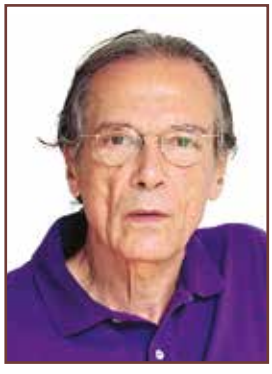
Cicatrisation

Intérêt de la photobiomodulation sur la cicatrisation en chirurgie plastique esthétique

RÉSUMÉ : La qualité de la cicatrisation est un enjeu majeur de l'acte chirurgical en esthétique. Au-delà des exigences de l'acte opératoire, elle reste dépendante de la qualité des tissus et de l'état général du patient. À cet égard, le recours à l'acte chirurgical esthétique a lieu très souvent dans la deuxième moitié de la vie. Il expose la cicatrisation aux effets du vieillissement et des modes de consommation, particulièrement au ralentissement énergétique qu'il entraîne au niveau cellulaire. Certains facteurs préventifs et trophiques sont ainsi recommandés et prescrits en complément de l'acte. Au premier plan de ces derniers, les photothérapies non thermiques (LLLT) se révèlent extrêmement bénéfiques. Le principe thérapeutique de photobiomodulation sur lequel elles reposent met dorénavant au premier plan la relance du bilan énergétique cellulaire par l'activation photonique de l'eau et de l'oxygène. L'optimisation des traitements en termes de fréquence, de durée d'exposition, de puissance et de domaines de longueurs d'onde en est une conséquence directe. Elle ouvre la porte à une gestion plus harmonieuse des suites opératoires et à une plus grande satisfaction des patients.



L. BENICHOU
Université Paris-Est CRÉTEIL.

La lumière au cœur des agents physiques proposés en esthétique

L'acte chirurgical occupe à lui seul l'excellence des gestes thérapeutiques de l'esthétique. Il occupe néanmoins une place de plus en plus considérée comme le recours ultime par un patient – pour ne pas dire une patiente –, craintif devant l'hospitalisation même si elle est courte, l'anesthésie, les pansements, éventuellement la douleur et, cachée dans l'ombre, la peur du ratage… Cela a progressivement puis rapidement inspiré le développement de solutions alternatives médico-chirurgicales (comblement artificiel ou naturel, plasma riche en plaquettes [PRP], graisse, fils, etc.) et pharmacologiques (toxine botulique, facteurs de croissance, etc.). On aura également assisté à l'entrée en scène d'agents physiques, de plus en plus nombreux, très basiques avec le froid ou la pression ou de plus en plus avant-gardistes, en convoquant les principes de la physique newtonienne puis ceux de la quantique : courants électriques, ultrasons, radiofréquences, champs électromagnétiques et enfin rayonnement électromagnétique dans les domaines du visible et de l'infrarouge, que l'on appelle communément "lumière".

Et tout cela dans l'idée de différer, contourner en l'évitant l'acte chirurgical.

Dispositif permettant de concentrer la puissance d'une LED sur une zone restreinte (Qlarité).

Cicatrisation

Dispositif permettant de traiter aussi bien le contour de l'oreille que le conduit auditif (Qlarité).

Ce dernier, pour autant, n'a cessé de progresser dans ses techniques, son confort et la gestion de ses suites. La cicatrisation, qui peut être ralentie dans sa durée par le vieillissement [1], puis la cicatrice qui en dépend méritent d'être accompagnées et stimulées. Les mécanismes mis en jeu concernent des sources de lumière non thermiques, c'est-à-dire peu concentrées, dans le visible (essentiellement le bleu et le rouge) et le proche infrarouge, comprises, en termes de longueurs d'onde, entre 400 et 1 000 nm, sans pour autant être précisées durant de nombreuses années [2].

Il faut enfin tenir compte de l'extension de la chirurgie plastique esthétique à la zone cutanéomuqueuse de l'orifice vaginal. On prendra également en compte, dès lors, que les effets puissamment cicatrisant de la lumière sur la muqueuse buccale se retrouveront sur la muqueuse vaginale [3].

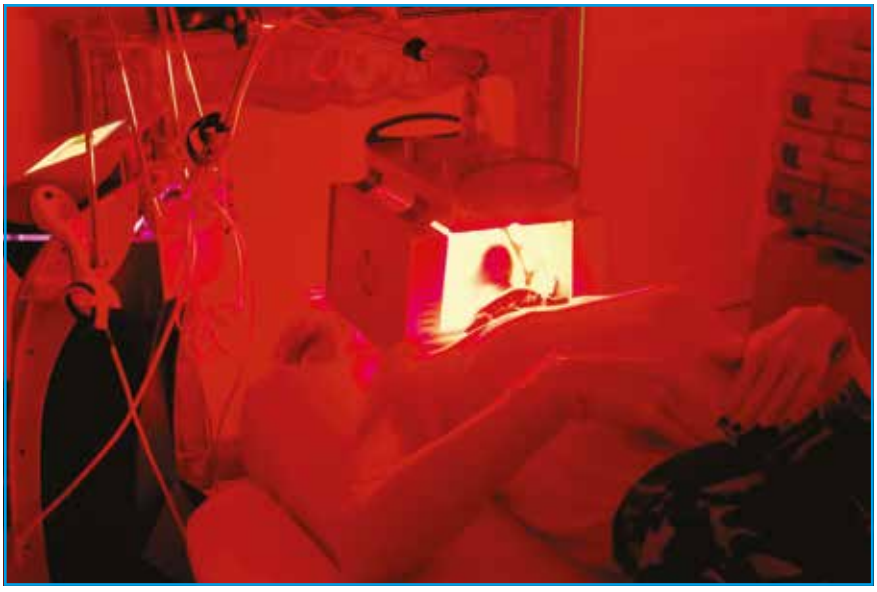
La cicatrisation, un mécanisme physiologique énergivore

C'est en effet une crise locale aiguë à laquelle les tissus doivent répondre lors de l'acte chirurgical. La brève phase d'hémostase naturelle complétant celle du chirurgien est suivie par une mobilisation inflammatoire, métabolique et cellulaire de détersion et de drainage qui doit rapidement céder la place à la prolifération fibroblastique [4], à la formation de nouveaux vaisseaux et à la synthèse de collagène et de protéoglycanes. Les tissus de granulation qui suivront et l'épithélialisation aboutiront à la dernière phase, celle du remodelage, très active et beaucoup plus longue. Ce travail de réparation peut s'évaluer en besoin énergétique. Il est très important. C'est au regard de ce besoin que l'apport en énergie des photons peut jouer un rôle précieux.

Cicatrisation, lumière, photobiomodulation : une relation scientifique récente

C'est du début de l'ultraviolet jusqu'à la fin de l'infrarouge, en passant bien sûr par le visible, que se situe cette partie du rayonnement électromagnétique que l'on nomme "lumière". Dans sa partie centrale, allant de la lumière bleue au proche infrarouge, ses interactions physiologiques avec les tissus biologiques sont désignées sous le terme de "photobiomodulation". On peut dire que ce terme est né, il y a plus de 50 ans, de l'observation scientifique des effets corpusculaires et ondulatoires des photons sur les tissus.

Serendipity… Ce mot anglais pour désigner le hasard lorsqu'il est heureux et la découverte quand elle est fortuite pointe du doigt 1967 et le travail réalisé par un chirurgien hongrois devenu radiologue et un peu physicien, Endre Mester. Il avait à l'époque pris possession de l'un des tous premiers lasers de faible puissance destinés à la médecine. Il avait alors imaginé que la belle lumière rouge émise par ce laser "hélium-néon" allait modifier les cellules cancéreuses. Mais sur le dos rasé des souris étudiées, aucun cancer ne s'était développé ou n'avait diminué si l'on en avait greffé un. En revanche, en comparaison avec les souris témoins, les poils repoussaient à grande vitesse et les plaies opératoires cicatrisaient significativement plus vite ! Les effets biologiques d'une source de lumière visible venaient d'être démontrés. On en attribuera la découverte à Mester et on en désignera plus tard le mécanisme par l'appellation "photobiomodulation". L'acronyme anglo-saxon LLLT pour *low level laser therapy* suivra et, par la suite, on pourra remplacer le terme "laser" par "LED" ou par "*light*".



Traitement rationnel du visage par panneaux triples, équidistants (Physioquanta).

Depuis plus de 30 ans, ainsi, des dizaines de milliers de travaux ont apporté une réflexion et une démonstration des effets cicatrisants de la lumière. Dès 2001, une conférence organisée par la NASA et l'Institut américain de physique a contribué de façon décisive à la connaissance des mécanismes réparateurs des photons [5], mis en évidence à la fin des années 1980 par une célèbre biologiste russe, Tina Karu [6].

En allant aujourd'hui sur Google Scholar et en entrant les quelques mots clés "*wound healing low level laser therapy*", 185 000 publications répondent à l'appel. Pour les mots clés "*aesthetic wound management low level laser therapy*", on trouve 24 700 publications et même 10 200 depuis 2019. On peut souligner à travers ces publications le rôle de l'école de médecine de Harvard, des départements de dermatologie du Massachussetts General Hospital et du département des sciences de la vie du célèbre Massachussetts Institute of Technology. Parmi leurs nombreuses publications, il faut en souligner une en 2013 dont le titre est éloquent : "*Low-level laser* (light) *therapy* (LLLT) *in skin: stimulating, healing, restoring*" [7].

On peut dès lors se poser une question : pourquoi avoir prêté aussi peu d'attention à des attendus aussi convaincants ? La réponse vient bien entendu de l'orientation si majoritairement pharmacologique de la thérapeutique. Elle nous a amené vers une question entendue à plusieurs reprises : mais que vient faire la lumière là-dedans ?

Consubstantielle de la matière, la lumière apporte son énergie aux molécules biologiques

La lumière… là-dedans ? La réponse est simple, la lumière appartient au "dedans" de la matière. Aux yeux de la physique quantique, elle est – avec le proton, le neutron et l'électron – l'un des quatre constituants élémentaires de toute chose. Pour être plus précis, en permanence, dans toutes les réactions chimiques, chaque fois qu'un électron change d'orbite, il le fait en absorbant ou en émettant de l'énergie. Sous quelle forme ? Celle d'un photon. Notre corps, maintenu à l'intérieur à 37 °C, est un corps chaud qui rayonne dans l'infrarouge moyen vers 10 µm, c'est-à-dire la longueur d'onde des lasers CO_2.

Cette place consubstantielle de la lumière avec la matière ne suffit pas à expliquer ses potentialités thérapeutiques. La recherche d'une analogie pharmacologique a très vite été récompensée. Ce fut le travail, évoqué plus haut, de la biologiste russe Tina Karu, un travail remarquable de biologie moléculaire et cellulaire identifiant l'une des étapes essentielles de la chaîne de transport des électrons, le complexe IV, c'est-à-dire la cytochrome C oxydase. Il s'agit d'une métalloprotéine permettant aux électrons de passer entre cuivre et fer. En la stimulant, la lumière accélère la production d'ATP et de radicaux libres physiologique. La démonstration a fait figure de dogme unique pendant une trentaine d'années. Depuis 2015, le travail des physiciens spécialisés en physico-chimie a profondément modifié ce dogme [8, 9].

Les deux cibles essentielles de la lumière sont l'eau et l'oxygène. La masse d'une cellule est constituée à 70 % par H_2O mais cela représente 99 % des molécules présentes. D'autre part, H_2O, molécule fondamentalement polaire, enveloppe d'un film – dont l'épaisseur est de 2 à 3 molécules d'eau (IWL pour *interfacial water layer*) – toutes les parois (capillaire, cellulaire, nucléaire, mitochondriale…), toutes les structures, toutes les protéines, film qui, entre autres, gère en permanence les entrées et les sorties des molécules hydrophiles [10, 11].

Quels sont les mécanismes biologiques activés par la lumière ?

C'est essentiellement sur les films d'eau interfaciaux (IWL) que la lumière agit. Elle le fait en modifiant les gradients liés de température, pression, densité donc viscosité. Au sein du complexe IV de la chaîne respiratoire, la cytochrome C oxydase est une protéine qui n'échappe pas à cette réalité. Le transport d'électrons y est ainsi stimulé.

Dernière étape de la chaîne respiratoire, l'enzyme responsable de la production d'ATP, l'ATPase, est une sorte de moteur

POINTS **FORTS**

- L'encadrement de l'acte chirurgical par des séances de photothérapie de basse puissance contribue à la rapidité et à la qualité de la cicatrisation.
- C'est par une triple action énergétique sur la structure de l'eau interstitielle, sur le transport d'électrons par la chaîne respiratoire et sur l'activation de l'oxygène que la lumière agit ainsi.
- Les dispositifs utilisés doivent être équipés de sources de lumière (LED et laser) de qualité médicale dans le bleu, le rouge et le proche infrarouge.
- Idéalement, on procède à une séance avant l'intervention, une autre immédiatement après et une à deux autres aux changements de pansement. Il convient toujours de traiter au plus près de la cicatrice et il n'est pas nécessaire de dépasser 5 minutes par séance.

Cicatrisation

Le rôle anti-infectieux de la lumière bleue est un atout majeur dans la cicatrisation (Physioquanta).

lubrifié par le film d'eau qui l'entoure. Sous l'action de la lumière, surtout dans le proche infrarouge (800 à 1 000 nm), la densité de l'eau et sa viscosité diminuent, accélérant la vitesse de rotation de l'ATPase et ainsi la production d'ATP [11].

Par ailleurs, au niveau du même complexe IV, la lumière, surtout dans le rouge (particulièrement autour de 635 nm), va accélérer la récupération des protons par l'oxygène pour produire de l'eau. Elle le fait en excitant la forme "ordinaire" de l'oxygène, l'oxygène triplet, pour le transformer en oxygène singulet, infiniment plus réactif [12].

Au total, c'est le bilan énergétique cellulaire donc tissulaire qui est amélioré par l'action de la lumière, avec pour conséquences principales une rationalisation de la réponse inflammatoire, un effet antalgique rapide et prolongé, et une accélération des synthèses et de la mobilité cellulaire [13-15].

Il faut enfin tenir compte des effets anti-infectieux très larges de la lumière bleue (de 415 à 470 nm) [16]. Ils concernent aussi bien les bactéries que les levures et les parasites. À cet égard, le revêtement cutané, singulièrement au niveau du visage, est un habitat pour *Proprionibacterium acnes* et pour le *Demodex*, très fréquemment présent dans la rosacée.

Quels sont les concepts pratiques d'utilisation thérapeutique de la photobiomodulation en chirurgie plastique esthétique ?

Si l'on revient aux mécanismes gourmands en énergie, propres à la cicatrisation, on comprend que la réponse énergétique physiologique apportée par la lumière dans le visible et l'infrarouge peut être précieuse. Elle est, de plus, simple à mettre en œuvre. Les études publiées et les témoignages apportés par de nombreux confrères soulignent le gain de temps pour obtenir la cicatrisation et la qualité cicatricielle [17]. Bien sûr, les résultats s'appuient sur des dispositifs médicaux (panneaux ou pièces à main autonomes) équipés de LED et/ou de lasers de basse puissance émettant dans le bleu, le rouge et le proche infrarouge.

De rares dispositifs associent aux LED des lasers proche infrarouge nanopulsés. La lumière est émise sous la forme d'impulsions beaucoup plus puissantes mais extrêmement brèves (autour de 100 ns, soit 100 milliardièmes de seconde). Ces impulsions, bien trop brèves pour chauffer, représentent une densité de photons très élevée qui pénètreront plus profondément.

Règles d'utilisation des LED et lasers dans la cicatrisation

Dans tous les cas de figure, il conviendra de placer la source de lumière au plus près de la zone à traiter. Selon la puissance délivrée par le dispositif utilisé, la durée de traitement utilisant de manière séquentielle une ou plusieurs longueurs d'onde pourra varier de 3 à 10 min. En règle, 5 min suffiront.

Les longueurs d'onde du rouge et surtout de l'infrarouge seront toujours utilisées, le rôle anti-infectieux du bleu étant circonstancié donc limité. Lorsque l'état cutané n'est pas optimum avant l'intervention, par exemple relativement à l'âge, il est recommandé de réaliser une séance de stimulation préopératoire 3 à 5 jours avant.

Une séance courte d'environ 3 min est souhaitable en postopératoire immédiat avant le pansement. Une autre séance sera réalisée après le changement de pansement. Enfin, il sera utile de réaliser une à deux séances par mois jusqu'à la cicatrisation définitive.

Conclusion

Au total, du début du bleu jusqu'à la fin du proche infrarouge, cinq domaines plus ou moins larges de longueurs d'onde, autour de cinq longueurs d'onde centrales (415, 470, 635, 660 et 850 nm), concernent la cicatrisation et la réparation tissulaire cutanéomuqueuse. Ils sont mis en œuvre avec succès dans l'encadrement des actes de chirurgie esthétique. Les gains de temps et de qualité observés sur la cicatrisation sont soulignés par les opérateurs et appréciés par les patients. Ils mériteraient d'être documentés par plusieurs études cliniques comparatives incitant à intégrer en routine l'utilisation de ce type de photothérapie thérapeutique à l'acte chirurgical à visée esthétique.

BIBLIOGRAPHIE

1. Blair MJ, Jones JD, Woessner AE *et al.* Skin structure–function relationships and the wound healing response to intrinsic aging. *Adv Wound Care*, 2020;9:127-143.
2. Lima FJC, Barbosa FT, Sousa-Rodrigues CF. Use alone or in combination of red and infrared laser in skin wounds. *J Lasers Med*, 2014;5:51-57.
3. Kymplová J, Navrátil L, Knížek J. Contribution of phototherapies for the treatment of episiotomies. *J Clin Laser Med Surg*, 2003;21:35-39.
4. Tripodi N, Corcoran D, Antonello P *et al.* The effects of photobiomodulation on human dermal fibroblasts *in vitro*: A systematic review. *J Photochem Photobiol B*, 2021;214:112100.
5. Whelan HT, Buchmann EV, Whelan NT *et al.* NASA light emitting diode med-

ical applications from deep space to deep sea. *AIP Conference Proceedings*, 2001;552:35-45.
6. Karu TI. A suitable model for wound healing: how many times are we to stumble over the same block? *Lasers Surg Med*, 1999;25:283-284.
7. Avci P, Gupta A, Sadasivam M *et al.* Low-level laser (light) therapy (LLLT) in skin: stimulating, healing, restoring. *Semin Cutan Med Surg*, 2013;32:41-52.
8. Sommer AP, Schemmer P, Pavláth AE *et al.* Quantum biology in low level light therapy: death of a dogma. *Ann Transl Med*, 2020;8:440.
9. Sommer AP. Mitochondrial cytochrome C oxidase is not the primary acceptor for near infrared light-it is mitochondrial bound water: the principles of low-level light therapy. *Ann Transl Med*, 2019;7:S13.
10. Sommer AP. Revisiting the photon/cell interaction mechanism in low-level light therapy. *Photobiomodul Photomed Laser Surg*, 2019;37:336-341.
11. Sommer A, Haddad M, Fecht H. Light effect on water viscosity: implication for ATP biosynthesis. *Sci Rep*, 2015; 5:12029.
12. Blázquez-Castro A. Direct $^1O_2$ optical excitation: A tool for redox biology. *Redox Biol*, 2017;13:39-59.
13. Herascu N, Velciu B, Calin M *et al.* Low-level laser therapy (LLLT) efficacy in post-operative wounds. *Photomed Laser Surg*, 2005;23:70-73.
14. De Holanda Araujo AMP, de Sena, KRR, da Silva Filho EM *et al.* Low-level laser therapy improves pain in post-cesarean section: a randomized clinical trial. *Lasers Med Sci*, 2020;35:1095-1102.
15. Ezzati K, Fekrazad R, Raoufi Z. The effects of photobiomodulation therapy on post-surgical pain. *J Lasers Med Sci*, 2019;10:79-85.
16. Ferrer-Espada R, Wang Y, Goh XS *et al.* Antimicrobial blue light inactivation of microbial isolates in biofilms. *Lasers Surg Med*, 2019;52:472-478.
17. Tran VV, Chae M, Moon JY *et al.* Light emitting diodes technology-based photobiomodulation therapy (PBMT) for dermatology and aesthetics: Recent applications, challenges, and perspectives. *Opt Laser Technol*, 2021;135: 106698.

L'auteur a déclaré ne pas avoir de conflits d'intérêts concernant les données publiées dans cet article.