

Tratamiento de heridas con láser infrarrojo. Aproximación a la dosis ideal

Injuries treatment with infrared laser. Approximation to ideal dose

M. Conde Quintero. Fisioterapeuta. Centro Asistencial de FRATERNIDAD-MUPRESPA (M.A.T.E.P.S.S. n.º 275). Huelva. España

M. J. Toscano Arroyo. Fisioterapeuta. Centro Asistencial de ASEPEYO (M.A.T.E.P.S.S. n.º 151). Huelva. España

E. Estévez Lampón. Traumatólogo. Licenciado en Cirugía Ortopédica y Traumatología. Centro Asistencial de FRATERNIDAD-MUPRESPA (M.A.T.E.P.S.S. n.º 275). Huelva. España

Correspondencia:

Matías Conde Quintero
mconde@fraternidad.com

Recibido: 2 junio 2008
Aceptado: 12 noviembre 2008

RESUMEN

Objetivo: con este trabajo pretendemos mostrar una técnica de aplicación de terapia láser específica para el tratamiento de heridas que, bajo nuestro punto de vista, exprime al máximo el potencial terapéutico de la laserterapia en este tipo de procesos. **Material y métodos:** hemos empleado para este estudio un generador de láser infrarrojo por diodo semiconductor durante el período de octubre de 2006 a diciembre de 2007, en más de una veintena de pacientes, en la Unidad de Fisioterapia del Centro Asistencial de FRATERNIDAD-MUPRESPA de Huelva. El estudio se centra en una muestra de 10 casos, seccionados del total, con heridas de distinta etiología que evolucionaron tópidamente a ulceración del tejido. **Resultados:** en todos los casos se consiguió la cicatrización definitiva de la herida con pocas sesiones de laserterapia (independientemente de su etiología) y, además, no se produjeron recaídas. **Conclusiones:** se constata no sólo la eficacia de la técnica sino también el importante aumento en la velocidad de cicatrización. Es imposible cuantificar con exactitud la cantidad de energía que se pierde al tratar una herida de este tipo, por lo que nuestra propuesta es un acercamiento a la dosis y técnica de aplicación ideales.

Palabras clave: láser infrarrojo, diodo semiconductor, herida, úlcera, cicatrización.

ABSTRACT

Objective: in this study we want to point out an application technique of laser therapy, which is specific for injuries treatment and, from our point of view, takes advantage of the whole therapeutic potential of laser therapy in this kind of cases. **Materials and methods:** for this study, we have used an infrared laser generator by semi conductive diode in the period october 2006 - december 2007, with more than twenty patients with different wound etiologies, at the Physiotherapy Unit of FRATERNIDAD-MUPRESPA Center in Huelva. This study is focused on a sample of 10 random cases, with different kind of wounds. All of the wounds showed a torpid evolution to skin ulcer. **Results:** in all cases definitive healing up was completed after few laser therapy sessions, regardless of the etiology. In addition, no signs of relapsing were found to happen. **Discussions and conclusions:** not only the effectiveness of the technique has been proven but also the acceleration of the healing up process has been shown. It is not possible to quantify the amount of energy wasted in treating this kind of wounds, so we draw the attention to the fact that pertinent dosification and application technique must be subject for future studies.

Key words: infrared laser, semi conductive diode, injury, ulcer, scarring.

INTRODUCCIÓN

La eficacia del láser en la regeneración de tejidos es incuestionable. Innumerables estudios y revisiones bibliográficas a lo largo de treinta años de uso de esta técnica demuestran su alta efectividad como herramienta terapéutica para la reparación tisular^(1, 2).

Autores como Pollack y Mester^(3, 4) han explicado detalladamente los mecanismos de estimulación del trofismo tisular que produce el láser. Haciendo un brevísimo recordatorio y sintetizando al máximo, podemos afirmar que:

- Aumenta la mitosis celular.
- Eleva la disponibilidad de ATP.
- Produce una neoformación de vasos⁽⁵⁾ a partir de los ya existentes, estimulando la capacidad de cicatrización del tejido conjuntivo.
- Induce una mayor actividad selectiva del fibroblasto en la síntesis de colágeno, normalizando su disposición tisular^(6, 7).
- Aumenta la síntesis proteica.

Todo esto explica que la cicatrización se produzca más rápidamente⁽⁸⁾ y que el tejido de reparación tenga una mejor calidad.

Uniendo el efecto a nivel circulatorio con la potenciación de la producción de energía disponible en la célula, pensamos que sería acertado concluir que el efecto trófico del láser proviene de la unión de ambos.

Junto a estos efectos bioquímicos no debemos olvidar que el láser también tiene un efecto bioeléctrico de normalización del potencial de membrana celular⁽⁹⁾. El equilibrio iónico a ambos lados de la membrana celular posibilita el normal desarrollo de las funciones de la célula. En condiciones patológicas, este potencial eléctrico puede estar disminuido (incluso invertido), produciendo una alteración en la actividad celular.

El láser equilibra la situación iónica a ambos lados de la membrana, restableciendo las condiciones normales de funcionamiento.

Llegados a este punto y estudiando la forma en que tradicionalmente se venía realizando la técnica, nos planteamos el reto de llegar un poco más allá desde una concepción global del tratamiento, esto es: la forma de aplicación, la dosis utilizada y los resultados obtenidos.

En nuestro quehacer diario nos encontramos con procesos que cursan con heridas de evolución tórpida que complican en gran medida la evolución de nuestros pacientes (sin ser éstas el motivo original de la situación de baja laboral en la que se encuentran). Nos enfrentamos al problema de tratar a este tipo de casos que se envían a nuestra unidad de la manera más eficaz posible con nuestro láser infrarrojo.

Intentábamos sacar el máximo rendimiento a nuestro equipo, motivo que justifica este estudio. El objetivo sería entonces demostrar la eficacia del láser infrarrojo en la cicatrización de estas heridas y nuestra hipótesis de trabajo el valorar la evolución de estos procesos, que trataríamos con un protocolo específico desarrollado y fundamentado en este estudio, en el convencimiento de que las dosis propuestas por la literatura tradicional debían ser modificadas al alza.

Con este trabajo pretendemos mostrar un procedimiento específico en la aplicación de terapia láser para el tratamiento de úlceras y heridas de evolución tórpida que, bajo nuestro punto de vista, exprime al máximo el potencial terapéutico de la laserterapia en este tipo de procesos. Para ello, debemos tener en cuenta algunos aspectos que consideramos determinantes para obtener la mayor eficacia a la hora de aplicar el láser en este tipo de patologías:

- Pérdida de energía al atravesar el tejido.
- Distancia aplicador-tejido diana.
- Reflexión, refracción y distribución tridimensional de la absorción del láser.

Cuando usamos un láser manteniendo en contacto el aplicador con la piel, la densidad energética administrada será la que hemos seleccionado con el generador ($d = 100\%$).

Incluso en este caso ideal, no podemos saber con exactitud qué cantidad de energía se deposita en el tejido, ya que la radiación visible o infrarroja, al atravesar cualquier medio homogéneo, sufre un proceso de atenuación que viene expresado por la ley de Beer-Lambert. Teniendo en cuenta los dos principales coeficientes ópticos (absorción y difusión), esta ley establece que la luz se propaga disminuyendo su energía exponencialmente en función de la profundidad del tejido que atraviesa. En el caso del láser infrarrojo, la difusión es la que

produce el 90 % de esa pérdida energética.

Al tratar heridas, el emisor de láser no está en contacto con la piel (por motivos obvios) sino alejado, por lo que la densidad real de energía que estamos aportando será menor que la que hemos seleccionado en nuestro aparato ($d < 100\%$). El factor distancia entre el emisor y el tejido diana condiciona la absorción de la radiación, siendo ésta menor cuanto mayor es la distancia.

Además hay que advertir que la superficie que estamos trabajando es irregular y, por tanto, no absorberá toda la radiación que se emita sobre ella debido a los fenómenos de reflexión y refracción que sufrirá el haz de láser al incidir sobre este tejido ($d \ll 100\%$).

Unido a todo lo anterior hay otro factor que hemos creído importante tener en cuenta no sólo respecto al cálculo de la dosis ideal, sino también a la forma de aplicar el tratamiento, y es la distribución tridimensional de la absorción del láser cuando penetra en el organismo.

Al realizar una aplicación puntual con contacto del emisor en una superficie regular, la energía se distribuye de forma hemisférica (fig.1), perdiendo densidad de forma concéntrica respecto a la diana. Esta pérdida de energía ($d \ll \ll 100\%$) también debe ser tenida en cuenta al tratar una superficie amplia mediante la aplicación de varios puntos unos junto a otros.

Cuando alejamos la fuente de emisión de la piel, esta hemisfera se va aplanando, asemejándose más a una distribución geométrica en forma de casquete esférico (fig. 2).

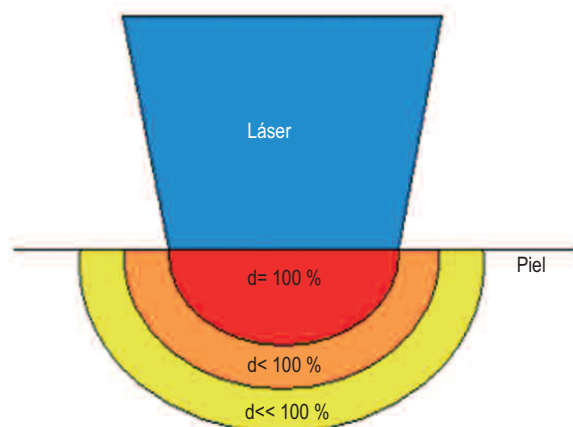


FIG. 1. Cuando el emisor está en contacto con la piel, la energía absorbida es igual a la aplicada y su distribución espacial en el tejido sigue un patrón hemisférico.

La actividad asistencial que se desarrolla en una Mutua de Accidentes de Trabajo nos obliga a aprovechar al máximo el potencial de recursos humanos y técnicos que tenemos a nuestra disposición para la pronta y satisfactoria recuperación e inserción laboral de nuestros pacientes. En nuestras actuaciones debemos tener siempre presente los ideales de calidad y rapidez en la resolución de los procesos en los que intervenimos, ya que las situaciones de incapacidad temporal conllevan no sólo matices puramente asistenciales sino también económicos y, como entidades colaboradoras de la Seguridad Social, debemos gestionar con eficacia los recursos que utilizamos.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló durante más de un año en la Unidad de Fisioterapia del Centro Asistencial de FRA-TERNIDAD-MUPRESA en Huelva. Se estudiaron más de una veintena de pacientes durante el período de octubre de 2006 a diciembre de 2007 con heridas de distinta etiología (quemaduras por ácido, úlceras por decúbito, heridas por fracturas abiertas,...) que no estaban obteniendo buenos resultados tratadas con las técnicas habituales de curetaje y que evolucionaron tórpida-mente a ulceración del tejido.

El seguimiento de estos pacientes variaba entre 6 y 12 meses en función de la fecha de inicio de su trata-

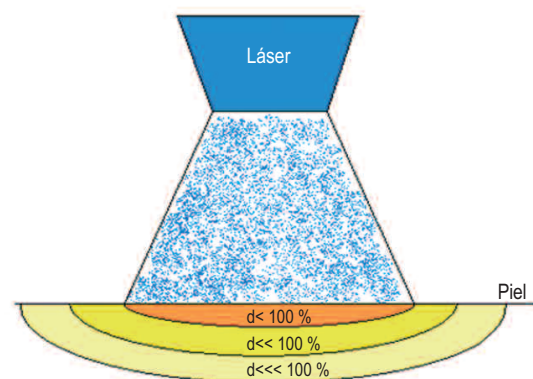


FIG. 2. Al alejar el emisor de la piel, la energía absorbida será menor que la aplicada y su distribución espacial en el tejido seguirá un patrón en casquete esférico.

miento. Los sujetos estudiados se encontraban de baja laboral, no siendo la herida el motivo de ésta, sino una complicación aparecida dentro del proceso patológico principal que la motivaba. No sólo hicimos seguimiento de los resultados obtenidos desde que cicatrizaba la herida hasta que los pacientes recibían el alta laboral (etapa que en algunos casos podía ser incluso de meses) sino también posteriormente, comprobando la no existencia de recaídas del proceso una vez reincorporado el trabajador a sus actividades habituales.

Todos los pacientes fueron informados y expresaron su consentimiento respecto de la realización del estudio, permitiendo incluso reflejar gráficamente algunos de los resultados obtenidos.

Equipo empleado

Para este estudio hemos utilizado el generador de láser infrarrojo por diodo semiconductor (GaAlAs) Megasonic 680 de Electromedicarin con aplicador de pistola con lente de divergencia. Este equipo presenta las siguientes especificaciones:

- Longitud de onda: 810 nm.
- Potencia máxima: 800 mW.
- Superficie del haz: 1 cm².
- Frecuencia máx. (modo pulsado): 5.000 Hz.
- Frecuencia mín. (modo pulsado): 100 Hz.
- Ancho de pulso (modo pulsado): 100 mseg.

El aparato genera una potencia efectiva de 0,8 W, permitiéndonos depositar una energía máxima de 48 julios en un minuto (según el fabricante, la potencia total es de 2 W).

Procedimiento de aplicación

Teniendo en cuenta las consideraciones expresadas en la introducción sobre absorción real y depósito de la energía aplicada con el láser e inspirándonos en las propuestas de Khan⁽¹¹⁾ respecto de la forma de tratamiento cicatricial con el láser de He-Ne y de Kawalec⁽¹²⁾ con el de diodo, propusimos una forma de aplicación que creí-

mos más adecuada para una distribución más homogénea de la energía que íbamos a aportar. Realizaríamos aplicaciones puntuales a 2-3 mm de la piel en todo el perímetro de la cicatriz, colocando la lente justo en la interfase entre el tejido sano y el lesionado y solapando levemente los puntos diana al realizar los disparos (fig. 3). Estas aplicaciones serían realizadas en días alternos (3 aplicaciones semanales). La dosis aplicada fue de 12 julios/cm² para compensar los factores de pérdida de aporte energético que hemos explicado.

Al tratar la zona central de la herida, se aumentaría la distancia de aplicación y separaríamos las dianas para que la energía aportada fuese sensiblemente menor.

La experiencia nos demostraba que así evitábamos la aparición de mamelones que podrían interferir en la calidad del tejido de cicatrización que se estaba formando. Otra opción sería bajar la potencia de los disparos en esta zona.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos no nos han hecho dudar de los planteamientos considerados al formular la hipótesis de trabajo. Las heridas sometidas a tratamiento y control presentaban distinta morfología, variando el diámetro menor entre 2 y 4 cm y el mayor entre 5 y 7. La profundidad media se situó en 0,4 cm.

En todos los casos en los que se aplicó esta terapia se consiguió la cicatrización definitiva de la herida (inde-



Fig. 3. Detalle de la técnica de impregnación láserica.

pendientemente de su etiología) con un número de sesiones de láser que oscilaba entre 4 y 7 aplicaciones. Entendíamos que la herida había cicatrizado cuando se producía la epitelización completa, independientemente del hecho de que al realizar alguna aplicación más conseguimos mejorar la calidad del tejido regenerado. No se produjeron recaídas en ninguno de los procesos tras controles durante los 6 meses posteriores al alta. En algunos casos se extendió el seguimiento a los 12 meses y se obtuvo idéntico resultado.

Antes de cada aplicación (cada 48 horas) se procedía a cuantificar la evolución del proceso, observándose un aumento del tejido perimetral de granulación de la herida de entre 2 y 3 mm. Esto se traducía en una disminución diametral de 0,5 cm de media en cada control.

La velocidad de cicatrización mediante esta técnica se objetiva en el hecho de que tan sólo fueron suficientes 5,3 sesiones de media para la resolución de todos los procesos (fig. 4). No es uniforme durante todo el proceso, ya que se mostraba mayor en las primeras aplicaciones, disminuyendo progresivamente conforme nos acercábamos a la epitelización completa.

Las imágenes de los resultados obtenidos en algunos de los pacientes a los que se les administró este tratamiento, y que aportamos en el Anexo I, muestran la evolución de algunas de las heridas más comúnmente tratadas en nuestra Unidad Asistencial. En ellas podemos observar la evolución en profundidad, perímetro e incluso en calidad del tejido después de mantener el tratamiento tras la cicatrización definitiva.

DISCUSIÓN

Actualmente podemos encontrar artículos como los de Lomelí-Rivas⁽¹³⁾ o Lagan⁽¹⁴⁾ que ponen en duda los más que evidentes efectos del láser en la reparación tisular. Por nuestra parte, creemos que estos estudios aplican cifras de dosificación (7 y 9 julios/cm², respectivamente) que entendemos suponen un aporte energético real muy bajo en el tejido donde se depositan.

En la misma dirección en que lo plantean Carroll o Hode⁽¹⁵⁾, pensamos que debemos superar la concepción bidimensional a la hora de dosificar con el láser en julios/cm² y aceptar que la cantidad de energía aportada no es lo fundamental, sino la absorbida. A la hora de do-

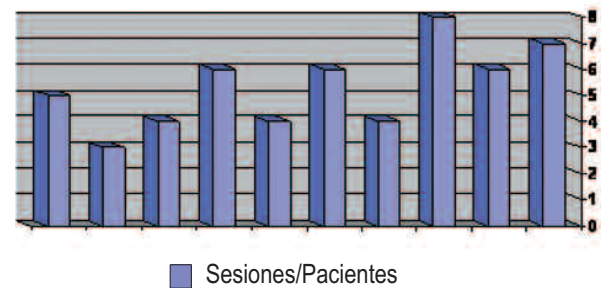


Fig. 4. Se muestran las sesiones que se necesitaron en cada uno de los 10 pacientes para producir la cicatrización de la herida. La media se sitúa en 5,3 sesiones.

sificar, creemos más adecuado referirnos a julios por centímetro cúbico, con el consiguiente reto de adaptar nuestra dosimetría tradicional a esta concepción.

Por otra parte, discrepamos del segundo autor cuando afirma que el efecto estimulante de la reparación tisular en úlceras abiertas se engloba en la horquilla entre 0,01 y 10 julios/cm². Hode afirma que las dosis más efectivas son las cercanas a 1 julio/cm² y que, por encima de este valor, el efecto regenerador va decreciendo hasta desaparecer cuando aplicamos dosis superiores a 10 julios/cm².

Nuestros resultados son evidentes y nuestras cifras de dosificación se sitúan claramente por encima de 1 julio/cm² (incluso son superiores a 10 julios/cm²).

Es imposible cuantificar con exactitud la cantidad de energía que se pierde al tratar una herida de este tipo (fig. 5), pues cada una es distinta (en extensión, en calidad del tejido a tratar,...) y, además, es muy complicado mantener el emisor siempre a la misma distancia y con el mismo ángulo de incidencia disparando punto tras punto. Queda claro que una evidente pérdida de aporte energético, basada en las consideraciones que hemos expuesto en nuestro estudio, debe corregirse con un aumento de la dosis a utilizar y/o con una adaptación de la técnica de aplicación que se emplee y, en ese sentido, nuestra propuesta es un acercamiento a la dosis y aplicación ideales.

Consideramos necesario movernos en la cifra de dosificación que hemos empleado, ya que, teniendo en cuenta las propuestas de autores como Zauner⁽¹⁰⁾, que sugieren energías entre 6 y 8 julios como las más eficaces para tratar este tipo de procesos, parecía obvio que

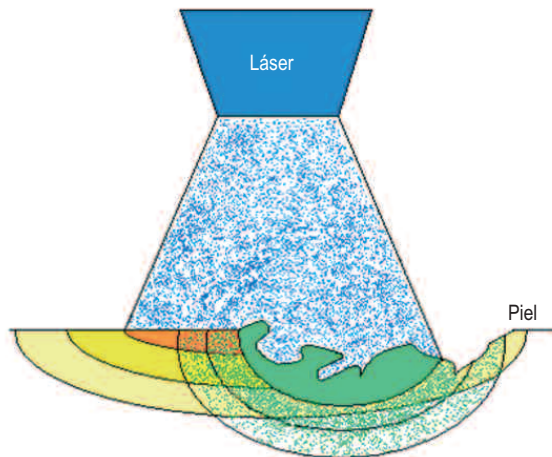


Fig. 5. Al tratar una herida es imposible saber con exactitud la energía que se deposita realmente debido a la distancia del emisor, las irregularidades del tejido (que condicionan el ángulo de incidencia del haz de láser) y sus calidades reflexo-refractarias.

debíamos acercarnos más a la segunda cifra. En esta misma línea argumental se expresa la Swedish Laser-Medical Society al establecer la necesidad de aumentar el tiempo de exposición de las aplicaciones de láser en función de la profundidad del tejido donde queremos depositar el aporte energético.

Hemos pretendido proponer un procedimiento de aplicación del tratamiento con láser que creemos sencillo, claro y eficaz para los casos en que los fisioterapeutas deban tratar heridas de cualquier tipo, pero sobre todo, el razonamiento seguido para establecerlo.

Intentamos así que cada cual comprenda las consideraciones que, a nuestro juicio, debe tener en cuenta al enfrentarse a ellas. Es fundamental que cada profesional conozca con exactitud las prestaciones del equipo que utiliza para adaptar lo aquí planteado al aparato que cada uno usa diariamente.

CONCLUSIONES

El estudio constata la eficacia de la técnica, ya que eran úlceras con varias semanas de evolución y que no avanzaban con las técnicas de curetaje habituales.

Teniendo en cuenta que el láser no es una técnica que se emplea sólo cuando los demás métodos de cura han fracasado o se demoran en la resolución definitiva

del proceso, es lógico pensar que obtendríamos similares resultados mediante su aplicación en todo tipo de heridas.

Gracias a este estudio hemos conseguido que actualmente en nuestro Centro Asistencial de Huelva, tanto médicos como enfermeros hayan conocido la técnica, incluyéndola en el protocolo de tratamiento de este tipo de heridas. Esto se ha traducido en una disminución significativa de los tiempos de recuperación de estos pacientes con el consiguiente beneficio asistencial y económico que ello conlleva.

Cada vez con más frecuencia se solicita de nuestra Unidad de Fisioterapia este tipo de actuaciones, ampliándose el abanico de heridas susceptibles de ser tratadas con esta técnica día a día.

AGRADECIMIENTOS

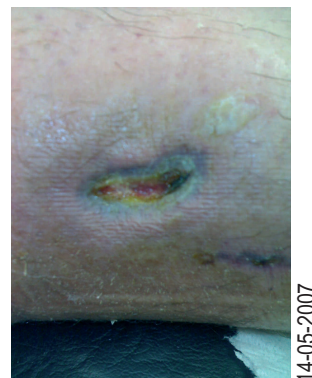
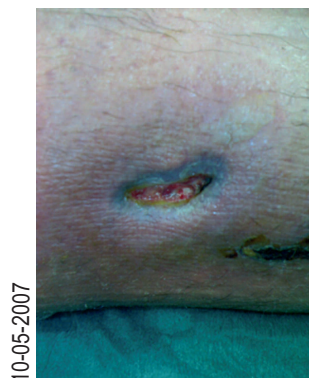
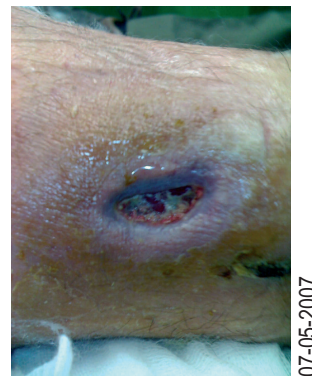
A nuestra compañera y amiga la profesora D^a Carolina Peña Algaba, por su inestimable apoyo y acertados consejos. A Pablo y Sergio, nuestros hijos, por las horas de tiempo que les hemos robado. Gracias a todos ellos este trabajo es hoy una realidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. Woodruff LD, Bounkeo JM, Brannon WM, Dawes KS, Barham CD, Waddell DL, Enwemeka CS. The efficacy of laser therapy in wound repair: a meta-analysis of the literature. *Photomedicine and Laser Surgery*. 2004; 22 (3): 241-7.
2. Enwemeka CS, Parker JC, Dowdy DS, Harkness EE, Harkness EL, Woodruff LD. The efficacy of low-power lasers in tissue repair and pain control: a meta-analysis study. *Photomedicine and Laser Surgery*. 2004; 22 (4): 323-9.
3. Mester E. The effect of laser rays on wound healing. *Am J Surg*. 1971; 122: 532-5.
4. Mester E, Mester AF, Mester A. The biomedical effects of laser applications. *Laser in Surgery and Medicine*. 1985; 5: 31-39.
5. Ihsan M. Low-level Laser therapy accelerates collateral circulation and enhances microcirculation. *Photomedicine and Laser Surgery*. 2005; 23(3): 289-294.
6. Mendez T.M.T.V, Pinheiro AL.B, Pacheco MT.T, Nasci-

- mento PM, Ramalho LM.P. Dose and wavelehgth of laser light have influence on the repair of cutaneous wounds. *Journal of Clinical Laser & Surgery*. 2004; 22 (1): 19-25.
7. Carrinho PM, Muniz Renno AC, Koeke P, Bonogne Salate AC, Antonio Parizotto N, Campos Vidal B. Comparative study using 685-nm and 830-nm laser in the tissue repair of tenotomized tendons in the mouse. *Photomedicine and Laser Surgery*. 2006; 24 (6): 754-8.
 8. Herascu N, Velciu B, Calin M, Savastru D, Talianu C. Low-level laser therapy (LLLT) efficacy in post operative wounds. *Photomedicine and Laser Surgery*. 2005; 23(1): 70-73.
 9. Maya Martín J. Laserterapia. En: *Temario de Electroterapia*. Departamento de Fisioterapia de la Universidad de Sevilla. Sevilla, pp. 1-74; 1990.
 10. Zauner Gutmann A. Recientes avances en fisioterapia. Barcelona: Editorial Jims, 1993.
 11. Khan J. Principios y práctica de electroterapia. Barcelona: Editorial Jims, 1991.
 12. Kawalec JS, Hetherington VJ, Pfenningweth TC, Dockery DS, Dolce M. Effect of a diode laser on wound healing by using diabetic and nondiabetic mice. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*. 2004; 43 (4): 214-20.
 13. Lomelí-Rivas A, Krötzsche E, Michtchenko A. Efecto de la estimulación láser de 650 nm, utilizando dosis de uso clínico, sobre la proliferación de fibroblastos humanos cultivados. *Rev Mex Med Fis Rehab*. 2003; 15 (3-4): 69-71.
 14. Lagan KM, Clements BA, McDonough S, Baxter D. Low intensity laser therapy (830 nm) in the management of minor postsurgical wounds: a controlled clinical study. *Laser Surg Med*. 2001; 28 : 27-32.
 15. <http://www.laser.nu>

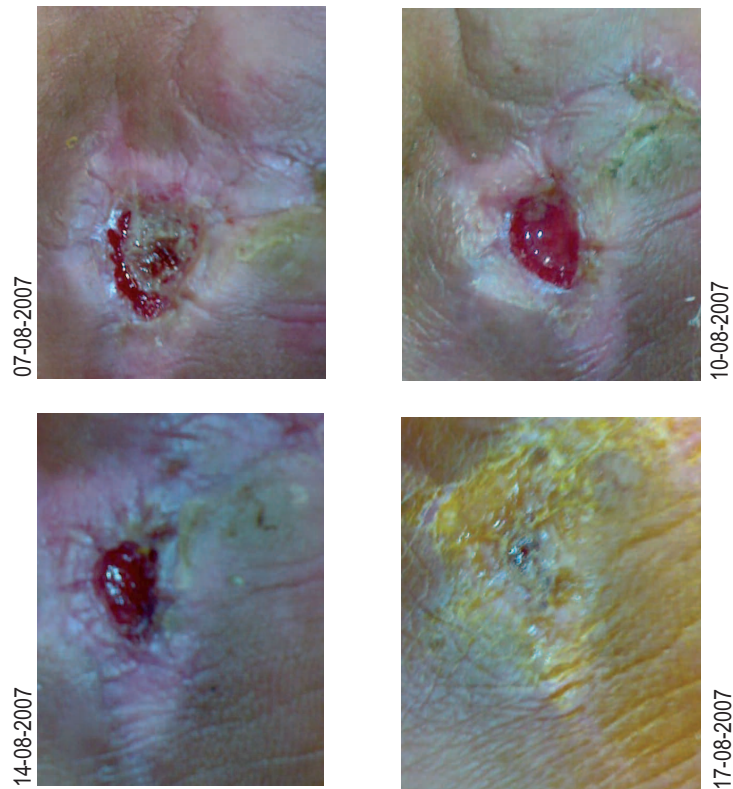
ANEXO 1



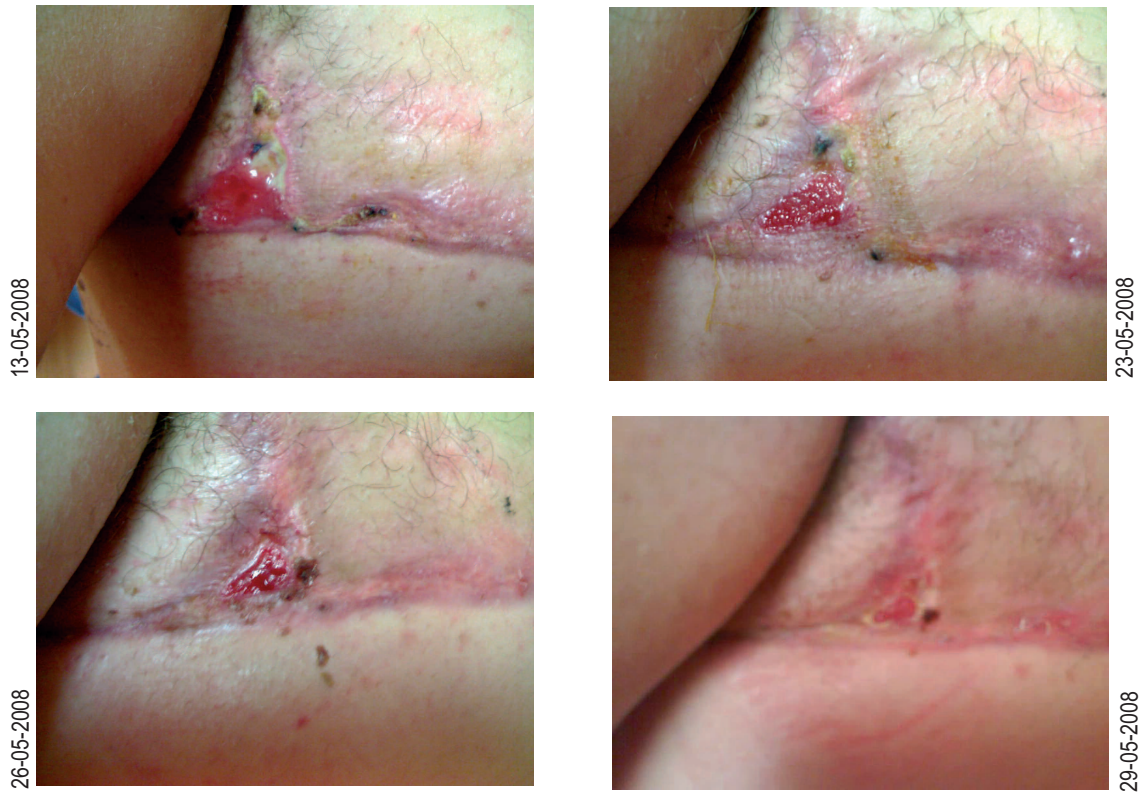
Evolución de una herida por fractura abierta



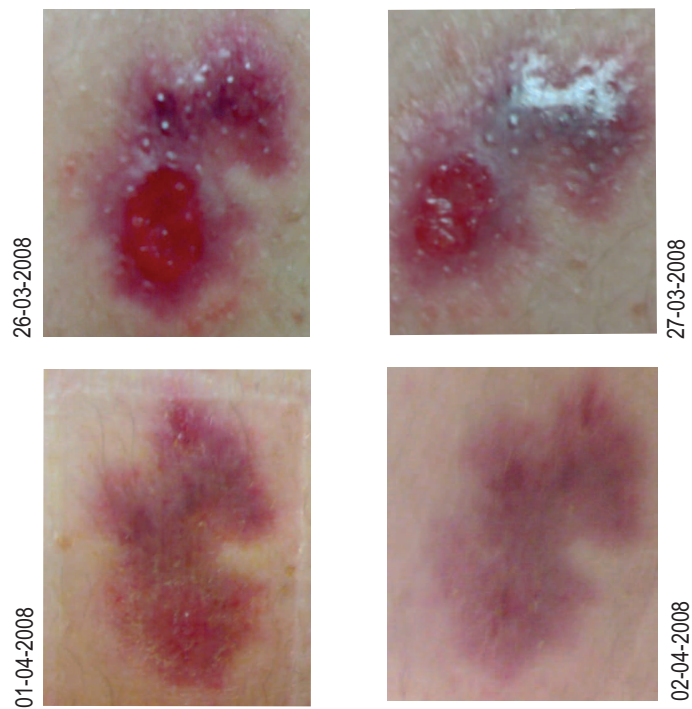
Evolución de una quemadura por ácido



Evolución de una necrosis postraumática



Evolución de una herida postquirúrgica



Evolución de una úlcera por presión