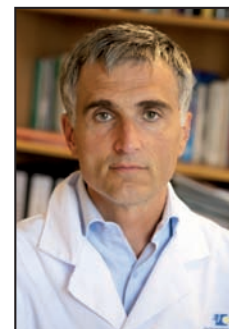


Ventajas de la cicatrización cutánea asistida por láser (LASH)

Advantages of laser assisted scar healing (LASH)



Mordon, S.

Mordon, S.*, Trelles, M.A.**

Resumen

La fase final de toda cirugía es la sutura y su cicatriz correspondiente y, frecuentemente, ésta es la única secuela visible de una intervención. La técnica LASH (cicatrización cutánea asistida por láser), estimula los mecanismos de reparación de la piel por efecto térmico, condicionando la calidad de la cicatrización.

Estudios experimentales en ratones comparando los resultados obtenidos en heridas quirúrgicas radiadas con laser diodo 810 nm tras ser suturadas, con los obtenidos en igual tipo de heridas suturadas de manera convencional, han demostrado que se consiguen cicatrices mucho menos visibles cuando se practica el tratamiento con láser.

La histología confirma, comparativamente, una notable aceleración del proceso cicatricial con modificación del TGFβ (*Transforming Growth Factor-Beta*) directamente implicado en la reparación tisular, en los animales en los que la sutura fue asistida por láser. Igualmente, el análisis tensiométrico demostró mayor resistencia a la acción de estiramiento mecánico en estas heridas.

Estudios clínicos en pacientes sometidos a dermolipectomía, reducción mamaria y estiramiento facial, demuestran que al tratar con LASH una parte o una de las líneas de sutura, los análisis realizados tanto por los pacientes como por cirujanos independientes a los 8 días, 3 meses y un año, evidencian resultados más favorables para la técnica láser. Las dosis eficaces determinadas para las fluencias láser están entre 80 y 120 J/cm².

La técnica LASH es simple de efectuar, reproducible, rápida y ofrece una clara evidencia de que es posible reducir considerablemente la cicatriz, logrando que ésta sea de mejor calidad y más estética.

Abstract

Suture is the final stage of surgery and as a consequence, a scar is frequently the only visible effect after an operation. LASH technique (Laser Assisted Scar Healing) produces thermal effects to stimulate mechanisms for tissue repair that will determine the quality of the scar.

In the experimental phase, rats were irradiated with 810 nm diode-laser after surgical wounds were sutured, and then, compared to another group of rats with the same type of wounds which were sutured with conventional techniques. The results were that those rats treated with laser had less visible scars.

Histology comparatively confirmed a notable acceleration in the scarring process with modification of the TGFβ (Transforming Growth Factor-Beta), which is directly involved in tissue repair in those rats treated with laser. The tensiometric analysis also demonstrated a better resistance to mechanical stress of wounds.

Clinically, in dermolipectomy patients, breast reductions and facial lifts, in which part of the sutures were treated with LASH, at 8 days, 3 months and 1 year controls, evaluated by independent surgeons to the study and by patients, statistical results were more favourable for patients treated with LASH technique. The effective doses determined for treatment were laser fluencies between 80 and 120 J/cm².

LASH is a fast, simple to carry out and reproducible method, with clear evidence that it is possible to considerably reduce scars, giving them a better quality and aesthetic appearance.

Palabras clave Cicatrización, Láser.
Cicatrización asistida, LASH.

Código numérico 153-1545

Key words Scar, Laser,
Assisted wound healing, LASH.

Numeral Code 153-1545

* Profesor de Biofísica Médica, Doctor en Ciencias Físicas, Universidad de Lille Nord de France, Lille University Hospital, Lille, Francia.
** Cirujano Plástico-Estético. Instituto Médico Vilafortuny, Cambrils (Tarragona), España

Introducción

En el devenir profesional, cualquiera que sea la especialidad, los médicos efectúan suturas cutáneas en algún momento de su práctica. El cierre de una incisión quirúrgica como fase final de la intervención reviste gran importancia, ya que de ella dependerá a menudo la única secuela visible de la intervención que conocemos como cicatriz cutánea. Así, la meta de la cirugía incisional es que el tejido, una vez suturado, regenere con una estructura estética y funcional óptima, de iguales características que la piel no intervenida. Una cicatriz no debe considerarse como una parte trivial de la cirugía, pues la curación de una incisión con mala calidad puede constituir una patología invalidante y llegar a tener implicaciones como la exclusión social (1).

Después de la incisión quirúrgica, la irradiación con láser en el momento de la sutura mejora las características de reparación de la herida, permitiendo evitar telangiectasias, cambios de coloración de la piel y mejorar su textura (2). Desde que Abergel utilizó el láser de Nd:YAG de 1064 nm para la "soldadura cutánea" (3), el láser como ayuda de la cicatrización constituye un tema de interés, pues se ha observado que la combinación de suturas y láser acelera las fases de curación de las heridas, incrementando la calidad de la cicatriz y mejorando su resistencia en las pruebas de tracción, si se compara con las incisiones cerradas solo con sutura convencional (4).

Estudios clínicos recientes evidencian que aplicar la luz láser, durante el curso del proceso cicatricial, además de mejorar el aspecto final del tejido previene las complicaciones propias de la cicatrización (5-9).

Basándose en los efectos terapéuticos que produce la hipertermia moderada selectiva, la técnica LASH (*Laser Assisted Skin Healing*), o cicatrización cutánea asistida por láser, estimula los mecanismos naturales de reparación de la piel durante la fase crítica de cierre de la herida.

Fundamentos de la cicatrización asistida por láser (LASH)

La técnica LASH se basa en el principio de actuación térmica a nivel tisular originada por el haz particular del láser. La energía láser, al ser absorbida en el tejido produce elevación de la temperatura por lo que la extensión del área que debe calentarse y el tiempo durante el cual el calor debe mantenerse, condicionan su acción sobre la cicatrización. La energía térmica en el tejido se distribuye espacialmente en función de los parámetros del láser, pero también los coeficientes ópticos de absorción de los varios elementos de la piel influyen su comportamiento durante la interacción de la luz láser en el tejido.

Entre los 750 y 900 nm del espectro lumínico es donde la absorción de la luz láser por el agua es más débil. Es en esta porción del espectro de la luz donde existe menor absorción por la oxihemoglobina y la deoxihemoglobina que además, como cromóforos (o dia-

nas de absorción), se encuentran ampliamente distribuidos en la piel. En base a estos postulados el espectro entre 750 y 900 nm es el más propicio para que la luz penetre en la piel y los efectos ocurran en profundidad (10) (Fig. 1).

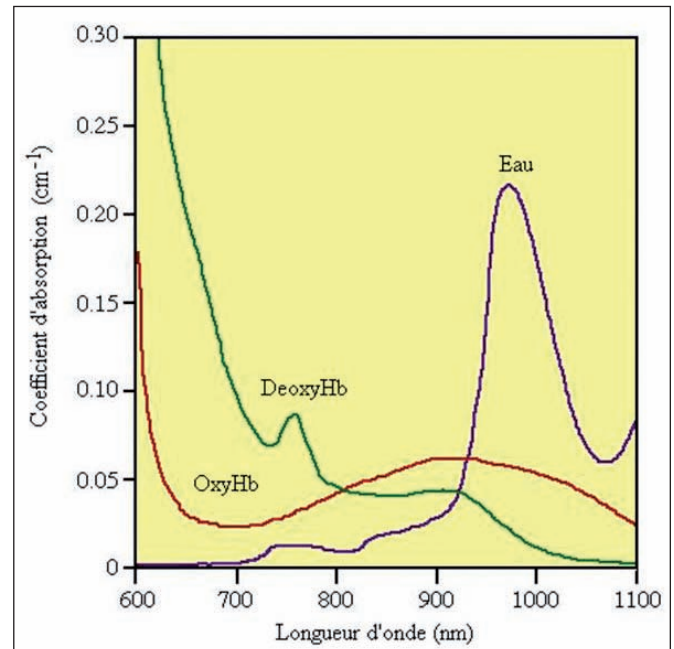


Fig. 1. Espectro de absorción de los principales cromóforos de los tejidos biológicos. La luz láser irradiada implica un aumento moderado de la temperatura tisular, activando las proteínas de estrés (HSP70) o moléculas chaperonas, que juegan un papel destacado en el proceso de reacción inflamatoria que ocurre en el tejido durante de la cicatrización.

Material y método

Resultados experimentales

Presentamos nuestra experiencia acerca de trabajos preliminares conducidos en nuestros centros en 2 grupos de 25 ratones sin pelo, y en la clínica con pacientes, que han hecho posible el desarrollo de una técnica original utilizando un diodo-láser de 810 nm para asistir el proceso de cicatrización cutánea y mejorar la reparación de las heridas (4).

Comparamos experimentalmente las incisiones cutáneas efectuadas con bisturí en el dorso de un grupo de 25 animales tratados con láser después de sutura intradérmica, con un grupo de igual número de animales, de iguales características, en los que se realizó únicamente la sutura de la herida sin irradiación láser. En el grupo de animales tratados con láser, los bordes de la herida se aproximaron hasta su contacto uniéndolos con un apósito adhesivo simple (Steri-strip®3-M España, SA, Madrid). En el grupo de los 25 animales testigo, seguimos el mismo proceso de incisión pero la herida se cerró mediante sutura continua intradérmica y no se empleó el láser (10). Durante el seguimiento, las heridas tratadas con láser evolucionaron hacia cicatrices mucho menos visibles que las de los animales testigo (Fig. 2). Comparativamente, en

el grupo tratado con láser el análisis histológico confirmó que se producía notable aceleración del proceso cicatricial gracias al análisis de inmunohistoquímica con anticuerpos policlorados anticólageno tipos I y III y para definir también la fibronectina. Los cortes histológicos se marcaron después de su inclusión en parafina con el correspondiente anticuerpo y la presencia de colágenos tipo I y II y fibronectina se cuantificó por análisis de imagen con ayuda del sistema informático *Leica Qwin* (Leica®, SAS, Francia). Dicho análisis mostró modificación de la presencia de las diferentes formas del TGF β como factores de expresión propios de la cicatrización, modificados por el efecto térmico láser. También se observó, como reacción del moderado aumento de la temperatura después de la irradiación láser, la activación de las proteínas de estrés (HSP70, *heat shock protein*). Estas proteínas, modulan el proceso de reacción inflamatoria (11) y son necesarias durante la cicatrización, ya que su ausencia compromete notablemente el cierre de la herida (12,13). De otra parte, el análisis tensiométrico en los animales tratados demostró mayor resistencia al estiramiento mecánico de las heridas.

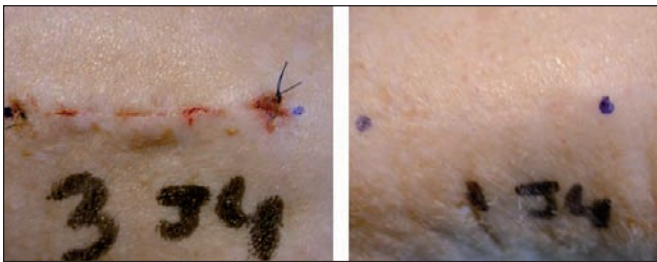


Fig. 2. Aspecto de las heridas suturadas, 4 días después de la incisión efectuada hasta el plano muscular. Izquierda: herida cerrada mediante sutura continua intradérmica, sin láser. Derecha: herida cerrada mediante un apósito transparente adhesivo y láser diodo 810nm.

Las TGF β juegan un papel importante dentro del equilibrio/reparación/regeneración de la piel después de producirse una herida. Está comunicado en la literatura que la expresión predominante de TGF- β 3, en relación a TGF- β 1 y a TGF- β 2, permite disminuir el periodo de reparación tisular y favorece la regeneración del tejido durante las fases de la cicatrización. Obviamente, esto tiene implicaciones en la disminución del tiempo de cicatrización y en lo concerniente al aspecto, forma y estética finales de la cicatriz.

Resultados clínicos

Más recientemente, el ensayo clínico «Evaluación de una técnica original de sutura cutánea asistida por diodo-láser de 810 nm» conducido por la sociedad Ekkyo® (www.ekkyo.com), permitió evaluar una técnica original de cicatrización cutánea en pacientes cuando ésta es asistida por la luz del láser de diodo de 810 nm (2). El tratamiento láser se realizó en pacientes con fototipos I a IV según la clasificación de Fitzpatrick, programados para intervenciones de dermolipectomía, reducción mamaria y estiramiento facial, que implican realizar cicatrices visibles y lineales.

El sistema se evaluó utilizándolo al final de la intervención quirúrgica y efectuando pulsos láser inmediatamente después del cierre de la incisión quirúrgica (Fig. 3). En cada paciente, la totalidad de la herida quirúrgica se cerró mediante sutura continua y, solamente un segmento de 8 cm de su longitud total, se trató con láser. En las intervenciones tipo estiramiento facial, realizamos tratamiento láser en un solo lado. Todos los pacientes fueron revisados durante su evolución a los 8 días, 3 meses y 1 año, mediante estricto examen visual documentado fotográficamente. Las fotografías de las cicatrices se realizaron, siguiendo condiciones estandarizadas, durante el postoperatorio inmediato y en cada consulta realizada a los 8 días, 3 meses y 12 meses después de la cirugía. Las fotografías se analizaron por 2 examinadores independientes que desconocían el proceso de tratamiento seguido y que calificaron los resultados en una escala visual (VAS) siguiendo el modelo Vancouver modificado. Igualmente, tanto los pacientes como el cirujano que realizaron la intervención evaluaron la forma, calidad y estética de la cicatriz resultante, empleando como guía una escala visual (VAS) con graduaciones de 0 a 100 para comparar los resultados de la sutura láser con los de la sutura continua clásica.

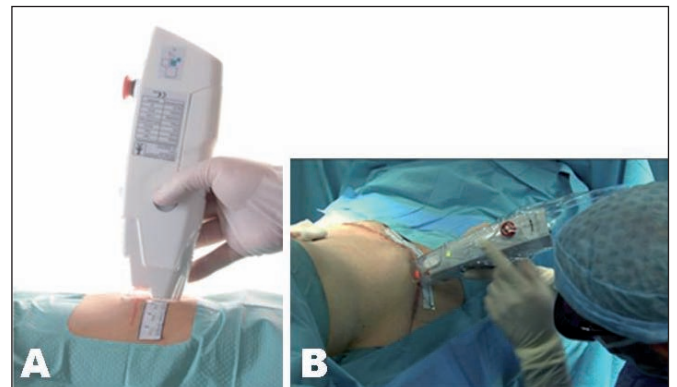


Fig. 3. A) Detalle del sistema láser. B) Tratamiento láser durante la fase final de la cirugía.

La primera fase o estudio piloto realizado en 15 pacientes entre julio del 2006 y diciembre del 2007 y posteriormente extendido a una serie de otros 8 pacientes por uno de los autores (MAT), permitió evaluar el sistema láser en cuanto a su eficacia y seguridad, determinándose como dosis eficaces de tratamiento las fluencias entre 80 y 120 J/cm² (Fig. 4 y 5).

El análisis estadístico empleando la prueba de Wilcoxon sobre la base de los resultados obtenidos en 11 pacientes después de 1 año de seguimiento, evidenció resultados significativos. Estadísticamente, la calificación de los cirujanos dió como resultado $p = 0,046$ y la de los pacientes $p = 0,025$. Todos los pacientes manifestaron en su valoración mayor satisfacción que la apuntada por los cirujanos, con un resultado $p = 0,02$. No se detectaron efectos secundarios.

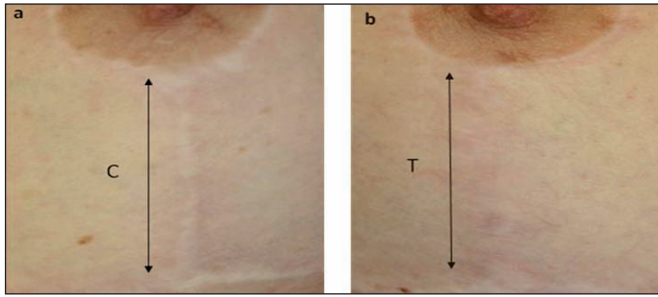


Fig. 4. Mujer de 35 años de edad; imagen 12 meses después de reducción mamaria, con cicatriz vertical A) Sin tratamiento láser. B) Tratada con láser. C es el control, no tratado con láser y T, es la sutura tratada con láser.

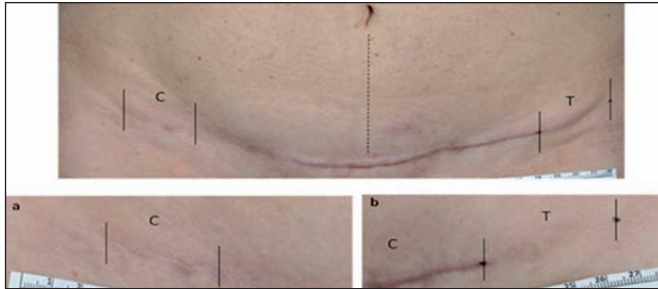


Fig. 5. Mujer de 47 años de edad; imagen 12 meses después de abdominoplastia. Los extremos corresponden a las líneas de incisión tratadas con láser, comparativamente a la parte central de la herida no tratada con el láser. A y B muestran en detalle los resultados.

En una segunda fase de la investigación, un estudio multicéntrico realizado sobre 25 pacientes entre enero y julio del 2008, los resultados fueron igualmente de alta eficacia y satisfacción.

Casos ilustrativos

Caso 1: Paciente fototipo II. Presentamos detalle de las cicatrices preauriculares bilaterales resultantes tras un mini-estiramiento del tercio inferior de la cara a los 3 meses de la cirugía. En la figura 6A empleamos sutura clásica y observamos hipertrofia cicatricial y eritema residual. En la figura 6B la sutura se asistió con pulsos láser y presenta una cicatrización correcta. Las figuras 6C y D presentan imágenes de la revisión al año de la cirugía; en C se evidencia desplazamiento caudal del lóbulo de la oreja, que se muestra unido en su extremo distal a la piel del cuello y en D, cicatriz asistida por láser, venos como 1 año después la calidad de la cicatriz es buena.

Caso 2: Paciente fototipo III después de dermolipectomía. En la figura 7A vemos el aspecto de la cicatriz a los 3 meses de la intervención; podemos observar las depresiones que aparecen en toda la extensión de la línea de incisión y la formación de “oreja de perro” en el extremo izquierdo. La paciente había usado tratamiento compresivo con bandas de silicona durante todo este periodo. En la figura 7B vemos el resultado 3 meses después de la reintervención de la cicatriz; practicamos escisión de la cicatriz, corrección de los extremos y sutura en dos planos, asistida por láser en la totalidad de la línea de sutura. Los resultados muestran una cicatriz práctica-

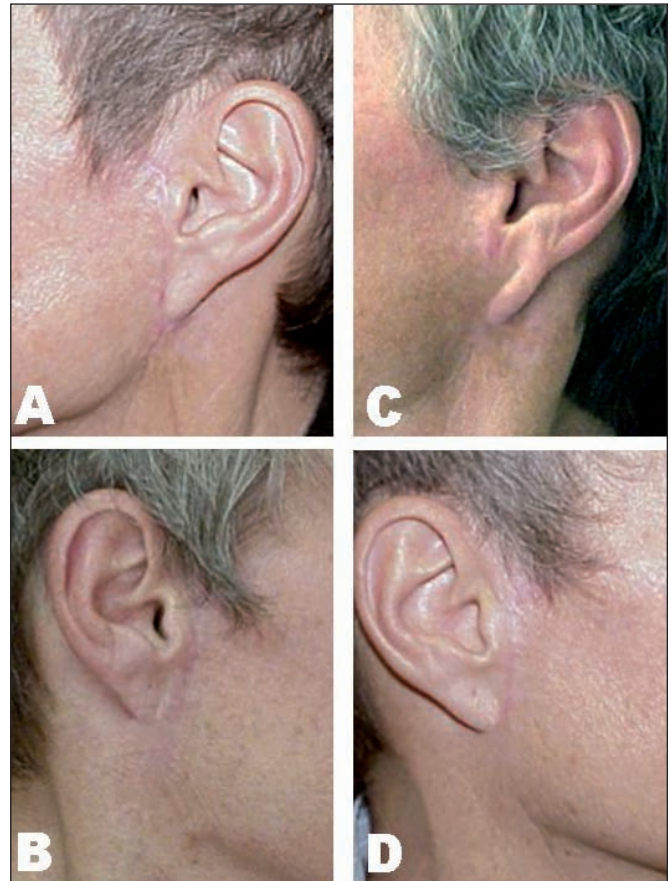


Fig. 6. Mini-estiramiento del tercio inferior facial. Paciente de 58 años de edad, fototipo II. A) y B) cicatrices preauriculares 3 meses después de la intervención. En A) se empleó sutura clásica: hipertrofia cicatricial y eritema residual. B) sutura y láser: cicatrización correcta. C) y D) muestran imágenes de revisión 1 año después de la cirugía. C) desplazamiento caudal del lóbulo de la oreja. D) sutura asistida por láser. La calidad de la cicatriz es de buen aspecto.

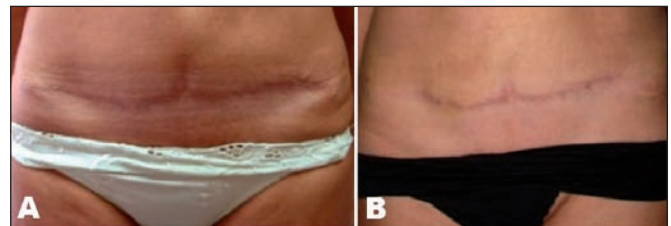


Fig. 7. Dermolipectomía. Paciente de 46 años de edad; imagen 3 meses después de la intervención. A) depresión del tejido en toda la extensión de la incisión y formación de “oreja de perro” en el extremo izquierdo. B) imagen 3 meses después de reintervención de la cicatriz con sutura en dos planos asistida por láser en la totalidad de la línea de la herida. Cicatriz prácticamente imperceptible y buen aspecto de las características y textura de la piel.

mente imperceptible en sus extremos y buen aspecto de las características y textura de la piel.

Discusión

Las proteínas HSP70 modulan el proceso de reacción inflamatoria (11) y son necesarias durante la cicatrización (14). De acuerdo a Oberringer y Atalay, su ausencia compromete el proceso reparativo inhibiéndolo o retrasándolo. Consecuentemente, la acción térmica del láser y la selección de los parámetros adecuados, son críticas para obtener el aumento de temperatura óptimo, tal

y como describe Capon (15). En el mismo sentido, los trabajos de Jansen han mostrado que el láser induce la presencia de HSP70, particularmente en un rango de temperaturas de entre 45 a 55 °C (16). Souil ha observado que la proteína a la que nos referimos se expresa principalmente en la capa superior de la epidermis (10). No obstante, el efecto térmico del láser acrecienta la expresión de la HSP70 induciendo la síntesis de nuevas proteínas detectables en los estratos de la dermis, como consecuencia de la propagación del calor en el tejido durante la irradiación tal y como muestra la identificación de proteínas HSP70, especialmente alrededor de los vasos sanguíneos, de los folículos pilosos y de las glándulas sebáceas (10). La referida respuesta frente al choque térmico y la respuesta a la absorción de la energía láser, serían las responsables del incremento de la presencia de factores de crecimiento y, particularmente, conducirían la modificación del perfil de la expresión de la TGF- β (17,18).

Otros autores han comunicado que la expresión predominante TGF- β 3, comparativamente a la expresión TGF- β 1 y TGF- β 2, mejora la cicatrización cutánea (19,20); en efecto, la diferencia más significativa entre los tejidos normales y los cicatriciales se considera que está relacionada con la orientación de la matriz del colágeno y/o de la fibrosis que puede producirse en el tejido durante la formación de la cicatriz (21).

En cuanto a la histología, el papel desarrollado por el colágeno I y III según se ha observado en estudios histológicos en pacientes en los que se analizó la presencia de colágeno tipo I y II y fibronectina mediante inmunohistoquímica (como es el caso de nuestro estudio), empleando anticuerpos policlorados anti-colágeno I y anti-colágeno de tipo III (2), han revelado que el colágeno tipo I y tipo III analizados por imagen (Leica® Microsystems SAS, Nanterre, Francia) revela cambios en el porcentaje de estos dos colágenos y de la fibronectina, particularmente en la dermis papilar y reticular. Según se ha observado existe una clara disminución en el colágeno I y de la fibronectina en las cicatrices tratadas con láser, en tanto que es el colágeno tipo III el que disminuye en las cicatrices control, no tratadas con láser (22).

El proceso cicatricial patológico, sistemáticamente se asocia a cifras elevadas de colágeno tipo I y III, en tanto que los valores pequeños conducen a regeneración del tejido, bien conocida en la literatura anglosajona como *scarless healing process*. Más recientemente, Laubach ha comunicado no haber observado signos de degradación del colágeno tipo II tres meses después del tratamiento láser (23), lo que estaría a favor de la aceleración cicatricial que produce el tratamiento láser.

Una mala cicatrización puede ser invalidante funcional y estéticamente; por tanto, los efectos térmicos del láser inducen, por las características de su luz, la modulación de la respuesta cicatricial.

Conclusiones

La técnica LASH es simple de efectuar, reproducible y rápida, ofrece una clara evidencia de que es posible reducir considerablemente la notoriedad de la cicatriz residual e incluso, en determinados casos, puede conseguirse hacerla prácticamente invisible.

Dirección del autor

Dr. Serge Mordon
INSERM U 703 152, rue du Dr. Yersin 59120
59120 Loos, Francia.
e-mail: serge.mordon@inserm.fr

Bibliografía

1. **Gerbault O.:** Cicatrisation cutanée. *Encycl Méd Chir , Techniques chirurgicales Chirurgie plastique reconstructrice et esthétique*, Elsevier, Paris, 1999, 45-010, P: 19.
2. **Capon AC, Gosse AR, Jarmarcovai GNK, Cornil AH, Mordon S.:** Scar prevention by Laser-Assisted Scar Healing (LASH): A Pilot Study Using an 810-nm Diode-laser System. *Lasers Surg Med* 2008; 40:443.
3. **Abergel RP, Meeker CA, Dwyer RM, et al.:** Nonthermal effects of Nd:YAG laser on biological functions of human skin fibroblasts in culture. *Lasers Surg Med* 1984;3:279.
4. **Capon A, Souil E, Gauthier B, Sumian C, Bachelet M, Buys B, Polla BS, Mordon S.:** Laser Assisted Skin Closure (LASC) by Using a 815-nm Diode-Laser System Accelerates and Improves Wound Healing. *Lasers Surg Med* 2001; 28: 168.
5. **Alam M, Pon K, Van Laborde S, Kaminer MS, Arndt KA, Dover JS.:** Clinical effect of a single pulsed dye laser treatment of fresh surgical scars: randomized controlled trial. *Dermatol Surg* 2006; 32(1):21.
6. **McCraw JB, McCraw JA, McMellin A, Bettencourt N.:** Prevention of unfavorable scars using early pulse dye laser treatments: a preliminary report. *Ann Plast Surg* 1999; 42(1):7.
7. **Nouri K, Jimenez GP, Harrison-Balestra C, Elgart GW.:** 585-nm pulsed dye laser in the treatment of surgical scars starting on the suture removal day. *Dermatol Surg* 2003; 29(1):65; discussion 73.
8. **Conologue TD, Norwood C.:** Treatment of surgical scars with the cryogen-cooled 595 nm pulsed dye laser starting on the day of suture removal. *Dermatol Surg* 2006; 32(1):13.
9. **Liew SH, Murison M, Dickson WA.:** Prophylactic treatment of deep dermal burn scar to prevent hypertrophic scarring using the pulsed dye laser: a preliminary study. *Ann Plast Surg* 2002; 49(5):472.
10. **Souil E, Capon A, Mordon S, Dinh-Xuan AT, Polla BS, Bachelet M.:** Treatment with 815-nm diode laser induces long-lasting expression of 72-kDa heat shock protein in normal rat skin. *Br J Dermatol* 2001; 144(2):260.
11. **Klosterhalfen B, Klinge U, Tietze L et al.** Expression of heat shock protein 70 (HSP70) at the interface of polymer-implants in vivo. *J Mater Sci Mater Med* 2000, 11:175-81

12. **Oberringer M, Baum HP, Jung V et al.** Differential expression of heat shock protein 70 in well healing and chronic human wound tissue. *Biochem Biophys Res Commun* 1995; 214:1009
13. **Atalay M, Oksala N, Lappalainen J et al.:** Heat shock proteins in diabetes and wound healing. *Curr Protein Pept Sci* 2009;10:85.
14. **Schukla A, Dubey MP, Sirvastava R, Sirvastava BS.:** Differential expression of proteins during healing of cutaneous wounds in experimental normal and chronic models. *Biochem Biophys Res Commun* 1998;244:434.
15. **Capon A. Suture cutanée assistée par laser: étude des mécanismes d'accélération de la cicatrisation sur modèle animal et sur peau humaine.** In: Ecole doctorale biologie santé. Lille: Université de Lille 2, 2003.
16. **Wilmink GJ, Opalenik SR, Beckham JT et al.:** Molecular imaging-assisted optimization of hsp70 expression during laser-induced thermal preconditioning of wound repair enhancement. *J Invest Dermatol* 2009;129:205.
17. **Capon A, Mordon S.:** Can thermal lasers promote skin wound healing? *Am J Clin Dermatol* 2003;4:1.
18. **Hantash Bm, Ubeid AA, Chang H, Kafi R, Renton B.:** Bipolar fractional radiofrequency treatment induces neoelectrogenesis and neocollagenesis. *Lasers Surg Med* 2009;14:1.
19. **Shah M, Foreman DM, Ferguson MW.:** Neutralising antibody to TGF-beta 1,2 reduces cutaneous scarring in adult rodents. *J Cell Sci* 1994;107:1137.
20. **Shah M, Foreman DM, Ferguson MW.:** Neutralization of TGF-beta 1 and TGF-beta 2 or exogenous addition of TGF-beta 3 to cutaneous rat wounds reduces scarring. *J Cell Sci* 1995;108: 985.
21. **Mustoe Ta, Cooter RD, Golg MH et al.:** International clinical recommendations on scar management. *Plast Reconstr Surg* 2002;110:560.
22. **Fournier N et al.:** Ultrastructural changes elicited by laser-assisted skin healing using an 810 nm diode-laser system. In: 29th Annual meeting of the American Society for laser Medicine and Surgery. Washington USA,; Lasers in Surgery and Medicine, 2009
23. **Laubach HJ, Tannous Z, Anderson RR, Manstein D.:** Skin responses to fractional photothermolysis. *Lasers Surg Med* 2006; 38:142.