

Décontamination par UV dans les établissements de santé

2021 / 01

Lauro Damonti¹, Walter Steiger², Laurence Senn³, Andreas Widmer⁴, Matthias Schlegel⁵ Jonas Marschall² et Swissnoso

Introduction

Les infections associées aux soins (IAS), dont certaines sont dues à des bactéries multirésistantes (BMR), sont associées notamment à une durée d'hospitalisation prolongée et une morbi-mortalité élevée [1]. Le rôle des professionnels de la santé dans la transmission croisée des agents pathogènes est bien établi. Cependant, il existe une évidence scientifique croissante montrant que l'environnement hospitalier est une source de transmission d'agents pathogènes [2] et que, malgré un nettoyage terminal standard, les patients admis dans des chambres précédemment occupées par des patients infectés ou colonisés par des BMR présentent un risque accru d'être eux-mêmes contaminés par ces BMR [3].

En 1877 déjà, Downes et Blunt évoquaient dans Nature que « la lumière est défavorable au développement des bactéries » et qu'« il semblerait que les germes initialement présents dans la solution soient détruits par l'insolation directe » [4], apportant ainsi la première preuve que les rayons ultraviolets (UV) pouvaient tuer les bactéries et, indirectement, constituer une mesure efficace dans la lutte contre les infections. Depuis lors, une multitude d'études ont évalué l'effet bactéricide des UV et, par conséquent, leur utilisation potentielle pour lutter contre les infections. Cependant, ce n'est que ces dernières années que l'impact potentiel des systèmes UV sans contact a été évalué dans les établissements de soins et cela afin de surmonter les limites du nettoyage terminal standard

pour la prévention des infections associées aux soins. Cependant, il va de soi qu'un nettoyage manuel est nécessaire avant d'exposer les surfaces aux UV puisque les saletés résiduelles rendent la désinfection par UV futile.

Cette publication vise à revoir les principes, méthodes, aspects techniques et limites de l'irradiation germicide des UV (UVGI) (chapitre 1) et synthétiser les preuves actuelles en faveur de la décontamination UV pour la prévention des infections dans les institutions de santé (chapitre 2). Les recommandations et directives actuelles sont énumérées au chapitre 3. Dans le chapitre 4, les avantages et les inconvénients des systèmes UV disponibles dans le commerce sont présentés, tandis que dans le chapitre 5, nous décrivons notre expérience à l'Inselspital avec l'utilisation des technologies UV pour la gestion des épidémies de VRE. Un mot final et des conclusions sont fournis dans le chapitre 6 ; enfin, dans le chapitre 7 sont listées nos recommandations actuelles.

1 Principes de l'irradiation germicide UV (UVGI)

La longueur d'onde de la lumière UV varie de 380 à 100 nm et se divise en trois bandes : UV-A (315-400 nm), UV-B (280-315 nm) et UV-C (100-280 nm). Les UV-C d'une longueur d'onde de 254 nm sont utilisés pour l'UVGI. Les UV-C détruisent l'ADN des bactéries, des virus et d'autres microorganismes, les empêchant de se multiplier et de réparer l'ADN endommagé. En pratique, deux systèmes sont principalement utilisés : les lampes au xénon pulsé et les lampes à vapeur de mercure basse pression émettant des UV. Plus récemment, des systèmes basés sur des diodes électroluminescentes (LED) – une troisième technologie – ont été introduits sur le marché. Ces dispositifs

¹ Correspondance :

Lauro Damonti, Universitätsklinik für Infektiologie, Inselspital Bern, Bern
E-Mail: Lauro.Damonti@insel.ch

² Universitätsklinik für Infektiologie, Inselspital Bern, Bern

³ Service de médecine préventive hospitalière, Centre hospitalier universitaire vaudois

⁴ Swissnoso

⁵ Klinik für Infektiologie/Spitalhygiene, Kantonsspital St. Gallen, St. Gallen

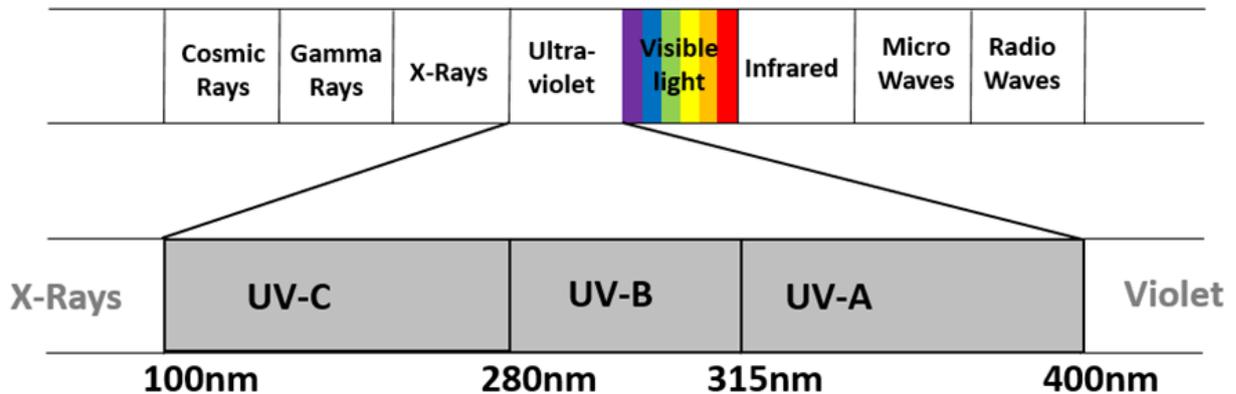


Fig.1 Spectre de la lumière électromagnétique et ultraviolette (UV)

sont des systèmes de désinfection automatisés sans contact et peuvent être mis en œuvre comme méthode complémentaire pour renforcer la désinfection après que les surfaces ont été nettoyées et désinfectées manuellement.

Lampes à vapeur de mercure basse et moyenne pression (UV-C)

Également appelée « lampe à quartz », il s'agit d'une lampe à décharge tubulaire qui utilise un arc électrique à travers du mercure vaporisé pour produire de la lumière.

- Avantage : haute efficacité (jusqu'à 40 % de la lumière émise sont des rayons UV-C)
- Limites : contient du mercure

Lampes au xénon pulsé (PX-UV)

Une lampe au xénon contient deux électrodes dans une ampoule remplie de gaz xénon. Une haute tension (environ 20 kV) est appliquée aux électrodes ; cette énergie est ensuite libérée, ce qui produit par intermittence des étincelles pour créer un flash lumineux. La plupart de la lumière générée est visible, seuls 9 % sont des rayons UV.

- Avantage : haute performance, sans mercure
- Limitation : émet une faible proportion d'UV, pas d'émission de lumière continue, les électrodes sont sujettes à la dégradation.

Lampes aux diodes électroluminescentes (LED UV-C)

Les diodes électroluminescentes sont des semi-conducteurs qui libèrent des photons et émettent de la lumière lorsqu'un courant électrique les traverse. Ces semi-conducteurs peuvent être fabriqués pour émettre spécifiquement des UV, généralement avec une longueur d'onde de 50-300 nm.

- Avantage : sans mercure, faible consommation d'énergie (peut être utilisé avec des cellules solaires).
- Limitation : cette technologie est prometteuse, mais la littérature est encore peu abondante.

2 Les preuves scientifiques

Même si l'effet inhibiteur de la lumière solaire et des rayons UV sur la croissance et la persistance des microorganismes est connue depuis de nombreuses années, les premiers rapports fondés sur des données probantes concernant l'impact des technologies UV en milieu clinique n'ont été publiés qu'au début des années 2010, avec des études évaluant l'impact de ces technologies *in vitro*, *in situ* (c'est-à-dire dans les chambres d'hôpital) et en regard de l'incidence des infections associées aux soins.

Impact de l'irradiation germicide des UV : études *in vitro*

Sept études *in vitro* sur les UV-C et deux études sur les PX-UV ont récemment été examinées dans un article de revue [5]. Les auteurs ont conclu que les UV-C produisent une réduction dose-dépendante de 2 à 4 log UFC (*unités formant colonies*) des pathogènes nosocomiaux tels que le VRE, le *Staphylococcus aureus* résistant à la méticilline (MRSA) et les spores de *Clostridioides difficile* (CDI). L'efficacité était moindre lorsque les microorganismes ou les spores étaient placés hors de la ligne de visée directe de l'appareil et, dans certaines études, dépendait également du système, de l'emplacement dans la pièce et du type d'organisme. L'efficacité de la décontamination par UV concernant *Candida auris*, une levure multirésistante responsable d'un certain nombre d'épidémies nosocomiales, touchant principalement les unités de soins intensifs, a été très récemment évaluée. Le PX-UV [6] a montré des résultats prometteurs, avec une réduction de

plus de 99 % des UFC après un cycle de 5 minutes à une distance de 1 mètre. Deux autres études [7, 8] ont montré que le *C. auris* pouvait être efficacement détruit par les UV-C, mais que la durée d'exposition devait être plus longue que la durée standard, étant donné que les *Candida* spp. étaient nettement moins sensibles aux UV-C que le MRSA.

Impact de l'irradiation germicide des UV : locaux, sols et/ou surfaces fréquemment touchées

Au début des années 2010, des études expérimentales [9, 10] ont montré une diminution de la contamination par MRSA, VRE et CDI lorsque des systèmes UV-C étaient utilisés dans des locaux qui n'avaient pas été nettoyés manuellement auparavant, une dose et une durée plus importantes étant nécessaires pour éliminer les spores de CDI. Une réduction significative de la charge microbienne du VRE a été montrée dans une étude utilisant le PX-UV dans un centre de traitement du cancer [11]. Plus récemment, des études monocentriques ont évalué l'impact des UV-C [12, 13] et des PX-UV [14-16] sur la contamination des sols et/ou des « surfaces à fort contact » dans des chambres précédemment occupées par des patients porteurs de MRSA, VRE ou CDI et après un nettoyage manuel. Une diminution de la contamination a été démontrée pour MRSA [12, 13, 15], VRE [13, 14] et CDI [13, 16]. Dans deux autres études, le PX-UV s'est révélé non inférieur à l'hypochlorite de sodium (eau de Javel) pour réduire la contamination par les spores du *Clostridioïdes difficile* [17] et supérieur à la pratique standard de nettoyage des chambres contaminées par MRSA [18].

Des résultats prometteurs ont été obtenus par des études qui ont spécifiquement évalué la décontamination par PX-UV des salles opératoires, en plus du nettoyage manuel standard de fin de journée [19, 20] ou avec un cycle court de désinfection entre les opérations [21]. Lors d'une comparaison directe, les UV-C ont montré un avantage significatif par rapport au PX-UV dans l'élimination des spores de *Clostridioïdes difficile*, du MRSA et du VRE [22, 23].

Impact de l'irradiation germicide des UV : incidence des infections associées aux soins

Ces dernières années, l'impact clinique des systèmes UV a fait l'objet d'études, notamment dans les milieux où la prévalence des BMR était élevée. En 2018, une méta-analyse [24] comprenant treize études a conclu que la désinfection par UV réduisait de manière significative les taux d'infections associées aux soins causées par *Clostridioïdes difficile* et VRE, mais pas par MRSA ou BMR à Gram négatif. Cependant, toutes ces études sauf une [25] étaient monocentriques, avec une conception méthodologique quasi-expérimentale, sans tenir compte des facteurs confondants potentiels et sans cas-contrôles appropriés. D'autres études avant/après ont évalué la désinfection par UV dans une unité de transplantation

de moelle osseuse [26], une unité de soins intensifs [27], une unité de soins intensifs de chirurgie cardiaque [28] et dans un hôpital communautaire [29] avec des résultats divergents. Une étude similaire [30] sur les taux d'infection après 5980 chirurgies de remplacement articulaire entre 1986 et 2005 a révélé une réduction significative des infections du site chirurgical (ISS) après un arthroplastie totale du genou (mais pas de la hanche) lorsque des dispositifs UV étaient installés dans les salles d'opération.

En 2017, les résultats de l'étude « *Benefits of Enhanced Terminal Room Disinfection* », un essai interventionnel randomisé contrôlé en cluster réalisé pendant deux ans dans neuf hôpitaux, ont été publiés. Les auteurs ont comparé la désinfection terminale standard (ammonium quaternaire pour les BMR ou hypochlorite de sodium pour le CDI respectivement) à trois stratégies de désinfection renforcée : hypochlorite de sodium seul, hypochlorite de sodium avec UV-C, et ammonium quaternaire - un désinfectant de faible niveau - avec UV-C (sauf pour les CDI pour lesquels l'hypochlorite de sodium et les UV-C ont été utilisés). Dans le premier rapport [25], l'ajout d'UV-C à l'ammonium quaternaire a réduit l'incidence cumulative de l'infection et de la colonisation par des organismes pathogènes (MRSA, VRE, *Acinetobacter* multirésistant et CDI). Aucun effet de l'ajout de la lumière UV à la désinfection à l'hypochlorite de sodium - un désinfectant de haut niveau - n'a été observé sur les infections à CDI et la colonisation des patients hébergés dans les chambres respectives. Dans des analyses secondaires [31], l'utilisation de la lumière UV dans ces chambres ciblées a entraîné une diminution de l'incidence de CDI et VRE pour l'ensemble des patients de l'hôpital. Dans un autre essai, la décontamination PX-UV a été associée à une diminution des infections à CDI et, parallèlement, à une diminution de l'acquisition de VRE [32].

Considération particulière : les virus

En raison du caractère saisonnier de nombreux virus respiratoires, les cas étant plus nombreux en hiver et moins nombreux en été, on pourrait argumenter en faveur d'un effet virucide des UV de la lumière naturelle. Cependant, cette hypothèse n'a pas été étudiée de manière approfondie. Les preuves de l'effet bénéfique des UVGI sur les virus sont rares et proviennent d'études expérimentales axées sur la décontamination de masques précédemment utilisés dans des contextes spécifiques, comme la pandémie de grippe [33]. Très récemment, en raison de la pénurie de masques N95 lors de la pandémie COVID-19, les UV-C ont été utilisés pour la première fois pour décontaminer ces masques. Il faut espérer que la pandémie COVID-19 favorisera la recherche dans ce domaine et fournira de meilleures preuves dans un avenir proche [34].

Considération particulière : la tuberculose

Il a été démontré que la désinfection de l'air par UV, ou « désinfection aérienne supérieure par UV germicide »

(GUV), associée à un renouvellement d'air adéquat, tue *Mycobacterium tuberculosis* dans des études expérimentales [35, 36], et est considérée comme rentable dans les pays à faible revenu présentant un risque élevé de transmission [37]. Cette mesure est désormais recommandée avec une « certitude modérée dans les estimations des effets » par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) pour « réduire la transmission de *M. tuberculosis* au personnel de santé, aux personnes fréquentant des établissements de santé ou à d'autres individus dans des contextes à haut risque de transmission » [38]. La mise en œuvre de cette technologie est toutefois difficile et ne peut se substituer à d'autres mesures établies telles que les chambres à pression négative, les filtres HEPA dans le système de ventilation et, en général, un équipement de protection individuelle adéquat comme les masques filtrants de type 2 (FFP2).

3 Recommandations et directives actuelles

Les preuves scientifiques supportant les technologies UV pour prévenir les infections associées aux soins restent faibles, mais elles évoluent rapidement. Il n'est donc pas surprenant que leur utilisation soit rarement mentionnée par les agences nationales ou internationales (telles que les Centres pour le contrôle et la prévention des maladies aux Etats-Unis (CDC), le Centre européen de prévention et de contrôle des maladies (ECDC), l'Institut allemand Robert Koch (RKI) ou l'Organisation mondiale de la santé (OMS)), ou par les grandes sociétés d'épidémiologie sanitaire (telles que la Society for healthcare Epidemiology of America (SHEA)). En fait, à quelques exceptions près, ces agences et sociétés ne fournissent pas de recommandations ou de lignes directrices sur ce sujet.

Comme mentionné précédemment, une de seules exceptions est la recommandation par l'OMS de l'utilisation du UV pour réduire la transmission de *M. tuberculosis* dans les pays à faible revenu avec un risque élevé de transmission [38]. Les CDC considèrent la UV comme une mesure supplémentaire pour le contrôle de la tuberculose, mais pas comme un substitut à la pression négative ou aux filtres HEPA. Globalement, l'intérêt de la UV pour prévenir la transmission de la tuberculose dans les pays à revenu élevé, où des mesures de prévention plus établies sont disponibles, est discutable et ne fait donc pas partie des recommandations actuelles. En 2018, l'agence de Santé Ontario s'est positionné contre le financement public des dispositifs portables de désinfection de surface par rayons ultraviolets pour la prévention des infections associées aux soins, en raison d'une qualité de preuves faible à très faible.

Dans le cadre de la pandémie de COVID-19, l'ECDC a mentionné les technologies UV dans un rapport sur COVID-19, sans toutefois formuler de recommandation

spécifique, tandis que les CDC ont publié une recommandation sur l'utilisation de l'UVGI pour la réutilisation des masques ultrafiltrants jetables (FFP).

4 Avantages, inconvénients et questions pratiques

La mise en œuvre et l'utilisation des technologies UV dans la routine quotidienne semble optimiser les effets de la décontamination terminale standard des surfaces et peut réduire les IAS dues aux BMR, est relativement facile et peut être gérée par une seule personne. Elle demande peu de temps et ne nécessite pas une fermeture étanche des portes ni une prise de précautions spécifiques avant, pendant ou après l'utilisation. Étant donné que les rayons UV ne traversent pas le verre, les fenêtres et les portes vitrées ne nécessitent pas de précautions spécifiques. En outre, un bénéfice supplémentaire est à attendre lorsque les patients sont colonisés par plus d'une BMR. Cependant, certains inconvénients doivent être mentionnés. Un nettoyage standard des locaux reste nécessaire avant la décontamination par UV, car les matières organiques réduisent l'efficacité de la décontamination par UV.

Les rayons UV sont moins efficaces dans les zones d'ombre et leur intensité se dissipe avec le carré de la distance à la source (en pratique : l'efficacité est limitée à une distance de 2,4 m de la source). Par conséquent, des cycles multiples (2-4) et/ou une durée d'utilisation prolongée sont nécessaires dans les grandes pièces. Cela peut limiter leur mise en œuvre dans des zones plus grandes que les chambres individuelles de patients, comme par exemple les unités de soins intensifs, où la prévalence des BMR est nettement plus élevée. Pour contrôler une épidémie, il peut être nécessaire de fermer des salles et d'héberger les patients ailleurs, ce qui est exigeant sur le plan organisationnel et augmente le risque de propagation.

En outre, des problèmes logistiques peuvent compromettre le bénéfice. Dans l'essai cité plus haut [31], les dispositifs UV n'ont été utilisés que dans 60 % des chambres, en raison de retards dans l'évaluation des résultats microbiologiques ; dans la réalité, cette proportion devrait être encore plus faible. Les chambres doivent être fermées à clé pendant environ 60 minutes ; cependant, l'ensemble du processus, du nettoyage à l'aération finale (les appareils UV-C génèrent une odeur désagréable mais inoffensive) peut durer environ deux heures, ce qui peut être difficile pour la gestion des admissions des patients.

Les appareils à UV sont coûteux (un seul appareil peut coûter jusqu'à 50'000 CHF en Suisse) ; malheureusement, aucune étude sur le rapport coût-efficacité n'a été publiée jusqu'à présent et l'impact à long terme n'est pas connu. Enfin, il convient de noter que les rayons UV sont dangereux à plusieurs égards. Deux minutes d'exposition directe suffisent à provoquer une conjonctivite, et des

périodes d'exposition plus longues sans protection adéquate peuvent entraîner la cécité, des érythèmes, voire un cancer de la peau.

Toutefois, si ces inconvénients limitent actuellement l'utilisation de l'irradiation germicide des UV, de nouvelles technologies pourraient en améliorer l'utilisation et la sécurité, tant pour les patients que pour le personnel soignant. Des capteurs de mouvement, des dispositifs portables ou des peintures réfléchissantes sont déjà disponibles, mais leur utilité en milieu clinique doit être validée. Les systèmes UV utilisant des diodes électroluminescentes (LED) font l'objet d'une attention croissante. La technologie LED offre de nombreux avantages, puisqu'elle ne contient pas de mercure et consomme moins d'énergie, ce qui augmente le potentiel d'utilisation dans les milieux où la disponibilité de l'énergie est une limitation.

5 Expérience à l'Inselhospital : L'épidémie de VRE

En 2018, dans le cadre d'une épidémie d'entérocoques résistants à la vancomycine (VRE) à l'hôpital universitaire de Berne, nous avons mis en œuvre une décontamination terminale standard renforcée avec la technologie UV dans les chambres précédemment occupées par des patients colonisés ou infectés par VRE, dans le cadre d'une approche multimodal. À cette époque, deux systèmes UV-C établis étaient disponibles dans le commerce en Suisse : UVDI-360 Room Sanitizer (UVDI®) et Surfacide (Helios®), produit aux États-Unis. Les deux systèmes ont été testés avec des résultats comparables : dans un premier temps, nous avons prélevé des échantillons pour les cultures microbiologiques dans les chambres avant et après le nettoyage terminal standard. Les résultats étaient cohérents avec les études susmentionnées et ont montré une persistance de la charge bactérienne malgré le nettoyage final standard. Nous avons trouvé, en particulier, des bactéries sporulées et *Bacillus cereus*. Nous avons ensuite réalisé l'UVGI et, à nouveau, nous avons prélevé des échantillons pour les cultures bactériennes dans les chambres. Ces cultures n'ont montré pratiquement aucune charge bactérienne. Par conséquent, nous avons acheté deux appareils (UVDI-360 Room Sanitizer) et mis en œuvre l'UVGI pour aider à contrôler l'épidémie de VRE. En 2019, nous avons effectué plus de 600 UVGI dans les chambres, les salles de bain et les toilettes des patients au sein de l'Insel Gruppe. Les retours ont été majoritairement positifs ; le point le plus problématique reste la nécessité de verrouiller la chambre pendant 60 à 120 minutes, ce qui interfère souvent avec la gestion des admissions des patients. Avec d'autres mesures préventives, l'utilisation de l'UVGI peut avoir joué un rôle pour mettre fin à l'épidémie, qui a été déclarée le 18 décembre 2019.

En raison de cette expérience positive, nous avons récemment étendu l'utilisation de l'UVGI aux chambres des patients atteints de COVID-19 pendant les vagues pandémiques de COVID-19.

À peu près au même moment, d'autres centres universitaires en Suisse ont commencé à évaluer la valeur ajoutée de la décontamination des locaux par rayons UV.

6 Considérations et conclusion

Dans l'ensemble, on peut s'attendre à un bénéfice modeste mais pertinent des technologies UV sur la réduction de la contamination des surfaces par des BMR et sur les taux d'infections associées aux soins. Cependant, les preuves scientifiques à l'appui de la mise en œuvre des technologies UV en milieu clinique à des fins de prévention des infections restent limitées. Les études citées ont souvent utilisé des méthodologies et des protocoles d'intervention différents qui n'ont pas été intégrés de manière uniforme dans la pratique du nettoyage standardisé des locaux. Par conséquent, aucune directive précise n'est disponible. De plus, ces études ont été réalisées principalement dans des environnements à forte prévalence de BMR, et leurs conclusions peuvent donc ne pas être reproductibles en Suisse.

Dans l'ensemble, il est urgent de mener des études de haute qualité et standardisées avec une conception méthodologique appropriée, ainsi que des études coût-efficacité, afin de mieux comprendre le véritable avantage de la mise en œuvre des technologies UV et de valider adéquatement les résultats, en particulier pour la technologie plus récente des LED UV-C. En outre, il est impératif d'établir des lignes directrices fondées sur des preuves et d'inclure des recommandations sur l'indication, la durée et la sécurité. Enfin, leur utilisation doit être réglementée et contrôlée par l'autorité compétente.

7 Quand envisager l'UVGI et les recommandations actuelles de Swissnoso

À la lumière des preuves actuelles, et compte tenu des multiples problèmes pratiques mentionnés ci-dessus, la mise en œuvre des stratégies UVGI devrait être limitée à des contextes spécifiques, tels que les unités ou les établissements présentant une prévalence élevée de BMR ou en cas d'épidémies en cours (comme une épidémie à VRE) lorsque les mesures de nettoyage standard ne sont pas considérées comme suffisantes. Bien entendu, la mise en œuvre des technologies UV doit toujours être intégrée dans l'ensemble de mesures de prévention des infections.

Recommandation de Swissnoso

Objectif :

L'objectif principal de l'UVGI dans les établissements de santé est de réduire le nombre d'agents pathogènes capables de contaminer et de coloniser l'environnement et les patients et potentiellement à l'origine d'infections associées aux soins. L'UVGI doit toujours et strictement être considéré comme l'un des multiples composants d'un ensemble de mesures de lutte contre les infections.

1 Utilisation recommandée pour l'UVGI

Désinfection renforcée des chambres et des salles de bains utilisées par des patients infectés ou colonisés pour contrôler une épidémie avec un pathogène spécifique, tels que les entérocoques résistants à la vancomycine (VRE) ou *C.auris*, si les mesures de nettoyage standard sont considérées comme insuffisantes, et pour la désinfection terminale.

2 Utilisation optionnelle pour l'UVGI (selon la faisabilité locale)

Désinfection renforcée des chambres et des salles de bains utilisées par les patients colonisés ou infectés par des agents pathogènes multirésistants associés à la contamination de l'environnement, tels que :

- Staphylococcus aureus résistant à la mécilline (MRSA)
- VRE
- Organismes gram-négatifs multirésistants (ESBL, EPC)
- Clostridioides (Clostridium) difficile (CDI)
- Candida auris

si les mesures de nettoyage standard sont jugées insuffisantes.

3 Recommandation générale

1. Démarrer l'UVGI seulement après que le nettoyage terminal standard soit terminé
2. N'utiliser que des systèmes validés, de préférence des technologies UV-C*.
3. Suivre strictement les instructions et les recommandations du fabricant.
4. Pendant l'UVGI, signaler clairement la procédure en cours. Personne n'est autorisé à entrer dans la pièce.

Dès que les preuves scientifiques à l'appui des systèmes utilisant la technologie LED seront plus solides, le passage à l'utilisation des LED au lieu des lampes à mercure vaporisé sera encouragé.

Référence

- Magill, S.S., et al., *Multistate point-prevalence survey of health care-associated infections*. N Engl J Med, 2014. **370**(13): p. 1198-208.
- Otter, J.A., S. Yezli, und G.L. French, *The role played by contaminated surfaces in the transmission of nosocomial pathogens*. Infect Control Hosp Epidemiol, 2011. **32**(7): p. 687-99.
- Mitchell, B.G., et al., *Risk of organism acquisition from prior room occupants: a systematic review and meta-analysis*. J Hosp Infect, 2015. **91**(3): p. 211-7.
- Downes, A. und T. Blunt, *The influence of light upon the development of bacteria*. 1877, Nature Publishing Group.
- Otter, J., et al., *An overview of automated room disinfection systems: When to use them and how to choose them, in Decontamination in Hospitals and Healthcare*. 2020, Elsevier. S. 323-369.
- Maslo, C., M. du Plooy, und J. Coetzee, *The efficacy of pulsed-xenon ultraviolet light technology on Candida auris*. BMC Infect Dis, 2019. **19**(1): p. 540.
- Cadnum, J.L., et al., *Relative Resistance of the Emerging Fungal Pathogen Candida auris and Other Candida Species to Killing by Ultraviolet Light*. Infect Control Hosp Epidemiol, 2018. **39**(1): p. 94-96.
- de Groot, T., et al., *Killing of Candida auris by UV-C: Importance of exposure time and distance*. Mycoses, 2019. **62**(5): p. 408-412.
- Nerandzic, M.M., et al., *Evaluation of an automated ultraviolet radiation device for decontamination of Clostridium difficile and other healthcare-associated pathogens in hospital rooms*. BMC Infect Dis, 2010. **10**: p. 197.
- Rutala, W.A., M.F. Gergen, und D.J. Weber, *Room decontamination with UV radiation*. Infect Control Hosp Epidemiol, 2010. **31**(10): p. 1025-9.
- Stibich, M., et al., *Evaluation of a pulsed-xenon ultraviolet room disinfection device for impact on hospital operations and microbial reduction*. Infect Control Hosp Epidemiol, 2011. **32**(3): p. 286-8.
- Mustapha, A., et al., *Efficacy of manual cleaning and an ultraviolet C room decontamination device in reducing health care-associated pathogens on hospital floors*. Am J Infect Control, 2018. **46**(5): p. 584-586.
- Wong, T., et al., *Postdischarge decontamination of MRSA, VRE, and Clostridium difficile isolation rooms using 2 commercially available automated ultraviolet-C-emitting devices*. Am J Infect Control, 2016. **44**(4): p. 416-20.
- Beal, A., et al., *First UK trial of Xenex PX-UV, an automated ultraviolet room decontamination device in a clinical haematology and bone marrow transplantation unit*. J Hosp Infect, 2016. **93**(2): p. 164-8.
- Zeber, J.E., et al., *Effect of pulsed xenon ultraviolet room disinfection devices on microbial counts for methicillin-resistant Staphylococcus aureus and aerobic bacterial colonies*. Am J Infect Control, 2018. **46**(6): p. 668-673.
- Casini, B., et al., *Evaluation of an Ultraviolet C (UVC) Light-Emitting Device for Disinfection of High Touch Surfaces in Hospital Critical Areas*. Int J Environ Res Public Health, 2019. **16**(19).
- Ghantaji, S.S., et al., *Non-inferiority of pulsed xenon UV light versus bleach for reducing environmental Clostridium difficile contamination on high-touch surfaces in Clostridium difficile infection isolation rooms*. J Med Microbiol, 2015. **64**(Pt 2): p. 191-4.
- Jinadatha, C., et al., *Evaluation of a pulsed-xenon ultraviolet room disinfection device for impact on contamination levels of methicillin-resistant Staphylococcus aureus*. BMC Infect Dis, 2014. **14**: p. 187.
- Simmons, S.E., et al., *Using pulsed xenon ultraviolet to decrease contamination in operating rooms during terminal cleaning*. American Journal of Infection Control, 2013. **41**(6): p. S34-S35.
- Fridman, A., et al., *Decreasing operating room contamination of surfaces and air with pulsed xenon ultraviolet disinfection*. American Journal of Infection Control, 2013. **41**(6): p. S36.
- El Haddad, L., et al., *Evaluation of a pulsed xenon ultraviolet disinfection system to decrease bacterial contamination in operating rooms*. BMC Infect Dis, 2017. **17**(1): p. 672.
- Nerandzic, M.M., et al., *Evaluation of a pulsed xenon ultraviolet disinfection system for reduction of healthcare-associated pathogens in hospital rooms*. Infect Control Hosp Epidemiol, 2015. **36**(2): p. 192-7.
- Cadnum, J.L., et al., *A comparison of the efficacy of multiple ultraviolet light room decontamination devices in a radiology procedure room*. Infect Control Hosp Epidemiol, 2019. **40**(2): p. 158-163.
- Marra, A.R., M.L. Schweizer, und M.B. Edmond, *No-Touch Disinfection Methods to Decrease Multidrug-Resistant Organism Infections: A Systematic Review and Meta-analysis*. Infect Control Hosp Epidemiol, 2018. **39**(1): p. 20-31.
- Anderson, D.J., et al., *Enhanced terminal room disinfection and acquisition and infection caused by multidrug-resistant organisms and Clostridium difficile (the Benefits of Enhanced Terminal Room Disinfection study): a cluster-randomised, multicentre, crossover study*. Lancet, 2017. **389**(10071): p. 805-814.
- Brite, J., et al., *Effectiveness of ultraviolet disinfection in reducing hospital-acquired Clostridium difficile and vancomycin-resistant Enterococcus on a bone marrow transplant unit*. Infect Control Hosp Epidemiol, 2018. **39**(11): p. 1301-1306.
- Ethington, T., et al., *Cleaning the air with ultraviolet germicidal irradiation lesser contact infections in a long-term acute care hospital*. Am J Infect Control, 2018. **46**(5): p. 482-486.
- Heredia-Rodriguez, M., et al., *Impact of an ultraviolet air sterilizer on cardiac surgery patients, a randomized clinical trial*. Med Clin (Barc), 2018. **151**(8): p. 299-307.
- Raggi, R., et al., *Clinical, operational, and financial impact of an ultraviolet-C terminal disinfection intervention at a community hospital*. Am J Infect Control, 2018. **46**(11): p. 1224-1229.
- Ritter, M.A., E.M. Oiberding und R.A. Malinzak, *Ultraviolette Licht bei orthopädischen Operationen und die Infektionsrate*. J Bone Joint Surg Am, 2007. **89**(9): p. 1935-40.
- Anderson, D.J., et al., *Effectiveness of targeted enhanced terminal room disinfection on hospital-wide acquisition and infection with multidrug-resistant organisms and Clostridium difficile: a secondary analysis of a multicentre cluster randomised controlled trial with crossover design (BETR Disinfection)*. Lancet Infect Dis, 2018. **18**(8): p. 845-853.
- Sampathkumar, P., et al., *A trial of pulsed xenon ultraviolet disinfection to reduce Clostridioides difficile infection*. Am J Infect Control, 2019. **47**(4): p. 406-408.
- Ulfa, M., et al., *Inaktivierung von Extended-spectrum beta-lactamase (ESBL)-produzierenden Escherichia coli durch UVA-LED-Bestrahlungssystem*. J Med Invest, 2020. **67**(1.2): p. 163-169.
- Cadnum, J.L., et al., *Effectiveness of Ultraviolet-C Light and a High-Level Disinfection Cabinet for Decontamination of N95 Respirators*. Pathog Immun, 2020. **5**(1): p. 52-67.
- Escombe, A.R., et al., *Upper-room ultraviolet light and negative air ionization to prevent tuberculosis transmission*. PLoS Med, 2009. **6**(3): p. e43.
- Mphaphlele, M., et al., *Institutional Tuberculosis Transmission. Controlled Trial of Upper Room Ultraviolet Air Disinfection: A Basis for New Dosing Guidelines*. Am J Respir Crit Care Med, 2015. **192**(4): p. 477-84.
- Holmes, K.K., et al., *Major infectious diseases: key messages from disease control priorities*. 2017.
- in WHO-Leitlinien zur Tuberkuloseprävention und -kontrolle: Aktualisierung 2019. 2019: Genf.

Swissnoso Bulletin

est publié avec le soutien de l'Office Fédéral de la Santé Publique (OFSP), de la Société Suisse d'Hygiène Hospitalière (SSHH), et de la Société Suisse d'Infectiologie (SSI).

Rédaction

Carlo Balmelli (Lugano), Jonas Marschall (Berne), Alexander Schweiger (Zoug), Laurence Senn (Lausanne), Rami Sommerstein (Lucerne), Danielle Vuichard-Gysin (Thurgovie), Andreas F. Widmer (Bâle), Giorgio Zanetti (Lausanne)

Mise en page

Tobias Ryser, Swissnoso

Correspondance Internet

PD Dr Laurence Senn, CHUV, CH-1011 Lausanne VD
bulletin@swissnoso.ch
www.swissnoso.ch

Swissnoso contrôle rigoureusement le contenu du Bulletin afin d'assurer que le choix et le dosage des médicaments et des autres produits cités soient en accord avec les recommandations et la pratique en vigueur à l'heure de la publication. Cependant, en raison des progrès continus de la recherche et de l'état de la science, ainsi que des changements éventuels des réglementations, Swissnoso décline toute responsabilité vis-à-vis d'éventuelles conséquences liées à des erreurs de dosage, d'application ou d'usage de médicaments ou autres produits.