

PUBLIKACJE METODYCZNE I STANDARDY

ADVANCEMENTS OF MICROBIOLOGY – POSTĘPY MIKROBIOLOGII
2019, 58, 1, 101–110
DOI: 10.21307/PM-2019.58.1.101



DEZYNFEKCJA PRZECIWWIRUSOWA W OBSZARZE MEDYCZNYM

Agnieszka Trzcińska

Zakład Wirusologii, Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny

Wpłynęło w czerwcu 2018 r., zaakceptowano w styczniu 2019 r.

Streszczenie: Zakażenia szpitalne (Hospital-Acquired Infections – HAI) stanowią poważny problem zdrowia publicznego. Problem ten dotyka setki milionów ludzi każdego roku i często prowadzi do wielu poważnych komplikacji zdrowotnych. Proces dezynfekcji, który jest podstawą zabiegów sanitarnych i higienicznych w placówkach medycznych, takich jak szpitale, przychodnie, gabinety stomatologiczne itp. jest ważnym elementem zapobiegania i zwalczania zakażeń wirusowych. Dezynfekcja jest złożonym procesem, na skuteczność którego ma wpływ wiele czynników. Środek dezynfekcyjny oprócz tego, że wymaga odpowiedniego stosowania, musi również spełniać pewne kryteria, w tym szeroki zakres aktywności biobójczej potwierdzony przez dobrze znane i dobrze zaprojektowane metody badawcze.

1. Wprowadzenie. 2. Dezynfekcja. 3. Skuteczność procesu dezynfekcji. 4. Wymagania stawiane środkom dezynfekcyjnym. 5. Badanie aktywności wirusobójczej środków dezynfekcyjnych. 6. Dezynfekcja przeciwwirusowa – aspekty praktyczne

ANTIVIRAL DISINFECTION IN THE MEDICAL AREA

Abstract: Hospital-acquired infections (HAIs) are a serious public health problem. This problem affects hundreds of millions of people every year, leading to many serious health complications. Disinfection is an important element in the prevention and control of viral infections, which is the basis of sanitation and hygiene processes in medical facilities such as hospitals, outpatient clinics, dental offices, etc. The disinfection is a complex process, the efficacy of which is influenced by many factors. The disinfectant, apart from the fact that it requires competent and proper use, also has to meet certain criteria, including the wide range of biocidal activity confirmed by well-known and well-designed research methods.

1. Introduction. 2. Disinfection. 3. The effectiveness of the disinfection process. 4. Requirements for disinfectants. 5. Testing of virucidal activity of disinfectants. 6. Antiviral disinfection – practical aspects

Słowa kluczowe: dezynfekcja, wirusy, badanie aktywności wirusobójczej

Key words: disinfection, viruses, virucidal activity testing

1. Wprowadzenie

Zakażenia nabywane w czasie pobytu w szpitalu lub związane z opieką medyczną (HAI – Hospital Acquired Infections; health care-associated infections) są poważnym problemem zdrowia publicznego. Problem ten corocznie dotyka setki milionów ludzi na całym świecie, prowadząc w wielu przypadkach do poważnych komplikacji zdrowotnych, a nawet śmierci, przedłuża pobyt w szpitalu i tym samym generuje wysokie koszty. Zakażenia te dotyczą nie tylko, choć w przeważającej części, pacjentów, ale i pracowników służby zdrowia. W krajach rozwiniętych problem zakażeń szpitalnych dotyczy 5–15% pacjentów, przy czym istotne jest, że w większości przypadków są to zakażenia, których można by było uniknąć lub im zapobiec [9, 55].

Wśród potencjalnych źródeł tego typu zakażeń (w tym zakażeń wirusowych) najczęściej wymienia się często dotykane powierzchnie środowiskowe (HTS – High Touch Surfaces, np. półki, meble, zasłony, pościel, ubrania, komputery, telefony) oraz wszystkie elementy sprzętu medycznego, z których transmisja patogenów może odbywać się poprzez bezpośredni kontakt pacjenta z powierzchnią lub pośrednio przez ręce lub rękawiczki ochronne personelu medycznego [9, 20, 50]. Dla przykładu wiele patogenów wirusowych jest zdolnych do przeżycia na rękach czy rękawiczkach od 2 minut do godziny [32], a po zasiedleniu danej powierzchni wirusy mogą pozostać w środowisku przez długi okres czasu [42]. Przy optymalnych warunkach pH, temperatury i wilgotności, niektóre z wirusów mogą pozostać zakaźne na powierzchni nawet przez

* Autor korespondencyjny: Agnieszka Trzcińska, Zakład Wirusologii, Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny; 00-791 Warszawa, ul. Chocimska 24; tel. 22 542 12 30; e-mail: atrzcinska@pzh.gov.pl

dłuższy czas [17, 53]. Do patogenów wirusowych, które mogą zanieczyszczać powierzchnie środowiskowe należą m.in. koronawirusy, rotawirusy oraz norowirusy. Badania wykazały, że norowirusy charakteryzują się zdolnością do zachowania wirulencji na powierzchniach przez długi okres czasu [1, 9, 51, 52] i często są przenoszone z zanieczyszczonych powierzchni na opuszki palców, a następnie na kolejne powierzchnie takie jak pokrywy toalet, klamki, telefony [2]. Transmisja patogenów z zanieczyszczonych powierzchni jest uzależniona od czasu trwania i częstości kontaktu, zdolności patogenu do przeżycia na powierzchni i jego oporności na działanie dezynfektantów.

Źródłem zakażenia mogą być też powierzchnie narzędzi i sprzętów medycznych (takich jak, np. endoskopy i stetoskopy, narzędzia stomatologiczne, itd. gdzie dochodzi do kontaktu z błonami śluzowymi, śliną czy krwią pacjenta), dlatego sterylizacja i odkażanie narzędzi oraz sprzętu medycznego odgrywa ważną rolę w zapobieganiu HAI [23]. Najczęstszymi zakażeniami szpitalnymi, które mogą być skutkiem nieodpowiednich procedur sterylizacji i odkażania narzędzi oraz sprzętu medycznego są m.in. różnego rodzaju zakażenia związane z zabiegami chirurgicznymi, z użyciem cewnika moczowego, respiratora, jak również zakażenia HBV, HCV, HIV [18, 55].

Wzrost świadomości na temat rozprzestrzeniania się oporności na środki biobójcze wśród patogenów sprawia, że coraz więcej uwagi zaczyna się poświęcać działaniom praktycznym związanym ze skuteczną dekontaminacją środków ochrony osobistej zanieczyszczonych drobnoustrojami patogennymi [24, 26, 55], przestrzeganiu odpowiedniej higieny rąk, która jest kluczowym elementem strategii zapobiegania zakażeniom związanym z opieką zdrowotną [31, 54] oraz inwestuje w środki na rzecz wzmocnienia infrastruktury, które mają pomóc w zapobieganiu i kontroli zakażeń.

2. Dezynfekcja

Dezynfekcja jest ważnym elementem w profilaktyce i zwalczaniu zakażeń m.in. wirusowych, który stanowi podstawę zabiegów sanitarnych oraz procesów utrzymania higieny w placówkach medycznych, takich jak szpitale, przychodnie, gabinety stomatologiczne, itd. [7, 41]. Według „Wielkiego Słownika Medycznego” [25] dezynfekcja to niszczenie w środowisku zewnętrznym zarazków chorobotwórczych za pomocą środków chemicznych lub czynników fizycznych. Nowsza definicja podawana przez Centers for Disease Control and Prevention (CDC) mówi, iż dezynfekcja to proces, który eliminuje większość lub wszystkie drobnoustroje chorobotwórcze, z wyłączeniem spor bakteryjnych, na

objektach nieożywionych w celu zapobiegania zakażeniu [40]. W placówkach opieki medycznej dezynfekcja jest prowadzona przy użyciu metod chemicznych lub fizycznych. Zatem głównym celem dezynfekcji jest eliminacja lub redukcja drobnoustrojów do takiego poziomu, że zdezynfekowany obiekt nie może być dłużej źródłem zakażenia. Ze względu na czas, w którym jest prowadzona dezynfekcja, może ona mieć charakter: 1) bieżący, gdy podejmowana jest w ogniskach zakażenia, np. bezpośrednio w otoczeniu osoby chorej/nosiciela oraz w środowisku osób chorych/nosicieli w celu zabicia zarazków chorobotwórczych w wydalinach i wydzielinach lub 2) końcowy, gdy przeprowadzana jest w otoczeniu osoby zakaźnie chorej po usunięciu jej z pomieszczenia albo po zakończeniu choroby i okresu zakaźności [40].

Biorąc pod uwagę zakres działania, procesy dezynfekcji możemy podzielić na [39, 40]:

- Wysokiego poziomu – inaktywowane są wszystkie drobnoustroje, z wyłączeniem dużej liczby spor bakteryjnych.
- Średniego poziomu – niszczone są formy wegetatywne bakterii, prątki, większość wirusów i grzybów, ale nie spory bakteryjne.
- Niskiego poziomu – niszczone są formy wegetatywne bakterii, niektóre wirusy i grzyby, ale nie prątki i spory bakteryjne.

Przykładowo: dezynfekcja wysokiego poziomu obowiązuje przy odkażaniu wszystkich narzędzi, sprzętu medycznego i przedmiotów, które podczas zabiegów naruszają lub mogą naruszać tkanki miękkie i tkankę kostną; mają kontakt z jamami ciała, z uszkodzonymi i nieuszkodzonymi błonami śluzowymi oraz uszkodzoną skórą i ranami. Natomiast dezynfekcja niskiego poziomu dotyczy np. przedmiotów i narzędzi, które wchodzi w kontakt z nieuszkodzoną skórą [39, 40].

Proces dezynfekcji może być przeprowadzany różnymi metodami:

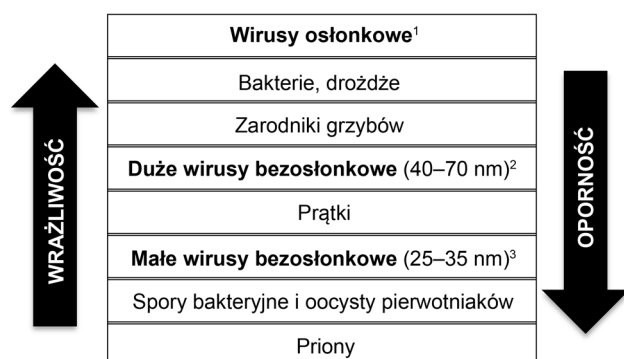
- Dezynfekcja metodami fizycznymi: 1) termiczna, przebiegająca z wykorzystaniem wody, pary wodnej lub suchego powietrza o wysokiej temperaturze oraz 2) nietermiczna, np. filtracja [27] lub promieniowanie ultrafioletowe (UV) stosowane głównie do dezynfekcji powietrza, wody i przede wszystkim nieosłoniętych powierzchni. Skuteczność promieniowania ultrafioletowego (UVC) do dezynfekcji powierzchni zanieczyszczonych wirusami potwierdziły m.in. badania prowadzone z MERS-CoV [3]. Opisano również proces fizycznej dezynfekcji z wykorzystaniem promieniowania UV w badaniach z wirusem adeno i kocim kaliciwirusem będącym modelem w badaniach nad kontaminacją norowirusami [14, 37, 49]. Dezynfekcja wykorzystująca promieniowanie ultrafioletowe o długości fali 253,7 nm jest ważną techniką inaktywacji dsDNA i ssRNA wirusów w wodzie [5].

- Dezynfekcja termiczno-chemiczna, która jest połączeniem działania środka chemicznego oraz podwyższonej temperatury (najczęściej w zakresie 50–70°C). Służy np. do dezynfekcji tekstyliów, sprzętu wrażliwego na wysoką temperaturę, dezynfekcji narzędzi stomatologicznych [19, 46].
- Dezynfekcja chemiczna, polega na zastosowaniu szerokiej gamy związków chemicznych o różnych właściwościach. W obszarze medycznym środki dezynfekcyjne mają charakter jednoskładnikowy lub zawierają wiele składników połączonych w różnych kombinacjach. Do najczęściej stosowanych substancji aktywnych należą: alkohole, chlor i jego związki, formaldehyd, aldehyd glutarowy, nadtlenek wodoru, jodofory, kwas nadoctowy, fenole, czwartorzędowe związki amoniowe (Tabela I). Celem użycia środków chemicznych jest przede wszystkim dezynfekcja powierzchni, narzędzi i rąk. W przypadku całych pomieszczeń np. szpitalnych może być wykorzystywana dezynfekcja fumigacyjna, czyli zamgławianie pomieszczeń mgłą mikrozołową, która zawiera chemiczny środek dezynfekcyjny lub dezynfekcja poprzez ozonowanie. Stosowanie chemicznych środków dezynfekcyjnych do dekontaminacji urządzeń medycznych oraz ukierunkowanej dezynfekcji powierzchni środowiskowych ma ogromne znaczenie dla ograniczania transmisji patogenów oraz kontroli zakażeń związanych z opieką zdrowotną [47].

3. Skuteczność procesu dezynfekcji

Proces dezynfekcji jest złożonym procesem, na skuteczność którego ma wpływ wiele czynników [40, 55]:

- Zróżnicowana wrażliwość drobnoustrojów (Ryc. 1). Pod tym względem wirusy zostały sklasyfikowane w 3 grupach w oparciu o ich strukturę i lipofilność:



Ryc. 1. Wrażliwość/oporność drobnoustrojów i prionów na dezynfekcję

Objaśnienia: (1) – Wirusy osłonkowe, np. wirus grypy ptasiej H5N1, HBV, HCV, HIV, SARS-CoV, wirus Ebola, (2) – Duże wirusy bezosłonkowe, np. Adenowirusy, Papillomawirusy, Rotawirusy, (3) – Małe wirusy bezosłonkowe, np. Enterowirus 71, Norowirus, Poliowirus, Parwowirus B191, na podstawie: [21, 40, 43].

1. wirusy osłonkowe – bardzo wrażliwe na środki dezynfekcyjne; 2. duże wirusy bezosłonkowe – charakteryzujące się średnią wrażliwością na dezynfektanty oraz 3. małe wirusy bezosłonkowe – o wysokiej oporności na procesy dezynfekcji [28].
- Liczba drobnoustrojów w dezynfekowanym obszarze. Im większa jest liczba zakaźnych cząstek tym więcej czasu potrzebuje środek dezynfekcyjny do ich inaktywacji, przy stałej wartości innych czynników (stężenie preparatu, temperatura, pH, itd.).
 - Dostępność do skażonych powierzchni. Złożone urządzenia medyczne, jak również narzędzia posiadające szczeliny, kanaliki, liczne połączenia są dużo trudniejsze do dezynfekcji niż urządzenia o płaskich powierzchniach.
 - Skład produktu (wzajemne oddziaływania składników) i jego stabilność (niektóre z środków dezynfekcyjnych mogą być niestabilne w „stężeniu roboczym” i mogą być w tej formie przechowywane i używane tylko przez ściśle określony czas).
 - Stężenie środka dezynfekcyjnego, które jest konieczne do osiągnięcia spodziewanego działania biobójczego.
 - Warunki w których zachodzi proces dezynfekcji (temperatura, pH, względna wilgotność, twardość wody). Aktywność większości (są wyjątki) środków dezynfekcyjnych wzrasta wraz ze wzrostem temperatury. Z drugiej strony, zbyt wysoka temperatura może powodować rozkład środka dezynfekcyjnego i osłabienie jego aktywności. Wzrost pH środowiska, w którym zachodzi dezynfekcja, poprawia aktywność niektórych preparatów jak aldehyd glutarowy i czwartorzędowe związki amoniowe, ale obniża aktywność fenoli, podchlorynów i jodu. Względna wilgotność ma wpływ na aktywność środków gazowych, a zbyt duża twardość wody może obniżyć skuteczność niektórych związków.
 - Obecność biofilmu na dezynfekowanej powierzchni, który może chronić drobnoustroje przed działaniem środka dezynfekcyjnego.
 - Obecność organicznych i nieorganicznych zanieczyszczeń. Substancje organiczne (w postaci surowicy, krwi, ropy, kału, śluzu, itp.) mogą obniżać aktywność środka dezynfekcyjnego poprzez tworzenie z nim kompleksów o niższej/braku skuteczności lub mogą chronić drobnoustroje przed działaniem środka dezynfekcyjnego tworząc barierę (osłonę) fizyczną. Substancje nieorganiczne mogą chronić drobnoustroje przez np. zamknięcie ich w kryształach soli.
 - Czas kontaktu patogenu ze środkiem dezynfekcyjnym, czyli czas, w którym środek dezynfekcyjny jest w bezpośrednim kontakcie z dezynfekowanym obiektem. W przypadku dezynfekcji powierzchni rzeczywisty czas kontaktu to okres od momentu

Tabela I

Charakterystyka głównych substancji aktywnych stosowanych w chemicznych środkach dezynfekcyjnych o aktywności wirusobójczej

Substancja / spektrum i sposób działania / przykładowe zastosowanie	Zalety	Wady
<p>Alkohole (głównie alkohol etylowy, izopropylowy i n-propylowy)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bakteriobójcze, grzybobójcze, wirusobójcze (do pewnego zakresu, w zależności od stężenia i rodzaju alkoholu). - Sposób działania oparty na denaturacji białek - Do dezynfekcji małych powierzchni i narzędzi (np. stetoskopów, termometrów, nożyczek opatrunk.) 	<ul style="list-style-type: none"> - Szybki czas działania - Dobra kompatybilność materiałowa (nie powodują korozji, nie barwią) - Nie pozostawiają toksycznych pozostałości - Są biodegradowalne 	<ul style="list-style-type: none"> - Podlegają wpływom zanieczyszczeń organicznych - Mogą powodować uszkodzenia niektórych narzędzi, puchnięcie gumy, niszczenie kleju i są łatwopalne (ryzyko zapłonu i wybuchu przy dezynfekcji dużych powierzchni) - Szybko parują co może utrudniać osiągnięcie wymaganego czasu kontaktu - Mogą powodować podrażnienia oczu i skóry, gdy są używane w dużych ilościach i w zamkniętej przestrzeni
<p>Chlor i związki chloru (np. podchloryn sodu)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pełne spektrum działania¹⁾. - Dokładny mechanizm działania nie jest znany. Działanie bójcze chloru może być wynikiem wielu czynników m.in. chlorowania pierścienia aromatycznego aminokwasów, hamowania reakcji enzymatycznych, zmniejszenia syntezy ATP, denaturacji, inaktywacji kwasów nukleinowych, itd. - Do dezynfekcji wody, do dezynfekcji narzędzi i odpadów medycznych w zakładach opieki zdrowotnej. 	<ul style="list-style-type: none"> - Szybki czas działania - Niepalne i relatywnie stabilne - Nie pozostawiają toksycznych pozostałości - Skuteczność nie jest uzależniona od twardości wody - Brak niekorzystnych efektów dla środowiska 	<ul style="list-style-type: none"> - Mogą podrażniać błony śluzowe, posiadać nieprzyjemny zapach, drażniący przy wyższych stężeniach i Uwalniać toksyczny gaz chlorowy po zmieszaniu z amoniakiem lub kwasem - Powodują korozję metali i odbarwienia tkanin - Są inaktywowane przez zanieczyszczenia organiczne - Niebezpieczeństwo wytwarzania się trichlorometanu w kontakcie podchlorynu z gorącą wodą
<p>Formaldehyd</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pełne spektrum działania¹⁾. - Wpływa na białko poprzez alkilowanie grup aminowej i sulfhydrylowej oraz wpływa na syntezę kwasów nukleinowych. - Wykorzystanie go w obszarze medycznym jest ograniczone. 	<ul style="list-style-type: none"> - Szeroki zakres działania bójczego - Używany w niskich stężeniach 	<ul style="list-style-type: none"> - Posiada ostry, nieprzyjemny zapach oraz właściwości alergizujące i drażniące - Potencjalny czynnik karcynogeny, wiązany z rakiem nosa i płuc
<p>Aldehyd glutarowy</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pełne spektrum działania¹⁾. - Działa poprzez reakcję alkilacji grup sulfhydrylowych, aminowych i karboksylowych, zmianę DNA i RNA i syntezy białka. - Używany najczęściej jako środek dezynfekcyjny wysokiego poziomu do sprzętu medycznego. 	<ul style="list-style-type: none"> - Nie podlega wpływom zanieczyszczeń organicznych - Dobra kompatybilność materiałowa (nie powoduje korozji sprzętu, nie niszczy gumy i plastiku, itd.) - Używany w niskich stężeniach 	<ul style="list-style-type: none"> - Opary posiadają właściwości drażniące dla układu oddechowego, może powodować alergiczne kontaktowe zapalenie skóry - Nieprzyjemny i drażniący zapach - Ograniczone zastosowanie w dezynfekcji powierzchni ze względu na toksyczność
<p>Aldehyd ortoftalowy (OPA)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pełne spektrum działania¹⁾. - Działa poprzez bezpośrednią reakcję z aminokwasami, białkami i kwasami nukleinowymi. - Środek dezynfekcyjny wysokiego poziomu. 	<ul style="list-style-type: none"> - Stabilny w szerokim zakresie pH (3–9) - Ledwo wyczuwalny zapach - Szybkie działanie nie wymagające aktywacji - Dobra zgodność materiałowa - Nie ma właściwości karcynogennych, ale poleca się używanie go w dobrze wentylowanej przestrzeni. 	<ul style="list-style-type: none"> - Barwi białka na szaro w tym niechronioną skórę, błony śluzowe, itd - Może powodować podrażnienia oczu przy bezpośrednim kontakcie - Aktywność sporobójcza wymaga długiego czasu kontaktu
<p>Nadtlenek wodoru</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pełne spektrum działania¹⁾. - Działa poprzez tworzenie destrukcyjnych rodników hydroksylowych atakujących błony lipidowe i DNA. - Głównie do dezynfekcji narzędzi i powierzchni nieożywionych. 	<ul style="list-style-type: none"> - Szybki czas działania i nie wymaga aktywacji - Nie posiada nieprzyjemnego zapachu, właściwości drażniących i nie barwi - Nie powoduje koagulacji krwi - Nie utrwała tkanki, jest biodegradowalny 	<ul style="list-style-type: none"> - Przy bezpośrednim kontakcie może powodować poważne uszkodzenia oczu - Droższy niż inne środki dezynfekcyjne - W niskich stężeniach nie posiada aktywności sporobójczej - Jest utleniaczem dla wyrobów metalowych

Tabela I. C.d.

Substancja / spektrum i sposób działania / przykładowe zastosowanie	Zalety	Wady
Kwas nadoctowy (PAA) – Pełne spektrum działania ¹⁾ . – Mechanizm działania nie jest w pełni poznany, ale przypuszcza się, że działa on m.in. poprzez denaturację białka. – Do dezynfekcji niektórych narzędzi poprzez zanurzenie.	– Szybki czas działania i nie wymaga aktywacji – Brak szkodliwych produktów rozkładu – Skuteczny w obecności substancji organicznych – Kompatybilny z wieloma materiałami – Nie powoduje koagulacji krwi i utrwalenia tkanek na powierzchni – Sporobójczy nawet w niskich temperaturach	– Przy bezpośrednim kontakcie ze stężonymi roztworami może dochodzić do poważnego uszkodzenia skóry i oczu oraz podrażnienia błon śluzowych – Może powodować korozję miedzi, mosiądzu, stali oraz galwanizowanego żelaza (skutki są zależne od pH) – Roztwór jest niestabilny
Jodofory (głównie jodopowidon) – Bakteriobójcze, wirusobójcze, grzybobójcze. – Działają poprzez zakłócenie syntezy białka i struktury kwasu nukleinowego oraz zablokowanie wolnych grup sulfhydrylowych w enzymach. – Używane głównie jako środki antyseptyczne, rzadziej jako środek do dezynfekcji sprzętu medycznego, np. termometrów.	– Niepalny – Nie barwi – Nie ma właściwości drażniących i toksycznych	– Działa niekorzystnie na silikon – Nie ma właściwości sporobójczych
Fenole – Bakteriobójcze, wirusobójcze (pełny zakres), grzybobójcze. – W wysokich stężeniach działa jak trucizna protoplazmatyczna wytrącająca białka. – Używane jako środki do dezynfekcji np. powierzchni (laboratoryjnych i narzędzi medycznych należących do grupy niskiego ryzyka).	– Niepalne – Nie barwią – Dopuszczone do użycia na powierzchniach środowiskowych	– Są absorbowane przez materiały porowate i pozostałości mogą podrażniać tkanki – Niektóre fenole mogą powodować depigmentację skóry – Nie są sporobójcze
Pochodne aminowe (np. czwartorzędowe związki amoniowe, glikoprotamina) – Bakteriobójcze, grzybobójcze, wirusobójcze wobec wirusów osłonkowych. – Aktywność hydrofobowa skuteczna wobec wirusów osłonkowych. – Niektóre mogą być używane do dezynfekcji sprzętu medycznego, który ma kontakt z nieuszkodzoną skórą, np. rękawy aparatów do mierzenia ciśnienia. Do dezynfekcji niektórych powierzchni jak meble, podłogi, ściany.	– Dobre właściwości myjące – Kompatybilne materiałowo z różnymi powierzchniami	– Słabe działanie w obecności białka i wysokiej twardości wody – Niektóre mogą wywoływać reakcje alergiczne – Słabo biodegradowalne

– Pełne spektrum działania oznacza aktywność wobec szerokiego spektrum drobnoustrojów, włączając w to bakterie, wirusy, grzyby, spory. część I – na podstawie [38–41, 55].

aplikacji na nią środka do momentu całkowitego jego wysuszenia. Dobór odpowiedniego czasu kontaktu jest niezwykle istotny w przypadku dezynfekcji wyrobów medycznych, przede wszystkim narzędzi, o złożonej budowie, w przypadku których wypełnienie wszystkich wewnętrznych kanałów wymaga czasu. Ma tu znaczenie całkowite zanurzenie narzędzi w środku dezynfekcyjnym oraz brak wytworzenia się kieszeni powietrznych. Narzędzia, które w trakcie procesu unoszą się na powierzchni środka nie są prawidłowo dezynfekowane.

4. Wymagania stawiane środkom dezynfekcyjnym

Środek dezynfekcyjny poza tym, że wymaga odpowiedniego stosowania musi też spełniać określone kryteria [40, 41], z których przede wszystkim należy wymienić:

- Szybkość działania, czyli skuteczność w krótkim czasie kontaktu.
- Trwałość, czyli stabilność zarówno w formie stężonej – koncentrat, jak i w formie rozcieńczonej, przeznaczonej do użycia.

- Nie uleganie wpływom czynników środowiskowych, co oznacza zachowanie aktywności np. w obecności obciążenia organicznego jak krew, płwocina, kał.
- Brak toksyczności – nie powinien posiadać właściwości drażniących i wywoływać reakcji alergicznych (zwłaszcza astmy i zapalenia skóry) oraz wskazane jest, aby posiadał akceptowalny dla użytkownika zapach.
- „Kompatybilność” materiałowa co oznacza, że nie powoduje korozji narzędzi i powierzchni, pogorszenia stanu tkanin, gumy, tworzyw sztucznych i innych materiałów.
- Niepalność – powinien mieć temperaturę zapłonu powyżej 150°F (ok. 65°C).
- Brak negatywnego wpływu na środowisko (ekologiczny).
- Łatwość stosowania (czytelne instrukcje na etykiecie) i w miarę możliwości dostępność w wielu postaciach, np. nasączone chusteczki, spray.
- Szerokie spektrum działania uwzględniające bakterie, w tym prątki, wirusy, grzyby.

5. Badanie aktywności wirusobójczej środków dezynfekcyjnych

Ponieważ środki dezynfekcyjne odgrywają istotną rolę w przerwaniu łańcucha zakażenia wirusowego w czasie opieki nad pacjentem w szpitalu, czy podczas rutynowej praktyki lekarskiej, powinny one posiadać

odpowiednią aktywność wirusobójczą potwierdzoną przy pomocy uznanych i dobrze zaprojektowanych metod badawczych [48]. Błędne określenie aktywności środka dezynfekcyjnego może prowadzić do stosowania produktu o nieodpowiednich parametrach (stężenie, czas kontaktu) i w konsekwencji do braku eliminacji wirusów w dezynfekowanym obszarze. Dlatego metodyka określania aktywności wirusobójczej, podobnie jak bakteriobójczej i grzybobójczej, produktów przeznaczonych do użycia w różnych obszarach (medycznym, weterynaryjnym, spożywczym, przemysłowym) została opisana w normach obowiązujących w UE. Metodykę badania działania wirusobójczego produktów stosowanych w obszarze medycznym opisuje obowiązująca aktualnie (lipiec 2018) norma PN-EN 14476:2013 + A1:2015 „Chemiczne środki dezynfekcyjne i antyseptyczne – Ilościowa zawieszinowa metoda określania wirusobójczego działania w obszarze medycznym – Metoda badania i wymagania (Faza 2/Etap 1)” [33]. W niniejszej Normie Europejskiej opisano metodę zawieszinową do ustalania, czy chemiczny środek dezynfekcyjny lub antyseptyczny ma działanie wirusobójcze w obszarze i sytuacjach opisanych w zakresie normy. Norma PN-EN 14476 stosuje się do produktów używanych w obszarze medycznym, w sytuacjach, w których dezynfekcja jest wskazana ze względów medycznych: 1) w czasie opieki nad pacjentem w szpitalach, zakładach opieki medycznej, gabinetach dentystycznych, przychodniach szkolnych, żłobkach, przedszkolach, domach opieki;

Tabela II

Wytyczne normy PN-EN 14476 dotyczące badania aktywności wirusobójczej środków dezynfekcyjnych stosowanych w obszarze medycznym

Warunki badania	Higieniczna dezynfekcja rąk metodą wcierania i higieniczne mycie rąk	Dezynfekcja narzędzi	Dezynfekcja powierzchni	Dezynfekcja tekstyliów
Minimalny zakres badanych wirusów	Pełny zakres aktywności wirusobójczej: <ul style="list-style-type: none"> • Wirus polio • Wirus adeno • Mysi norowirus Ograniczony zakres aktywności wirusobójczej: <ul style="list-style-type: none"> • Wirus adeno • Mysi norowirus Działanie wirusobójcze na wirusy osłonkowe: <ul style="list-style-type: none"> • Wirus krowianki 	<ul style="list-style-type: none"> • Wirus polio • Wirus adeno • Mysi norowirus Gdy temp. 40°C lub wyższa tylko mysi parwowirus	<ul style="list-style-type: none"> • Wirus polio • Wirus adeno • Mysi norowirus 	Mysi parwowirus
Dodatkowy	Każdy istotny, stosowny model wirusowy			
Temperatura badania	Zgodnie z rekomendacją wytwórcy, ale w/pomiędzy			
	20°C	20°C a 70°C	4°C a 30°C	30°C a 70°C
Czas kontaktu	Zgodnie z rekomendacją wytwórcy			
	ale pomiędzy 30 i 120 sekund	ale nie dłużej niż 60 minut	ale nie dłużej niż 5 lub 60 minut	ale nie dłużej niż 20 minut
Substancja obciążająca (szczegółowy opis wyboru warunków badania jest umieszczony w normie)				
– Warunki czyste badania to 0,3 g/l albuminy surowicy bydlęcej (BSA)				
– Warunki brudne badania to zawieszina erytrocytów baranich w roztworze albuminy bydlęcej (końcowe stężenie erytrocytów baranich i albuminy w procedurze badania wynosi odpowiednio – 3 ml/litr i 3 g/litr)				
– Dodatkowa substancja obciążająca – każda istotna lub stosowna substancja				

Na podstawie [33].

Tabela III
Wyniki badań aktywności wirusobójczej wybranych związków

Wirus	Badany związek	Badane stężenie i czas kontaktu	Współczynnik redukcji miana (RF)	Piśmienictwo
Test powierzchniowy				
Adenowirus typ 5	Aldehyd glutarowy	500 ppm; 5 minut	5,77 ± 1,23 log	[36]
	Etanol	55% (v/v); 5 minut	4,92 ± 1,11 log	
	N-propanol	30% (v/v); 5 minut	5,27 ± 0,87 log	
Wzw C (HCV)	N-propanol	30%; 1 minuta	>4 log	[12]
	Izopropanol	50%; 1 minuta	>4 log	
	Izopropanol	40%; 5 minut	>4 log	
	Etanol	60%; 1 minuta	>4 log	
	Etanol	50%; 5 minut	>4 log	
Wirus Ebola; wariant Makoma	Podchloryn sodu	0,5%; 5 minut	>4 log	[10]
	Etanol	67%; 10 minut	>4 log	
Test zawiesinowy				
Mysi norowirus	Etanol	60%; 1 minuta	>4 log	[4]
	Izopropanol	60%; 1 minuta	>4 log	
	Izopropanol	80%; 0,5 minuty	>4 log	[30]
	N-propanol	60%; 0,5 minuty	4,24 log	
SARS-CoV; izolat FFM-1	Etanol	78%; 0,5 minuty	≥ 5,01 log	[34]
	Aldehyd glutarowy	0,5%; 2 minuty	≥ 4,01 log	
Kaczy wzwb (DHBV)	Etanol	40%; 1 minuta	≥ 4,35 log	[44]
	Izopropanol	40%; 1 minuta	≥ 4,00 log	
	Kwas nadooctowy	0,05%; 1 minuta	≥ 4,08 log	
	Aldehyd glutarowy	0,1%; 0,5 minuty	≥ 4,05 log	
Wirus grypy A H1N1; szczep A/NMS/33	NaOH	0,1 mol/L; 1 minuta	≥ 6,55 log	[22]
	Etanol	70%; 1 minuta	≥ 4,84 log	
	N-propanol	70%; 1 minuta	≥ 5,06 log	
Wirus Zika; szczep MR766	Podchloryn sodu	1%; 1 minuta	>4 log	[29]
	Aldehyd glutarowy	2%; 1 minuta	>4 log	
	Etanol	70%; 1 minuta	>4 log	
	Izopropanol	70%; 1 minuta	>4 log	
Drobny wirus mysy – MVM; mysy parwowirus	Aldehyd glutarowy	2%; 10 minut	>4,4log	[15]
	Kwas nadooctowy	0,2%; 10 minut	4,2 ± 0,1 log	
	Podchloryn sodu	2500 ppm; 10 minut	4,4 ± 0,1 log	
Poliowirus typ 1; szczep LSc 2ab	Aldehyd glutarowy	2%; 10 minut	>4,6 log	[15]
	Kwas nadooctowy	0,2%; 10 minut	>4,8 log	
	Podchloryn sodu	2500 ppm; 10 minut	4,5 ± 0,2 log	
Wirus krowianki; szczep Ankara (MVA)	Etanol	50%; 1 minuta	≥ 5,40 ± 0,36 log	[35]
	Izopropanol	40%; 1 minuta	≥ 5,40 ± 0,36 log	
	Kwas nadooctowy	0,0025%; 1 minuta	4,75 ± 0,31 log	
Wirus krowianki; szczep Elstree (VACV)	Etanol	50%; 1 minuta	≥ 4,38 ± 0,37 log	[35]
	Izopropanol	40%; 1 minuta	≥ 4,38 ± 0,37 log	
	Kwas nadooctowy	0,005%; 1 minuta	≥ 4,50 ± 0,38 log	
Adenowirus typ 5	Podchloryn sodu	2500 ppm; 1 minuta	>4,1 log	[15]
	Kwas nadooctowy	0,1%; 15 minut	5,1 log	
	Kwas nadooctowy	0,2%; 5 minut	≥ 5,6 log	[45]
	Kwas nadooctowy	0,5%; 2 minuty	≥ 5,6 log	
Wzw C (HCV)	Aldehyd glutarowy	0,5%; 1 minuta	>4 log	[8]
	Kwas nadooctowy	0,05%; 1 minuta	>4 log	

Tabela III. C.d.

Wirus	Badany związek	Badane stężenie i czas kontaktu	Współczynnik redukcji miana (RF)	Piśmiennictwo
Wirus Ebola; szczep Zaire	Jodopowidon – roztwór	10%; 15 sekund	>6 log	[13]
	Jodopowidon – preparat do wcierania w rękę	7,5%; 15 sekund	>6 log	
Enterowirus 71 (HEV71)	Etanol	95%; 10 minut	5,78 ± 0,23 log	[6]
Wirus herpes simplex typ 1	Etanol	62%; 0,5 minuty	≥ 5 log	[16]
Wirus paragrypy typ 2	Etanol	62%; 0,5 minuty	≥ 4,39 log	[16]
HIV-1	Etanol	62%; 0,5 minuty	≥ 4,14 log	[16]
Wirus grypy typ A H3N2; szczep A/Hong Kong/8/68	Etanol	62%; 0,5 minuty	> 5 log	[16]

2) w miejscu pracy i w domu; 3) może również dotyczyć zakładów usługowych, takich jak pralnie i kuchnie, które dostarczają produkty bezpośrednio do pacjenta.

Minimalne i dodatkowe warunki badania, stosowane obligatoryjne modele wirusowe oraz wytyczne dotyczące parametrów badania stosowane w metodyce opisanej w normie przedstawiono w Tabeli II. Zasadą badania jest określenie zdolności produktu do inaktywacji wirusa na podstawie spadku jego miana zakaźnego. Jako kryterium wirusobójczego działania badanego produktu wobec danego wirusa przyjmuje się spadek jego miana zakaźnego o co najmniej 4 log co jest równoznaczne z utratą zakaźności wirusa na poziomie 99,99%.

6. Dezynfekcja przeciwwirusowa – aspekty praktyczne

Stosując środki dezynfekcyjne w obszarze medycznym należy pamiętać o tym, że:

- W większości przypadków dany środek dezynfekcyjny jest zaprojektowany do stosowania w określony sposób i w ściśle określonym celu. Środki dezynfekcyjne nie są produktami uniwersalnymi przeznaczonymi do każdego zastosowania.
- Przy przygotowywaniu produktu do dezynfekcji należy bezwzględnie przestrzegać instrukcji producenta, ponieważ przygotowanie zbyt niskiego stężenia lub zastosowanie zbyt krótkiego czasu kontaktu może prowadzić do nieskutecznej dezynfekcji, a zbyt wysokie stężenie może uszkadzać dezynfekowane powierzchnie i narzędzia lub negatywnie wpływać na personel.
- Środki dezynfekcyjne stosowane w obszarze medycznym, zgodnie z obowiązującym w Polsce prawem, mogą należeć do różnych kategorii [11]: produkt biobójczy, czyli substancja czynna lub produkt zawierający co najmniej jedną substancję czynną; wyrób medyczny; produkt leczniczy lub kosmetyk.

Przykłady badania aktywności przeciwwirusowej niektórych związków chemicznych przedstawiono w Tabeli III.

Piśmiennictwo

1. Allegranzi B., Pittet D.: Role of hand hygiene in healthcare-associated infection prevention. *J. Hosp. Infect.* **73**, 305–315 (2009)
2. Barker J., Vipond I.B., Bloomfield S.F.: Effects of cleaning and disinfection in reducing the spread of norovirus contamination via environmental surfaces. *J. Hosp. Infect.* **58**, 42–49 (2004)
3. Bedell K., Buchaklian A.H., Perlman S.: Efficacy of an automated multiple emitter whole-room ultraviolet-C disinfection system against coronaviruses MHV and MERS-CoV. *Infect. Control. Hosp. Epidemiol.* **37**, 598–599 (2016)
4. Belliot G., Lavaux A., Souihel D., Agnello D., Pothier P.: Use of murine norovirus as a surrogate to evaluate resistance of human norovirus to disinfectants. *Appl. Environ. Microbiol.* **74**, 3315–3318 (2008)
5. Calgua B., Carratalà A., Guerrero-Latorre L., de Abreu Corrêa A., Kohn T., Sommer R., Girones R.: UVC inactivation of dsDNA and ssRNA viruses in water: UV fluences and a qPCR-based approach to evaluate decay on viral infectivity. *Food Environ. Virol.* **6**, 260–268 (2014)
6. Chang S.C., Li W.C., Huang K.Y., Huang Y.C., Chiu C.H., Chen C.J., Hsieh Y.C., Kuo C.Y., Shih S.R., Lin T.Y.: Efficacy of alcohols and alcohol-based hand disinfectants against human enterovirus 71. *J. Hosp. Infect.* **83**, 288–293 (2013)
7. Chidambaranathan A.S., Balasubramaniam M.: Comprehensive review and comparison of the disinfection techniques currently available in the literature. *J. Prosthodont.* DOI:10.1111/jopr.12597 (2017)
8. Ciesek S., Friesland M., Steinmann J., Becker B., Wedemeyer H., Manns M.P., Steinmann J., Pietschmann T., Steinmann E.: How stable is the hepatitis C virus (HCV)? Environmental stability of HCV and its susceptibility to chemical biocides. *J. Infect. Dis.* **201**, 1859–1866 (2010)
9. Cobrado L., Silva-Dias A., Azevedo M.M., Rodrigues A.G.: High-touch surfaces: microbial neighbours at hand. *Eur. J. Clin. Microbiol. Infect. Dis.* **36**, 2053–2062 (2017)
10. Cook B.W.M., Cutts T.A., Nikiforuk A.M., Poliquin P.G., Court D.A., Strong J.E., Theriault S.S.: Evaluating environmental persistence and disinfection of the Ebola virus Makona variant. *Viruses*, **7**, 1975–1986 (2015)
11. Dalkowski P.: Dezynfekcja w medycynie – problemy prawne dawniej i dziś. *Forum Zakazeń*, 2015, **6**, 65–68 (2015)
12. Doerrbecker J., Friesland M., Ciesek S., Erichsen T.J., Mateu-Gelabert P., Steinmann J., Steinmann J., Pietschmann T., Steinmann E.: Inactivation and survival of hepatitis C virus on inanimate surfaces. *J. Infect. Dis.* **204**, 1830–1838 (2011)

13. Eggers M., Eickmann M., Kowalski K., Zorn J., Reimer K.: Povidone-iodine hand wash and hand rub products demonstrated excellent in vitro virucidal efficacy against Ebola virus and modified vaccinia virus Ankara, the new European test virus for enveloped viruses. *BMC Infect. Dis.* **15**, 375 (2015)
14. Eiseheid A.C., Meyer J.N., Linden K.G.: UV disinfection of adenoviruses: molecular indications of DNA damage efficiency. *Appl. Environ. Microbiol.* **75**, 23–28 (2009)
15. Eterpi M., McDonnell G., Thomas V.: Disinfection efficacy against parvoviruses compared with reference viruses. *J. Hosp. Infect.* **73**, 64–70 (2009)
16. Fendler E., Groziak P.: Efficacy of alcohol-based hand sanitizers against fungi and viruses. *Infect. Control. Hosp. Epidemiol.* **23**, 61–62 (2002)
17. Firquet S., Beaujard S., Lobert P.-E., Sané F., Caloone D., Izard D., Hober D.: Survival of enveloped and non-enveloped viruses on inanimate surfaces. *Microbes Environ.* **30**, 140–144 (2015)
18. Ganavadiya R., Chandra Shekar B.R., Saxena V., Tomar P., Gupta R., Khandelwal G.: Disinfecting efficacy of three chemical disinfectants on contaminated diagnostic instruments: A randomized trial. *Basic Clin. Pharma.* **5**, 98–104 (2014)
19. Gerhardt A., Mucha H., Höfer D.: Testing linen disinfection procedures in practice with phage-charged-bioindicators. *Int. J. Health Care Qual. Assur.* **25**, 519–531 (2012)
20. Han J.H., Sullivan N., Leas B.F., Pegues D.A., Kaczmarek J.L., Umscheid C.A.: Cleaning hospital room surfaces to prevent health care-associated infections: a technical brief. *Ann. Intern. Med.* **163**, 598–607 (2015)
21. Ijaz M.K., Rubino J.: Should test methods for disinfectants use vertebrate viruses dried on carriers to advance virucidal claims? *Infect. Control Hosp. Epidemiol.* **2**, 192–194 (2008)
22. Jeong E.K., Sung H.M., Kim I.S.: Inactivation and removal of influenza A virus H1N1 during the manufacture of plasma derivatives. *Biologicals*, **3**, 652–657 (2010)
23. Karnik P.P., Dave N.M., Nataraj G., Gupta R., Garasia M.: Comparison of efficacy and cost-effectiveness of 0.55% ortho-phthalaldehyde and 2% glutaraldehyde for disinfection of laryngoscopes: A prospective pilot study. *Indian J. Anaesth.* **61**, 490–493 (2017)
24. Kingston LM, Slevin BL, O'Connell NH, Dunne C.P.: Attitudes and practices of Irish hospital-based physicians towards hand hygiene and hand rubbing using alcohol-based hand rub: a comparison between 2007 and 2015. *J. Hosp. Infect.* **97**, 17–25 (2017)
25. Komender J., Mossakowski M.J., Orłowski T., Ostrowski K., Rudowski W., Trzebski A.: Wielki Słownik Medyczny. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa, 1996
26. Lemmer K., Howaldt S., Heinrich R., Roder A., Pauli G., Dorner B.G., Pauly D., Mielke M., Schwebke I., Grunow R.: Test methods for estimating the efficacy of the fast-acting disinfectant peracetic acid on surfaces of personal protective equipment. *J. Appl. Microbiol.* **123**, 1168–1183 (2017)
27. Lu R., Zhang C., Piatkovsky M., Ulbricht M., Herzberg M., Nguyen T.H.: Improvement of virus removal using ultrafiltration membranes modified with grafted zwitterionic polymer hydrogels. *Water Res.* **116**, 86–94 (2017)
28. McDonnell G., Burke P.: Disinfection: is it time to reconsider Spaulding? *J. Hosp. Infect.* **78**, 163–170 (2011)
29. Müller J.A., Harms M., Schubert A., Jansen S., Michel D., Mertens T., Schmidt-Chanasit J., Münch J.: Inactivation and Environmental Stability of Zika Virus. *Emerg. Infect. Dis.* **22**, 1685–1687 (2016)
30. Paulmann D., Steinmann J., Becker B., Bischoff B., Steinmann E., Steinmann J.: Virucidal activity of different alcohols against murine norovirus, a surrogate of human norovirus. *J. Hosp. Infect.* **79**, 378–379 (2011)
31. Pires D., Pittet D.: Hand hygiene mantra: teach, monitor, improve, and celebrate. *J. Hosp. Infect.* **95**, 335–337 (2017)
32. Pittet D., Allegranzi B., Sax H., Dharan S., Pessoa-Silva C.L., Donaldson L., Boyce J.M. WHO Global Patient Safety Challenge, World Alliance for Patient Safety: Evidence-based model for hand transmission during patient care and the role of improved practices. *Lancet Infect. Dis.* **6**, 641–652 (2006)
33. PN-EN 14476+A1:2015-10: Chemiczne środki dezynfekcyjne i antyseptyczne – Ilościowa zawieszinowa metoda określania wirusobójczego działania w obszarze medycznym – Metoda badania i wymagania (Faza 2/Etap 1) (28.09.2016)
34. Rabenau H.F., Cinatl J., Morgenstern B., Bauer G., Preiser W., Doerr H.W.: Stability and inactivation of SARS coronavirus. *Med. Microbiol. Immunol.* **194**, 1–6 (2005)
35. Rabenau H.F., Rapp I., Steinmann J.: Can vaccinia virus be replaced by MVA virus for testing virucidal activity of chemical disinfectants? *BMC Infect. Dis.* **10**, 185 (2010)
36. Rabenau H.F., Steinmann J., Rapp I., Schwebke I., Eggers M.: Evaluation of a virucidal quantitative carrier test for surface disinfectants. *PLoS One*, **9**, e86128 (2014)
37. Rattanukul S., Oguma K., Takizawa S.: Sequential and simultaneous applications of UV and chlorine for adenovirus inactivation. *Food Environ. Virol.* **7**, 295–304 (2015)
38. Rutala W.A., Weber D.J.: Disinfection and sterilization in health care facilities: what clinicians need to know. *Clin. Infect. Dis.* **39**, 702–709 (2004)
39. Rutala W.A., Weber D.J.: Disinfection and sterilization: an overview. *Am. J. Infect. Control*, **41**, S2–S5 (2013)
40. Rutala W.A., Weber D.J.: Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). Guideline for disinfection and sterilization in healthcare facilities. CDC, 2008.
41. Rutala W.A., Weber D.J.: Selection of the ideal disinfectant. *Infect. Control Hosp. Epidemiol.* **35**, 855–865 (2014)
42. Sassi H.P., Sifuentes L.Y., Koenig D.W., Nichols E., Clark-Greuel J., Wong L.F., McGrath K., Gerba C.P., Reynolds K.A.: Control of the spread of viruses in a long-term care facility using hygiene protocols. *Am. J. Infect. Contr.* **43**, 702–706 (2015)
43. Sattar S.A.: Hierarchy of susceptibility of viruses to environmental surface disinfectants: a predictor of activity against new and emerging viral pathogens. *J. AOAC Int.* **90**, 1655–1658 (2007)
44. Sauerbrei A., Schacke M., Glück B., Bust U., Rabenau H.F., Wutzler P.: Does limited virucidal activity of biocides include duck hepatitis B virucidal action? *BMC Infect. Dis.* **12**, 276 (2012)
45. Sauerbrei A., Sehr K., Brandstädt A., Heim A., Reimer K., Wutzler P.: Sensitivity of human adenoviruses to different groups of chemical biocides. *J. Hosp. Infect.* **57**, 59–66 (2004)
46. Sehulster L.M.: Healthcare laundry and textiles in the United States: review and commentary on contemporary infection prevention issues. *Infect. Control Hosp. Epidemiol.* **36**, 1073–1088 (2015)
47. Sexton J.D., Wilson A.M., Sassi H.P., Reynolds K.A.: Tracking and controlling soft surface contamination in health care settings. *Am. J. Infect. Control*, DOI: 10.1016/j.ajic.2017.08.002 (2017)
48. Steinmann J., Wolff M.H.: Testing virucidal activity in Germany: an update. *GMS Krankenhhyg Interdiszip*, **2**, Doc04 (2007)
49. Tomb R.M., Maclean M., Coia J.E., Graham E., McDonald M., Atreya C.D., MacGregor S.J., Anderson J.G.: New proof-of-concept in viral inactivation: virucidal efficacy of 405 nm light against feline calicivirus as a model for norovirus decontamination. *Food Environ. Virol.* **9**, 159–167 (2017)

50. Weber D.J., Anderson D., Rutala W.A.: The role of the surface environment in healthcare-associated infections. *Curr. Opin. Infect. Dis.* **26**, 338–344 (2013)
51. Weber D.J., Rutala W.A., Anderson D.J., Chen L.F., Sickbert-Bennett E.E., Boyce J.M.: Effectiveness of ultraviolet devices and hydrogen peroxide systems for terminal room decontamination: Focus on clinical trials. *Am. J. Infect. Control*, **44**, e77–84 (2016)
52. Weber D.J., Rutala W.A., Miller M.B., Huslage K., Sickbert-Bennett E.: Role of hospital surfaces in the transmission of emerging health care-associated pathogens: norovirus, *Clostridium difficile*, and *Acinetobacter* species. *Am. J. Infect. Control*, **38**, S25–S33 (2010)
53. Weber D.J., Rutala W.A.: Understanding and preventing transmission of healthcare-associated pathogens due to the contaminated hospital environment. *Infect. Control Hosp. Epidemiol.* **34**, 449–452 (2013)
54. Wetzker W., Walter J., Bunte-Schönberger K., Schwab F., Behnke M., Gastmeier P., Reichardt C.: Hand rub consumption has almost doubled in 132 German hospitals over 9 years. *Infect. Control Hosp. Epidemiol.* **38**, 870–872 (2017)
55. World Health Organization and Pan American Health Organization. Decontamination and reprocessing of medical devices for health-care facilities, 2016, <http://www.who.int>; <http://www.paho.org> (29.05.2018)