

L'Année thérapeutique

Quoi de neuf en lasers ?



J.-M. MAZER, M. JOURDAN, I. DOUKHAN, Y. ROZBAN
Centre Laser International de la Peau-Paris (CLIPP), PARIS.

L'année 2021 a surtout vu l'émergence de nouvelles techniques qui ont pour principale caractéristique de ne pas reposer sur une énergie photonique, c'est-à-dire de ne pas être une source laser. Ainsi sont apparues de nouvelles sources d'énergie, bien différentes de celles que nous sommes habitués à utiliser. Désormais, les technologies laser ne sont plus seules puisqu'elles sont entourées de techniques de radiofréquences, d'ultrasons, de micro-ondes, la dernière apparue étant tout simplement... l'électricité ! Ou, plus précisément, un champ électrique particulier sous forme de nano-impulsions provoquant l'apoptose cellulaire.

Dans ce "Quoi de neuf en lasers ?", nous évoquerons également ce qui a pu sembler être un nouveau traitement de la rosacée : la toxine botulinique. Mais disons-le tout de suite, si certains se sont emballés sur l'éventuelle utilisation de ce produit bien connu pour son action sur les rides de la glabrelle, nous verrons

qu'une lecture attentive des études proposées montre que cette indication ne va pas s'élargir à la rosacée.

Lasers et techniques à visée vasculaire

1. Toxine botulinique et rosacée

Certains semblent aujourd'hui se poser la question de l'utilisation de la toxine botulinique dans le traitement de fond de la rosacée. C'est l'observation originale publiée par Ballan *et al.* dans le *Journal of cosmetic and laser therapy* qui a mis, en quelque sorte, le feu aux poudres [1]. Une patiente d'une vingtaine d'années habituée à pratiquer le jogging a observé une "irruption bizarre" : alors qu'à la suite de ce jogging, elle présentait des flushs importants, révélateurs d'une rosacée de type érythrosique qui s'amplifiait

lors de la course, elle a en effet remarqué des macules rondes, "blanches", en tout cas non vasculaires et qui donnaient un aspect un peu "coccinelle" sur ce fond d'érythrose diffuse (*fig. 1*).

Les photos, ici présentées, ont été prises à la fin d'un jogging, 2 semaines après des injections de toxine botulinique à visée esthétique. Les points d'injection de la toxine sont dessinés. Il apparaît clairement qu'il n'existe pas de vasodilatation expliquant cette démarcation autour des points d'injection. L'histoire aurait pu s'arrêter là et elle illustre en fait le caractère vasoconstricteur à court terme de la toxine botulinique. Nous savons que celle-ci agit sur les muscles peauciers et sur les glandes sudorales. Comme on le voit ici, elle agit également au niveau du diamètre des vaisseaux cutanés et crée un phénomène de vasoconstriction, ou du moins elle s'oppose à une vasodila-



Fig. 1.

I L'Année thérapeutique

tation comme celle observée au moment des flushs de la rosacée.

Quelle que soit la suite de cette publication, plusieurs études ont été réalisées sur l'utilisation de la toxine botulinique dans le traitement de fond de la composante vasculaire de la rosacée [2, 3]. Ainsi, le bruit a couru qu'il s'agissait d'une nouvelle thérapeutique que nous pourrions proposer à nos patients, hors AMM bien sûr, ce qui pose certains problèmes. Toutefois, la lecture attentive des diverses études publiées indique malheureusement qu'il n'en est rien. Par exemple, une étude ouverte montre que, 8 semaines après des injections diluées de toxine diluée, une réduction de l'érythème était observée. Mais celle-ci n'était que de 30 %, ce qui est finalement assez peu. D'ailleurs, si l'on observe les photographies publiées on peut même trouver que ce taux de 30 % est assez optimiste [4].

Plus intéressante encore, une étude coréenne de Yu-Jin *et al.* [5] démontre que ce traitement offre de faux espoirs. Cette étude menée chez 15 patients est intéressante parce qu'elle est comparative en *split face*. Chez ces 15 patients, une hémiface est injectée avec de la toxine botulinique tandis que l'autre moitié n'a reçu qu'un placebo, à savoir le sérum physiologique actuellement utilisé mais sans toxine botulinique ajoutée. Les résultats montrent qu'à 8 semaines, il n'existe aucune différence entre les deux côtés chez 13 patients sur 15. Mieux : à 4 semaines, 3 patients contre 2 étaient considérés comme améliorés... mais c'était du côté placebo !

En clair, cette étude montre qu'il n'y a pas de différence à 4 et 8 semaines entre le côté injecté par du simple sérum physiologique et le côté injecté par la toxine botulinique, et qu'il n'y a globalement pas de résultats très visibles dans les deux cas. Cela permet de se rendre compte que, si la toxine botulique présente un intérêt certes réel sur un plan physiopathologique, on est passé trop

rapidement à un potentiel intérêt thérapeutique. Heureusement pour les laséristes et malheureusement pour nos patients, nous devons utiliser encore longtemps les lasers vasculaires pour améliorer la composante vasculaire voire inflammatoire de la rosacée !

Une remarque personnelle : la conclusion de cette publication coréenne peut faire sourire dans la mesure où l'auteur principal conclut lui-même que, si l'étude ne montre aucune efficacité de la toxine botulinique comparée au sérum physiologique, son principal intérêt réside dans le fait qu'il s'agit de la première étude consacrée à ce sujet, et l'auteur en semble très satisfait...

2. Traitement des angiomes plans

Une réunion de consensus regroupant autour de Kristen Kelly des spécialistes du traitement des angiomes plans, en particulier dans le cadre du syndrome de Sturge-Weber, s'est tenue récemment [6]. Ses conclusions sont les suivantes : le meilleur moment pour débiter le traitement des angiomes plans est en fait dès la naissance. En clair, plus on peut commencer tôt le traitement, mieux c'est ! Par ailleurs, les experts confirment que le traitement repose sur l'utilisation des lasers vasculaires, avec en première intention le laser à colorant pulsé. L'intervalle entre les séances, qui a été longuement discuté, reste quant à lui sujet à caution. Il est toutefois probable que l'intervalle pratiqué en France, de l'ordre de 3 mois (un peu moins au cours de la première année de vie), soit tout à fait raisonnable. Il est vrai que plus on attend entre les séances, plus on observe de progrès avec le temps, mais que plus on augmente ce délai, plus la durée globale du traitement augmente elle aussi. Par conséquent, plus l'enfant est jeune, plus il semble intéressant de rapprocher les séances (alors que cet élément perd de son importance au fur et à mesure que l'enfant grandit).

Le risque de récurrence partielle, donc de recoloration partielle de l'angiome

plan, existe mais il dépend de la qualité du résultat. Plus le traitement est initié tôt, plus le résultat est complet et moins on envisage de récurrences ultérieures, en sachant que celles-ci ne sont jamais complètes et correspondent finalement à la recoloration habituellement observée de tout angiome plan non traité (de plus en plus foncé avec le temps).

Les auteurs de cette réunion de consensus rappellent également que, globalement, à partir du moment où l'utilisateur du laser a une certaine expérience, la tolérance est excellente, du moins avec le laser à colorant pulsé.

Enfin, les progrès que l'on espère voir à l'avenir dans la prise en charge des angiomes plans reposent plus sur l'adjonction de traitements au laser, en particulier ceux apportant une activité anti-néoangiogénique. Actuellement, il n'existe toutefois pas de définition précise de ce type de traitement adjuvant.

Parmi les autres traitements évoqués, citons la photothérapie dynamique, surtout utilisée en Chine. Il semble en effet qu'elle donne des résultats mais que le risque de complications soit important, avec environ 20 % de cas d'hyperpigmentation et de cicatrices secondaires à ce type de traitement.

Concernant l'anesthésie générale, les auteurs considèrent qu'elle ne doit en aucun cas être systématique ni trop facilement proposée, car elle est elle-même une source de stress et de complications potentielles. L'utilisation d'analgésiques locaux (crème anesthésique) est bien sûr fortement recommandée et peut suffire dans la plupart des cas.

Enfin, pour compléter cette réunion de consensus, signalons qu'une récente étude de Waniphakdeedecha *et al.* [7] a insisté sur le retentissement des angiomes plans sur la qualité de vie et sur l'importance de leurs effets négatifs au plan psychologique, à partir de l'analyse de 17 études regroupant un

total de plus de 2000 patients. Il a ainsi été démontré qu'il existe un impact psychologique évident chez les patients présentant un angiome plan facial. Cela n'est pas pour nous surprendre et justifie d'autant plus le traitement précoce des nourrissons. En effet, le traitement devant s'étendre sur plusieurs années, il ne faut pas attendre les premiers signes d'un retentissement psychologique pour le commencer. Autrement dit, l'idée selon laquelle il faudrait attendre que l'enfant soit demandeur pour débiter le traitement est une hérésie car un enfant demandeur est forcément déjà complexé sinon il ne serait pas demandeur du traitement ! Il faut donc anticiper sa demande, c'est-à-dire initier le traitement le plus tôt possible.

La technologie Nano-Pulse Stimulation [8-13]

Il s'agit d'une nouvelle technologie qui fait déjà l'objet d'une très importante recherche et a vu la réalisation de très nombreuses études. Il ne s'agit pas d'une énergie photonique ni de radiofréquence, ou autres ultrasons, mais d'impulsions électriques. Toutefois, ces nano-impulsions sont très particulières du fait de leur durée d'impulsion, de l'ordre de nanosecondes (millardièmes de seconde), alors que le voltage est de l'ordre de plusieurs milliers de volts. L'énergie est transmise entre des aiguilles introduites dans le champ cutané devant être traité, aiguilles qui sont bien sûr très fines.

On peut choisir différentes longueurs d'aiguilles afin de déterminer la profondeur d'action de ce champ électrique diffusant et créer ainsi un champ "d'irradiation électrique" entre ces aiguilles. Les impulsions d'énergie électrique provoquent des microperforations cellulaires. Nous sommes là sur un stade quasiment moléculaire car ces lésions ont un diamètre extrêmement petit – quelques nanomètres – et elles créent une pertur-

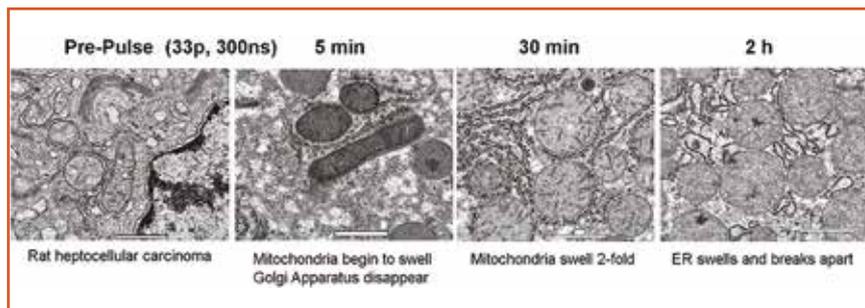


Fig. 2 : Induction de lésions des organelles et membranes cellulaires de cellules de carcinome hépatocellulaire après exposition à un champ de nano-impulsions électriques, conduisant à la mort cellulaire.

bation interne des organelles qui conduit à la mort cellulaire par apoptose (**fig. 2**).

Ce qui est particulier, c'est qu'au niveau du derme, l'ensemble du stroma conjonctif n'est pas réellement atteint car seules les structures cellulaires sont touchées, alors que l'environnement non cellulaire est totalement respecté. De plus, on n'observe aucune réaction inflammatoire et les réactions immédiates sont quasiment nulles. En effet, en raison de la durée d'impulsion extrêmement courte de ces impulsions et malgré le très haut voltage, l'effet tissulaire n'est pas de type thermique et les tissus environnants sont respectés. Cela optimise le risque cicatriciel.

En fait, cette technique crée des nanopores permettant aux ions de traverser les membranes des cellules atteintes par le faisceau électrique et de leurs organelles, ce qui va conduire progressivement, en 1 mois environ, à une mort cellulaire de type apoptose sans quasiment aucune réaction inflammatoire. Il faut comprendre que la technologie des nano-pulsations n'a rien à voir avec, par exemple, les techniques plus ou moins électriques que nous connaissons bien comme l'électrocoagulation. L'avantage est que cela pourrait théoriquement permettre de traiter de nombreux processus cellulaires de façon relativement spécifique, sans atteinte du stroma conjonctif. Ainsi, l'intérêt, au moins sur un plan intellectuel, semble très grand et la multiplicité des études paraît aller dans ce sens.

Mais qu'en est-il de l'intérêt d'un point de vue pratique ? Les études sont très nombreuses et concernent de nombreux processus cellulaires dermiques et épidermiques. À ce jour, plusieurs études ont été menées sur le traitement des verrues, des kératoses actiniques, des kératoses séborrhéiques, des hyperplasies sébacées, de l'acné évolutive (en réduisant le nombre des glandes sébacées dermiques), de nombreuses tumeurs bénignes (hidradénomes, syringomes), etc. Des cas de nævus dermiques ont été traités avec, semble-t-il, de bons résultats au plan cellulaire. Des essais ont par ailleurs débuté sur le traitement de cancers cutanés tels que les épithéliomas basocellulaires. Cela signifie-t-il que nous abandonnerons bientôt la chirurgie ? Sûrement pas, mais c'est une technique à suivre dans la mesure où ses indications sont susceptibles de s'affirmer.

En outre, il a été démontré que le fait de créer des microlésions dans les membranes cellulaires exposait des molécules intracytoplasmiques au milieu extérieur. En clair, des molécules – c'est-à-dire des antigènes intracellulaires – peuvent ainsi être exposées au système immunitaire, provoquant sa réponse. Cela a justifié la décision de réaliser des études sur le traitement de cancers métastatiques. Des cellules originelles du cancer primitif étaient traitées *in situ* avec cette technique et des réactions immunitaires ont été observées dans un deuxième temps, induisant une action à distance sur les métastases. Cela a été pratiqué en particulier par

I L'Année thérapeutique

des gastro-entérologues sur des cancers du côlon et des hépatocarcinomes. Récemment, une étude sur le traitement de mélanome métastatique a été initiée.

Il est hors de question de conclure quoi que ce soit aujourd'hui, mais on comprend l'intérêt possible de cette technologie dans le futur. Pour l'instant, elle n'est agréée que pour le traitement des lésions tumorales bénignes cutanées, et c'est là tout le problème car si des études ont démontré son efficacité, la question est de savoir quel est son intérêt réel quand on connaît la multiplicité des traitements efficaces existants pour les verrues, les kératoses séborrhéiques et les kératoses actiniques. En effet, cette technique repose sur un appareil sophistiqué, coûteux, utilisant un consommable onéreux. De plus, elle est relativement chronophage et l'on peut légitimement s'interroger sur son véritable intérêt pratique, si toutefois elle ne s'avère pas plus efficace que les techniques existantes tout en étant plus onéreuse.

Néanmoins, s'il est vrai que les indications actuelles (kératoses séborrhéiques et actiniques, hyperplasies sébacées et verrues...) ne sont pas en soi très attractives, il n'empêche que les possibilités thérapeutiques offertes par cette technologie semblent immenses et pourraient nous apporter des solutions thérapeutiques réellement innovantes pour des pathologies dont le traitement est actuellement difficile et/ou très discuté. On appréhende mieux cette problématique lorsque l'on constate que les indications actuellement en cours d'évaluation couvrent une grande partie de la dermatologie tumorale, voir cancéreuse...

En conclusion, la technologie des *nanopulse stimulations* est peut-être une nouvelle source d'énergie susceptible d'occuper une place de choix dans notre arsenal thérapeutique, sûrement plus dans les indications tumorales bénignes et/ou cancéreuses que dans des pathologies très classiques et bénignes comme les kératoses. Il convient donc de la sur-

veiller de près même s'il est évident que des études complémentaires s'imposent avant de confirmer son réel intérêt.

■ Cryolipolyse

Un point souvent débattu en matière de cryolipolyse est la survenue d'effets secondaires, parfois sévères. Deux d'entre eux avaient été mis en avant : les nécroses cutanées et l'hyperplasie paradoxale. Concernant les nécroses cutanées, nous savons désormais que seuls certains appareils exposent à ce risque, exceptionnel mais inacceptable et réellement sévère puisqu'il implique ensuite une intervention chirurgicale afin de résorber l'ensemble de la nécrose cutanée. Avec les appareils de référence, aucun cas n'a jamais été décrit rappelons-le, les nécroses cutanées étant l'apanage de certains appareils souvent "bon marché". Cela met en avant la responsabilité du médecin dans le choix de l'appareil qu'il souhaite acheter. Il est trop tentant d'acheter des machines à bas coût, mais sans aucune sécurité, qui sont par la suite responsables de ces effets secondaires.

L'hyperplasie adipocytaire paradoxale est un sujet beaucoup plus important dans la mesure où elle peut survenir avec l'ensemble des appareils. De nombreuses discussions ont eu lieu sur sa pathogénie, encore méconnue, et sur sa fréquence réelle. Certains parlent d'un cas sur 5 000. D'autres d'un cas sur 100, ce qui semble très excessif, voire surprenant. C'est pourquoi il est intéressant de citer une étude validée par la rigoureuse Food and Drug Administration, adressée à tous les médecins américains et devant servir de base à une information loyale et complète [14]. Cet essai a évalué l'incidence réelle de l'hyperplasie adipocytaire à partir de l'observation de près de 200 000 dossiers de patients traités aux États-Unis avec l'appareil CoolSculpting. Les conclusions montrent que l'incidence de l'hyperplasie paradoxale est de l'ordre de 1 cas sur

3 000. On est donc très loin de certains chiffres annoncés !

Par ailleurs, il semblerait qu'à la suite de certaines modifications effectuées sur les appareils récents, en particulier sur la machine de référence, la pression négative soit moins forte. Cette dépression est nécessaire pour aspirer le bourrelet au sein de l'applicateur mais aussi pour créer une vasoconstriction pouvant être responsable, par un facteur purement mécanique, de ces hyperplasies paradoxales. Depuis l'arrivée de ces nouveaux appareils agissant un peu plus rapidement, et donc avec un peu moins d'agression mécanique, on n'observe a priori plus aucun cas de dysplasie adipocytaire, tous les cas décrits l'ayant été entre 2011 et 2017.

En conclusion, s'il est évident que nos patients doivent être informés loyalement de ce risque, avec des précisions quant à son incidence réelle, il n'empêche que l'on ne peut en faire un effet secondaire sévère qui pourrait limiter fortement l'intérêt de cette technologie, et ce d'autant plus qu'elle permet aussi d'éviter les risques d'une liposuction. Même si cela est tout à fait exceptionnel, des cas de complications graves ont en effet été observés après des liposuccions de petite taille, sous anesthésie locale (c'est-à-dire celles entrant en concurrence avec la cryolipolyse, qui équivaut raisonnablement à une petite liposuction), incluant des accidents cardiaques parfois mortels dus soit à un surdosage de xylocaïne, soit à une perforation du péritoine.

■ Traitement de l'hyperhidrose par micro-ondes courtes

La technologie de micro-ondes courtes miraDry est utilisée depuis plus de 6 ans. Nous en connaissons l'avantage principal, en particulier comparé aux injections de toxine botulinique, à savoir son caractère réellement définitif puisque la destruction des glandes sudoripares est durable dans la mesure où il s'agit d'une

annexe cutanée n'ayant pas la capacité de se reformer, contrairement aux autres structures du derme.

Une étude de Parrish *et al.* [15] met en évidence l'intérêt de cette technologie sur un plan psychologique : les auteurs ont évalué à 90 % l'amélioration des symptômes de stress et émotionnels provoqués par cette hyperhidrose, souvent mal vécue. D'après cette étude, le traitement miraDry a permis de normaliser presque complètement la vie des patients sur le plan émotionnel. L'étude en question portait sur les réponses de 24 jeunes adultes à des questionnaires de qualité de vie, axés en particulier sur l'anxiété ressentie.

Une étude menée par Lin *et al.* [16] a confirmé le caractère durable, et probablement définitif, du traitement par micro-ondes courtes au niveau de l'hyperhidrose axillaire. Rappelons toutefois que cette technologie s'applique uniquement au niveau des aisselles et ne paraît pas envisageable pour traiter l'hyperhidrose palmoplantaire.

■ Traitement des cicatrices

Aujourd'hui, le laser est incontournable dans le traitement des divers types de cicatrices (acné, post-traumatiques, brûlures, etc). Les lasers peuvent agir sur différents symptômes : l'érythème, bien sûr, avec les lasers vasculaires, mais surtout les symptômes d'hypertrophie et d'atrophie avec les lasers fractionnés devenus incontournables dans la prise en charge de ces anomalies cicatricielles. Une réunion de consensus regroupant des experts autour de Rox Anderson et Jill Waibel s'est intéressée aux traitements laser des cicatrices traumatiques et de type fibromateux, aboutissant à un consensus général [17].

Ainsi, les lasers vasculaires sont intéressants en première ligne pour traiter l'érythème mais également pour moduler le caractère inflammatoire des cica-

trices récentes. Ils peuvent être utilisés dès les premières semaines qui suivent la plaie traumatique ou la brûlure. Ce point n'était pas forcément consensuel il y a peu.

Dans un second temps, afin de réparer soit l'atrophie, soit la fibrose, les lasers de type fractionné sont recommandés et validés. Les lasers fractionnés de type ablatif (CO₂ et Erbium) paraissent un peu plus efficaces que les lasers non ablatifs, mais les suites sont plus importantes et il existe un risque accru d'hyperpigmentation post-inflammatoire. Les deux types de lasers sont efficaces sur l'atrophie, les lasers ablatifs nécessitant moins de séances (lesquelles sont idéalement espacées d'environ 2 mois). Les auteurs insistent surtout sur l'intérêt de rechercher des synergies entre les lasers fractionnés ablatif et non ablatif. Les lasers non ablatifs ont la capacité de traiter en profondeur et d'agir directement sur l'éventuelle fibrose en assouplissant les cicatrices, au prix de suites très simples et avec une réelle absence de risques. Il convient d'être plus prudent avec les lasers CO₂ fractionnés, notamment en réduisant leur densité qui est le principal facteur de risque associé à ce type de lasers.

Les lasers non ablatifs sont particulièrement intéressants pour les cicatrices atrophiques, en complément des fractionnés ablatifs, et en première intention sur les cicatrices hypertrophiques afin d'assurer des progrès d'ordre fonctionnel en assouplissant la fibrose et les rétractions. Ils sont bien tolérés sur tous les phototypes et sur toutes les régions corporelles. Avec les ablatifs, il faut, dans ces dernières conditions, veiller à diminuer la densité, principal facteur d'agressivité de ces lasers, d'où l'intérêt de déterminer les meilleures associations entre ces lasers.

Les lasers picosecondes, en particulier en mode focus, et les radiofréquences par *micro-needling* sont également intéressants dans un contexte de cicatrices atrophiques.

Pour finir, les auteurs rappellent que pour bien prendre en charge les cicatrices, il faut finalement disposer de plusieurs lasers, c'est-à-dire au moins d'un laser vasculaire (soit à colorant pulsé, soit KTP) et de lasers fractionnés, ablatif (CO₂ ou Erbium) et non ablatif.

Chaque type de laser a ses avantages mais aussi ses limites. Le meilleur traitement sera celui qui saura le mieux mettre en avant les avantages de chacun de ces lasers, tout en réduisant leurs inconvénients. L'essentiel est en tout cas de proposer la meilleure synergie. En revanche, la recherche d'un consensus pour le traitement des cicatrices chéloïdes est autrement plus difficile, aucune technique ne semblant s'imposer de façon consensuelle en dehors des classiques injections de cristaux de corticoïdes retard qui restent à ce jour le traitement de référence [18].

On peut compléter cette réunion de consensus par une méta-analyse réalisée par Zhang *et al.* [19] sur le traitement des cicatrices d'acné par laser CO₂ fractionné. Si ce type de laser est à l'évidence relativement efficace, les auteurs soulèvent le fait que les études sont souvent de qualité méthodologique moyenne et que des études sur de grandes séries avec une bonne qualité méthodologique seraient les bienvenues. Il est vrai qu'il s'agit là d'un problème récurrent en matière de dermatologie interventionnelle (la méthodologie du double aveugle comparatif étant difficile à réaliser en matière de traitement laser), même si dans ce domaine nous progressons...

BIBLIOGRAPHIE

1. BALLAN A, NASR M, JABBOUR S. An unusual tell sign of botulinum toxin injection in patients with facial flushing: incorporating a new questionnaire in the evaluation of botulinum toxin patients. *J Cosmet Laser Ther*, 2021;23:24-25.
2. DAYAN SH, ASHOURIAN N, CHO K. A pilot, double-blind, placebo-controlled study

I L'Année thérapeutique

- to assess the efficacy and safety of incobotulinumtoxinA injections in the treatment of rosacea. *J Drugs Dermatol*, 2017;16:549-554.
3. BHARTI J, SONTHALIA S, JAKHAR D. Mesotherapy with Botulinum toxin for the treatment of refractory vascular and papulopustular rosacea. *J Am Acad Dermatol*, 2018;S0190-9622(18)30808-9.
 4. PARK KY, KWON HJ, KIM JM *et al.* A pilot study to evaluate the efficacy and safety of treatment with botulinum toxin in patients with recalcitrant and persistent erythematotelangiectatic Rosacea. *Ann Dermatol*, 2018;30:688-693.
 5. OH YJ, LEE NY, SUH DH *et al.* A split-face study using botulinum toxin type B to decrease facial erythema index. *J Cosmet Laser Ther*, 2011;13:243-248.
 6. SABETI S, BALL L, BURKHART C *et al.* Consensus Statement for the Management and Treatment of Port-Wine Birthmarks in Sturge-Weber syndrome. *JAMA Dermatol*, 2021; 157:98-104.
 7. WANITPHAKDEDECHA R, JNC NG, YAN C *et al.* Quality of Life and Psychological Effects of Port-Wine Stain: A Review of Literature. *Clin Cosmet Investig Dermatol*, 2021;14:681-690.
 8. NUCCITELLI R. Nano-Pulse Stimulation Therapy for the Treatment of Skin Lesions. *Bioelectricity*, 2019;1:235-239.
 9. NUCCITELLI R, MCDANIEL A, SNJEZANA A *et al.* Nano-pulse stimulation is a physical modality that can trigger immunogenic tumor cell death. *J Immunother Cancer*, 2017;5:32.
 10. XU X, CHEN Y, ZHANG R *et al.* Activation of Anti-tumor Immune Response by Ablation of hepatocellular carcinoma with Nanosecond Pulsed Electric Field. *Clin Transl Hepatol*, 2018;6:85-88.
 11. HRUZA GJ, ZELICKSON BD, SELIM MM *et al.* Safety and efficacy of nanosecond pulsed electric field treatment of seborrheic keratoses. *Dermatol Surg*, 2020;46:1183-1189.
 12. MUNAVALLI GS, ZELICKSON BD, SELIM MM *et al.* Safety and efficacy of nanosecond pulsed electric field treatment of sebaceous gland hyperplasia. *Dermatol Surg*, 2020;46:803-809.
 13. KAUFMAN D, MARTINEZ M, JAUREGUI L *et al.* A dose-response study of a novel method of selective tissue modification of cellular structures in the skin with nanosecond pulsed electric fields. *Lasers Surg Med*, 2020;52:315-322.
 14. Document de synthèse FDA 510 (K). Disponible sur : https://www.accessdata.fda.gov/cdrh_docs/pdf17/K172144.PDF
 15. PARRISH C, WALDBAUM B, COLEMAN D *et al.* Microwave Thermolysis Reduces Generalized and Social Anxiety in Young Adults With Axillary Hyperhidrosis. *Lasers Surg Med*, 2020; 52:842-847.
 16. LIN MJ, DUBIN DP, GENECE J *et al.* A survey of long-term results with microwave energy device for treating axillary hyperhidrosis. *J Cosmet Laser Ther*, 2021;23:49-51.
 17. SEAGO M, SHUMAKER PR, SPRING LK *et al.* Laser Treatment of Traumatic Scars and Contractures: 2020 International Consensus Recommendations. *Lasers Surg Med*, 2020;52:96-116.
 18. OGAWA R, DOHI T, TOSA M *et al.* The Latest Strategy for Keloid and Hypertrophic Scar Prevention and Treatment: The Nippon Medical School (NMS) Protocol. *J Nippon Med Sch*, 2021;88:2-9.
 19. ZHANG DD, ZHAO WY, FANG QQ *et al.* The efficacy of fractional CO₂ laser in acne scar treatment: A meta-analysis. *Dermatol Ther*, 2021;34:e14539.

Les auteurs ont déclaré ne pas avoir de conflits d'intérêts concernant les données publiées dans cet article.