

Bioeletromagnetismo: Medicina Biofísica

José de Felipe Junior

O bioeletromagnetismo surgiu após a descoberta da indução eletromagnética por Michael Faraday, no final de 1700. Logo após vieram os famosos experimentos do físico e médico italiano Luigi Galvani, que mostrou em patas de sapo a conexão entre eletricidade e contração muscular. Depois veio Alessandro Volta, outro físico italiano que interpreta os experimentos de Galvani de maneira diferente. São os eletrodos metálicos e não o tecido muscular o gerador de corrente elétrica. Polêmica vigorosa e ferrenha entre os dois, para sabermos hoje em dia que ambos tinham sua parcela de razão: o músculo gera eletricidade (Galvani) e o metal também (pilha de Volta).

Desta época em diante, surgiram vários tipos de aparelhos para o diagnóstico e tratamento de doenças, iniciando-se com os geradores de eletricidade estática, passando-se para os de corrente elétrica alternada ou contínua e, finalmente, chegando àqueles que exploram a enorme gama de frequências do espectro eletromagnético (EM).

Os aparelhos mais eficazes foram aqueles que se concentraram na porção não ionizante do espectro EM, particularmente a baixos níveis de energia. As aplicações médicas do bioeletro-

Quadro 1: Parâmetros que caracterizam os campos eletromagnéticos

- 1 - Potência
 - 2 - Voltagem
 - 3 - Corrente
 - 4 - Frequência
 - 5 - Fase
 - 6 - Pulsátil ou não pulsátil
 - 7 - Sinusoidal ou outros tipos de onda
- Acresce: a-tempo de exposição
b-local da exposição

magnetismo não ionizante são classificadas em térmicas (produzem calor no tecido biológico) e não térmicas. As aplicações térmicas incluem a hipertermia por radiofrequência (RF), a cirurgia a laser, a cirurgia por RF e a diatermia por RF.

Na medicina, a modalidade não ionizante mais importante é a não térmica. Aqui devemos prestar atenção a dois significados das palavras “não térmico”: o biológico e o físico. Biologicamente, isto é, para os médicos, não térmico significa que “não está ocorrendo aumento da temperatura do tecido” e fisicamente (cientificamente) significa “abaixo do limite de ruído térmico a temperaturas fisiológicas”. O nível de energia do ruído térmico é muito menor que o requerido para aquecer o tecido.

Para caracterizar um determinado campo eletromagnético,

nós devemos conhecer os parâmetros descritos no quadro 1.

As principais aplicações médicas dos campos eletromagnéticos não ionizantes e não térmicos são descritas no quadro 2.

Quando expostas a campos eletromagnéticos de extrema baixa frequência (0 a 100 Hz), as células sofrem alterações específicas desde mudanças de fluxo iônico transmembrana até a síntese de DNA e aumento dos níveis de transcrição de RNA (Goodman 1989).

Vários processos biológicos, como regeneração de membros em anfíbios, reparação de fraturas em coelhos e regeneração hepática em ratos são afetadas pelos campos eletromagnéticos pulsáteis de extrema baixa frequência (PEMF – ELF). A nível celular, eles são capazes de modificar a transcrição e a diferenciação, a síntese de proteínas especializadas, a resposta a hormônios, a liberação de neurotransmissores, o crescimento e também a síntese de DNA de algumas células, como condró-

José de Felipe Júnior

Rua Conde de Porto Alegre, 1.985 - Campo Belo

CEP 04608-003 - São Paulo - SP

citos de galinha e carcinoma embrionário de rato.

Os PEMF-ELF "in vitro" são capazes de aumentar o crescimento de células endoteliais e a angiogênese e aumentar a atividade tumoricida das células de Kupffer do fígado.

Yen – Patton, em 1988, revelou de uma maneira muito elegante que os PEMF – ELF estimulam a velocidade de crescimento e a angiogênese. Tal campo foi capaz de aumentar em 20 a 40% a velocidade de crescimento da célula endotelial em região desnuda. Fora do campo, as células apresentavam forma cuboidal e, dentro dele, as células endoteliais se alongavam e frequentemente se conectavam pelas extremidades, formando um broto. Com a manutenção do campo, as células se reorganizavam em uma estrutura tridimensional e começavam a formar neovasos, de modo semelhante à angiogênese in vivo.

Francheschi, em 1987, mostrou que os PEMF-ELF em linfócitos de doadores idosos expressam um número aumentado de receptores IL-2 e também tal exposição aumenta a utilização da IL-2.

Cossarizza, em 1989, mostrou que a aplicação de campos eletromagnéticos pulsáteis de extrema baixa frequência são capazes de aumentar a proliferação de linfócitos de idosos, quando submetidos a estímulo pela fitohemaglutinina. (PHA). É surpreendente que linfócitos de idosos, os quais possuem habilidade reduzida de proliferação, consigam, após exposição aos PEMF, níveis de incorporação de timidina H3 semelhantes às culturas de linfócitos jovens não expostos ao campo.

Também em 1989, Cossarizza mostrou que os PEMF-ELF não

Quadro 2: Principais aplicações médicas dos campos eletromagnéticos não ionizantes e não térmicos

- 01 - Câncer
- 02 - Osteoartrite
- 03 - Regeneração de tecidos
- 04 - Cicatrização de feridas
- 05 - Estimulação do sistema imune
- 06 - Modulação neuroendócrina
- 07 - Condições degenerativas associadas à idade
- 08 - Não união de fraturas, osteonecrose
- 09 - Dor intratável
- 10 - Estados psicofisiológicos (epilepsia e dependência de drogas)
- 11 - Paralisia cerebral (redução da espasticidade)
- 12 - Lesão da medula espinhal
- 13 - Doença de Parkinson
- 14 - Dificuldade de aprendizado
- 15 - Estimulação nervosa
- 16 - Infecções crônicas
- 17 - Osteoporose
- 18 - Pseudoartrose congênita
- 19 - Aumento da síntese de neurotransmissores

interferem com a capacidade de reparação do DNA humano lesado por radiação gama ou por agentes químicos antiproliferativos.

Há muito tempo na Rússia, é empregada a terapia por ressonância de microondas, que é não ionizante e fisicamente não térmica. Utilizam baixa intensidade (contínua ou modulada por pulsos) e com onda sinusoidal e eles têm obtido muito sucesso no tratamento da artrite, esofagite, úlceras, hipertensão arterial, dor crônica, paralisia cerebral (redução das contraturas musculares), algumas alterações neurológicas e nos efeitos colaterais da quimioterapia do câncer. Na Rússia, muitas pessoas são tratadas com microondas de baixa energia nos pontos de acupuntura..

Acredita-se que a terapêutica por ressonância de microondas envolva modificações no

transporte de membrana celular ou a produção de mediadores químicos, porém qual seria o mecanismo de ação?.

Segundo o engenheiro argentino Carlos Belohlavec, o campo produzido pelos aparelhos pode criar uma onda guia, como descreveu De Broglie, onda guia esta gerada no espaço vazio dos átomos e capaz de reorganizar o "spin" dos elétrons. A organização do spin das partículas atômicas agrega e ordena as funções do conjunto e assim facilita a separação ou a união de moléculas incompletas, aumenta a reparação do DNA, estimula os processos de reorganização e reparação celular e, em uma palavra, facilita a expressão gênica. As sucessivas exposições ao campo gerado provocam mudanças na escala atômica, que acabam por se expressar na escala biológica, aparecendo clinicamente

como modificação da estrutura da matéria. Esta onda guia no vazio dos átomos, efeito túnel, parece ser o meio primordial de comunicação, de informação que a natureza viva possui e cuja finalidade é a construção e a reparação da própria natureza. Resta a questão: a baixa potência destes campos eletromagnéticos teria energia suficiente para alterar a configuração do “spin” dos elétrons?

Para Goodman, os campos empregados são muito fracos para agir através de mecanismos físicos conhecidos como, calor, quebra dielétrica, deslocamento de partículas ou eletroforese. Para ele, é pouco provável que o mecanismo de ação seja derivado de alterações do potencial transmembrana, uma vez que o potencial dos sinais são muito inferiores aos potenciais da membrana celular. Alguns especulam alguma forma de acoplamento ou ressonância ou outro tipo de interação com processos endógenos.

Matzke mostrou, através da expressão gênica de eucariócitos, que o campo elétrico da periferia do núcleo da célula controla as interações macromoleculares.

Adey mostrou que a interação entre energia eletromagnética e os receptores de glicoproteína na superfície da membrana celular provoca transdução de sinais.

Liboff e colaboradores propuseram o modelo “ciclotron” de ressonância baseados nos dados experimentais de Blackman. Este último encontrou aumento do efluxo de cálcio no cérebro de galinha exposto a campos elétricos e magnéticos fracos. O modelo propõe que os íons, se movendo pelos canais helicoidais da membrana na presença de um

campo magnético estático, exibem uma frequência peculiar de ressonância. A energia seria assim transferida de um campo eletromagnético oscilante para um sistema molecular.

Em outras palavras: o modelo ciclotron de ressonância pode ser produzido toda vez que houver um campo magnético em “steady state”, combinado com um campo elétrico ou magnético oscilante, agindo em uma partícula. Tal modelo permite aos campos eletromagnéticos de baixa força agirem em conjunto com o campo geomagnético da Terra para produzirem efeitos biológicos, concentrando energia do campo em partículas específicas, tais como: cálcio, sódio, potássio e lítio. Quando a força do campo magnético em “steady state” é pequena, a frequência do campo elétrico ou magnético necessário para produzir ressonância também é pequeno. Assim, quando a força do campo magnético da Terra (0,2 a 0,6 Gauss) é colocada em jogo, as frequências dos campos oscilantes necessários para provocar ressonância com íons biologicamente importantes caem, via de regra, na extrema baixa frequência: ELF (0 a 100 Hz). Assim os ELF se tornam a parte mais significativa do espectro eletromagnético do meio ambiente. Vamos dar um exemplo: se colocarmos um campo elétrico oscilante de 60 Hz (o mesmo da nossa corrente elétrica doméstica) em um local geográfico do nosso planeta onde o campo geomagnético é de 0,2 Gauss obtém-se a frequência de ressonância do lítio. Ratos submetidos a este campo apresentaram os mesmos efeitos da injeção da substância química lítio, isto é, diminuem a atividade e se tornam mais passivos e submissos (efeito calmante). Aqui um

alerta: os aparelhos devem ser regulados de acordo com o local geográfico, se ele funciona na Alemanha não funcionará do mesmo modo no Brasil.

Quando nos lembramos do oscilador de múltiplas ondas de Lakhovsky provocando o desaparecimento de câncer maligno recidivado de pele, sem deixar cicatrizes, e também, na mesma paciente de 80 anos, fazendo desaparecer profundos sulcos do pescoço e face e melhorando nitidamente a textura da pele, como se rejuvenescendo aquele tecido senil, temos que procurar saber qual o mecanismo de ação. Tudo se passa como se as frequências múltiplas do campo eletromagnético gerado pelo aparelho “ensinasse” às células da pele a não mais continuarem produzindo células cancerosas voltando a se reproduzir da forma antiga, que era a forma correta, sem câncer. Tal campo também consegue “ensinar” as células envelhecidas a se reproduzirem como antigamente, voltando inclusive a fabricar novamente o tecido de sustentação do sistema retículo endotelial. Ensinar significa informar. As ondas informariam as células a se comportarem da maneira correta, do modo que elas foram criadas, da maneira que haviam se comportado na adolescência.

Até hoje sempre pensávamos que as informações biológicas estivessem somente armazenadas nas estruturas moleculares. Pode ser que as informações estejam armazenadas em locais do organismo na forma de campos eletromagnéticos, que podem ser usados na regulação biológica e na comunicação celular, ou que as próprias ondas eletromagnéticas fazem com que as estruturas moleculares voltem novamente a funcionar corretamente.

Utilizando o aparelho denominado "SQUID" (superconducting quantum interference detecting magnetometer), vários cientistas detectaram e identificaram depósitos de material magnético composto do mineral magnetita, dentro de organismos vivos. Este mineral está presente no sistema nervoso central, na forma de unidades de cristais celulares ligados de uma maneira específica e sempre associados com abundantes conexões neurais. Recentemente, este material, agora chamado "órgão magnético", mostrou ser capaz de detectar com grande precisão a força, a polaridade e a direção do campo magnético da Terra.

Atualmente se tornou evidente que o campo magnético da Terra é um fator considerável no nosso meio ambiente, sendo uma força física da qual derivamos informações de grande importância no funcionamento do nosso corpo.

Estamos apenas no início da compreensão das relações entre a biologia e o campo geomagnético, assim como das forças elétricas e magnéticas intrínsecas e extrínsecas ao corpo, ou quais informações elas seriam portadoras.

Acreditamos que em um futuro próximo os campos eletromagnéticos serão empregados na medicina onde os meios químicos falharam.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - Adey, W.R.: *Physiol. Rev.* (61): 435-514, 1981.
- 2 - Becker, O.R.: *Electromagnetism and the revolution in medicine*. Acupunct Electrother Res, 12:75-9, 1987.
- 3 - Blackman, C.F.: *Bioelectromagnetics* (6): 327-37, 1986.
- 4 - Cossariza, A et al: *Extremely low frequency pulsed electromagnetic fields increase cell proliferation in lymphocytes*

from young and aged subjects. Biochem Biophys Res Commun, 160 (2), 692-8, 1989.

5 - Cossariza, A. et al: *DNA repair after gamma irradiation in lymphocytes exposed to low - frequency pulsed electromagnetic fields*. Radiation Research (118): 161-68, 1989.

6 - Franceschi, C et al. *BRAGS Transactions* (7), 57: 1987.

7 - Goodman, R et al: *Exposure of human cells to low-frequency electromagnetic fields results in quantitative changes in transcripts*. Biochim Biophys Acta, 1009 (3): 216-20, 1989.

8 - Matzke, M: J. *Bioelectricity*, (4): 461-79, 1985

9 - Liboff, A.R.: *Geomagnetic cyclotron resonance in living cells*. J Biol Physiol (13): 99-104, 1985.

10 - Yen - Patton, G.A et al: *Endothelial cell response to pulsed electromagnetic fields: stimulation of growth rate and angiogenesis in vitro*. J. Cell Physiol (134): 1, 37-46, 1988.