Utilisation de la lumière UV-C en ophtalmologie

Données expérimentales et applications potentielles

Cet article propose une synthèse critique des données disponibles concernant l'efficacité et la sécurité de l'UV-C pour le traitement des kératites infectieuses bactériennes et fongiques, ainsi que son potentiel pour la désinfection périopératoire de la surface oculaire. Les limites actuelles et les conditions nécessaires à une transposition clinique sécurisée sont également abordées.

Bertrand Michaud
DMV
CES Ophtalmologie vétérinaire, DU Microchirurgie ophtalmologique, DU Exploration de la fonction visuelle, DU Chirurgie vitréorétinienne, DIU OCT en ophtalmologie
Agréé pour le dépistage des MHOC
Clinique vétérinaire Anima-Vet
Saint-Genis-Pouilly (01)

La résistance croissante aux antibiotiques et la nécessité de solutions alternatives non médicamenteuses ont conduit à l'exploration de nouvelles approches thérapeutiques en ophtalmologie vétérinaire. Parmi celles-ci, l'utilisation de la lumière ultraviolet C (UV-C) constitue une piste prometteuse, déjà exploitée dans d'autres domaines biomédicaux pour ses propriétés désinfectantes. L'UV-C, dont le spectre se situe entre 200 et 280 nm, est reconnu pour son action germicide, mais ses applications thérapeutiques directes sur la surface oculaire n'ont émergé que récemment dans le domaine vétérinaire.

Bases physicobiologiques de l'action UV-C

La lumière UV-C exerce son effet antimicrobien *via* deux mécanismes principaux [1-3] :

- l'absorption des UV-C par les acides nucléiques microbiens, conduisant à la formation de deux photoproduits létaux (la pyrimidine-pyrimidone et les dimères de cyclobutane pyrimidine) [4] ;
- l'induction de stress oxydatif par production de radicaux libres, conduisant à la fragmentation de l'ADN, de l'ARN et des protéines structurelles [5].

Cette double action explique l'efficacité sur un large spectre de micro-organismes, y compris sur les bactéries multirésistantes, les champignons et certains virus [1,6,7]. Contrairement aux antibiotiques, l'UV-C ne présente aucune résistance à ce jour.

L'exposition à des rayonnements ultraviolets laisserait craindre des effets délétères à moyen et long terme sur les tissus sains, apparaissant comme un facteur limitant majeur dans leur utilisation thérapeutique. Chez l'homme toutefois, la quasi-totalité du rayonnement UV-C est absorbée au niveau de la couche épithéliale cornéenne, avec une transmission négligeable au-delà de 280 nm [8]. La couche de Bowman agit comme une barrière absorbante majeure, tandis que le stroma absorbe principalement du fait de son épaisseur [8]. Ces données, extrapolables en partie aux espèces animales, soutiennent l'hypothèse d'une bonne sécurité d'emploi pour les traitements localisés superficiels.

Effet bactéricide et traitement des kératites infectieuses

Études *in vitro* sur isolats canins

Une étude pionnière a été menée pour évaluer l'effet de l'UV-C (275 nm) sur des isolats bactériens issus de kératites canines. L'utilisation d'un dispositif portatif modifié a permis d'exposer les cultures bactériennes à différentes distances pendant diverses durées. L'exposition unique de 15 secondes à 10 mm de distance, délivrant une dose de 22,5 mJ/cm², a entraîné une inhibition complète de la croissance bactérienne *in vitro* pour toutes les souches testées : *Staphylococcus pseudintermedius*, *Streptococcus canis* et *Pseudomonas aeruginosa* [10].
Ces résultats ont été confirmés lors d'un test sur culture polymicrobienne. L'efficacité était maximale pour les expositions à courte distance (10 mm), avec une diminution progressive de l'effet en augmentant la distance (15-20 mm), sauf en cas de double dose (répétée à 4 heures d'intervalle) [10].

Étude *ex vivo* sur cornée canine

Dans un modèle *ex vivo*, des cornées canines saines ont été inoculées avec les mêmes pathogènes, à des profondeurs contrôlées (épithéliale et intrastromale). L'UV-C a démontré une efficacité significative pour les contaminations superficielles, mais n'a pas permis d'éradication complète des bactéries intrastromales, mettant en évidence la limite de pénétration du rayonnement UV-C [10].

Application aux kératomycoses

Les infections fongiques cornéennes, touchant particulièrement le cheval en pratique vétérinaire, sont difficiles à traiter en raison de la faible biodisponibilité des antifongiques topiques et de leur spectre d'action limité. L'efficacité de l'UV-C (275 nm) a été évaluée sur des isolats d'*Aspergillus flavus*, *Aspergillus fumigatus*, *Fusarium solani* et *Fusarium oxysporum*. Une inhibition fongique significative a été obtenue dès 15 secondes d'exposition à 10 mm (22,5 mJ/cm²). Des expositions prolongées (30 secondes) ont légèrement augmenté l'inhibition sur *A. flavus* mais sans gain majeur sur les autres espèces [10]. L'effet antifongique est donc présent mais semble moins robuste que l'effet antibactérien, en lien avec la structure plus complexe des champignons filamenteux.

Désinfection préopératoire

L'utilisation de l'UV-C pour la désinfection de la zone périoculaire avant chirurgie a été explorée dans une étude conduite sur 6 beagles [11]. Différents protocoles ont été comparés : sérum physiologique, shampoing seul, shampoing + povidone iodée et shampoing + UV-C (275 nm). Les résultats montrent que l'UV-C est aussi efficace que la povidone iodée pour réduire la charge bactérienne,

sans provoquer d'effet secondaire local, contrairement à un cas de dermatite observé lors d'utilisation de la povidone. Ces données suggèrent que les UV-C pourraient constituer une alternative intéressante dans ce contexte.

Limites des données disponibles

Bien que les résultats *in vitro* et *ex vivo* soient prometteurs, l'absence d'études cliniques *in vivo* constitue une limite majeure à l'évaluation du potentiel thérapeutique de l'UV-C en ophtalmologie vétérinaire. Cette lacune soulève non seulement des interrogations méthodologiques - notamment sur les modalités d'administration, la reproductibilité des protocoles et la tolérance réelle sur un œil pathologique - mais aussi d'importantes considérations éthiques.

En effet, la mise en place d'essais contrôlés randomisés, en particulier en double aveugle, se heurte à plusieurs obstacles majeurs. Sur le plan éthique, la randomisation impliquerait de priver certains animaux d'un traitement antimicrobien conventionnel reconnu, ce qui représente une perte de chance inacceptable en contexte infectieux. Sur le plan méthodologique, une procédure en double aveugle strict semble difficilement réalisable, l'exposition à la lumière UV-C étant visuellement perceptible, contrairement à l'instillation d'un collyre antibiotique, ce qui compromettrait l'objectivité de l'évaluation clinique.

Par ailleurs, le fait que l'absorption des UV-C se fasse principalement en surface de la cornée, avec une pénétration stromale limitée, peut constituer un facteur limitant majeur dans les indications d'affections profondes, malgré une sécurité théorique acceptable. Ces éléments justifient une approche prudente et une priorisation des modèles expérimentaux alternatifs ou des études observationnelles en conditions cliniques réelles.

Risques, sécurité et considérations biologiques

Phototoxicité potentielle

L'effet mutagène des UV-C sur les tissus vivants est bien documenté. Toutefois, plusieurs éléments militent en faveur d'un profil de sécurité acceptable en ophtalmologie :

- le rayonnement est absorbé en surface, principalement par l'épithélium cornéen[8,12] ;
- la cornée possède des mécanismes efficaces de réparation de l'ADN, comme l'ont démontré des études humaines et animales[2] ;
- les doses utilisées ($\leq$22,5 mJ/cm²) sont inférieures aux seuils connus de cytotoxicité cornéenne[6,9].

Néanmoins, l'exposition directe non contrôlée peut provoquer une photokératite aiguë chez l'homme, comme constaté durant la pandémie de Covid-19 : une série de cas incluant 7 patients (14 yeux) ayant développé une photokératite après exposition à des lampes germicides UVC a été rapportée[6]. Dans 93 % des cas, l'acuité demeurait supérieure ou égale à 20/30, mais tous présentaient des érosions épithéliales et des douleurs oculaires. Après prise en charge conservatrice, 5 patients ont bénéficié d'une résolution complète des symptômes en seulement 2 à 3 jours.

Perspectives cliniques

Le principal avantage de l'UV-C réside dans son efficacité rapide, son absence de résistance, sa portabilité et l'absence de dépendance du respect d'un protocole thérapeutique long et contraignant.

Les obstacles restent nombreux : absence d'études cliniques *in vivo*, nécessité d'un dispositif sécurisé et calibré, formation des utilisateurs et, surtout, définition de protocoles reproductibles.

Application pratique clinique

En complément des données expérimentales rapportées dans la littérature, notre équipe a intégré depuis plus de un an l'utilisation de la lumière UV-C dans une approche thérapeutique multimodale, sur un nombre croissant de cas. L'appareil utilisé - identique à celui testé dans deux études récentes[9,10] - permet une émission à 275 nm et offre une ergonomie adaptée à la pratique vétérinaire. Son coût modique le rend facilement accessible, sous réserve de disponibilité.

Dans notre pratique, l'UV-C a été utilisé en complément de traitements conventionnels dans trois indications principales :

- le traitement du lit ulcératif après kératectomie lamellaire sur ulcère cornéen profond, dans une optique de réduction de la charge microbienne résiduelle (Fig.1) ;

© Bertrand Michaud

Utilisation peropératoire de la lampe UV-C postkératectomie lamellaire sur un abcès cornéen stromal chez un chat. Voir aussi une intervention en vidéo sur https://bit.ly/ophtauvc.

• la désinfection superficielle adjuvante pour les affections infectieuses de surface oculaire (kératites et blépharites), chez le chien, le chat et le lapin (FIG.2);

© Bertrand Michaud

Utilisation de la lampe UV-C sur un œil de chien vigil.

• en complément de l'asepsie périopératoire locale dans des contextes à haut risque infectieux ou lors d'intolérance connue aux antiseptiques.

L'ensemble de ces utilisations repose sur une application superficielle, localisée et transitoire, sans modification des protocoles antibiotiques associés. Aucune complication directe liée à l'utilisation de la lumière UV-C n'a été observée à ce jour dans notre série. En revanche, la pérennité de cette approche se heurte à une problématique économique et technologique. En effet, des dispositifs à usage humain sont désormais proposés pour un usage vétérinaire, mais à un tarif prohibitif et sans présenter d'ergonomie spécifique ni de calibrage adapté au traitement des animaux (FIG. 3). L'accessibilité de la technique s'en voit freinée, ce qui

© D.J. Haeussler

Utilisation de la lampe PhotonUVC® chez un chien présentant un ulcère cornéen surinfecté.

apparaît d'autant plus regrettable que l'UV-C pourrait représenter un outil complémentaire pertinent dans le traitement des affections infectieuses superficielles oculaires ou non.

L'UV-C représente ainsi un outil thérapeutique novateur en ophtalmologie vétérinaire. À la croisée de la microbiologie et de la photothérapie, il offre une réponse pertinente aux défis posés par l'antibiorésistance et la complexité des infections cornéennes. Les résultats actuels, bien qu'encourageants, inspirent la prudence en l'absence de validation clinique robuste.

Des applications pour la prise en charge des ulcères ou des désinfections périopératoires pourraient émerger en pratique clinique et constituer un nouveau paradigme. ■

Bibliographie

1. IKEHATA H., ONO T., « The mechanisms of UV mutagenesis », *J. Radiat. Res.*, 2011, 52(2), pages 115-125.
2. KUBAI M.A. *et al.*, « Antimicrobial effect of ultraviolet C (UV-C) light compared to standard povidone-iodine protocol for preoperative disinfection of the periocular area », Communication orale ECVO 2025, Édimbourg.
3. YAMANO N. *et al.*, « Long-term effects of 222 nm ultraviolet radiation C sterilizing lamps on mice susceptible to UV radiation », *Photochem. Photobiol.*, 2020, 96(4), pages 853-862.
4. NARITA K. *et al.*, « Disinfection and healing effects of 222-nm UVC light on methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* infection in mouse wounds », *J. Photochem. Photobiol. B*, 2018, 178, pages 10-18.
5. NARITA K. *et al.*, « Chronic irradiation with 222-nm UVC light induces neither DNA damage nor epidermal lesions in mouse skin, even at high doses », *PLoS One*, 2018, 13(7), e0192059.
6. SENGILLO J.D. *et al.*, « UVPhotokeratitis Associated with Germicidal Lamps Purchased during the COVID19 Pandemic », *Ocul. Immunol. Inflamm.*, 2021, 29(1), pages 76-80.
7. WILLIAMS O.J. *et al.*, « Assessment of ocular surface pathogen susceptibility to Ultraviolet-C (UVC) light treatment with a novel prototype device », Communication orale ECVO 2025, Édimbourg.
8. DAI T. *et al.*, « Ultraviolet C irradiation: an alternative antimicrobial approach to localized infections? », *Expert Rev. Anti Infect. Ther.*, 2012, 10(2), pages 185-195.
9. TURICEA B. *et al.*, « Novel treatment of infectious keratitis in canine corneas using ultraviolet C (UV-C) light », *Vet. Ophthalmol.*, 2024, DOI : 10.1111/vop.13265.
10. HOERDEMANN M. *et al.*, « Ultraviolet C (UV-C) Light Therapy for Equine Ulcerative Keratomycosis-An In Vitro Study », *Vet. Ophthalmol.*, 2025, DOI : 10.1111/vop.70012.
11. KAIDZU S. *et al.*, « Safety Evaluation of Far-UV-C Irradiation to Epithelial Basal Cells in the Corneal Limbus », *Photochem. Photobiol.*, 2023, 99(4), pages 1142-1148.
12. PERIS-MARTINEZ C. *et al.*, « Spectral Transmission of the Human Corneal Layers », *J. Clin. Med.*, 2021, 10(19), 4490.