

ACHTER DE SCHADUW

– 6 bedenkingen bij het gebruik van UV-C technologie

Inleiding

UV-C machines die zich toespitsen op hoog-niveau desinfectie van medische hulpmiddelen (MH) hebben de jongste jaren veel stof doen opwaaien. Deze evolutie in het gebruik van UV-C vereist dat zorgverstrekkers enkele bedenkingen in acht nemen alvorens dergelijke technologie in hun procedures te integreren.

Wat is UV-C?

Ultraviolet-C-straling verwijst naar licht met een golflengte die zich in het spectrum tussen röntgenstraling en zichtbaar licht bevindt. Eerder werd aangetoond dat UV-C-licht bepaalde micro-organismen desactiveert via een specifiek reactie-mechanisme. UV-C-licht wordt meestal opgewekt door gebruik van lagedruk-kwiklampen.

Sinds kort verschijnen ook systemen met LED lampen als alternatief. Ultraviolet (UV) licht



beschadigt micro-organismen door het DNA of RNA aan te tasten. Dit veroorzaakt een fotochemische reactie waardoor abnormale verbindingen in het DNA of RNA ontstaan. De chemische structuur van het micro-organisme wordt vervormd waardoor de normale functie verstoord raakt. Dit leidt tot mutaties of de deactivering van het micro-organisme.

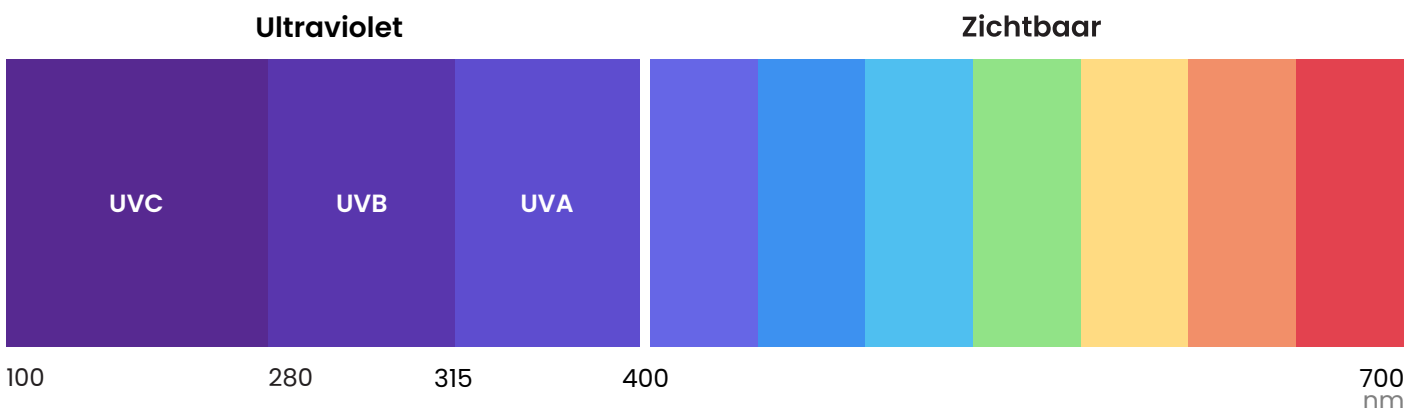
Waar wordt het gebruikt?

UV-licht wordt gebruikt in verschillende omgevingen, waaronder waterbehandelings-systemen en leidingnetwerken. Recentelijk vindt het gebruik ervan ook zijn weg in de gezondheidszorg en de voedingsindustrie, o.a. voor de desinfectie van ventilatiesystemen, oppervlakken en apparaten. Het gebruik in de gezondheidszorg krijgt stilaan meer weerklank, met name ook voor het desinfecteren van semi-kritische medische hulpmiddelen.

Een typische UV-C-machine bestaat uit een harde plastic behuizing met een centrale ruimte in gespiegeld glas, waarin meerdere UV-lampen staan opgesteld. Een deel van het medisch instrument wordt in het apparaat gehangen, vervolgens wordt het apparaat afgesloten middels een toegangspaneel om de gebruiker te beschermen. Vervolgens wordt er UV-C-licht op het apparaat gestraald.

Dit artikel beschrijft zes belangrijke bedenkingen bij het gebruik van UV-C-technologie voor de desinfectie van MH.

Het lichtspectrum



1. Gebrek aan standaardisering en data

EN 14885 *Chemische desinfectantia en antiseptica* – De toepassing van de Europese normen voor chemische desinfectiemiddelen en antiseptica is cruciaal voor het waarborgen van de werkzaamheid, veiligheid en kwaliteit van deze producten die in verschillende omgevingen, waaronder de gezondheidszorg, worden gebruikt. Om hun antimicrobiële aanspraken te ondersteunen volgen chemische desinfectiemiddelen en antiseptica in Europa en het Verenigd Koninkrijk deze normen, aangezien deze de testvoorwaarden specificeren om de gemaakte aanspraken te toetsen.

(Bolten, Schmidt and Steinhauer, 2022)¹

De standaardisering van testmethoden voor desinfectiemiddelen is van cruciaal belang omdat het:

- Fabrikanten van chemische desinfectiemiddelen in staat stelt om de correcte labotechnieken te kiezen ter ondersteuning van hun antimicrobiële aanspraken.
- Eindgebruikers van chemische desinfectiemiddelen in staat stelt om de verstrekte informatie van de fabrikant te beoordelen.
- Regelgevende instanties ondersteunt bij het beoordelen van de aanspraken van fabrikanten.

Er bestaat vandaag geen gepubliceerde, gestandaardiseerde testmethode om een UV-C-machine te beoordelen bij de desinfectie van semi-kritische medische hulpmiddelen. Fabrikanten van UV-C machines verwijzen naar de standaardmethoden zoals beschreven in de EN 14885 norm om de werkzaamheid van hun systemen aan te tonen. Deze EN 14885 normen werden echter specifiek ontwikkeld voor de validatie van chemische desinfectiemiddelen. Ze beschrijven praktische testmethoden die een realistisch gebruik van chemische producten simuleren. Ze verwijzen ook doelbewust naar specifieke resistente stammen die een expliciete uitdaging vormen voor chemische desinfectiemiddelen.

UV-C-machines daarentegen zijn geen chemische systemen. De bestaande testmethoden in EN 14885 werden niet bedacht voor een strikt fysisch procedé, wat er onvermijdelijk toe leidt dat UV-C fabrikanten deze testmethoden gaan aanpassen aan de UV-C realiteit. Wanneer echter van de standaard testmethoden wordt afgeweken, gaan de voordelen van standaardisering verloren en is er evenmin nog zekerheid dat het effect van UV-C correct getest werd.

De **EN 14885**² stelt:

“In bepaalde gevallen kan het nodig of aanbevolen zijn om testorganisme(n) aan te passen aan de eisen van de sector.

Overeenstemming met de gebruikte norm mag niet worden geclaimd, er moet gesteld worden dat het product is getest volgens de principes van de norm.”

*“Als er geen geschikte norm is voor een toepassing binnen een specifieke sector, kan een norm van een andere sector worden aanbevolen ter gebruik. **Als later een geschikte norm wordt gepubliceerd, moet deze nieuwe norm worden gebruikt.”***

BS 8628 is de eerste gepubliceerde norm die het kwantitatief testen van UV-desinfectie via directe belichting beschrijft. Deze norm is nu de meest geschikte voor de validatie van UV-machines bedoeld voor desinfectie van oppervlakken en is afgeleid van de reeds bestaande norm **EN 17272**, die methoden beschrijft voor het microbiologisch testen van de werkzaamheid van desinfectieprocessen/-systemen via de lucht.

In dit geval is conformiteit met **BS 8628** het minimum dat men mag verwachten van elk UV-C apparaat dat een hoog-niveau desinfectie van semi-kritische MH beweert te realiseren.

2. Compatibiliteit

Kunststof polymeren vormen een aanzienlijk bestanddeel van moderne semi-kritische MH, waaronder ultrasone medische hulpmiddelen en endoscopen. Zij bevatten meestal kunststoffen zoals acrylonitril-butadien-styreen (ABS), polypropyleen (PP), polycarbonaat (PC) en polyvinylchloride (PVC). Deze kunststoffen balanceren eigenschappen zoals mechanische sterkte, chemische weerstand, flexibiliteit, transparantie en verwerkingsgemak waardoor ze geschikt zijn voor verschillende onderdelen en toepassingen binnen ultrasone MH.

Het is aangetoond dat UV-C-licht schade veroorzaakt aan kunststoffen bij regelmatige blootstelling. Een recent onderzoek evalueerde de invloed van UV-C-licht blootstelling op 10 veelgebruikte plastic materialen in de gezondheidszorg. Alle materialen vertoonden degradatie, maar sommige **kunststoffen zoals ABS en polycarbonaat vertoonden aanzienlijke oppervlakteschade**.³ Deze materialen worden gewoonlijk gebruikt voor de omhulsels van MH.

Er werd geconcludeerd dat:
“blootstelling aan UV-C voor dit soort materialen zoveel mogelijk moet worden beperkt in zorginstellingen, met name waar UV-C-apparaten regelmatig worden gebruikt.”

(Teska et al., 2020)³

3. Handmatige reinigingsvereiste

Reiniging wordt beschouwd als de meest cruciale stap in de decontaminatieprocedure.

“Een grondige reiniging is vereist alvorens hoog-niveau desinfectie en sterilisatie omdat **anorganische en organische materialen die achterblijven op de oppervlakken van instrumenten de werkzaamheid verstoren van deze processen.**”

(Rutala and Weber, 2016)⁴

Als de reinigingsstap gecompromitteerd is, wordt de daaropvolgende desinfectiestap waarschijnlijk nadelig beïnvloed. Reiniging is van bijzonder belang voor UV-C-systemen, waarbij tijdens de desinfectie geen enkele handmatige actie wordt toegepast. Als de reiniging niet-correct werd uitgevoerd, blijft het vuil na blootstelling aan UV-C desinfectie gewoon achter, waardoor het desinfectieproces niet langer doeltreffend is. Bij handmatige processen, zoals desinfectie door wrijving, is er daarentegen sprake van mechanische actie. Hierdoor kan het resterende vuil gemakkelijker worden verwijderd.



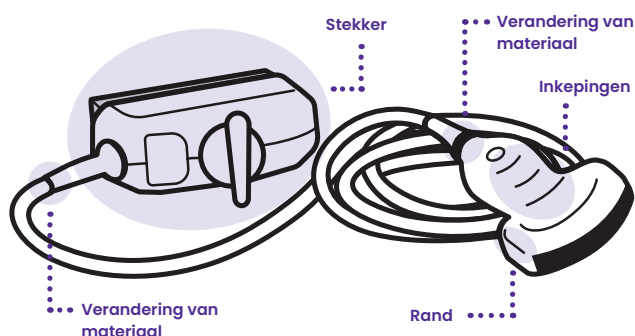
Het is essentieel dat reinigingsmiddelen via na-spoeling grondig van het apparaat verwijderd worden vooraleer te desinfecteren met UV-C. Tevens dient het oppervlak van het apparaat volledig droog te zijn voordat het wordt geplaatst in een UV-machine. Achtergebleven vocht op het oppervlak kan de afgifte van de vereiste UV-dosis aan het oppervlak verhinderen.

4. Schaduwen

UV-licht beweegt zich in een rechte lijn. Objecten die dit pad belemmeren creëren schaduwen door de lichtdoorgang te verhinderen. Wanneer UV-licht geblokkeerd wordt, bereikt het tijdens de desinfectie bepaalde zones niet, waardoor het risico reëel is dat deze zones niet of onvoldoende gedesinfecteerd worden.



Sommige ultrasone medische hulpmiddelen hebben complexe vormen of oppervlakte-texturen die een gelijkmatige blootstelling aan UV-licht bemoeilijken, wat kan leiden tot onvolledig gedesinfecteerde oppervlakken.



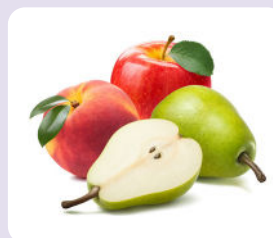
Oppervlaktetopografie verwijst naar de fysieke kenmerken van een oppervlak/medisch hulpmiddel en omvat elementen zoals inkepingen, contouren, texturen en onregelmatigheden in vorm. Deze elementen kunnen het licht verhinderen om het gehele onderliggende oppervlak te bereiken, en schaduwvorming veroorzaken. De meeste chemische desinfectiemiddelen hebben geen probleem om dergelijke zones te bereiken omdat de gebruiker er extra aandacht aan kan besteden. Schuimoplossingen kunnen zelfs in krassen op het oppervlak geraken waar pathogenen zich bevinden. In tegenstelling tot andere desinfectie-methoden biedt UV-C-desinfectie **bepaalde penetratiediepte**.

Daarom kan het niet doeltreffend vaste of vloeibare achterblijvende residu's met dezelfde intensiteit penetreren. Als er dus vuil of vocht op een oppervlak achterblijft voordat de behandeling met UV-C begint, zal het licht niet alle te desinfecteren zones bereiken. Hierdoor blijven er mogelijks plekken achter waar pathogenen kunnen overleven.

Bijvoorbeeld:

UV-desinfectie wordt vaak gebruikt om fruit te desinfecteren. Een studie onderzocht hoe de oppervlakteruwheid van fruit de werkzaamheid van UV-C beïnvloedt.

Fruit dat een gladder oppervlak heeft, zoals appels, vertoont een significant hogere reductie aan organismen dan vruchten met ingewikkeldere oppervlakken, zoals perziken, frambozen en zelfs peren. Er werd besloten dat de oorzaak de subtiele ruwheid van die fruit-oppervlakken was, vergeleken met dat van een appel.



De premisse van deze studie geldt voor alle oppervlaktetypen. Oppervlakken met verschillende texturen of complexe vormen zullen naar

verwachting een uitdaging vormen voor lichtblootstelling, waardoor het moeilijk wordt voor licht om alle delen van het oppervlak te bereiken.

(M.S. Roopesh et al., 2012)⁵

Krassen op het oppervlak van oudere, veelgebruikte apparaten kunnen ook bijdragen aan het effect van schaduwvorming. UV-C-straling is bovendien in staat om essentiële plastics in ultrasone medische hulpmiddelen te beschadigen en leidt mogelijks tot scheurtjes in het oppervlak bij langdurige blootstelling. Dergelijke scheurtjes kunnen het risico op schaduwvorming vergroten en mogelijks schadelijke ziekteverwekkers afschermen van desinfectie.

5. Andere zones van de sonde en wereldwijde richtlijnen

UV-systemen richten zich meestal niet op het hele apparaat, inclusief de probe kabel, stekker, houder en machine. De gepubliceerde literatuur heeft aangetoond dat net deze zones gemakkelijk besmet kunnen raken met pathogenen.

“Probekabels en machinetoetsenborden zijn belangrijke bronnen van infectie, inclusief potentiële pathogenen.”

(Westerway et al., 2017)⁶



UV-systemen zijn ontworpen om enkel dat deel van de probe te behandelen dat in contact komt met de patiënt. Hierbij wordt geen rekening gehouden met de mogelijkheid dat de zorgverstreker tijdens een patiënt-procedure in contact komt met andere delen van het MH en zo onbedoeld kruisbesmettingen kan veroorzaken. Deze andere onderdelen dienen dus als gelijkwaardig worden beschouwd aan het inbrengbare gedeelte van het MH en vereisen een desinfectie van hetzelfde niveau en een zelfde grondigheid. Dat laatste is echter niet evident bij UV-systemen.

Richtlijn:

De Wereldfederatie voor echografie in geneeskunde en biologie (WFUMB) – Guidelines for Cleaning Transvaginal Ultrasound Transducers Between Patients, 2017 stelt:

“Een extra overweging is het feit dat het handvat en de kabel van de transducer ook besmet kunnen raken en ook gedesinfecteerd moeten worden.”

(Abramowicz et al., 2017)⁷

De Infectiepreventie en –bestrijding bij echografie: aanbevelingen voor beste praktijken van de European Society of Ultrasound Working Group, 2017 stelt:

“De grondige decontaminatie van Amerikaanse transducers en alle apparatuur die in direct contact komen met de patiënt, vóór en na elke patiënt, tot het niveau dat vereist is voor specifieke procedures en in overeenstemming met de specificaties van de fabrikant om schade aan het oppervlak van de transducer te voorkomen, moet worden uitgevoerd.”

“Dit omvat de regelmatige decontaminatie van het toetsenbord/console en eventuele kabels van Amerikaanse makelij.”

*“Alle Amerikaanse apparatuur die **direct of indirect in contact komen met patiënten** moeten grondig worden gereinigd en gedesinfecteerd bij het begin van het onderzoek en na elke patiënt. Dit omvat de **Amerikaanse transducer met handvat, kabel en transducerhouder** (voor zover mogelijk) en aanvullende apparaten die gebruikt kunnen worden tijdens diagnostische of invasieve procedures zoals fusesensoren/kabels uit de VS...”*

De besmetting van Amerikaanse apparatuur kan worden onderschat.”

(Nyhsen et al., 2017)⁸



6. Herstelmechanismen na UV-C

Fotoreactivatie:

Fotoreactivatie is een biologisch proces dat wordt waargenomen bij bepaalde organismen, met name bacteriën en virussen. Blootstelling aan zichtbaar licht na beschadiging door UV-straling activeert enzymatische herstelmechanismen in het DNA van het organisme. Wanneer micro-organismen worden blootgesteld aan UV-licht, met name UV-C, veroorzaken de UV-fotonen schade aan de DNA-structuur. Dit resulteert in de vorming van pyrimidine dimeren. Echter, wanneer er zichtbaar licht aanwezig is worden specifieke enzymen genaamd fotolyasen geactiveerd. Deze fotolyasen kunnen het beschadigde DNA herkennen en zich eraan binden, waardoor de DNA-beschadiging kan worden hersteld.

Samengevat, stelt fotoreactivering micro-organismen in staat om DNA-schade veroorzaakt door UV-licht te herstellen, waardoor hun overlevingskansen toenemen.

Donker herstel:

Donker herstel—ook bekend als nucleotide excisie herstel—is een ander waargenomen biologisch proces, met name in bacteriën. Dit proces betreft het herstellen van DNA-schade veroorzaakt door UV-straling in de afwezigheid van zichtbaar licht.

In de afwezigheid van zichtbaar licht worden specifieke enzymen en herstelmethoden geactiveerd om de beschadigde DNA-segmenten te identificeren en te herstellen.

Tijdens donker herstel sporen enzymen de laesies in de DNA-streng op en verwijderen ze het beschadigde deel, vervangen het door nieuw gesynthetiseerd DNA en herstellen zo de oorspronkelijke DNA-volgorde.

Donker herstel is een essentieel mechanisme voor micro-organismen om de integriteit van het genoom te behouden en te overleven na blootstelling aan UV.

Deze mechanismen kunnen een aanzienlijk deel van de micro-organismen reanimeren die oorspronkelijk gedood waren door UV-C-licht. Hierdoor neemt de algemene doeltreffendheid van het desinfectieproces af.

Tijdens donker herstel sporen enzymen de laesies in de DNA-streng op en verwijderen ze het beschadigde deel, vervangen het door nieuw gesynthetiseerd DNA en herstellen zo de oorspronkelijke DNA-volgorde.

Bijvoorbeeld:

Een onderzoek heeft aangetoond dat maar liefst **60%** van de micro-organismen die oorspronkelijk met UV-C gedood werden, kunnen heropleven. (Song, Mohseni and Taghipour, 2019)⁹

Dit onderzoek werd uitgevoerd met *E. coli*, maar veel andere bacteriën bevatten ook enzymen en herstelmechanismen die fotoreactivering en donker herstel na blootstelling aan UV mogelijk maken. (Kowalski, 2009)¹⁰

Antimicrobiële resistentie:

Herstelmechanismen veranderen het DNA/RNA, waardoor het risico van micro-organismemutaties ontstaat tijdens het herstelproces. Deze **mutaties** kunnen micro-organismen pathogener maken of resistent tegen toekomstige desinfectiepogingen. Hierdoor kan de doeltreffendheid van UV-C na verloop van tijd verder afnemen.

(Shibai et al., 2017)¹¹

Als gevolg hiervan is het aanbevolen dat UV-C desinfectie mogelijk niet volledig betrouwbaar is als een autonome desinfectiemethode en het vereist is om aanvullende desinfectiestrategieën te implementeren om een grondige microbiële uitroeiing te garanderen.

(Demeersseman et al., 2023)¹²

Conclusie

Tot slot, het groeiende gebruik van Ultraviolet-C (UV-C) technologie voor desinfectie in de gezondheidszorg heeft geleid tot aanzienlijke vooruitgang. Het leidt echter ook tot een aantal cruciale vragen en uitdagingen, waarmee men rekening moet houden voordat de technologie wordt toegepast.

Van het gebrek aan gestandaardiseerde testmethoden tot problemen met materiaalcompatibiliteit, handmatige reinigingsvereisten, schaduweffecten, het behandelen van andere delen van het hulpmiddel en de bezorgdheid over UV-C herstelmechanismen, moeten zorgverleners door deze onduidelijkheden navigeren voordat ze UV-C-technologie in nieuwe desinfectieprocedures integreren.

Disclaimer

Dit document dient om waardevolle inzichten te verschaffen in de beschikbare gepubliceerde literatuur en begeleidt geïnformeerde besluitvorming met betrekking tot de implementatie van UV-C desinfectietechnologieën in zorgomgevingen.

Bronnen

¹ Bolten, A., Schmidt, V. and Steinhauer, K. (2022). Use of the European standardization framework established by CEN/TC 216 for effective disinfection strategies in human medicine, veterinary medicine, food hygiene, industry, and domestic and institutional use - a review. DOAJ (DOAJ: Directory of Open Access Journals), 17, pp.Doc14–Doc14.

² British Standards Institution (BSI). EN 14885: Chemical Disinfectants and Antiseptics - Application of European Standards for Chemical Disinfectants and Antiseptics. Brussels: European Committee for Standardisation (CEN); 2022.

³ Teska, P., Dayton, R., Li, X., Lamb, J. and Strader, P. (2020). Damage to Common Healthcare Polymer Surfaces from UV Exposure. Nano LIFE, 10(03), p.2050001.

⁴ Rutala, W. and Weber, D. (2008) Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee, Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Guideline for Disinfection and Sterilization in Healthcare facilities, 2008. Centers for Disease Control and Prevention.

⁵ M.S. Roopesh, Lu, X., Sablani, S.S., Sunil Kumar Insan, Adhikari, A., Killinger, K., Rasco, B., Dhingra, A., Bandyopadhyay, A. and Annapure, U.S. (2012). Inactivation of Escherichia coli Population on Fruit Surfaces Using Ultraviolet-C Light: Influence of Fruit Surface Characteristics. Food and Bioprocess Technology, 6(11), pp.2959–2973.

⁶ Westerway, S.C., Basseal, J.M., Brockway, A., Hyett, J.A. and Carter, D.A. (2017). Potential Infection Control Risks Associated with Ultrasound Equipment - A Bacterial Perspective. Ultrasound in Medicine & Biology, 43(2), pp.421–426.

⁷ Abramowicz, J.S., Evans, D.H., Fowlkes, J.B., Maršal, K. and terHaar, G. (2017). Guidelines for Cleaning Transvaginal Ultrasound Transducers Between Patients. Ultrasound in Medicine & Biology, 43(5), pp.1076–1079.

⁸ Nyhsen, C.M., Humphreys, H., Koerner, R.J., Grenier, N., Brady, A., Sidhu, P., Nicolau, C., Mostbeck, G., D'Onofrio, M., Gangi, A. and Claudon, M. (2017). Infection prevention and control in ultrasound - best practice recommendations from the European Society of Radiology Ultrasound Working Group. Insights into Imaging, 8(6), pp.523–535.

⁹ Song, K., Mohseni, M. and Taghipour, F. (2019a). Mechanisms investigation on bacterial inactivation through combinations of UV wavelengths. Water Research, 163, p.114875.

¹⁰ Kowalski, W. (2009). Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook.

¹¹ Shibai, A., Takahashi, Y., Ishizawa, Y., Motooka, D., Nakamura, S., Ying, B.-W. and Tsuru, S. (2017). Mutation accumulation under UV radiation in Escherichia coli. Scientific Reports, 7(14531).

¹² Demeersseman, N., Saegeman, V., Cossey, V., Devriese, H. and Schuermans, A. (2023). Shedding a light on ultraviolet-C technologies in the hospital environment. Journal of Hospital Infection, 132, pp.85–92.