

DESARROLLO DE UN EQUIPO LASER PARA ACUPUNTURA

BORJON LF. CARRION E. OSTORNOL F. GONZALEZ T.

Galaxia Internacional de Comercio, S.A.

La acupuntura, así como una serie de tratamientos trans-epidérmicos en los que se emplea el laser, ofrecen un amplio campo de aplicaciones en México. Con objeto de reducir los costos en equipos de esta naturaleza, así como para eliminar la necesidad de importación, se ha llevado a cabo un equipo de terapia laser enfocado al campo de la acupuntura, empleando para ello tecnología nacional.

Introducción.

La acupuntura forma parte del vasto campo de la medicina china. Dentro de esta concepción el paciente es considerado como una totalidad integrada en el medio. Con base en ella, nace la técnica de laserpuntura, consistente en la aplicación del laser en sustitución de técnicas acupunturales clásicas (agujas) o como coadyuvante de ellas. La laserpuntura ofrece ventajas sobre los métodos tradicionales debido a la asepsia, rapidez, así como la ausencia de stress que es posible ofrecer al paciente.

Los equipos que se han desarrollado para cubrir esta necesidad provienen fundamentalmente de Europa presentando un costo elevado. Observando la demanda existente, Galaxia Internacional de Comercio, S.A. se abocó al desarrollo de un sistema que ofreciera características semejantes a los equipos de importación pero a un costo inferior. A partir de ese momento, se comenzó un desarrollo, el cual ha constado de: investigación de materiales y proveedores, desarrollo y pruebas de un prototipo y obtención de un producto comercial.

En el presente artículo se hace una descripción de este desarrollo, ofreciéndose a su vez información general sobre los efectos del laser en aplicaciones epidérmicas.

1 Efectos de la terapia laser.

Desde el punto de vista occidental aún resulta difícil cuantificar cuales son los efectos que presenta la acupuntura en el cuerpo humano, sin embargo, debido al éxito presente, se continúa la investigación con objeto de definir los mecanismos de acción que se obtienen mediante esta terapia.

Antes de definir cuáles son los efectos conocidos de la aplicación de la terapia con laser cabe aclarar algunos puntos:

a) El laser es un dispositivo que produce radiación electromagnética de alta energía y que cuenta con características tales como: monocromaticidad, concordancia en fase y alta intensidad radiante.

b) El laser puede ser obtenido mediante tres formas distintas: gas, excitación externa y semiconductor. A su vez, pueden tenerse dos diferentes tipos de operación: continuo y pulsado (siendo mutuamente exclusivos).

El objeto del presente, no es definir cada una de las anteriores, sino establecer la existencia de diferentes tipos de emisión laser, siendo que cada una presentar distintas características de acuerdo al tipo de obtención, forma de operación y materiales empleados en el mismo.

Con base en lo anterior, es posible hablar del papel del laser en la acupuntura así como en algunas aplicaciones trans-epidérmicas.

Los mecanismos de acción obtenidos con el laser son:

- a) El laser obra en interacción con las células estimulando la actividad enzimática de las mitocondrias.
- b) Estimula la micro-circulación.
- c) Favorece la producción de fibras colágenas y de fibras elásticas.
- d) Incrementa la producción de endorfinas en las sinapsis neuronales y por consiguiente aumenta el umbral de percepción del dolor.

Los tipos de laser empleados para esta terapia son: El de HeNe (helio neón) y el de semiconductor.

El laser de HeNe (632 nm) presenta una radiación continua, penetrando hasta 7 mm a partir de la epidermis. Se utiliza para problemas dérmicos y en acupuntura.

El laser de semiconductor (904 nm). Supera la barrera cutánea y subcutánea penetrando hasta 35 mm. Su radiación es pulsante y emite picos de alta potencia en fracciones de segundo, sin embargo la potencia media emitida es similar a la del laser de HeNe. Se aplica en acupuntura, así como en problemas alérgicos e inflamatorios.

Para poder lograr los efectos mencionados se requiere de diferentes frecuencias de estimulación, por ejemplo: para el caso del laser de semiconductor (diodo laser de GaAs) se presentan los siguientes efectos:

parte se habilitar de acuerdo a una señal de control externa suministrada por el circuito de contacto (ver 2.2.3).

d) Mide la impedancia de la piel de acuerdo a la posición del localizador de puntos, ofreciéndose una retroalimentación auditiva cuya frecuencia varíar en función a la impedancia.

La tarjeta se diseñó con ayuda de una computadora, siendo posteriormente realizada en dos caras con "thru-hole" y contando con mascarilla anti-soldante.

2.2.2 Fuentes de alimentación.

Esta parte se conforma de dos fuentes no reguladas, la primera de ellas a 20 Volts y la segunda a 300 V, teniéndose una disipación de 20 Watts y contando con un fusible de protección.

2.2.3 Aplicador del laser.

Este sistema se conforma de tres partes:

- 2.2.3.1 Circuito de contacto.
- 2.2.3.2 Circuito de disparo.
- 2.2.3.3 Sistema mecánico.

2.2.3.1 Circuito de contacto.

Este circuito ha sido diseñado con objeto de activar el laser únicamente cuando el aplicador se encuentra en contacto con la piel, esto tiene por objeto ofrecer una medida de seguridad que permita garantizar que el laser se activar únicamente si el operador lo ha indicado mediante el panel de controles y cuando el aplicador entre en contacto con la piel.

Su forma de operación se basa en detectar los niveles de voltaje detectados en la resistencia de carga conformada por el cuerpo. De acuerdo al nivel de voltaje detectado se suministra una señal a la tarjeta de control que habilitará al circuito conformador del pulso de excitación siempre y cuando el equipo se encuentra en modo de operación "LASER" (ver 2.2.5).

Para detectar los niveles de voltaje se cuenta con un cono truncado de bronce que se encuentra ubicado en la misma zona en la que se aplica el laser.

2.2.3.2 Circuito de disparo.

De acuerdo a los requerimientos planteados en la definición del equipo (sección 2.1) se inició una investigación sobre el posible proveedor del laser (diodo laser) teniéndose contacto con: RCA, inc y M/A COM Laser Diode, Inc. Con base en la

información suministrada se identificaron los requerimientos de manejo de señal con que debería contarse: Pulso de excitación del orden de 30 A @ 8 V con un tiempo de duración de 200 ns.

Considerando que los sistemas comerciales que cubren con estos requerimientos presentan un alto costo (\$ 700 (US dlrs)), decidió realizarse este circuito empleando tecnología nacional.

El sistema se conforma por un circuito de carga, un dispositivo de disparo y el diodo laser que suministrará la emisión deseada.

El circuito de carga se forma por un transistor y un capacitor, siendo que el valor del capacitor se determina de acuerdo a una constante de carga que permita operar el laser a la frecuencia máxima de excitación, así como al nivel de corriente de carga determinado por el transistor y con base en los umbrales del dispositivo de disparo.

El capacitor se descarga através del dispositivo de disparo (SCR) de acuerdo a la señal de excitación correspondiente lo que provocará que circule la corriente necesaria hacia el diodo laser. Cabe hacer notar que dado el tiempo de disparo del SCR (200 ns) no se obtiene un alto nivel de eficiencia ya que el tiempo de subida de este dispositivo es de 2500 ns.

Otra característica es que el circuito de disparo se encuentra a poca distancia del diodo laser (aprox. 2 cm), con objeto de evitar sobretiros y deformaciones en el pulso de excitación que podrían ocasionar daño en el diodo laser.

2.2.3.3 Sistema mecánico.

El tamaño físico del aplicador del laser se definir de acuerdo a las dimensiones del circuito de disparo. Otro aspecto que se tomó en cuenta para el diseño del sistema mecánico del aplicador es la necesidad de contar con un material conductor para el circuito de contacto. Es así que se llegó a un sistema que cuenta con las siguientes características.

- a) Comprende al circuito de disparo y al laser, teniendo funciones de soporte y aislamiento eléctrico.
- b) Cuenta con un cono truncado de bronce colocado en el extremo del dispositivo en que se aplica el laser. Este será empleado por el circuito de disparo o por el localizador de puntos (ver 2.2.4 y 2.2.5).

El sistema se forma por un tubo de aluminio como contenedor, que se encuentra en contacto con una punta de acrílico que soporta y aísla al diodo laser. Finalmente, se coloca el cono truncado de bronce en la pieza de acrílico.

Cabe hacer notar la colocación de una calcomanía de advertencia en el tubo de aluminio la cual cuenta con un letrero de peligro

- c) Realización de un gabinete para el equipo considerado: facilidad de mantenimiento, fácil visualización del panel de control y portabilidad.

2.2 Realización del equipo.

El equipo llevado a cabo se conforma por los siguientes sistemas:

- 2.2.1 Tarjeta de control.
- 2.2.2 Fuentes de alimentación.
- 2.2.3 Aplicador del laser.
- 2.2.4 Localizador de puntos.
- 2.2.5 Panel de controles.
- 2.2.6 Gabinete.

La forma de operación es la siguiente:

- a) El operador localizar el punto de aplicación de la terapia, para posteriormente seleccionar la frecuencia de operación del laser.
- b) El operador emplear el aplicador del laser para la realización de la terapia, colocando el aplicador en el punto previamente seleccionado.

A continuación se realizar una descripción de los sistemas que conforman al equipo.

2.2.1 Tarjeta de control.

Esta tiene por objeto mantener el control con el sistema, para lo cual interactuar con el panel de controles, el aplicador del laser y el localizador de puntos.

Esta tarjeta cuenta con las siguientes características.

- a) Empleo de circuitos TTL y CMOS, lo cual hace necesario el contar con un sistema de regulación de voltaje.
- b) Ejecuta las funciones de reloj y frecuencímetro de acuerdo a la información obtenida del panel de controles. Se cuenta a la vez con la posibilidad de desplegar el tiempo transcurrido en la terapia (reloj) con una exactitud de 0.5 seg.; a su vez, es posible desplegar la frecuencia de operación del laser con una exactitud de 0.5 Hz.
- c) Suministra diez diferentes frecuencias de operación para el circuito de disparo del laser, estas abarcarán el rango comprendido entre 8 y 4096 Hz, siendo que la frecuencia ser seleccionada de acuerdo a la información suministrada por el panel de controles. A su vez, se cuenta con un circuito que conforma el pulso de disparo a una duración de 200 ns. Toda esta

- 0-100 Hz Efecto analgésico.
- 100-1000 Hz Efecto bioestimulante.
- 1000-4000 Hz Efecto anti-inflamatorio.

2 Desarrollo del equipo.

2.1 Definición del equipo.

Este proceso se hizo en base a los equipos europeos, para ello se estudiaron equipos españoles, italianos y franceses, observándose dos diferentes tipos de laser: HeNe y semiconductor (GaAs). El laser seleccionado fue el de semiconductor con base en los siguientes criterios:

a) El laser de semiconductor requiere del mismo espacio que un diodo infrarojo normal, siendo que su aplicación puede ser directa, es decir no requiere de lentes u otro tipo de acoplo óptico. Por otra parte, el laser de HeNe no ofrece estas ventajas ya que su forma de manejo sería la siguiente:

I. Colocar la fuente de emisión laser dentro del equipo, y acoplar la emisión a un aplicador mediante el uso de fibra óptica.

II. Aplicar el laser directamente, sin embargo esto requeriría de cuidados especiales de manejo por parte del usuario, o bien de diseñar un sistema de soporte mecánico que permitiera proteger a la fuente de emisión.

b) El laser de semiconductor no se encuentra colimado, lo cual limita su alcance. Esto es importante desde el punto de vista de seguridad, ya que la posibilidad de daño por una mala aplicación se minimiza notablemente.

c) Los posibles problemas que pudieran presentarse serían del tipo electrónico a diferencia de los que se tendrían con el de HeNe que además de ser de índole electrónico caerían dentro del terreno de la óptica (fibra óptica).

d) Los mecanismos de acción que presenta este dispositivo (ver sección 1).

Una vez elegido el laser ha utilizar se tomaron en cuenta otros aspectos de índole mecánico, de diseño y de seguridad, siendo entonces posible realizar la definición del equipo:

- a) Empleo del laser de semiconductor de GaAs con una potencia mínima de 10 Watts y de operación pulsada.
- b) Ofrecer un equipo que cuente con sistemas de seguridad que no permitan que el laser se active accidentalmente.

debidamente señalado, así como con el símbolo internacional del laser. En esta misma calcomanía se plantea la necesidad de evitar aplicar el laser directamente a los ojos, informándose a la vez de la potencia y longitud de onda manejados por el diodo laser, así como la clase de laser de que se trata.

2.2.4 Localizador de puntos.

Esta parte se refiere a suministrar los conductores mediante los cuales se medirá la impedancia de la piel del paciente con objeto de determinar el punto de aplicación de la terapia.

Los conductores empleados han sido:

- a) El cono truncado de bronce del aplicador, el cual se seleccionará de acuerdo al panel de controles según la forma de operación indicada por el operador.
- b) El segundo conductor se da con ayuda de una pequeña barra de aluminio la cual ha sido diseñada para ser sujeta por la mano del paciente.

La forma en que el sistema es empleado consiste en suministrar el tubo de aluminio al paciente para que éste lo sujete con la mano, sirviendo como referencia para las mediciones. Por otra parte, el cono de cobre se colocará en la zona seleccionada para la aplicación del laser, pudiéndose así evaluar la impedancia de la zona.

2.2.5 Panel de controles.

Este sistema tiene por objeto suministrar los siguientes controles:

- a) Interruptor de encendido.
- b) Display numérico (7 segmentos, LEDs).
- c) Selector de función del display, para mostrar el tiempo de terapia transcurrido, o la frecuencia de operación del laser.
- d) Selector de operación del equipo. Indicando si se desea suministrar la terapia de laser, o si se requiere de localizar el punto de aplicación de la misma.
- e) Selector de frecuencia de operación del laser.
- f) Calibrador de la sensibilidad del sistema que mide la impedancia de la piel.
- g) Espacio de prueba del laser. Esta parte se ha diseñado con objeto de observar el correcto funcionamiento del diodo laser. El funcionamiento consiste en colocar el aplicador en el espacio

de prueba para provocar que el sistema emita el laser en esa zona; dicha emisión ser cuantificada con ayuda de un dispositivo fotoeléctrico que suministrar una señal mediante la cual se medir la frecuencia de operación del laser.

2.6 Gabinete.

El sistema se conforma por dos partes: una inferior y otra superior. En la parte inferior se encuentran todos los componentes: tarjetas, transformadores, fusibles. Además de ubicar en tal zona al panel de control.

La parte superior comprende la cubierta, partes laterales y parte posterior del equipo. En ella se ha dispuesto un pequeño compartimiento que permite guardar el cable de línea y el aplicador del laser.

El armado del gabinete se realiza gracias a unas pestañas de lámina ubicadas en la parte inferior que permiten que la superior se desliza hasta cerrar por completo al equipo.

Dados los bajos niveles de producción empleados, el gabinete ha sido desarrollado en lámina.

Conclusiones.

Durante el desarrollo del equipo ha sido posible obtener múltiples experiencias, las cuales son comprendidas dentro de los siguientes temas:

- 3.1 Investigación de proveedores.
- 3.2 Diseño del equipo.
- 3.3 Método de trabajo.

3.1 Investigación de proveedores.

Esta fue una de las fases del desarrollo del equipo que ha requerido de mayor tiempo, lo cual es razonable ya que el dispositivo empleado (diodo laser) requiere de una alta tecnología para ser fabricado.

Durante este proceso se observó la presencia de circuitos de disparo comerciales, así como los costos de los mismos. Ya que este circuito fue diseñado específicamente para el presente proyecto fue posible obtener una reducción considerable en el costo con respecto a los dispositivos comerciales. Lo anterior, hace suponer la posibilidad de que los dispositivos europeos cuenten con circuitos de disparo comerciales, lo cual ocasiona que el precio final del equipo se eleve considerablemente con respecto al obtenido mediante el presente desarrollo.

3.2 Diseño del equipo.

3.2.1 Electrónica.

El diseño de la electrónica ha sido satisfactorio, ya que ha permitido reducir el costo final del equipo. Sin embargo, se considera que el equipo puede presentar mejoras en cuanto a:

a) Desarrollar una tarjeta de control que permita contar con un menor número de componentes, para ello podrían emplearse circuitos más complejos que permitan simplificar funciones, por ejemplo: sustituir los integrados que realizan la cuenta, memoria y decodificación del sistema por circuitos en los cuales estas acciones pueden realizarse con tan solo uno o dos integrados. Lo anterior presenta la desventaja de requerir de importación de estas partes, sin embargo este problema se reduciría si se aumentara el nivel de producción.

b) Desarrollar un sistema de control que permita una mayor flexibilidad para el equipo en cuanto al número de funciones que se ofrezcan al operador, sin que esto implique que la complejidad de manejo por parte del usuario se incremente. Para ello se sugiere el diseño de un sistema basado en microprocesadores y con ayuda de un teclado de membrana.

c) Disminuir el tamaño del circuito de disparo del laser con objeto de reducir las dimensiones del aplicador, para así mejorar el aspecto y la manipulación del mismo. Esto puede ser posible en base al diseño utilizando circuitos TMOS los cuales ofrecen tiempos de subida del orden de 50 ns, con componentes de menores dimensiones que los empleados actualmente. Además, con este tipo de diseño es posible disminuir el valor de la fuente de 300 V, ya que la eficiencia del SCR TMOS sería considerablemente mayor a la obtenida en el presente desarrollo.

d) Emplear un medidor de la potencia emitida por el laser, para con ello mejorar la calibración del equipo. Actualmente, se ha conseguido localizar una compañía que fabrica este sistema, por lo cual ya se estudia la posibilidad de llevar a cabo esta adquisición.

3.2.2 Mecánica.

Es posible concluir que el trabajo mecánico ha sido adecuado para el presente desarrollo, sin embargo se observa la posibilidad de mejorarlos en los siguientes aspectos:

a) Mejorar el sistema de ensamblado del gabinete, ya que el presente diseño presenta problemas por la fricción y el desgaste de la pintura. Para ello podría emplearse un sistema cuyo acoplo se lograra en base a tornillos u otro diseño y no en base a una pieza corrediza.

b) Mejorar el sistema de soporte de las pistas, para lo cual se sugiere el empleo de una estructura de aluminio.

c) Estudiar la posibilidad de simplificar la manufactura de las piezas mecánicas: aplicador, sistema de posicionamiento del gabinete. Lo anterior tiene por objeto lograr que el proceso de fabricación de las piezas no requiera de herramienta sofisticada para así lograr su fabricación dentro de la propia compañía, o bien para que el tiempo de trabajo invertido en la realización de las piezas se reduzca.

3.3 Método de trabajo.

La forma de realización del proyecto se ha basado en contar con una estructura formada por un coordinador administrativo, un director de proyecto, un asesor en el diseño del sistema de potencia y una serie de colaboradores. Este tipo de estructura ha funcionado adecuadamente ya que ha permitido la separación de los aspectos económicos y de diseño. En la práctica el director del proyecto ha sido un ingeniero biomédico interactuando con un ingeniero electrónico y empleando como colaboradores a ingenieros mecánicos y técnicos especializados. Este conjunto de profesionales ha permitido lograr un desarrollo integral del equipo, obteniendo con ello un producto de calidad.

Para el desarrollo del sistema, fueron consultados una serie de médicos mexicanos con objeto de conocer sus necesidades. Sin embargo, el desarrollo del sistema pudiera ampliarse al contar con un equipo de investigación médica que permita aumentar el conocimiento sobre los efectos del laser en el cuerpo humano.

Bibliografía

BOTELER V. L., Establishment of a laser safety program, VA engineering training center, North Little Rock, Arkansas, 1987.

CHENG SIN, A physical theory of acupuncture. Department of aerospace and mechanical Sciences, Princeton University, NJ.

INIUSHIN V. M., Laser light and the living organism, Alma Ata. 1970.

MESTER E., The biostimulative effect of laser beams, Optika 80, Szimpozium Eloadasok, November 1980. Med. Biol. Ingg & B, Seite 420, 1969.

MIRO. L., Les applications biologiques medicales et chirurgicales de lasers. Revue de physique appliquee, Tome 14. Fevrier 1979, page 379.

MUCHERYAN H. M., Principles and practice of Laser technology, TAB, Blue Ridge Summit, PA, 1983.

FODSHIBIAKIN A. K., Internal organs vaiation of electrostatic potential of the sensitive spot of skin. Fiziologichskii Zurnal USSR in LN secherova. 41, 30 pag 357-363, 1955.

VIGNALI E. Y MILAZZ A., Atlante di laserterapia:
odontostomatologia, Mikolis, Milano.

Atlas of sport traumatology, Lasersport Mangiarotti, Mikolis.

Clinical results of wound healing stimulation with laser and
experimental studies of the action mechnism. Laser 75,
Optoelectronic Conference Proceedings, Seiten 119-125.

Horizons of Medical Laser Technolgy, In AAMI 22nd annual meeting
pocceedings, Asociation for the Advancement of Medical
Instrumentation, Arlington, Virginia, 1987.

Manuale di impiego, Lasersport Mangiarotti, Mikolis, Milano.