

Aplicaciones Interdisciplinarias entre Física, Medicina y Psicología

José María De la Roca-Chiapas^{*****}, Teodoro Cordova-Fraga^{**}, Gloria Barbosa Sabanero^{***}, J. Humberto Macías de la Cruz^{****}, M.E. Cano^{*****}, Aleph Pacheco Hain^{**}, Antonio Rivera Cisneros^{*}, Silvia Solís^{***} y Modesto Sosa^{**}.

RESUMEN

El presente trabajo muestra dos líneas de investigación que vinculan a la física, la medicina y la psicología. La primera consiste en la Mecano-magnetogastrografía que sirve para medir el vaciamiento gástrico así como las contracciones peristálticas las cuales se evaluaron junto con estados emocionales para conocer la influencia del estrés, ansiedad y depresión en las respuestas fisiológicas. La segunda consiste en la psicomagnetobiología como un modelo de inducción de cáncer y de estrés que permiten comparar marcadores bioquímicos, caracterización espectroscópica y obtener imágenes a través de un escáner magnético, la cual podría utilizarse en el diagnóstico y el uso de la hipertermia como tratamiento del cáncer. La Mecano-magnetogastrografía es una técnica útil para medir el vaciado gástrico, que no es invasiva, no usa radiación ionizante y demuestra que a través de la lectura de los campos magnéticos del trazador magnético ingerido se puede obtener información sobre el vaciado gástrico y contracciones peristálticas presentando resultados reproducibles. En cuanto a la línea de investigación que llamamos psicomagnetobiología, se ha usado la inducción de cáncer con *N-metil-N-nitrosourea*, resultando con cáncer mamario el 58% de las ratas.

ABSTRACT

This paper presents two lines of research linking physics, medicine and psychology. The first is the mechanical magnetogastrography used to measure gastric emptying and peristaltic contractions and its relationship to evaluate the physiological behavior related to emotional states. The second is the psicomagnetobiology as a model of induction of cancer stress and biochemical markers that enable the comparison, spectroscopic characterization and imaging using a magnetic scanner, which could be used in the diagnosis and the use of hyperthermia as a treatment for cancer. The Mecano-magnetogastrography is a useful technique for measuring gastric emptying, which is not invasive, does not use ionizing radiation and demonstrates that through the reading of the magnetic fields of magnetic tracer ingested can obtain information on gastric emptying and peristaltic contraction, presented reproducible results. In terms of research we call psicomagnetobiology has been used for induction of cancer with *N-methyl-N-nitrosourea*, resulting in breast cancer 58% of rats.

Recibido: 15 de Junio de 2009
Aceptado: 4 de Septiembre de 2009

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo muestra de manera sucinta la importancia de las relaciones interdisciplinarias, así como los métodos por los cuales se ha llegado a resultados de investigación. El abordaje de problemas de salud se ha podido realizar con la participación de diferentes ciencias como la medicina, psicología y física médica.

Palabras clave:

Estudios interdisciplinarios; Psicomagnetobiología; Mecano-magnetogastrografía.

Keywords:

Interdisciplinary studies; Psicomagnetobiology; Mecano-magnetogastrography.

Desde el enfoque interdisciplinario presentamos dos casos exitosos y los métodos o formas en como se han llegado a los resultados. El primero consiste en el desarrollo tecnológico de la Mecano-Magnetogastrografía (MMGG) el cual sirve para medir el vaciado gástrico y las contracciones peristálticas, lo cual se ha vinculado a la psicología al estudiar la influencia de los estados emocionales como la ansiedad, depresión y estrés en pacientes con Dispepsia Funcional y en personas sanas. La MMGG se usa también como método para evaluar trastornos gastrointestinales como la Gastroparesia.

* Departamento de Psicología, División de Ciencias de la Salud del Campus León. Universidad de Guanajuato, 37150 León, Gto., México. Correo electrónico: joserocha@fisica.ugto.mx.

** Departamento de Ingeniería Física, División de Ciencias e Ingenierías del Campus León. Universidad de Guanajuato, 37150, León, Gto., México.

*** Departamento de Ciencias Médicas, División de Ciencias de la Salud del Campus León. Universidad de Guanajuato, 37150 León, Gto., México.

**** Departamento de Medicina, División de Ciencias de la Salud del Campus León. Universidad de Guanajuato, 37150 León, Gto., México.

***** Asociación Cultural Nueva Acrópolis México, 37480 León, Gto., México.

***** Centro Universitario de la Ciénaga. Universidad de Guadalajara, Ocotlán, Jal., México.

Como segundo caso, se presenta la investigación en ratas de experimentación, en las cuales se reprodujeron modelos de inducción de cáncer y de estrés los cuales permitirán comparar marcadores bioquímicos, realizar la citología y la caracterización espectroscópica, y ser aplicados en el diagnóstico y tratamiento del cáncer vinculado a estados emocionales y situaciones de desesperanza y estrés.

EVALUACIÓN DE LA MOTILIDAD GÁSTRICA POR MECANO-MAGNETOGASTROGRAFÍA

En este apartado se muestra cómo funciona el estómago, algunas de las técnicas que se utilizan para medir las contracciones peristálticas, el vaciamiento gástrico y la motilidad para finalmente explicar los avances que se tienen en el desarrollo de la MMGG, la cual ha sido implementada por catedráticos de la Universidad de Guanajuato, instrumento capaz de realizar el diagnóstico de la actividad gástrica y que se puede utilizar en el ámbito clínico.

Peristaltismo y Motilidad gástrica

La *actividad peristáltica* se da como consecuencia de ciclos de polarización y despolarización, que produce un patrón de tres contracciones por minuto en personas sanas. El vaciamiento gástrico es provocado por estas contracciones (Emmral R., 2002 p. 129). Los resultados del vaciamiento gástrico se expresan en forma de tiempo medio de vaciado [$\tau \frac{1}{2}$] (Johnson L. R., 2002, p. 27), definido como el tiempo en minutos en que vacía la mitad del contenido gástrico, calculado mediante regresión lineal.

A la actividad del estómago en su conjunto se le ha llamado *motilidad gástrica*, la cual tiene tres funciones: 1) actuar como depósito de las grandes cantidades de alimentos ingeridas en cada comida, 2) fragmentar el alimento en partículas pequeñas y mezclarla con las secreciones gástricas y 3) vaciar el contenido gástrico al duodeno a una velocidad controlada (Ganong W., 2002 p. 881).

Técnicas de evaluación del vaciado gástrico

La *manometría gastrointestinal*, permite medir los cambios de presión en el tubo gástrico mediante catéteres perfundidos o sensores intraluminales, obteniéndose datos cuantitativos mediante la determinación del índice de motilidad, que valora el número, la amplitud y la duración de las ondas (Read N. W., 1994). La *electrogastrografía*, consiste en la medición de los cambios eléctricos que se producen en la musculatura del estómago. (Abell T. L., *et al.*, 1988, p. 982). El vaciamiento gástrico medido mediante radioisótopos permite valorar

de una forma sencilla, precisa y no invasiva el vaciamiento gástrico tanto de líquidos como de sólidos. La técnica consiste en administrar una comida estandarizada, en la que se ha incorporado un marcador isotópico para sólidos y otro marcador para líquidos, el cual se observa a través de una *gammacámara*, es considerada como la técnica diagnóstica de referencia en el estudio del vaciamiento gástrico (Feldman M, 1984 p. 895, Collins P. J. 1983 p. 1117). En el estudio del vaciamiento gástrico mediante marcadores radio opacos, se administra un marcador radió opaco, y posteriormente se realizan radiografías simples de abdomen en períodos concretos de tiempo. La cuantificación del vaciamiento gástrico mediante ultrasonografía, se puede evaluar mediante la medición del área de una serie de cortes transversales del estómago, calculando así el volumen de líquido a diferentes intervalos de tiempo; o bien midiendo el área de corte de una sección antral y calculando el vaciamiento gástrico a partir de la disminución progresiva del tamaño de esta área durante el período posprandial. (Mc Clelland G. R., *et al.*, 1985 p. 607).

Mecano-Magnetogastrografía

Para medir el vaciado gástrico y las contracciones peristálticas se necesita un trazador magnético, que en nuestro caso es Fe_3O_4 , el cual proporciona una señal que puede ser leída a través de un sensor susceptible a dichos campos. Para que la maniobra sea controlada se necesita de un estimulador magnético, el cual mande un pulso uniforme y permita que el trazador pueda recibir un pulso que lo magnetice y oriente las partículas ingeridas. (De la Roca-Chiapas *et al.*, 2007 p. 175).

Las lecturas de las contracciones y vaciamiento gástrico se obtienen a partir de una señal en bruto que es filtrada por medio de la transformada rápida de Fourier. Esta muestra una gráfica resultante con diferentes picos de frecuencia; luego se toma como pico dominante al de mayor intensidad magnética en el rango de 1 a 7 contracciones y dicha frecuencia se considera como el valor de las contracciones peristálticas del estómago. Para el vaciado gástrico se capturan de cada medición, los primeros puntos de la intensidad magnética con los que luego se obtiene una curva de decaimiento asociada a la disminución del volumen del alimento ingerido (De la Roca-Chiapas *et al.*, 2007 p. 175), a la cual se le aplica una fórmula que se detalla más adelante.

Estimulador Magnético

El estimulador magnético está construido con dos bobinas ensambladas en un arreglo de Helmholtz, construidas con sesenta vueltas cada bobina, y alambre

magneto de cobre calibre 4. El pulso de campo producido por este arreglo es del orden de 32mT en un periodo de 17 μ s. La resistencia fue de $R_e = 260$ m Ω y una inductancia de $L_e = 0.928$ mH. Para generar el pulso magnético, se construyó un banco con seis capacitores conectados en paralelo, cuya capacitancia equivalente es de $C_e = 46$ mF. Este banco de capacitores está conectado a la red eléctrica de $v = 220$ V.

Para realizar la medición de la intensidad del campo magnético se uso un sensor fluxgate triaxial, modelo 539, de frecuencia baja menor que 100 Hz, con presión de 18 μ T. Este sistema está automatizado y su operación se hace desde una PC vía LabVIEW tanto para la estimulación como para la adquisición de datos.

Cálculo de las Contracciones peristálticas

A través de un proceso que analiza el decaimiento magnético se genera una señal en bruto que es filtrada, y luego analizada por la Transformada rápida de Fourier, permitiendo encontrar los picos dominantes de la frecuencia analizada.

Cálculo del Vaciado Gástrico

Se puede estimar a través del cálculo de la siguiente fórmula:

$$y(t) = y^0 \exp(-t/\tau), \quad (1)$$

donde $t = \tau \ln 2$ representa el tiempo medio de vaciado gástrico.

Aplicación de la MMGG en la evaluación de gastroparesia

Se refiere como gastroparesia al tiempo de vaciamiento gástrico prolongado, en ausencia de obstrucción (Soykan I. *et al.*, 1998). Su etiología es principalmente idiopática con un 36% (de allí su importancia y relación con los estados emocionales) diabética en un 29% y la postquirúrgica en un 13%, el resto es debido a enfermedades crónicas o inmunosupresoras (McCallum R.W., *et al.*, 1998 p. 1).

La gastroparesia diabética [GPD] es una entidad que se presenta en mayor frecuencia en diabéticos tipo 1 (70% en DM1 vs 37% en DM2), de larga evolución (21 \pm 8 años vs 13 \pm 6 años) comparado con pacientes con otras etiologías (Eisenberg B. *et al.*, 1995 p. 296).

La patofisiología de la GPD no está bien descrita, sin embargo, se propone una disfunción entre la interacción del músculo liso de cuerpo y antro gástrico (Koch K. L., 2001 p. 51) la inervación autonómica entérica y el marcapasos creado por las células intersticiales de Cajal, (Ajunobi A. B. *et al.*, 2008). De ahí la importancia de medir las contracciones peristálticas con la MMGG.

PSICOMAGNETOBIOLOGÍA

En este apartado se mencionaran el significado de esta línea de investigación que ha surgido a través de la relación interdisciplinaria y se expondrá el vínculo entre las emociones y enfermedades, el desarrollo de un modelo experimental donde el cáncer como patología física se vincula al estrés como patología psicológica y relacionada con técnicas de diagnóstico como es el escáner magnético que sirve para medir el tamaño del tumor.

El cáncer

El cáncer mamario es la neoplasia más común en la mujer a nivel mundial y debido a que no se conoce su etiología no se ha logrado establecer una estrategia efectiva de prevención. Los principales factores de riesgo asociados al cáncer mamario se clasifican en: hereditarios, endocrino-reproductivos y factores ambientales.

Emociones y enfermedades

Se ha descrito como existe un vínculo entre los factores emocionales como el estrés, depresión y ansiedad (Barry S., *et al.*, 2006 p. 2701, Cheng C., *et al.*, 2004 p. 85, Lee S. *et al.*, 2000 p. 93) y la aparición de enfermedades, uno de los trabajos que buscan integrar un consenso es el modelo propuesto por Ursin (Ursin H. *et al.*, 2004 p. 567).

Biomagnetismo y Magnetobiología

Los seres humanos y animales generan campos magnéticos, su estudio se divide en magnetobiología que estudia efectos de estos campos en los organismos, que va desde la orientación migratoria hasta el estudio del daño a la salud por exposición de ondas electromagnéticas de baja densidad.

El Biomagnetismo consiste en la medición de los campos, que es útil para entender los sistemas biofísicos, realizar diagnósticos clínicos y crear nuevas terapias. Los campos son extremadamente tenues alrededor de nanoteslas 10⁻⁹ o fentoteslas 10⁻¹⁵.

Inducción de cáncer mamario en ratas

Existen modelos animales de inducción de cáncer mamario que reúnen ciertas características que los hacen de gran utilidad en el estudio de diversos aspectos de esta enfermedad como son: a) desarrollo en corto tiempo de los tumores, b) los tumores se desarrollan principalmente en la glándula mamaria, c) el carcinógeno causa un pobre o nulo efecto tóxico sistémico; y d) los tumores mamarios tienen un origen histológico y de características patológicas similares a las que se presentan en la mayoría de los casos de cáncer mamario humano (Medina *et al.*, 2000).

En el experimento se utilizó de la inducción química de cáncer mamario en rata usando el carcinógeno *N*-metil-*N*-nitrosourea (MNU) que es el que da mejores resultados e implica una menor cantidad de maniobras experimentales, como lo han descrito diferentes autores (Aceves 2005).

En este modelo de inducción química de cáncer mamario en ratas, se utilizan hembras de 50 días de edad y de la cepa Sprague Dawley. En una sola dosis intraperitoneal de 50 mg de MNU por Kg de peso corporal. El MNU es un agente alquilante que actúa directamente en el DNA generando mutaciones. (García-Solis P. *et al.*, 2005 p. 211).

Inducción de estrés en ratas

Para la inducción de estrés se utilizó el modelo de estrés por aislamiento el cual consiste en colocar las ratas en jaulas de manera aislada, y sin poder ver a sus compañeras dentro del bioterio, lo cual genera una conducta de apatía y estrés crónico después de la 10 semana de aislamiento.

Escáner Magnético

Un escáner es un aparato o dispositivo utilizado en Medicina, Electrónica e Informática, el cual explora el cuerpo humano, un espacio, imágenes o documentos.

En general todos los escáneres funcionan en base a diferentes principios físicos. Para el desarrollo de este trabajo interesan los escáneres que funcionan en base al magnetismo. El más importante de estos dispositivos es la Resonancia Magnética, la cual está basada en las propiedades magnéticas que poseen los núcleos atómicos, ya que si se somete al paciente a un campo magnético muy intenso (1.5 T).

Para el desarrollo del escáner se trabajó con 3 sensores magnéticos (SM) HMC1001, los cuales funcionan mediante el principio de la magneto resistencia y tienen dimensiones de 10 mm de largo, 4 mm de alto y 1.5 mm de ancho.

Hipertermia terapéutica para cáncer

Esta maniobra terapéutica consiste en la inyección de nano-partículas super-paramagnéticas a las cuales se les provoca una vibración a través de una alta frecuencia lo que provoca que eleve la temperatura de la nanopartícula provocando muerte celular *in situ*. Actualmente se utiliza a manera experimental en humanos como terapia coadyuvante al tratamiento de cáncer.

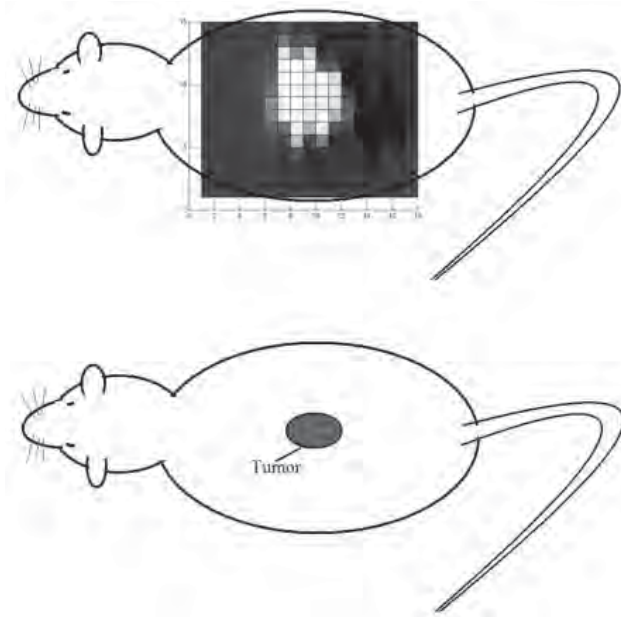


Figura 1. Esquema de la proporción entre el tamaño de la rata con tumor y la superficie de medición.

RESULTADOS DE LA VINCULACIÓN

El trabajo interdisciplinario ha permitido que un problema sea abordado desde diferentes enfoques y se hagan aproximaciones que ayudan a entender el fenómeno de la salud-enfermedad como multidimensional.

Así, en el análisis de la motilidad se ha podido mostrar que: se puede medir el vaciado gástrico con alimento sólido y líquido, la Mecano-magnetogastrografía es reproducible para sujetos sanos, que las contracciones peristálticas son similares entre pacientes con Dispepsia Funcional y voluntarios sanos, y que las personas que presentan mayores puntajes en las pruebas de depresión, ansiedad y estrés presentan alteraciones en el tiempo de vaciado gástrico.

En cuanto a la MMGG, ésta es una técnica que tiene ventajas sobre las técnicas de diagnóstico actuales ya que no es invasiva, carece de radiación ionizante, no interfiere con la privacidad del paciente y presenta resultados reproducibles (De la Roca-Chiapas *et al.*, 2007 p. 175).

Por las investigaciones realizadas y las en curso creemos que se puede buscar la patente del arreglo de la MMGG, del programa computacional asociado, así como de la fórmula de elaboración del alimento sólido, para buscar que se use como técnica de diagnóstico en el área clínica.

En cuanto a la psicomagnetobiología se ha encontrado que se puede inducir cáncer mamario en ratas así como la maniobra de estrés de manera exitosa, lo cual ha permitido que en promedio y como resultado preliminar con 60 ratas inducidas se haya obtenido la aparición de cáncer en el 58% de las ratas a las que se les inyectó con el MNU. Se ha desarrollado por parte del equipo de Física Médica un escáner magnético que puede obtener imágenes donde se aplique la solución con partículas ferromagnéticas.

Asimismo esta línea de investigación ha abierto posibilidades de trabajo tanto con el área de física médica, óptica, oncología y psicobiología de las enfermedades.

El vínculo entre las dos líneas de investigación se dio a partir de dos factores, el primero, el desarrollo tecnológico implementado por el Departamento de Ingeniería Física, el cual requirió de sumar componentes electrónicos, mecánicos, de programación así como las interfaces entre ellos. Y segundo por la apertura de este Departamento para colaborar y formar especialistas de otras áreas de conocimiento, lo cual se vio enriquecido por las preguntas de investigación que nacen desde la psicología y la medicina. Lo que ha dado la oportunidad de investigar la actividad del estómago vinculada con estados emocionales como el estrés, la ansiedad y la depresión.

En la psicomagnetobiología se espera lograr conocer los patrones magnéticos en el cuerpo de emociones específicas, es decir se espera evaluar los niveles emocionales de pacientes con cáncer y conocer si existe un patrón magnético específico, es decir todo el desarrollo tecnológico se dirigirá a poder explorar por medio de una valoración física cuantificable los efectos de los estados emocionales.

AGRADECIMIENTOS

Para la realización de estos proyectos se recibo apoyo parcial del Concyteg según convenio 07-16-k662-062 A4.

REFERENCIAS

- Abell, T.L., Malagelada J.R. (1988). Electrogastrography. Current assessment and future perspective. *Digestive Disease*. 33: 982-992.
- García-Solis, P., Aceves, C.(2005). Study of nutritional factors related to breast cancer prevention. Importance of animal models approaches. *Arch Latinoam Nutr*. 55:211-25.
- Ajunobi, A.B., Griffin, R.A. (2008). *Diabetic Gastroparesis: Evaluation and Management Hospital Physician*. 27-35
- Barry, S. y Dinan, T.G. (2006). Functional dyspepsia: are psychosocial factors of relevance?. *World J Gastroenterol*. 12:2701-2707.
- Cheng, C. Hui, W.M., Lam, S.K. (2004). Psychosocial factors and perceived severity of functional dyspeptic symptoms: a psychosocial interactionist model. *Psychosom Med*. 66:85-91.
- Collins, P.J., Horowitz, M., Cook, D.J., Harding, P.E., Shearman, D.J. (1983). Gastric emptying in normal subject, A reproducible technique using a single scintillation camera and computer system. *Gut*. 24: 1117-1125
- De la Roca-Chiapas, J.M., Cordova, T., Hernandez, E., Solorio, S., Solis, S y Sosa, M. (2007). Magnetogastrography (MG) reproducibility assessments of gastric emptying on healthy subjects. *Physiol. Meas*. 28: 175-183.
- Eisenberg, B., Murata, G.H., Tzamaloukas, A.H., Zager, P., Avasthi, P. (1995). Gastroparesis in diabetics on chronic dialysis: clinical and laboratory associations and predictive features. *Nephron*. 70:296-300
- Emral, R. (2002) Diabetic gastroparesis (Gastroparesis diabetorum). *Journal of Ankara Medical School*. 24:129-136
- Feldman, M., Smith, H.J., Simon, T.R. (1984). Gastric emptying of solid radiopaque markers: studies in healthy subjects and diabetic patients. *Gastroenterology*. 87, 895-902
- Ganong, W. (2002). *Tratado de Fisiología Médica*. (México, Mundo Moderno) pags. 881-895
- Johnson, L.R. (2002). *Gastrointestinal Physiology*. (New York , Mosby) pags. 27-46
- Koch, K.L. (2001). Electrogastrography: physiological basis and clinical application in diabetic gastropathy. *Diabetes Technol Ther*. 3:51-62.
- Lee, S., Park, M., Choi, S., Nah, Y., Abbey, S.E., Rodin, G. (2000). Stress, coping, and depression in non-ulcer dyspepsia patients. *J Psychosom Res*. 49:93-99.
- McCallum, R.W., Brown, R.L. (1998). Diabetic and nondiabetic gastroparesis. *Curr Treat Options Gastroenterol* 1: 1-7.
- McClelland, G. R., Sutton, J.A. (1985). Epigastric impedance: a no invasive method for the assessment of gastric emptying and motility. *Gut*. 26 607-614
- Read, N.W. (1994). *Gastrointestinal Motility Which test?* (Petersfield: Wrightson Biomedical publishing.USA)
- Soykan, I., Sivri, B., Sarosiek, I., Kiernan, B., McCallum, R.W. (1998). Demography, clinical characteristics, psychological and abuse profiles, treatment, and long-term follow-up of patients with gastroparesis. *Dig Dis Sci*. 43(11):2398-404
- Ursin, H, Eriksen, H.R. (2004). The cognitive activation theory of stress. *Psychoneuroendocrinology*. 29:567-592