

Desarrollo de Kit de Soft Láser Multiespectral para Atención Primaria en Salud

Development of a Multispectral Soft Laser kit for primary health care

Rubén Herrera Rodríguez¹, Peter Hersics², Rolando Serra Toledo³

¹ Vicerrectoría de Extensión Universitaria, Metodólogo, Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”, Cujae. Calle 114 entre Rotonda y Ciclovía. La Habana, Cuba.

² Director General, Laboratorio I+D UltraSmart – Hungría – Unión Europea.

³ Metodólogo de la Dirección de Ciencia, Tecnología e Innovación, Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”, Cujae. Calle 114 entre Rotonda y Ciclovía. La Habana, Cuba.

*Autor de correspondencia: prof.ruben.cuba@gmail.com

Resumen

El uso terapéutico de las radiaciones láser del espectro electromagnético visible e infrarrojo cercano ha ido ganando espacios importantes en los tratamientos terapéuticos y de rehabilitación en el ámbito médico del Nivel Primario de Salud, siendo las radiaciones rojas e infrarrojas cercanas las más utilizadas, aunque en las investigaciones se han encontrado efectos terapéuticos importantes en las radiaciones verdes, azules, violetas y ultravioletas A.

Especialistas de la Cátedra Científica de Ciencias para la Vida de la Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”, Cujae, junto a estudiantes de Ingeniería Biomédica, han realizado estudios e investigaciones preliminares que, en intercambio con el personal médico, han propuesto el diseño y construcción de equipos soft láser de diferentes longitudes de onda (multi espectro), obteniéndose resultados alentadores en su desarrollo para la Atención Primaria de Salud.

Del estudio realizado se diseñaron y construyeron equipos láser a baterías recargables, con cargador que puede conectarse a celda solar. Esto ha permitido ampliar las prestaciones de este tipo de terapia.

En el trabajo se presentan los resultados de la aplicación multiespectral láser con los equipos desarrollados con participación del Laboratorio I+D UltraSmart de Hungría, bajo la dirección de Peter Hersics; utilizando diodos láser especiales y baterías recargables de Litio-Ión, en pacientes pos Covid y patologías de dolor frecuentes en el Nivel Primario de Salud.

Palabras clave: Soft Laser, Atención Primaria en Salud, Fisioterapia Multiespectral.

Abstract

The therapeutic use of laser radiation from the visible and near-infrared electromagnetic spectrum as gained significant ground in therapeutic and rehabilitation treatments within the primary health care sector. Red and near-infrared radiation are the most commonly used; however, research as identified important therapeutic effects in green, blue, violet, and ultraviolet A radiation.

Specialists from the Class of Life Sciences at the Technological University of Habana “Jose Antonio Echeverría” (CUJAE), together with biomedical engineering students, have conducted preliminary studies and research. In collaboration with medical personnel, they have proposed the design and development of soft laser devices with different wavelengths (multi-spectrum). The results of these developments have been promising for their application in primary health care.

As part of this study, laser devices powered by rechargeable batteries were designed and built, with a charger that can be connected to a solar cell. This innovation has expanded the capabilities of this type of therapy.

This paper presents the results of multispectral laser applications using the developed devices, in collaboration with the UltraSmart R&D Laboratory in Hungary, under the direction of Peter Hersics. Special laser diodes and lithium-ion rechargeable batteries were used in treatments for post-Covid patients and common pain-related conditions in primary health care.

Keywords: Soft Laser, Primary Health Care, Multispectral Physiotherapy.

1. Introducción

Todos los sistemas biológicos requieren de fuentes de energía para poder realizar todas sus actividades fisiológicas, bioquímicas y biofísicas que le permiten realizar sus funciones y vivir.

¿Cuál es la fuente natural de energía para los sistemas biológicos? Toda la vida en la Tierra está basada en la energía de los fotones que nosotros recibimos del Sol (Fig. 1). La radiación solar que llega a la superficie terrestre tiene una composición espectral de: 2% de ultravioleta, 45% en la gama visible y 53% en la infrarroja; distribución espectral que influye profundamente sobre los sistemas biológicos y determina en gran medida aquellas especies que han podido sobrevivir en nuestro planeta.

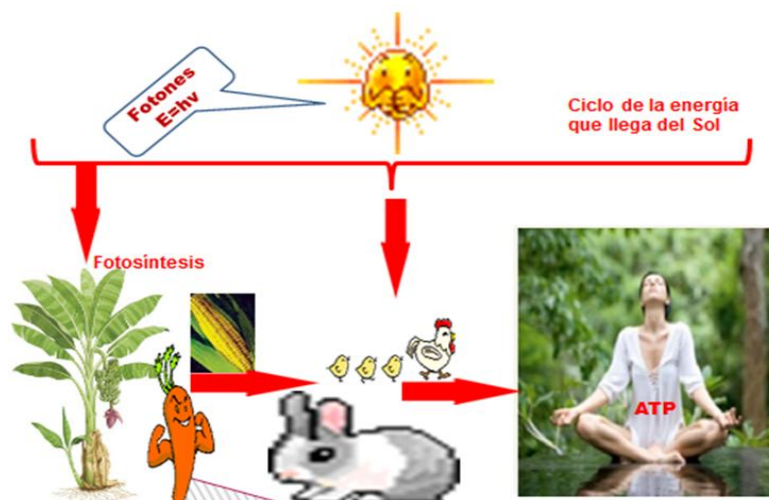


Fig. 1: Ciclo de energía que nos llega del Sol

La energía de un fotón viene dada por:

$$E_f = h\nu = hc/\lambda$$

Donde h y c son constantes, pero ν representa la frecuencia y λ la longitud de onda del espectro electromagnético a la cual pertenece la radiación específica.

Sólo la radiación que es absorbida por las moléculas tisulares puede iniciar una respuesta biológica, la cual puede dividirse en varios pasos. En el primero de ellos, la radiación es absorbida por moléculas en la piel como ADN, ARN, proteínas (queratina, colágeno, elastina), porfirinas y otras. Las moléculas que absorben luz se denominan cromóforos, encontrándose cromóforos específicos para cada respuesta fotobiológica.

El espectro de absorción de un compuesto es una extrapolación de la probabilidad de absorción en comparación con la longitud de onda. Las longitudes de onda de mayores probabilidades de absorción se denominan máximas de absorción ($\lambda_{\text{máx.}}$), siendo el espectro de absorción de un compuesto una función de su estructura molecular.

Veamos algunos ejemplos:

- la hemoglobina tiene una $\lambda_{\text{máx.}} = 410 \text{ nm}$ (rango del violeta),
- las porfirinas $\lambda_{\text{máx.}} = 400 - 420 \text{ nm}$ (violeta-azul) y
- β -caroteno $\lambda_{\text{máx.}} = 457 - 466 \text{ nm}$ (azul-verde),
- Agua: $\lambda_{\text{máx.}} > 5000 \text{ nm}$ (Infrarrojo lejano).

Un medio terapéutico que se acerca a las condiciones energéticas naturales de desarrollo y funcionamiento de los sistemas biológicos, desde el nivel celular, es el uso de la luz artificial. Con las investigaciones reportadas y los estudios realizados, la luz proveniente de los equipos láser de baja potencia, proporcionan la estimulación bioenergética que favorece un amplio grupo de resultados terapéuticos (Korotkov K., 2020), incluyendo su uso a través de Puntos de Acupuntura y Meridianos de energía. La absorción como elemento fundamental (Kochevar I., 1981) en la interacción de la luz con el tejido (Fig. 2), lo que determina que la penetración de cada longitud de onda dependa de su interacción con el tejido (absorción).

Interaction of wavelengths with the skin.

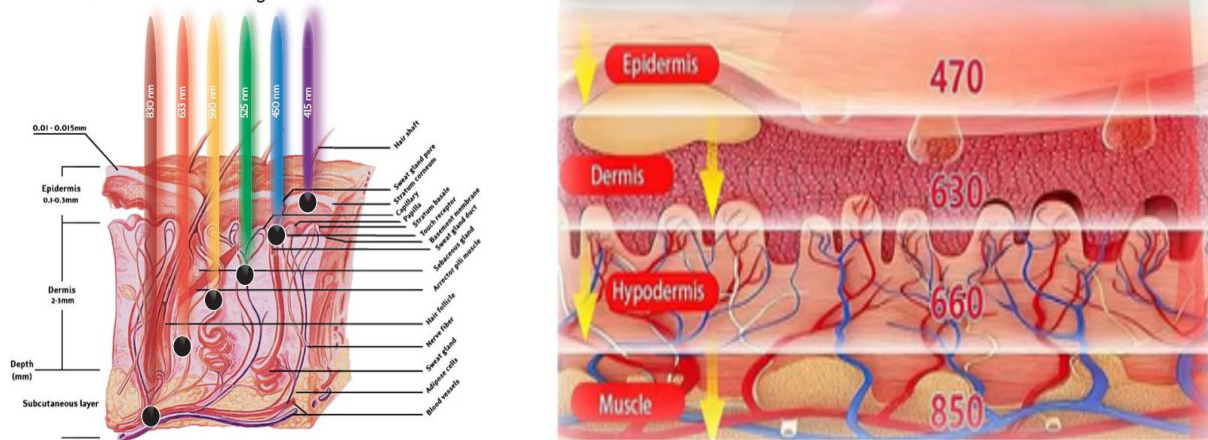


Fig. 2: Esquema de penetración en el tejido de las diferentes longitudes de onda

El láser de baja potencia, conocido también como Láser Blando, tiene un amplio uso en la práctica médica actual. Existe un gran número de publicaciones sobre pacientes con afecciones agudas o crónicas que pueden ser tratados con esta terapia, con resultados alentadores, muy superiores a los obtenidos con el uso de la terapéutica convencional.

Una de las llaves en la influencia directa de la luz láser es la mitocondria (Fig. 3), el artefacto productor de la energía de la vida. El biofísico Estonio Tina Karu demostró que esa luz de frecuencias específicas en la gama amplia de 400 a 820 nm (desde el violeta hasta el infrarrojo cercano) influye en uno de los últimos eslabones en la cadena mitocondrial respiratoria que es manejada por la enzima el citocromo de la oxidasa C (Karu TI.: The Science of Low Power Laser Therapy. Amsterdam; Gordon and Breach Science Publishing. 1998.). La luz aumenta la energía metabólica por la producción de ATP, aumenta la motilidad y la división celular; y regenera ADN. Esto es debido a la comunicación de la mitocondria al núcleo, conocido como una señal mitocondrial retrógrada.

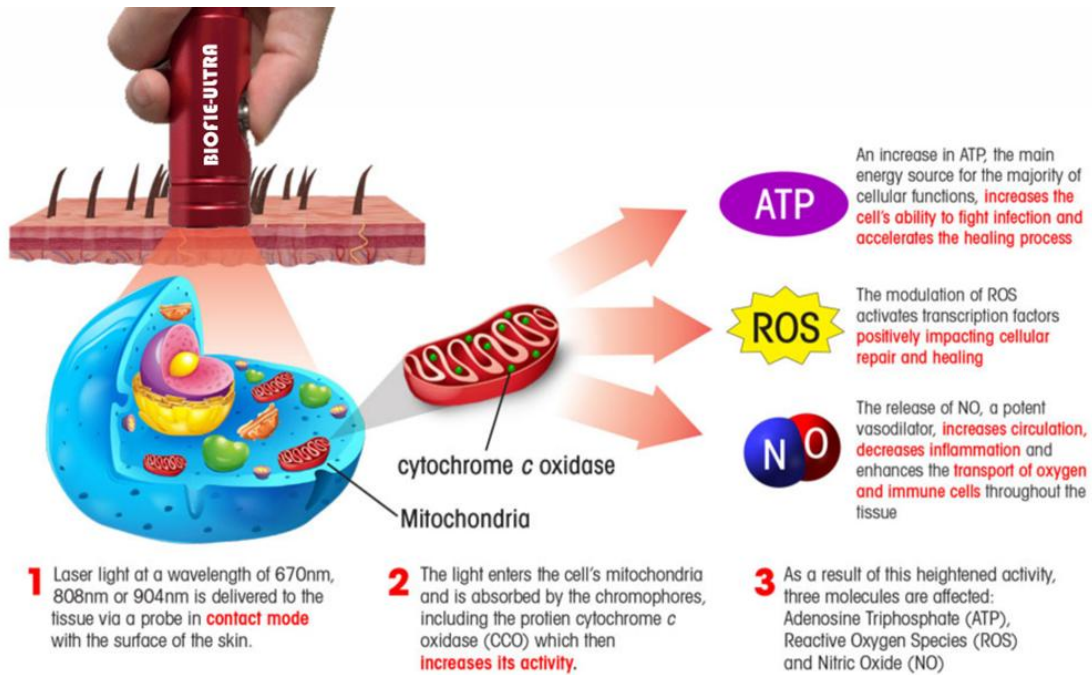


Fig. 3: Esquema actividad energética en la mitocondria

Las investigaciones clínicas han ido centrando fundamentalmente los mejores resultados en las longitudes de onda del rojo, verde, azul-violeta e infrarrojo cercano (da Costa Furtado, 2024; de Souza, A.O.N., 2021, Millis, D.L., 2023). Así, los láseres que tenemos en el KIT Multiespectral han sido escogidos en base a la experiencia internacional:

- El Rojo (650 nm) es un buen estimulante al trofismo celular, aportando una energía que favorece las funciones celulares. Por estas razones es la longitud de onda que más se utiliza para estimular energéticamente el organismo y favorecer la mitosis celular.

En el caso de irradiar la sangre en movimiento con luz roja, como lo realizado con el método de láser intravenoso (La radiación láser rojo de la sangre intravascular fue realizada por vez primera hace más de 35 años en la antigua URSS), se pudo verificar con estudios in vitro que la radiación biológica de los glóbulos con láser rojo blando (de baja intensidad) propicia numerosos efectos fisiológicos positivos e importantes (Korotkov K., 2004), que son sobre todo expresión de la inmunoglobulina, interferones e interleucina. Se plantea que al efectuar esta radiación con láser rojo el nivel de ATP en sangre, a los 20 minutos del tratamiento, puede aumentar alrededor de un 70% (ver gráfico obtenido por científicos alemanes, Fig. 4).

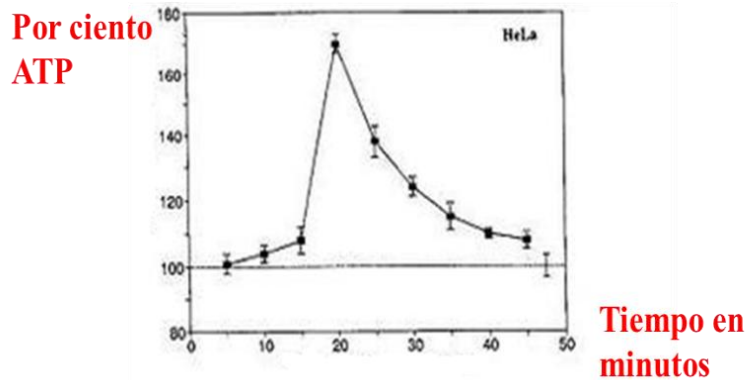


Fig. 4: Grafico del % de moléculas de ATP, en sangre irradiada con láser rojo

- El Verde (532nm) es el sedante por excelencia para el sistema nervioso, las anormalidades de los sentidos, las afecciones de la piel y toda clase de fiebres. Muy beneficioso para tratar el estrés del tejido y de los Puntos Gatillo (o Puntos Ashi) en el dolor.
- El Azul y el Violeta (405nm) cuentan con probadas evidencias de su acción bactericida, lo que la hace muy útil en tratamientos donde existan procesos infecciosos asociados. Puede combinarse con el rojo para aprovechar las propiedades generativas de uno y las bactericidas del otro. Estimulando la sangre (Fig. 5) permite llevar su acción bactericida a todo el organismo.



Fig.5: Aplicación láser azul intravenoso por fibra óptica

- Radiación infrarroja (808nm), una radiación electromagnética cuya longitud de onda comprende desde los 760 - 780 nm, limitando con el color rojo en la zona visible del espectro, hasta los 10 000 - 15 000 nm limitando con las microondas. Dado su poco nivel de absorción por la piel, su penetración es mayor, de ahí su uso en tratamientos de articulaciones grandes o cuando se requieren efectos bioestimulativos en profundidad y evacuar edemas. Se plantea que su acción de estimulación biológica está más en la estimulación a la microcirculación; al generar una vasodilatación propicia para la llegada de sangre rica en oxígeno y nutrientes, y la evacuación de líquidos con desechos de la zona.

2. Materiales y Métodos

Para obtener un Kit Profesional de Soft Laser que cumpliera con las necesidades requeridas por el personal médico en el nivel primario de salud, teniendo en cuenta las principales enfermedades que se presentan, el kit debería contar con las longitudes de onda de mayores efectos en los tratamientos a partir de sus propiedades terapéuticas y distancias de penetración en función de donde en el tejido ocurren las máximas absorciones de cada radiación. Por tal razón las longitudes de onda utilizadas son: Infrarrojo cercano, Rojo, Verde y Azul-Violeta. Cada una de ellas además tiene efectos terapéuticos específicos.

El diodo láser debe cumplir con la combinación adecuada de materiales semiconductores (Fig. 6) y la calidad de funcionamiento que garantice una emisión pura y constante. Además, el haz de salida debe ser uniforme y en forma de cono. Para lograr esto se utilizó el siguiente diseño:



Fig. 6: Diodo láser semiconductor con diseño y producción únicos, desarrollados por el Laboratorio UltraSmart

Se utilizan hilos de oro para las conexiones y la electrónica del diodo, garantizando efectividad en la energía suministrada.

Debido a la calidad del cristal utilizado y a la electrónica especial, el drift o deriva del láser (longitud de onda, es decir la frecuencia de los cambios de luz) se puede mantener muy baja. Por otra parte, la electrónica inteligente que controla el cristal láser (Fig. 7) es capaz de estabilizar, en todos los rangos de voltaje y temperatura de la batería, manteniéndolo en el rango óptimo, (con el fin de conservar la óptima recombinación de fotones láser), y al mismo tiempo proteger el módulo de láser. Todos los dispositivos cuentan con un cristal de láser muy singular, fabricado y ajustado individualmente (semiconductor exclusivo), compuesto por una aleación de extraordinaria pureza.

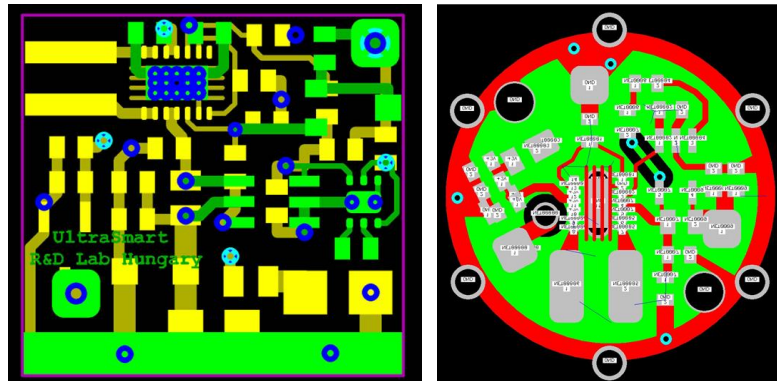


Fig. 7: Electrónica inteligente con CPU y Software integrado para controlar el chip Laser

La batería de iones de litio de alto rendimiento se puede recargar fácilmente con su propio cargador inteligente de baterías (100 – 230V 50/60Hz) USB, ofreciendo un funcionamiento continuo de varias horas, de esta manera puede resistir sin descargarse todo un día haciendo tratamientos en un total de cientos de irradiaciones (en dosis de 30 a 360 segundos). Con un sistema micro electrónico de seguridad, que garantiza un voltaje estable y que se desconecta al bajar del límite establecido (Fig. 8). Esto garantiza que durante el funcionamiento de la lámpara, la emisión de fotones (energía) sea estable y no haya variación en sus parámetros.

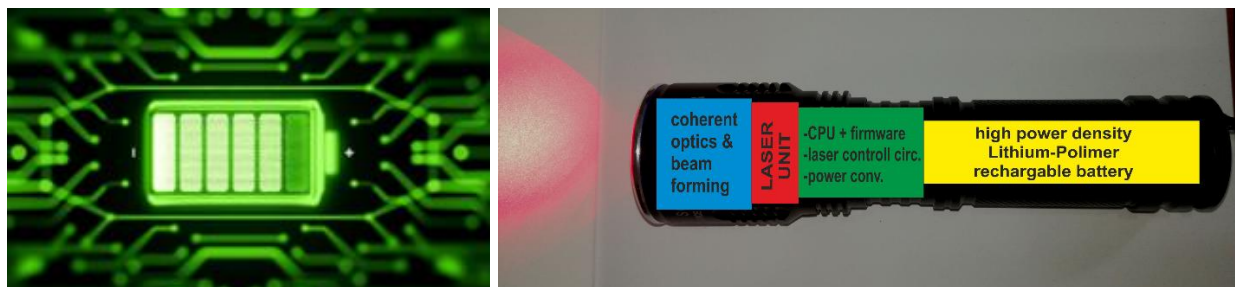


Fig. 8: Diseño de las baterías de Litio Ion con control de voltaje de salida

Los equipos se han desarrollado con un material especialmente resistente a usos prolongados, completamente impermeable, en un diseño militar que le permite su uso a nivel de campo y en situaciones de desastres naturales.

Para la estimulación energética del paciente se aplicó el láser rojo en zona sublingual, evitando el uso invasivo intravenoso (Fig. 9).



Fig. 9: Tratamiento sublingual para energizar el paciente

3. Resultados y Discusión.

Se incorpora un recurso óptico de soft-laser muy seguro, que es capaz de repartir de manera uniforme la energía de la luz en los tejidos, logrando así una óptima distribución terapéutica en el Punto y sus alrededores. Así, en los dispositivos de soft laser obtenidos, la luz saliente tiene características monocromáticas ideales (Fig. 10), por lo cual su profundidad de penetración útil y sanadora en los tejidos es de 10 a 20 veces mayor que la de la luz normal o de los LED no espectralmente puros.



Fig. 10: Emisión de luz monocromática uniforme

Debido al peculiar cristal de láser y a los elementos ópticos utilizados, la pureza de fase de la luz terapéutica saliente no se ve comprometida, lo cual es una condición primordial para la capacidad de penetración en los tejidos más profundos y una condición importante para su eficiencia a nivel celular.

El haz de luz emitido por los láseres obtenidos, en forma de cono, brinda una densidad de energía que disminuye con la distancia de separación del equipo al paciente (Fig. 11), ideal, además, para tratamientos en las enfermedades de los ojos.

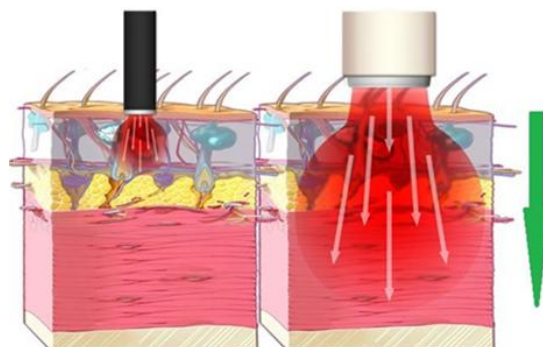


Fig. 11: Comparación de haz de salida

Los dispositivos, son de tamaño pequeño y portátil, los que brindan una adecuada densidad de energía de salida (4 J/cm^2). El usuario también puede utilizarlo en condiciones extremas, sin conexión a una fuente de alimentación por red eléctrica, al disponer de un cargador que se puede conectar además a una celda solar.

Las longitudes de onda e intensidades seleccionadas:

1 UNIDAD DE LASER PROFESIONAL – ROJO - 650nm, Potencia de luz: 200mW

1 UNIDAD DE LASER PROFESIONAL – VERDE - 532nm, Potencia de luz: 50mW

1 UNIDAD DE LASER PROFESIONAL – AZUL - VIOLETA - 405nm, Potencia de luz: 50mW

1 UNIDAD DE LASER PROFESIONAL – INFRARROJO - 808nm, Potencia de luz: 200mW

En los anexos se presentan tratamientos de algunas enfermedades (Úlcera por Presión, Pie Amputado, Espolón Calcáneo, Proceso Bacterial sub Cutáneo, entre otras) donde se han obtenido buenos resultados al ser tratadas de forma ambulatoria con los láseres del Kit Multiespectral desarrollado, permitiendo utilizar diferentes longitudes de onda en un mismo tratamiento, así como combinar con la estimulación de Puntos de Acupuntura y el movimiento energético de Canales de Acupuntura y Centros Energéticos (Chakras).

4. Conclusiones

Si bien existe mucha experiencia en el uso terapéutico de los láseres blandos de emisión en el rojo y el infrarrojo cercano, dado por el hecho de que han sido los primeros en salir al mercado, y por tanto en el uso clínico, con los avances científicos y las investigaciones se ha podido comprobar las posibilidades terapéuticas y de rehabilitación de otras longitudes de onda, como lo son las del verde por sus propiedades de sedación y estimulación a los flujos de líquidos corporales, la ultravioleta A y las azules-violetas por sus efectos bactericidas, siendo necesario incorporarlas a los nuevos equipos terapéuticos. Adicionalmente logrando efectos estimulativos adecuados con un haz de luz uniforme y ancho.

Con el uso de la electrónica moderna y nuevos materiales, el Laboratorio húngaro UltraSmart desarrolló un Kit Multiespectral profesional que ha sido reconocido por el personal médico por sus posibilidades terapéuticas, posibilidades de uso sin necesidad de conexión al fluido eléctrico, cargador que permite conectar además a una celda solar, dando posibilidades de uso en condiciones de desastres naturales, a domicilio; así como estimulación suave al tejido y puntos dolorosos.

Los resultados obtenidos en los tratamientos a lesiones de la piel, como es el caso de las Úlceras por Presión, en la estimulación de Puntos y Canales de Acupuntura, el cierre de cirugías como es el caso del Pie Diabético, en el tratamiento a pacientes Post Covid (Kamani E., 2020); siendo muy efectivo en el tratamiento combinado rojo-verde en los dolores asociados al SOMA.

Referencias

1. Brandao, M.S., de María, T.F.D.C., Kokubun, H.S., Morais, F.V., Barja, P.R., Bentubo, H.D.L. Zabeu, A.M. (2024). *Fototerapia vascular sistémica (660 nm) no desenvolvimento de P. guttatus em cativoiro*. Research, Society and Development, 13(12). e25131247569-e25131247569.
2. Da Costa Furtado, R., ZabeuA.M.C. (2024). *Uso da Fototerapia 470, 590, e 660 nm no tratamento coadjuvante de Penfigo Foliaceo Felino-relato de caso*. Revista FOCO, 17(3), e4630-e4630.
3. De Souza, A.O.N., de Vasconcelos Catao, M.H.C. (2021). *Efeitos fotobiomoduladores das luzes vermelha, azul, e verde sobre o colágeno durante o processo de cicatrização de quemaduras cutâneas: uma revisão integrativa*. Research, Society and Development, 10(3), e3010312855- e3010312855.

4. Guffey S., Willborn J. (2006): “*In Vitro Bactericidal Effects of 405-nm and 470-nm Blue Light*”. Photomedicine and Laser Surgery, Volume 24, Number 6. Pp. 684-688.
5. Kamani E. *Effect of Low Level Yellow Laser Light 589nm on Virus Prevention Corona Virus (COVID-19)*. OSP Journal of Case Reports. 2020. (Ehsan Kamani, Laser Application in Medical Sciences Research Center, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran. E-mail: e110_k@yahoo.com).
6. Korotkov K. et al. (2004): “*Mecanismos biofísicos de transferencia de energía en los seres vivos: las bases de los procesos de la vida*”. St. Petersburg Technical University. Russia.
7. Korotkov K.: *Human Energetic Light System. Biology and Medicine Biol Med (Aligarh)*, Vol.12 Iss.4 No:468, Julio 2020.
8. Kochevar I. (1981) : *Principles of light absorption and photochemistry. Principles of Diagnosis and Treatment*. Filadelfia.
9. Millis, D.L., Bergh, A. (2023). *A systematic literature review of complementary and alternative veterinary medicine: laser therapy*. *Animals*, 13(4), 657.
10. Niemz, M. (2003): “*Laser-tissue interactions*”. Biological and Medical Physics, Biomedical Engineering.
11. Ribeiro, D.S.C., Machado, L.J., Pereira, J.G., de Sousa Baptista, A.R. and da Rocha, E.M.D.S. (2023). *Laser therapy in the treatment of feline sporotrichosis: A case series*. *Brazilian Journal of Veterinary Medicine*, 45, e005822.
12. Sun Y, Wang C y Dai J. (2010): “*Biofotones como signos de comunicación neural*”. Photochemical & Photobiological Sciences.
13. Tatsumura, K. (2015): *Terapia ONNETSU usando los meridianos japoneses*. Primer Congreso Internacional de Terapia ONNETSU, Palacio de Convenciones, La Habana.

Conflicto de Intereses

Los autores declaran la inexistencia de conflicto de interés con institución o asociación comercial de cualquier índole.

Contribución de los autores

Rubén Herrera Rodríguez: ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4772-1986>.

Conceptualización y sistematización de ideas; formulación de la fundamentación teórica; recopilación de datos; aplicación de técnicas estadísticas; conclusiones; redacción del manuscrito original; tutoría de estudiantes.

Peter Hersics: ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6901-8311>.

Conceptualización y sistematización de ideas; desarrollo de técnicas específicas; formulación de la fundamentación teórica de las componentes y partes; construcción de los prototipos, recopilación de datos.

Rolando Serra Toledo: ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4008-1947>

Revisión y perfeccionamiento de las versiones, redacción de partes del manuscrito, tutoría de estudiantes y adaptación a las normas de autores para la revista.

Anexos:

- **Kit Multiespectral de equipos de Soft Láser Rojo, Verde, Azul, Infrarrojo. Cargador inteligente de baterías de Litio- Ión**



- **Resultados en el tratamiento al dolor**

Afección dolorosa	Total	No. de sesiones	Recuperados (E - R)	% Efectividad
Bursitis de hombro	7 (5 M, 2 F)	6 - 10	7	100
Sacrolumbalgia	15 (7M, 8F)	10 – 12	14	93,3
Epicondilitis	5 (4 M, 1 F)	10	5	100
Dolor articular y cansancio post Covid-19	5 (2 M, 3 F)	5	5	100
Otras	7 (1 M, 6 F)	10	7	100
Totales	39 (19M, 20F)		38	97,4

- **Algunos resultados clínicos importantes:**



Ulcera por Presión – Pie Diabético amputado - Espolón Calcáneo – Proceso infeccioso subcutáneo