

Evaluación de campos electromagnéticos de la diatermia terapéutica por microondas en el Perú

Assessment of electromagnetic fields from therapeutic diathermy in Peru

Víctor Cruz Ornetta¹

Resumen

Objetivos: Evaluar los campos electromagnéticos de la diatermia terapéutica. **Materiales y métodos:** Se busco la información sobre los conceptos básicos, posibles efectos, límites de exposición y mediciones y se realizaron mediciones en el Hospital Nacional Daniel Alcides Carrión en Callao, Perú, en el marco de trabajo conjunto entre la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (FIEE-UNMSM), el Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones (INICTEL-UNI) y la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería (FIA-UNI), y la Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud (DIGESA-MINSA). **Resultados:** La investigación mostro que la exposición ocupacional a los campos electromagnéticos de la diatermia terapéutica en algunos casos puede sobrepasar los límites máximos de exposición. **Conclusiones:** Es importante evaluar la exposición ocupacional y del paciente para evitar efectos adversos sobre la salud de los trabajadores y pacientes.

Palabras claves

Diatermia, diatermia terapéutica, radiaciones no ionizantes, RNI, radiofrecuencias, recomendaciones ICNIRP

Abstract

Objectives: To evaluate the electromagnetic fields from therapeutic diathermy. **Materials and methods:** At the first stage it was looked for information about basic concepts, possible effects, exposure limits and measurements previously carried out and in the second stage they were carried out measurements at the National Hospital Daniel Alcides Carrión en Callao, Peru within the framework of a joint work among the Faculty de Electronic and Electric Engineering of the National University of San Marcos (FIEE-UNMSM), National Institute for Research and Training in Telecommunications (INICTEL-UNI) and Faculty of Environmental Engineering of the National University of Engineering (FIA-UNI) and the General Direction for Environmental Health of the Ministry of Health (DIGESA-MINSA) **Results:** The research showed that occupational exposure to electromagnetic fields from therapeutic diathermy could be above maximum exposure limits **Conclusions:** It is important to assess occupational and patient exposure to avoid detrimental effects on workers and patient health

¹ Ingeniero. Magister. Docente UNMSM. Docente URP

Key words

diathermy, therapeutic diathermy, non- ionizing radiations, NIR, radiofrecuencias, ICNIRP guidelines.

Introducción

La Diatermia Terapéutica es una modalidad de tratamiento fisioterapéutico que utiliza clínicamente radiación de radio frecuencia de onda corta y microondas para calentar tejido relativamente profundo en el cuerpo humano, que al mismo tiempo minimiza el incremento de temperatura de la piel que se da para otras formas de calentamiento terapéutico. Las ondas cortas son acopladas al cuerpo humano mediante electrodos de tipo capacitivo o inductivo mientras que las microondas son acopladas al cuerpo mediante el haz de alguna forma de antena. Esta forma terapia es muy útil para el tratamiento de lesiones de tejidos suaves de origen traumático y enfermedades degenerativas como la artritis y artrosis y algunas infecciones localizadas [1].

El objetivo general del presente estudio fue evaluar los niveles de radiación de un sistema de diatermia terapéutica por microondas real en uso en la ciudad de Lima. Los objetivos específicos fueron tomar conocimiento del estado del arte y luego realizar las mediciones.

Materiales y métodos

En la Fase I se realizó la investigación bibliográfica del estado del arte en el cual se busco la información sobre los conceptos básicos, posibles efectos, límites de exposición y mediciones realizadas.

En la Fase II se procedió a realizar mediciones en un equipo de diatermia terapéutica en microondas en el Hospital Nacional Daniel Alcides Carrión en el Callao. Para la realización de las mediciones básicamente se utilizó un analizador de campos electromagnéticos NARDA EMR-300.

Resultados

FASE I: Investigación bibliográfica

Los equipos

Los equipos de diatermia terapéutica son equipos biomédicos utilizados clínicamente para calentar tejidos situados a cierta profundidad dentro del cuerpo y que minimizan el incremento e temperatura en la piel que se da de manera paralela en otras formas de calentamiento terapéutico. Debido a la gran demanda del espectro de radiofrecuencia para las diferentes aplicaciones de telecomunicaciones la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) ha atribuido bandas específicas para las aplicaciones industriales, científicas y médicas (ISM). Las frecuencias a las que operan estos sistemas en onda corta son de 27.12 MHz y en microondas de 915 y 2450 MHz.. La potencia máxima es del orden de 250 W aunque en la práctica la potencia es limitada por el diseño de la antena [1].

La onda corta debido a su menor frecuencia y mayor longitud de onda penetra con mayor profundidad por lo que logra un aumento de la temperatura en tejidos más profundos, pudiéndose producir daños en tejidos internos si no se aplica con el debido cuidado. Las microondas forman un haz de energía muy directivo sobre el área de aplicación siendo ésta absorbida por los tejidos con un alto contenido en agua. Esta energía de microondas se refleja entre los límites de tejidos diferentes (músculo/hueso) y rara vez penetra una profundidad de 2 cm. y puede ser dirigida directamente sobre el tejido que se desea tratar, minimizando de este modo el riesgo de sobrecalentamiento de los tejidos limítrofes. En el caso de una mala aplicación de la diatermia en microondas puede haber quemaduras superficiales [1,2].

Se pueden utilizar dos tipos de sistemas:

Unipolar: Que usa un electrodo de retorno con mucha mayor superficie que el electrodo de tratamiento y colocado fuera del área de tratamiento. El electrodo activo generalmente es de menor superficie y su objetivo es aumentar la temperatura en la zona de aplicación del electrodo.

Bipolar: Que aplica ambos electrodos en la zona de tratamiento por lo que el calor y la energía están localizados en un pequeño volumen.

Los sistemas bipolares son más seguros, aunque la onda penetra menos, porque solo produce efectos entre los dos electrodos. En la figura 1 se muestran de manera esquemática los dos tipos de sistemas.

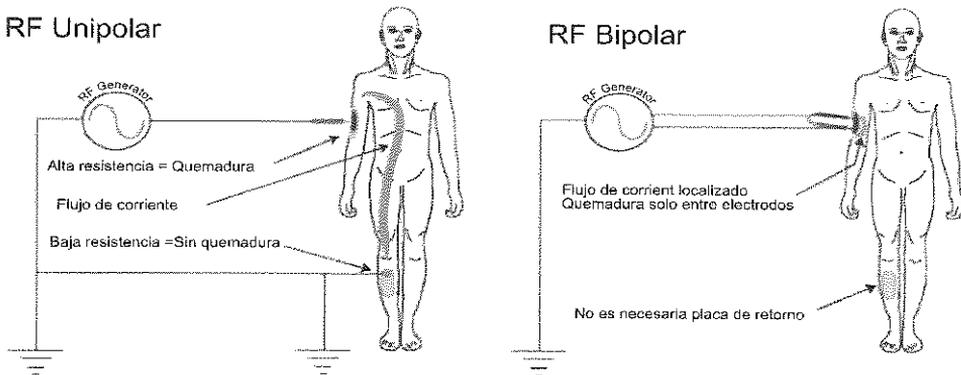


Figura 1. Esquema de sistemas de diatermia unipolar y bipolar para diatermia en onda corta

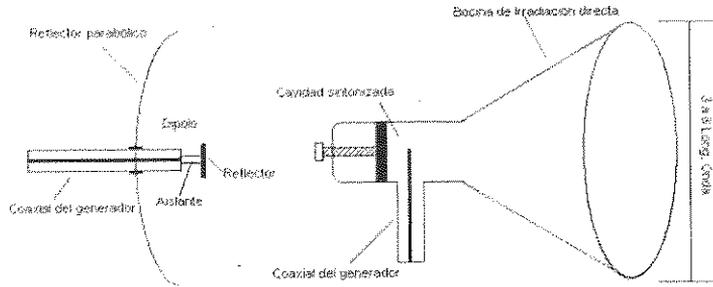


Figura 2. Antena utilizada para diatermia terapéutica en microondas

Mecanismo de interacción

Los campos electromagnéticos utilizados para la diatermia son radiaciones no ionizantes que no producen cambios en la estructura molecular de las sustancias, sin embargo principalmente producen el calentamiento del material biológico en el que inciden siendo las moléculas polares del cuerpo como el agua las principales responsables de la transformación en calor de la energía de las ondas de radiofrecuencia.

Los principales mecanismos de interacción de las radiofrecuencias con la materia [2] son:

- La conducción iónica y
- La rotación dipolar.

Estos mecanismos son ilustrados en las figuras 3 y 4.

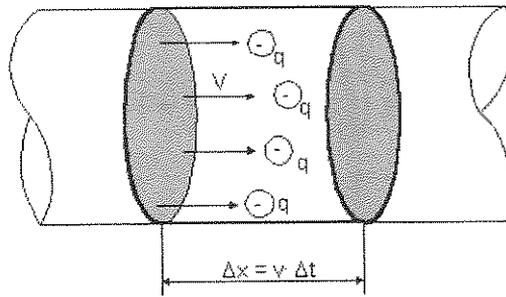


Figura 3. Movimiento de conducción iónica

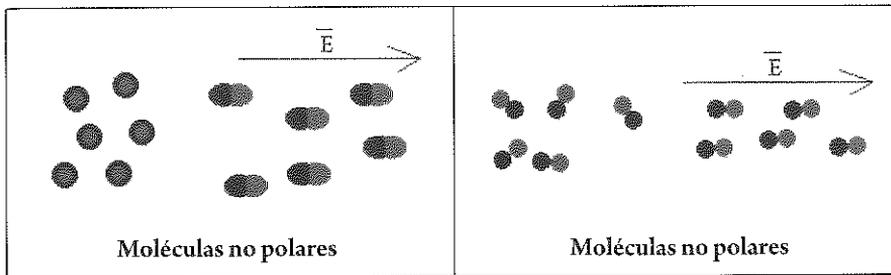


Figura 4. Orientación de moléculas polares y no polares

Efectos fisiológicos

El efecto terapéutico de las radiofrecuencias [1,2] está basado en los siguientes aspectos fundamentales:

- La vasodilatación facilita la remoción de los agentes de la inflamación (metabolitos y toxinas) y el aporte de agentes reparadores y mejora el drenaje de los sitios inflamados reduciendo el edema.
- El calentamiento cutáneo de una extremidad produce vasodilatación en la extremidad contralateral lo que podría ser utilizado para incrementar el flujo sanguíneo en vasos parcialmente obstruidos por enfermedad vascular periférica y para las cuales el calentamiento directo esta contraindicado.
- La vasodilatación ayuda al alivio del dolor mediante el transporte de agentes nocigénicos como la bradicina e histamina que tienen un papel importante en la iniciación y mantención del dolor.
- La activación térmica del mecanismo compuerta de control de dolor en el cual la información sensorial cutánea que ingresa a la medula espinal a través de la sustancia gelatinosa precede en transmisión a los centros más altos sobre la actividad de las fibras que transportan la información del dolor.
- El calor altera las propiedades viscoelásticas del colágeno y a temperaturas dentro del rango terapéutico (41- 45°) exhiben un comportamiento viscoso en vez de elástico, cuando se estiran pasivamente mientras están en caliente el colágeno permanece estirado cuando se enfría y es menos susceptible a la ruptura que cuando es estirado sin calentamiento, lo que permite el tratamiento de la limitación del rango de movimiento debido a contractura del tejido conectivo periarticular o acortamiento de otros tejidos suaves de la articulación.

Estos efectos dependen principalmente de:

- La estructura de los tejidos que atraviesan (constante dieléctrica, permeabilidad magnética y conductividad principalmente),
- El contenido de agua y reflexiones entre tejidos contiguos de diferentes propiedades (piel-grasa, grasa- musculo, etc.).

Efectos sobre la salud

Dentro de efectos positivos la diatermia terapéutica puede ser utilizada para [1,2] el tratamiento de afecciones y enfermedades como: Inflamación cervical no infecciosa, artrosis aguda de rodilla, artritis crónica, tendinitis y esguinces, luxaciones, varices, hemorroides, celulitis.

Los posibles efectos negativos están [1, 2, 3, 4, 5] relacionados con la malformación o pérdida de bebes y las cataratas en el caso de la exposición ocupacional. En el caso del paciente podrían haber quemaduras superficiales o de órganos internos si no se tiene el cuidado adecuado por parte del personal médico o paramédico.

Límites de exposición

1. Estándares Internacionales- Recomendaciones ICNIRP

Las Recomendaciones ICNIRP sobre límites máximos permisibles para RNI [6] son las más aceptadas a nivel internacional, siendo aceptadas por la OMS y la OIT.

Exposición Poblacional, los límites se aplican en situaciones en la cual el público en general puede estar expuesto a radiaciones incluyendo niños, ancianos, personas enfermas entre otros, o en el caso en que las personas estén siendo expuestas como consecuencia de su trabajo, y no pueden ser informados de la potencia de exposición, o no pueden tomar control sobre su propia exposición.

Exposición Ocupacional, los límites son más permisivos y se aplican en situaciones en las cuales las personas se encuentran expuestas a radiaciones como consecuencia de su trabajo y que están enteradas de la potencia de exposición, y pueden tomar control sobre ésta, o en situaciones cuando una persona se encuentra transitoriamente en un lugar donde dichos límites son aplicados y esta persona es informada sobre la potencia de la exposición. En las tablas 4 y 5 se presentan los límites de las Recomendaciones ICNIRP 1998.

Exposición del paciente, ICNIRP señala que sus límites no son aplicables a pacientes que están bajo tratamiento de algún problema de salud y que es el médico el que debe definir los niveles y el tiempo de tratamiento.

2. Regulación Peruana

Los Estándares de Calidad Ambiental para Radiaciones No Ionizantes (ECAs- RNI), D.S 010-2005-PCM [7], fueron establecidos por el Consejo Nacional del Ambiente del Perú (CONAM) que adopta

Tabla 1. Límites ICNIRP ocupacionales para diatermia terapéutica

Exposiciones típicas del operador y del paciente

Rango de Frecuencias (MHz)	Intensidad de Campo Eléctrico (V/m ¹)	Intensidad de Campo Magnético (A/m ⁻¹)	Densidad de Flujo Magnético (μT)	Densidad de Potencia (W/m ²)
13.2 MHz	61	0,16	0,2	10 (1 W/cm ²)
915 MHz	90.75	0,24	0,3	22.88 (2.3 mW/cm ²)
2 450 MHz	137	0.36	0.45	50 (5 mW/cm ²)

Exposición típica del paciente 10 a 20 W/m² [1].

Exposición del operador: podría llegar al orden de 400 V/m que son mucho mayores que el límite de 137 V/m para microondas 2450 MHz [1].

Rango de Frecuencias (MHz)	Intensidad de Campo Eléctrico (V/m ¹)	Intensidad de Campo Magnético (A/m ⁻¹)	Densidad de Flujo Magnético (μT)	Densidad de Potencia (W/m ²)
13.2 MHz	28	0,073	0,092	2 (0.2 mW/cm ²)
915 MHz	41.59	0,11	0,14	4.66 (0.46 mW/cm ²)
2 450 MHz	61	0.16	0.20	10 (1 mW/cm ²)

Tabla 2. Límites ICNIRP poblacionales para diatermia terapéutica

Seguridad de la exposición del paciente

Las contraindicaciones para esta terapia incluyen [1]:

- sensibilidad termal cutánea deteriorada
- isquemia
- trombosis local
- tumores malignos
- implantes metálicos (marcapasos, estimuladores cerebrales, etc.)
- embarazo
- radioterapia reciente
- tejidos que muestran inflamación aguda, infección o hemorragia
- los órganos pobremente vascularizados (ojos, gonadas) deberían ser adecuadamente protegidos cuando se realizan tratamientos en zonas cercanas

Po otro lado

- la piel a tratar debe estar seca y sin cremas o linimentos
- el paciente debe ser consciente de que hay riesgo de quemadura y que su colaboración es importante para detectar sobrecalentamientos.

Seguridad ocupacional

Siendo que los aplicadores son abiertos puede haber una sobreexposición del personal médico por lo cual se debe mantener una estricta adherencia a las instrucciones de seguridad.

- Para una definición más exacta de las distancias y tiempos de seguridad debe realizarse una evaluación del ambiente de trabajo.
- Alinear adecuadamente el aplicador. Una alineación diferente puede provocar campos de fuga que pueden afectar al operador.
- Asegurarse que el paciente se haya retirado todos los objetos metálicos (anillos, relojes, anteojos, etc.).
- Asegurarse que el cable coaxial este correctamente conectado a la maquina y al aplicador.
- No dejar caer el aplicador o el cable sobre superficies metálicas.
- No dirigir el aplicador hacia las unidades de control.
- Tener cuidado a la hora de operar el aplicador (el daño de las mismas puede resultar en una alteración de su propiedades direccionales.

Distancias de seguridad

En onda corta [8,10]

- 2 m de los electrodos para aplicador tipo capacitivo y onda continua, 1.5 m para aplicador tipo capacitivo y onda pulsante
- 1 m para aplicador tipo inductivo y
- 1 m de los cables cuando el equipo esta en operación.

En microondas [9]

- 2 m con respecto al aplicador
- Se debe evitar cualquier exposición a menos de 0.5 m
- Se debe evitar que el trabajador se acerque a grandes objetos metálicos que podrían reflejar los campos.

En ambos casos de superarse los límites recomendados se recomienda la limitación del tiempo cerca al equipo.

Mediciones

Un estudio [11] muestra que para los equipos de onda corta las rodillas del operador pueden tener la más alta exposición cuando se realiza la operación normal detrás de la consola del equipo. La exposición al campo eléctrico normalmente no excede los límites IEEE 1992. A 20 cm se tiene 15.96 V/m y 0.34 A/m mientras a 150 cm los valores son despreciables.

Otro estudio [12] también realizado para onda corta trabajando con onda pulsante, los resultados muestran que a 15 cm se tiene un campo eléctrico de 2.5 V/m y 200 cm se tiene un campo de 0.98 V/m, valores que se encuentran por debajo de los límites ICNIRP.

Un tercer estudio [13] para diatermia en microondas mostro que de 8 pacientes evaluados para 4 de ellos a 30 cm de distancia no excedieron los límites máximos de exposición, mientras en otros 4 se excedía hasta en un 100 %

FASE II. Mediciones en el Hospital Nacional Daniel Alcides Carrión

Las mediciones fueron llevadas a cabo en el Hospital Daniel Alcides Carrión en el Callao, el equipo utilizado fue el analizador de campos electromagnéticos NARDA EMR-300 y el protocolo estuvo basado en los criterios del Estándar IEEE C95.3 -2002 ((Revisión del estándar IEEE Std C95.3-1991) [14]. En la figura 5 se muestran la ubicación de los puntos de medición y en la figura 6 se muestran los niveles para cada uno de los puntos.

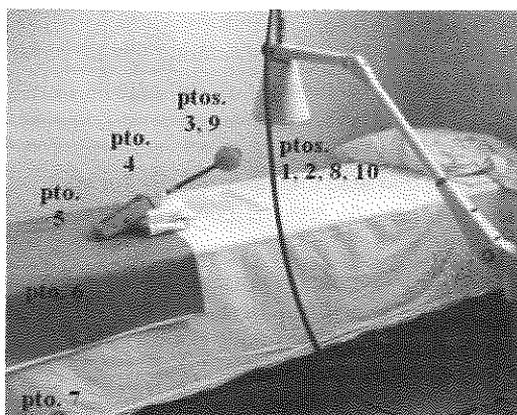


Figura 5. Mediciones realizadas en el Hospital Nacional Daniel Alcides Carrión

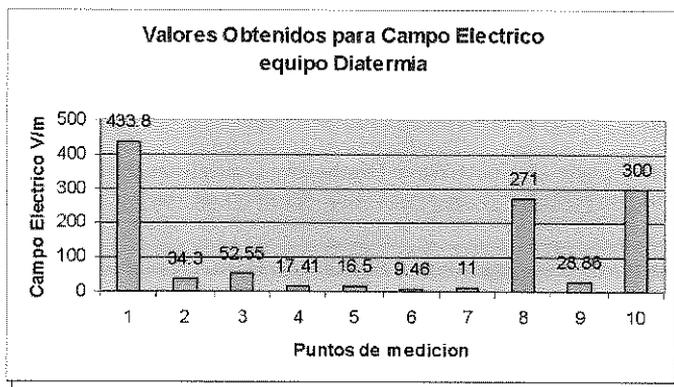


Figura 5. Resultados de las mediciones realizadas en el Hospital Nacional Daniel Alcides Carrión

CONCLUSION

Los valores medidos en el Hospital Nacional Daniel Carrión en el Callao solamente pasan los límites ICNIRP ocupacionales cuando se mide directamente debajo de la antena en todos los demás casos cumplen con los límites de exposición.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- GOATS G. Microwave diathermy. Br. J. Sp. Med 24, N°4, 212-218 (1990)
- DELPIZZO V, JOYNER K. On the safe use of microwave and shortwave diathermy units. The Australian Journal of Physiotherapy, 33, N°3, 152-162 (1987)
- OUELLET-HELLSTROM R, STEWART WF. Miscarriages among female physical therapists who report using radio- and microwave-frequency electromagnetic radiation, American Journal of Epidemiology 39, 10, 775-786 (1993)
- HERTZ-PICCIOTTO I. The evidence that lead increases the risk for spontaneous abortion, American Journal of Industrial Medicine, 38, 300-309 (2000)
- LERMAN Y, JACUBOVICH R, GREEN M. Pregnancy outcome following exposure to shortwaves among female physiotherapists in Israel, American Journal of Industrial Medicine, 39, 499-504 (2001)
- INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION. Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (Up to 300 GHz), Health Phys 74, N° 4, 494-522 (1998).
- CONSEJO NACIONAL DEL AMBIENTE. Estándares de Calidad Ambiental para Radiaciones No Ionizantes (ECA- RNI), D.S. 010-2005-PCM (2005), http://www.conam.gob.pe/documentos/N_ECAs_LMPs/Aprueban%20Estándares%20de%20Calidad%20Ambiental.pdf
- HEALTH CANADA. Safety Code 25. Short Wave Diathermy Guidelines for Limited Radiofrequency Exposure. Ottawa Health Canada, Document 83-EHD-98,1983
- NATIONAL HEALTH AND MEDICAL RESEARCH COUNCIL (NHMRC). Code of practice for the safe use of microwave diathermy units (1985). Canberra: NHMRC, Commonwealth of Australia 1986a
- NATIONAL HEALTH AND MEDICAL RESEARCH COUNCIL (NHMRC). Code of practice for the safe use of shortwave (radiofrequency) diathermy units (1985). Canberra: NHMRC, Commonwealth of Australia 1986b

LI C, FENG C. An evaluation of radiofrequency exposure from therapeutic diathermy equipment, *Industrial Health* 37, 465-468 (1999)

GRUBER C, DE MOURA M, KLEIN G, NOHAMA P, GEWEHR P. Evaluation of electric fields emitted by pulse short wave diathermy equipment

MOSELEY H, DAVISON M. Exposure of physiotherapists to microwave radiation during microwave diathermy treatment, *Clin. Phys. Physiol. Meas.* 2, N° 3, 217-221 (1981)

INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS. IEEE Recommended Practice for Measurements and Computations of Radio Frequency Electromagnetic Fields With Respect to Human Exposure to Such Fields, 100 kHz–300 GHz, IEEE Standard C95.3, IEEE, New York (2002)