

Fototerapia en los pacientes quemados

M^a Eugenia Amado Vázquez¹, Marcelo Chouza Insua²

¹Fisioterapeuta. Xerencia de Xestión Integrada A Coruña. A Coruña. España

¹Experto en ortopedia y ayudas técnicas por la Universidad Complutense de Madrid

²Diplomado en Fisioterapia. Doctor por la Universidad de A Coruña

^{1,2}Profesor Titular Facultad de Fisioterapia. Universidad de A Coruña. España

e-mail: amado@udc.es

La fototerapia es uno de los métodos más antiguos utilizados por los seres humanos, los egipcios usaban la luz solar como forma de terapia, más tarde el médico danés Nils Finsen, ganó el premio Nobel en 1904, por sus investigaciones sobre las propiedades estimulantes y bactericidas de la radiación ultravioleta. El siguiente paso en el desarrollo tecnológico de la fototerapia se debe a la utilización del láser (láser de bajo nivel, *Low level laser therapy*, LLLT) y los diodos emisores de luz (*Light Emitting Diodes*, LED), que se utilizan habitualmente por sus efectos sobre patologías que afectan a la piel.

En este artículo, presentamos una revisión de diferentes publicaciones, que abordan su uso en las secuelas que puede presentar el pa-

ciente quemado (cicatrices hipertróficas, queloides, etc).

Mecanismo de acción

La fototerapia o fotobiomodulación se refiere al uso de fotones con irradiación no térmica, para alterar la actividad biológica. Para este fin se utilizan fuentes coherentes de luz (láser), fuentes de luz no coherentes (lámparas o diodos emisores de luz, LED) o, en ocasiones, una combinación de ambos.

Se ha observado una respuesta dosis-dependiente, donde los niveles más bajos de luz tienen un efecto mucho mejor que los niveles más altos. Las principales aplicaciones médicas de la fototerapia tienen como objetivo principal reducir el dolor y la inflamación, mejorar la re-

paración de los tejidos dañados y facilitar su regeneración, así como prevenir el daño tisular en las situaciones donde es probable que se desarrollen.

La radiación láser tiene una longitud de onda y de exposición radiante dependientes de la capacidad para alterar el comportamiento celular (estimulando o inhibiendo actividad), todo ello en ausencia de calentamiento significativo. La fototerapia emplea la luz con longitudes de onda entre 390-1100 nm y puede ser de onda continua o pulsada. En circunstancias normales, utiliza energías (0,04 - 50 J/cm²) y densidades de potencia (<100 mW/cm²) relativamente bajas.

En las aplicaciones de LLLT se usan longitudes de onda en el rango de 390 nm a 600 nm para tratar el tejido superficial, y longitudes de onda más largas en el rango de 600 nm a 1100 nm, que penetran más, para tratar tejidos más profundos. Las longitudes de onda en el rango de 700 nm a 750 nm limitan la actividad bioquímica, por lo que no se utilizan frecuentemente.

Las fuentes de luz utilizadas en LLLT incluyen láseres de gases inertes y diodos láser semiconductores tales como helio-neón (He-Ne; 633 nanómetros), rubí (694 nm), argón (488 y

514 nm), criptón (521, 530, 568, 647 nm), arseniuro de galio (GaAs; > 760 nm, normalmente 904 nm), y de arseniuro de galio aluminio (GaAlAs; 612- 870 nm).

Los diodos emisores de luz LED, están disponibles en longitudes de onda inferiores, en su fabricación se incluyen elementos de indio, fósforo y nitrógeno. Son luces de bajo coste cuya longitud de onda se sitúan en el rango de 415 nm (luz azul), 570-600 nm (luz amarilla) y 630-635nm (luz roja), estos emisores, se utilizan para el foto-rejuvenecimiento y el tratamiento de patologías como el acné, y diversas dermatitis.

No hay evidencias de que el uso de luz láser coherente represente alguna ventaja sobre la luz no coherente LED. Según algunos autores, los láseres de baja potencia estarían más indicados para tratar lesiones de tejidos profundos, y los LEDs para grandes áreas de tejido superficial.

El mecanismo asociado con la fotobioestimulación celular aún no se conoce; sin embargo, de la observación, aparece una amplia gama de efectos a nivel celular, molecular y tisular. El mecanismo biológico básico por el que causa efectos beneficiosos en el paciente, es a través de la absorción de la luz roja e infrarroja por los

cromóforos mitocondriales, en particular por la enzima citocromo c oxidasa (CCO) que está contenida en la cadena respiratoria, dentro de la mitocondria, y también por fotoreceptores en la membrana plasmática celular. En consecuencia, se produce una cascada de eventos en las mitocondrias, que conduce finalmente a la bioestimulación de varios procesos.

La hipótesis es que la absorción de energía lumínica puede causar fotodisociación del óxido nítrico inhibitorio de la CCO, que conduce a la mejora de la actividad enzimática (Artyukhov *et al.*), el transporte de electrones (Pastore *et al.*), la respiración mitocondrial (Karu *et al.*) y la producción de ATP.

A su vez, la LLLT altera el estado redox celular que induce la activación de numerosas vías de señalización intracelular, y altera la afinidad de los factores de transcripción relacionados con la proliferación celular, la supervivencia, la reparación y la regeneración del tejido.

En algunos estudios *in vitro*, se ha visto que la aplicación de LLLT a dosis bajas mejora la proliferación celular en varios tipos de células: fibroblastos (Lubart *et al.* 1992; Yu *et al.* 1994), queratinocitos (Grossman *et al.* 1998), células endoteliales (Moore *et al.* 2005) y linfocitos (Agaiby *et al.* 2000; Stadler *et al.* 2000). El me-

canismo de proliferación implica efectos fotoestimuladores en los procesos mitocondriales, lo que aumenta la liberación de factor de crecimiento y, en última instancia, conduce a la proliferación celular (Bjordal *et al.* 2007).

Aunque la LLLT se utiliza habitualmente para tratar una amplia variedad de patologías, su uso sigue siendo controvertido por dos razones principalmente: En primer lugar, existe incertidumbre acerca de los mecanismos moleculares y celulares responsables de la transducción de las señales desde la incidencia de los fotones sobre las células a los efectos biológicos que tienen lugar en el tejido. En segundo lugar, hay variaciones muy significativas en cuanto a los parámetros dosimétricos utilizados en los diferentes estudios: longitud de onda, cantidad total de radiación, estructura de impulsos, de coherencia, de polarización, de energía, de fluencia, tiempo de irradiación, etc.

Aplicación en cicatrices hipertróficas y queloides

Las cicatrices hipertróficas y queloides, por lo general, se forman después de procedimientos quirúrgicos, quemaduras o el acné, y son difíciles de erradicar.

La proliferación fibroblástica y el exceso de depósitos de colágeno, son las dos principales características, y la superposición de un desequilibrio entre las tasas de biosíntesis y degradación del colágeno y la predisposición genética del individuo, están claramente implicados en su patogenia.

En números anteriores de esta revista, se han abordado algunos de los tratamientos más utilizados en estos casos, tratamiento quirúrgico, farmacológico, presión mecánica o apósitos de gel de silicona, y terapias. Todos ellos han sido probados con éxito variable, por lo que se continúa buscando un tratamiento óptimo de este tipo de lesiones.

Recientemente se ha comprobado que una mala regulación de la interleucina (IL -6), las vías de señalización y factores de crecimiento transformante beta-I (TGF- β 1), juegan un papel importante en este proceso. Por lo que se cree que la inhibición de la IL-6 y/o TGF- β 1 podría ser un objetivo terapéutico potencial.

Algunos estudios han demostrado los efectos del LLLT en la disminución de los niveles de IL-6 y otras interleucinas (IL-13 e IL-15) y en la modulación de PDGF (*Platelet derived growth factor*), TGF- β y metaloproteinasas (MMP), todos ellos asociados con la anormal curación

de las heridas por lo que el uso del láser se ha propuesto como terapia alternativa a estas opciones de tratamiento.

El uso de la LLLT como un método profiláctico para alterar el proceso de cicatrización de la herida para evitar o atenuar la formación de cicatrices hipertróficas o queloideas ha sido investigado por Barolet y Boucher en 3 estudios de casos. Como resultado, los autores observaron mejoras significativas en las cicatrices tratadas con LED-IRC frente a las cicatrices que sirvieron de control, sin que se informaran efectos adversos significativos relacionados con el tratamiento.

Aplicación en Quemaduras

En un estudio clínico conducido por Weiss *et al.* 10 pacientes recibieron tratamiento LED (590 nm) para quemaduras agudas, los sujetos recibieron tratamiento una vez o dos veces al día, durante 3 días. La aplicación sólo se realizó en la mitad de la zona anatómica afectada. Se observaron mejoras clínicas respecto a la disminución de: ardor, enrojecimiento, inflamación y descamación.

En un paciente que recibió dicho tratamiento se demostró una disminución de la MMP-1, mediante tinción de inmunofluorescencia. Por

otra parte, el análisis de la expresión génica de la RT-PCR (*Reverse transcription polymerase chain reaction*) mostró una disminución significativa en la MMP-1 en el lado tratado a las 4 y a las 24 horas. También se observaron otros cambios significativos relacionados con la composición de la matriz dérmica y de la inflamación.

Los mismos investigadores pudieron comprobar en una herida de laser de CO₂, la aceleración del proceso de reepitelización tras la aplicación de LED, frente a la zona no aplicada, pero sí sometida a los mismos cuidados (apósitos antiadherentes, pomada,...).

Los autores, sugieren la terapia LED como una modalidad de tratamiento para facilitar la cicatrización en quemaduras con mayor rapidez.

Chung H, Dai T, Sharma SK, et al. The nuts and bolts of low-level laser (light) therapy. *Ann Biomed Eng.* 2012 40:516–33.

Bouzari N, Davis SC, Nouri K. Laser treatment of keloids and hypertrophic scars. *Int J Dermatol.* 2007 46:80–8.

Barolet D, Boucher A. Prophylactic low-level light therapy for the treatment of hypertrophic scars and keloids: a case series. *Lasers Surg Med.* 2010 42:597–601.

Weiss RA, McDaniel DH, Geronemus RG, et al. Clinical experience with light-emitting diode (LED) photomodulation. *Dermatol Surg.* 2005 31:1199–205.

Más información en:

Avci P, Gupta A, Sadasivam M, et al. Low-level laser (light) therapy (LLLT) in skin: stimulating, healing, restoring. *Seminars in cutaneous medicine and surgery.* 2013;32:41-52.

Los autores de este artículo declaran no tener conflicto de intereses