

Dezynfekcja gabinetu i pracowni

W artykule przedstawiono różne rodzaje lamp bakteriobójczych/wirusobójczych i ich skuteczność w procesie działania na bakterie, wirusy, grzyby, pierwotniaki i roztocza. Szczególnie zwrócono uwagę na lampy próżniowe UV-V wytwarzające ozon, który dociera do wszystkich ukrytych zakątków niedostępnych dla promieniowania bezpośredniego, niszcząc drobnoustroje. Drugim ważnym rodzajem omawianych lamp bakteriobójczych są lampy bezozonowe UV-C, które pozwalają zmniejszyć czas procesu dezynfekcji. Wszystkie przedstawione w artykule zagadnienia związane z wykorzystaniem tych lamp UV są oparte na wynikach badań laboratoryjnych w różnych krajach (Niemcy, USA, Chiny, Korea Południowa, Dania) przeprowadzonych na koronawirusach SARS-CoV-2.

Autorzy

lek. stom. Katarzyna Lelińska,
Dipl.-Ing. Henrik Krisch

Hasła indeksowe: lampy, promieniowanie, UV, UV-V, UV-C, UV-B, UV-A, wirus, bakterie, DNA, RNA, koronawirus, H1N1, COVID-19, aerozol, dezynfekcja, dekontaminacja, odkażanie, ultrafiolet, epidemia

Światło ultrafioletowe od wielu lat było znane ze swoich właściwości bakteriobójczych. W ostatnich latach okazało się również skuteczne w zwalczaniu wirusów grypy oraz bakterii odpornych na antybiotyki.

W czasie zmagania z epidemią koronawirusa poszukujemy skutecznej alternatywy w miejsce stosowania ogromnej ilości rozpylanych roztworów środków dezynfekcyjnych, używanych nieustannie do spryskiwania powierzchni. Szukamy rozwiązań, które zapewnią skuteczną dezynfekcję wszystkich niedostępnych dla przecierania miejsc w gabinetach, a także dekontaminację maseczek i ubrań ochronnych (fot. 1). Takim rozwiązaniem jest zastosowanie nowoczesnych lamp **bakterio- i wirusobójczych**, które

emitują promieniowanie ultrafioletowe UV-C/UV-V.

W dalszej części artykułu szczegółowo przedstawiono różne aspekty promieniowania ultrafioletowego, jego znaczenie dla zwalczania szkodliwego aerozolu powstającego w gabinecie, a także zaproponowano efektywne lampy przenośne oferowane przez firmę uv.alfapolmed.com.

Sterylizacja za pomocą promieni ultrafioletowych należy do najskuteczniejszych i najprostszych metod zapewniających efektywną dekontaminację zabiegowych fartuchów, przyłbic i maseczek.

Lampy UV są nie tylko nieocenioną pomocą w codziennej pracy gabinetów w czasie epidemii koronawirusa SARS-CoV-2, ale ponadto sprawdzają się w zwalczaniu wszel-

▼ fot. 1. Maseczka ochronna



w czasie epidemii koronawirusa



fot. 2



fot. 3

◀ fot. 2. Lampy UV mają uniwersalne zastosowanie

▲ fot. 3. Promieniowanie UV działa na różne drobnoustroje

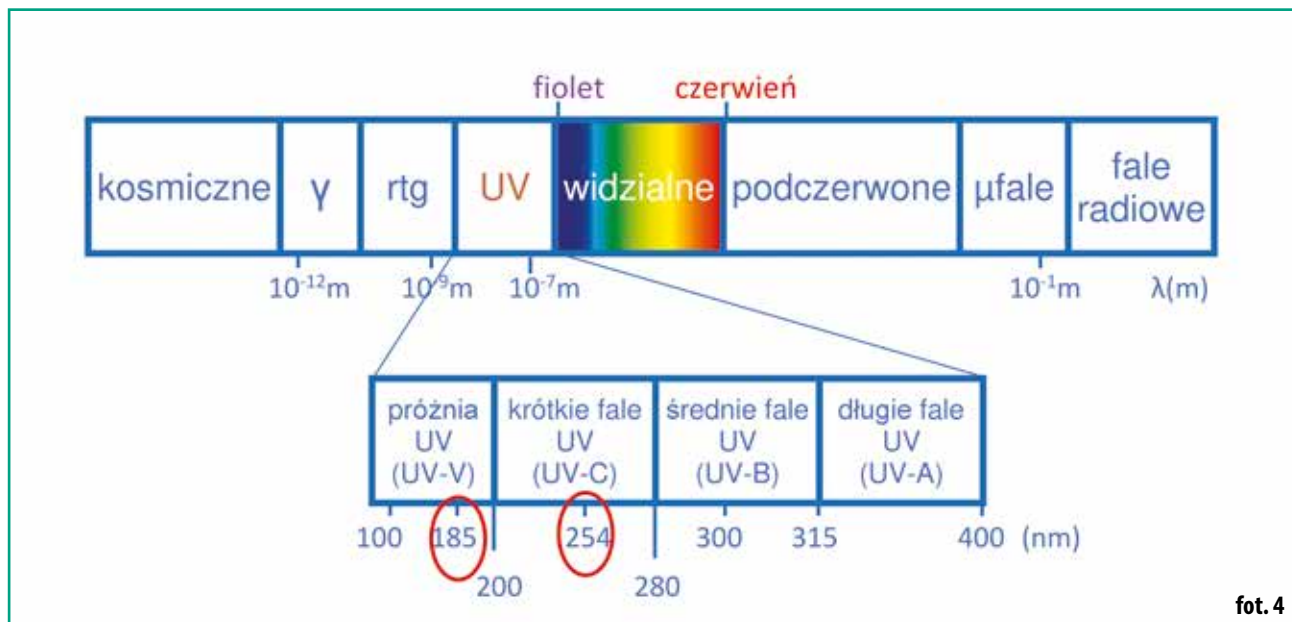
kiego rodzaju drobnoustrojów, wirusów grypy, SARS, MERS, bakterii (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella*, *Shigella* i innych, będących przyczyną sepsy), grzybów (*Candida albicans*), roz-

toczy (fot. 2, 3). Wnioski te opierają się na wynikach badań przeprowadzonych w laboratoriach w różnych krajach, m.in. Korei Południowej, Chinach, Niemczech, Danii, USA (patrz Piśmiennictwo).

Jak działa promieniowanie UV?

Na fotografii 4 przedstawiono charakterystykę fal elektromagnetycznych z przyporządkowaniem ich długości.

▼ fot. 4. Rodzaje promieniowania elektromagnetycznego



fot. 4

Rozróżniamy następujące rodzaje promieniowania UV:

- promieniowanie UV-A i UV-B – dociera na powierzchnię Ziemi z promieniami słońca, co staje się odczuwalne po dniu spędzonym na plaży,
- promieniowanie UV-A – zawiera się pomiędzy 315 i 400 nm, uszkadza włókna kolagenowe i zwiększa ryzyko wystąpienia zmarszczeń,
- promieniowanie UV-B – zawarte pomiędzy 280–315 nm, ma znaczenie terapeutyczne i jest niezbędne dla prawidłowego rozwoju organizmu ludzkiego. Bierze udział w syntezie witaminy D. Jest również przyczyną poparzeń słonecznych, powoduje rumień, alergię skórne i zmiany nowotworowe, m.in. czerniaka skóry,
- promieniowanie UV-C – zawarte pomiędzy 200–280 nm, charakteryzuje się silnym efektem bakteriobójczym i inaktywuje bakterie, wirusy, roztocza, grzyby, pleśnie. Może być przyczyną poparzenia skóry i zapalenia spojówek.

Powoduje uszkodzenie kwasów nukleinowych – DNA i RNA,

- promieniowanie UV-V (Vacuum) – generuje ozon, powstaje w próżni i zawiera fale o długości 100–200 nm; ma tę właściwość, że promienie o małej długości, padając bezpośrednio na odśnieżoną powierzchnię, powodują jej dezynfekcję, natomiast ozon wytworzony w wyniku działania tych fal przenosi fotony do miejsc **zasłoniętych, które nie są poddane bezpośredniej ekspozycji.**

W dalszej części artykułu zajmemy się jedynie promieniowaniem UV-C/UV-V, istotnym z punktu widzenia wykorzystania dla celów dezynfekcji gabinetu i pracowni podczas epidemii koronawirusa SARS-CoV-2. Światło UV w odniesieniu do dezynfekcji nazywane jest w literaturze anglojęzycznej UVGI (ultraviolet germicidal irradiation)

Działanie biobójcze promieniowania UV-C/UV-V zachodzi w wyniku absorpcji energii fali elektro-

magnetycznej przez naświetlany obiekt. Prowadzi to do wzbudzenia atomów i jonizacji jego cząsteczek. W wyniku działania zaabsorbowanej energii zniszczeniu ulegają wiązania chemiczne w obrębie kwasów nukleinowych **DNA i RNA**. Promienie ultrafioletowe UV-C/UV-V działają zarówno na jądro komórkowe, jak i na ścianę komórkową. W efekcie rozbicia tych wiązań do pojedynczych aminokwasów, dochodzi do nieodwracalnego uszkodzenia białek i tym samym do inaktywacji wirusów, bakterii, grzybów i roztoczy.

Działanie promieniowania UV-C/UV-V

Promieniowanie UV-C/UV-V znajduje zastosowanie w medycynie i w codziennym życiu do dezynfekcji gazów (powietrza), przez inaktywację aerozolu wytwarzanego podczas pracy w gabinecie stomatologicznym lub w laboratorium protetycznym. Dezynfekuje się w ten sposób również m.in. przewody klimatyzacyjne, ogrzewanie, systemy wentylacyjne oraz żywność.

Lampy UV znajdują szerokie zastosowanie do dezynfekcji pomieszczeń i przedmiotów, takich jak:

- szpitale, gabinety lekarskie i dentystyczne, pracownie protetyczne, gabinety zabiegowe, rehabilitacyjne,
- salony kosmetyczne, poczekalnie i apteki,
- szkoły i przedszkola,
- sale i przebieralnie w klubach fitness,
- baseny,
- toalety, łazienki i brudowniki (fot. 5),
- powierzchnie – unity, stoły laboratoryjne, blaty robocze, szafy, meble,
- przedmioty w mieszkaniu i miejscu pracy,
- zabawki pluszowe, pościel, bielizna, torby (fot. 6),
- narzędzia i ubrania ochronne,
- mieszkania (fot. 7, 8),
- samoloty, pociągi i inne środki komunikacji.

▼ fot.5. Dezynfekcja toalety lampą przenośną



fot. 5

▼ fot. 6. Dezynfekcja przedmiotów osobistych



fot. 6



fot. 7

◀ ▼ fot. 7 i 8. Zastosowanie lampy do dezynfekcji mieszkania



fot. 8

Mało znany jest fakt, że dzięki zastosowaniu lamp UV-C/UV-V w szybki i skuteczny sposób można usunąć nieprzyjemne zapachy (fot. 9, 10), co przydaje się w mieszkaniach, po zakupie nowych mebli po remoncie, gdy w powietrzu pozostaje intensywna woń m.in. formaldehydu.

Podobny mechanizm działa w przypadku zawilgocenia domów i piwnic, jak również konieczności usunięcia zapachu spalenizny.

fot. 9



▲ fot. 9. Ozon neutralizuje formaldehyd



fot. 10

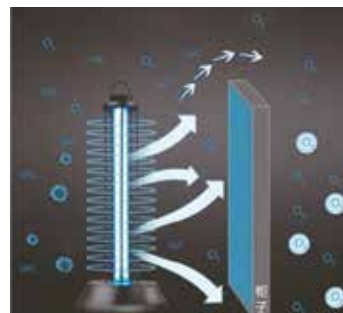
▲ fot. 10. Neutralizacja nieprzyjemnych zapachów z odpływów

Podział ze względu na długość fali świetlnej wytwarzanej przez promiennik uwzględnia:

- lampy 185 nm, wytwarzające ozon,
- lampy 254 nm, niewytwarzające ozonu.

Ze względu na sposób montowania lampy bezpośredniego działania dzielimy na:

- montowane na ścianie,
- na suficie,
- stojące, przenośne – są wygodne, gdyż można je ustawiać w różnych miejscach w gabinecie, tak aby promieniowanie dotarło wszędzie, gdzie jest potrzebne (fot. 11).



▲ fot. 11. Ozon z lampy UV-V dociera w niedostępne miejsca

Rodzaje lamp UV-C/UV-V

Ze względu na sposób działania lampy dzielimy na:

- przepływowe – sterylizują powietrze, które przechodzi przez filtr i jest zatrzymywane w komorze i poddane działaniu promieni UV-C. Personel wprawdzie może przebywać w pomieszczeniu w czasie pracy lampy, jednakże lampami tymi nie można sterylizować powierzchni i przedmiotów. Nie posiadają możliwości wzmocnionej dezynfekcji ozonem (jak lampy UV-V), a ich cena jest kilkakrotnie wyższa. Stosowane są często w salach operacyjnych i oddziałach intensywnej opieki medycznej,
- działające bezpośrednio – są najbardziej uniwersalne w zastosowaniu.



▲ fot. 12. Lampa z czujnikiem ruchu



fot. 13

▲ fot. 13. Ludzie i zwierzęta nie mogą przebywać tam, gdzie generowany jest ozon



fot. 14

▲ fot. 14. Lampa z pilotem



fot. 15

▲ fot. 15. Specjalne szkło kwarcowe do lamp

Nowoczesne lampy są wyposażone w **czujniki ruchu** (fot. 12). Lampa wyłącza się automatycznie, kiedy człowiek lub zwierzę zbliży się do niej na odległość 5 metrów. Wtedy automatycznie uaktywnia się sygnał dźwiękowy.

W pomieszczeniu, w którym włączona jest lampa UV-C/UV-V, nie mogą przebywać ludzie ani zwierzęta (fot. 13).

Istnieją również lampy włączane i wyłączane przy pomocy **pilota** (fot. 14), które umożliwiają nastawienie czasu ekspozycji na 15, 30 i 60 minut.

Większość obecnie dostępnych na rynku lamp bakteriobójczych jest produkowana z domieszkowanego szkła kwarcowego (fot. 15). Ten rodzaj szkła blokuje transmisję fali świetlnej o długości 185 nm, a przepuszcza fale o długości 254 nm. W lampach generujących fale o długości 185 nm stosuje się innego rodzaju szkło kwarcowe.

Czym jest ozon?

Ozon jest nazywany ultrafioletem próżniowym UV-V. Jest on cząsteczką gazu, zawierającą trzy atomy tlenu i ma symbol O_3 . Ma zdolność uwalniania pojedynczych atomów tlenu (wolnych rodników) z powietrza atmosferycznego. Lampy UV-V o długości fali 185

nm wytwarzają ozon w wyniku rozrywania cząsteczek tlenu O_2 na pojedyncze atomy O, które następnie przyłączają się do innych cząsteczek tlenu O_2 , tworząc cząsteczki ozonu O_3 . Zaletą ozonu jest to, że inaktywuje bakterie, uszkodzając ich ściany komórkowe, błony, enzymy i kwasy nukleinowe przez reaktywne formy tlenu. **Inaktywacja wirusów** w promieniowaniu UV-V jest spowodowana uszkodzeniem białek wirusa i jego genomu.

Przebieg procesu dezynfekcji gabinetu

W codziennej praktyce okazuje się, że właściwości dezynfekujące ozonu są związane z koniecznością przewietrzenia pomieszczenia, w którym pracowała lampa. Aby skrócić czas wietrzenia pomocne okazuje się światło UV-C o długości fali 254 nm. Charakteryzuje się ono zdolnością do degradowania ozonu, czyli rozbijania tryatomowej cząsteczki ozonu i tym samym konwersji do O_2 , czyli tlenu.

Dlatego wyposażenie gabinetu w oba rodzaje lamp może się okazać praktycznym rozwiązaniem umożliwiającym zarówno dezynfekcję pomieszczenia np. w ciągu przerwy nocnej lampą UV-V z ozonem, jak i sprawne przygotowanie i dekontaminację gabinetu lampą UV-C ze skróceniem czasu wietrzenia rano przed rozpoczęciem

Powierzchnia pokoju	Moc lampy	Zalecany czas dezynfekcji	Czas wentylacji bez ozonu	Czas wentylacji z ozonem					
~ 10m ²	38 W	15 minut	20 minut	30 minut					
~ 10m ²	60 W	15 minut	20 minut	30 minut					
~ 20m ²	38 W	30 minut	20 minut	30 minut					
~ 20m ²	60 W	15 minut	20 minut	30 minut					
~ 40m ²	38 W	60 minut	30 minut	40 minut					
~ 40m ²	60 W	30 minut	30 minut	40 minut </tr <tr> <td>~ 60m²</td> <td>60 W</td> <td>60 minut</td> <td>30 minut</td> <td>40 minut</td> </tr>	~ 60m ²	60 W	60 minut	30 minut	40 minut
~ 60m ²	60 W	60 minut	30 minut	40 minut					

▲ Tabela. 1. Czas dezynfekcji w zależności od wielkości pomieszczenia i mocy lampy

pracy. Podobną procedurę można zastosować pomiędzy przyjęciami pacjentów, stosując uprzednio lampę UV-V, dekontaminując miejsca zanieczyszczone i **zasłonięte**, a następnie wietrząc, włączając lampę UV-C, degradowując ozon.

Dobór lampy w zależności od wielkości pomieszczenia

Dawka promieniowania ultrafioletowego jest obliczana podobnie jak dla promieniowania rentgenowskiego (tab. 1).

Dawka (energia) UV-C/UV-V = moc lampy x czas naświetlania.

Dawka promieniowania decyduje o skuteczności inaktywacji mikroorganizmów.

Skuteczność biobójcza lamp UV-V/UV-C

Lampy UV-C/UV-V wykazują się dużą skutecznością działania, inaktywując bioaerozol do 99,9%. Pamiętajmy, że **wirusy** powodują większość infekcji górnych dróg oddechowych (do 90%), włączając w to obecnie najgroźniejszego przeciwnika, jakim jest koronawirus wywołujący COVID-19.

W 2004 roku na Uniwersytecie w Marburgu badano wpływ promieniowania UV-C i UV-V na zakaźność koronawirusa SARS-CoV-2 (fot.18). Wyniki badania potwier-



▲ fot. 16. Dezynfekcja garderoby



▲ fot. 17. Dezynfekcja powietrza w mieszkaniu

dziły, że efekt działania UV-C/UV-V jest znaczący i szybki. Już po 1 minucie naświetlania laboratoryjne próbki wirusa nie wykazywały zdolności do namnażania. Objętościowa ilość cząsteczek SARS-CoV-2 w próbkach zastosowanych w tym eksperymencie badawczym była znacznie większa niż statystycznie pojawia się w pomieszczeniach, w których przebywają zakażeni wirusem pacjenci.

Rosnące obawy dotyczące epidemii wirusów przenoszonych drogą kropelkową, takich jak wirus grypy H1N1 i koronawirus powodujący zespół ostrej niewydolności oddechowej (SARS-CoV-2), skupiły uwagę całego świata na sposobach dezynfekcji powietrza w pomieszczeniach i zachęciły do opracowania technik oczyszczania powietrza w celu pozbycia się wirusów i bakterii unoszących się w powietrzu (fot. 16, 17).

Badania naukowe potwierdzają, że w wyniku reakcji dysocjacji ozonu pod wpływem UV-C 254 nm powstają **reaktywne utleniacze**. Dlatego jednoczesne zastosowanie lamp o wyższym natężeniu energii fotonów UV-V i UV-C może być stosowane do oczyszczania powietrza, skracając tym samym czas dekontaminacji. Znane są przykłady zastosowania robotów z promieniami UV, które zyskały na znaczeniu w czasie zwalczania epidemii w Wuhan.

Lampy UV działają w zastępstwie personelu, który nie musi się narażać na kontakt z wirusem. Zmniejsza się jednocześnie ilość środków dezynfekcyjnych, ponieważ ich działanie zostaje zastąpione działaniem fal elektromagnetycznych.

Podsumowanie

Lampy UV-C i UV-V znajdują zastosowanie wszędzie tam, gdzie wymagane są sterylność i czystość mikrobiologiczna. Mają wpływ na jakość wykonywanej pracy we wszystkich placówkach usługowych. Dzięki temu możemy pracować w biologicznie czystym pomieszczeniu, skutecznie zapobiegać zakażeniom, zapewnić bezpieczeństwo pacjentom oraz personelowi. Promieniowanie lamp UV-V dociera do miejsc zasłoniętych, które nie są poddane bezpośredniej ekspozycji. Lampy są wyposażone w udogodnienia do obsługi, takie jak pilot do zdalnego włączania, czujnik ruchu i czasowy wyłącznik. Należy przestrzegać zaleceń zawartych w instrukcji dostawcy lamp (**uv.alfapolmed.com**).

Korespondencja:

Katarzyna Lelińska
tel.: +48 502 126 239
e-mail: KL@uv.alfapolmed.com

Artykuł powstał we współpracy ze sklepem uv.alfapolmed.com

KLINIKUM DER PHILIPPS-UNIVERSITÄT MARBURG

Anstalt des öffentlichen Rechts, Sitz Marburg

Institut für Virologie
HD. Dr. Stephan Becker
Institut für Virologie • Postfach 2360 • 35011 Marburg

Herr Dr. Völker
BioClimatic GmbH
Im Niedernfeld 4

31542 Bad Nenndorf



Hausanschrift: Robert-Koch-Str. 17, 35037 Marburg
Postanschrift: Postfach 2360, 35011 Marburg

Telefon: 06421-28-63061

Telefax: 06421-28-65482

E-mail: becker@staff.uni-marburg.de

WWW: <http://www.med.uni-marburg.de/www/mzh/viro.htm>

Datum: 01. November 2004

Gutachten

Zur Beurteilung der inhibierenden Wirkung von UVC-Strahlen auf die Infektiosität von SARS-Coronavirus

erstellt von
PD Dr. rer.nat. Stephan Becker
Klinikum der Philipps-Universität Marburg
Institut für Virologie
Robert-Koch-Str. 17
35037 Marburg

1. Untersuchungsgegenstand:

Untersucht wurde der Einfluss von UVC-Strahlen auf die Infektiosität des SARS-Coronavirus (SARS-CoV).

2. Testmethode

Zur Untersuchung des inhibitorischen Effekts von UVC Strahlen wurde ein Test durchgeführt, der die Infektiosität des SARS-Coronavirus in Zellkultur untersucht (TCID₅₀; Bonin 1973).

Geräte

bioclimatic UVC-Sonderstrahler (185 + 254 nm). Wie unter Experiment 1 zusätzlich mit Einrichtung zur Erzeugung von UV-Strahlen der Wellenlänge 185 nm und 254 nm.

3. Experimentelle Ansätze

Ionisation

Eine Zellkulturplatte mit 24 Vertiefungen wurde mit 500 µl Virussuspension pro Vertiefung beschickt. Die Platte wurde unter der Sicherheitswerkbank für 2 h ionisierter Luft ausgesetzt (Abstand ca. 20 cm, höchste Leistungsstufe des Gerätes). Nach 0, 1 und 2 Stunden wurden von der Zellkulturplatte aus jeweils 2 Vertiefungen je 500 µl Probe entnommen und kühl gelagert. Zu



DAC-P-0121-00-00

▲ fot. 18. Ekspertyza

Piśmiennictwo:

1. Becker S: Gutachten zur Beurteilung der inhibierenden Wirkung von UV-C Strahlen auf die Infektiosität von SARS-Coronaviren. Klinikum der Philipps-Universität Marburg, Institut für Virologie Nov 2004; https://www.bioclimatic.nl/wp-content/uploads/2010/11/Gutachten%20Viroxx%20SARS_DE.pdf.
2. Krisch H: Desinfektion in der Praxis und im Labor während der Coronavirus-Epidemie; **uv.alfapolmed.com**, in Vorbereitung, 2020.
3. Wargocki P: The ASHRAE Position Document on Filtration and Air Cleaning was developed by the Society's Filtration and Air Cleaning Position Document Committee formed on January 6, 2012.
4. Kim J, Jang J: Inactivation of airborne viruses using vacuum ultraviolet photocatalysis for a flow-through indoor air purifier with short irradiation time. *Journal Aerosol Science and Technology* 2018; 52(5): 557-566.
5. Wladyslaw Kowalski: Ultraviolet Germicidal Irradiation, Handbook-UVGI for Air and Surface Disinfection, Springer-Verlag Berlin, 2009
6. Elizabeth M. Allen i inni: The effectiveness of germicidal wipes and ultraviolet irradiation *inne pozycje piśmiennictwa są dostępne u Wydawcy*