

## Intérêt de la photobiomodulation dans la prise en charge des brûlures aiguës du deuxième degré

**L'utilisation de la lumière LED et du laser a été proposée dans la cicatrisation des plaies depuis deux décennies, avec des résultats variables, liés aux longueurs d'ondes émises, qui semblent avoir des actions spécifiques sur les différentes phases de la cicatrisation. Le développement récent de techniques de biophotonique permet de combiner les effets des différentes longueurs d'onde en induisant leurs émissions à partir d'une simple lampe LED, grâce à des chromophores contenus dans un gel. Cette technique a été appliquée à la cicatrisation des brûlures aiguës du deuxième degré dans une analyse préliminaire de dix cas. Les résultats sont encourageants et permettent d'ouvrir la porte à des essais contrôlés randomisés**

© 2019 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés

Mots clés – brûlure du deuxième degré ; épidermisation ; lumière LED ; photobiomodulation

**Interest of photobiomodulation in the management of acute second-degree burns.** The use of LED lights and lasers has been proposed in wound healing since two decades, with variable results, linked to the different emitted wavelengths acting differently on the successive healing stages. The recent development of techniques of biophotonics allow to combine the effects of different wavelengths by induction of their emission from a simple LED light, thanks to the chromophores inserted inside a gel. This technique has been applied to healing of acute second degree burns in a preliminary study of 10 cases. Results are encouraging and allow to open the door to randomised control trials.

© 2019 Elsevier Masson SAS. All rights reserved

Keywords – epidermization; LED light; photobiomodulation; second-degree burn

Les brûlures du deuxième degré sont des causes fréquentes de séquelles cicatricielles à type de brides ou de cicatrices hypertrophiques. Leur traitement impose des pansements douloureux, parfois une hospitalisation pour greffe de peau, prolongée par le port de vêtements compressifs ou de traitements spécifiques de la cicatrice, engendrant des coûts de prise en charge importants et une perte de qualité de vie pour le patient. Malgré des progrès croissants dans le traitement des brûlures, les stratégies mises en œuvre n'ont pas encore permis de modifier significativement leur profil évolutif. Le pronostic de cicatrisation des brûlures est difficile à établir lors de la phase initiale, et la possibilité

de voir apparaître une cicatrice pathologique reste incertaine. Le processus de guérison des lésions cutanées est complexe et classiquement divisé en plusieurs phases distinctes [1,2]. Les brûlures entraînent une forte inflammation et le risque d'infection est présent dans les lésions du deuxième degré profond. Si le traitement le plus prescrit reste la sulfadiazine d'argent (SSD), un agent antibactérien pour le traitement topique des brûlures [3], de nombreuses thérapies ont été proposées pour accélérer la cicatrisation, pour offrir une meilleure qualité du tissu cicatrisé. La photobiomodulation (PMB) a été récemment utilisée dans des pertes de substance cutanée d'origines diverses pour régénérer

plusieurs types de plaies aiguës ou chroniques [4-7]. Cette technologie de fluorescence d'un gel biophotonique est basée sur la capacité de capture de lumière de molécules particulières à convertir les émissions lumineuses d'une lampe à diodes électroluminescentes (LED) en un spectre d'émission de photons différent, avec une gamme de longueurs d'onde plus large et une énergie plus faible (fluorescence) [7]. Grâce à cette technologie, lorsque la peau est exposée à la fluorescence, une interaction des processus biologiques est induite (effet anti-inflammatoire, prolifération cellulaire, synthèse protéique et diminution de l'infection bactérienne [8]. Nous avons évalué sur une étude observationnelle prospective les

Vladimir LUCA-POZNER  
Résident chirurgie plastique  
et reconstructrice

Lidya DESSENA  
Chef de clinique assistant

Luc TÉOT\*  
Coordonnateur

Département médico-chirurgical plaies et cicatrisations, brûlés, chirurgie plastique et reconstructive, centre hospitalier universitaire de Montpellier, 191, avenue du Doyen-Gaston-Giraud, 34295 Montpellier cedex 5, France

\*Auteur correspondant.  
Adresse e-mail :  
l-teot@chu-montpellier.fr  
(L. Téot).

effets du gel biophotonique dans le traitement initial des brûlures du deuxième degré superficiel et profond sur dix patients.

### Matériel et méthodes

Dix patients présentant une brûlure du deuxième degré ont été inclus dans l'étude entre septembre 2017 et mai 2018. Les critères d'inclusion étaient les suivants :

- patients âgés de plus de 18 ans ;
- patients ne résidant pas à plus de 50 kilomètres du centre des brûlés ;
- patients présentant des brûlures aiguës du deuxième degré (jours 1 à 8) ;
- patients présentant des brûlures d'un diamètre inférieur ou égal à 10 centimètres (cm).

Les critères d'exclusion étaient :

- les brûlures faciales ;
- les patients présentant une hypersensibilité cutanée ou prenant des médicaments pouvant induire des réactions de photosensibilité ;
- les femmes enceintes.

### Mode opératoire durant les séances d'exposition

Le gel biophotonique est un gel de photoconversion enroulée contenant des molécules

spécifiques absorbant la lumière (les chromophores), qui ne sont pas absorbées par la peau. Les chromophores sont soumis à la lumière émise par une lampe multi-LED, un appareil délivrant une lumière bleue avec des longueurs d'onde comprises entre 440 et 460 nanomètre (nm) et une densité de puissance comprise entre 55 et 129 mW/cm<sup>2</sup> à une distance de 5 cm de la source lumineuse. Lors de l'illumination par la lumière bleue, les chromophores libèrent une émission micropulsée ultrarapide de photons, sous forme de fluorescence, avec différentes longueurs d'onde dans les spectres de la lumière visible, allant de 500 à 610 nm. Le gel photoconvertisseur est présenté sous la forme de deux composants séparés, dans deux pots différents, qui doivent être mélangés juste avant l'application.

Le gel biophotonique était utilisé à un rythme de deux fois par semaine pendant deux à trois semaines, en combinaison avec les pansements habituels réalisés pour les brûlures à la consultation, avec application de sulfadiazine argentique. La plaie était

nettoyée avec une solution saline normale et une couche de 2 mm d'épaisseur du gel était appliquée sur les brûlures. La plaie était ensuite soumise à l'application de la lumière multi-LED pendant cinq minutes à une distance de 9 cm. Une fois le traitement terminé, le gel était retiré de la plaie par lavage au sérum salé stérile. La procédure a été répétée deux fois pendant le pansement. La SSD a ensuite été appliquée sur toutes les brûlures.

### Évaluation de la douleur

Des informations spécifiques sur la douleur ont été recueillies pour chaque patient lors de chaque application et retrait du gel. L'échelle d'évaluation de la douleur était remplie à chaque séance (VAS). La douleur a été évaluée avec le taux d'échelle numérique, de 0 (pas de douleur) à 10 (douleur sévère).

### Évaluation de la cicatrisation

La plaie était photographiée à chaque pansement, et la progression de la cicatrisation mesurée grâce à des calques, afin d'évaluer l'épidermisation.

Tableau 1. Description des cas cliniques et des procédures utilisées.

Patients		Type de brûlure	Brûlure du deuxième degré	Introduction de la photobiomodulation	Nombre de procédures (1 procédure = 2 x 5 min)	Fin de cicatrisation (jours)	Suivi (jours)	Éval. douleur (de 0 à 10)
Sexe	Âge							
F	18	Thermique	Profonde	J7	2	20	30	2
M	39	Thermique	Profonde	J8	2	21	50	8
M	54	Thermique	Partielle et profonde	J1	2	18	30	8
F	25	Thermique	Profonde	J3	2	14	30	2
F	42	Thermique	Profonde	J1	4	19	30	6
M	40	Thermique	Partielle	J2	2	10	30	8
F	21	Thermique	Partielle	J1	1	7	30	8
M	32	Thermique	Partielle	J2	2	7	30	6
M	32	Thermique	Profonde	J1	4	15	30	2
M	42	Thermique	Profonde	J3	5	20	30	6



**Figure 1 (a, b, c).** a : Patient âgé de 18 ans brûlure du deuxième degré de l'avant-bras, photobiomodulation (PMB) débutée à J7 ; b : Deuxième séance de PMB à J11 ; c : Aspect final à J30.

## Résultats

Les caractéristiques des patients sont résumées dans le *tableau 1*. Sur les dix patients analysés, quatre présentaient des brûlures superficielles et six des brûlures profondes. Il y avait six hommes et quatre femmes, âgés de 18 à 82 ans, ayant tous des brûlures d'origine thermique. La guérison complète a été obtenue dans tous les cas, et aucune greffe de peau n'a été nécessaire. Le délai de cicatrisation était de sept jours pour les brûlures d'épaisseur partielle et de vingt et un jours pour les brûlures d'épaisseur totale. Le suivi était réalisé jusqu'à J30 (*figures 1, 2, 3, 4*). La douleur notée lors de la première séance variait de 2 à 8, sans que l'on puisse corréler son intensité à la profondeur de la brûlure.

Aucun événement indésirable lié au traitement n'a été noté. L'utilisation du gel biophotonique éclairé par une lampe multi-LED s'est avérée non irritante pour la peau et sûre sur les plaies, selon des études *in vitro* effectuées sur des lapins, des rats et des porcs, et des essais cliniques antérieurs réalisés avec le même gel [7].

L'évaluation de la douleur a montré que les procédures d'application du gel et de son activation par la lampe ont été bien tolérées par les patients, bien que cinq d'entre eux aient signalé une douleur plus marquée au début du traitement.

La cicatrisation a été obtenue sur dix patients dans un délai d'une à trois semaines sans qu'il soit



**Figure 2 (a, b, c, d, e).** a : Photobiomodulation (PMB) débutée à J1 pour une brûlure du deuxième degré du dos de la main ; b : Aspect immédiatement après la séance initiale de PMB ; c : Aspect à J3 ; d : Cicatrisation complète à J18 ; e : Suivi à un mois.

nécessaire de poser l'indication de greffe cutanée. Le profil d'efficacité peut être considéré comme satisfaisant, toutes les brûlures étaient cicatrisées au 21<sup>e</sup> jour. Le suivi à un mois, bien qu'insuffisant pour prédire la survenue d'une cicatrice hypertrophique, n'a montré aucun signe de cicatrice pathologique débutante, en particulier pour les brûlures profondes.

## Discussion

Plusieurs auteurs considèrent que l'utilisation de faibles niveaux de lumière visible stimule la cicatrisation [9,10]. D'autres ont observé une différence entre la stimulation de la cicatrisation obtenue chez

des patients diabétiques neuropathiques par LED et celle, supérieure, obtenue par laser Gaia [11], la cause étant attribuée par les auteurs à une amélioration de la neuropathie. Une méta-analyse des propositions laser et/ou LED publiées depuis dix ans dans une pathologie récurrente (stomatite aphteuse) a montré une différence significative dans la diminution de la douleur ainsi que sur la durée de cicatrisation. Les auteurs concluent à l'intérêt des lasers CO<sub>2</sub>, YAG et diodes LED dans la prise en charge de la cicatrisation mais également à la nécessité de réaliser une étude randomisée contrôlée.

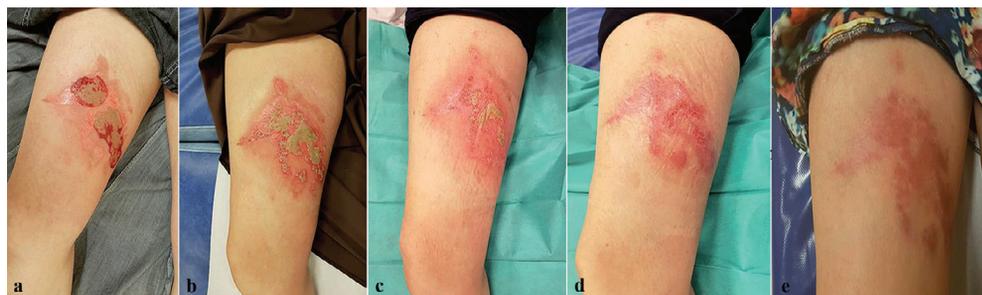
## Références

- [1] Reinke JM, Sorg H. Wound repair and regeneration. *Eur Surg Res* 2012;49(1):35-43.
- [2] Li J, Chen J, Kirsner R. Pathophysiology of acute wound healing. *Clin Dermatol* 2007;25(1):9-18.
- [3] Miller AC, Rashid RM, Falzon L et al. Silver sulfadiazine for the treatment of partial-thickness burns and venous stasis ulcers. *J Am Acad Dermatol* 2012;66(5):e159-65.
- [4] Meirelles GC, Santos JN, Chagas PO et al. A comparative study of the effects of laser photobiomodulation on the healing of third-degree burns: a histological study in rats. *Photomed Laser Surg* 2008;26(2):159-66.
- [5] De Oliveira RA, Boson LLB, Portela SMM et al. Low-intensity LED therapy (658 nm) on burn healing: a series of cases. *Lasers Med Sci* 2018;33(4):729-35.
- [6] Oliveira PC, Meirelles GC, dos Santos NR et al. The use of light photobiomodulation on the treatment of second-degree burns: a histological study of a rodent model. *Photomed Laser Surg* 2008;26(4):289-99.
- [7] Romanelli M, Piaggini A, Scapagnini G et al. Eureka study - the evaluation of real-life use of a biophotonic system in chronic wound management: an interim analysis. *Drug Des Devel Ther* 2017;11:3551-8.
- [8] De Freitas LF, Hamblin MR. Proposed mechanisms of photobiomodulation or low-level light therapy. *IEEE. J Sel Top Quantum Electron* 2016;22(3).
- [9] Gupta A, Keshri GK, Yadav A et al. Superpulsed (Ga-As, 904 nm) low-level laser therapy (LLLT) attenuates inflammatory response and enhances healing of burn wounds. *J Biophotonics* 2015;8(6):489-501.
- [10] Kim HP. Lightening up light therapy: activation of retrograde signaling pathway by photobiomodulation. *Biomol Ther* 2014;22(6):491-6.



© V. Luca-Pozner

**Figure 3 (a, b, c, d).** a : Photobiomodulation (PMB) pour une brûlure du deuxième degré profond du poignet gauche à J8; b : Deuxième séance de PMB à J12; c : 19 jours après la brûlure; d : Suivi à J50.



© V. Luca-Pozner

**Figure 4 (a, b, c, d, e).** a : Photobiomodulation (PMB) débutée à J1 pour une brûlure de la face antérieure de la cuisse; b : Deuxième séance de PMB à J5; c : Troisième séance de PMB à J9; d : Aspect à J16; e : Suivi à un mois.

## Références

- [11] Kuffler DP. Photobiomodulation in promoting wound healing: a review. *Regen Med* 2016;11(1):107–22.
- [12] Vitoriano NAM, Mont'Alverne DGB, Martins MIS et al. Comparative study on laser and LED influence on tissue repair and improvement of neuropathic symptoms during the treatment of diabetic ulcers. *Lasers Med Sci* 2019.
- [13] Suter VGA, Sjölund S, Bornstein MM. Effect of laser on pain relief and wound healing of recurrent aphthous stomatitis: a systematic review. *Lasers Med Sci* 2017;32(4):953–63.

Déclaration de liens d'intérêts  
Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

Il est admis que les longueurs d'onde laser, comprises entre 532 et 10 600 nm, ainsi que les lampes LED dont la longueur d'onde est comprise entre 510 et 672 nm, du visible à l'infrarouge, peuvent avoir un effet sur la cicatrisation [12]. La PMB a pour effet de disperser l'onde LED sur des chromophores qui couvrent l'ensemble des longueurs d'onde. Cette étude préliminaire observationnelle a été conçue dans le but d'observer l'effet de la photobiomodulation dans la cicatrisation chez l'homme d'un gel biophotonique dans le traitement des brûlures du deuxième degré. L'utilisation de la photobiomodulation combinant l'action de la

lumière LED et d'un gel biophotonique s'est révélée satisfaisante sur les brûlures du deuxième degré, qu'il s'agisse de deuxième degré superficiel ou profond. La cicatrisation a été obtenue. La photobiomodulation, stimulation d'un gel biophotonique par une lumière LED, est une procédure rapide (2 × 5 minutes chacun) et facile à utiliser.

Ces résultats pourraient être confirmés par des études plus complètes. L'intérêt serait alors de pouvoir proposer une limitation des indications chirurgicales de greffe cutanée. En outre, dans certains cas, cette technique pourrait être une alternative à la chirurgie, si les patients la refusent.

Les inconvénients sont liés au nombre de séances bihebdomadaires que chaque patient doit effectuer, et la douleur lors des applications de la lumière sur le gel, douleur qui, bien que modérée, peut être notée en début de traitement. Dans certaines études [13], la douleur est améliorée par le laser. Dans la nôtre, elle restait présente lors de l'application du LED sur nos cas de brûlures. L'utilisation de crème du type EMLA™ permet de diminuer la sensation de chaleur induite. Le contrôle de la douleur fait par ailleurs l'objet de recherches par le laboratoire, en particulier pour modifier la composition du gel afin de réduire l'impression de chaleur en début d'application de la lumière sur le gel.

La photobiomodulation a été utilisée uniquement pour les brûlures du deuxième degré, et l'analyse préliminaire de ce petit groupe de patients semble suffisamment positive pour qu'un essai comparatif randomisé contrôlé puisse être envisagé, utilisant la lampe multi-LED dans un cadre clinique.

## Conclusion

Ces données préliminaires suggèrent que le gel biophotonique présente un potentiel intéressant dans la prise en charge des brûlures du deuxième degré superficiel et profond. Des séries cliniques plus importantes et une étude randomisée sont nécessaires pour confirmer ces résultats. ▶