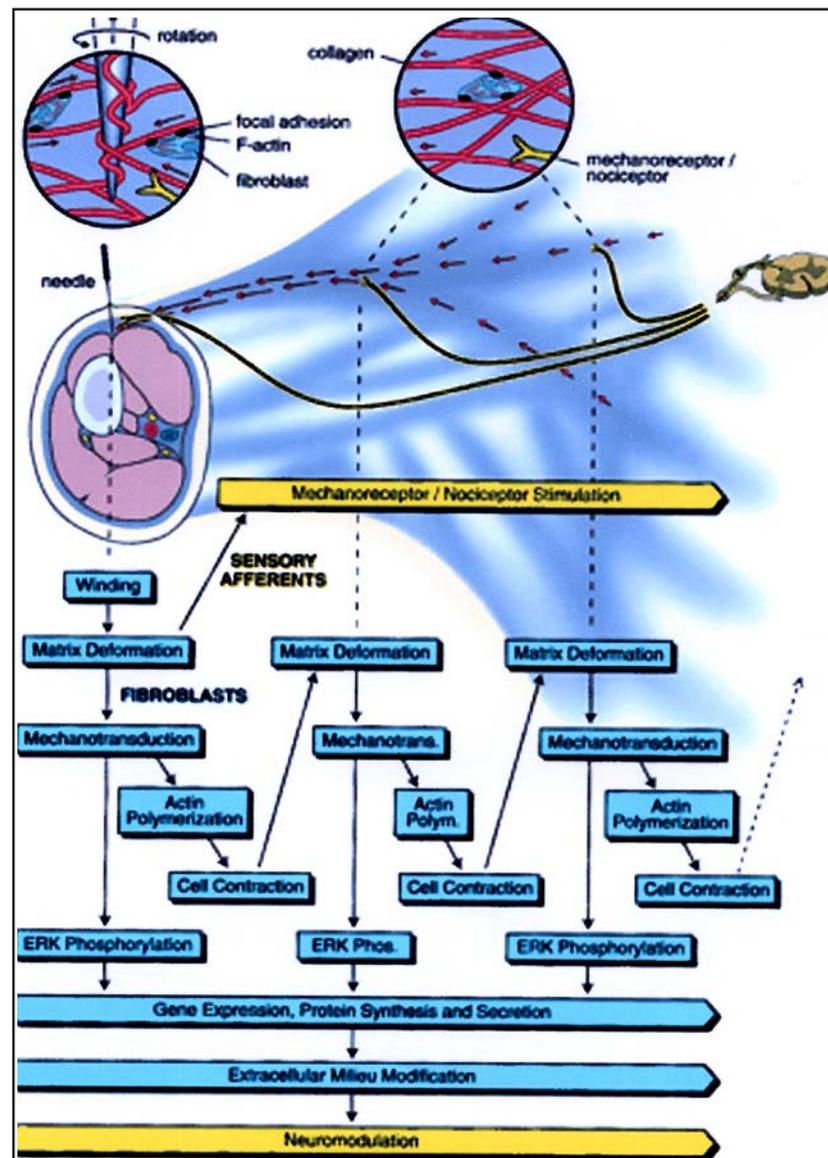
4. Correspondencia de los puntos de acupuntura y meridianos con los planos de tejido conjuntivo

A partir de los trabajos de previos de Langevin y colaboradores (2001a,b; 2002a) y mediante el estudio anatómico de la localización de diversos puntos de acupuntura localizados en el brazo (C-3, C-2, C-1, MC-3, MC-2, P-5, P-4, P-3, P-2, P-1, IG-11, IG-12, IG-13, IG-14; TR-10, TR-11, TR-12, TR-13, TR-14, ID-18, ID-19, ID-10, ID-11), estos mismos autores (ver, Langevin y Yandow, 2002) encontraron que en el 80% de los casos había una correspondencia entre los puntos de acupuntura y la localización de tejido inter- o intramuscular, así como también un 50% de correlación entre las intersecciones de los meridianos y el mismo tejido conjuntivo inter- y intramuscular. Estos resultados indicarían pues la relación anatómica de los puntos de acupuntura y meridianos con el tejido conjuntivo, siendo esta relación de importancia para una comprensión más extensa de los mecanismos de acción de la acupuntura.

Conclusiones (Figs. 16 y 17)

La inserción y manipulación de las agujas de acupuntura tendrían un efecto terapéutico local y a distancia basados en el mismo mecanismo biológico: el acoplamiento mecánico de la aguja con el tejido conjuntivo, el «enrollamiento» (*winding*) del tejido alrededor de la aguja, generando una señal mecánica mediante la tracción (*pulling*) de las fibras de colágeno durante la manipulación, y la

mecanotransducción de la señal a las células. Los efectos desencadenados mediante la señal mecánica incluirían la secreción celular, la modificación de la matriz extracelular, la amplificación y propagación de la señal a través del tejido conjuntivo y la manipulación de las vías sensoriales aferentes mediante los cambios en el medio del tejido conjuntivo. La manipulación (rotación uni- y bidireccional) sería importante en el inicio del «atrapamiento» (*grasp*), aunque otros tipos de manipulación tales como el picoteo (*pistoning*) también transmitirían de forma efectiva la señal mecánica a las células una vez el atrapamiento se hubiera iniciado. La transducción de la señal mecánica en las células con la consiguiente respuesta celular y los efectos desencadenados de éste podrían explicar los sorprendentes efectos en los tratamientos con acupuntura a largo término que duran días, semanas e incluso permanentes. El campo de la mecanotransducción podría aportar actualmente una base científica para explicar la teoría tradicional de la acupuntura y que se ha basado en las observaciones empíricas desarrolladas durante al menos 2000 años.



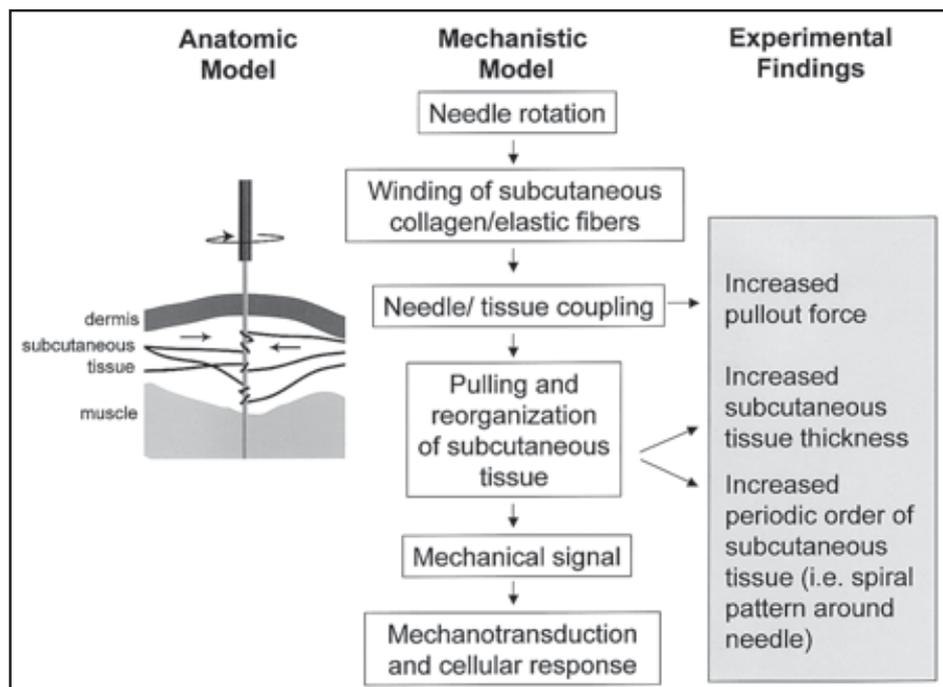


Fig. 16. Langevin et al., 2001b, 2002a

Conceptos de la MTC	Equivalencia anatómico-fisiológica propuesta
Meridianos (canales)	Planos de tejido conjuntivo.
Puntos de acupuntura	Convergencia de planos de tejido conjuntivo.
<i>Qi</i>	Suma de todos los procesos energéticos del cuerpo (metabolismo, movimiento, señalización, intercambio de información).
Meridiano (Canal) <i>Qi</i>	Señalización eléctrica y bioquímica en el tejido conjuntivo.
Bloqueo del <i>Qi</i>	Composición de la matriz del tejido conjuntivo alterado que comporta una transducción de señales alteradas.
«Atrapamiento» de la aguja (<i>needle grasp</i>)	Enrollamiento del tejido conjuntivo y/o contracción de los fibroblastos alrededor de la aguja.
Sensación <i>Deqi</i> conjuntivo.	Estimulación de los mecanorreceptores sensitivos del tejido conjuntivo.
Propagación de la sensación del <i>Deqi</i>	Onda de contracción del tejido conjuntivo y estimulación sensitiva de los mecanorreceptores a través de los planos de tejido conjuntivo.
Restauración de la circulación del <i>Qi</i>	Activación celular/expresión de genes que comporta la restauración de la composición de la matriz del tejido conjuntivo y las señales de transducción.

Fig. 17. Resumen del modelo propuesto por Langevin y colaboradores sobre los efectos fisiológicos observados en acupuntura

5. Artículos posteriores publicados sobre las investigaciones del grupo de la Dra. HM. Langevin sobre tejido conjuntivo y acupuntura

Iatridis et al., 2003; Konofagou y Langevin 2005; Ahn et al., 2005; Langevin, 2006; Langevin et al., 2004, 2005, 2006a,b.

C) Acupuntura y las fibras de colágeno cristalino líquidas del tejido conjuntivo (ver página web http://www.netspeed.com.au/ttguy/Mae_Wan_Ho_bibliography)

Según Ho y Knight (1998), la acupuntura así como también los campos electromagnéticos de corriente directa generados por el cuerpo (Becker, 1961; 1990) tendrían una base anatómica común. Ésta sería el continuo de fibras de colágeno de cristal líquido alienadas en el tejido conjuntivo del cuerpo y asociadas a las capas de moléculas de agua estructuradas, favoreciendo de esta manera una semiconducción rápida de protones. Esto permitiría que todas las partes del cuerpo estuvieran estrechamente interconectadas, por lo que el cuerpo funcionaría como una «globalidad coherente» (para una comprensión más profunda del tema, leer Ho, 1998). El continuo cristal líquido (*liquid crystalline continuum*) mediaría la hiperreactividad a los alérgenos y a la respuesta del cuerpo a diferentes formas de medicina energética sutil. Además, este hecho conllevaría a la existencia de una «conciencia del cuerpo» que se encontraría funcionalmente interconectada con la «conciencia del cerebro» (Ho, 1997).

1. Concepto de cristal líquido

Los cristales líquidos son estados o fases de materia entre los cristales sólidos y los líquidos, recibiendo el nombre de «mesofase». A diferencia de los líquidos, los cristales líquidos tienen poco o ningún orden molecular, pero sí orden de orientación y grados diferentes de orden translacional. A diferencia de los cristales sólidos, los cristales líquidos son flexibles, maleables y tienen la capacidad de reaccionar. Hay varios tipos de cristales líquidos, desde los más parecidos a los líquidos (cristal líquido «nemático»), hasta aquellos que se asemejan más a los cristales sólidos (cristales líquido «esméctico» y cristal líquido «colestérico»).

Los cristales líquidos típicamente sufren cambios rápidos en la orientación o fases de transición cuando se exponen a campos eléctricos y magnéticos. Por esta razón, los cristales líquidos son extensamente utilizados en la construcción de las pantallas, monitores, etc. Los cristales líquidos también responden a los cambios de temperatura, hidratación, fuerza y presión. Se conoce como «piezoelectricidad» a la generación de electricidad cuando una sustancia piezoeléctrica se somete a una situación de estrés, generalmente mecánico.

Esta propiedad fisicoquímica de los cristales sólidos fue descubierta por los hermanos Curie al distorsionar mecánicamente un cristal de cuarzo. Para los cristales líquidos esta propiedad se conoce como «flexoelectricidad». Los cristales líquidos biológicos llevan cargas eléctricas estáticas y, por lo tanto, también pueden ser influidos por cambios en el pH, la concentración de sales y la constante dieléctrica de los solventes.

Actualmente se reconoce que la mayoría de los constituyentes de los organismos vivos serían cristalino líquidos (Collings, 1990) —lípidos de las membranas celulares, ADN, posiblemente todas las proteínas, en especial las proteínas del citoesqueleto, proteínas musculares y proteínas del tejido conjuntivo tales como el colágeno y los proteoglicanos—.

La importancia de los cristales líquidos para la organización de los seres vivos ya fue propuesta con anterioridad por el bioquímico Joseph Needham (1935), más conocido quizás por ser uno de los más importantes sinólogos de nuestra era. Sin embargo, la presentación de evidencias directas sobre esta realidad no han sido determinantes hasta los trabajos de la Dra. Ho, del *Bioelectrodynamic Laboratory and Physics Department, Open University, Reino Unido*, y colaboradores (Ho y Lawrence, 1993; Ho y Sanders, 1994; Ho et al., 1996).

2. Fibras de colágeno cristalino líquidas, agua y semiconducción de protones

Un factor importante que contribuye a la eficacia de la intercomunicación es la naturaleza estructurada y orientada de las fibras de colágeno como cristales líquidos («mesofase») en todos los tejidos conectivos del organismo. Cada tejido conjuntivo tiene su orientación característica de estructuras fibrosas que están claramente relacionadas con el estrés mecánico y las tensiones a las que el tejido está sometido. En este sentido, el alineamiento de las fibras de colágeno se ha reconocido durante mucho tiempo por ser de vital importancia en la estructura del cartílago y el hueso. Menos conocidos son las líneas de Langer en la piel, correspondientes a las orientaciones predominantes de fibras de colágeno, las cuales se determinan, al menos en parte, por los estreses durante el desarrollo y el crecimiento.

Atendiendo a las características fisicoquímicas de los cristales líquidos, el alineamiento de las fibras de colágeno en los tejidos conectivos representarían canales para la intercomunicación eléctrica. Como estas fibras de colágeno se supone conducen electricidad (positiva) preferentemente a lo largo de las fibras a través de los enlaces con el agua (las moléculas de agua estarían orientadas predominantemente a lo largo del eje de la fibra), y esto podría apuntar, quizás, que estas rutas de conducción se corresponderían a los meridianos descritos

por la medicina tradicional china, lo cual también se relacionaría con el campo de corrientes directas del organismo descrito por los científicos en Occidente. Por el contrario, los puntos de acupuntura típicamente exhiben resistencia eléctrica baja comparado con la piel circundante y este hecho podrían corresponder las singularidades o *gaps* entre las fibras de colágeno o donde las fibras de colágeno están orientadas en ángulo recto con respecto a la dermis. La corriente eléctrica (de tipo «semiconducción») positiva generada en este sistema se originaría por la conducción de protones como resultante de la polarización inducida sobre las moléculas de agua (forman de forma natural redes de enlaces débiles de hidrógeno) organizadas con las fibras de colágeno alineadas. La conducción de protones a través de las moléculas de agua tiene lugar mediante el mecanismo de *hop-turn* y que fue sugerido inicialmente por Grotthus, por lo que también se conoce como mecanismo de Grotthus (www.life.uiuc.edu/crofts/bioph354/lect12.html)

3. Aparición de cristales líquidos en los puntos de acupuntura

En un estudio realizado por Wentao et al. (2001) en conejos blancos japoneses adultos se demostró la aparición de cristales líquidos en el punto de acupuntura Estómago 36 (E-36, *Zusanli*) 15 minutos después de la estimulación apropiada (manipulación de la aguja durante 5-7 minutos) del punto de acupuntura Estómago 41 (E-41, *Jiexi*) localizado en el mismo meridiano. Sin embargo, la presencia de cristales líquidos raramente fue objetivable en los puntos control localizados a 1 centímetro hacia la derecha y a 1 centímetro hacia la izquierda del punto E-36, es decir, fuera del meridiano de Estómago. Asimismo, la detección de cristales líquidos en E-36 fue casi inaparente antes de los 15 minutos (intervalos de tiempo de 0, 5, 10, 15, 20 y 30 minutos) y nunca con anterioridad a la estimulación del punto E-41. El estudio posterior sobre la composición de los cristales líquidos detectados mediante el análisis histoquímico y de energía dispersiva de rayos X sugirió que los cristales líquidos eran proteínas y, quizás, fosfolípidos. Estos resultados muestran que estas biomoléculas, las cuales se concentrarían en el fluido extracelular de los puntos de acupuntura, tendrían una función concreta en relación con los efectos de la acupuntura. Al mismo tiempo, la detección de cristales líquidos podría servir como método simple para el estudio de este complicado fenómeno fisiológico.

D) Acupuntura y biofotones

(<http://en.wikipedia.org/wiki/Biophoton>; www.dsalud.com/saludyarmonia_numero36.htm)

El descubrimiento de que las células emiten luz de baja intensidad podría permitir comprender los principios básicos de la evolución biológica, permitiendo encontrar explicaciones sobre el influjo del medio ambiente electromagnético en la evolución

de la vida y entender diversos aspectos de la investigación biomedical. Este hecho, implicaría poner fin a la disociación entre Biología y Física.

Hoy sabemos, de hecho, que la luz juega un papel fundamental en los procesos moleculares invisibles excitando las moléculas y modificando sus niveles energéticos, siendo lo que hace posible gran cantidad de reacciones bioquímicas. Y es que en el microcosmos molecular se produce un intercambio de luz sólo que en él las reacciones químicas son posibles a partir de estados electrónicos activados que implican la liberación y el intercambio de fotones. Es decir, ya no puede afirmarse que las características esenciales de la vida dependan sólo de procesos metabólicos —que representan intercambios de materia y energía— sino también de intercambios y transferencias de información. Y, por tanto, no es suficiente ya con estudiar los detalles relativos a la transferencia de informaciones bioquímicas —como, por ejemplo, las hormonas— o la transferencia de informaciones biofísicas habituales —como las diferencias de potencial y los gradientes de concentración—. Los problemas de recepción, transferencia, almacenamiento y procesamiento de las informaciones biológicas, tanto en las células aisladas como en los organismos, son pues, para la ciencia de hoy, de vital importancia.

Las ondas electromagnéticas (fotones) abarcan en los sistemas vivos un amplísimo rango de amplitud y de frecuencias: desde menos de 1 hertzio a más allá de 1.015. Altas frecuencias en las que se encuentran, en general, líneas de resonancia espectral de naturaleza específica y probablemente individuales: son las reacciones sensibles de los organismos vivos a las exposiciones a ondas electromagnéticas de frecuencias bien determinadas. Aunque parece que las longitudes de onda más largas son activas sobre superficies mayores —como las de los órganos— y las longitudes de onda más cortas intervienen a distancias más reducidas —como células y moléculas—. De hecho, en los vertebrados superiores se pueden obtener poderosos efectos con frecuencias comprendidas entre 1 y 100 hertzios.

1. La luz en la transferencia de informaciones biológicas

«Las células vivas emiten normalmente una corriente fotónica constante. Corriente que se modifica de modo abrupto cuando un virus penetra en las células: exaltación de radiación-silencio-nueva exaltación y después extinción progresiva de la radiación en ondas múltiples hasta la muerte de las células. Esto recuerda casi la crisis de dolor de un animal» (Kaznatchev y Micahilova).

Cada vez es mayor la evidencia científica de que existe comunicación entre las células a través de la bioinformación electromagnética. La radiación fotónica —ultra tenue— se revela así como un común denominador en todos los seres vivos, en los que se manifiesta bajo la forma de emisiones ultradébiles de fotones que tienen un valor de comunicación por emitirse a ritmos específicos

constantes. Emisiones que se constituyen en el sustrato portador fundamental de informaciones biológicamente significativas y que fueron ya descritas en Biofísica a comienzos del siglo XX si bien sólo se reconoció su importancia en la biología a partir de los avances en las técnicas de detección de biofotones. Ya en 1922 el biofísico ruso Alexander Gurwitsch observó que al aproximar las raicillas de una planta de cebolla al tallo de otra planta de cebolla se induce una multiplicación celular en el tallo sometido a tal influjo, reconocida al microscopio por un aumento de la mitosis. Efecto que se bloqueaba cuando se cubrían las plantas con tubos de vidrio. Pues bien —con gran sorpresa del investigador—, ese efecto volvía a aparecer si en lugar de vidrio las plantas se introducían en tubos de cuarzo. Y como la posible transferencia química podía descartarse concluyó que tenía que deberse a la luz ya que el vidrio absorbe la radiación ultravioleta mientras el cuarzo la deja pasar. ¡Una luz que influía directamente sobre el ADN! Tan sensacional descubrimiento sería corroborado en 1974 por el Premio Nobel de Física Denis Gabor —descubridor del principio de la holografía— al reproducir minuciosamente en los laboratorios de Siemens de Berlín los experimentos de Gurwitsch estableciendo además que los fotones aislados pueden desencadenar la multiplicación celular. En 1954, los italianos L. Colli y U. Facchini constatarían que también los embriones de diversas semillas de cereales emiten luz. Componentes luminosos que se distribuyen desde la zona verde hasta la zona roja del espectro.

Hoy sabemos que la propiedad de conversión fotón-fonón de la melanina (un polímero de dopamina sensible a la luz y responsable de la pigmentación de la piel y el color de los ojos) da cuenta de cómo una vibración electromagnética (fotón) puede convertirse en una vibración acústica de menor velocidad. Lo que explica que un fenómeno de resonancia entre la melanina de la piel y la neuromelanina —situada en los circuitos más críticos del sistema nervioso central— de lugar a la transferencia de información mediante luz hasta el cerebro explicando su subsecuente efecto sobre el comportamiento. Ello explica, por ejemplo, el significativo efecto terapéutico del láser infrarrojo de débil intensidad modulado a muy bajas frecuencias. Los científicos S. Stschurin, V. P. Kaznatchejev y L. Michailova han confirmado también —con más de 5.000 experimentos— que las células vivientes transmiten informaciones a través de los fotones y, en particular, a través de la luz comprendida en la banda de radiaciones ultravioleta. Su experimentación la describirían así: *«Las células, inmersas en una solución nutritiva, se encontraban en dos balones de cuarzo que estaban en contacto entre sí. Pues bien, uno de los cultivos celulares fue contaminado por un virus y se constató que, prácticamente de forma simultánea, las células de la colonia contigua enfermaron también. Ese mismo fenómeno se produjo cuando en uno de los recipientes las células fueron destruidas por dosis de radiación ultravioleta o envenenadas. En cada ocasión, las células del recipiente vecino enfermaron también mostrando los mismos síntomas. Y*

eso a pesar de que ambos recipientes estaban aislados ya que sus paredes eran de cuarzo. Bueno, pues cuando se utilizó vidrio en lugar de cuarzo las células quedaron protegidas y no hubo transferencia de la acción patógena. Por tanto, la misma no pudo deberse a los productos químicos o a los virus introducidos en el primer cultivo. De hecho, éstos no se encontraron en el cultivo vecino...» Stschurin —uno de los científicos que efectuó el experimento— declararía sobre las implicaciones para la Medicina de este descubrimiento lo siguiente: «Como las células afectadas por diferentes enfermedades presentan características de radiación diferentes estamos convencidos de que los fotones pueden informarnos con antelación de cualquier principio de degeneración pernicioso y revelarnos la presencia de virus.»

F.A. Popp —biofísico alemán autor de numerosas comunicaciones científicas sobre biofotones— (<http://www.lifescientists.de>; http://www.lifescientists.de/ib0200e_.htm) confirmaría luego en sus investigaciones que la luz, fuente fundamental de energía, es la base de todos los procesos vitales (Ruth y Popp, 1976; Popp y Ruth, 1977; Rattemeyer et al., 1981; Popp y Nagl, 1983; Nagl y Popp, 1983; Popp et al., 1984, 1988; van Wijk et al., 1993; Cohen y Popp, 1997, 2003; Popp, 2003). En su modelo —respaldado hoy por numerosas investigaciones efectuadas ya en el mundo—, los cuantos de luz (fotones) representan el motor de procesos biológicos fundamentales en la evolución, desarrollo, diferenciación y degeneración celular. Popp confirmaría igualmente que la célula emite radiación electromagnética coherente. Y que esa coherencia es la que da a la radiación la propiedad de resonancia y el extraordinario poder energético del láser. Sus experimentos demostrarían además que ese efecto láser proviene de una resonancia entre los fotones (de una emisión de luz exterior) y el campo electromagnético emitido por el ADN sólo que pudiendo manifestar sus efectos a distancia, lo que lo distingue de las reacciones químicas. En este ámbito se han constatado además otras cosas: 1) que las radiaciones de las células próximas a su muerte se intensifican antes de extinguirse definitivamente; 2) que la lesión provocada a cualquier planta hace que la radiación celular aumente en otras plantas, incluso no estando cercanas; 3) que los procesos de reparación del ADN lesionado están relacionados con la fotorreparación o fotorreactivación, fenómeno experimentalmente establecido por el cual los daños genéticos de las células y las formaciones celulares —cualquiera que haya sido el modo en que se provocaron— se reparan prácticamente siempre en sólo unas horas cuando son irradiados por una débil radiación ultravioleta de una banda espectral particular (alrededor de 400 nanómetros de longitud de onda). Descubierta primitivamente en las bacterias, esta reparación gracias a la luz ha sido luego puesta en evidencia sobre los organismos superiores y, finalmente, en el ser humano. Está en la misma banda espectral de la radiación ultravioleta en la que se manifiestan las interacciones patológicas de la luz y cae en el mismo rango de fotorreactivación.

2. Biofotones y meridianos

(<http://www.biophotonik-international.de/publications/thermography.htm>; Schlebusch et al., 2005)

El Dr. Klaus Peter Schlebusch, médico de Essen (Alemania), y el catedrático Dr. Fritz-Albert Popp (IIB, Neuss, Alemania) demostraron después de tres años de colaboración en el campo del diagnóstico por infrarrojos (IR) mediante una cámara especial de IR que la conocida radiación por infrarrojos no significa una «radiación térmica» (*'heat radiation'*) en el más estricto significado físico. En su lugar, las investigaciones confirman la propuesta del Dr. Popp que las radiaciones IR del cuerpo pertenecen al rango de biofotones de longitud de onda ancha (*'longer wavelengths'*). Los biofotones fueron descubiertos por el Dr. Popp y el Dr. Ruth en 1975 (Ruth y Popp, 1976; Popp y Ruth, 1977) en la Universidad de Marburg. El rango espectral de los biofotones bajo estudio era de 200 a 800 nm, pero la extrapolación de la temperatura de excitación de las longitudes de onda más largas apuntaba justamente hacia la intensidad correcta de las radiaciones IR conocidas del cuerpo. Los resultados obtenidos por Schlebusch y Popp después de más de 7.000 fotografías en el rango de IR mostraban 1) la evidencia en el cuerpo humano de gradientes de temperatura estacionaria extraordinariamente altas, las cuales no podrían visualizarse por radiación térmica; 2) dinámicas de relajación hiperbólica de la radiación IR después de la excitación del campo que apuntaban hacia campos de coherencia de una extraordinaria alta transparencia correspondiente a la radiación del cuerpo a través de las manos de los participantes del estudio quienes las mantenían en la proximidad de los otros cuerpos humanos; 3) cambios de la temperatura del cuerpo mediante la aproximación de otras partes del cuerpo de los participantes y que no podían ser explicados en términos de interacciones de radiación térmica (*'heat radiation'*); y 4) la existencia de protuberancias delimitadas de la radiación IR del cuerpo, de forma ocasional pero claramente el borde de la interferencia documentada de la radiación IR del cuerpo, obteniéndose patrones especiales como cámaras de resonancia (*'cavity resonators'*) y guías de onda (*'wave guides'*).

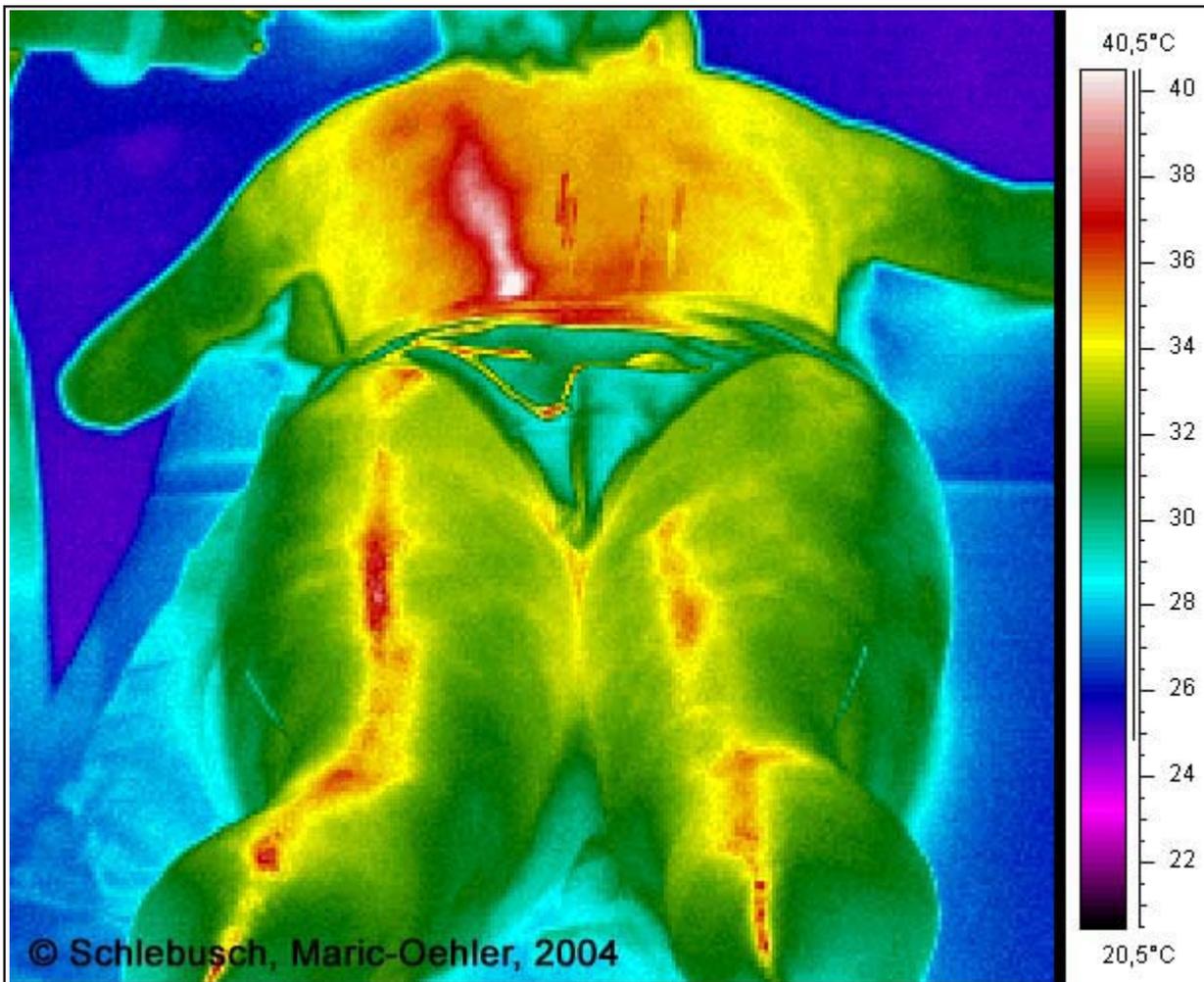


Fig. 18. Imagen del Meridiano de Vejiga por termografía

E) Teoría de la singularidad morfogénica, centros organizadores y acupuntura (www.acupuncture.com/Acup/Mech.htm)

Teoría y conceptos propuestos por el Dr. Charles Shang (Shang, 2001) del Department of Medicine, Emory University School of Medicine, Atlanta, EEUU.

El estudio de los meridianos según el aparato SQUID ('*Superconducting Quantum Interference Device*') (<http://extids.estec.esa.nl/ATTACHEMENTS/A7884>; sugiere que el sistema de meridianos es un sistema de transducción de señales que se superpone e interacciona con el sistema nervioso y circulatorio pero no forma parte de estos sistemas.

Los puntos de acupuntura son «puntos de singularidad» (*singularity points*) o fuentes electromagnéticas y los meridianos «separatrices» (*separatices*) que dividirían el cuerpo en dominios de energía electromagnética de corriente e intensidad diferentes.

La «teoría de la singularidad morfogenética» (TSM, *morphogenetic singularity theory*) explica el desarrollo del sistema de meridianos con un crecimiento en la evolución de los centros organizadores (*organizing centres*) durante la evolución, siendo puntos con una alta conductancia eléctrica a nivel de la superficie del cuerpo (en anfibios y vertebrados superiores). La TSM depende de que la información genética es la responsable primordial para el desarrollo de los centros organizadores (no tiene en cuenta el hecho de que incluso con el descubrimiento del genoma humano no se ha encontrado ninguna evidencia de un modelo genético en los mismos genes).

Estos conceptos se apoyan en el papel establecido de los campos eléctricos en el control del crecimiento y regulación y en las propias observaciones del Dr. Chang sobre el desarrollo embrionario. Además, proporcionan evidencias suficientes para 1) correlacionar los cambios en la actividad eléctrica en los centros organizadores con las señales de transducción y que pueden preceder a los cambios morfológicos y 2) considerar el sistema de meridianos como un sistema de transducción intracelular que precedería a la formación de todos los otros sistemas fisiológicos.

7. Agradecimientos

El apartado 4 que trata sobre las bases neuroanatómicas y neurofisiológicas de la acupuntura se ha elaborado a partir de la bibliografía existente y los apuntes del doctor Pere Marco y en colaboración con la doctora Natàlia Eres.

8. Bibliografía específica

- AHN, A.C.; WU, J.; BADGER, G.J.; HAMMERSCHLAG, R.; LANGEVIN, H.M. 2005. Electrical impedance along connective tissue planes associated with acupuncture meridians. *BMC Complement Altern Med* 2005 5:10.
- BECKER, R.O. 1961. Proof that direct electrical currents in the salamander are semiconducting in nature. *Science* 134:101-102.
- BECKER, R.O. 1990. Cross currents. The promise of electromedicine, the perils of electropollution. Los Angeles: Jeremy P. Tacher, Inc.
- BECKER, R.O, Reichmanis M, Marino A. 1976. Electrophysiological correlates of acupuncture points and meridians» *Psychoenergetic Systems*. 1:105.
- BOWSHER, D. 1998. Mechanisms of acupuncture. A: Filshie J, White A, eds. *Medical Acupuncture*. Edinburgh, Scotland: Churchill Livingstone pág. 69-80.

- CAO, X. 2002. Scientific bases of acupuncture analgesia. *Acupunct Electrother Res* 27:1-14.
- CAPRA, F. 1998. *La trama de la vida. Una nueva perspectiva de los sistemas vivos*. Barcelona: Editorial Anagrama.
- CARLSSON, C. 2002. Acupuncture mechanisms for clinically relevant long-term effects – reconsideration and a hypothesis. *Acupunct Med* 20:82-99.
- COHEN, S.; POPP, F.A. 1997. Biophoton emission of the human body. *J Photochem Photobiol B* 40:187-189.
- COHEN, S.; POPP, F.A. 2003. Biophoton emission of human body. *Indian J Exp Biol* 41:440-445.
- COLLINGS, P.J. 1990. Liquid crystals. Nature's delicate phase of matter. Princeton: Princeton University Press.
- Cho ZH, Wong EK, Falton J. 2001. Neuro-acupuncture. Vol I Neuroscience Basics. Los Angeles: Q-Puncture, Inc.
- GOLLUB, R.L.; HUI, K.S. 1999. Acupuncture: pain management coupled to immune stimulation. *Acta Pharmacol Sin* 20:769-777.
- Ho, M.W. 1997. Quantum coherence and conscious experience. *Kybernetes* 26:265-276.
- Ho, M.W. 1998. The rainbow and the worm. The physics of organisms. Singapur: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- Ho, M.W, LAWRENCE, M. 1993. Interference color vital imaging: a novel noninvasive microscopic technique. *Microscope and Analysis* 41:81-91.
- Ho, M.W.; SAUNDERS, P.T. 1994. «Liquid crystalline mesophases in living organisms». En: *Bioelectrodynamics and Biocommunication*, Ho MW, Popp FA, Warnke U (eds), Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- Ho, M.W.; KNIGHT, D.P. 1998. The acupuncture system and the liquid crystalline collagen fibers of the connective tissues. *Am J Chin Med* 26:251-263.
- Ho, M.W.; HAFFEGEE, I.; NEWTON, R.; ZHOU, Y.M, BOLTON, J.S.; ROSS, S. 1996. Organisms as polyphasics liquid crystals. *Bioelectrochemistry and Bioenergetics* 41:81-91.

- HUGHES, J. Search for the endogenous ligand of the opiate receptor. *Neurosci Res Prog Bull* 1975; 13:55-58.
- IATRIDIS, J.C.; WU, J.; YANDOW, J.A.; LANGEVIN, H.M. 2003. Subcutaneous tissue mechanical behavior is linear and viscoelastic under uniaxial tension. *Connect Tissue Res* 44:208-217.
- KONOFAGOU, E.E.; LANGEVIN, H.M. 2005. Using ultrasound to understand acupuncture. Acupuncture needle manipulation and its effect on connective tissue. *IEEE Eng Med Biol Mag* 24:41-46.
- KOVACS, F.M.; GOTZENS, V.; GARCIA, A.; GARCIA, F.; MUFRAGGI, N.; PRANDI, D.; SETOAIN, J.; SAN ROMAN, F. 1992. Experimental study on radioactive pathways of hypodermically injected technetium-99m. *J Nucl Med* 33:403-7.
- KOVACS, F.M.; GARCIA, A.; MUFRAGGI, N.; GARCIA, F.; PAVIA, J.; PRANDI, D.; GOTZENS, V.; GIRALT, I.; PIERA, C.; SETOAIN, J. 2000. Migration pathways of hypodermically injected technetium-99m in dogs. *Eur Radiol* 10:1019-25.
- LANGEVIN, H.M.; VAILLANCOURT, P.D. 1999. Acupuncture: does it work and, if so, how?. *Semin Clin Neuropsychiatry* 4:167-175.
- LANGEVIN, H.M.; CHURCHILL, D.L.; FOX, J.R.; BADGER, G.J.; GARRA, B.S.; KRAG, M.H. 2001a. Biomechanical response to acupuncture needling in humans. *J Appl Physiol* 91:2471-2478.
- Langevin HM, Churchill DL, Cipolla MJ. 2001b. Mechanical signaling through connective tissue: a mechanism for the therapeutic effect of acupuncture. *FASEB J* 15:2275-2282.
- LANGEVIN, H.M.; CHURCHILL, D.L.; WU, J.; BADGER, G.J.; YANDOW, J.A.; FOX, J.R.; KRAG, M.H. 2002a. Evidence of connective tissue involvement in acupuncture. *FASEB J* 16:872-874.
- LANGEVIN, H.M.; YANDOW, J.A. 2002b. Relationship of acupuncture points and meridians to connective tissue planes. *Anat Rec -New Anat-* 269:257-265.
- LANGEVIN, H.M.; CORNBROOKS, C.J.; TAATJES, D.J. 2004. Fibroblasts form a body-wide cellular network. *Histochem Cell Biol* 122:7-15.
- LANGEVIN, H.M.; KONOFAGOU, E.E.; BADGER, G.J.; CHURCHILL, D.L.; FOX, J.R.; OPHIR, J.; GARRA, B.S. 2004. Tissue displacements during acupuncture using ultrasound elastography techniques. *Ultrasound Med Biol* 30:1173-1183.

- LANGEVIN, H.M.; BOUFFARD, N.A.; BADGER, G.J.; IATRIDIS, J.C.; HOWE, A.K. 2005. Dynamic fibroblast cytoskeletal response to subcutaneous tissue stretch ex vivo and in vivo. *Am J Physiol Cell Physiol* 288:C747-756.
- LANGEVIN, H.M. Connective tissue: a body-wide signaling network? 2006. *Med Hypotheses* 66:1074-1077.
- LANGEVIN, H.M.; STORCH, K.N.; CIPOLLA, M.J.; WHITE, S.L.; BUTTOLPH, T.R.; TAATJES, D.J. 2006a. Fibroblast spreading induced by connective tissue stretch involves intracellular redistribution of alpha- and beta-actin. *Histochem Cell Biol* 125:487-495.
- LANGEVIN, H.M.; BOUFFARD, N.A.; BADGER, G.J.; CHURCHILL, D.L.; HOWE, A.K. 2006b. Subcutaneous tissue fibroblast cytoskeletal remodeling induced by acupuncture: evidence for a mechanotransduction-based mechanism. *J Cell Physiol* 207:767-774.
- LAZORTHES, Y.; ESQUERRE, J.P.; SIMON, J.; GUIRAUD, G.; GUIRAUD, R. 1990. Acupuncture meridians and radiotracers. *Pain* 40:109-12.
- LIBOFF, A.R. 2004. Toward an electromagnetic paradigm for biology and medicine. *J Altern Complement Med* 10:41-7.
- MATSUMOTO, K.; BIRCH, S. 1988. Hara diagnosis: reflections of the sea. Brookline: Paradigm Publications.
- MAYER, D.J.; PRICE, D.D.; RAFFII, A. 1977. Antagonism of acupuncture analgesia in man by narcotic antagonist naloxone. *Brain Res* 121:368-372.
- MELZACK, R.; WALL, P.D. 1965. Pain mechanisms: a new theory. *Science* 150:971.
- MCCARROLL, G.D.; ROWLEY, B.A. 1979. An investigation of the existence of electrically located acupuncture points. *IEEE Trans Biomed Eng* 26:177-182.
- MACDONALD, A. 1990. Acupuncture analgesia and therapy-Part 2. *Acupunct Med* 8:44-49.
- NAGL, W.; POPP, F.A. 1983. A physical (electromagnetic) model of differentiation. 1. Basic considerations. *Cytobios* 37:45-62.
- OSCHMAN, J.L. 1993. A biophysical basis for acupuncture. Proceedings of the First Symposium of the Committee for Acupuncture Research.

- PERT, C.B.; SNYDER, S.H. Opiate receptor: demonstration in nervous system. *Brain Res* 1973; 179:1011-1013.
- POMERANZ, B.; CHIU, D. 1976. Naloxone blocks acupuncture analgesia and causes hyperalgesia: endorphin is implicated. *Life Sci* 19:1757-1762.
- POPP, F.A.; RUTH, B. 1977. [Analysis of the ultraweak luminescence radiation from biological systems with emphasis on the importance in drug research (author's transl)] *Arzneimittelforschung* 27:933-940.
- POPP, F.A.; NAGL, W. 1983. A physical (electromagnetic) model of differentiation. 2. Applications and examples. *Cytobios* 37:71-83.
- POPP, F.A.; NAGL, W.; LI, K.H.; SCHOLZ, W.; WEINGARTNER, O.; WOLF, R. 1984. Biophoton emission. New evidence for coherence and DNA as source. *Cell Biophys* 6:33-52.
- POPP, F.A.; LI, K.H.; MEI, W.P.; GALLE, M.; NEUROHR, R. 1988. Physical aspects of biophotons. *Experientia* 44:576-585.
- POPP, F.A. 2003. Properties of biophotons and their theoretical implications. *Indian J Exp Biol* 41:391-402.
- RATTEMEYER, M.; POPP, F.A.; NAGL, W. 1981. Evidence of photon emission from DNA in living systems. *Naturwissenschaften* 68:572-573.
- REISHMANIS, M.; MARINO, A.A.; BECKER, R.O. 1975. Electrical correlates of acupuncture points. *IEEE Trans Biomed Eng* 22:533-535.
- RUBIK, B. 1995. Can western science provide a foundation for acupuncture? *Altern Ther Health Med* 1:41-47.
- RUTH, B.; POPP, F.A. 1976. [Experimental investigations on ultraweak photon emission from biological systems (author's transl)]. *Z Naturforsch [C]* 31:741-745.
- SHANG, Ch. 2001. Electrophysiology of growth control and acupuncture. *Life Science* 68:1333-1342.
- Schlebusch KP, Maric-Oehler W, Popp FA. 2005. Biophotonics in the infrared spectral range reveal acupuncture meridian structure of the body. *J Altern Complement Med* 11:171-173.

- VAN WIJK, R.; VAN AKEN, H.; MEI, W.; POPP, F.A. 1993. Light-induced photon emission by mammalian cells. *J Photochem Photobiol B* 18:75-79.
- WENTAO, M.; HUA, T.; JIMING, H.; LIANXIN, C. 2001. Appearance of liquid crystals in acupuncture points. *Liquid Crystals* 28:1597-1601.

