

## \*De la Homeopatía a la Biología Digital

\*\*Jacques Benveniste

### Resumen

Uno de los principios básicos de la Homeopatía es que las sustancias administradas estén demasiado diluidas para que ninguna molécula de la sustancia original pueda producir efectos biológicos específicos. Investigamos la naturaleza de la señal molecular aparentemente transferida por los dipolos del agua. Los efectos de altas diluciones de agonistas, en animales de laboratorio o corazones aislados de rata, se suprimieron después del calentamiento a 70° C durante 2 horas y por la exposición a campos electromagnéticos (50 Hz).

Por medio de un amplificador de señales electromagnéticas expresamente diseñado por nosotros para estos fines, se hicieron experimentos abiertos y ciegos con agonistas y testigos. Los resultados obtenidos sugieren la existencia de una señal molecular de naturaleza electromagnética a través de los dipolos del agua polarizada. Estos campos específicos quizá podrían ser procesados en forma de señal binaria, contribuyendo en el futuro a nuevas perspectivas para la medicina molecular.

### Abstract

*One of the basic principles of Homeopathy is that ligands so dilute that no original molecule can be present exert specific biological effects. We explored the nature of this molecular signal apparently conveyed by the water dipole. The effects of high dilutions of agonists on isolated perfused guinea-pig or rat hearts were abolished*

#### PALABRAS CLAVE:

Altas diluciones homeopáticas,  
Señal molecular electromagnética,  
Transmisión electromagnética,  
Información biológica,  
Biología digital,  
Funcionamiento del medicamento homeopático.

\*Texto publicado originalmente en la edición 583 de *La Homeopatía de México*, correspondiente al bimestre julio-agosto de 1996.

\*\*Médico, bioquímico e inmunólogo francés (1935- 2004), co-descubridor del factor de activación plaquetario (*platelet activation factor*). Publicó 230 artículos científicos y fundó en 1997 la compañía DigiBio, con la finalidad de difundir sus ideas. Una de sus más famosas hipótesis es conocida como "la memoria del agua".

**KEYWORDS:**

High homeopathic dilutions, Molecular electromagnetic signal, Electromagnetic transmission, Biological information, Digital biology, Functioning of homeopathic medicine.

*by heating (70°C, 2 h) and by exposure to an oscillating (50 Hz) magnetic field. Thus, the high dilution signal appeared to involve electromagnetic fields. Since the latter should be in principle transferable by electromagnetic means, we designed an amplifier fitted with electromagnetic coils for input and output respectively. In blind and open experiments, vials of agonists such as histamine, ovalbumin, acetylcholine, 0.1 nM, or water as control, were placed on the input coil. Vials of native water were placed on the output coil for 15 min before infusion into isolated hearts from normal or ovalbumin-immunized guinea-pigs or rats. In rats, highly significant coronary flow variations were obtained when infusing to perfused hearts water that received the ovalbumin "information" (n=54-65 open experiments; 28 blind ones). These results suggest an electromagnetic nature for the molecular signal, presumably conveyed by those polarized water dipoles associated with charged biological molecules. These specific fields could be digitally processed, furnishing new tools for molecular medicine.*

## 1. Experimentos con altas diluciones

### 1.1. Acromasia de los basófilos

En 1988 informamos acerca del efecto de altas diluciones de un anticuerpo anti-IgE humano sobre la degranulación —ahora llamada acromasia— de los basófilos humanos<sup>1</sup>. Dicho estudio fue duramente criticado debido a los métodos y las estadísticas que se emplearon. Por ello, el trabajo se reemprendió en colaboración con un grupo de bioestadísticos del IN-SERM (Pr A. Spira, U.292).

Constó de dos series de experimentos *in vitro* a ciegas:

1) Contamos las muestras de basófilos humanos tras una incubación con agua destilada o antisueros anti-IgG o anti-IgE humanos, diluidos hasta log 30 equivalente a la 48D aproximadamente. La acromasia de los basófilos únicamente volvió a encontrarse en las diluciones de anti-IgE; el anti-IgG o el agua destilada, sometidos al mismo proceso de dilución/agitación, no tuvieron efecto.

2) Los basófilos se incubaron con un antisuero anti-IgE después de un tratamiento con Apis mellifica (un medicamento homeopático antialérgico) altamente

diluida con agitación entre cada dilución. Con las diluciones de Apis mellifica se observó una inhibición muy importante de la acromasia inducida por el anti-IgE, pero no así con las de NaCl, el vehículo de medicamento que se utilizó como medio de control. En los dos sistemas casi 50% de los experimentos resultaron positivos. Los efectos biológicos de sustancias altamente diluidas no pueden explicarse por la agitación —y la oxigenación que ésta trae consigo—, hipótesis a menudo sugerida que hasta ahora no ha sido validada<sup>2,3</sup>.

### 1.2. Efectos sobre cepas celulares

Después de una intoxicación con metales pesados aparecen desórdenes importantes, inflamatorios o estrictamente inmunitarios. La toxicidad del cadmio (Cd) se estudió en cepas humanas y murinas. Cuando las células se cultivan en presencia de 5 a 20  $\mu$ M de Cd se observa una mortalidad de entre 40 y 50%, una caída de la síntesis de ARN y la inducción de ciertos genes como el que codifica la metalotioneína IIA, involucrado en la protección contra la intoxicación por algunos metales pesados, o el que codifica la proteína de choque térmico 70, inducida por diversos estrés.

No obstante, cuando las células se someten a un tratamiento previo con dosis ponderales pero no tóxicas, o con altas diluciones de Cd (dilución log 26-35 que equivale aproximadamente a la 41D-55D)

durante varios días, se observa una modulación importante del crecimiento celular y de la expresión de esos genes, ya sea directamente durante el cultivo, o bien, después de agregarles dosis tóxicas de Cd.

Se presentan seis experimentos tipo: las pruebas funcionales utilizadas fueron la coloración con azul trypan, la citofluorometría de flujo, la incorporación de timidina tritiada, la prueba con azul de tetrazolium y la incorporación con uridina tritiada como medida de activación genética, la cuantificación por *Northern blot* del ARNm codificador de la metalotio-neína IIA y la proteína de shock térmico 70. Resultados similares fueron obtenidos en una cepa de células renales por un equipo universitario cuyo reporte común está en preparación.

### 1.3. Efectos cardíacos de altas diluciones. Inhibición por un campo magnético

Uno de los modelos más productivos es el estudio de los efectos de diversos agonistas sobre el corazón aislado. En cientos de experimentos, los corazones aislados de cobayos o de ratas fueron sometidos a una perfusión a presión constante en un sistema de Langendorff con agonistas (histamina, serotonina) altamente diluidos (log 31-4, que equivale aproximadamente a las 49D-61D). En el cobayo se indujo un aumento importante ( $p < 0.01$ ) del caudal de las arterias coronarias mediante altas diluciones de histamina, mientras que el testigo diluido/agitado no tuvo efecto. Tratando altas diluciones de histamina por medio de calor ( $70^{\circ}\text{C}$ , 30 min) o de un campo magnético (50 Hz, 150 oersteds, 15 min) se inhibió totalmente su efecto<sup>4</sup>.

Además, se registraron modificaciones de la tensión arterial máxima y de la frecuencia cardíaca en el corazón del cobayo o de la rata durante la inyección de altas diluciones de histamina y de serotonina, respectivamente. Resultados similares se obtuvieron con un antígeno —albúmina de huevo de gallina— en corazones provenientes de animales inmunizados<sup>5-7</sup>.

### 1.4. Experimentos *In vivo*

Las actividades de altas diluciones de sílice —sustancia citotóxica para los macrófagos en dosis ponderal— se estudió en la síntesis por los macrófagos peritoneales de ratones, de un eterlípidio mediador

de la inflamación, el paf-aceter, y de su precursor, el lisopaf-aceter<sup>8</sup>. En el transcurso de tres series de experimentos, las cuales fueron doble ciego, ratones C57 BL6 ( $n=252$ ) recibieron *per os* durante 25 días,  $1.66 \times 10^{-11}\text{M}$  o  $1.66 \times 10^{-19\text{M}}$  de sílice (concentraciones finales) o suero fisiológico o lactosa puestos a la misma dilución (grupos testigos).

La producción de paf-aceter por los macrófagos peritoneales de ratones tratados con sílice, estimulados *in vitro* por medio de zimósán, aumentó de 44.2 a 67.5% según los diferentes experimentos, en comparación con los ratones testigos. Esas diferencias fueron altamente significativas en todos los experimentos ( $p < 0.001$  a  $p 11 0.05$ ). No hubo efecto sobre la síntesis del lisopaf-aceter. Tales resultados demuestran claramente un efecto celular *in vivo* de las altas diluciones de sílice.

En conclusión: 1) se observaron diferencias estadísticamente significativas entre sustancias altamente diluidas en una muestra y la muestra diluida por sí misma, 2) lo anterior en varios sistemas biológicos, destaca el carácter ubicuitario del fenómeno; 3) recientemente se publicaron once artículos clínicos o biológicos relacionados con los efectos de las altas diluciones<sup>9-19</sup>.

Esos resultados, que son idénticos tanto a la vista como a ciegas, demuestran que es posible inducir o modular una actividad biológica específica por medio de sustancias tan altamente diluidas que la probabilidad de que en ellas quede una sola molécula es inferior a  $1 \times 10^{-10}$ . En las soluciones altamente diluidas, la molécula original nunca se pudo detectar con métodos sumamente sensibles ( $< 1\text{ ng/ml}$ ) como electrodetección (serotonina) o espectrofluorometría (histamina).

Otro argumento contra el origen molecular es el efecto supresor de un proceso físico puro, como el calentamiento a  $70^{\circ}\text{C}$  de las diluciones de una molécula termoestable (histamina, albúmina de la clara de huevo de gallina) o un campo magnético. A menudo se ha sugerido un artefacto, pero ninguna hipótesis se ha propuesto. Los testigos (muestras a falta de soluciones) se someten a una dilución/agitación idéntica a las soluciones activas y, para que el efecto pueda observarse, la sustancia activa debe estar presente al principio del proceso de dilución. Estos métodos son comparables a los que se emplean en terapéutica homeopática.

## 2. Transmisión electromagnética (EM) y numérica de la señal molecular<sup>20-26</sup>

El hecho de que un campo EM suprima los efectos en altas diluciones favorecía la hipótesis de que la señal molecular así “memorizada” también era de naturaleza EM. Eso nos llevó a fabricar un amplificador que nos permitiera transmitir a distancia la señal molecular EM. Dicho amplificador consta en la entrada de una bobina receptora en la que se coloca el producto a transferir, por lo general a 0.1 nM. La salida del amplificador está conectada a una bobina emisora sobre la cual se coloca ya sea un tubo de agua, ya sean las células que van a recibir la información.

Desde junio de 1992 observamos en forma rutinaria la transferencia de la señal molecular específica ya sea al agua, ya sea directamente a las células en suspensión, en quizás más de 2 mil experimentos, a la vista o a ciegas, bajo la supervisión de investigadores ajenos a nuestro equipo. La transferencia se pone a prueba en dos sistemas: 1) el corazón aislado de cobayo o de rata descrito más arriba, sobre el cual se han probado más de treinta agonistas cuya actividad ha sido “transferida” al agua. Las dos sustancias principales “transferidas” son albúmina de clara de huevo de gallina (Ova) y acetilcolina. Los resultados que se presentan muestran a todas luces la eficacia del proceso de transmisión, puesto que la Ova “transferida” produjo  $99.4 \pm 11.7\%$  a la vista y  $88.5 \pm 10.2\%$  a ciegas ( $n = 28$ ) del efecto obtenido con Ova 0.1  $\mu\text{M}$ ; 2) Neutrófilos humanos aislados sobre los cuales solemos probar la actividad del phorbol-miristato acetato (PMA) “transmitido” directamente a las células. Estas últimas liberan aniones superóxidos, como si estuvieran en presencia de PMA molecular.

De esa manera “transmitimos” más de treinta sustancias, entre ellas: acetilcolina, adrenalina, forskolina, PMA, histamina, serotonina, paf-aceter, endotoxinas bacterianas, clara de huevo de gallina, actividad antigénica del BCG, cianuro de potasio. Finalmente, desde hace unos meses hemos venido grabando actividades biológicas específicas en un disco duro de computadora. Cuando la señal molecular convertida a números binarios “vuelve a interpretarse” al agua, la señal molecular binaria produce los mismos efectos que la molécula original. Por lo tanto, la señal molecular se puede convertir en números

binarios, grabarse, modificarse, transmitirse a distancia y reproducirse al infinito. Esos resultados podrían producir un cambio total en la biología y la medicina y, de manera más genérica, permitir la detección en tiempo real y la transmisión de toda actividad molecular. Además, podrían explicar la influencia de los campos electromagnéticos sobre la materia viva.

## 3. Mecanismo hipotético de la transmisión EM de la señal molecular, en alta dilución o por aparato electrónico. Campos radiantes y comunicación intermolecular

Si las moléculas activas están ausentes en una alta dilución (no presentes en cantidades tan pequeñas —cómo en la dilución log 31-41 (49D-61D $\pm$ )— que no logran generar una respuesta), debemos admitir, aunque sea con dificultad, que los efectos específicos que detectamos no son de origen molecular. Por el momento se desconoce exactamente la base de tales efectos. Sin embargo, el efecto supresor de un campo magnético es compatible con la hipótesis de Del Giudice y Preparata<sup>27</sup>: una interacción entre los dominios coherentes del agua donde los dipolos están en fase, y el campo de radiación de una molécula cargada. Los resultados sobre los efectos biológicos de los campos eléctricos o EM se acumulan en la literatura<sup>28-33</sup>.

Demostrar la capacidad del agua (¿polarizada?) para provocar efectos biológicos sería de por sí un enorme adelanto. Si el agua posee semejante capacidad como agente de transmisión es porque forma parte del entorno inmediato de las moléculas biológicas (15 mil moléculas de agua por cada molécula de proteína). Al parecer fue de manera artificial como, durante la agitación, logramos separar la molécula de su mensaje transmitido por el agua coherente perimolecular. Asimismo, quizás ese proceso sea el del mecanismo de la comunicación molecular, hasta ahora inexplicado<sup>34</sup>. La pregunta acerca de la naturaleza física de la señal molecular, base de toda actividad biológica, no sólo carece de respuesta sino que aún no se plantea. Por ello, por el momento no tenemos la menor idea sobre la forma en que

las moléculas se “encuentran” dentro (o fuera) del espacio celular que, a escala de la molécula, es inmenso; cómo logran “reconocer”, entre los dominios múltiples de una molécula a veces compleja, lo que les “conviene”, cómo se presentan en la orientación espacial apropiada y luego se “hablan” durante su encuentro y, por fin, cuál es el mecanismo de la activación molecular.

Nosotros proponemos que las funciones moleculares esenciales —reconocimiento (¿a distancia?), interacción, activación, estructura secundaria y terciaria y cambio de conformación (disparo, dirección, paro del movimiento en la nueva conformación...)— de hecho se rigen por mecanismos de orden EM. Una —de no ser la única— función de las estructuras moleculares sería (para las moléculas que tienen una función de señalización) la de transportar cargas eléctricas que en el medio acuoso generan un campo específico de cada molécula.

Las interacciones (*electroconformational coupling*<sup>35</sup>) de esos campos oscilantes/fluctuantes serían responsables de la señalización molecular y de las transferencias de energía que no pueden explicarse por los simples contactos entre las moléculas. Aquellas que presentan campos co-resonantes u opuestos podrían comunicarse unas con otras, incluso a distancia, y dicha comunicación estaría favorecida por los dominios coherentes del agua, cuyo diámetro sería  $0.1 \mu\text{m}$ . Ello da a entender que una variación incluso ínfima de la estructura de las moléculas (un átomo de P de más o menos, el reordenamiento de un ácido aminado, etcétera) que sólo modifique levemente su campo radiante, da lugar a que el mensaje sea recibido, o no lo sea, por el receptor, como en la banda FM. Cambios estrictamente estructurales o del balance neto de las cargas no pueden explicar la sensibilidad y la especificidad de los mecanismos de reconocimiento y de activación. ¿Y qué decir de las parejas agonistas/antagonistas cuyas estructuras no tienen nada en común?

Son necesarios enunciados teóricos y experimentales que establezcan las bases físicas de esos mecanismos; enunciados que permitan descifrar el lenguaje de las moléculas y anuncien progresos considerables en biología fundamental y en farmacología aplicada. La estructura —blanco de la química y de la biología molecular tradicionales— se borraría respecto a los mensajes que de ella emanan y regulan el comportamiento de las moléculas. Evolución (salto paradigmático, dicen algunos) al parecer dolorosa pero necesaria que haría a la biología más sincrónica con el movimiento general de las ciencias y por ende favorecería los intercambios y las fecundaciones.

Sin embargo, la historia de las ciencias nos muestra que un descubrimiento no “existe” más que después de haber cubierto dos etapas: 1) verdad experimental: hechos (casi siempre pero no siempre, sobre todo al principio) reproducibles se ponen de manifiesto, de ser posible acordes con las teorías existentes. De no ser así, las dificultades son enormes porque entonces hace falta cambiar las teorías, una labor que repugna a los científicos. Ahí están Galileo, Pasteur, Newton, Einstein, Bohr y Planck, entre otros. 2) verdad institucional: la “Comunidad Científica” debe aceptar esos resultados. Eso es cada vez más difícil debido a que la ciencia, apegándose actualmente al destino de toda empresa organizada, se está volviendo más estructurada y rígida.

A pesar de todo, en nuestro laboratorio “transportamos” diariamente la actividad específica de las moléculas simples o complejas por medio de bobinas, alambre eléctrico y un amplificador. Enviamos esa información al agua que la almacena o la retransmite, o directamente a células cuyo metabolismo cambiamos profundamente. Es verdad experimentalmente. Por lo tanto, es posible que pronto también lo sea institucionalmente.

Entonces la transmisión EM de la información biológica habrá de trastornar nuestra vida diaria. El mensaje molecular, es decir, la expresión EM de las moléculas naturales que hacen funcionar nuestro organismo pero también el de las medicinas, moléculas naturales o artificiales que (a veces) regulan el disfuncionamiento del organismo, será tratado como actualmente lo son el sonido y la imagen. Se convertirá en números binarios, se grabará, se transmitirá a distancia y la posibilidad de detectar, por medios EM simples, actividades moleculares normales o anormales, *in vivo* o *in vitro*, nos brindará considerables medios de intervención.

Por ejemplo, el análisis de las constantes fisiológicas por medio de un aparato sencillo que encontraremos en todos los hogares o en los vehículos para vigilar el estado fisiológico del piloto: la detección a distancia de contaminaciones sencillas o complejas: la administración EM de sustancias con efecto fisiológico o terapéutico; antenas emisoras de frecuencias plaguicidas y esto a escala de continentes enteros, por ejemplo, para la lucha antiparasitaria, con una especificidad mucho mejor y sin contaminación química. Gran parte del tránsito de las carreteras en la informática del futuro podría estar constituido por informaciones biológicas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Davenas E, Beauvais F, Amara J, Oberbaum M, Robinzon B, Miadonna A, *et al.* Human basophil degranulation triggered by very dilute antiserum against IgE. *Nature*. 30 Jun 1988; 333(6176): 816-818. doi:10.1038/333816a0. PMID: 2455231.
2. Benveniste J, Davenas E, Ducot B, Cornillet B, Poitevin B, Spira A. L'agitation de solutions hautement diluées n'induit pas d'activité biologique spécifique. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*. 1991; 312 (s II): 461-466.
3. Benveniste J, Davenas E, Ducot B, Spira A. Basophil achromasia by dilute ligand: a reappraisal. *FASEB J*. 1991; 5: A1008 (abs).
4. Hadji I, Arnoux B, Benveniste J. Effect of dilute histamine on coronary flow of guinea-pig isolated heart. Inhibition by a magnetic field. *FASEB J*. 1991; 5: A1583 (abs).
5. *Ibid.*
6. Benveniste J, Arnoux B, Hadji L. Highly dilute antigen increases coronary flow of isolated heart from immunized guinea-pigs. *FASEB J*. 1992; 6: A1610 (abs).
7. Litime MH, Aissa J, Benveniste J. Antigen signaling at high dilution. *FASEB J*. 1993; 7: A602 (abs).
8. Davenas E, Poitevin B, Benveniste J. Effect on mouse peritoneal macrophages of orally administered very high dilutions of silica. *Eur. J. Pharmacol.* 1987; 135: 313-319.
9. Davenas E, Beauvais F, Amara J, Oberbaum M, Robinzon B, Miadonna A, *et al.* Human basophil degranulation triggered by very dilute antiserum against IgE. *Nature*. 30 Jun 1988; 333(6176): 816-818. doi:10.1038/333816a0. PMID: 2455231.
10. Benveniste J, Davenas E, Ducot B, Cornillet B, Poitevin B, Spira A. L'agitation de solutions hautement diluées n'induit pas d'activité biologique spécifique. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*. 1991; 312 (s II): 461-466.
11. Davenas E, Poitevin B, Benveniste J. Effect on mouse peritoneal macrophages of orally administered very high dilutions of silica. *Eur. J. Pharmacol.* 1987; 135: 313-319.
12. Bastide M, Doucet-Jaboeuf M, Daurat V. Activity and chronopharmacology of very low doses of physiological immune inducers. *Immunol Today*. 1985; 6: 234-235.
13. Reilly DT, Taylor MA, McSharry C, Aitchison T. Is homeopathy a placebo response? Controlled trial of homeopathic potency with pollen in hayfever as model. *Lancet*. 1986; II: 881-886.
14. Poitevin B, Davenas E, Benveniste J. In vitro immunological degranulation of human basophils is modulated by Lung histamine and *Apis mellifica*. *Br. J. Clin. Pharmacol.* 1988; 25: 439-444.
15. Demangeat JL, Demangeat C, Gries P, Poitevin B, Constantinesco A. Modifications des temps de relaxation RMN à 4 Mhz. des protons du solvant dans les très haute dilutions salines de silicellatose. *J. Med. Nucl. Biophys.* 1992; 16: 135-145.
16. Youbicier-Simo BJ, Boudard F, Mekaouche M, Bastide M, Baylé JD. Effects of embryonic bursectomy and in ovo administration of highly diluted bursin on a adrenocorticotropic and immune response to chickens. *Int. J. Immunotherapy*. 1993; IX: 169-180.
17. Endler PC, Pongratz W, Kastberger G, Wiegant FAC, Schulte J. The effect of highly diluted agitated thyroxine of the climbing activity of frogs. *Vet. Human Toxicol.* 1994; 36: 56-59.
18. Reilly D, Taylor MA, Beattie NGM, Campbell JH, McSharry C, Aitchison TC, *et al.* Is evidence for homeopathy reproducible? *Lancet*. 1994; 344: 1601-1606.
19. Jacobs J, Jiménez LM, Gloyd SS, Gale JL, Crothers D. Treatment of acute childhood diarrhea with homeopathic medicine: a randomized clinical trial in Nicaragua. *Pediatrics*. 1994; 93: 719-725.
20. Aissa J, Litime MH, Attias E, Allal A, Benveniste J. Transfer of molecular signals via electronic circuitry. *FASEB J*. 1993; 7: A602 (abs).
21. Aissa J, Litime MH, Attias E, Benveniste J. Molecular signaling at high dilution or by means of electronic circuitry. *J. Immunol.* 1993; 150: 146A (abs).
22. Benveniste J, Aissa J, Litime MH, Tsangaris GT, Thomas Y. Transfer of the molecular signal by electronic amplification. *FASEB J*. 1994; 8: A398 (abs).
23. Endler PC, Pongratz W, van Wijk K, Waltl K, Hilgers H, Brandmaier R. Transmission of hormone information by non-molecular means. *FASEB J*. 1994; 8: A400 (abs).
24. Thomas Y, Schiff M, Litime MH, Belkadi L, Benveniste J. Direct transmission to cells of a molecular signal (phorbol myristate acetate, PMA) via an electronic device. *FASEB J*. 1995; 9: A227 (abs).
25. Aissa J, Jurgens P, Litime MH, Béhar I, Benveniste J. Electronic transmission of the cholinergic signal. *FASEB J*. 1995; 9: A683 (abs).
26. Senekowitsch F, Endler PC, Pongratz W, Smith CW. Hormone effects by CD record/ replay. *FASEB J*. 1995; 9: A392 (abs).
27. Del Giudice E, Preparata G, Vitiello G, Water as a free electric dipole laser. *Phys Rev Lett.* 1988; 61: 1085-1088.
28. Tsong TY. Deciphering the language of cells. *Tr Biochem Sci.* 1989; 14: 89-92.
29. Druker BJ, Mamon HJ, Roberts TM. Oncogenes, growth factors. and signal transduction. *N Engl J Med.* 1989; 321: 1383-1386.
30. Weaver JC, Astumian RD. The response of living cells to very weak electric fields: the thermal noise limit. *Science*. 1990; 247: 459-462.
31. Pool R. Electromagnetic fields: the biological evidence. *Science*. 21 Sep 1990; 249(4975): 1378-1381. doi: 10.1126/science.2402634. PMID: 2402634.
32. Pool R. Is there an EMF-cancer connection? *Science*. 7 Sep 1990; 190; 249(4973): 1096-1098, 1990. doi: 10.1126/science.2204111. PMID: 2204111.
33. Frey AH. Electromagnetic field interactions with biological systems. *FASEB J*. 1993; 7: 272-281.
34. Tsong TY. *Op cit.*
35. *Ibid.*