

Magnetismo en medicina: Ondamed, una nueva modalidad diagnóstica y terapéutica

Alexander O Krouham,* Claudia Martínez Mendoza,** Raquel Mizrahi Chiver**

RESUMEN

Se revisa la influencia del magnetismo en el ser humano. Se discuten los fundamentos físicos del fenómeno, así como sus mecanismos de acción y efectos fisiológicos en el organismo. Se presenta un nuevo modelo estructural celular que conforma microcircuitos conductores de electrones que se asumen como responsables de las interacciones a nivel celular y orgánico y de la vinculación con los procesos bioquímicos y de conducción nerviosa. Se comentan las aplicaciones diagnósticas y terapéuticas del electromagnetismo en la medicina y el potencial de desarrollo en estas áreas. Se introduce el Ondamed, un equipo diagnóstico y de tratamiento que actúa mediante ondas electromagnéticas pulsadas y que ha demostrado su efectividad y seguridad a lo largo de casi 20 años de uso en Europa.

Palabras clave: Magnetismo, campos electromagnéticos, matriz viviente, Ondamed.

ABSTRACT

We review magnetism's influence on human beings, as well as its physical properties, mechanisms of action and physiological effects on the organism. We present a new structural cellular model, forming conducting microcircuits through which electrons flow; these are assumed to be responsible for cellular and organ interactions and for biochemical processes and nerve conduction. We comment on the electromagnetic diagnostic and therapeutic devices which are used in medicine and the potential for growth in this area. We introduce Ondamed, a diagnostic and therapeutic equipment that relies on pulsed electromagnetic fields, which has proven to be effective and safe after being in use in Europe for 20 years.

Key words: Magnetism, electromagnetic fields, living matrix, Ondamed.

ANTECEDENTES Y EVOLUCIÓN

Muchos de los avances de la medicina han dependido de las aportaciones de científicos e investigadores en otros campos de las ciencias naturales. Ejemplo de ello es el descubrimiento de un tipo de radiación electromagnética, los rayos X, por Wilhelm Conrad Röntgen en 1895. El desarrollo en este terreno ha sido rápido y el trabajo conjunto de físicos, ingenieros y médicos ha permitido la creación de tecnologías sofisticadas como la tomografía computarizada por haz de electrones (TCHE),

la resonancia magnética nuclear (RMN), la resonancia magnética funcional (RMNf) y las técnicas de imagen de fuente magnética como la magnetoencefalografía (MEG).¹

Sin embargo, llama la atención que la comunidad médica acepte con asombro estos equipos diagnósticos y simultáneamente cuestione y rechace los efectos biológicos, para aplicaciones terapéuticas, de los mismos principios físicos en que se fundamentan dichas tecnologías. Entre otras razones, es posible que ello se deba al aura de misterio que ha rodeado el magnetismo desde su descubrimiento.

El conocimiento del magnetismo inicia aproximadamente en el 1200 a.C. con la fundición del hierro y la identificación de lo que a la postre se llamaría la piedra imantada o magnetita. El primer tratado sobre agujas magnetizadas y sus propiedades fue publicado por Petrus Peregrinus en 1289. Estableció los principios básicos de las fuerzas

* Departamento de Medicina Funcional. Bienesta Medical Center.

** Departamento de Ondamed y Rehabilitación física. Bienesta Medical Center.

Recibido para publicación: 08/11/10. Aceptado: 10/12/10.

Correspondencia: Alexander O Krouham

Bienesta Medical Center. Reforma 2620 - 14, Col. Lomas Altas, 11950 México, D.F. Tel: 5259-1414. E-mail: akrouham@bienesta.com

magnéticas: 1) actúan a distancia; 2) solamente atraen materiales magnéticos; 3) polos iguales se repelen y polos diferentes se atraen y 4) polos norte apuntan hacia el norte y polos sur hacia el sur. Entre sus aportaciones figura el astrolabio, con el que los navegantes europeos viajaron por el mundo descubriendo y conquistando territorios.¹

Las referencias en las que se asocia el magnetismo con la medicina se remontan a Tales de Mileto (624–547 a.C.) e Hipócrates (460 – 360 AC). Desafortunadamente, a la actividad magnética se le atribuyeron curas maravillosas de problemas médicos, psiquiátricos y quirúrgicos. Aún hoy en día, contrastan las pretensiones de diversas modalidades de magnetoterapia sin sustento científico sólido, frente a los enormes avances que la física ha tenido en la comprensión de estos fenómenos naturales y el desarrollo de aplicaciones diagnósticas y terapéuticas en el terreno de la medicina. Esto último ha sido posible gracias a la miniaturización de los electromagnetos, el desarrollo de electromagnetos superconductores en los Laboratorios Bell en 1961 y la introducción de magnetos potentes de uso permanente (en un inicio de samario-cobalto y más recientemente de neodimio-hierro-borón). En la actualidad se utilizan resortes electromagnéticos en catéteres vasculares y otros dispositivos para monitoreo de electroencefalografía intracraneana, electrotrombosis de aneurismas arteriales inoperables, desarrollo de marcapasos, etcétera.¹

Los campos electromagnéticos más utilizados para diagnósticos y tratamientos en medicina se denominan campos electromagnéticos pulsados (PEMF por sus siglas en inglés). Su aplicación inicia en los 40 en Japón, pero es hasta 1979 cuando que la *Food and Drug Administration* (FDA) avala su utilización en los Estados Unidos para estimular la reparación ósea en fracturas no consolidadas. Una década después, la FDA autorizó su uso para el tratamiento de dolor y edema en tejidos blandos superficiales.²

PRINCIPIOS BÁSICOS Y DEFINICIONES

Los siguientes principios físicos y biológicos rigen los efectos del magnetismo en el ser humano.

El magnetismo es una propiedad de la materia que resulta de los electrones orbitando alrededor del núcleo. Este efecto produce una orientación (o momento angular intrínseco) denominada giro («spin» en inglés) y la generación de campos magnéticos. Se mide en unidades Gauss (G) o Tesla (T) (un T equivale a 10,000 G). El campo magnético de la Tierra es de aproximadamente 0.5 Gauss, mientras que el de los equipos de resonancia magnética nuclear (RMN) es de 1.5 a 2.0 T.³

El término radiación significa simplemente energía transmitida por ondas. Una onda electromagnética es un movimiento de energía sobre un eje; está formada por una combinación de fuerzas eléctricas y magnéticas oscilantes, que se propagan de forma autosostenida en una dirección en el espacio. Las cargas eléctricas en movimiento son la causa subyacente de todo magnetismo; todo cambio en el campo eléctrico va acompañado de un cambio en el campo magnético y viceversa.^{4,5}

Todas las modalidades de energía en nuestro universo conocido se disponen en el espectro electromagnético. Éste se divide en radiaciones ionizantes —aquellas capaces romper enlaces moleculares— y no ionizantes —no rompen enlaces moleculares (incluye las radiaciones ópticas y electromagnéticas)—. El espectro abarca desde los electrones de menor energía y movimiento más lento de la corriente eléctrica, hasta los fotones de mayor energía y velocidad de la luz visible y de otras ondas. El humano percibe la mayor parte de éstas frecuencias a través de sus efectos —luz, color, calor, sonido— y no directamente en forma visual.^{5,6}

La frecuencia se define como el número de ciclos completos en que una onda vibra o se mueve en un segundo, se expresa en hertzios (Hz). La longitud de onda es la distancia entre dos crestas o dos valles consecutivos de la onda. Amplitud es el punto máximo de la intensidad de la señal.^{5,6}

La velocidad de una onda electromagnética en el espacio es igual a la velocidad de la luz, pero la velocidad en los materiales depende de las propiedades eléctricas de éstos, es decir, de su permisividad y permeabilidad. Los campos magnéticos tienen la capacidad única de penetrar muchas sustancias sin atenuarse.⁵

Resonancia magnética implica sincronización con una frecuencia natural del sistema magnético. Se refiere a una alineación de los átomos en respuesta al estímulo generado por las fuerzas magnéticas. Las frecuencias de la resonancia magnética son no ionizantes, típicamente se ubican en el espectro de las ondas de radio (para los giros nucleares) o en el de microondas (para giros de electrones). La ventaja del método de resonancia es que permite seleccionar una frecuencia particular de entre la susceptibilidad magnética total y provee información acerca de procesos a nivel atómico.⁷

La magnetoterapia incluye por lo menos seis grupos de campos electromagnéticos que se utilizan terapéuticamente para una diversidad de padecimientos:²

1. *Campos magnéticos permanentes/estáticos:* Creados por imanes permanentes o por el simple paso de corriente directa a través de una espiral.
2. *Campos electromagnéticos de ondas sinusoidales de baja frecuencia:* Presentes en líneas de distribución, con frecuencias de 60 Hz en EUA y Canadá y de 50 Hz en Europa y Asia.
3. *Campos electromagnéticos pulsados (PEMF):* De muy baja frecuencia, hasta 30 kHz, mantienen siempre la misma polaridad y tienen formas y amplitudes específicas; son los más utilizados con fines diagnósticos y terapéuticos.
4. *Campos pulsados de radiofrecuencia (PRF):* Utilizan la radiofrecuencia en los rangos de 13.56, 27.12 y 40.68 MHz.
5. *Estimulación transcranial magnética/eléctrica:* Método terapéutico que utiliza pulsos cortos, pero intensos.
6. *Ondas milimétricas:* Rango de frecuencia alta, entre 30 y 100 GHz.

El empleo de la radiación electromagnética con fines médicos se sustenta en las leyes clásicas del electromagnetismo:⁸

—*Ley de André-Marie Ampère:* El flujo de corrientes eléctricas debe de producir campos magnéticos en el espacio circundante.

—*Ley de inducción de Michael Faraday:* Campos magnéticos oscilantes generan corrientes eléctricas oscilantes en conductores cercanos, incluyendo tejidos vivos.

MECANISMOS DE ACCIÓN

Los efectos del electromagnetismo en el ser humano no deben ser evaluados considerando únicamente la fuente de energía que emite los estímulos. Es fundamental reconocer el entorno biológico con el que dicha energía interactúa, de allí que los resultados de experimentación *in vitro* no necesariamente puedan ser extrapolados *in vivo*.

Ha sido complicado definir el efecto de los campos magnéticos sobre el tejido vivo debido a la dificultad para identificar si la respuesta biológica es producto del campo magnético, del campo eléctrico o de la radiación electromagnética. La diferencia entre las dos primeras radica en la alineación de los electrones, mientras que la radiación electromagnética se caracteriza por la liberación de fotones a distancia en el espacio.⁹ La conclusión se fundamenta en varios modelos teóricos que demuestran que el magnetismo es el responsable del efecto orgánico.¹⁰

La energía se genera a partir de la colisión de moléculas, lo que implica una serie de interacciones físicas y químicas cuyo resultado depende de las características específicas de los reactantes involucrados en cada reacción.

El modelo del *efecto iónico en la membrana celular* supone que ésta se compone de biopolímeros orientados, de forma que sus dos caras presentan carga eléctrica. En la cara extracelular se acumulan los iones de Na⁺ y en la intracelular los iones proteínicos A⁻. En el citoplasma abundan los aniones A⁻, que son equilibrados por iones de K⁺ para mantener un balance neutro y estable. El complejo A-K⁺ se rompe por la colisión con moléculas de agua, produciendo la separación de ambos iones y la generación de una respuesta electromagnética. El ión K⁺ traspassa la membrana a través de túneles o canales por el efecto de un bombeo selectivo.¹⁰ La despolarización consecuente modifica el potencial eléctrico de la célula y con ello su comportamiento fisiológico.⁹

El modelo *ciclotrónico iónico* se basa en el movimiento de un ión específico (partícula cargada) en un campo magnético. En un campo estático y uniforme, los iones se mueven en una trayectoria circular. El ciclo del giro y su radio son independientes, por lo que la resonancia se define cuando la frecuencia del campo aplicado coincide con la de la célula donde se produce el fenómeno.¹⁰ Esta tecnología se emplea para análisis detallado de moléculas en laboratorios clínicos e industriales, para el diseño de medicamentos, para tratamientos de radioterapia para cáncer, para diagnóstico radiológico (PET scan), etcétera.

Ambas teorías confluyen en el modelo de *resonancia paramagnética de iones (IPR)* que explica el efecto de los campos alternos. Dado que cada ión tiene su propio momento magnético y resuena con el campo electromagnético, se requiere de un campo continuo, que oriente los momentos de los átomos, y de un campo alterno de frecuencia sintonizada con un determinado tipo de átomos que los haga entrar en resonancia.¹⁰ Este principio físico básico es análogo a la resonancia magnética nuclear, con la diferencia de que en ésta se excitan los núcleos atómicos y en la resonancia paramagnética de iones (IPR) el efecto se genera por la estimulación de electrones.

En un área más familiar para el médico, los rayos X son un tipo de radiación electromagnética ionizante que se genera en un dispositivo que contiene una fuente de poder, un ánodo y un cátodo. Este último es un filamento de tungsteno que se calienta hasta elevar la energía de los electrones hasta que se liberan del átomo. Los electrones libres se aceleran hacia el ánodo y se genera una energía cinética, misma que se disipa al chocar con una placa de tungsteno y producirse fotones que constituyen los rayos X propiamente.¹¹

FUNDAMENTOS FISIOLÓGICOS

Todos los seres vivos están compuestos por átomos de diferentes elementos rodeados de moléculas de agua. Estos átomos generan fuerzas magnéticas y campos eléctricos que a su vez están influenciados por campos magnéticos que ocurren de manera natural, como el campo geomagnético de la Tierra y las radiaciones solares.¹²

Albert Szent-Györgyi (Premio Nobel de Medicina en 1937 por la síntesis de vitamina C) observó que los procesos de los organismos vivos son demasiado rápidos y sutiles para ser explicados únicamente por reacciones químicas o impulsos nerviosos y postuló que los dobles enlaces en las estructuras de las moléculas proteicas liberan electrones capaces de viajar a gran velocidad por el organismo. Conjeturó que las fibras proteicas funcionan como circuitos conductores de protones y electrones, lo que se demostró posteriormente al comprobarse que las proteínas en efecto funcionan como semiconductores.¹³

Se ha reconocido una importante similitud entre los circuitos microelectrónicos modernos y los tejidos vivos, sugiriéndose que los mecanismos de conducción de electrones en sólidos amorfos se reproducen en biomoléculas como las proteínas. Esto se manifiesta como un rápido transporte vectorial de electrones a través de vías estructurales de biopolímeros o como un salto de electrones entre moléculas.¹⁴

Fundamentado en estos conceptos, Oschman¹³ sugirió la existencia de un sistema conductor al que denominó matriz viviente. Conformado por un citoesqueleto que conecta al núcleo, el citoplasma, la membrana celular y el espacio extracelular y se extiende por todo el organismo a manera de un sistema de canales por los que fluyen libremente los electrones comunicando a todas las células entre sí y con el genoma.

Posterior al lanzamiento de ésta hipótesis, se han identificado glucoproteínas llamadas integrin, que atraviesan la membrana celular, sirviendo de enlace entre el interior y el exterior de la célula. Los estímulos se transmiten del espacio extracelular mediante la producción de una quinasa que se encuentra indirecta y temporalmente vinculada con el extremo intracelular de la integrina, desencadenando una serie de procesos como el crecimiento, la división, diferenciación y supervivencia celulares. El resto de este sistema parece estar conformado por elementos estructurales extracelulares como la colágena, intracelulares como microtúbulos, filamentos intermedios y microfilamentos, y una matriz nuclear compuesta por histonas y ADN. El tejido de soporte del sistema está com-

puesto por glucosaminglucanos, cuyas porciones terminales con grupos sulfato y carboxilo presentan importante carga negativa.¹⁴

Cada célula del cuerpo funciona como un transmisor y un receptor de información electromagnética y son precisamente esas frecuencias las que preceden o corresponden con funciones bioquímicas. Las células normales oscilan con frecuencias diferentes a las células enfermas, por lo tanto, la actividad biológica es producto de la interacción energética. La respuesta celular a las radiaciones electromagnéticas se conoce como acoplamiento inductivo. Las fuerzas electromagnéticas actúan a nivel intracelular, produciendo respuestas bioquímicas caracterizadas por movilización de electrolitos a través de la membrana celular, excreción de productos tóxicos, síntesis proteica, estimulación del metabolismo celular, generación de enlaces de alta energía, etcétera.⁶ Entre los mecanismos de acción responsables de desencadenar estos efectos se especula sobre la modificación a nivel de la membrana del complejo ligando-receptor.¹⁵

A nivel tisular y orgánico, los efectos son diversos: relajación muscular, vasodilatación, incremento de la presión parcial de oxígeno (lo que promueve un efecto trófico), proliferación celular, analgesia (por producción de opioides endógenos), etcétera. Estudios avalados por el *National Research Council* en 1997 confirman hallazgos previos de que los campos electromagnéticos inducen cambios en la actividad electroencefalográfica del cerebro, producen cambios medibles en la síntesis de polipéptidos en glándulas salivales e influyen en las concentraciones de calcio y melatonina en células expuestas a campos de alta frecuencia.¹

APLICACIONES CLÍNICAS

Es sorprendente que, a pesar de que el hombre ha logrado controlar y generar energía eléctrica desde hace 120 años, y de que ésta se ha utilizado con fines diagnósticos en forma por demás exitosa, aún exista tanta incredulidad en la comunidad médica respecto a su potencial terapéutico. Sin duda esto se debe a la enorme influencia de la industria farmacéutica, que ha favore-

cido exclusivamente el modelo de atención de alteraciones bioquímicas, limitando nuestras opciones de tratamiento.

Entre las aplicaciones diagnósticas de la energía electromagnética destacan los diferentes estudios de radiología, la electroencefalografía, electrocardiografía, electromiografía, etcétera. Además, hay una gran cantidad de tecnologías que apenas están en vía de incorporación a la práctica médica, como es el caso de la resonancia de microondas.¹⁵

Los primeros reportes de la aplicación de electricidad con fines terapéuticos en medicina datan de 1841 y 1850. Hawthorne y Lente, respectivamente, la utilizaron para el tratamiento de pseudoartrosis y articulaciones supernumerarias y para fracturas no consolidadas. Después de un intervalo de casi 100 años, en 1957 Fukada y Yasuda describen el efecto piezoeléctrico en hueso, dando la pauta para los estudios posteriores de Bassett, quien demostró que los esfuerzos mecánicos generan potenciales eléctricos y que la corriente eléctrica estimula la formación de tejido óseo. Más tarde se concluyó que los estímulos eléctricos endógenos son los responsables de la remodelación ósea.¹⁰

Los Institutos Nacionales de Salud (NIH) de los EUA aceptan el tratamiento con campos electromagnéticos por lo menos para las siguientes indicaciones: reparación ósea y de lesiones tendinosas crónicas, estimulación nerviosa, cicatrización de heridas y úlceras varicosas, osteoartritis, electropuntura, regeneración tisular, estimulación del sistema inmunológico y modulaciones neuroendocrinas.¹⁵ Otros autores han expandido esta lista agregando: control de dolor, traumatismos y lesiones, reducción de inflamación y mejoría de circulación sanguínea, fibromialgia, procesos infecciosos (efectos antimicrobianos), tratamiento específico de malaria, reducción de estrés, corrección de trastornos neurológicos, incremento de la energía física y del rendimiento atlético, etcétera.^{9,16,17}

Adicionalmente, el electromagnetismo se está utilizando o se encuentra en proceso de investigación para el desarrollo de instrumental quirúrgico guiado a distancia, cirugía de radiofrecuencia y láser, diatermia, diseño de medicamentos, etcétera.^{15,18}

ONDAMED

El Ondamed fue desarrollado en 1993 por el ingeniero alemán Rolf Binder. Es un sistema de campos electromagnéticos pulsados (PEMF), avalado por la FDA como un dispositivo médico clase II en la categoría de neurología («herramienta segura para investigación y para estudios clínicos de dolor, disconfort y malestar general»). Se ha usado en Europa desde hace casi 20 años, con excelentes resultados clínicos.

Ondamed produce frecuencias electromagnéticas pulsadas de muy baja intensidad, en el rango de 0.1 a 32,000 Hz (imperceptibles para el ser humano y equivalentes a las que ocurren naturalmente en respuesta a compresión o estiramiento muscular [potenciales piezoeléctricos]) y posee 173 programas predeterminados. Se trata de un sistema integrado, diagnóstico y terapéutico, que combina la emisión de los campos magnéticos con técnicas de biorretroalimentación. El aparato emite una serie de frecuencias electromagnéticas a las que el organismo responde. Dicha respuesta depende de la integridad funcional y el estado de homeostasis de cada órgano, ya que éstos funcionan como osciladores que vibran en total armonía, a diferencia de lo que ocurre cuando hay enfermedad y la vibración se torna asincrónica.^{16,17}

El diagnóstico se establece a través de la biorretroalimentación dependiente del sistema nervioso autónomo. A la percepción de la frecuencia electromagnética específica, el organismo responde con variaciones en la amplitud y la intensidad de la señal vascular autónoma (VAS por sus siglas en inglés), también llamada tonometría arterial periférica. Ésta consiste en variaciones detectadas en el pulso radial que representan cambios rápidos sistémicos del tono de la musculatura lisa arterial mediada por neuronas simpáticas y parasimpáticas. Se trata de un fenómeno reproducible que se manifiesta uno a tres ciclos cardiacos después de iniciado el estímulo y persiste durante ocho a 15 ciclos. Este efecto ha sido corroborado en respuesta a estímulos tan disimilares como corrientes magnéticas, frecuencias de sonido, colores, ondas luminosas, emociones, percepción táctil, sustancias diversas, etcétera. En este contexto, Ondamed

puede identificar patologías ya existentes o en proceso de aparición, en las que ya hay una alteración en la capacidad de resonancia aunque aún no aparezcan las manifestaciones clínicas (trastornos subclínicos).⁸

Citando algunos ejemplos de frecuencias específicas de resonancia de algunos órganos y tejidos: reparación de nervios periféricos – 2.0 Hz, hueso – 7.0 Hz, presión arterial – 15 Hz, flujo sanguíneo y circulación – 17 Hz, sensibilidad a químicos – 443 Hz, función hipofisiaria – 635 Hz, colon – 635 Hz, corazón – 696 – Hz, tiroides – 763 Hz, sistema inmune – 835 Hz, sistema endocrino – 1537 Hz, etcétera. Dependiendo de las circunstancias y de las interacciones específicas, para un mismo órgano o sistema puede haber más de una frecuencia de resonancia.¹⁹

El procedimiento es sencillo: primero se coloca un transductor alrededor del cuello, éste es el emisor de las ondas electromagnéticas; simultáneamente, el operador percibe la señal vascular autónoma (VAS) en la arteria radial; se aplican las 173 frecuencias de los programas predeterminados; cada vez que se identifica un cambio en la respuesta autónoma, se documenta ésta directamente en la memoria del aparato; se seleccionan las frecuencias a las que hubo una mayor respuesta y éstas son inducidas a través del transductor del cuello al tiempo que el operador realiza un rastro de todo el cuerpo con otro transductor; nuevamente mediante la VAS se identifica el sitio en el que se presenta la respuesta más intensa al rastreo corporal y se aplica la energía directamente en esa área. El equipo cuenta con otros dos aplicadores que se utilizan, dependiendo de las regiones que requieran de tratamiento.

La dependencia específica de la biorretroalimentación es la que hace de éste un tratamiento completamente personalizado y acorde a las circunstancias imperantes del momento. El proceso se repite en cada visita y, típicamente, se observan cambios en algunas de las frecuencias predominantes respecto a las detectadas previamente.

Aún se desconoce el mecanismo específico por el que Ondamed ejerce sus efectos. La experiencia demuestra que se estimulan la reparación celular y la regeneración y que se promueven cambios en la

barrera hematoencefálica, favoreciendo la asimilación de hormonas, fármacos y nutraceuticos. Es claro, sin embargo, que los efectos son mediados por una combinación de respuestas biológicas, fisiológicas, energéticas y emocionales.¹⁶

CONCLUSIONES

El magnetismo es un fenómeno físico que ejerce su influencia sobre todo el universo, incluyendo los seres vivos. Las manifestaciones biológicas del electromagnetismo van desde el potencial de acción producto de la despolarización celular en respuesta al flujo iónico a través de su membrana, hasta representaciones orgánicas que de hecho son utilizadas con fines diagnósticos, como la actividad eléctrica cardiaca, cerebral o muscular.

Cada vez existe mayor evidencia científica que cuestiona el modelo fisiológico actualmente aceptado, que considera exclusivamente a los procesos bioquímicos y a la conducción nerviosa como los responsables de las interacciones celulares y orgánicas. Es necesario considerar a los fenómenos electromagnéticos como elementos del comportamiento celular que anteceden a los otros procesos. Aunque aún no se han dilucidado por completo los mecanismos de acción de estos fenómenos, es claro que cuando menos ejercen sus efectos en los canales de calcio a nivel de la membrana celular, iniciando los eventos de la despolarización. El modelo estructural de un citoesqueleto que comunica al núcleo celular con el citoplasma y con el espacio extracelular y a todas las células del cuerpo entre sí y con el genoma conformando microcircuitos por los que fluyen los electrones, merece un análisis concienzudo y mucha investigación.

Pareciera que estas propuestas semejan a lo ocurrido a lo largo de la historia de la medicina, donde una primera etapa puramente descriptiva y dominada por los anatomistas dio pie a la época de los fisiologistas, cuyo énfasis radica en tratar de entender la forma en que funciona el organismo. La ciencia moderna nos ha llevado a la etapa molecular que profundiza más aún en los mecanismos fisiológicos. Sin embargo, ese conocimiento no debe ser del dominio exclusivo de los investigadores, sino que tiene que permear a la clínica, a

la atención directa de los pacientes. Eso ya está ocurriendo en el ámbito diagnóstico más no en el terapéutico, donde aún se ven con escepticismo e incredulidad las modalidades de tratamiento que se basan en el electromagnetismo. El médico debe de ser un científico, con cuestionamiento constante y con apertura para la investigación, debemos desechar dogmas e influencias con intereses puramente comerciales en la búsqueda de mejores opciones para optimizar el cuidado de nuestros pacientes. La comprensión de estos fenómenos permitirá expandir los horizontes de la medicina convencional, incrementando nuestro conocimiento sobre los intrincados mecanismos fisiopatológicos de la enfermedad.

La medicina debe de trabajar con científicos de otras disciplinas para mejorar las tecnologías existentes para el cuidado de la salud y desarrollar otras nuevas. Precisamente esa labor conjunta entre profesionales de la salud y físicos ha culminado con la creación de equipos diagnósticos que hoy nos ofrecen capacidades hasta hace muy poco tiempo insospechadas. Según la Organización Internacional de Médicos Físicos (IOMP), hasta el año 2009 había más de 18,000 profesionales en ésta área trabajando para el cuidado de la salud.²⁰

Finalmente, Ondamed es una tecnología que incorpora las modalidades diagnóstica y terapéutica y que ha demostrado su efectividad y seguridad para el diagnóstico y tratamiento de muchos padecimientos, incluyendo algunos cuya etiología se desconoce y para los que solamente se indican paliativos, generalmente con pobres resultados. Se trata de una herramienta muy útil que, en conjunto con otras evaluaciones y tratamientos convencionales, contribuye de manera importante a mejorar la calidad de vida de los pacientes.

BIBLIOGRAFÍA

1. Häfeli U. The History of Magnetism in Medicine. In: André W, Nowak H (eds). *Magnetism in Medicine*. 2nd ed. Weinheim, Germany; Wiley-VCH Verlag GmbH; 2007. p. 3-25.
2. Markov MS. Expanding Use of Pulsed Electromagnetic Field Therapies. *Elec Biol Med* 2007; 26: 257-274.
3. MRI Tutor Web Site and MRI/Radiology Teaching Files. Introduction to MRI. <http://www.mritutor.org/mritutor/index.html>
4. La radiación electromagnética y los organismos vivos. En: Documento NTP 234 del Instituto de Seguridad e Higiene del Trabajo, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, España.

- <http://www.fisica.uh.cu/bibvirtual/vida%20y%20tierra/radiacion%20y%20vida/index.htm>
5. Hansson MK. El espectro electromagnético: Características físicas básicas. En: Knave B (ed). *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*. Capítulo 49: Radiaciones no ionizantes: Riesgos generales. 3a ed. Organización Internacional del Trabajo; 2001; 49: 4-6.
 6. Sylver N. Healing with electromedicine and sound therapies (part one). *Townsend Letter* Feb-Mar 2008.
 7. Slichter CP. Elements of resonance. In: Slichter CP (ed). *Principles of Magnetic Resonance*. 3th ed. New York, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag; 1996. p. 1-2.
 8. Oschman JL, Kosovich J. Energy Medicine and Longevity: Cellular-Electrical Biofeedback Combined with Frequency Specific Healing. *Anti-Aging Medical News*. Winter 2007: 2-8.
 9. Null G. Biomagnetic healing. In: <http://www.garynull.com/Documents/magnets.htm>
 10. Madroñero de la Cal A. Utilización terapéutica de los campos magnéticos. I: Fundamentos del Biomagnetismo. *Pat Ap Locom* 2004; 2 (1): 22-37.
 11. Ramírez JC, Arboleda C, McCollough CH. Tomografía computarizada por rayos X: Fundamentos y actualidad. *Rev Ing Biomed* 2008; 2 (4): 54-72.
 12. Andrä W, Nowak H. Creating and measuring magnetic fields. In: Andrä W, Nowak H (eds). *Magnetism in Medicine*. 2nd ed. Weinheim, Germany; Wiley – VCH Verlag GmbH; 2007. p. 65-71.
 13. Oschman JL. Matrix energetics and regeneration. In: Oschman JL. *Energy Medicine in Therapeutics and Human Performance*; Chapter 37. Philadelphia; Butterworth Heineman; 2003. p. 247-53.
 14. Oschman JL, Kessler WD. Energy medicine and anti-aging: From Fundamentals to new Breakthroughs. *Anti-Aging Medical News*. Winter 2008: 166-71.
 15. Rubik B, Becker RO, Flower RG, Hazlewood CF, Liboff AR, Walleczek J. Aplicaciones del bioelectromagnetismo en medicina. Panel de Estudio de los Institutos Nacionales de Salud (NIH). www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-fis/biomagnetismo.pdf
 16. Sylver N. Healing with electromedicine and sound therapies (part two). *Townsend Letter*. April 2008.
 17. Appelt C. Pulsed Electromagnetic Field Therapy (PEMF): New Perspectives in Therapy. *Anti-Aging Medical News*. Winter 2006: 2-4.
 18. Schenck J. Magnetism in Medicine. The Smithsonian/NASA Astrophysics data system. American Physical Society, Annual March Meeting. March 2000: 20-4. <http://adsabs.harvard.edu/abs/2000APS..MAR.C3001S>
 19. Oschman JL. The science supporting the use of pulsing electromagnetic field therapy and ONDAMED (part I). *Townsend Letter*. June 2008: 75-8.
 20. International Organization for Medical Physics (IOMP). www.iomp.org