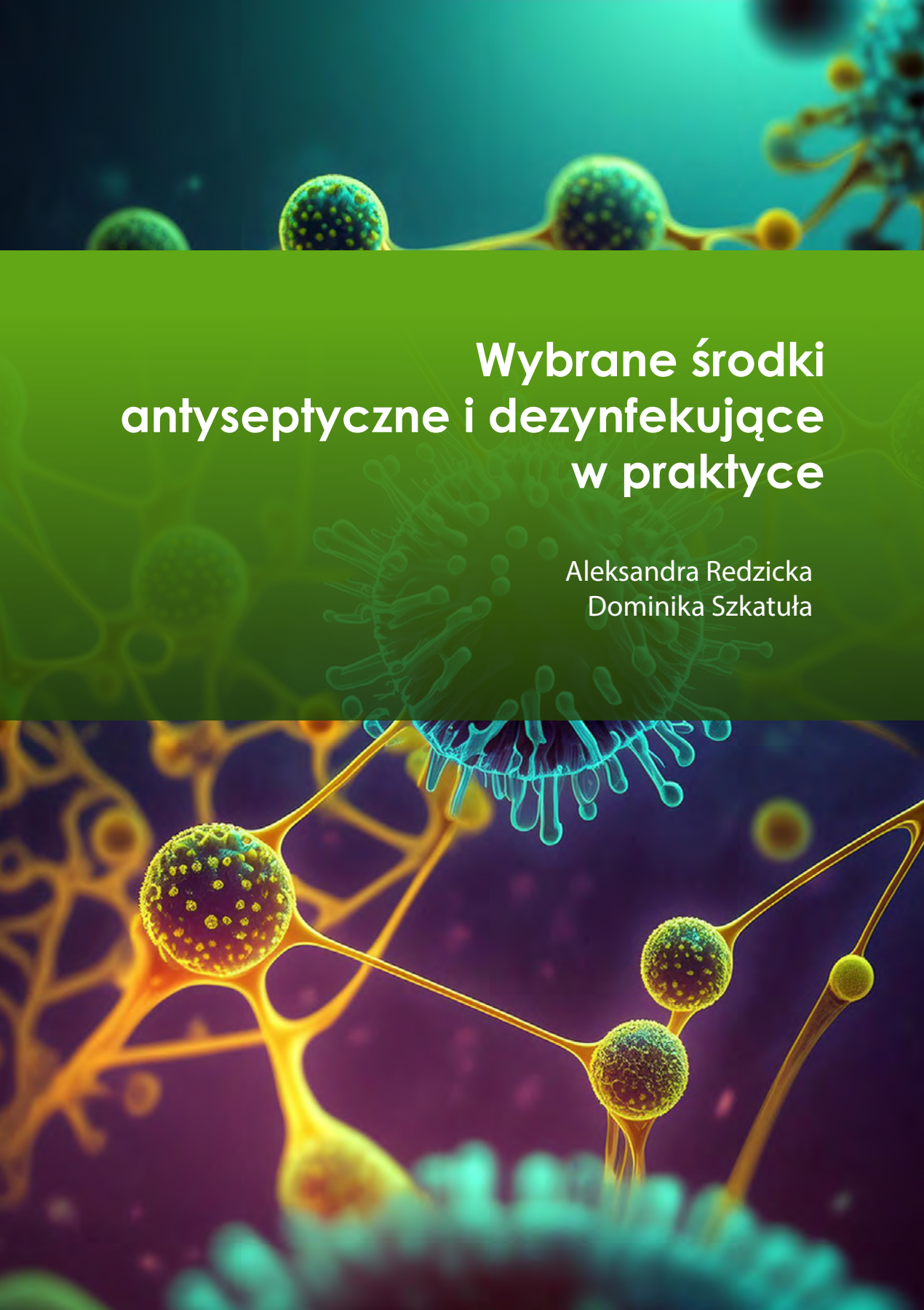




Wybrane środki antyseptyczne i dezynfekujące w praktyce

Aleksandra Redzicka
Dominika Szkatuła

**Wybrane środki
antyseptyczne i dezynfekujące
w praktyce**

Aleksandra Redzicka, Dominika Szkatuła

Wybrane środki antyseptyczne i dezynfekujące w praktyce



UNIwersytet Medyczny
IM. PIASTÓW ŚLĄSKICH WE WROCŁAWIU

Recenzja

dr hab. n. farm. Izabela Muszalska-Kolos

Katedra i Zakład Chemii Farmaceutycznej

Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

Afiliacje

dr Aleksandra Redzicka

Katedra i Zakład Chemii Leków

Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich we Wrocławiu

dr Dominika Szkatuła

Katedra i Zakład Chemii Leków

Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich we Wrocławiu

Opracowanie redakcyjne

Anna Gemza

Korekta

Aleksandra Raczkowska

Projekt graficzny, opracowanie typograficzne, skład i łamanie

Leonard Szłapka

Projekt okładki

Monika Kolęda

Zdjęcie na okładce wygenerowano za pomocą usługi Adobe Firefly

e-ISBN 978-83-7055-693-8

Copyright by Uniwersytet Medyczny

im. Piastów Śląskich we Wrocławiu

Wrocław 2024

Spis treści

Wprowadzenie	7
1. Antyseptyka, dezynfekcja, sterylizacja	12
2. Dezynfekcja	15
2.1. Metody fizyczne dezynfekcji	15
2.2. Metody chemiczne dezynfekcji	17
2.3. Metoda chemiczno-termiczna dezynfekcji	18
3. Mechanizm działania środków dezynfekcyjnych i antyseptycznych	19
4. Przegląd stosowanych środków dezynfekcyjnych i antyseptycznych	20
4.1. Preparaty o działaniu utleniającym	20
4.1.1. Preparaty uwalniające reaktywny tlen	20
4.1.2. Preparaty jodu	23
4.1.3. Preparaty chloru	27
4.2. Preparaty metali ciężkich	31
4.2.1. Sole i związki kompleksowe srebra	31
4.2.2. Sole i związki kompleksowe bizmutu	34
4.3. Alkohole o działaniu dezynfekującym i antyseptycznym	36
4.4. Fenol i jego pochodne	39
4.5. Aldehydy: formaldehyd i aldehyd glutarowy	43
4.6. Tlenek etylenu i β -propiolakton	45
4.7. Pochodne guanidyny i amidyny o działaniu dezynfekującym i antyseptycznym	48
4.7.1. Chlorheksydyna	48
4.7.2. Ambazon	50
4.8. Związki powierzchniowo czynne	51
4.9. Pochodne układów heterocyklicznych	56
4.9.1. Pochodne 8-hydroksychinoliny	56
4.9.2. Pochodne akrydyny: etakrydyna	59
Podsumowanie	62
Piśmiennictwo	63

Wprowadzenie

Monografia ma na celu popularyzację wiedzy z zakresu substancji chemicznych stosowanych do dezynfekcji skóry, powierzchni, mebli, pomieszczeń oraz narzędzi.

Doświadczenia ostatnich lat dowiodły, jak duże znaczenie ma powszechna edukacja oraz zwiększanie świadomości na temat przestrzegania zasad higieny oraz zagrożeń epidemiologicznych, które towarzyszą ludziom w przestrzeni publicznej, gdy świat w ciągu kilku godzin staje się bezbronny wobec patogenów migrujących wraz z podróżnymi – głównie pasażerami transkontynentalnych linii lotniczych.

W dobie globalizacji i erze COVID-19 wciąż aktualne pozostaje stwierdzenie, że proces infekcji drobnoustrojowej zachodzi szybciej, niż wypowiadamy słowo „zakażenie”. Nie bez znaczenia jest osłabienie wrażliwości czynników zakaźnych na dostępne chemioterapeutyki i środki odkażające. Przez ostatnie kilka lat pandemii wywołanej wirusem SARS-CoV-2 cała populacja ludzka przeszła przyspieszony kurs zapobiegania zakażeniom za pomocą stosowania higieny: mycia rąk, dezynfekcji i wietrzenia pomieszczeń, zachowywania dystansu społecznego w przestrzeni wspólnej i samoizolacji w przypadku choroby. Są jednak strefy specjalne, w których nie udziela się świadczeń medycznych, a na które w myśl art. 16 ustawy o zapobieganiu oraz zwalczaniu zakażeń i chorób zakaźnych u ludzi¹ ustawodawca nakłada obowiązek przestrzegania zasad i procedur zapewniających ochronę przed zakażeniami oraz chorobami zakaźnymi osób korzystających z usług paramedycznych i kosmetycznych. Każde czynności, w trakcie których dochodzi do naruszenia ciągłości tkanek ludzkich, powinny być wykonywane z zachowaniem należytej staranności i przestrzegania procedur określających zasady sterylizacji sprzętu, sposobu przeprowadzania dezynfekcji skóry i błon śluzowych oraz dekontaminacji pomieszczeń i urządzeń.² Edukacja personelu paramedycznego ma na celu uświadomienie mu istnienia ryzyka narażenia zarówno jego samego, jak i ogółu społeczeństwa na transmisję zakażeń krwiopochodnych – HCV (ang. *hepatitis C virus*, wirus zapalenia wątroby typu C), HBV (ang. *hepatitis B virus*, wirus zapalenia wątroby typu B), HIV (ang. *human immunodeficiency virus*, ludzki wirus niedoboru odporności). Znajomość zagrożeń epidemicznych wśród pracowników wybranych zawodów uzasadnia konieczność poszerzania wiedzy z zakresu prewencji zakażeń, co bezpośrednio zwiększa poziom świadczonych usług, poprawia również bezpieczeństwo osób z nich korzystających, jak i samych pracowników punktów usługowych i ich rodzin.

Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – PZH wraz z Głównym Inspektoratem Sanitarnym (GIS) realizowali w 2017 r. kampanię „Edukacja pracowników wybranych zawodów zwiększonego ryzyka transmisji zakażeń krwiopochodnych i ogółu społeczeństwa w zakresie prewencji (HCV, HBV, HIV)” skierowaną do personelu medycznego oraz pracowników sektora usług pozamedycznych (fryzjerskich, kosmetycznych, tatuażu), których zabiegi przebiegają z naruszeniem ciągłości tkanek ludzkich, co wymaga zachowania odpowiednich procedur higienicznych.³ W ramach projektu została uruchomiona platforma e-learningowa umożliwiająca ukończenie certyfikowanego kursu, udostępniono również materiały edukacyjne przygotowane przez uznanych naukowców

z danej dziedziny. Hasłem akcji „Nie płac zdrowiem za urodę” zostały oznaczone certyfikowane placówki usługowe spełniające standardy bezpieczeństwa epidemicznego, przestrzegające zaleceń PZH zgodnie z opracowanymi procedurami dobrych praktyk. Na stronach GIS cały czas dostępne są instrukcje graficzne w zwięzły i czytelny sposób określające normy i zasady postępowania z zachowaniem higieny.⁴

W kolejnych rozdziałach zostaną omówione, zgodnie z podziałem na grupy terapeutyczne, wybrane substancje chemiczne, ich właściwości, mechanizm działania i przydatność w praktyce zawodowej w placówkach pozamedycznych i usługowych.

Zorganizuj swoje miejsce pracy tak, aby w czasie wykonywania zabiegu strzyżenia lub golenia brzytwą nie było konieczne przechodzenie z niezabezpieczonym ostrym narzędziem.



Pozwoli to uniknąć skażenia siebie i innych osób.

Dbaj o swoje ręce – podczas pracy nie noś na rękach biżuterii, zegarków, a Twoje paznokcie powinny być krótkie i zaokrąglone.



W przypadku drobnych uszkodzeń skóry na dłoniach, np. skaleczeń, zadrapań, pęknięć zabezpiecz te miejsca wodoodpornym plastrzem opatrunkowym. Zmieniaj opatrunek regularnie, aby był czysty i suchy. Unikaj kontaktu z klientami, gdy wystąpią u Ciebie sączące, rozległe i trudno gojące się zmiany na dłoniach lub inne choroby skóry, paznokci.



Takie postępowanie pozwoli Ci na dokładne umycie rąk każdorazowo przed wykonaniem i po zakończeniu zabiegu. Czyste i zadbane ręce nie będą stanowiły zagrożenia dla Twojego klienta, Ciebie i Twoich najbliższych.



Umyj ręce – zawsze przed rozpoczęciem pracy z klientem i po jej zakończeniu.

Właściwa higiena rąk istotnie zmniejsza częstość zakażeń podczas zabiegów.

Stosuj jednorazowe rękawice ochronne, w przypadku gdy zabieg, który wykonujesz, jest związany z ryzykiem kontaktu z krwią klienta (np. golenie brzytwą).



Przed założeniem i po zdjęciu rękawic wykonaj higieniczną dezynfekcję rąk preparatem alkoholowym (tzn. wetrzyj w osuszone dłonie ok. 3 ml preparatu przeznaczonego do dezynfekcji rąk).

Zawsze zmieniaj rękawice, gdy dojdzie do ich uszkodzenia podczas wykonywanego zabiegu.



W przypadku kontaktu z krwią pacjenta (zabrudzenia rąk krwią) wykonaj mycie rąk, a następnie higieniczną dezynfekcję rąk.

Narzędzia fryzjerskie, takie jak:

- szcztotki,
- grzebienie,
- wálki do włosów,
- pędzle do nakładania farb i henn,
- nakładki do maszynki do golenia,
- nożyczki i brzytwy,



po każdym kliencie poddawaj działaniu preparatu myjąco-dezynfekcyjnego i przechowuj w warunkach zabezpieczających je przed zanieczyszczeniem lub uszkodzeniem, co jest konieczne, ponieważ:

• Na skórze głowy i na włosach mogą znajdować się różne zanieczyszczenia, zmiany dermatologiczne w przebiegu chorób bakteryjnych (np. zakażenie paciorkowcem, gronkowcem złocistym), wirusowych (np. wirusy opryszczki, wirusy papilloma), grzybiczych (np. łupież) czy pasożytniczych (np. wszawica, rużycak), które w przypadku posługiwania się wcześniej użytymi narzędziami możesz przenieść na inną osobę.

• Na skórze głowy mogą istnieć niewidoczne okiem mikroskopowa. Powoduje to, że narzędzie zostaje zanieczyszczone w sposób niewidoczny materiałem biologicznym, który w przypadku niepoddania narzędzia zabiegowi dezynfekcji, może zostać przeniesiony na kolejnego klienta.

Gdy dojdzie do zacięcia skóry klienta, pracownika salonu ostrym narzędziem, np. nożyczkami, brzytwą (widoczne zanieczyszczenie narzędzia krwią), konieczne jest poddanie narzędzia procesowi dezynfekcji i sterylizacji.



Śladowa ilość krwi zawierająca cząsteczki HCV pozostająca w strzykawkach w temperaturze pokojowej pozostaje zakaźna nawet do 2 miesięcy. Zakaźność HCV potwierdzono także na skalonych powierzchniach po 16 h w temperaturze pokojowej i po 14 dniach w temperaturze 4 stopni Celsjusza. Wirus HCV jest wrażliwy na działanie temperatury oraz promieniowania UV. Ulega on inaktywacji po 10 min w temperaturze 65–75 stopni Celsjusza oraz po 2 min naświetlania UV.



Wirus HBV jest bardziej zaraźliwy od wirusa HCV. Do zakażenia HBV może dojść w wyniku wprowadzenia do organizmu już 0,00004 ml krwi osoby zakażonej. Jest to ilość niewidoczna gołym okiem dla człowieka. Dla porównania do przeniesienia infekcji HIV potrzeba 0,1 ml zakażonej krwi. Wirus HBV jest bardziej odporny na czynniki zewnętrzne (na temperaturę i środki chemiczne) niż HCV. Nie zabija go temperatura 100 stopni Celsjusza (wrzenia wody), a sterylizacja suchym gorącym powietrzem jest mało skuteczna.

Dlatego tak ważne jest stosowanie akcesoriów jednorazowego użycia, a w przypadku korzystania z narzędzi wielorazowego użycia dokładnie przeprowadzenie procesów mycia, dezynfekcji i sterylizacji w celu przygotowania narzędzi do ponownego użycia.



W przypadku zranienia w czasie pracy należy przerwać usługę i postąpić zgodnie z procedurą BHP – postępowanie po ekspozycji zawodowej na krew, umyć ranę, odpowiednio ją zabezpieczyć opatrunkiem i udać się najszybciej jak to możliwe do wskazanego w procedurze lekarza (chorób zakaźnych).



Do wykonywania zabiegów zawsze używaj narzędzi i urządzeń sprawnych technicznie, czystych i zdezynfekowanych, a jeśli zachodzi taka konieczność to wysterylizowanych (jałowych), jeśli to możliwe jednorazowych (istnieje możliwość wprowadzenia usługi tzw. indywidualnych pakietów narzędzi fryzjerskich, które zawierają nożyczki, grzebienie i szcztotkę i są stosowane tylko dla 1 klienta, zaś po każdym użyciu wymagają procesu mycia i dezynfekcji).

Gdy podczas wykonywania pracy narzędzie upadnie na podłogę, nie używaj go dalej, weź czyste i zdezynfekowane z miejsca jego przechowywania.



Jeśli do podgania stosujesz małe **maszynki**, konieczne muszą być one **jednorazowe**, gdyż ze względu na materiały, z których są wykonane, zabieg dezynfekcji i sterylizacji uszkadza je, a więc narzędzia te nie będą już nadawały się do użycia.



Stosuj **jednorazowe papierowe rękawiczki** do każdego klienta. W przypadku używania standardowych rękawiczek (bawełnianych, wymagających prania) dla każdego klienta musi być użyty rękawiczki czyste i świeże. Po użyciu u jednego klienta taki rękawiczki musi trafić do prania.



Pracuj w odzieży roboczej

Stosuj **odzież ochronną**, np. maseczkę na twarz, okulary ochronne, rękawiczki, fartuch nieprzemakalny w trakcie zabiegów, podczas których może dojść do zanieczyszczenia krwią lub innym materiałem organicznym (takim jak np. ślina, pot, moc, kał).



Utrzymuj czystość i porządek w salonie i na stanowiskach pracy:

- najlepiej przy użyciu ścierek jednorazowego użycia,
- przy użyciu preparatów myjąco-dezynfekcyjnych i działających na bakterie, wirusy, grzyby i prątki grzybiące,
- fotele/leżanki, powierzchnie robocze (blaty, stoły, szafki, podłogi) myj codziennie i w razie potrzeby (bieżące zabrudzenie),
- ściany, sprzęty (np. radio, telewizor) oraz inne meble (np. witraż z kosmetykami) myj w zależności od potrzeb, tak aby były zawsze czyste,
- wszelkie powierzchnie zanieczyszczone materiałem organicznym (krew, wydaliny, wydzieliny) poddawaj działaniu preparatu myjąco-dezynfekcyjnego (dostępnego w sprzedaży),
- zmieniaj regularnie odzież roboczą i dbaj o jej czystość i świeżość.

Powierzchnie są siedliskiem drobnoustrojów, które mogą stanowić zagrożenie poprzez kontakt rąk z zanieczyszczoną powierzchnią. Droga kontaktowa mogą zostać przeniesione na inne powierzchnie, sprzęty lub osoby.



Preparaty myjąco-dezynfekcyjne lub dezynfekcyjne należy stosować zgodnie z zaleceniami producenta po zapoznaniu się ze sposobem użycia i kartą charakterystyki produktu oraz ściśle przestrzegając parametrów (stężenie roztworu i czas działania preparatu), które zapewniają jego skuteczność w stosunku do drobnoustrojów znajdujących się na narzędziach, urządzeniach i powierzchniach roboczych.

Zorganizuj swoje miejsce pracy tak, aby w czasie wykonywania zabiegu kosmetycznego nie było konieczne przechodzenie z niezabezpieczonym ostrym narzędziem.



Pozwoli to uniknąć skażenia siebie i innych osób.

Dbaj o swoje ręce – podczas pracy nie noś na rękach biżuterii, zegarków, a Twoje paznokcie powinny być krótkie i zaokrąglone.



W przypadku drobnych uszkodzeń skóry na dłoniach, np. skaleczeń, zadrażeń, pęknięć zabezpiecz te miejsca wodoodpornym plasterem opatrunkowym. Zmieniaj opatrunek regularnie, aby był czysty i suchy. Unikaj kontaktu z klientami, gdy wystąpią u Ciebie sączące, rozległe i trudno gojące się zmiany na dłoniach lub inne choroby skóry, paznokci.



Takie postępowanie pozwoli Ci na dokładne umycie rąk każdorazowo przed wykonaniem i po zakończeniu zabiegu. Czyste i zadbane ręce nie będą stanowiły zagrożenia dla Twojego klienta, Ciebie i Twoich najbliższych.



Umyj ręce – zawsze przed rozpoczęciem pracy z klientem i po jej zakończeniu.

Właściwa higiena rąk istotnie zmniejsza częstotliwość zakażeń podczas zabiegów.



Stosuj jednorazowe rękawice ochronne, w przypadku gdy zabieg, który wykonujesz, jest związany z ryzykiem kontaktu z krwią klienta.

Przed założeniem i po zdjęciu rękawic wykonaj higieniczną dezynfekcję rąk preparatem alkoholowym (tzn. wetrzyj w osuszone dłonie ok. 3 ml preparatu przeznaczonego do dezynfekcji rąk).

Zawsze zmieniaj rękawice, gdy dojdzie do ich uszkodzenia podczas wykonywanego zabiegu.

Po założeniu rękawic nie dotykaj niczego, co nie jest związane z wykonywanym zabiegiem (np. swoich włosów, twarzy, telefonu, stołu i stółka, fotela zabiegowego, ubrania, klamki itp.).



W przypadku kontaktu z krwią pacjenta (zabrudzenia rąk krwią) wykonaj mycie rąk, a następnie higieniczną dezynfekcję rąk.



Dezynfekuj skórę klienta przed zabiegami:

- manicure i pedicure,
- przekuwanie uszu i ciała,
- mezoterapia mikroigłowa,
- mikrodermabrazja,
- makijaż permanentny,
- elektrokoagulacja,
- akupunktura

oraz inne, w przebiegu których może dojść do uszkodzenia skóry, naskórka lub błon śluzowych.

Przed zabiegiem pedicure zaleca się wykonanie kąpieli stóp z dodatkiem środka o właściwościach dezynfekcyjnych, w tym grzybobójczych.

Stosuj preparaty dezynfekcyjne niereagujące z kosmetykami, które będą nakładane na skórę w trakcie zabiegu. W ten sposób unikniesz podrażnienia skóry.



Narzędzia wielokrotnego użycia (które nie uszkadzają skóry, ale mogą mieć kontakt z materiałem biologicznym), takie jak:

- pilniczki,
- łóżka opalające,
- pasy do masażu,
- kamienie ściernie,
- ścinacze do zrogowaciałego naskórka,
- pistolet do przekuwania uszu/ciała,
- aparat do wykonywania makijażu permanentnego,
- widelki do osadzania kolczyka,
- brodziki do manicure i pedicure,

po każdym kliencie poddaj działaniu preparatu myjąco-dezynfekcyjnego.

Narzędzia wielokrotnego użycia (które naruszają lub mogą naruszyć ciągłość skóry), takie jak:

- cążki,
- nożyczki,
- pęsety,
- redelka do frezów,
- końcówki do elektrokoagulacji,
- głowica maszynki do makijażu permanentnego,
- kolczyk do przekuwania uszu/ciała,
- końcówki do mikrodermabrazji,
- rolery do mezoterapii,

po każdym kliencie poddaj działaniu preparatu myjąco-dezynfekcyjnego oraz sterylizacji lub jeśli istnieje taka możliwość, używaj narzędzi jednorazowego użytku.

W przypadku niektórych narzędzi, które nie mogą być poddawane sterylizacji (np. frezy czy końcówki do mikrodermabrazji), należy wyłącznie stosować sprzęt jednorazowego użycia.

W przypadku narzędzi, które posiadają ruchome części, niezbędne jest zwrócenie uwagi na dokładne umycie i dezynfekowanie również tych elementów.

Stosuj wyłącznie narzędzia i materiały jednorazowego użycia, takie jak:

- gaziki,
- tampony,
- wata,
- lignina,
- igły (zawsze sterylne),
- ampułkostrzykawki (zawsze sterylne),
- końcówki na farbę do wykonywania makijażu permanentnego,
- maszynki do golenia (podgalańca) lub żyletki,
- płatki kosmetyczne (waciki).
- podkłady medyczne,
- serwety z gazy,
- ręczniki papierowe,
- patyczki higieniczne,



Narzędzia i materiały te mają bezpośredni kontakt z krwią i wydzielinami/wydalinami klienta, w których mogą znajdować się drobnoustroje, które łatwo możesz przenieść na inną osobę, jeśli nie będziesz ich używać jednorazowo.



W przypadku zranienia w czasie pracy należy przerwać usługę i postąpić zgodnie z procedurą BHP – postępowanie po ekspozycji zawodowej na krew, umyć ranę, odpowiednio ją zabezpieczyć opatrunkiem i udać się najszybciej jak to możliwe do wskazanego w procedurze lekarza (chorób zakaźnych).



Gdy dojdzie do zacięcia skóry klienta, pracownika salonu ostrym narzędziem, np. nożyczkami, brzytwą (widoczne zanieczyszczenie narzędzia krwią), konieczne jest poddanie narzędzia procesowi dezynfekcji i sterylizacji.

Śladowa ilość krwi zawierająca cząsteczki HCV pozostająca w strzykawkach w temperaturze pokojowej pozostaje zakaźna nawet do 2 miesięcy. Zakaźność HCV potwierdzono także na skażonych powierzchniach po 16 h w temperaturze pokojowej i po 14 dniach w temperaturze 4 stopni Celsjusza. Wirus HCV jest wrażliwy na działanie temperatury oraz promieniowania UV. Ulega on inaktywacji po 10 min w temperaturze 65–75 stopni Celsjusza oraz po 2 min naswietlania UV.

Wirus HBV jest bardziej zaraźliwy od wirusa HCV. Do zakażenia HBV może dojść w wyniku wprowadzenia do organizmu już 0,00004 ml krwi osoby zakażonej. Jest to ilość niewidoczna gołym okiem dla człowieka. Dla porównania do przeniesienia infekcji HIV potrzeba 0,1 ml zakażonej krwi. Wirus HBV jest odporny na czynniki zewnętrzne (na temperaturę i środki chemiczne) niż HCV. Nie zabija go temperatura 100 stopni Celsjusza (wrzenia wody), a sterylizacja suchym gorącym powietrzem jest mało skuteczna.

Dlatego tak ważne jest stosowanie akcesoriów jednorazowego użycia, a w przypadku korzystania z narzędzi wielorazowego użycia dokładnie przeprowadzenie procesów mycia, dezynfekcji i sterylizacji w celu przygotowania narzędzi do ponownego użycia.



Pracuj w odzieży roboczej.

Stosuj odzież ochronną, np. maseczkę na twarz, okulary ochronne, rękawiczki, fartuch nieprzemakalny w trakcie zabiegów, podczas których może dojść do zanieczyszczenia krwią lub innym materiałem organicznym (takim jak np. ślina, pot, moc, kał).



Utrzymuj czystość i porządek w salonie i na stanowiskach pracy:

- najlepiej przy użyciu ścierek jednorazowego użycia,
- przy użyciu preparatów myjąco-dezynfekcyjnych i działających na bakterie, wirusy, grzyby i prątki grzybicze,
- fotele/leżanki, powierzchnie robocze (blaty, stoły, szafki, podłogi) myj codziennie i w razie potrzeby (bieżąco zabrudzenie),
- ściany, sprzęty (np. radio, telewizor) oraz inne meble (np. wtrzyty z kosmetykami) myj w zależności od potrzeb, tak aby były zawsze czyste,
- wszelkie powierzchnie zanieczyszczone materiałem organicznym (krew, wydłyny, wydzieliny) poddawaj działaniu preparatu myjąco-dezynfekcyjnego (dostępnego w sprzedaży),
- zmieniaj regularnie odzież roboczą i dbaj o jej czystość i świeżość.

Powierzchnie są siedliskiem drobnoustrojów, które mogą stanowić zagrożenie poprzez kontakt rąk z zanieczyszczoną powierzchnią. Drogi kontaktową mogą zostać przeniesione na inne powierzchnie, sprzęty lub osoby.



Preparaty myjąco-dezynfekcyjne lub dezynfekcyjne należy stosować zgodnie z zaleceniami producenta po zapoznaniu się ze sposobem użycia i kartą charakterystyki produktu oraz ściśle przestrzegać parametrów (stężenie roztworu i czas działania preparatu), które zapewniają jego skuteczność w stosunku do drobnoustrojów znajdujących się na narzędziach, urządzeniach i powierzchniach roboczych.



Zorganizuj swoje miejsce pracy tak, aby w czasie wykonywania zabiegu tatuowania nie było konieczne przechodzenie z niezabezpieczonym ostrym narzędziem.

Pozwoli to uniknąć skażenia siebie i innych osób.



Dbaj o swoje ręce – podczas pracy nie noś na rękach biżuterii, zegarków, a Twoje paznokcie powinny być krótkie i zaokrąglone.



W przypadku drobnych uszkodzeń skóry na dłoniach, np. skaleczeń, zadrapań, pęknięć zabezpiecz te miejsca wodoodpornym plastrzem opatrunkowym. Zmieniaj opatrunki regularnie, aby był czysty i suchy. Unikaj kontaktu z klientami, gdy wystąpią u Ciebie sączy, rozległe i trudno gojące się zmiany na dłoniach lub inne choroby skóry, paznokci.

Takie postępowanie pozwoli Ci na dokładne umycie rąk każdorazowo przed wykonaniem i po zakończeniu zabiegu. Czyste i zadbane ręce nie będą stanowiły zagrożenia dla Twojego klienta, Ciebie i Twoich najbliższych.



Umyj ręce – zawsze przed rozpoczęciem pracy z klientem i po jej zakończeniu.

Właściwa higiena rąk istotnie zmniejsza częstość zakażeń podczas zabiegów.



Stosuj jednorazowe rękawice ochronne do każdego zabiegu.

Przed założeniem i po zdjęciu rękawic wykonaj higieniczną dezynfekcję rąk preparatem alkoholowym (tzn. wetrzyj w osuszone dłonie ok. 3 ml preparatu przeznaczonego do dezynfekcji rąk).

Zawsze zmieniaj rękawice, gdy dojdzie do ich uszkodzenia podczas wykonywanego zabiegu.

Po założeniu rękawic nie dotykaj niczego, co nie jest związane z wykonywaniem zabiegu (np. swoich włosów, twarzy, telefonu, stołu i stółka, fotela zabiegowego, ubrania, kłami itp.).



W przypadku kontaktu z krwią pacjenta (zabrudzenia rąk krwią) wykonaj mycie rąk, a następnie higieniczną dezynfekcję rąk.



W przypadku zranienia w czasie pracy należy przerwać usługę i postąpić zgodnie z procedurą BHP – postępowanie po ekspozycji zawodowej na krew, umyć ranę, odpowiednio ją zabezpieczyć opatrunkiem i udać się najszybciej jak to możliwe do wskazanego w procedurze lekarza (chorób zakaźnych).



Do wykonywania zabiegów zawsze używaj narzędzi i urządzeń sprawnych technicznie, czystych i zdezynfekowanych, a jeśli zachodzi taka konieczność, to wysterylizowanych (jałowych), jeśli to możliwe jednorazowych.

Stosuj wyłącznie narzędzia i materiały jednorazowego użycia, takie jak:

- igły (zawsze sterylne),
- ampułkostrzykawki (zawsze sterylne),
- końcówki (dziobi),
- tuby,
- kubeczki na farbę,
- maszynki do golenia (podgalań) lub żyłteki,
- płatki kosmetyczne (waciki),
- gaziki,
- tampony,
- wata,
- lignina,
- podkłady medyczne,
- serwetki z gazy,
- ręczniki papierowe,
- patyczki higieniczne.

Po zakończonym zabiegu tatuowania farba w kubeczku może być potencjalnie zanieczyszczona drobnoustrojami, które znajdowały się we krwi tatuowanego klienta.

Rękojeść maszynki do wykonywania tatuau po zakończonym zabiegu powinna zostać poddana działaniu preparatu myjąco-dezynfekcyjnego, zaś głowica maszynki powinna być wysterylizowana.

Narzędzia i materiały te bezpośrednio mają kontakt z krwią i wydzielinami/wydalinami klienta, w których mogą znajdować się drobnoustroje, które łatwo możesz przenieść na inną osobę, jeśli nie będziesz używać jednorazowych materiałów.



Gdy dojdzie do zacięcia skóry klienta, pracownika salonu ostrym narzędziem, np. nożyczkami, brzytwą (widoczne zanieczyszczenie narzędzia krwią), konieczne jest poddanie narzędzia procesowi dezynfekcji i sterylizacji.

Śladowa ilość krwi zawierająca cząsteczki HCV pozostająca w strzykawkach w temperaturze pokojowej pozostaje zakaźna nawet do 2 miesięcy. Zakaźność HCV potwierdzona także na skażonych powierzchniach po 16 h w temperaturze pokojowej i po 14 dniach w temperaturze 4 stopni Celsjusza. Wirus HCV jest wrażliwy na działanie temperatury oraz promieniowania UV. Ulega on inaktywacji po 10 min w temperaturze 65–75 stopni Celsjusza oraz po 2 min naswietlania UV.

Wirus HBV jest bardziej zaraźliwy od wirusa HCV. Do zakażenia HBV może dojść w wyniku wprowadzenia do organizmu już 0,00004 ml krwi osoby zakażonej. Jest to ilość niewidoczna gołym okiem dla człowieka. Dla porównania do przeniesienia infekcji HIV potrzeba 0,1 ml zakażonej krwi. Wirus HBV jest bardziej odporny na czynniki zewnętrzne (na temperaturę i środki chemiczne) niż HCV. Nie zabija go temperatura 100 stopni Celsjusza (wrzenia wody), a sterylizacja suchym gorącym powietrzem jest mało skuteczna.

Dlatego tak ważne jest stosowanie akcesoriów jednorazowego użycia, a w przypadku korzystania z narzędzi wielorazowego użycia dokładne przeprowadzenie procesów mycia, dezynfekcji i sterylizacji w celu przygotowania narzędzi do ponownego użycia.



Przed wykonaniem zabiegu zdezynfekuj skórę klienta.

Stosuj preparaty dezynfekujące, które nie reagują z kosmetykami, które będą nakładane na skórę w trakcie zabiegu. W ten sposób unikniesz podrażnienia skóry.



W przypadku zranienia w czasie pracy należy przerwać usługę i postąpić zgodnie z procedurą BHP – postępowanie po ekspozycji zawodowej. Umyć ranę, odpowiednio ją zabezpieczyć opatrunkiem i udać się najszybciej jak to możliwe do wskazanego w procedurze lekarza (chorób zakaźnych).



Pracuj w odzieży roboczej.

Stosuj odzież ochronną, np. maseczkę na twarz, okulary ochronne, rękawiczki, fartuch nieprzemakalny w trakcie zabiegów, podczas których może dojść do zanieczyszczenia krwią lub innym materiałem organicznym (takim jak np. ślina, pot, moc, kał).



Utrzymuj czystość i porządek w salonie i na stanowiskach pracy:

- najlepiej przy użyciu ścierek jednorazowego użycia,
- przy użyciu preparatów myjąco-dezynfekcyjnych i działających na bakterie, wirusy, grzyby i prątki gruźlicy,
- fotele/leżanki, powierzchnie robocze (blaty, stoły, szafki, podłogi) myj codziennie i w razie potrzeby (bieżące zabrudzenie),
- ściany, sprzęty (np. radio, telewizor) oraz inne meble (np. wtriny z kosmetykami) myj w zależności od potrzeb, tak aby były zawsze czyste,
- wszelkie powierzchnie zanieczyszczone materiałem organicznym (krew, wydalin, wydzieliny) poddawaj działaniu preparatu myjąco-dezynfekcyjnego (dostępnego w sprzedaży),
- zmieniaj regularnie odzież roboczą i dbaj o jej czystość i świeżość.

Powierzchnię są siedliskiem drobnoustrojów, które mogą stanowić zagrożenie poprzez kontakt rąk z zanieczyszczoną powierzchnią. Droga kontaktowa mogą zostać przeniesione na inne powierzchnie, sprzęty lub osoby.



Preparaty myjąco-dezynfekcyjne lub dezynfekcyjne należy stosować zgodnie z zaleceniami producenta po zapoznaniu się ze sposobem użycia i kartą charakterystyki produktu oraz ściśle przestrzegając parametrów (stężenie roztworu i czas działania preparatu), które zapewniają jego skuteczność w stosunku do drobnoustrojów znajdujących się na narzędziach, urządzeniach i powierzchniach roboczych.



www.jestemswiadom.pl



www.hcv.pzh.gov.pl



fb.pl/hcvjestemswiadom



1. Antyseptyka, dezynfekcja, sterylizacja

Środki antyseptyczne i dezynfekujące to preparaty szeroko stosowane w szpitalach i innych placówkach użyteczności publicznej m.in. do oczyszczania skóry, ran oraz do dezynfekcji powierzchni narzędzi czy sprzętu. Stanowią istotną część praktyk kontroli zakażeń i pomagają w ich zapobieganiu. Kontrola zakażeń i koszty związane z zakażeniami powstającymi w związku z opieką zdrowotną są niezwykle ważne, a epidemia SARS-CoV-2 spowodowała, że ponownie skupiono się na środkach dezynfekcyjnych i ich przydatności w różnych warunkach i dla różnych organizmów.⁵⁻⁷

Do zwiększonego stosowania antyseptyków i środków dezynfekcyjnych przez ogół społeczeństwa doprowadziło również nasilenie obaw dotyczących potencjalnego skażenia mikrobiologicznego i ryzyka zakażeń żywności na rynku konsumenckim.

Środki dezynfekujące to inaczej środki chemiczne używane na obiektach nieożywionych w celu zneutralizowania większości znanych mikroorganizmów patogennych. Często używa się ich zamiennie z antyseptykami (z greckich słów: *anti* 'przeciw', *sepsis* 'gnicie', czyli 'przeciw gniciu' – zapobieganie gniciu). Najważniejsza różnica pomiędzy środkami dezynfekcyjnymi i antyseptykami jest taka, że te ostatnie odnoszą się do substancji stosowanych na żywe tkanki.⁷

Termin środek dezynfekcyjny oznacza więc substancję zabijającą wegetatywne postacie drobnoustrojów (doprowadza on przedmiot odkażany do stanu, w którym nie będzie już mógł zarażać). Środki dezynfekcyjne są używane do odkażania przedmiotów, gdyż działaniu odkażającemu (dezynfekującemu) w ścisłym znaczeniu tego słowa, a więc polegającemu na zabiciu wszystkich wegetatywnych form drobnoustrojów, towarzyszy często znaczna toksyczność uniemożliwiająca stosowanie związku na tkanki. Całkowite usunięcie (za pomocą procesu chemicznego lub fizycznego) wszystkich, zarówno wegetatywnych, jak i przetrwalnikowych, form mikroorganizmów to z kolei sterylizacja. Prawidłowo wysterylizowany materiał jest jałowy, co oznacza, że przetrwał na nim nie więcej niż jeden zdolny do życia drobnoustrój na 1×10^6 sterylizowanych jednostek wyrobu finalnego. Aby osiągnąć właściwy efekt sterylizacji SAL 10^{-6} (ang. *sterility assurance level*, poziom gwarancji sterylności), należy przeprowadzić najpierw proces dezynfekcji wstępnej i właściwej.⁸ Zasadnicze różnice pomiędzy dezynfekcją a sterylizacją przedstawiono w **tabeli 1**.

Jak już wspomniano, środki antyseptyczne stosowane są na żywą tkankę. Mogą one działać biobójczo lub biostatycznie. Środki te działają słabiej mikrobiologicznie niż środki dezynfekcyjne. Służą do niszczenia bakterii na skórze, błonach śluzowych czy ranach. Są to związki bezpieczne dla tkanek człowieka, gdyż z reguły zabijają tylko część drobnoustrojów.

Środki antyseptyczne i dezynfekcyjne mają duże znaczenie w zapobieganiu zakażeniom bakteryjnym, wirusowym czy grzybiczym. W środkach tych znajdują się aktywne substancje należące do różnych grup chemicznych (temat ten został szerzej opisany w rozdziale 4). Różnią się one mechanizmem działania, zastosowaniem medycznym, skutecznością i bezpieczeństwem aktywnych związków chemicznych wchodzących

1. Antyseptyka, dezynfekcja, sterylizacja

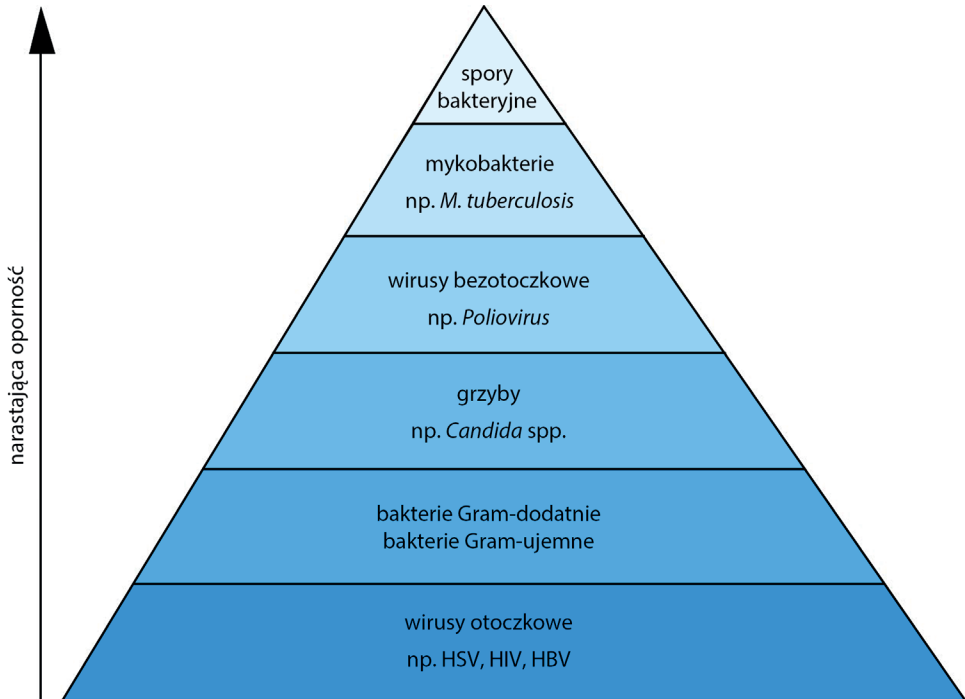
Tabela 1. Różnice pomiędzy dezynfekcją a sterylizacją

Dezynfekcja	Sterylizacja
Zmniejsza liczbę drobnoustrojów	proceedzi do całkowitego usunięcia drobnoustrojów
Nie wymaga żadnego ścisłego protokołu usuwania drobnoustrojów	wymaga ścisłego protokołu usuwania drobnoustrojów
Nie zabija przetrwalników bakterii	zabija bakterie wraz z ich przetrwalnikami
Powszechnie stosowana w życiu codziennym	jest wymagana podczas operacji chirurgicznych lub w sterylnych laboratoriach
Zwykle stosuje się środki chemiczne	do niszczenia mikroorganizmów stosuje się zwykle metody fizyczne oraz chemiczne środki sterylizujące i gazy
Środki dezynfekujące to np.: alkohol, chlor, jodyna, nadtlenek wodoru, fenol	niektóre środki sterylizujące to suche ciepło, para wodna, promieniowanie, filtracja

Opracowano na podstawie: <https://solutionpharmacy.in/disinfectants/>. Dostęp 12.12.2022.

w ich skład.^{7,9,10} Siła ich działania zależy od wielu czynników, m.in. od: temperatury, wilgotności, odczynu środowiska, obecności niektórych substancji organicznych. Z kolei nadmierne stosowanie powoduje narastającą oporność albo przez występowanie mutacji punktowych, albo przez nabycie obcych genów oporności czy tworzenie biofilmu.^{11,12} Prowadzi to do zmiany celów działania środków dezynfekujących i antyseptycznych oraz powoduje ich degradację.^{10,12}

Różne rodzaje mikroorganizmów różnią się pod względem odpowiedzi na antyseptyki i środki dezynfekcyjne. Nie jest to zaskakujące, biorąc pod uwagę ich różną budowę komórkową, skład i fizjologię. Na podstawie tych różnic klasyfikuje się narastającą oporność drobnoustrojów na antyseptyki i środki dezynfekcyjne (**rycina 1**). To, czy dany drobnoustrój chorobotwórczy będzie wrażliwy na zastosowany środek, jest podstawą skutecznie przeprowadzonej dezynfekcji.



Ryc. 1. Klasyfikacja drobnoustrojów chorobotwórczych według narastającej oporności

HSV (ang. *herpes simplex virus*) – wirus opryszczki pospolitej, HIV (ang. *human immunodeficiency virus*) – ludzki wirus niedoboru odporności, HBV (ang. *hepatitis B virus*) – wirus zapalenia wątroby typu B.

Opracowano na podstawie: Ponce A, Connon SA, Yung PT. Detection and viability assessment of endospore-forming pathogens. W: Zourob M, Elwary S, Turner A, red. Principles of bacterial detection: Biosensors, recognition receptors and microsystems. Nowy Jork, USA: Springer; 2008. [doi:10.1007/978-0-387-75113-9_19](https://doi.org/10.1007/978-0-387-75113-9_19).

2. Dezynfekcja

Dezynfekcja to postępowanie mające na celu maksymalne zmniejszenie liczby drobnoustrojów chorobotwórczych za pomocą określonego procesu fizycznego lub środka chemicznego. Dezynfekcja niszczy formy wegetatywne drobnoustrojów, ale nie zawsze usuwa formy przetrwalnikowe. W zależności od ryzyka przeniesienia zakażenia przeprowadza się dezynfekcję na różnych poziomach¹³:

- **wysokim** – zniszczenie wszystkich drobnoustrojów oprócz opornych przetrwalników bakterii i prionów;
- **średnim** – inaktywuje prątki gruźlicy, wegetatywne formy bakterii, większość wirusów i grzybów, niekoniecznie spory;
- **niskim** – może zniszczyć większość bakterii, wybrane wirusy, grzyby, ale niektóre mikroorganizmy mogą przeżyć, np.: prątki gruźlicy, bakterie w formie spor.

Zdezynfekowany materiał nie musi być jałowy. Dezynfekcję przeprowadza się za pomocą metod fizycznych, chemicznych i termiczno-chemicznych. W poszczególnych metodach uwzględnia się dodatkowe kryteria podziału (**rycina 2**).

Skuteczność dezynfekcji zależy od:

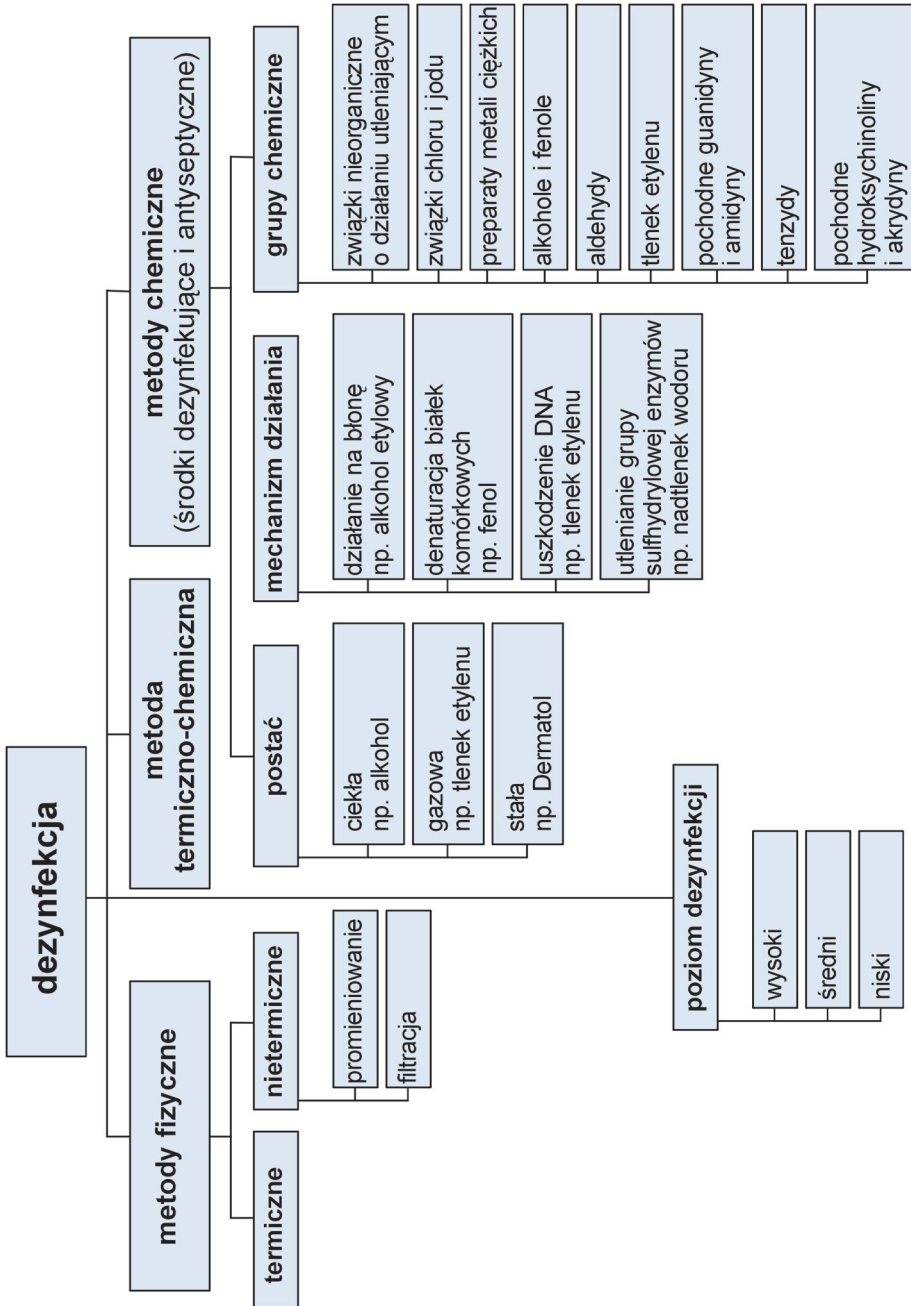
- właściwości środka dezynfekcyjnego;
- rodzaju, wrażliwości i liczby drobnoustrojów;
- warunków środowiska (np. pH, temperatury), które mogą wpływać zarówno na przeżywalność drobnoustrojów, jak i właściwości środka dezynfekcyjnego;
- obecności substancji organicznych i innych zanieczyszczeń, które mogą reagować ze środkiem dezynfekcyjnym i zmniejszać jego stężenie, a także tworzyć warstwę ochronną.

2.1. Metody fizyczne dezynfekcji

Dezynfekcja metodami fizycznymi to proces redukcji biologicznych czynników chorobotwórczych poprzez zastosowanie jako czynnika aktywnego m.in.: temperatur, pary wodnej, promieniowania ultrafioletowego. Metody dezynfekcji fizycznej (**rycina 2**) dzielimy na termiczne (ciepło) i nietermiczne.

W przypadku dezynfekcji termicznej wykorzystuje się głównie ciepło suche i wilgotne. W dezynfekcji ciepłem suchym stosuje się płomień, a w dezynfekcji ciepłem wilgotnym – temperatury na różnych poziomach:

- dezynfekcja wodą o temperaturze 80–100°C (czas trwania 10–30 min);
- dezynfekcja wrzącą wodą przez gotowanie (czas trwania 30 min) – niszczy wegetatywne formy bakterii, nie działa na HBV (ang. *hepatitis B virus*, wirus zapalenia wątroby typu B); stosowana do dezynfekcji tkanin (fartuchów, bielizny, pościeli);
- pasteryzacja – polega na krótkotrwałym jednorazowym podgrzaniu cieczy do temperatury poniżej 100°C w czasie od kilku sekund do 60 min i natychmiastowym oziębieniu do temperatury pokojowej; stosowana w przypadku produktów spożywczych i napojów;



Ryc. 2. Podział metod oraz poziomów dezynfekcji

Opracowano na podstawie: <https://solutionpharmacy.in/disinfectants/>. Dostęp 12.12.2022.

- dezynfekcja przepływającą parą wodną o temperaturze 100°C (czas trwania 10–30 min)
 - para przepływająca pod ciśnieniem atmosferycznym przez materiały poddawane dezynfekcji; stosowana jest do dezynfekcji materaców, kołder lub zakażonych odpadków.

Przykładami nietermicznych metod dezynfekcji są natomiast filtracja i promieniowanie UV.

Filtracja pozwala na eliminację drobnoustrojów z płynów, które są termolabilne (roztwory antybiotyków, białek, witamin) przy użyciu filtrów membranowych o bardzo drobnych porach (poniżej 0,45 µm). Do usuwania z roztworów bakterii i drożdży stosowane są filtry membranowe o wielkości porów 0,015–12 µm. Natomiast do oddzielania toksyn i innych rozpuszczalnych produktów wzrostu bakterii, a także do oczyszczania wody używa się filtrów sterylnych. Ważna jest też dezynfekcja powietrza, dla której zastosowanie znalazł filtr HEPA. Filtracja z wykorzystaniem filtru HEPA zmniejsza liczbę organizmów wielkości do 0,3 µm na cząsteczkach kurzu o 99,9%.

Z kolei promieniowanie UV stosuje się do eliminacji drobnoustrojów obecnych w powietrzu i na powierzchniach, ponieważ nie penetruje w głąb ciał stałych i cieczy. Działanie promieni UV polega na pochłanianiu kwantów promieniowania (fotonów) przez funkcjonalnie ważne elementy mikroorganizmów. Inaktywacja następuje w wyniku indukcji tworzenia się dimerów tyminy, co prowadzi do uszkodzenia DNA (ang. *deoxyribonucleic acid*, kwas deoksyrybonukleinowy). Skuteczność tej metody zależy od temperatury, wilgotności, obecności związków organicznych czy kurzu.

2.2. Metody chemiczne dezynfekcji

Dezynfekcję metodą chemiczną prowadzi się za pomocą środków dezynfekcyjnych i antyseptycznych, należących do różnych grup chemicznych (**rycina 2**). Środki te mogą wykazywać działanie mikrobójcze wobec:

- bakterii – form wegetatywnych [B];
- prątków [Tbc];
- grzybów – pleśniowych i drożdżopodobnych [F];
- wirusów [V];
- spor bakteryjnych [S].

Według klasyfikacji ATC (anatomiczno-terapeutyczno-chemicznej) środki antyseptyczne i dezynfekcyjne zaliczamy do związków o kodzie D08A. Ta kategoria ATC zawiera 12 podkategorii na poziomie drugim (D08AA-D08AX). Jednakże preparaty zaliczane do tej kategorii, z uwagi na ich zastosowanie farmakologiczne, mogą się znaleźć także w innych kategoriach (G01 – ginekologiczne leki przeciwważakcyjne i antyseptyczne, A01AB – leki przeciwinfekcyjne i odkażające do stosowania miejscowego w jamie ustnej). I tak np.: nadtlenek wodoru posiada kod D08AX02, D11AX25 czy A01AB02, a jodopowidon D08AG02 lub G01AX12.

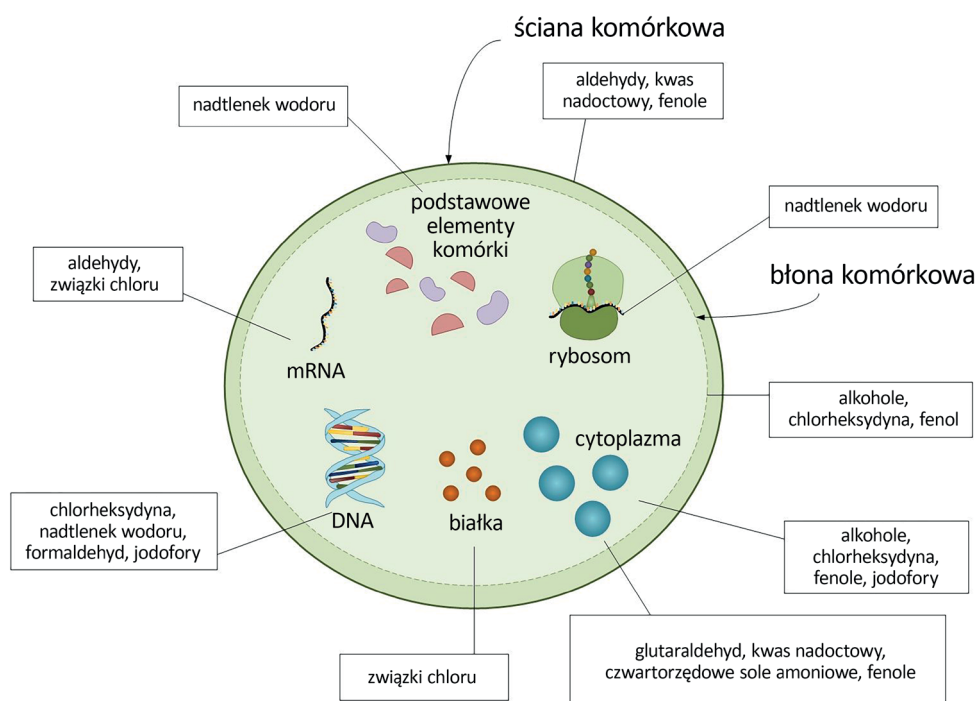
2.3. Metoda chemiczno-termiczna dezynfekcji

Dezynfekcja metodą chemiczno-termiczną to proces redukcji biologicznych czynników chorobotwórczych poprzez połączenie działania środków chemicznych i temperatury (60–65°C). Środki chemiczne stosowane w tej metodzie działają w krótszym czasie. Metoda ta wykorzystywana jest głównie do dezynfekcji sprzętu wrażliwego na wysokie temperatury.

3. Mechanizm działania środków dezynfekcyjnych i antyseptycznych

Środki dezynfekcyjne osiągają swoje efekty poprzez interakcje z powierzchnią komórek mikroorganizmów, a następnie penetrację do cytoplazmy i działanie na różne elementy komórki. Reakcja komórki drobnoustroju na te preparaty jest zmienna. Może to być spowodowane składem powierzchni komórek, zmianami w środowisku i coraz częściej stwierdzaną opornością na środki bakteriobójcze. Punkty uchwytu działania mikrobiologicznego wybranych środków dezynfekcyjnych i antyseptycznych przedstawiono na **rycinie 3**.

Mechanizm działania poszczególnych grup środków dezynfekcyjnych opisano w rozdziale 4.



Ryc. 3. Punkty uchwytu działania wybranych środków dezynfekcyjnych i antyseptycznych

DNA (ang. *deoxyribonucleic acid*) – kwas deoksyrybonukleinowy, mRNA (ang. *messenger ribonucleic acid*) – matrycowy RNA – rodzaj kwasu rybonukleinowego.

Opracowano na podstawie: Donaghy JA, Jagadeesan B, Goodburn K. Relationship of sanitizers, disinfectants, and cleaning agents with antimicrobial resistance. *J Food Prot.* 2019;82(5):889–902. [doi:10.4315/0362-028X.JFP-18-373](https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-18-373).

4. Przegląd stosowanych środków dezynfekcyjnych i antyseptycznych

4.1. Preparaty o działaniu utleniającym

4.1.1. Preparaty uwalniające reaktywny tlen

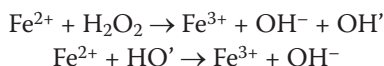
Związkiem o właściwościach utleniających (z którego w zetknięciu z katalazą obecną we wszystkich tkankach wyzwala się reaktywny tlen atomowy o działaniu odkażającym) jest **nadtlenek wodoru** (*hydrogenii peroxidum*). Nadtlenek wodoru (H_2O_2) jest szeroko stosowanym środkiem mikrobójczym do dezynfekcji, sterylizacji i antyseptyki. Jest to klarowna, bezbarwna ciecz dostępna w handlu w postaci roztworu o stężeniach 3–35% H_2O_2 .

Związek ten może być stosowany do dezynfekcji w postaci ciekłej, gazowej (aerozole) lub miejscowo za pomocą nasączonych chusteczek.^{7,14} Nadtlenek wodoru wykazuje szerokie spektrum działania przeciwbakteryjnego, jednakże wyższą aktywność farmakologiczną potwierdzono w stosunku do bakterii Gram-dodatnich niż bakterii Gram-ujemnych. Preparat ten niszczy nawet bakterie tworzące zarodniki i biofilm bakteryjny.¹⁵ Jest również skuteczny wobec wirusów DNA i RNA (ang. *ribonucleic acid*, kwas rybonukleinowy), w tym także koronawirusów.^{16,17} W wyższych stężeniach H_2O_2 (10–30%) i po dłuższym czasie kontaktu wykazuje aktywność sporobójczą.¹⁸

Właściwości utleniające H_2O_2 prowadzą do wytwarzania wolnych rodników hydroksylowych ($\cdot\text{OH}$), które atakują istotne składniki komórek drobnoustrojów, w tym lipidy, białka i DNA. Pod wpływem katalaz znajdujących się w tkankach zwierzęcych i wielu bakteriach H_2O_2 jest rozkładany na wodę i aktywny tlen atomowy. Reakcja ta zachodzi szybko w obecności krwi, ropy lub tkanek martwiczych. Wydzielający się tlen tworzy pianę i usuwa drobnoustroje z odkażanego miejsca, niszczy komórki krwi wypływającej z rany oraz mechanicznie oczyszcza ze szczątków uszkodzonej tkanki komórki odsłonięte wskutek uszkodzenia skóry.

Nadtlenek wodoru w postaci 3% roztworu (woda utleniona) jest stosowany do przemywania i odkażania ran. Jego działanie przeciwbakteryjne jest jednak krótkotrwałe, gdyż obecna w tkankach katalaza powoduje szybki rozpad nadtlenku. W dużym rozcieńczeniu może być stosowany jako płyn do płukania jamy ustnej i gardła (1 łyżka stołowa 3% roztworu H_2O_2 na szklanekę wody).

Z kolei 30% roztwór H_2O_2 (**perhydrol**) silnie drażni tkanki. W takim stężeniu jest stosowany w stomatologii do oczyszczania kanałów zębowych. Jego gwałtowny rozkład zachodzi pod wpływem podwyższonej temperatury lub jonów metali ciężkich zdolnych do przemian jednoelektronowych. Aby zwiększyć stabilność roztworów H_2O_2 , przechowuje się je w opakowaniach z ciemnego szkła oraz dodaje niewielkie ilości kwasu siarkowego lub mocznika, które opóźniają rozkład nadtlenku wodoru.



Znane i stosowane są również stałe związki nadtlenu wodoru o charakterze wodorotlenków. Związki takie, zwane peroksyhydratami, mogą służyć do przygotowywania roztworów H_2O_2 *ex tempore*. Przykładem takiego połączenia jest addukt nadtlenu wodoru z mocznikiem: $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \times \text{H}_2\text{O}_2$ (**Pertlenon**). Jest to wygodny środek odkażający stosowany w postaci tabletek, z którego w łatwy sposób można otrzymać 3% i 0,3% roztwór nadtlenu wodoru. Pertlenon jako substancja stała jest polecany do zapewnienia jakości wody pozyskiwanej z różnych źródeł w czasie wypraw w teren i w czasie ograniczonego dostępu do wody pitnej.⁹

Nadtlenek wodoru ma szerokie zastosowanie. Oprócz bezpośredniego działania na skórę stosuje się go również do czyszczenia narzędzi, powierzchni bądź pomieszczeń.¹⁹ Trzeba jednak pamiętać, żeby podczas pracy z nadtlakiem wodoru używać rękawiczek, gdyż może powodować alergiczne zapalenie skóry.²⁰ W dużych stężeniach związek ten jest drażniący dla tkanek ludzkich i może wywołać bezpośredni efekt cytotoksyczny, zwłaszcza po spożyciu.²¹ Niewątpliwie zaletą tego preparatu jest to, że ostatecznie rozkłada się do nietoksycznych związków, tlenu i wody. Poza tym nie ma silnego zapachu i wykazuje zmniejszoną korozyjność dezynfekowanych powierzchni.

Preparaty handlowe

Woda utleniona 3%, 100 g (Amara); 100 g leku zawiera 10 g nadtlenu wodoru w stężeniu 30%

Wskazaniem do zastosowania preparatu jest przemywanie ran. Po rozcieńczeniu można go także wykorzystać jako środek do płukania jamy ustnej w chorobach przyzębia, jak również do przepłukiwania kieszonek dziąsłowych w stanach zapalnych. Preparat należy zawsze stosować dokładnie tak, jak to opisano w ulotce dla pacjenta lub według zaleceń lekarza lub farmaceuty. Do przemywania ran zaleca się stosować nierozcieńczony roztwór. Natomiast w celu przygotowania płukanki do jamy ustnej trzeba wymieszać 1 łyżkę (5 ml) wody utlenionej z 1 szklanką wody (250 ml).

Preparatu nie należy używać na wrzodziejące zapalenia dziąseł i uszkodzenia błony śluzowej jamy ustnej.

Peroxygel 3,0; 1 g żelu zawiera 30 mg nadtlenu wodoru (*hydrogenii peroxidum*)

Wskazania do stosowania: odkażanie ran, otarć i zadrapań skóry. Należy stosować zewnętrznie, miejscowo. Nałożyć 0,5–1 cm żelu bezpośrednio na ranę lub uszkodzenie skóry. Po wyschnięciu żel tworzy błonę chroniącą uszkodzoną skórę. Produkt leczniczy ma właściwości termoodwracalne. W temperaturze poniżej 20°C i powyżej 45°C jest cieczą. Natomiast po zastosowaniu na skórę (temperatura ~36,6°C) przybiera postać żelu.

Preparat działa bakteriobójczo w ciągu 1 min na bakterie Gram-dodatnie (*Staphylococcus aureus*) i Gram-ujemne (*Pseudomonas aeruginosa*). Wykazuje również aktywność grzybobójczą wobec *Candida albicans* i *Aspergillus niger*. Wygodna postać żelowa, dzięki wytwarzaniu delikatnej błony na powierzchni rany, zapobiega spływaniu nadtlenu wodoru z miejsca zastosowania.

Pertlenon, tabletki do sporządzania roztworu; substancja czynna: wodoronadtlenek mocznika (*urea peroxidata*)

Jest to woda utleniona w tabletkach. Rozpuszczone w wodzie tabletki stosuje się następująco:

- 3% roztwór nadtlenku wodoru do odkażania i przemywania zanieczyszczonych, a zwłaszcza ropiejących ran oraz przy usuwaniu przyschniętych opatrunków;
- 0,3% roztwór nadtlenku wodoru do płukania jamy ustnej, gardła, dziąseł w stanach zapalnych i zakażeniach jamy ustnej.

Za silniejszy biocyd niż nadtlenek wodoru uważany jest **kwask nadooctowy** (ang. *peracetic acid* – PAA): CH_3COOOH . Jest on mieszaniną kwasu octowego (CH_3COOH) i nadtlenku wodoru (H_2O_2) w wodnym roztworze. Jest to jasna, bezbarwna ciecz o przesywającym zapachu i niskiej wartości pH (2,8). Kwask nadooctowy powstaje w wyniku reakcji między nadtlenkiem wodoru a kwasem octowym. PAA podobnie jak nadtlenek wodoru rozkłada się na bezpieczne produkty uboczne (kwas octowy i tlen). W porównaniu z H_2O_2 ma jednak dodatkowe zalety, ponieważ nie ulega rozkładowi przez peroksydazy oraz pozostaje aktywny w obecności heterogenicznej materii organicznej.²²

Jest sporobójczy, bakterio-bójczy, wirusobójczy i grzybobójczy już w niskich stężeniach (0,3%).²³ Podobnie jak H_2O_2 , PAA prawdopodobnie denaturuje białka i enzymy oraz zwiększa przepuszczalność ściany komórkowej poprzez przerwanie wiązań siarkowych ($-\text{SH}$) i siarkowych ($\text{S}-\text{S}$).²⁴⁻²⁶

Jest stosowany do dezynfekcji i sterylizacji urządzeń i narzędzi jako środowiskowy sterylizator powierzchniowy.²⁷ Zastosowanie kwasu nadooctowego w medycynie (do przygotowywania narzędzi medycznych) jest ściśle związane z pH. Działanie odkażające kwasu nadooctowego jest najskuteczniejsze przy pH mniejszym niż 3. Wraz ze wzrostem pH (przy stałym stężeniu) zmniejsza się skuteczność przeciwko formom przetrwalnikowym aż do praktycznie zerowej skuteczności przy pH równym 8.²⁸ W celu zwiększenia aktywności mikrobójczej tego związku w praktyce stosuje się preparaty, w których kwask nadooctowy jest połączony z nadtlenkiem wodoru.

Preparaty handlowe

Sterinox

Jest mieszaniną biobójczą zawierającą jako substancje czynne: kwask nadooctowy (zaw. 15% wag.) i nadtlenek wodoru (zaw. 14% wag.). Preparat Sterinox ma działanie bakterio-bójcze i grzybobójcze. Unieszkodliwia również wirusy, pleśnie i drożdże. Nie pieni się i jest skuteczny w niskich temperaturach. Używa się go do dezynfekcji otwartych powierzchni, instalacji w obiegach zamkniętych, zbiorników, powierzchni ze stali szlachetnej, aluminium i tworzyw sztucznych.

Inne dostępne w handlu preparaty będące mieszaniną kwasu nadooctowego i nadtlenku wodoru to:

- **Clax Personril** 4KL1 (4,8 g kwasu nadoctowego, 26,0 g nadtlenu wodoru);
- **Dezyna** (3,5 g kwasu nadoctowego, 13,5 g nadtlenu wodoru);
- **Dezynfektor** (6,0 g nadtlenu wodoru, 0,1 g kwasu nadoctowego);
- **Dialina M** (4,0 g kwasu nadoctowego, 15 g nadtlenu wodoru);
- **Peresal** oraz **Ozonit** (4,0 g kwasu nadoctowego; 24 g nadtlenu wodoru);
- **Renalina** (4,0 g kwasu nadoctowego; 24 g nadtlenu wodoru).

Antyseptykiem o działaniu utleniającym jest także **nadmanganian potasu** (*kalii permanganas*), który nawet w dużym rozcieńczeniu (1 : 10000) działa odkażająco. W zetknięciu z tkankami związek ten ulega redukcji do MnO_2 z wydzielaniem aktywnego tlenu.



Wodne roztwory KMnO_4 są nietrwałe. Miejscowo wykazują działanie odkażające i ściągające. W zależności od stężenia przygotowanego roztworu nadmanganian potasu może być stosowany do odkażania skóry z towarzyszącymi ranami, owrzodzeniami, także rąk (0,05%), płukania błony śluzowej gardła i jamy ustnej (0,025%).

Zastosowany na skórę lub błony śluzowe roztwór nadmanganianu potasu o stężeniu większym od leczniczego może powodować oparzenia skóry lub martwicę tkanek. W czasie stosowania tego preparatu na błony śluzowe jamy ustnej może wystąpić nieprzyjemny smak w ustach, przebarwienie zębów, nudności oraz wymioty.

Preparat handlowy

Kalium hypermanganicum Galena, 1 tabletka zawiera 100 mg nadmanganianu potasu

Jest to wydawany bez recepty lek o ściągającym i odkażającym działaniu na skórę i błony śluzowe.

Zastosowanie:

- 0,05% roztwór nadmanganianu potasu o kolorze purpurowym używany jest do przemywania ropiejących ran, owrzodzeń, rąk, skóry (1 tabletka rozpuszczona w 200 ml przegotowanej wody);
- 0,025% roztwór nadmanganianu potasu o kolorze różowym stosowany jest do płukania jamy ustnej i gardła (1 tabletka rozpuszczona w 400 ml przegotowanej wody).

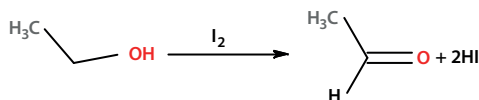
Do przemywania, płukania należy zawsze używać świeżo przygotowanego roztworu. Uwaga: nie należy pić przygotowanego roztworu!

4.1.2. Preparaty jodu

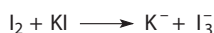
Jod pierwiastkowy (*iodum*) jest nadal jednym z najważniejszych czynników wyjąłwiających, ponieważ działa szybko i skutecznie. Wykazuje właściwości bakterio-, przetrwalniko-, grzybo- i wirusobójcze.²⁹ W lecnictwie natomiast stosowany jest jod w postaci roztworów wodnych, wodno-glicerynowych lub etanolowych.

4. Przegląd stosowanych środków dezynfekcyjnych i antyseptycznych

W roztworach alkoholowych (*iodi solutio spirituosa*, jodyna) służy do dezynfekcji małych ran i do odkażania pola operacyjnego. Roztwór alkoholowy jodu zawiera 3% jodu i 1% jodku potasu w 90% etanolu. Dodatek jodku potasu zwiększa trwałość preparatu, gdyż hamuje utlenianie etanolu do aldehydu octowego przez jod oraz jednocześnie zapobiega powstawaniu działającego drażniąco jodowodoru.²⁹

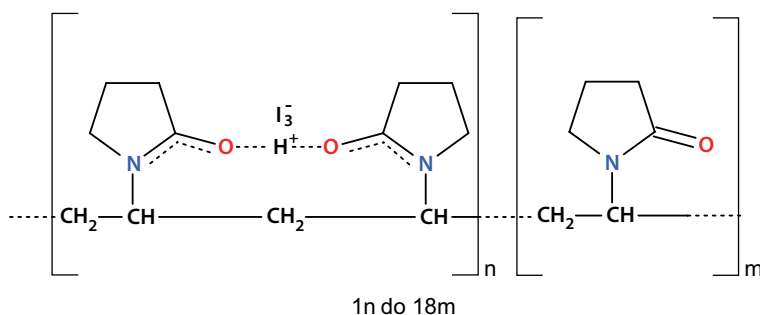


Wodny roztwór jodu (*iodi solutio aquosa*, płyn Lugola) jest 1% roztworem jodu w 2% roztworze jodku potasu. Czynnikiem bakteriobójczym jest anion (I_3^-), który powstaje w reakcji:



Wodny lub wodno-glicerynowy roztwór jodu stosuje się na błony śluzowe, gdyż działa mniej drażniąco niż roztwór alkoholowy.

Jako środki do odkażania skóry i błon śluzowych lub narzędzi są także używane kompleksowe połączenia jodu z rozpuszczalnymi w wodzie polimerami, tzw. jodofoxy. Przykładem jodofoxy jest kompleks jodu z poliwinylpirolidonem (*povidonum iodatum*), tzw. powidon jodowany (**rycina 4**).



Ryc. 4. Kompleks poli(1-winylo-2-pirolidynonu)-jodu

Opracowano na podstawie: Fleischer W, Reimer K. Povidone-iodine in antisepsis – state of the art. *Dermatology*. 1997;195(Suppl 2):3–9. [doi:10.1159/000246022](https://doi.org/10.1159/000246022).

Kompleks poli(1-winylo-2-pirolidynonu)-jodu zawiera 9–12% jodu, czyli stężenie jodu w często używanych preparatach z 10% jodopowidonem wynosi 1%. Takie preparaty samorzutnie tracą jod w temperaturze powyżej 40°C, co uniemożliwia stosowanie ich w krajach tropikalnych. Kompleks powidonu jodowanego jest skuteczny przy wartościach pH od 2 do 7. Dzięki obecności wolnego, niezwiązanego jodu, który w maści oraz roztworach wodnych jest uwalniany z kompleksu powidonu jodowanego (w ramach reakcji równowagi), preparat wykazuje działanie antybakteryjne. Kompleks

powidonu jodowanego może być traktowany zatem jako źródło jodu uwalniające jod elementarny i tym samym utrzymujące na stałym poziomie stężenie aktywnego jodu. Poprzez związanie jodu w kompleks powidonu miejscowe właściwości drażniące jodu zostały znacznie ograniczone (w porównaniu z alkoholowymi związkami jodu). Wolny jod, jako silny utleniacz, wchodzi na poziomie molekularnym w reakcje głównie z nienasyconymi kwasami tłuszczowymi oraz słabo utlenianymi grupami –SH oraz –OH aminokwasów w enzymach i podstawowych komponentach strukturalnych mikroorganizmów. Poprzez jodowanie lipidów i utlenianie związków cytoplazmatycznych i błonowych środków ten skutecznie zabija bakterie, grzyby, pierwotniaki i wirusy.^{30,31} Nieśwoista aktywność powidonu jodowanego jest podstawą skutecznego działania na wiele mikroorganizmów chorobotwórczych, takich jak bakterie Gram-dodatnie i Gram-ujemne (szczególnie na paciorkowce i gronkowca złocistego), prątki, grzyby (w szczególności *Candida albicans*), wiele wirusów oraz niektóre pierwotniaki (*Trichomonas vaginalis*, *Entamoeba histolytica*).³²

Oprócz poliwinylpirolidonu nośnikiem pierwiastkowego jodu mogą być również niejonowe substancje powierzchniowo czynne, tzw. tweeny – estry polioksyetylenosorbitanu z kwasami tłuszczowymi. Związki te stosowane są dość powszechnie jako solubilizatory do sporządzania preparatów leczniczych. Tween 20-jod oraz tween 80-jod są przykładami jodoforów, czyli addycyjnych połączeń jodu z tweenami. Preparaty te są dobrze rozpuszczalne w wodzie i etanolu. Wykazują działanie bakteriobójcze i grzybobójcze, które jest efektem ich reakcji z grupami funkcyjnymi białek komórkowych oraz unieczynnienia drobnoustrojowych enzymów.⁹

Preparaty handlowe

Solutio Iodi Cum Glycerini Coel, płyn Lugola (*iodum + kalii iodidum*); płyn na skórę, 1 g płynu zawiera: 10 mg jodu, 20 mg jodku potasu

Preparat wykorzystywany do odkażania skóry nieuszkodzonej. Roztwór do stosowania miejscowego na: skórę, otarcia naskórka, drobne zadrapania oraz brzegi ran. W celu odkażenia skóry nieuszkodzonej powinno się stosować roztwór nierozcieńczony. Zmienione chorobowo miejsce należy pędzlować lub przemyć sterylnym gazikiem nasączonym roztworem.

Jodyna Aflofarm, płyn do dezynfekcji skóry lub otarć naskórka; 100 g produktu zawiera 3 g jodu; oprócz jodu produkt zawiera 1 g jodku potasu, 90 g etanolu 96% oraz 6 g wody oczyszczonej

Zastosowanie: otarte miejsce i bezpośrednie okolice rany przemyć wacikiem nasączonym preparatem.

Betadine (Egis), płyn do stosowania na skórę; 1 ml płynu do stosowania na skórę zawiera 75 mg powidonu jodowanego

Preparat wykorzystywany do higienicznej dezynfekcji rąk lub do mycia rąk przed operacją. Stosuje się go na skórę bez rozcieńczenia. Zalecenia producenta:

- Mycie i higiena rąk: ręce i przedramiona należy myć pod bieżącą ciepłą wodą z kranu, następnie na jedną dłoń wlać 5 ml preparatu Betadine i równomiernie rozprowadzić produkt na obu rękach i przedramionach. Jeśli istnieje potrzeba wytworzenia piany, można dodać więcej wody i kontynuować mycie przez co najmniej 1 min. Ręce i przedramiona należy spłukać pod kranem dużą ilością bieżącej wody.
- Mycie rąk przed operacją: obie ręce i przedramiona należy dokładnie umyć mydłem pod bieżącą ciepłą wodą z kranu. Całe mydło trzeba dokładnie spłukać z rąk i przedramion dużą ilością wody tak, aby nie została nawet najmniejsza ilość mydła. Za pomocą dozownika nalać na dłoń dawkę 10 ml preparatu Betadine – płynu do stosowania na skórę i równomiernie rozprowadzić produkt na obu rękach i przedramionach. Jeśli trzeba, można użyć więcej bieżącej ciepłej wody, aby powstała piana i dalej dokładnie myć ręce przez 2,5 min. Następnie ręce i przedramiona należy spłukać pod kranem dużą ilością bieżącej ciepłej wody. Czynności te trzeba powtórzyć, myjąc ręce następną dawką 10 ml produktu przez kolejne 2,5 min, a potem dokładnie spłukać ręce wodą. Czas dezynfekcji: 5 min (2 razy po 2,5 min).

Produkt Betadine jest przeznaczony wyłącznie do stosowania zewnętrznego.

Povidone iodine sol. 10% (Teva), płyn do stosowania zewnętrznego; 1 g płynu zawiera 100 mg jodowanego powidonu

Środek antyseptyczny do odkażania ran skóry przed zabiegami chirurgicznymi, zalecany także w przypadku zakażeń pochwy, zakażeń ropnych i łojotokowych skóry, zakażeń jamy ustnej, owrzodzeń podudzi, owrzodzeń troficzných.

Braunovidon (B. Braun), tuba 20 g; 100 g maści zawiera 10 g powidonu jodowanego (*povidonum iodinum*) z 10% zawartością dostępnego jodu

Wskazania do stosowania preparatu to: zakażone owrzodzenia, odleżyny, zakażone powierzchowne ubytki skóry niewykazujące tendencji do gojenia się i z odczynem zapalnym lub głębszym owrzodzeniem, ropne zmiany skórne (*pyodermia*), choroby skóry bakteryjnego lub grzybiczego pochodzenia. Preparat nakłada się kilka razy na dobę na leczonej powierzchni skóry. W początkowej fazie leczenia maść należy nakładać co 4–6 godz. Może ona pozostawać na skórze przez długi czas. Zmianę opatrunku trzeba przeprowadzić w momencie odbarwienia maści. Brązowy kolor maści jest cechą charakterystyczną produktu. Wskazuje na obecność dostępnego jodu, a tym samym na jego skuteczność. Odbarwienie jest więc sygnałem, że należy powtórnie nałożyć warstwę maści. Maść Braunovidon działa antyseptycznie wyłącznie miejscowo.

Jodi Gel 10% (Gemi), żel, tuba 10 ml; 1 g żelu zawiera 100 mg jodopoliwinylopirolidonu

Inne preparaty:

- **Jodoseptan** (3,0 g czynnego jodu w koncentracji jodoformowej);
- **Braunoderm niezabarwiony** (*alcohol isopropylicus + povidonum iodinum*) – roztwór na skórę (50 g + 1 g)/100 g;
- **Inadine** (jałowy opatrunek z dodatkiem 10% jodopowidonu) – przeznaczony do stosowania na rany zainfekowane lub zagrożone infekcją.

4.1.3. Preparaty chloru

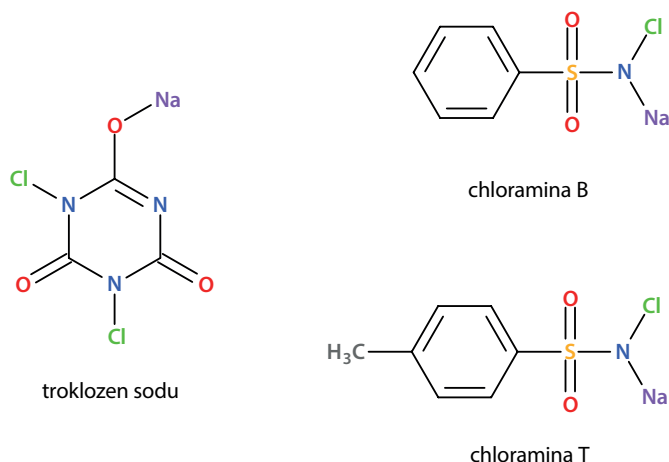
Pierwiastkowy chlor (Cl_2) jest skutecznym środkiem bakteriobójczym już w stężeniu $2 \times 10^6 \text{ mol/dm}^3$. Gazowy chlor służy wyłącznie do odkażania wody. Wchodzi w reakcje z wodą, tworząc kwas chlorowy(I). W wyniku rozkładu kwasu chlorowego(I) tworzy się chlorowodór i bardzo aktywny tlen atomowy. Mikrobójcza aktywność chloru jest przypisywana głównie niezdysocjowanemu kwasowi podchlorynowemu (HOCl). Dysocjacja HOCl do mniej mikrobójczej formy (jon podchlorynowy OCl^-) zależy od wartości pH. Skuteczność dezynfekcyjna chloru maleje wraz ze wzrostem pH.^{33,34} Ze względu na właściwości chemiczne tego kwasu do dezynfekcji stosowane są jego sole: podchloryn sodu NaOCl (*sodium hypochlorite*) i podchloryn wapnia Ca(OCl)_2 (*calcium hyperchlorite*). Podchloryny są dostępne w postaci płynnej (np. podchloryn sodu) lub stałej (np. podchloryn wapnia). Są związkami nietrwałymi, wrażliwymi na światło, temperaturę i dwutlenek węgla z powietrza. W praktyce do dezynfekcji częściej stosowany jest podchloryn sodu. Jego wodne roztwory o stężeniach 5,25–6,15% są używane w gospodarstwach domowych jako tzw. wybielacze. Rozcieńczenie wybielacza 1 : 1000 zapewnia ok. 53–62 ppm dostępnego chloru, a rozcieńczenie 1 : 10 wybielacza domowego – ok. 5250–6150 ppm.

Spektrum działania przeciwdrobnoustrojowego związków uwalniających chlor jest szerokie. Niskie stężenia wolnego dostępnego chloru (np. HOCl , OCl^- i chlor pierwiastkowy – Cl_2) działają biobójczo na mykoplazmy i wegetatywne formy bakterii. Wyższe stężenia (1000 ppm) są wymagane do zabicia *Mycobacterium tuberculosis*. Stężenie 100 ppm zabija $\geq 99,9\%$ zarodników *Bacillus atrophaeus*.^{35–39} Preparaty chloru mają również charakter wirusobójczy. W kilku badaniach dowiedziono skuteczności rozcieńczonego podchlorynu sodu i innych środków dezynfekcyjnych w inaktywacji HIV (ang. *human immunodeficiency virus*, ludzki wirus niedoboru odporności).^{40,41} Poza tym związki wydzielające chlor są niedrogie i szybko działają, co jest ich niewątpliwą zaletą. Skutecznie usuwają zaschnięte lub utrwalone organizmy i biofilmy z powierzchni.^{42,43} Podchloryn sodu może jednak powodować podrażnienie oczu lub oparzenia gardła, przełyku i żołądka.⁴⁴ Inne wady podchlorynów: w wysokich stężeniach mogą powodować korozję metali, dezaktywację materii organicznej, odbarwiają tkaniny oraz uwalniają toksyczny gaz chlorowy (po zmieszaniu z amoniakiem lub kwasem). Z uwagi na wymienione wyżej wady sformułowano wytyczne dotyczące postępowania w przypadku urazów wywołanych przez podchloryn sodu.⁴⁴ Podchloryn sodu jest stosowany u osób chorych na atopowe zapalenie skóry (AZS) jako dodatek do kąpieli. Regularne kąpiele dzieci w 0,005% roztworze podchlorynu sodu prowadziły do złagodzenia objawów AZS. Według zaleceń Polskiego Towarzystwa Chorób Atopowych 10-minutowa kąpiel podchlorynowa powinna być wykonywana 2–3 razy w tygodniu. Kąpiel można przygotować, wykorzystując wybielacz ACE. W tym celu do wanny z wodą (180 l) należy dodać pół szklanki wybielacza. Pozwoli to na uzyskanie pożądanego 0,005% stężenia podchlorynu sodu. Do przygotowania kąpieli można wykorzystać również gotowe skoncentrowane preparaty z podchlorynem sodu (dostępne w aptece). Po kąpieli należy dokładnie spłukać całe ciało bieżącą wodą. Poza AZS zaleca się również stosowanie roztworu podchlorynu sodu

4. Przegląd stosowanych środków dezynfekcyjnych i antyseptycznych

przy egzemach, stopie cukrzycowej, chorobach skóry wywołanych przez drobnoustroje, np. zapaleniu mieszków włosowych, trądziku, kolonizacji gronkowcem złocistym, a także w oparzeniach, po operacjach i przy nieprzyjemnym zapachu ciała.

Ponadto do dezynfekcji używane są alternatywne związki uwalniające chlor: dichloroizocyjanuran sodu (*troclosenium natricum*, troklozen sodu), chloramina B i chloramina T (**rycina 5**).

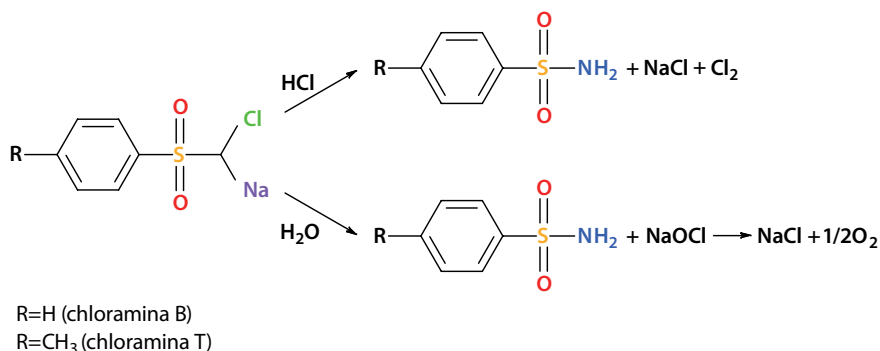


Ryc. 5. Struktury związków uwalniających chlor

Opracowano na podstawie: Sen DJ. Olate as broad spectrum fast acting sanitizer and water sterilizer. *World J Pharm Res.* 2016;5(8):1653–1665. <https://efchlor.com/wp-content/uploads/2023/11/Ef-Chlor-NaDCC-Water-Purification-Tablets-Study-Report-2.pdf>; Pawłowski M. *Chemia Leków*. Warszawa, Polska: PZWL; 2020.

Przewaga tych związków nad podchlorynami polega na tym, że dłużej utrzymują chlor, a więc wywierają bardziej długotrwały efekt biobójczy. Dichloroizocyjanuran sodu jest stosowany w postaci tabletek (Actichlor), które charakteryzują się wysoką stabilnością. Aktywność mikrobójcza roztworów przygotowanych z tabletek dichloroizocyjanuranu sodu może być większa niż roztworów podchlorynu sodu zawierających ten sam całkowity dostępny chlor. Po pierwsze w przypadku dichloroizocyjanuranu sodu tylko 50% całkowitego dostępnego chloru jest wolne (HOCl i OCl⁻), a reszta jest połączona (monochloroizocyjanuran lub dichloroizocyjanuran). Po drugie roztwory dichloroizocyjanuranu sodu mają odczyn kwasowy, a roztwory podchlorynu sodu – odczyn zasadowy. Jak wiadomo, w środowisku kwasowym dominuje bardziej mikrobójczy typ chloru (HOCl).⁴⁵

Inaktywacja drobnoustrojów chorobotwórczych przez chlor może wynikać z wielu czynników, takich jak: utlenianie enzymów sulfhydrylowych, chlorowanie aminokwasów, utrata zawartości wewnątrzkomórkowej, hamowanie syntezy białek, pęknięcia w DNA i zmniejszona synteza DNA.^{45,46}



Ryc. 6. Rozkład chloramin B i T

Opracowano na podstawie: Pawłowski M. *Chemia Leków*. Warszawa, Polska: PZWL; 2020.

Chloraminy B i T (**rycina 5**) to chlorowane amidy odpowiednich kwasów sulfonowych. Związki te są błędnie nazywane chloraminami, gdyż w rzeczywistości są to struktury o budowie amidowej. Nazwy te zostały jednak ogólnie przyjęte i są powszechnie stosowane. W zależności od odczynu środowiska chloraminy ulegają rozkładowi z wydzielaniem wolnego chloru (jeżeli reakcja przebiega w środowisku kwasowym) lub z wydzielaniem aktywnego tlenu (jeżeli reakcja przebiega w środowisku obojętnym). Przebieg reakcji rozkładu chloroamin przedstawiono na **rycinie 6**.

Chloramina B jest solą sodową *N*-chlorobenzenosulfonamidu, natomiast chloramina T jest jej toluenoamidowym analogiem (**rycina 5**). Chloraminy działają bakterio- i wirusobójczo, w znacznie mniejszym stopniu grzybobójczo. Roztwory 5% stosowane są do dezynfekcji pomieszczeń i narzędzi, bardziej rozcieńczone (0,25–0,5%) do odkażania rąk, a 0,05% do odkażania wody pitnej.⁹

Preparaty chloru znajdują zastosowanie w placówkach medycznych, m.in. do dezynfekcji powierzchni, jako środek dezynfekujący manekiny, bieliznę pościelową i odzież, urządzenia dentystyczne, zbiorniki do hydroterapii, regulowane odpady medyczne przed usunięciem, a także system dystrybucji wody w ośrodkach hemodializy i maszyny do hemodializy.⁴⁷

Preparaty handlowe

Atopigo, koncentrat do kąpiel, 100 g; skład: podchloryn sodu

Wyrób medyczny Atopigo to łagodzący koncentrat do przygotowywania kąpeli dla osób cierpiących na AZS. Preparat oczyszcza skórę z zanieczyszczeń, które mogą przyczyniać się do nasilenia objawów atopowego zapalenia skóry. Poprawia ponadto stan skóry i zwiększa jej odporność na zakażenia bakteryjne, wirusowe i grzybi-
cze. Wyrób przeznaczony jest do kąpeli dla pacjentów dorosłych oraz dzieci powyżej 3. miesiąca życia cierpiących na AZS. W celu przygotowania kąpeli leczniczej należy postępować zgodnie z zaleceniami opisanymi w ulotce preparatu Atopigo, czyli:

- do wanny napełnić 100 l wody o temperaturze ok. 37°C; używając ochronnych rękawiczek, dodać całą zawartość butelki i dokładnie wymieszać zawartość wanny;
- zanurzyć ciało w wodzie (nie należy zanurzać głowy); pozostać w kąpieli przez 10 min;
- bieżącą, letnią wodą opłukać dokładnie całe ciało;
- delikatnie osuszyć skórę ręcznikiem (nie pocierać);
- na lekko wilgotną skórę nanieść przepisane przez lekarza inne stosowane leki (jeśli zostały zalecone), następnie nanieść emolient.

W zależności od zaleceń lekarza zabieg należy stosować 2–3 razy w tygodniu.

Inne preparaty zawierające podchloryn sodu:

- **Chlorosan** (7,6 g podchlorynu sodu – zawartość aktywnego chloru nie mniej niż 10–11 g/l);
- **Domestos Universal** (2,0 g podchlorynu sodu);
- **Clorox Plus** (3,95 g podchlorynu sodu – zawartość aktywnego chloru 3,75%).

Chloramin T, proszek 1 kg; sól sodowa tosylchloramidu – chloramina T, zaw. 81% (810 g soli tosylchloramidu na 1 kg proszku)

Preparat służy do dezynfekcji powierzchni i przedmiotów w służbie zdrowia, higienie komunalnej i higienie weterynaryjnej. Do dezynfekcji należy stosować środek rozcieńczony wodą (o temperaturze 20–25°C) do uzyskania odpowiedniej koncentracji roztworu. W celu przygotowania 1% roztworu trzeba rozpuścić 100 g środka w 10 l wody. Aby dezynfekcja była prawidłowa, należy przestrzegać zarówno zalecanego stężenia, jak i czasu ekspozycji:

- dezynfekcja powierzchni w służbie zdrowia i higienie komunalnej (bakterie, grzyby, wirusy) – 30 min w 1% roztworze (10 g/1 l);
- dezynfekcja w środowisku z możliwym występowaniem prątków (*Tbc*) – 60 min w 1% roztworze (10 g/1 l);
- dezynfekcja powierzchni w praktyce weterynaryjnej:
 - bakterie – 30 min w 2% roztworze (20 g/1 l),
 - grzyby – 30 min w 5% roztworze (50 g/1 l),
 - wirusy – 30 min w 7% roztworze (70 g/1 l),
 - prątki (*Mycobacterium avium*) – 60 min w 5% roztworze (50 g/1 l),
 - spory (*Clostridium difficile*, *Clostridium sporogenes*) – 60 min w 4% roztworze (40 g/1 l).

Halamid, sól sodowa *N*-chloro-*p*-tolueno sulfonamidu (chloramina T), środek stosowany do dezynfekcji powierzchni w praktyce weterynaryjnej.

Chloramina B (do receptury), substancja do dezynfekcji 1 kg; substancja czynna: *chloraminum*

Preparaty zawierające dichloroizocyjanuran sodu:

- **Bakta** (99 g dichloroizocyjanuranu sodu – tabletka o masie 1,82 g zawiera 1,0 g aktywnego chloru);
- **Medicarine** (1,5 g aktywnego chloru w tabletce o masie 2,72 g);
- **Presept** (granulat 50,0 g; tabletki 5,0 g);

- **Tryplosan** (37,7 g aktywnego chloru);
- **Chlorizol** (1,8 g dichloroizocyjanuranu sodu w tabletkce – tabletkca zawiera 1,0 g aktywnego chloru).

4.2. Preparaty metali ciężkich

Z grupy preparatów metali ciężkich działających przeciwdrobnoustrojowo poniżej zostaną opisane sole i związki kompleksowe srebra i bizmutu.

4.2.1. Sole i związki kompleksowe srebra

Srebro i jego związki są od dawna stosowane jako środki przeciwdrobnoustrojowe.^{48–50} Jony srebra są najsilniej działającymi środkami przeciwbakteryjnymi spośród jonów wszystkich metali. Jeśli do wody destylowanej dodamy metalicznego srebra, to nabiera ona właściwości bakteriobójczych, mimo że stężenie jonów wynosi w tych warunkach zaledwie 1 : 20 000 000.

Według danych z piśmiennictwa srebro i jego związki charakteryzują się dużą aktywnością w zwalczaniu takich mikroorganizmów, jak *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii*, *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus epidermidis*, *Candida albicans*, *Candida glabrata* i in.^{51–56}

Mechanizm przeciwdrobnoustrojowego działania jonów srebra jest ściśle związany z ich oddziaływaniem z grupami tiolowymi, chociaż mogą one oddziaływać z innymi miejscami docelowymi.^{57,58} Jony srebra są zdolne do silnej interakcji z resztami fosforanowymi, imidazolowymi oraz karboksylowymi wchodzącymi w skład białek oraz kwasów nukleinowych.^{50,59,60} Związki srebra stosuje się w opatrunkach.^{61,62} Wykorzystywane są również w stomatologii, opracowano bowiem wypełnienie polimerowe zawierające nanocząstki srebra o właściwościach przeciwbakteryjnych.^{63,64}

Azotan srebra (AgNO_3 ; inaczej: *argenti nitras*, *silver nitrate*, *Lapis*) to silny środek bakteriostatyczny i bakteriobójczy. Jest to związek łatwo rozpuszczalny w wodzie i w etanolu, wrażliwy na światło. Według *Farmakopei Polskiej XI* (FP XI 2017) zewnętrznie stosuje się następujące roztwory *argenti nitras*: 1–2% na skórę; 0,05–0,1% do przepłukiwań; 1% do dezynfekcji skóry, błon śluzowych, ran, spojówek (zabieg Credgego u noworodków); 1–2% do pędzlowania jamy ustnej i 10–20% w stomatologii. Stężone roztwory azotanu srebra (10–20%) są stosowane do przyżegań, jony srebra działają bowiem również ściągająco i żrąco na tkanki. Głębokość penetracji jonów srebrowych oraz czas działania są ograniczone przez jony chlorkowe występujące w tkankach, z którymi jony Ag^+ tworzą nierozpuszczalny w wodzie chlorek srebrowy. Aktywność srebra jonowego jest uzależniona od morfologicznych różnic w budowie bakterii, grzybów i wirusów oraz wielkości cząsteczek srebra. Z tego powodu często stosuje się srebro w formie nanocząsteczek o wielkości 7–100 nm. Właściwości fizykochemiczne nanocząsteczek srebra związane są z dużym stosunkiem powierzchni aktywnej do objętości. Zależność ta daje możliwość osiągnięcia

bardzo skutecznego działania przeciwdrobnoustrojowego przy stosowaniu bardzo małych stężeń srebra (podawanych w jednostkach ppm). Jednak w przeciwieństwie do jonów srebra nanocząstki wykazują silną tendencję do agregacji, która powoduje, że tracą swoje właściwości. Aby zwiększyć skuteczność nanopreparatów, nanocząstki srebra immobilizuje się na nośnikach, np. dwutlenku tytanu. Jednym z takich nośników jest kompleks TIAB (*tytanium-argentum-benzoicum*). Srebro jest w nim połączone za pomocą wiązania kowalencyjnego z dwutlenkiem tytanu.⁵³ Skuteczność mikrobójczą nanocząstek srebra, dwutlenku tytanu i krzemionki potwierdzają badania naukowe.⁶⁴

Pod wpływem różnych czynników, takich jak światło, temperatura, związki chemiczne, jony srebra przechodzą w formę stałą metaliczną i wtedy srebro traci swoje właściwości przeciwdrobnoustrojowe. Podczas długotrwałego stosowania srebro w formie nieaktywnej może kumulować się w tkankach. W skrajnych przypadkach preparaty srebra przyjmowane w dużych dawkach przez długi czas mogą doprowadzić do argyrii.^{50,65}

W lecnictwie oprócz związków srebra łatwo jonizujących są stosowane preparaty koloidalne. W takich związkach jony srebra są wiązane przez hydrofilowe produkty rozpadu białek i dlatego nie mają określonej struktury. Proteinian srebra (*argentum proteinicum*, protargol) to organiczny kompleks srebra z białkiem mający postać brunatnego lub żółtego proszku. Farmakoeapalny preparat łatwo rozpuszcza się w wodzie, tworząc roztwór koloidalny. Znalazł on zastosowanie w lecnictwie jako środek antyseptyczny i przeciwzapalny. Stosowany jest także miejscowo w laryngologii, dermatologii, okulistyce i niekiedy w urologii w postaci roztworu bądź maści w zakresie stężeń 1–10%. Ponadto wykorzystuje się go do barwienia preparatów biologicznych. W Polsce dostępny jako substancja do receptury aptecznej. Innym preparatem uwalniającym jony srebra jest kolargol, czyli inaczej srebro koloidalne, srebro koloidowe (*argentum colloidal*e, *collargolum*, *corgolum*) – preparat silnie rozdrobnionego srebra z białkiem lub żelatyną. Kolargol ma postać ciemnoszarych płatków o metalicznym połysku lub ciemnoszarego krystalicznego proszku o odcieniu fioletowym. Preparat powoli rozpuszcza się w wodzie z wytworzeniem roztworu koloidalnego. Jest stosowany w lecnictwie jako środek antyseptyczny, głównie w okulistyce, rzadziej w dermatologii i urologii. W Polsce dostępny jest jako surowiec farmaceutyczny i wykorzystywany do sporządzania leków aptecznych (kropli do oczu i nosa, maści, roztworów i niekiedy zasypek). Według FP XI 2017 *argentum colloidal*e *ad usum externum* można stosować jako 0,2–1% roztwór lub 1–15% maść. Nie należy mylić kolargolu ze srebrem koloidalnym zawartym w suplementach diety w postaci płynów doustnych – są one silnie rozcieńczonymi roztworami.

Przykładami preparatów recepturowych zawierających związki srebra są maść Mikulicza i krople do nosa z kolargolem.

Maść Mikulicza (*Unguentum Nigrum*)

Rp.

Argentum nitricum 1,0

Balsamum peruvianum 10,0

Vaselinum flavum ad 100,0

M.f. ung.

Krople do nosa

Rp.

1% *Sol. collargoli* 10,0

M.f. gtt.

Srebro koloidalne jest również wykorzystywane w kosmetykach. Ma właściwości antibakteryjne oraz regenerujące skórę. Kolargol znajdziemy w kosmetykach na trądzik zmniejszających widoczność blizn oraz przebarwień, a także w preparatach przeciwzmarszczkowych. Używa się go również do walki z łupieżem oraz złagodzenia swędzenia skóry głowy.⁶⁶ Srebro koloidalne to lekarstwo na wszelkie problemy skórne, jest odpowiednie do każdego rodzaju cery, ponieważ regeneruje i nawilża naskórek oraz łagodzi podrażnienia. Przyspiesza gojenie się ran i jest najlepszą z form terapii stosowanych przy oparzeniach. Ponadto doskonale sprawdza się przy łojotokowym zapaleniu skóry, egzemach, grzybicach i odleżynach.

Innym związkiem srebra o podobnym działaniu jest targezyna. Targezyna (*targesinum*, *argentum diacetylotannicum albuminatum*) to inaczej dwuacetylotaninobiałczan srebrowy, koloidalne połączenie kompleksowe zawierające 6% srebra. Targezyna ma postać ciemnoszarych do ciemnobrązowych płytek o metalicznym połysku lub proszku. Wykazuje działanie bakteriobójcze i ściągające. Czasem stosowana jest miejscowo w okulistyce i laryngologii w postaci kropli i maści w stężeniach 0,5–4%. Dawniej podawano ją doustnie w chorobach gastroenterologicznych.

Preparaty handlowe

Mova Nitrat Pipette, krople do oczu, roztwór (10 mg azotanu srebra w 1 ml roztworu) – 50 pipetek po 0,5 ml

Produkt stosowany wyłącznie w lecznictwie zamkniętym, dospojówkowo. Lek podaje się jednorazowo noworodkom po jednej kropli do worka spojówkowego każdego oka. Preparat stosowany w zapobieganiu zakażeniom przedniego odcinka oka u noworodków, szczególnie wywołanym przez *Neisseria gonorrhoeae* – rzeżączkowemu zapaleniu spojówek (zabieg Credego) oraz zakażeniom wywołanym przez *Chlamydia* spp. i *Staphylococcus* spp. Zabieg powinien być stosowany u każdego noworodka bezpośrednio po urodzeniu. Należy zachować ostrożność, gdyż przy wielokrotnej aplikacji leku może wystąpić uszkodzenie rogówki prowadzące do ślepoty.

Srebro koloidalne AG10, płyn, 500 ml; skład: woda dejonizowana, srebro koloidalne

Preparat przeznaczony do stosowania w łagodzeniu przebiegu i wspomagająco w trakcie leczenia wirusowych, bakteryjnych, grzybiczych infekcji jamy ustnej. W celach leczniczych jamę ustną płucze się ok. 20 s. Potem płyn należy wypłuć. Po płukaniu nie wolno ani jeść, ani pić przez ok. 20 min. Zgodnie z zaleceniami i wskazówkami podanymi przez wytwórcę wyrób należy stosować 3 razy dziennie.

Srebrna Woda nano-TECH – aXonnite Silver, skład: nanocząstki srebra metalicznego, woda demineralizowana; koncentracja: 50 mg/kg (50 ppm).

Produkt aXonnite Silver najczęściej wykorzystywany jest zewnętrznie do przemywania ran za pomocą wacików nasączonych koloidem lub w formie okładów. Ma potwierdzoną skuteczność w przypadku leczenia: oparzeń, trudno gojących się ran, zadrapań i skaleczeń, trądziku, wysypki i wyprysków, zmian skórnych, łuszczycy, opryszczki czy ospy wietrznej, ukąszenia owadów, zapalenia skóry, uszu i oczu,

a nawet dróg płciowych. Poza tym może być zupełnie bezpiecznie zakraplany do oczu lub nosa i stosowany do płukania jamy ustnej.

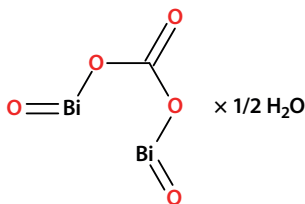
Ponadto działanie antybakteryjne i przeciugrzybicze preparatu wykorzystywane jest do oczyszczania wody pitnej, w saunach i basenach, gdyż w przeciwieństwie do chloru nie drażni oczu. Może być używany również do dezynfekcji pomieszczeń, klimatyzacji, mebli i urządzeń, a także bezpiecznie stosowany w preparatach przeznaczonych do ochrony i leczenia zwierząt oraz jako skuteczny środek do ochrony roślin przed rozwojem pleśni i grzybów. Można nim bezpiecznie spryskać rośliny zarówno w domu, jak i na zewnątrz.

Acticoat Flex 3 – antybakteryjny opatrunek na rany ze srebrem nanokrystalicznym. Opatrunek może szybko uwalniać duże ilości srebra, przez co stanowi barierę antybakteryjną skuteczną do 3 dni. Wskazaniem do stosowania są: rany powierzchniowe i głębokie, oparzenia, rany pooperacyjne, odleżyny, owrzodzenia żyłne i owrzodzenia cukrzycowe.

4.2.2. Sole i związki kompleksowe bizmutu

W leczeniu jako czynniki przeciwbakteryjne znajdują zastosowanie także nieorganiczne i organiczne związki bizmutu. Są one wykorzystywane jako środki odkażające, ściągające i przeciwzapalne. Z uwagi na dużą toksyczność jonów bizmutu w praktyce wykorzystuje się nierozpuszczalne w wodzie zasadowe sole bizmutu(III) pochodzące zarówno od kwasów nieorganicznych, jak i organicznych. Preparaty te nie rozpuszczają się w lipidach i nie kumulują się w tkance tłuszczowej. Uwalniane w kontakcie ze środowiskiem naturalnym jony bizmutu(III), podobnie jak inne jony metali ciężkich, wykazują zdolność denaturowania białek organizmów żywych. Jony bizmutu wykazują tendencję do nieodwracalnego wiązania grup tiolowych występujących w białkach i tworzących enzymy, a także obecnych w mikroorganizmach, co powoduje wystąpienie silnego działania odkażającego, ściągającego i przeciwzapalnego preparatów je zawierających.

Z soli nieorganicznych są wykorzystywane zasadowe sole bizmutu(III), które nie rozpuszczają się w wodzie. Najczęściej stosowaną solą nieorganiczną jest zasadowy węglan bizmutu(III) – *bismuthi subcarbonas* (**rycina 7**).



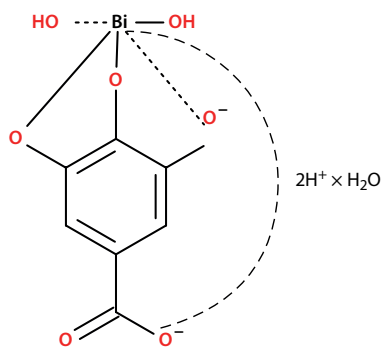
Ryc. 7. *Bismuthi subcarbonas*

Opracowano na podstawie: Pawłowski M.
Chemia Leków. Warszawa, Polska: PZWL; 2020.

4. Przegląd stosowanych środków dezynfekcyjnych i antyseptycznych

Związek ten jest antyseptykiem powierzchniowym, działającym również ściągająco, przeciwzapalnie, osłaniająco. Podawany jest także doustnie w chorobie wrzodowej, biegunkach, nieżytach jelit.

Innym związkiem bizmutu jest zasadowy galusan bizmutu (*bismuthi subgallas*), zwany powszechnie dermatolem. Jest on organicznym połączeniem (o charakterze kompleksowym) wodorotlenku bizmutu(III) z kwasem galusowym (**rycina 8**).



Ryc. 8. Dermatol

Opracowano na podstawie: Pawłowski M.
Chemia Leków. Warszawa, Polska: PZWL; 2020.

Preparat ten jest ciężkim kremowożółtym proszkiem stosowanym jako zasypka na trudno gojące, ropiejące rany. Dermatol ma właściwości ściągające zarówno w przypadku użycia na skórę, jak i błony śluzowe lub bezpośrednio na ranę. Na skórze i błonach śluzowych tworzy barierę ochronną. Działa on również ściągająco na naczynia krwionośne, zapobiegając obrzękom. Ponadto jego stosowanie zapobiega drobnym krwawieniom, osusza ranę oraz delikatnie ją odkaża. Dermatol w postaci proszku aplikuje się zewnętrznie bezpośrednio na zmienioną chorobowo skórę. Proszkiem należy posypać rany, otarcia lub owrzodzenia.

Preparaty handlowe

Dermatol – zasadowy galusan bizmutu (*bismuthi subgallas*)

Preparat denaturuje białka, tworząc w ten sposób nierozpuszczalną warstwę ochronną na skórze i błonach śluzowych. Działa adsorbująco, ściągająco, wysuszająco oraz słabo przeciwbakteryjnie. Dzięki kurczeniu naczyń w warstwie zdenaturowanej zmniejsza przekrwienie tkanek w stanach zapalnych i zatrzymuje krwawienia o niewielkim nasileniu.

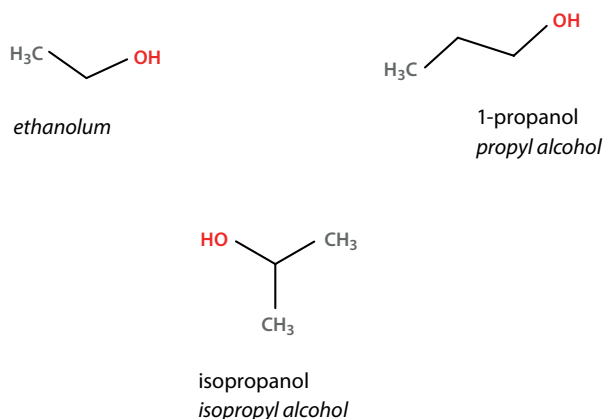
Stosowany w stanach zapalnych skóry, owrzodzeniach, ranach sączących. Miejscowo w postaci zasypek (1 : 4) lub bez rozcieńczenia 2–3 razy dziennie.

Inne preparaty dostępne na polskim rynku zawierające zasadowy galusan bizmutu(III):

- **Bizmutu galusan zasadowy** (Hasco) – proszek;
- **Dermatol** (Aflofarm) – puder leczniczy;
- **Dermatol** (Gemi) – proszek;
- **Dermatol** (LGO) – proszek.

4.3. Alkohole o działaniu dezynfekującym i antyseptycznym

Działanie przeciwdrobnoustrojowe wykazują także alkohole, przy czym alkohole pierwszorzędowe są skuteczniejsze niż dwu- i trzeciorzędowe. W praktyce są stosowane alkohole zawierające od 1 do 3 atomów węgla, czyli etanol, *n*-propanol i izopropanol (**rycina 9**).



Ryc. 9. Alkohole stosowane do dezynfekcji

Opracowano na podstawie: Pawłowski M.
Chemia Leków. Warszawa, Polska: PZWL; 2020.

Mechanizm działania alkoholi polega na zdolności przenikania do wnętrza komórek drobnoustrojów i denaturacji białek. Prowadzi to do zakłócenia metabolizmu i finalnie do lizy komórki.^{7,10,67} Alkohole w stężeniu 60–70% mają silne działanie bakteriobójcze, wirusobójcze, grzybicobójcze i grzybobójcze, co wielokrotnie potwierdzano w badaniach.^{7,68} Są zatem powszechnie stosowane do dezynfekcji powierzchni i rąk, zarówno w placówkach służby zdrowia, jak i poza nimi.^{69–71}

Najszerzej wykorzystywanym w dezynfekcji alkoholem jest alkohol etylowy (*ethanolum*, etanol). Optymalne działanie bakteriobójcze wykazuje w stężeniu 70–80% i taki stosuje się do odkażania m.in.: rąk, skóry, narzędzi chirurgicznych, mebli. Wyższy homolog etanolu – propanol i jego izomer, czyli izopropanol, wykazują większą aktywność przeciwdrobnoustrojową ze względu na dobrze zrównoważone właściwości

hydro- i lipofilowe. Lepiej penetrują błony biologiczne. Propanol i izopropanol mają optymalne działanie dezynfekujące w stężeniu 60–70%.

Początek działania przeciwbakteryjnego alkoholi pojawia się szybko, ale nie zostają niszczone formy przetrwalnikowe. Przykładowo przy odkażaniu skóry rąk i przedramion czas ten wynosi 0,6 min dla alkoholu etylowego o stężeniu 70%. Alkohole wykazują szybkie działanie przeciwbakteryjne o szerokim spektrum wobec bakterii wegetatywnych (w tym prątków), wirusów i grzybów, ale nie są sporobójcze.⁶⁷ Wiadomo jednak, że hamują odwracalnie sporulację i kiełkowanie zarodników. Z uwagi na brak aktywności sporobójczej alkohole nie są zalecane do sterylizacji, ale są szeroko stosowane zarówno do dezynfekcji twardych powierzchni, jak i antyseptyki skóry. Alkohole w mniejszych stężeniach mogą być również wykorzystywane jako środki konserwujące i potęgujące działanie innych środków dezynfekcyjnych. Często bowiem przygotowuje się mieszanki zawierające oprócz alkoholu inne środki przeciwdrobnoustrojowe (np. chlorheksydynę), które pozostają po szybkim odparowaniu alkoholu. Czasami alkohole łączy się z substancjami pomocniczymi (emolienty), które skracają czas odparowania alkoholu i mogą znacznie zwiększyć skuteczność produktu. Alkoholowe antyseptyki do skóry rąk należą do środków o silnym i szybkim działaniu. Aby preparaty te były skuteczne, muszą odpowiadać wymaganiom normy europejskiej EN-1500.⁷² Według tej normy średnia dopuszczalna redukcja żywych bakterii (zwykle jako inokulum stosuje się czystą kulturę niepatogennego szczepu *Escherichia coli*) z badaną formacją nie powinna być znacznie gorsza od uzyskanej przy użyciu referencyjnego środka do dezynfekcji rąk na bazie alkoholu (alkohol izopropylowy 60% v/v).⁷² Z kolei dezynfekując sprzęt medyczny alkoholem, należy pamiętać, że może on doprowadzić do uszkodzenia istotnych jego elementów. Szczególnie podatne na zniszczenie (w wyniku długotrwałej dezynfekcji) są gumowe i plastikowe rurki, szklane soczewki oraz powłoki soczewek. Wiadomo też, że alkohole są łatwopalne, dlatego trzeba zadbać o właściwe przechowywanie i wentylację pomieszczenia podczas używania ich jako środków dezynfekujących.

Preparaty handlowe

Inteno AntiSeptic, spray do dezynfekcji powierzchni; substancja czynna: etanol 70 g/100 g roztworu preparatu, zawiera kompozycję zapachową

Inteno AntiSeptic to produkt dezynfekujący o działaniu wirusobójczym i bakterio-bójczym. Stosowany jest do dezynfekcji powierzchni, mebli, materiałów oraz wyposażenia. W celach dezynfekcyjnych należy spryskać powierzchnię preparatem i odczekać minutę.

Stoprix Travel, aerozol do dezynfekcji rąk i powierzchni; substancja czynna: etanol 72 g/100 g roztworu preparatu

To specjalistyczny produkt służący do higienicznej i chirurgicznej dezynfekcji rąk oraz powierzchni niemających kontaktu z żywnością wykazujący działanie wirusobójcze (w tym na koronawirusa), grzybobójcze, jak również antybakteryjne. Produkt

przeznaczony jest zarówno do powszechnego, jak i profesjonalnego stosowania w jednostkach służby zdrowia.

Zastosowanie:

- dezynfekcja higieniczna – spryskać dłonie, wcierać dokładnie w skórę rąk przez minimum 30 s;
- dezynfekcja chirurgiczna – spryskać dłonie, wcierać 3 min; czynność powtórzyć, odczekać do całkowitego wyschnięcia;
- dezynfekcja powierzchni – spryskać preparatem powierzchnię z odległości około 20 cm, dbając o całkowite jej pokrycie, odczekać 60 s; wytrzeć do sucha czystą szmatką lub ręcznikiem papierowym.

Jest to produkt biobójczy zarejestrowany w Urzędzie Rejestracji Produktów Leczniczych, Wyrobów Medycznych i Produktów Biobójczych. Numer pozwolenia na obrót: 0003/TP/20. Nie stosować do powierzchni mających bezpośredni kontakt z żywnością.

Donum Naturea, żel do dezynfekcji rąk o właściwościach antybakteryjnych, 100 ml; substancja czynna: etanol 70 g/100 g roztworu preparatu

Produkt wykazuje działanie wirusobójcze, grzybobójcze oraz bakteriobójcze. Jest przeznaczony do higienicznej dezynfekcji rąk bez użycia wody. Około 3 ml żelu należy rozprowadzić na czystych, suchych rękach, a następnie wcierać przez 30 s. Dłonie przez cały czas działania żelu powinny być wilgotne. Produkt nie wymaga spłukiwania.

Alkosept 70, płyn do dezynfekcji rąk, powierzchni oraz sprzętu, 100 ml; substancja czynna: etanol 70 g/100 g roztworu preparatu

To preparat o właściwościach bakteriobójczych, wirusobójczych i grzybobójczych. Odpowiedni do dezynfekcji rąk (chirurgicznej oraz higienicznej), powierzchni oraz urządzeń, również tych mających kontakt z żywnością. Nadaje się do stosowania w miejscach publicznych, placówkach związanych z ochroną zdrowia, przemyśle spożywczym oraz w gastronomii.

Skinsept Pur, 100 g roztworu zawiera następujące substancje czynne: 46,0 g etanolu (zdenaturowany w stężeniu 96%), 27,0 g alkoholu izopropylowego, 1,0 g alkoholu benzylowego

To preparat do odkażania skóry przed operacjami, iniekcjami, punkcjami, pobraniem krwi, szczepieniami i zmianami opatrunku.

Sposób stosowania (według zaleceń producenta):

- odkażanie skóry przed operacjami i punkcjami: nierozcieńczony roztwór preparatu nanieść przy pomocy sterylnego tamponu na skórę, rozprowadzić po powierzchni skóry, odczekać 1 min aż do wyschnięcia; przy zagrożeniu wirusem HBV należy przedłużyć czas działania do 2 min, powtórnie nanosząc preparat na skórę; czynność należy powtórzyć;
- odkażanie skóry przed iniekcjami, pobraniem krwi, szczepieniami, akupunkturą: partię skóry spryskać przed wkluciem i odczekać 15 s; w celu poszerzenia spektrum działania o wirusy przedłużyć czas działania do 1 min; przy zagrożeniu wirusem HBV przedłużyć czas działania do 2 min, powtórnie spryskując skórę; Skinsept Pur odkaża i odtłuszcza skórę.

Produkt jest skuteczny przeciwko występującym na skórze bakteriom (włącznie z prątkami gruźlicy), grzybom oraz wirusom (HBV, HIV, rotawirusy, adenowirusy).

Soft-Zellin-C, płatki włókninowe nasączone alkoholem, 100 szt.

Soft-Zellin-C to produkt w formie zestawu kompresów nasączonych 70% alkoholem izopropylowym. Kompresy zostały wykonane z delikatnej włókniny (połączenie wiskozy i poliestru). Przeznaczone są szczególnie do przemywania skóry przed iniekcjami, pobieraniem krwi oraz przed zabiegami kosmetycznymi i medycznymi.

AHD 2000, alkoholowy płyn do dezynfekcji rąk i skóry, 1 butelka 150 ml; 799 mg etanolu w 1 g preparatu, skład: etanol w stężeniu 96%

Płyn dezynfekujący AHD działa biobójczo (pełne spektrum: bakterie, prątki, grzyby, wirusy – polio, adenowirusy, norowirusy, rotawirusy, HIV, HBV, HCV [ang. *hepatitis C virus*, wirus zapalenia wątroby typu C], H₁N₁ – jeden z podtypów wirusa grypy) w ciągu 1 min.

Mikrozid AF Liquid, skład: 35,0 g *n*-propanolu, 25,0 g etanolu

Ecolab Sirafan Spray, skład: 35,0 g izopropanolu, 25,0 g *n*-propanolu

4.4. Fenol i jego pochodne

Do pochodnych fenolu o działaniu dezynfekującym i odkażającym zaliczamy m.in.: *m*-krezol, triklosan, heksachlorofen, a także pochodne występujące w surowcach roślinnych – eugenol i tymol. Struktury wymienionych związków przedstawiono na [rycynie 10](#).

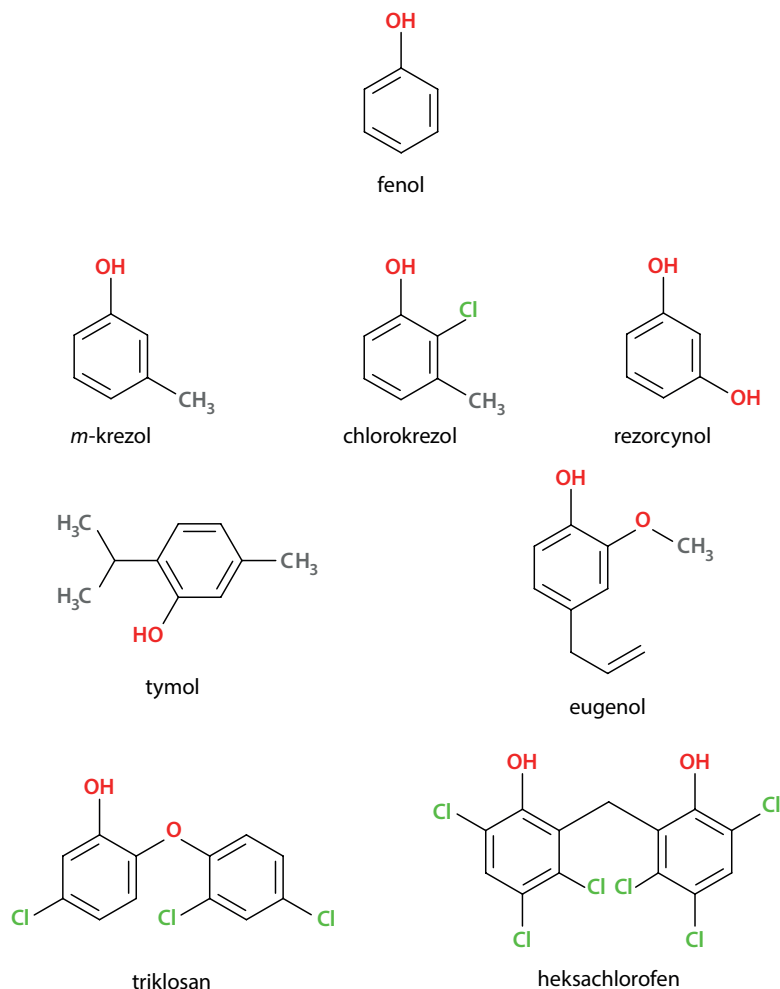
Fenol (*phenolum* [FP VIII], *acidum carbolicum*) jest jednym z najwcześniej stosowanych w medycynie środków przeciwbakteryjnych. W stężeniach powyżej 1% działa bakteriobójczo, w stężeniu 0,2% działa bakteriostatycznie, a 1,3% roztwory wykazują działanie grzybobójcze.⁷³ Jako środek dezynfekujący fenol ma już prawie historyczne znaczenie. Jest to związek o dużej toksyczności. Zastosowany na skórę powoduje przenikającą w głąb martwicę. Z uwagi na ten efekt może być jeszcze wykorzystywany do niszczenia miazgi zębowej, a także do konserwacji. Fenole (i bisfenole) mają przykry zapach i działają drażniąco. Stosowane są głównie jako środki konserwujące leki lub kosmetyki. W niskich stężeniach powodują zmiany w przepuszczalności błony cytoplazmatycznej. Powoduje to wyciek składników komórkowych i zmiany w zawartości tlenu w komórkach. W wyższych stężeniach wywołują denaturację białek. Mechanizm działania fenoli związany jest z obecnością grupy hydroksylowej w cząsteczce. Fenole szczególnie łatwo wnikają do komórek. Bakterie różnią się opornością na fenol i jego pochodne.

Z uwagi na toksyczność fenolu szerzej są wykorzystywane pochodne fenolu – metylofenole (krezol) czy chlorometylofenole.

Preparaty krezolu (*cresolum crudum* [FP VIII]) stosowane w medycynie zawierają zwykłe mieszaninę wszystkich trzech izomerów. Krezol ([rycina 10](#)) to dość skuteczny środek przeciwbakteryjny, jest przy tym mniej toksyczny od fenolu. Posiada szerokie spektrum działania przeciwbakteryjnego. Wykazuje również aktywność przeciwgrzybiczą.⁷⁴ Mechanizm działania fenolowych pochodnych środków bakteriobójczych polega na fizycznym uszkodzeniu błon komórkowych bakterii. Wynika to z wywołanych przez te środki

zmian w przepuszczalności bariery osmotycznej błon komórkowych bakterii, co umożliwia ucieczkę lub wyciek normalnych składników cytoplazmatycznych, ich rozprężanie oraz późniejszy wyciek z komórki.⁷⁵ Jako środki odkażające stosowane są również chlorometylofenole. Chlorokrezol (*chlorocresolum*) – **rycina 10** służy do odkażania rąk, pola operacyjnego, narzędzi czy konserwacji preparatów.

Do naturalnych pochodnych fenolu o działaniu dezynfekującym zaliczyć można tymol i eugenol. Tymol (**rycina 10**), czyli 1-metylo-3-hydroksy-4-izopropylbenzen (*isopropylmeta-cresolum*) to alkilowa pochodna fenolu. Tworzy bezbarwne kryształy



Ryc. 10. Fenol i jego pochodne

Opracowano na podstawie: Pawłowski M. *Chemia Leków*. Warszawa, Polska: PZWL; 2020; Dressler H. *Resorcinol: its uses and derivatives*. Nowy Jork, USA: Springer; 1994. <https://go.drugbank.com/drugs/DB16864>. Dostęp 12.12.2022.

o charakterystycznym silnym zapachu macierzanki. Jest nierozpuszczalny w zimnej wodzie, natomiast łatwo rozpuszczalny w tłuszczach, alkoholu i eterze. Drażni skórę i błony śluzowe. Tymol jest silniejszym antyseptykiem niż fenol czy krezol. Zabija bakterie już w silnie rozcieńczonych roztworach (1 : 3000). Działa odkażająco, przeciwwirusowo, przeciwbakteryjnie, przeciwprzotniakowo, przeciwroztoczowo i przeciwpałazowicznie. Stosowany jest zewnętrznie do odkażania skóry, błon śluzowych, kanałów zębowych, ran i ropni. Leczy opryszczkę, afty, mokre ropne wypryski. Jest również skuteczny w leczeniu grzybicy jamy ustnej.⁷⁶ Inną naturalną pochodną fenolu jest eugenol (1-hydroksy-2-metoksy-4-allilobenzen, 4-allilogwajakol). Jest to związek o mocnym goździkowym zapachu i ostrym, korzennym smaku. Działa silnie antyseptycznie, odwadniająco, znieczulająco, przeciwgnilnie, przeciwświądowo. Stosowany jest głównie w stomatologii (składnik past odkażających i cementów). Może być również użyty do odkażania skóry, błon śluzowych i ran, ropni.

Drugą serię stosowanych w dezynfekcji fenoli tworzą bisfenole z podstawnikiem aromatycznym w pozycji *orto*, przy czym podstawnik aromatyczny może być związany z cząsteczką fenolu bezpośrednio, poprzez atom tlenu lub poprzez mostek jednowęglowy. Przykładami takich związków są triklosan i heksachlorofen. Struktury obu związków zostały pokazane na [rycynie 10](#). Wykazują one szerokie spektrum działania przeciwdrobnoustrojowego, ale mają niewielką aktywność wobec *Pseudomonas aeruginosa* i pleśni oraz są sporostatyczne wobec przetrwalników bakterii.⁷⁷ Triklosan i heksachlorofen są stosowane w mydłach antyseptycznych i płukankach do rąk.

Triklosan [*triclosan*, 5-chloro-2-(2,4-dichlorofenoksy)fenol – [rycina 10](#)] występuje w preparatach prostych i złożonych jako środek przeciwbakteryjny, do odkażania skóry, narzędzi i konserwacji leków. Związek ten obecny jest w ponad 2000 produktów konsumenckich, takich jak: pasty do zębów, płyny do płukania jamy ustnej, przybory kuchenne i zabawki.⁷⁸ Z uwagi na powszechność stosowania obserwowane jest zarówno korzystne, jak i szkodliwe działanie triklosanu na zdrowie ludzkie i bakterie.⁷⁹ Raporty sugerują, że oprócz właściwości antybakteryjnych może wykazywać aktywność prozapalną.⁷⁸ W wysokich stężeniach (rzędu kilku procent) triklosan działa bakteriobójczo. Jego celem jest błona cytoplazmatyczna i cytoplazma. Jednak w niskich stężeniach (0,05%) działa bakteriostatycznie poprzez inhibicję syntezy kwasów tłuszczowych niezbędnych do budowy błony komórkowej. Triklosan wiąże się z bakteryjnym enzymem – reduktazą białka przenoszącego grupę enolowo-acylową (ENR). To wiązanie powoduje wzrost powinowactwa enzymu do NAD⁺. Dochodzi do powstania stabilnego trzeciorzędowego kompleksu ENR-NAD⁺-triklosan nieaktywnego w syntezie kwasów tłuszczowych.⁸⁰ W badaniach z *Escherichia coli* triklosan w małych stężeniach hamował pobieranie niezbędnych składników odżywczych, natomiast wyższe, bakteriobójcze, stężenia powodowały szybkie uwolnienie składników komórkowych i lizę komórki.⁷⁹ Triklosan został włączony do detergentów (0,4–1%) i preparatów na bazie alkoholu (0,2–0,5%) używanych do higienicznej i chirurgicznej antyseptyki rąk lub przedoperacyjnej dezynfekcji skóry. Hamuje działanie gronkowców, bakterii grupy *coli* i szeroki zakres Gram-ujemnej flory jelitowej i flory skórnej.⁸¹ Poza tym wykazuje umiarkowaną aktywność wobec *Mycobacterium tuberculosis* i słabą aktywność wobec grzybów.⁸²

Heksachlorofen (*hexachlorophene*), czyli 2,2'-metyleno-bis-(3,4,6-trichlorofenol) – **rycina 10**, uchodzi za jeden z najskuteczniejszych środków przeciwbakteryjnych z grupy bisfenoli. Wykazuje szczególną aktywność wobec bakterii Gram-dodatnich.⁸³ Hamuje również wzrost większości grzybów chorobotwórczych. Heksachlorofen stosowany wielokrotnie na skórę (np. jako składnik mydła przeciwbakteryjnego) gromadzi się w powierzchniowych warstwach naskórka. Maksymalne stężenie pojawia się po 2–4 dniach. W tym czasie liczba bakterii znajdujących się na skórze może się zmniejszyć nawet o 90–99%.

Heksachlorofen jest obecnie używany również jako środek konserwujący. Małe stężenia powodują, że takie zastosowanie uchodzi za bezpieczne. Jest stosowany w preparatach prostych i złożonych w leczeniu grzybic powierzchniowych skóry (maści, aerozole, roztwory). W większych stężeniach heksachlorofen jest jednak związkiem toksycznym. Wchłanianie się przez skórę i długotrwałe stosowanie preparatów, które mają go w składzie, może być przyczyną przewlekłego zatrucia. Z tego też powodu popularność heksachlorofenu znacząco zmalała.

Pochodnymi fenolu o działaniu przeciwbakteryjnym są również difenole, np. rezorcynol wykorzystywany w dermatologii. Rezorcynol (*resorcinolum*) jest związkiem o silnych właściwościach keratolitycznych i przeciwzapalnych. Działa bakterio- i grzybobójczo. W preparacie złożonym Pigmentum Castellani (połączony z fenolem i kwasem borowym) stosowany jest na powierzchowne grzybice i powierzchowne zakażenia bakteryjne skóry.

Preparat handlowy

Pigmentum Castellani, 1 butelka 50 g lub 125 g; skład: *phenolum* + *resorcinolum* + *acidum boricum* (40 mg + 80 mg + 8 mg)/g płynu – płyn na skórę

Preparat stosowany na powierzchowne grzybice i powierzchowne zakażenia bakteryjne skóry. Lek ma postać płynu do stosowania na skórę. Jest to preparat złożony, który wykazuje skojarzone działanie substancji czynnych – fenolu, rezorcynolu i kwasu borowego. Ma działanie odkażające, w tym grzybobójcze, przeciwzapalne i złuszczone. Zawarty w leku fenol działa grzybobójczo i bakterio-bójczo, kwas borowy – słabo bakteriostatycznie i grzybobójczo, a rezorcynol ma słabe działanie odkażające i złuszczone.

Należy stosować zewnętrznie. Dorośli: smarować lub pędzlować 2–3 razy na dobę chorobowo zmienione powierzchnie skóry. Dzieci powyżej 3 lat i młodzież: zmienioną skórę smarować raz na dobę.

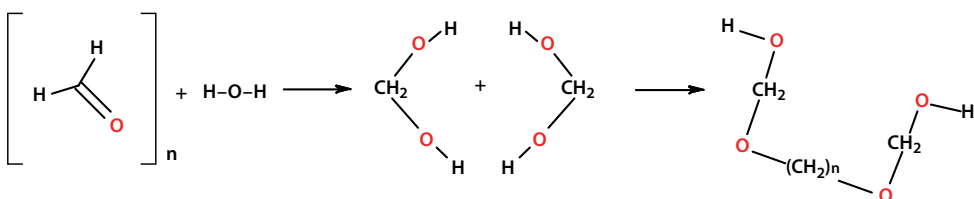
Czas leczenia preparatem nie powinien być dłuższy niż 7 dni (ze względu na obecność fenolu i związane z tym ryzyko znacznego podrażnienia skóry).

Lek silnie barwi skórę!

4.5. Aldehydy: formaldehyd i aldehyd glutarowy

Aldehydy są to substancje chemiczne o wzorze ogólnym $R-CO-H$, zawierające jeden atom wodoru grupy funkcyjnej. Dzięki swej budowie są bardzo reaktywne i wykazują silne właściwości bakteriobójcze.^{84,85}

Formaldehyd (aldehyd mrówkowy) w postaci roztworu wodnego o nazwie formalina (35% roztwór wodny) to najprostszy w swej budowie ($H-CO-H$) przedstawiciel grupy. W zależności od rozcieńczenia jest stosowany do dezynfekcji pomieszczeń, konserwacji preparatów anatomicznych, przechowywania materiału do badań histopatologicznych oraz używany podczas autopsji (10% roztwór wodny), a także jako środek przeciwwrzysz-biczny na zrogowaciały naskórek (roztwór 1–2%). Aldehyd w roztworach wodnych jest nietrwały, ulega polimeryzacji do paraformaldehydu (substancja stała), który następnie w podwyższonej temperaturze w wyniku odwrotnego procesu (depolimeryzacji) uwalnia opary – gazowy formaldehyd (**rycina 11**).⁸⁵



Ryc. 11. Polimeryzacja formaldehydu do paraformaldehydu

Preparaty zawierające aldehyd mrówkowy ze względu na silnie drażniące działanie na błony śluzowe dróg oddechowych są wskazane do dezynfekcji powierzchni i pomieszczeń, w których powietrze szybko się wymienia, np. za pomocą filtrów HEPA w łóżach laminarnych i boksach aseptycznych. Ze względu na toksyczność formaldehyd traci na znaczeniu i jest zastępowany znacznie bezpieczniejszymi preparatami.⁸⁶

Formaldehyd jest stosowany głównie jako roztwór wodny zwany formaliną. Ma działanie bakteriobójcze, prątkobójcze, grzybobójcze, wirusobójcze i sporobójcze. Jest to potencjalny czynnik rakotwórczy, co znacząco ogranicza zastosowanie, przy czym ekspozycja, czyli czas narażenia pracownika na formaldehyd, nie może przekraczać norm zgodnie ze standardowymi wytycznymi. Formaldehyd inaktywuje mikroorganizmy poprzez alkilowanie grup aminowych i sulfhydrylowych białek oraz atomów azotu w pierścieniach zasad purynowych. Niszczy szeroką gamę mikroorganizmów w zależności od zastosowanych w preparatach rozcieńczeń.⁸⁶

Jest wirusobójczy (roztwory 2%) – z wyjątkiem wirusa polio, który wymaga 8% stężenia, prątkobójczy (roztwór 4%) oraz bakteriobójczy (formaldehyd w stężeniu 2,5%). Działanie sporobójcze formaldehydu jest powolne i trwa co najmniej 2 godz. w porównaniu z zaledwie 15 min w przypadku aldehydu glutarowego. Chociaż formaldehyd jest bardzo skutecznym środkiem dezynfekującym, jego zastosowanie medyczne jest

ograniczone ze względu na działanie drażniące (opary) i ostry zapach nawet przy bardzo niskich poziomach (<1 ppm).^{86–88}

Szerokie zastosowanie znajduje aldehyd glutarowy: $\text{HOC}-(\text{CH}_2)_3-\text{COH}$ (*glutaralum*). Jest to związek aktywny wobec bakterii kwasoodpornych, wirusów i grzybów, którego siła działania jest najwyższa w środowisku słabo zasadowym (pH 7,5–8,5), dlatego jego roztwory sporządzane są z użyciem alkoholu izopropylowego z dodatkiem wodorowęglanu jako substancji buforującej (stabilizującej).⁸⁵ Tak przygotowane preparaty (1–2% aldehydu glutarowego, 0,3% NaHCO_3 , 70% izopropanolu) są stosowane do dezynfekcji narzędzi chirurgicznych, szkła i urządzeń diagnostycznych.

Zasadniczy mechanizm działania aldehydów wynika z ich reaktywności wobec wolnych grup aminowych i amidowych kwasów nukleinowych ściany komórki bakterijnej i błony cytoplazmatycznej bakterii. W reakcji z grupą aldehydową powstają pochodne hydroksylowe (alkoholowe), które z tymi grupami ($\text{R}-\text{NH}_2$ i $\text{R}-\text{CO}-\text{NH}_2$) tworzą mostki metylenowe ($-\text{CH}_2-$), czyli połączenia międzycząsteczkowe. W wyniku kurczenia się błony komórkowej następuje wzrost ciśnienia wewnątrz komórki i jej obumarcie. Trzeba mieć na uwadze, że aldehydy w kontakcie z materiałem biologicznym (osoczem, krwią) ulegają dezaktywacji, dlatego dezynfekowana powierzchnia powinna być dokładnie oczyszczona z pozostałości i wstępnie umyta odpowiednimi detergentami.⁸⁶

Ponadto należy pamiętać, iż aktywność przeciwdrobnoustrojowa roztworu aldehydu zależy od czasu ekspozycji oraz jego upływu od momentu sporządzenia aktywnego roztworu, jego rozcieńczenia/stężenia i możliwości zetknięcia się z materiałem biologicznym. Roztwór alkaliczny (o odczynie zasadowym) jest sporobójczy. Aktywność biobójcza aldehydu glutarowego wynika z alkilowania grup sulfhydrylowych, hydroksylowych, karboksylowych i aminowych mikroorganizmów, co zmienia syntezę RNA, DNA i białek. Zwykle stosowane są wodne roztwory aldehydu glutarowego o stężeniu 2% lub wyższym, zbuforowane do pH 7,5–8,5 wodorowęglanem sodu, które działają bakteriobójczo w czasie krótszym niż 2 min. Efekt prątkobójczy, grzybobójczy, wirusobójczy jest obserwowany w czasie krótszym niż 10 min. Natomiast działanie sporobójcze wymaga do 3 godz. ekspozycji.⁸⁷

Aldehyd glutarowy jest skuteczny zarówno wobec lipofilowych, jak i hydrofilowych grup wirusów.⁸⁸

Roztwory 2,4% i 3,4% aldehydu glutarowego oraz mieszanina aldehydu glutarowego w stężeniu 1,12% z fenolem w stężeniu 1,93% zostały zatwierdzone jako środki dezynfekujące wysokiego poziomu (**rycina 2**). Aldehyd glutarowy nie powoduje korozji i jest powszechnie stosowany jako bardzo skuteczny środek do dezynfekcji sprzętu medycznego, takiego jak endoskopy, sprzęt anestezjologiczny i różne instrumenty medyczne. Roztwór Bacillocid Special, który zawiera aldehyd glutarowy, może być używany do czyszczenia końcówek aplanacyjnych Goldmann i Goniolens. Po rozcieńczeniu preparatów handlowych należy zwrócić uwagę na minimalny okres przydatności do użycia deklarowany przez producenta.⁸⁴

Preparaty zawierające aldehydy ze względu na wysoki poziom oparów nie powinny być stosowane w słabo wentylowanych pomieszczeniach. Ostra lub przewlekła

4. Przegląd stosowanych środków dezynfekcyjnych i antyseptycznych

ekspozycja personelu może skutkować podrażnieniem lub zapaleniem skóry, podrażnieniem błon śluzowych (oko, nos, usta) prowadzącym do nieżytów i krwawień z nosa, rozwoju chorób alergicznych, a nawet astmy.^{86–88}

Preparaty handlowe

Formaldehyd, 35–38% roztwór wodny, płyn, 100 ml, 500 ml, 1000 ml; surowiec farmaceutyczny do kupienia u następujących producentów: Pixel Amber, Warchem, Laboratoria Galenowe

Formaldehyd, roztwór 10%, płyn (ATC V07AV), Warchem

Formaldehyd 4%, roztwór z buforem fosforanowym (ATC V07AV), Fargon, Histolab

Aldehyd glutarowy, roztwór 25% lub 70%, 2 ml, 5 ml, 10 ml, 100 ml, 250 ml, 500 ml, Warchem

Aldeksol DES FF, płyn (aldehyd glutarowy + czwartorzędowe sole amoniowe) 500 ml

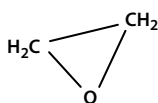
Aldewir, płyn, 500 ml

Aldesan E, płyn, 500 ml, 1000 ml; 2% roztwór wodno-alkoholowy (etanol + propanol) z aktywatorem fosforanowym

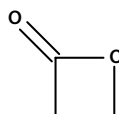
Aerodesin 2000, płyn, 500 ml, 1000 ml; spray (aldehyd glutarowy, etanol, propanol)

4.6. Tlenek etylenu i β -propiolakton

Sterylizacja substancji wrażliwych na wysoką temperaturę, takich jak leki, produkty roślinne, niektóre instrumenty i narzędzia chirurgiczne oraz żywność i odzież, jest prowadzona z zastosowaniem czynników chemicznych: tlenku etylenu czy β -propiolaktonu (**rycina 12**).⁸⁹ Skuteczność sterylizacji chemicznej wymaga zachowania odpowiednich warunków przeprowadzania procesu, tzn.: ciśnienia czynnika chemicznego w postaci gazu, czasu ekspozycji i temperatury prowadzenia procesu. Sposób wykonania efektywnej sterylizacji zwykle określa specyfikacja postępowania, a wyroby medyczne poddawane dezynfekcji muszą być wolne od wilgoci. Opakowanie materiałów medycznych nie może uniemożliwiać penetracji przez gaz (tlenek etylenu lub β -propiolakton) i jednocześnie nie może zmieniać właściwości fizycznych ani chemicznych wyrobu. Sam proces, zgodny ze specyfikacją materiałową, musi być prowadzony w należytych warunkach pozwalających na usunięcie pozostałości tlenku etylenu poprzez odpowiednie napowietrzenie. Należy skutecznie dokonać sterylizacji, a następnie usunąć toksyczny



tlenek etylenu

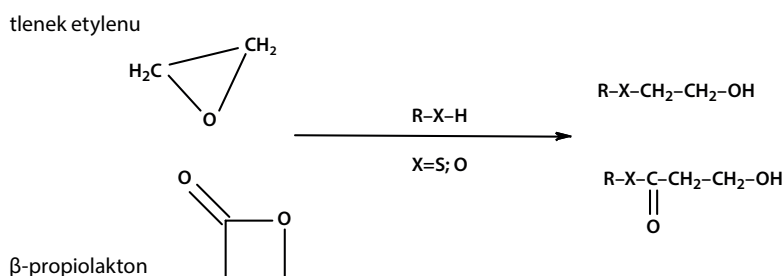


β -propiolakton

Ryc. 12. Tlenek etylenu i β -propiolakton

łatwopalny czynnik chemiczny, aby sam wyrób medyczny lub produkt spożywczy był wolny od zanieczyszczeń i pozostałości.^{89,90}

Związki z grupy cyklicznych eterów, czyli epoksydy, to czynniki alkilujące, które w wyniku rozerwania wiązania epoksydowego acylują grupy nukleofilowe. Przebieg reakcji przedstawiono na **rycinie 13**.



Ryc. 13. Proces alkilowania nukleofilowego

β -propiolakton, podobnie jak tlenek etylenu, działa poprzez alkilowanie grup karboksylowych i hydroksylowych. Pierścień laktonowy ulega rozerwaniu na pierwszym lub trzecim węglu i reaguje z polinukleotydami i DNA, głównie na atom azotu N7 guaniny i N1 adeniny, tworząc pochodne karboksyetylowe. Tworzy również addukty z atomem azotu N3 cytozyny i tyminy.⁸⁹

β -propiolakton jest stosowany jako czynnik sterylizujący w procesie przygotowywania przeszczepów tkanek, a także do wyjaławiania narzędzi chirurgicznych i enzymów oraz jako środek sterylizujący osocze krwi, wodę, mleko i podłoża odżywcze do hodowli komórkowych. Co więcej, bywa także używany w fazie gazowej w zamkniętych przestrzeniach. Działanie sporobójcze dotyczy bakterii węgetatywnych, chorobotwórczych grzybów i wirusów. Należy jednak pamiętać o wysokiej toksyczności tego środka wobec wszystkich form życia.^{89,90}

Ostre (krótkotrwałe) narażenie inhalacyjne na β -propiolakton wywołuje podrażnienie oczu, nosa, gardła i dróg oddechowych personelu. Natomiast miejscowo może powodować podrażnienie skóry, oparzenia i pęcherze po nich. Kontakt z oczami skutkuje trwałym zmętnieniem rogówki. W przypadku połknięcia preparatu dochodzi do kontaktu z błoną śluzową, a w konsekwencji do oparzeń jamy ustnej i żołądka. Opisano przypadki raka płaskonabłonkowego przedżołądka oraz guzy skóry u zwierząt laboratoryjnych poddawanych długoterminowej ekspozycji na czynnik drażniący. Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem (International Agency for Research on Cancer – IARC) zaklasyfikowała β -propiolakton do grupy 2B, czyli jako czynnik potencjalnie rakotwórczy.⁹¹

Osobne zagadnienie to przydatność β -propiolaktonu do produkcji szczepionek. Czynniki biologiczne, takie jak bakterie i wirusy, po odpowiedniej dezaktywacji stanowią materiał do pozyskiwania nośników nukleinowych lub białkowych wykorzystywanych

w preparatach typu szczepionki. Jednym z najbardziej niebezpiecznych czynników zakaźnych w fermach drobiu jest wirus ptasiej grypy, przed którym hodowle kurcząt są chronione dzięki zastosowaniu szczepionek zawierających inaktywowanego za pomocą β -propiolaktonu wirusa z jednym z 10 dopuszczonych do użycia adiuwantów.^{91,92}

Również w procesie uodpornienia hodowli bydła na zakaźnego wirusa zapalenia nosa i tchawicy opracowano skuteczną szczepionkę zawierającą inaktywowanego wirusa. β -propiolakton, skuteczny wobec bakterii, wirusów i grzybów, niszczy rdzeń kwasu nukleinowego wirusów, jednocześnie nie uszkadzając kapsydu, co pozwala na uzyskanie preparatu o odpowiedniej skuteczności serologicznej.⁹²

Obecnie β -propiolakton jest wykorzystywany także w badaniach nad zakażeniami wirusem zapalenia wątroby typu 1. W licznych eksperymentach prowadzonych na surowicy krwi szympanсів potwierdzono jego niezwykłą skuteczność wobec wirusów zapalenia wątroby w sterylizacji na zimno.⁹³

Jesienią 2019 r. światowe media obiegły doniesienia o szeroko rozprzestrzeniających się w Chinach zakażeniach wywoływanych przez nieznanego wirusa odzwierzęcego. Ze względu na swoją charakterystyczną kolczastą sylwetkę w przestrzeni publicznej funkcjonuje pod nazwą koronawirusa. Zakażenie prowadzi do rozwoju zespołu ostrej niewydolności oddechowej typu drugiego. Wirus został sklasyfikowany jako SARS-CoV-2, jest odpowiedzialny za ogólnoświatową pandemię, której skutek to wiele milionów infekcji i setki tysięcy zgonów. Pandemia zapoczątkowała szeroko zakrojone badania związane zarówno z mechanizmem zakażenia wirusem SARS-CoV-2, jak i przebiegiem choroby oraz sposobem leczenia. Natychmiast wdrożono procedury bezpieczeństwa biologicznego poziomu trzeciego,⁹⁴ opracowane podczas badań nad innymi wirusami. Pozwoliło to na namnażanie i ilościowe oznaczanie zakaźnego wirusa w warunkach laboratoryjnych prowadzące do opracowania najpierw wiarygodnych testów diagnostycznych, a w kolejnym kroku do otrzymania szczepionki przeciw COVID-19. Aby skutecznie inaktywować wirusy i bezpiecznie badać sekwencje nukleotydów (RNA, DNA i białka) zakażonych komórek, także i w tym przypadku sięgnięto po β -propiolakton jako inaktywator.⁹⁵ Odpowiednio inaktywowane preparaty wirusowe i bakteryjne są podstawowymi substratami w przemyśle szczepionek i antysurowic.^{96–98}

Należy pamiętać, że β -propiolakton jest cząsteczką bardzo aktywną biologicznie, szybko reaguje z centrum nukleofilowym RNA, DNA i białek poprzez aminokwasy zawierające siarkę. Prowadzi to do alkilowania grup nukleofilowych, co indukuje mutacje i aberracje chromosomalne, głównie 7-(2-karboksyetylo)guaniny, w mniejszym stopniu adeniny. Ekspozycja na jego toksyczne działanie wobec skóry i błon śluzowych jest zwykle krótka, prowadzi do podrażnień i uszkodzeń tkanek, jednak nie są notowane skutki toksycznego działania ogólnoustrojowego wobec organizmu człowieka. Przypuszczalnie biologiczny okres półtrwania β -propiolaktonu *in vivo* jest zbyt krótki, aby znaczne ilości formy alkilującej mogły dotrzeć do któregośkolwiek z miejsc docelowych. Obecnie dysponujemy znaczną wiedzą na temat właściwości chemicznych i biologicznych tego środka dezynfekującego, co może posłużyć do wykorzystania β -propiolaktonu w badaniach nad wyjaśnieniem mechanizmów mutagenyzy i karcynogenezy oraz czynników łączących te zjawiska w patogenezie chorób nowotworowych.⁹⁰

Preparaty handlowe

β -propiolakton, roztwór 98%, czysty (CAS 57-57-8)

2-Oxetanone (CAS 57-57-8), Sigma-Aldrich, Alfa Aesar

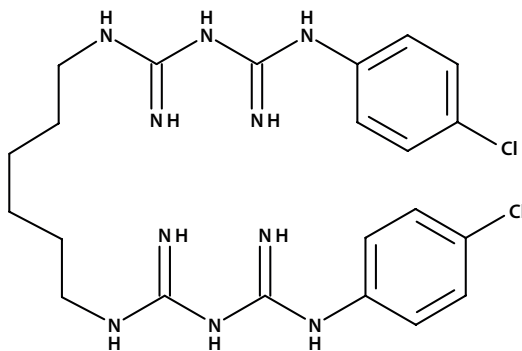
Proces sterylizacji gazowej wymaga posługiwania się odpowiednim sprzętem zapewniającym bezpieczeństwo jego wykonywania. Skuteczność dezynfekcji jest monitorowana pod względem jałowości za pomocą wskaźników biologicznych – są to paski bibuły opłaszczone sporami bakterii, które zostają umieszczone w urządzeniu, a po zakończeniu procesu sterylizacji dzięki inkubowaniu w odpowiednich warunkach nie prowadzą do wzrostu kolonii bakteryjnych. Natomiast za pomocą wskaźników chemicznych, wieloparametrowych należy kontrolować dopuszczalną zawartość czynnika gazowego.

Przykładowy sprzęt: sterylizator na tlenek etylenu – Biobase BKEO2C-225.

4.7. Pochodne guanidyny i amidyny o działaniu dezynfekującym i antyseptycznym

4.7.1. Chlorheksydyna

Cząsteczka chlorheksydyny to kationowy bis-guanid składający się z 2 pierścieni 4-chlorofenylowych i 2 grup biguanidowych połączonych centralnym łańcuchem heksametylenowym (**rycina 14**).⁹⁹



Ryc. 14. Chlorheksydyna: 1,1'-heksametyleno-bis-[(5-*p*-chlorofenyl)-biguanid]

Chlorheksydyna jest pochodną amidyny, jest to grupa związków organicznych o wzorze $R-C-NH_2$. Słabo rozpuszcza się w wodzie, łatwo w alkoholach. Jest stosowana w postaci soli: diglukonianu (*chlorhexidini gluconici*, Manusan), octanu (*acetat*), dichlorowodorku (Sebidin).

Jest pochodną guanidyny o działaniu bakteriobójczym i bakteriostatycznym. Chlorheksydyna służy do odkażania rąk, pola operacyjnego, sterylizacji narzędzi i pomieszczeń w zabiegach chirurgicznych. Nie drażni skóry oraz błon śluzowych, co umożliwia jej zastosowanie w stomatologii zachowawczej, do zmniejszania głębokości kieszonek w zapaleniu przyzębia oraz do leczenia zapalenia dziąseł.^{99,100}

Chlorheksydyna ze względu na spektrum działania jest obecnie jednym z najczęściej stosowanych miejscowo środków antyseptycznych skóry i błon śluzowych. Dostępna bez recepty w różnych postaciach (np. roztwór, gąbka, ściereczka, wacik) znajduje zastosowanie jako miejscowy środek antyseptyczny do odkażania przed zabiegami chirurgicznymi i/lub medycznymi.⁹⁶ Preparaty dentystyczne dostępne są wyłącznie na receptę i obejmują płyn do płukania jamy ustnej wskazany w leczeniu zapalenia dziąseł oraz wolno uwalniający się „chip”, który wprowadzony do kieszonek przyzębnych dorosłych pacjentów przyczynia się do zmniejszania ich głębokości. Jest to sposób na zwalczanie zapalenia przyzębia jako terapia wspomagająca usuwanie kamienia nazębnego i zabiegi wygładzania korzeni.^{100–102}

Chlorheksydyna wykazuje aktywność zarówno przeciwko bakteriom Gram-dodatnim, jak i Gram-ujemnym, drożdżom i wirusom, a jej działanie przeciwdrobnoustrojowe zależy od dawki – chlorheksydyna jest bakteriostatyczna w niższych stężeniach (0,02–0,06%) i bakteriobójcza w wyższych (>0,12%). Badania farmakokinetyczne płukanek z chlorheksydyną wskazują, że ok. 30% aktywnego składnika zatrzymuje się w jamie ustnej po płukaniu, a następnie powoli uwalnia się do płynów jamy ustnej. Ta zdolność do adsorpcji na zębinie (opisana także dla tetracyklin – na przykład doksykliny) jest znana jako substantsyjność i jest wynikiem dodatniego ładunku chlorheksydyny. Prawdopodobnie zdolność absorbowania czynnika przeciwdrobnoustrojowego (chlorheksydyny) przez zębinę zapobiega kolonizacji jamy ustnej przez drobnoustroje chorobotwórcze.^{101–104}

W przypadku przedłużonej terapii (tj. do 6 miesięcy) polegającej na płukaniu jamy ustnej chlorheksydyną mogą pojawić się przebarwienia powierzchni zębów. Pacjenci powinni zostać o tym poinformowani i stosować płukanki z chlorheksydyną przez jak najkrótszy czas, pozwalający jednak na uzyskanie efektywnego działania leczniczego. Znane są również reakcje alergiczne na chlorheksydynę prowadzące do nadwrażliwości o charakterze anafilaksji. W przypadku małych dzieci przedawkowanie chlorheksydyny zdarza się częściej. Jest to związane z nieumiejętnym płukaniem i prawdopodobieństwem połknięcia roztworu, co może spowodować problemy żołądkowe, nudności i zatrucie. Leczenie powinno obejmować działania objawowe i podtrzymujące.^{105–107}

Działanie przeciwdrobnoustrojowe chlorheksydyny wynika z jej zdolności do niszczenia błon komórkowych mikroorganizmów. Dodatnio naładowana cząsteczka chlorheksydyny reaguje z ujemnie naładowanymi grupami fosforanowymi na powierzchni komórek drobnoustrojów – ta reakcja niszczy integralność komórki, ułatwiając wyciek materiału wewnątrzkomórkowego, oraz umożliwia проникnięcie chlorheksydyny do komórki, powodując wytrącanie składników cytoplazmy i ostatecznie śmierć komórki. Przyczyna cytolizy komórki zależy od stężenia chlorheksydyny – niższe stężenia działają bakteriostatycznie i powodują wyciek substancji wewnątrzkomórkowych, takich jak potas i fosfor, a wyższe stężenia działają bakteriobójczo i powodują wytrącanie się cytoplazmy.^{100,101,108–110}

Chlorheksydyna jest szeroko stosowanym preparatem antyseptycznym do skóry i składnikiem pasty do zębów, płynu do płukania jamy ustnej, szczególnie skutecznym w połączeniu z alkoholem. Działanie przeciwdrobnoustrojowe utrzymuje się długo, ponieważ silnie wiąże się z białkami w skórze i błonie śluzowej, dzięki czemu jest skutecznym składnikiem preparatów antyseptycznych do mycia rąk, przygotowania skóry do operacji, a także umieszczania portów dostępu wewnątrznaczyniowego. Cewniki impregnowane chlorheksydyną i innymi środkami przeciwdrobnoustrojowymi mogą zmniejszyć częstość występowania zakażeń krwi związanych z tymi zabiegami. Kontaktowe zapalenie skóry wywołane ekspozycją personelu medycznego na chlorheksydynę nie jest powszechne, a jego częstość występowania u pacjentów z atopią wynosi ok. 2,5–5,4%.^{109,110}

Preparaty handlowe

Aseptall (Encora), spray do jamy ustnej, 30 ml

Curasept ADS 220, płyn do płukania jamy ustnej z dodatkiem chlorheksydyny (0,20%), 200 ml

Elgydium Dental Floss, nić dentystyczna

Elgydium Clinic Perioblock Pro, pasta do mycia zębów, 50 ml

Elugel, żel stomatologiczny na rany, 40 ml

Eludril Classic, płyn do płukania jamy ustnej, 200 ml

Eludril Extra, płyn do płukania jamy ustnej, 300 ml; zawiera chlorheksydynę w stężeniu 0,2%

Sunstar, GUM Paroex, 0,06% chlorheksydyny, płyn do higieny jamy ustnej, 500 ml

Sunstar, GUM Paroex, 0,12% chlorheksydyny, pasta (żel) do terapii krótkoterminowej, 75 ml

OrthoKIN, miętowy płyn do higieny jamy ustnej m.in. dla osób noszących aparat ortodontyczny, 500 ml

PerioAid Intensive Care, 0,12% chlorheksydyny, płyn do płukania jamy ustnej, 500 ml

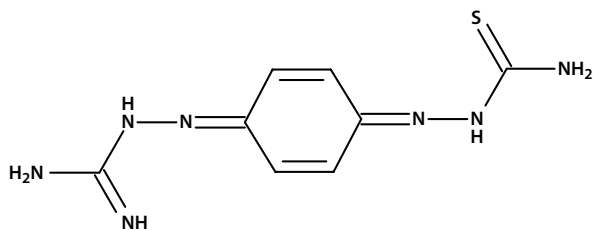
PerioKIN, 0,20% chlorheksydyny, żel na stany zapalne dziąseł, 30 ml

Velodes Soft (Medisept), płyn do dezynfekcji i odkażania rąk, 500 ml

Jest to produkt do higienicznej i chirurgicznej dezynfekcji rąk, o szerokim spektrum bakteriobójczym, aktywny wobec prątków gruźlicy, drożdżaków o ograniczonym działaniu wirusobójczym. Działa szybko i skutecznie wobec wirusów otoczkowych i nieotoczkowych, takich jak: HIV, HBV, HCV, SARS-CoV-2, rotawirusów. Preparat wykazuje przedłużone działanie dezynfekcji chirurgicznej w czasie 3 godz. Przeznaczony do profesjonalnego stosowania.

4.7.2. Ambazon

Ambazon (**rycina 15**) należy do związków organicznych znanych jako tiosemikarbazony. Są to związki zawierające grupę funkcyjną tiosemikarbazonu otrzymaną przez zastąpienie grupy karbonylowej grupą tiokarbonylową. Ambazon to pochodna



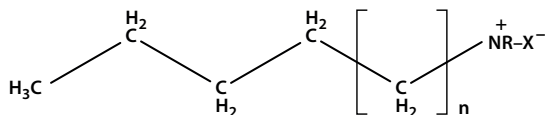
część guanylohydrazonu + tiosemikarbazon

Ryc. 15. Struktura ambazonu (Faringosept)

p-benzochinonu, jest antyseptykiem zawierającym w cząsteczce ugrupowanie guanidynowe.¹¹¹ Działa bakteriobójczo wobec paciorkowców, dwoinek zapalenia płuc i znajduje zastosowanie (w postaci tabletek do ssania) do odkażania błon śluzowych. Ambazon został opatentowany w 1957 r. przez firmę Bayer, obecnie ma ograniczone zastosowanie. W ostatnich latach trwają badania nad preparatami będącymi solami złożonymi ambazonu, m.in. z kwasem para-aminobenzoowym. Utworzenie soli addycyjnej ambazonu z kwasem *p*-aminobenzoowym kilkukrotnie poprawia rozpuszczalność preparatu (biodostępność ambazonu to zaledwie 35–40% zastosowanej dawki).¹¹² Ponadto w przypadku dwusoli obserwowano większą aktywność przeciwbakteryjną wobec bakterii Gram-ujemnych *Escherichia coli* i *Salmonella* w porównaniu z działaniem pojedynczych składników preparatu, co jest dowodem na ich synergistyczne działanie przeciwbakteryjne. Z przeprowadzonych badań wynika, że sól ambazonu połączona z kwasem *p*-aminobenzoowym wykazuje znaczną skuteczność w preparacie doustnym o wzmocnionym działaniu przeciwbakteryjnym w leczeniu zakażeń bakteriami Gram-ujemnymi.¹¹²

4.8. Związki powierzchniowo czynne

Czwartorzędowe zasady amoniowe to grupa związków dezynfekujących, które niezależnie od charakteru chemicznego środowiska tworzą trwałe sole. Są też określane jako inwertowane mydła, które tworzą kationowo aktywne elektrolity koloidalne. Wzór ogólny przedstawiono na **rycynie 16**.

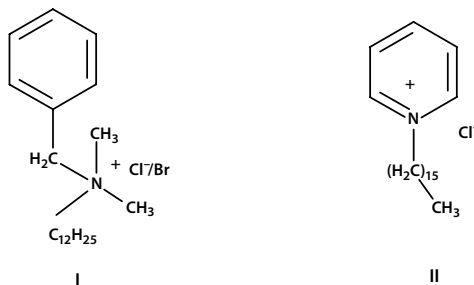


Ryc. 16. Wzór ogólny czwartorzędowych zasad amoniowych

Ich działanie bakteriobójcze jest związane z budową chemiczną: obecność podstawników alkilowych, wielowęglowych (8–18 atomów węgla) przy czwartorzędowym atomie azotu zwiększa lipofilowy charakter cząsteczki podstawionej odpowiednio grupami

metyłowymi lub alkiloaryłowymi. W niektórych przypadkach czwartorzędowy atom azotu jest wbudowany w układ cykliczny.^{113,114}

Najczęściej stosowane są: chlorek benzalkoniowy (*benzalkonii chloridum*, np. Zefirol), bromek benzalkoniowy (Sterinol), chlorek cetylopirydyniowy (Ceepryn) – **rycina 17**.



Ryc. 17. Chlorek/bromek benzalkoniowy(I),
chlorek cetylopirydyniowy(II)

Chlorki benzalkoniowe, znane również jako chlorki alkilodimetylobenzylamoniowe, czwartorzędowe chlorki amoniowe alkilodimetyłowe (fenylometyłowe), chlorki amoniowe lub chlorki amonowo-alkilodimetylobenzylowe stanowią klasę czwartorzędowych związków amoniowych dostępnych jako mieszanina związków o różnej długości łańcucha alkilowego w zakresie od C8 do C18. Najwyższą aktywność biobójczą wykazują pochodne dwunasto- i czternastowęglowe.¹¹³

Tenzydy kationowe są inaktywowane przez białko osocza oraz sole nieorganiczne, tworząc mydła pozbawione aktywności farmakologicznej. Ich aktywność wzrasta w środowisku zasadowym, a maleje wraz z obniżeniem pH aż do dezaktywacji poniżej 3. Mechanizm działania tenzydów kationowych polega na zwiększeniu przepuszczalności błon cytoplazmatycznych drobnoustrojów.^{114,115}

Chlorki zefiranu zostały po raz pierwszy opisane w 1935 r., gdy zdobywały rynek jako obiecujące środki dezynfekujące i antyseptyczne.^{115,116} W 1947 r. w Agencji Ochrony Środowiska (Environmental Protection Agency – EPA) w Stanach Zjednoczonych zarejestrowano pierwszy produkt handlowy i od tego czasu są stosowane w wielu różnych produktach oraz dostępne na receptę lub bez niej. Wykorzystuje się je w gospodarstwach domowych, w rolnictwie, przemyśle i w służbie zdrowia. Chlorki zefiranu są obecne w płynach do płukania tkanin, produktach higieny osobistej i kosmetykach (szampony, odżywki i balsamy do ciała). Stanowią składniki roztworów okulistycznych i leków donosowych. Czwartorzędowe zasady amoniowe są również jednymi z najczęstszych składników aktywnych w środkach dezynfekujących stosowanych w warunkach mieszkaniowych, przemysłowych, rolniczych i klinicznych. Służą do oczyszczania powierzchni wewnętrznych i zewnętrznych – ścian, podłóg, toalet, narzędzi i pojazdów, a także zbiorników wodnych – mogą być używane w basenach rekreacyjnych, stawach ozdobnych i fontannach, rurociągach i instalacjach wodnych w przemyśle celulozowo-papierniczym i drzewnym.^{113,114} Globalny rynek środków dezynfekcyjnych

na bazie czwartorzędowych soli amoniowych to około 8 mld USD w latach 2018–2020.^{114–116}

Dopuszczalne stężenia, w zależności od przeznaczenia, środków dezynfekujących regulują przepisy Komisji Europejskiej, które są znacznie bardziej restrykcyjne niż w Stanach Zjednoczonych. Toksyczność tej grupy związków dla ludzi i zwierząt, opisana w literaturze, jest niewątpliwa i zależy od stężeń oraz sposobu prowadzenia badań. Udo- wodniono m.in. działanie genotoksyczne *in vitro* dla stężeń tak niskich, jak 1 mg/l. Za- obserwowano także znaczną toksyczność komórkową *in vitro* dla ludzkich komórek oka narażonych na stężenia tak niskie, jak 0,0001%.^{114–116}

Według większości badań tenzydy kationowo czynne nie są substancjami nieszkodliwymi nawet w małych stężeniach. Obawy dotyczące bezpieczeństwa ich stosowania są często związane z długotrwałą ekspozycją na produkty kontaktowe, takie jak konserwanty w lekach stosowanych przez pacjentów podczas długoterminowej terapii.¹¹³ Nie są także obojętne dla środowiska wodnego i jego mieszkańców – potwierdzono ich toksyczność dla organizmów wodnych, takich jak ryby, ostrygi, krewetki i bezkręgowce, a także dla innych zwierząt.^{113,114} Szerokie zastosowanie tenzydów w gospodarstwach domowych, przemyśle i zakładach opieki zdrowotnej skutkuje wytwarzaniem i uwalnianiem resztek biocydu do środowiska, co prowadzi do rozwoju presji selekcyjnej wobec drobnoustrojów i w konsekwencji do narastania oporności na takie chemikalia. Zdolność bakterii do przeżycia i rozwoju w obecności soli amoniowo czynnych została potwierdzona w przypadku ich niewłaściwego stosowania lub zbyt dużego rozcieńczenia (za niskie stężenia), a także przechowywania środków dezynfekujących i roztworów antyseptycznych zbyt długo lub w nieodpowiednich warunkach. Już w latach 60. XX w. obserwowano rozwój oporności i identyfikowano szczepy zdolne do przeżycia w roztworach tenzydów (0,1–0,4%). Bakterie mogą się przystosować i zwiększyć tolerancję na chemikalia. Są to zjawiska opierające się na mutacjach adaptacyjnych, które zachodzą nawet po zaprzestaniu stosowania dotychczas skutecznych antyseptyków.¹¹⁶

Terminy „tolerancja” i „oporność” w przypadku produktów biobójczych nie są równoznaczne i nie mogą być stosowane zamiennie. Oporność jest szeroko rozumiana jako niewrażliwość mikroorganizmu na określone traktowanie w określonych warunkach (**rycina 1**). Tolerancja natomiast to zdolność do ograniczenia wzrostu w warunkach niekorzystnych – podczas zastosowania środka antyseptycznego. Ten szeroki termin jest zatem bardziej odpowiedni do opisu aktywności produktów przeciwdrobnoustrojowych skutecznych wobec bakterii. Obecnie szczepy potomne w wyniku adaptacji są w stanie przetrwać i wyprzeć szczepy wrażliwe. Takie zjawisko obserwujemy w przypadku opornych na metycylinę szczepów *Staphylococcus aureus* (ang. *methicillin-resistant Staphylococcus aureus* – MRSA), *Pseudomonas aeruginosa*, czyli bakterii odpowiedzialnych za większość zakażeń wewnątrzszpitalnych.¹¹⁶

Sposób działania tej grupy środków dezynfekujących (związków powierzchniowo czynnych) polega na zaburzaniu i rozrywaniu dwuwarstw błonowych przez łańcuchy alkilowe oraz zaburzaniu rozkładu ładunku w błonie przez naładowany azot. Bakterie są zdolne do zmiany swojego dotychczasowego funkcjonowania i adaptacji mechanizmów błonowych pozwalających na przetrwanie w warunkach krytycznych. Mechanizmy

adaptacyjne, opisywane w literaturze, obejmują zmiany w ogólnym składzie błony, regulację funkcjonowania poryn, nadekspresję lub modyfikację pomp wypływowych, transfer genów elementów transpozonu i czynników stresowych, tworzenie biofilmu i biodegradację, czyli wszystkie opisane dotąd procesy narastania oporności na antybiotyki i chemioterapeutyki. Szczepy odporne *Pseudomonas aeruginosa* mają odmienny skład fosfolipidów i kwasów tłuszczowych w porównaniu ze szczepem wrażliwym. W przypadku *Bacillus cereus* obserwowano zmiany w składzie kwasów tłuszczowych błony. Wykazano, że szczep *Escherichia coli* o zmniejszonej wrażliwości na tenzydy ma inny skład lipopolisacharydów niż szczep wrażliwy. Ostatnio potwierdzono, że szczepy odporne *Pseudomonas* mogą częściowo przystosować się do środków dezynfekcyjnych poprzez stabilizację ładunku błonowego i wzrost ekspresji genów syntezy poliamin i mutacje genowe.¹¹⁶

Narastanie oporności poprzez rozwój systemu pomp wypływowych ma związek z opornością wielolekową i zmniejszoną podatnością na dezynfekcję różnych rodzajów bakterii. Zwiększony wypływ obniża stężenie biocydu wewnątrz komórki, umożliwiając bakteriom przetrwanie przy wyższych stężeniach substancji chemicznej w środowisku.^{114–116}

Zjawisko, w którym ekspozycja na jedną substancję chemiczną daje przewagę w przeżywalności w innej substancji chemicznej, to bardzo duże zagrożenie. Oporność krzyżowa między środkami antyseptycznymi, dezynfekującymi i antybiotykami sprawia, że tracimy narzędzia do walki z patogenami w postaci środków antyseptycznych, ale również leków o działaniu ogólnoustrojowym, których potencjał bakteriobójczy i bakteriostatyczny stale się zmniejsza, a liczba szczepów opornych wzrasta.¹¹⁶

Nie można lekceważyć znaczenia gospodarczego czwartorzędowych związków amoniowych, które są szeroko wykorzystywane jako emulgatory, detergenty, solubilizatory i inhibitory korozji w produktach gospodarstwa domowego i przemysłowych. Mają one szczególne znaczenie jako środki przeciwdrobnoustrojowe w szpitalach, rolnictwie i przemyśle spożywczym. Niestety niewłaściwe stosowanie w zbyt niskich stężeniach może prowadzić do zwiększenia oporności mikroorganizmów.¹¹⁵ Dlatego mając na uwadze niedawną pandemię spowodowaną wirusem SARS-CoV-2, należy pamiętać o przestrzeganiu wytycznych dotyczących sposobu stosowania, zalecanych stężeń i czasu ekspozycji.^{115,116}

Stosowanie się do zaleceń producenta pozwala na prawidłowe przygotowanie pomieszczeń, przedmiotów, pacjenta i pola operacyjnego/zabiegowego z uwzględnieniem skuteczności i ograniczenia narastania oporności i tolerancji oraz rozwoju szczepów niewrażliwych. Należy stosować i monitorować właściwe stężenia i czas kontaktu ze środkiem dezynfekującym, jak wskazano na etykietach produktu, a nadmierne jego rozcieńczenie lub przedawkowanie i niewystarczający czas kontaktu to krytyczne czynniki, których należy unikać. Korzystanie z jednorazowych chusteczek dezynfekujących lub innych gotowych do użycia produktów to również jedna z opcji dostarczania odpowiedniego stężenia środka dezynfekcyjnego. Zawsze należy dokładnie rozważyć wiele czynników decydujących o skuteczności procesu, m.in.: środowisko (np. ciecz, rodzaj powierzchni), obecność ładunku organicznego, temperaturę, czas ekspozycji i stężenie itp.^{115,116}

Efekt wirusobójczy tej samej substancji czynnej w innym rodzaju produktu może być odmienny. W przypadku preparatów złożonych efekt synergistyczny jest wynikiem oddziaływania mechanizmów działania wirusobójczego. Na przykład dodatek niektórych amoniowych środków powierzchniowo czynnych powoduje znaczny wzrost aktywności wirusobójczej alkoholi wobec SARS-CoV-2, nawet tych, które są powszechnie stosowane w płynach do mycia naczyń i mydłach w płynie, chociaż same w niewielkim stopniu ograniczają rozprzestrzenianie wirusa. Przygotowanie roztworów dezynfekujących z użyciem wody ozonowanej poprawiło skuteczność bakteriobójczą środków dezynfekujących: czwartorzędowych związków amoniowych, utleniaczy, związków chloru i związków jodu. Jednocześnie użycie wody ozonowanej może przyczynić się do mniejszego stosowania roztworów o wyższych stężeniach i ograniczyć wzrost oporności drobnoustrojów na środki dezynfekujące. Sama woda ozonowana wykazała dobrą aktywność wirusobójczą przeciwko SARS-CoV-2.¹¹⁶

Preparaty handlowe

Alodes N (Medisept), płyn do mycia i dezynfekcji narzędzi fryzjerskich, butelka 1 l z dozownikiem; zawiera: *N*-(3-aminopropyl)-*N*-dodecylopropano-1,3-diaminę oraz *N,N*-didecylo-*N*-metylopoly(oksyetyleno)amoniowy propionian

Jest to gotowy do użycia preparat przeznaczony do jednoczesnego mycia i dezynfekcji narzędzi fryzjerskich i kosmetycznych (poprzez zanurzenie). Wykazuje działanie bakteriobójcze, prątkobójcze, drożdżakobójcze i wirusobójcze. Alodes N jest przeznaczony do dezynfekcji grzebieni, szczotek, wałków, nożyczek do włosów oraz narzędzi do manicure nienaruszających ciągłości tkanek, także instrumentów ze stali i stopów metali. Może być stosowany poprzez zanurzenie w wannie do dezynfekcji lub w myjce ultradźwiękowej.

Viruton (Medi-Sept) – seria preparatów: Forte, Extra, Pulver, Bohr; zawiera: *N*-(3-aminopropyl)-*N*-dodecylopropano-1,3-diaminę; 2-aminoetanol; *N,N*-didecylo-*N*-metylopoly(oksyetyleno)amoniowy propionian

Jest do koncentrat do mycia i dezynfekcji narzędzi chirurgicznych, endoskopów, inkubatorów i powierzchni wyrobów medycznych w postaci pianki do wstępnego mycia przed rozpoczęciem zasadniczego procesu dezynfekcji.

Quatrodes (Medisept) – seria preparatów: Forte, Extra, Unit NF; zawiera: *N*-(3-aminopropyl)-*N*-dodecylopropano-1,3-diaminę; *N,N*-didecylo-*N*-metylopoly(oksyetyleno)amoniowy propionian; 2-aminoetanol

Jest do płynny koncentrat do jednoczesnego mycia i dezynfekcji powierzchni (unity, łóżka i fotele zabiegowe, stoły operacyjne, aparatura medyczna, podłogi, ściany), ale znajduje również zastosowanie w: gastronomii, domach opieki, sanatoriach, siłowniach, salonach fitness i SPA, salonach fryzjerskich, kosmetycznych, solariach (do dezynfekcji łóżek do opalania), gabinetach masażu i tatuażu, przedszkolach oraz szkołach. Używany jest także do dezynfekcji powierzchni mających kontakt z żywnością. Wykazuje działanie bakteriobójcze, prątkobójcze, drożdżakobójcze i wirusobójcze.

Preparat można stosować na wszelkie powierzchnie: podłogi, drzwi, blaty, szafki, stoły oraz do mycia i dezynfekcji akcesoriów fryzjerskich.

Velox (Medispet) – seria preparatów: Wipes NA, Duo Wipes, Dry Wipes; zawiera: *N*-(3-aminopropyl)-*N*-dodecylopropano-1,3-diaminę; *N,N*-didecylo-*N*-metylopoly(oksyetyleno)amoniowy propionian

To bezalkoholowe chusteczki do mycia i dezynfekcji małych powierzchni i sprzętu medycznego, powierzchni wrażliwych na działanie alkoholu, także z tworzyw sztucznych, szkła akrylowego, stali szlachetnej, metalu, aluminium, gumy, porcelany. Przeznaczone do stosowania w placówkach ochrony zdrowia, gastronomii, domach opieki, sanatoriach, salonach fitness i SPA, salonach fryzjerskich i kosmetycznych, gabinetach masażu, przedszkolach i szkołach. Zalecane do dezynfekcji aparatury medycznej, sprzętu rehabilitacyjnego, foteli zabiegowych, inkubatorów, głowic USG i lamp zabiegowych. Nie zawierają aldehydów i fosforanów, dzięki czemu nie odbarwiają dezynfekowanych powierzchni, również tych mających kontakt z żywnością.

Przykładowe preparaty OTC zawierające związki powierzchniowo czynne

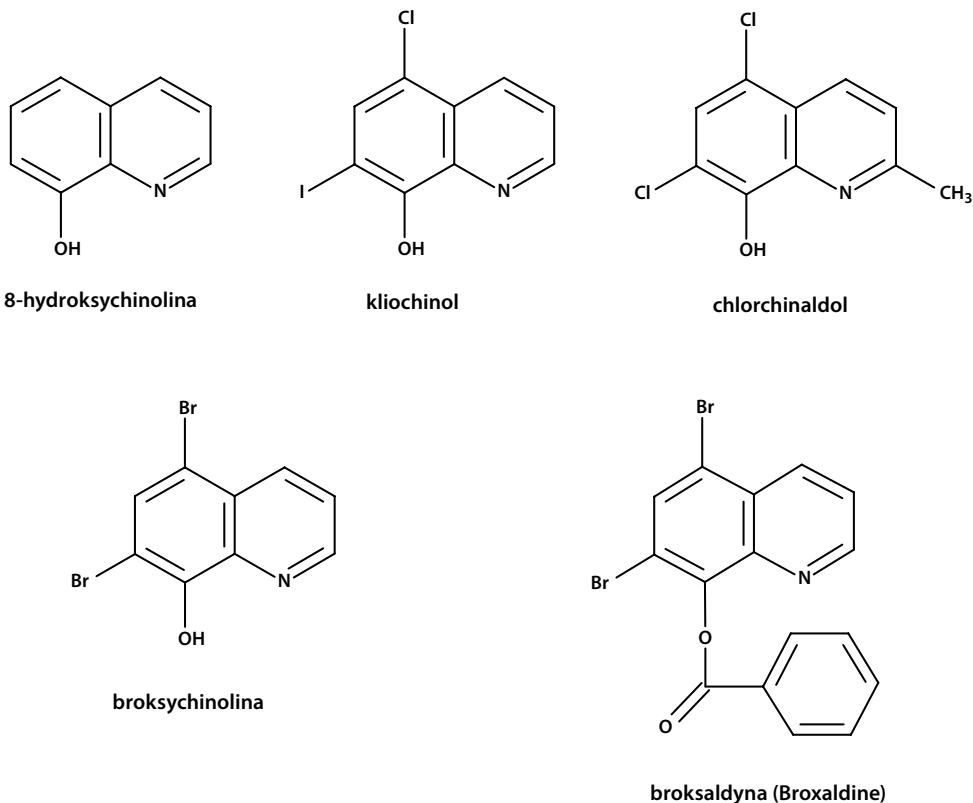
Preparaty OCT (ang. *over-the-counter drug*) to inaczej leki, które można kupić bez recepty, są to m.in.:

- Skinmann Soft (Ecolab) – płyn do dezynfekcji rąk;
- Cholisep (GlaxoSmithKline) – tabletki do ssania;
- Oliatum Plus (Stiefel) – leczniczy płyn do kąpieli;
- Dettol Med – spray do gardła;
- Orofar Junior – tabletki do ssania;
- Septolete (KRKA) – pastylki do ssania;
- Cholinex Intense – tabletki do ssania;
- Sentex płyn do prania i dezynfekcji w niskich temperaturach;
- Septex – płyn do prania i dezynfekcji w niskich temperaturach;
- Polana DDR+ – płyn do dezynfekcji rąk bez konieczności spłukiwania;
- Bioseptol 80/AMF – płyn do chirurgicznej dezynfekcji rąk.

4.9. Pochodne układów heterocyklicznych

4.9.1. Pochodne 8-hydroksychinoliny

8-hydroksychinolina i jej pochodne: kliochoinol, chlorchinaldol, broksychinolina i broksaldyna (**rycina 18**) są znane ze swojej aktywności przeciwdrobnoustrojowej.^{117–120} Ograniczają infekcje poprzez hamowanie replikacji *Mycobacterium bovis* – niepatogenny szczep szczepionki (MIC [ang. *minimum inhibitory concentration* – minimalne stężenie hamujące] 2 μ M, 0,3 mg/l) oraz wywierają efekt słabo bakteriobójczy wobec



Ryc. 18. Pochodne 8-hydroksychinoliny

szczepów niereplikujących. Difluorowcopochodna kliočinol (5-chloro-7-jodo-chinolino-8-ol) wykazuje działanie przeciwgruźlicze oraz był szeroko stosowany w leczeniu biegunki.¹¹⁷ Obecnie trwają badania kliniczne fazy II nad jego zastosowaniem w chorobie Alzheimera.

Mechanizm działania pochodnych 8-hydroksychinoliny wynika z ich zdolności chelatowania jonów metali, zwłaszcza żelaza, biorących udział w procesach rozwojowych drobnoustrojów. Obecność grupy hydroksylowej jest warunkiem koniecznym do wystąpienia właściwości chelatujących, a w konsekwencji blokowania replikacji bakterii, pierwotniaków i grzybów. Wykazano ponadto, że wspiera niespecyficzny rodzaj działania, nie do końca jednak znany. Brak rozwijania się oporności patogenów wobec pochodnych 8-hydroksychinoliny sugeruje ich wielokierunkowe działanie wobec różnych celów molekularnych. Znajduje to także potwierdzenie w działaniach niepożądanych wobec komórek gospodarza: efektach neurotoksycznych kliočinolu lub ich braku w przypadku pochodnych niechlorowanych, które znajdują zastosowanie z leczeniu gruźlicy utajonej oraz czynnej, odpornej na inne tuberkulostatyki.^{107,108}

Chlorchinaldol w latach 50. XX w. był stosowany miejscowo jako środek antyseptyczny. Wprowadzono go na rynek jako niezawierającą jodu alternatywę dla sulfonamidów. Chlorchinaldol jest obecnie zatwierdzony przez Europejską Agencję Leków jako tabletka złożona z promestrienem do leczenia bakteryjnego zapalenia pochwy. Chlorchinaldol działa bakteriobójczo zarówno na bakterie Gram-dodatnie, zwłaszcza gronkowce, jak i Gram-ujemne.¹¹⁷

Mechanizm działania bakteriobójczego chlorchinaldolu jest nieznan. Wiadomo, że 8-hydroksychinoliny są dwukleszczowymi chelatorami kilku jonów metali, które działają jako krytyczne kofaktory enzymów. Udowodniono, że obecność egzogennych jonów metali nie zmienia minimalnego stężenia hamującego namnażanie prątków gruźlicy. Można zatem uznać, iż zdolność wiązania jonów nie jest podstawowym mechanizmem działania chlorchinaldolu. Pochodne 8-hydroksychinoliny są trudno rozpuszczalne w wodzie, co sprawia, że stopień ich wchłaniania z preparatów o działaniu miejscowym jest bardzo zróżnicowany. W przypadku chlorchinaldolu wynosi 4,2–23,5% zastosowanej miejscowo dawki. Natomiast substancja czynna z preparatów doustnych jest wchłaniana w 67,6% podanej dawki.¹¹⁷

Obecnie, podczas poszukiwania nowych skutecznych leków dla wielu wskazań, prowadzone są badania polegające na repozycjonowaniu substancji aktywnych. Polega to na testowaniu znanych leków w kierunku innych zastosowań niż dotychczasowe wskazania terapeutyczne. W oparciu o wiedzę dotyczącą mechanizmów działania leków wielocelowych – mających kilka punktów uchwytu, można na nowo określić przydatność znanych preparatów w innych zespołach chorobowych. Profil bezpieczeństwa i skuteczność biochemiczna klio chinolu i jego pochodnych sprawiły, że podjęto badania farmakologiczne ukierunkowane na β -amyloid odpowiedzialny za rozwój demencji. Rozważane jest także zastosowanie pochodnych 8-hydroksychinoliny w terapii choroby Parkinsona, w której α -synukleina i żelazo mogą oddziaływać w sposób analogiczny do β -amyloidu oraz jonów cynku i miedzi.¹¹⁷

Narastanie oporności bakterii na dotąd skuteczne chemioterapeutyki oraz pojawienie się patogenów o zmniejszonej podatności na dostępne leki stały się poważnymi problemami terapeutycznymi często prowadzącymi do niepowodzenia w leczeniu.¹¹⁸ W związku z tym istnieje pilne zapotrzebowanie na nowe środki przeciwdrobnoustrojowe o szerokim spektrum działania. Zgodnie z wcześniej wspomnianą tendencją repozycjonowania znanych leków potwierdzono przydatność chlorchinaldolu jako alternatywy w leczeniu zakażeń skóry i tkanek miękkich wywołanych przez bakterie Gram-dodatnie, w tym gronkowce. Wykazano, że może być stosowany w połączeniu z antybiotykami. Ma to na celu zwiększenie aktywności przeciwbakteryjnej i ograniczenie rosnącej oporności na stosowane miejscowo antybiotyki. Trwają ponadto badania nad zdefiniowaniem klinicznego punktu granicznego, oceną synergii z innymi związkami oraz możliwości selekcji pod kątem oporności po ekspozycji na antybiotyki.¹¹⁸

Klio chinol wykazuje szerokie spektrum działania przeciwbakteryjnego i właściwości przeciwgrybicze, a jego skuteczność można zwiększyć poprzez zastosowanie w postaci opatrunku okluzyjnego. Poprawa parametrów wchłaniania klio chinolu jest na tyle znacząca, iż u pacjentów stosujących opatrunki okluzyjne z użyciem tej jodopochodnej

chinoliny obserwowano zmiany w wynikach badań diagnostycznych dotyczących czynności tarczycy (zwiększenie stężenia hormonów na skutek nasilenia wchłaniania jodków).^{119,120}

Według najnowszych badań pochodne 8-hydroksychinoliny mają zdolność wiązania się z wirusowym kwasem nukleinowym. Podobnie jak leki hamujące RNA-zależną polimerazę DNA miałyby wiązać się z enzymem, a dokładnie z atomem cynku enzymu. Zważywszy na inne właściwości pochodnych chinoliny, można uznać, że ich wiązanie z kwasami nukleinowymi patogenów prowadzi do pękania wiązań kowalencyjnych w DNA. Natomiast 5,8-diokso-6-amino-7-chlorochinolina hamuje syntezę białek *Escherichia coli*, co następuje poprzez blokowanie transferowego RNA bakterii. Oba przykłady potwierdzają interakcje pochodnych chinoliny z kwasami nukleinowymi patogenów.^{120,121}

Ponadto 8-hydroksychinolina i kilka jej pochodnych dezaktywują zdolność transformacyjną wirusa mięsaka Rousa i hamują u niego aktywność polimerazy kwasu dezoksyrybonukleinowego zależnej od kwasu rybonukleinowego. Synteza komórkowego DNA była hamowana w większym stopniu niż synteza RNA oraz białek. Niektóre 8-hydroksychinoliny wiążą się z DNA wirusa w obecności miedzi, jak ma to miejsce w przypadku wirusa opryszczki pospolitej typu 1.^{120,121}

Podsumowując, aktywność przeciwdrobnoustrojowa pochodnych 8-hydroksychinoliny obejmuje wirusy, grzyby, niektóre bakterie Gram-dodatnie i Gram-ujemne, w tym gronkowce i prątki gruźlicy.^{120,121}

Preparaty handlowe

Clioquinolum, substancja do receptury

Betnovate C, maść (klichinol + betametazon)

Lorinden C, maść (klichinol + betametazon)

Chlorchinaldolum, substancja do receptury

Chlorchinaldin, tabletki do ssania

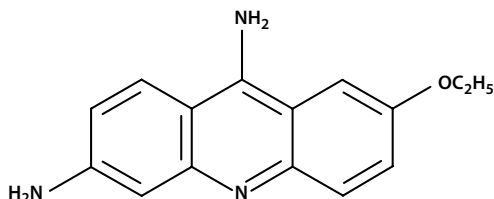
Septodont, płyn, tabletki do ssania (8-hydroksychinolina – USA/Canada)

Milex, żel dopochwowy (8-hydroksychinolina – USA/Canada)

Acrodine, roztwór (8-hydroksychinolina + benzokaina – USA/Canada)

4.9.2. Pochodne akrydyny: etakrydyna

Rivanol (*Ethacridini lactas*, *ethacridine*, *rivanolum*), czyli 6,9-diamino-2-etoksyakrydyna (**rycina 19**), to skuteczny antyseptyk do dezynfekcji błon śluzowych i zainfekowanych ran, stosowany w stomatologii w postaci implantów do zaopatrywania ran po ekstrakcji zęba.¹²¹ Etakrydyna jest skuteczna w zakażeniach pierwotniakowych i pasożytniczych przewodu pokarmowego oraz dróg moczowych. Występuje w postaci roztworów, zasypek, maści (zawartość 0,05–0,10%), łatwo rozpuszcza się w gorącej wodzie, trudniej w etanolu. Może być stosowana jednocześnie z innymi środkami



Ryc. 19. Etakrydina

przeciwbakteryjnymi (miejscowo z tetracykliną), co wzmacnia aktywność obu preparatów (efekt synergistyczny), np. w przypadku leczenia owrzodzeń i odleżyn w wyniku zakażeń pałeczką ropy błękitnej (*Pseudomonas aeruginosa*).¹²¹

Etakrydina reaguje z kwasami nukleinowymi, hamując syntezę białek drobnoustrojów oraz uszkodzając enzymy, przy czym aktywna jest jedynie forma kationowa, a istotny wpływ na jej działanie ma pH środowiska, dodatkowo może powodować alergię kontaktową. Preferencyjnie moduluje limfocyty typu Th1, co sugeruje nasilenie działania przeciwbakteryjnego układu odpornościowego. Aktywuje również komórki tuczne macicy, które uwalniają mediatory inicjujące skurcz mięśniówki macicy. Wywołuje to skurcze macicy podobne do skurczów fizjologicznych podczas porodu obumarłego płodu przy bezwładności macicy.¹²¹

Etakrydina stosowana jest w postaci mleczanu, a jego forma doustna, praktycznie niewchłaniana, jest wykorzystywana przede wszystkim lokalnie w jelicie. W terapii choroby Leśniowskiego–Crohna jest łączona z albuminianem taniny.¹²¹ Ponadto używana jest zewnętrznie w miejscowym leczeniu stanów zapalnych lub owrzodzeń skóry, zwłaszcza egzemy podudzi spowodowanej zastojem żylnym. Może prowadzić do zaostrzeń z miejscowymi reakcjami alergicznymi, a także uogólnionych reakcji alergicznych. Zdolność aktywowania komórek tucznych macicy do wyrzutu mediatorów zapalenia uzasadnia zastosowanie poronne etakrydiny. Jest podawana w powolnym pozaowodniowym wkropleniu domacicznym (150 ml 0,1% roztworu) w celu wywołania poronienia lub porodu u pacjentek, u których doszło do poronienia lub obumarcia płodu oraz w II i III trymestrze ciąży bez wlewu kroplowego oksytocyny lub prostaglandyny (F2α). W krajach azjatyckich (Indie) jest uznawana za metodę bezpieczniejszą niż inwazyjne metody aborcji (nie prowadzi do rozwoju sepsy).^{122–124}

Ostatnie badania wykazały, że etakrydina jest inhibitorem glikohydrolazy poli(ADP-rybozy) – PARG i aktywatorem koaktywatora transkrypcyjnego, hamuje wzrost i zdolność replikacji komórek raka tarczycy w sposób zależny od czasu i dawki. Etakrydina wywołuje apoptotyczną śmierć komórek raka tarczycy i sprzyja różnicowaniu w podzbiorze komórek pęcherzykowych tarczycy.¹²⁵ Ponadto w wyniku przesiewowych poszukiwań nowych zastosowań dla znanych związków drobnocząsteczkowych (proces repozycjonowania) ustalono, że etakrydina blokuje zakażenie SARS-CoV-2 ludzkiej linii komórkowej, a także w pierwotnych ludzkich komórkach nabłonka nosa i może być stosowana miejscowo na błonę śluzową (irygacja nosa) w celu zapobiegania zakażeniu SARS-CoV-2.¹²⁶

Preparaty handlowe

Rivanolum surowiec farmaceutyczny, substancja do receptury

Rivel 0,5%, żel do odkażania skóry i błon śluzowych

Rivanolum VP, tabletki do przygotowania roztworu na skórę i błony śluzowe

Rivanol 0,1% (Hasco), roztwór na skórę i błony śluzowe

Podsumowanie

Dotychczasowe doświadczenia i stale zmieniająca się sytuacja epidemiczna sprawiają, że nie opracowano jak dotąd globalnych standardów postępowania w celu zapewnienia jednoznacznie skutecznych procedur dezynfekcji. W Polsce dysponujemy zaleceniami Głównego Inspektora Sanitarnego oraz Polskiego Towarzystwa Leczenia Ran.^{127–130}

Należy mieć na uwadze jednolite metody sposobu kontroli określającej skuteczność procesów i środków dezynfekujących. Dotyczy to badań aktywności przeciwdrobnoustrojowej zgodnie z zatwierdzonymi normami europejskimi (EN) oraz konieczności podniesienia świadomości społecznej na temat dezynfekcji. Badania z zakresu aktywności biobójczej powinny być prowadzone metodami wystandaryzowanymi w obszarze medycznym.^{129–132} Zasady kontroli i postępowania opisują instrukcje Polskiego Stowarzyszenia Rozwoju Sterylizacji i Dezynfekcji Medycznej opierające się m.in. na: *Guideline for Disinfection and Sterilization in Healthcare Facilities, 2008*.^{131,132}

Jak w przypadku innych substancji czynnych biologicznie (leków i produktów leczniczych, specjalnego przeznaczenia leczniczego) zawsze należy przestrzegać zaleceń producenta dotyczących sposobu przechowywania, wskazań oraz dawkowania, szczególnie rozcieńczania, co pozwala na bezpieczne i skuteczne ich zastosowanie. Karty charakterystyki oraz etykiety preparatów gotowych zawierają wszystkie niezbędne informacje umożliwiające prawidłowe i zgodne z przeznaczeniem użytkowanie środków dezynfekujących i antyseptycznych. To warunek konieczny dla zachowania ich aktywności wobec czynników zakaźnych.

W dobie postantybiotykowej, gdy spada wrażliwość patogenów na leki przeciwbakteryjne, dostępność do skutecznej antyseptyki może zdecydować o bezpieczeństwie epidemicznym populacji, czego dowiodły doświadczenia ostatnich kilku lat. W sytuacji pojawienia się chorób o podłożu infekcyjnym, na które nie znamy leku, zasady aseptyki i środki dezynfekujące mogą zapobiec kolejnej fali zakażeń.

Piśmiennictwo

1. Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 23 czerwca 2022 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu o zapobieganiu oraz zwalczaniu zakażeń i chorób zakaźnych u ludzi. DzU z 2022 r., poz 1657.
2. Główny Inspektorat Sanitarny. Usługi kosmetyczne, tatuażu i odnowy biologicznej. <https://www.gov.pl/web/gis/uslugi-fryzjerskie-kosmetyczne-tatuażu-i-odnowy-biologicznej>. Dostęp 12.12.2022.
3. Główny Inspektorat Sanitarny. Nie płać zdrowiem za urodę. <https://www.rynekestetyczny.pl/gis-nie-plac-zdrowiem-za-urode/>. Dostęp 12.12.2022.
4. Główny Inspektorat Sanitarny. Edukacja pracowników świadczących usługi kosmetyczne, fryzjerskie i tatuażu. <https://www.gov.pl/web/gis/edukacja-pracownikow-swiadczyacych-uslugi-kosmetyczne-fryzjerskie-i-tatuażu>. Dostęp 12.12.2022.
5. Viana Martins CP, Xavier CSE, Cobrado L. Disinfection methods against SARS-CoV-2: A systematic review. *J Hosp Infect.* 2022;119:84–117. [doi:10.1016/j.jhin.2021.07.014](https://doi.org/10.1016/j.jhin.2021.07.014)
6. Xiao S, Yuan Z, Huang Y. Disinfectants against SARS-CoV-2: A Review. *Viruses.* 2022;14(8):1721. [doi:10.3390/v14081721](https://doi.org/10.3390/v14081721)
7. Aranke M, Moheimani R, Phuphanich M, et al. Disinfectants in interventional practices. *Current Pain and Headache Reports.* 2021;25(4):21. [doi:10.1007/s11916-021-00938-3](https://doi.org/10.1007/s11916-021-00938-3)
8. Waszak B. Procesy dezynfekcji jako warunek skutecznej sterylizacji medycznej. Cz. 1. Zakażenia. 2004;3:10–14.
9. Pawłowski M. *Chemia Leków*. Warszawa, Polska: PZWL; 2020.
10. McDonnell G, Russell AD. Antiseptics and disinfectants: Activity, action, and resistance. *Clin Microbiol Rev.* 1999;12(1):147–179. [doi:10.1128/CMR.12.1.147](https://doi.org/10.1128/CMR.12.1.147). Erratum in: *Clin Microbiol Rev.* 2001;14(1):227.
11. Bridier A, Briandet R, Thomas V, Dubois-Brissonnet F. Resistance of bacterial biofilms to disinfectants: A review. *Biofouling.* 2011;27(9):1017–1032. [doi:10.1080/08927014.2011.626899](https://doi.org/10.1080/08927014.2011.626899)
12. Russell AD. Bacterial adaptation and resistance to antiseptics, disinfectants and preservatives is not a new phenomenon. *J Hosp Infect.* 2004;57(2):97–104. [doi:10.1016/j.jhin.2004.01.004](https://doi.org/10.1016/j.jhin.2004.01.004)
13. Rutala W, Weber D. Disinfection and sterilization: An overview. *Am J Infect Control.* 2013;41(suppl 5):S2–5. [doi:10.1016/j.ajic.2012.11.005](https://doi.org/10.1016/j.ajic.2012.11.005)
14. Finnegan M, Linley E, Denyer SP, McDonnell G, Simons C, Maillard JY. Mode of action of hydrogen peroxide and other oxidizing agents: Differences between liquid and gas forms. *J Antimicrob Chemother.* 2010;65(10):2108–2115. [doi:10.1093/jac/dkq308](https://doi.org/10.1093/jac/dkq308)
15. Assadian O, Zatorska B, Presterl E, Diab-El Schahawi M. A novel micellar formulation based on natural plant extracts enhances the efficacy of hydrogen peroxide against biofilms of *Staphylococcus* spp. and *Pseudomonas aeruginosa*. *Biofouling.* 2020;36(5):576–586. [doi:10.1080/08927014.2020.1782388](https://doi.org/10.1080/08927014.2020.1782388)
16. Linley E, Denyer SP, McDonnell G, Simons C, Maillard JY. Use of hydrogen peroxide as a biocide: New consideration of its mechanisms of biocidal action. *J Antimicrob Chemother.* 2012;67(7):1589–1596. [doi:10.1093/jac/dks129](https://doi.org/10.1093/jac/dks129)
17. Kampf G, Todt D, Pfaender S, Steinmann E. Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents. *J Hosp Infect.* 2020;104(3):246–251. [doi:10.1016/j.jhin.2020.01.022](https://doi.org/10.1016/j.jhin.2020.01.022). Erratum in: *J Hosp Infect.* 2020;17.
18. Russel D. Chemical sporcidal and sporostatic agents. W: Blocks SS, red. *Disinfection, sterilization, and preservation*. 4 wyd. Filadelfia, USA: Lea & Febiger; 1991:365–376.
19. Ferrari M, Bocconi A, Anesi A. Evaluation of the effectiveness of environmental disinfection by no touch hydrogen peroxide technology against MDR bacteria contamination and comparison with active chlorine disinfectant. *Antimicrob Resist Infect Control.* 2015;4(suppl 1),P43. [doi:10.1186/2047-2994-4-S1-P43](https://doi.org/10.1186/2047-2994-4-S1-P43)

20. Lind ML, Johnsson S, Lidén C, Meding B, Boman A. The influence of hydrogen peroxide on the permeability of protective gloves to resorcinol in hairdressing. *Contact Dermatitis*. 2015;72(1):33–39. [doi:10.1111/cod.12296](#)
21. Watt BE, Proudfoot AT, Vale JA. Hydrogen peroxide poisoning. *Toxicol Rev*. 2004;23(1):51–57. [doi:10.2165/00139709-200423010-00006](#)
22. Kitis M. Disinfection of wastewater with peracetic acid: A review. *Environ Int*. 2004;30(1):47–55. [doi:10.1016/S0160-4120\(03\)00147-8](#)
23. Block SS. Peroxygen compounds. W: Block SS, red. *Disinfection, sterilization, and preservation*. 4 wyd. Filadelfia, USA: Lea & Febiger; 1991:167–181.
24. Baldry MG. The bactericidal, fungicidal and sporicidal properties of hydrogen peroxide and peracetic acid. *J Appl Bacteriol*. 1983;54(3):417–423. [doi:10.1111/j.1365-2672.1983.tb02637.x](#)
25. Baldry MGC, French MS, Slater D. The activity of peracetic acid on sewage indicator bacteria and viruses. *Water Sci Technol*. 1991;24(2):353–357. [doi:10.1016/B978-1-4832-8439-2.50178-4](#)
26. Leggett MJ, Schwarz JS, Burke PA, McDonnell G, Denyer SP, Maillard J-Y. Resistance to and killing by the sporicidal microbicide peracetic acid. *J Antimicrob Chemother*. 2015;70(3):773–779. [doi:10.1093/jac/dku445](#)
27. Crow S. Peracetic acid sterilization: A timely development for a busy healthcare industry. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 1992;13(2):111–113. [doi:10.1086/646483](#)
28. Biering H. 100 lat kwasu nadoctowego. Stara substancja z nowymi perspektywami. Część II. *Aseptyka*. 2003;5(2):15–17.
29. Zejc A, Gorczyca M. *Chemia Leków*. Warszawa, Polska: Wydawnictwo Lekarskie PZWL; 2008.
30. Lachapelle J-M, Castel O, Casado AE, et al. Antiseptics in the era of bacterial resistance: A focus on povidone iodine. *Clinical Practice*. 2013;10(5):579–592, <https://dial.uclouvain.be/pr/boreal/object/boreal:157868>. Data dostępu 20.06.2024.
31. Shelanski HA, Shelanski MV. PVP-iodine: History, toxicity and therapeutic uses. *J Int Coll Surg*. 1956;25(6):727–734.
32. Zamora JL. Chemical and microbiologic characteristics and toxicity of povidone-iodine solutions. *Am J Surg*. 1986;151(3):400–406. [doi:10.1016/0002-9610\(86\)90477-0](#)
33. Estrela C, Estrela CR, Barbin EL, Spanó JC, Marchesan MA, Pécora JD. Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Braz Dent J*. 2002;13(2):113–117. [doi:10.1590/s0103-64402002000200007](#)
34. Fabian TM, Walker SE. Stability of sodium hypochlorite solutions. *Am J Hosp Pharm*. 1982;39(6):1016–1017.
35. Bloomfield SE, Uso EE. The antibacterial properties of sodium hypochlorite and sodium dichloroisocyanurate as hospital disinfectants. *J Hosp Infect*. 1985;6(1):20–30. [doi:10.1016/s0195-6701\(85\)80014-1](#)
36. Bloomfield SE, Arthur M. Interaction of *Bacillus subtilis* spores with sodium hypochlorite, sodium dichloroisocyanurate and chloramine-T. *J Appl Bacteriol*. 1992;72(2):166–172. [doi:10.1111/j.1365-2672.1992.tb01819.x](#)
37. Fukuzaki S. Mechanisms of actions of sodium hypochlorite in cleaning and disinfection processes. *Biocontrol Sci*. 2006;11(4):147–157. [doi:10.4265/bio.11.147](#)
38. Chemical Disinfectants. Guideline for Disinfection and Sterilization in Healthcare Facilities (2008). Centres for Disease Control and Prevention. Infection Control. www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/disinfection/disinfection-methods/chemical.html. Dostęp 12.12.2022.
39. Perez J, Springthorpe VS, Sattar SA. Activity of selected oxidizing microbicides against the spores of *Clostridium difficile*: Relevance to environmental control. *Am J Infect Control*. 2005;33(6):320–325. [doi:10.1016/j.ajic.2005.04.240](#)
40. Weber DJ, Barbee SL, Sobsey MD, Rutala WA. The effect of blood on the antiviral activity of sodium hypochlorite, a phenolic, and a quaternary ammonium compound. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 1999;20(12):821–827. [doi:10.1086/501591](#)
41. Sattar SA, Springthorpe VS. Survival and disinfectant inactivation of the human immunodeficiency virus: A critical review. *Rev Infect Dis*. 1991;13(3):430–447. [doi:10.1093/clinids/13.3.430](#)

42. Rutala WA, Weber DJ. Uses of inorganic hypochlorite (bleach) in health-care facilities. *Clin Microbiol Rev.* 1997;10(4):597–610. [doi:10.1128/CMR.10.4.597](https://doi.org/10.1128/CMR.10.4.597)
43. Merritt K, Hitchins VM, Brown SA. Safety and cleaning of medical materials and devices. *J Biomed Mater Res.* 2000;53(2):131–136. [doi:10.1002/\(sici\)1097-4636\(2000\)53:2<131::aid-jbm1>3.0.co;2-i](https://doi.org/10.1002/(sici)1097-4636(2000)53:2<131::aid-jbm1>3.0.co;2-i)
44. Farook SA, Shah V, Lenouvel D, et al. Guidelines for management of sodium hypochlorite extrusion injuries. *Br Dent J.* 2014;217(12):679–684. [doi:10.1038/sj.bdj.2014.1099](https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2014.1099). Erratum in: *Br Dent J.* 2015;218(4):230. Webb R [added].
45. Heling I, Rotstein I, Dinur T, Szwec-Levine Y, Steinberg D. Bactericidal and cytotoxic effects of sodium hypochlorite and sodium dichloroisocyanurate solutions *in vitro*. *J Endod.* 2001;27(4):278–280. [doi:10.1097/00004770-200104000-00009](https://doi.org/10.1097/00004770-200104000-00009)
46. Coates D. A comparison of sodium hypochlorite and sodium dichloroisocyanurate products. *J Hosp Infect.* 1985;6(1):31–40. [doi:10.1016/s0195-6701\(85\)80015-3](https://doi.org/10.1016/s0195-6701(85)80015-3)
47. Disinfection and Sterilization. Guideline for Disinfection and Sterilization in Healthcare Facilities (2008). Centres for Disease Control and Prevention. Infection Control. <https://www.cdc.gov/infection-control/media/pdfs/Guideline-Disinfection-H.pdf>. Dostęp 12.12.2022.
48. Silvestry-Rodriguez N, Sicairos-Ruelas EE, Gerba CP, Bright KR. Silver as a disinfectant. *Rev Environ Contam Toxicol.* 2007;191:23–45. [doi:10.1007/978-0-387-69163-3_2](https://doi.org/10.1007/978-0-387-69163-3_2)
49. Lansdown AB. Silver. I: Its antibacterial properties and mechanism of action. *J Wound Care.* 2002; 11(4):125–130. [doi:10.12968/jowc.2002.11.4.26389](https://doi.org/10.12968/jowc.2002.11.4.26389)
50. Russell AD, Hugo WB. Antimicrobial activity and action of silver. *Prog Med Chem.* 1994;31:351–370. [doi:10.1016/s0079-6468\(08\)70024-9](https://doi.org/10.1016/s0079-6468(08)70024-9)
51. Feng QL, Wu J, Chen GQ, Cui FZ, Kim TN, Kim JO. A mechanistic study of the antibacterial effect of silver ions on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *J Biomed Mater Res.* 2000;52(4): 662–668. [doi:10.1002/1097-4636\(20001215\)52:4<662::aid-jbm10>3.0.co;2-3](https://doi.org/10.1002/1097-4636(20001215)52:4<662::aid-jbm10>3.0.co;2-3)
52. Radtsig MA, Koksharova OA, Khmel' IA. Antibacterial effects of silver ions: Effect on gram-negative bacteria growth and biofilm formation [in Russian]. *Mol Gen Mikrobiol Virusol.* 2009;(4):27–31.
53. Pawłowska M, Stańczak A, Pijarczyk Ł, et al. Bezpieczeństwo i wykorzystanie nanocząstkowego srebra w zakażeniach o etiologii bakteryjnej. *Zakażenia XXI wieku.* 2018;1(6):291–294. [doi:10.31350/zakazenia/2018/6/z2018051](https://doi.org/10.31350/zakazenia/2018/6/z2018051)
54. Petica A, Gavrilu S, Lungu M, Buruntea N, Panzaru C. Colloidal silver solutions with antimicrobial properties. *Materials Science and Engineering: B.* 2008;152(1–3):22–27. [doi:10.1016/j.mseb.2008.06.021](https://doi.org/10.1016/j.mseb.2008.06.021)
55. Łysakowska M, Denys P. Przeciwdrobnoustrojowe zastosowania srebra. *Kwart Ortop.* 2009;4:408–417.
56. Arjun PNJ, Sankar B, Shankar KV, Kulkarni NV, Sivasankaran S, Shankar B. Silver and silver nanoparticles for the potential treatment of COVID-19: A review. *Coatings.* 2022;12(11):1679. [doi:10.3390/coatings12111679](https://doi.org/10.3390/coatings12111679)
57. Gordon O, Vig Slenters T, Brunetto PS, et al. Silver coordination polymers for prevention of implant infection: Thiol interaction, impact on respiratory chain enzymes, and hydroxyl radical induction. *Antimicrob Agents Chemother.* 2010;54(10):4208–4218. [doi:10.1128/AAC.01830-09](https://doi.org/10.1128/AAC.01830-09)
58. Mijndendonckx K, Leys N, Mahillon J, Silver S, Van Houdt R. Antimicrobial silver: Uses, toxicity and potential for resistance. *Biometals.* 2013;26(4):609–621. [doi:10.1007/s10534-013-9645-z](https://doi.org/10.1007/s10534-013-9645-z)
59. Yakabe Y, Sano T, Ushio H, Yasunaga T. Kinetic studies of the interaction between silver ion and deoxyribonucleic acid. *Chemistry Letters.* 1980;9(4):373–376. [doi:10.1246/cl.1980.373](https://doi.org/10.1246/cl.1980.373)
60. Liao SY, Read DC, Pugh WJ, Furr JR, Russell AD. Interaction of silver nitrate with readily identifiable groups: Relationship to the antibacterial action of silver ions. *Lett Appl Microbiol.* 1997;25(4): 279–283. [doi:10.1046/j.1472-765x.1997.00219.x](https://doi.org/10.1046/j.1472-765x.1997.00219.x)
61. Lo SF, Chang CJ, Hu WY, Hayter M, Chang YT. The effectiveness of silver-releasing dressings in the management of non-healing chronic wounds: A meta-analysis. *J Clin Nurs.* 2009;18(5):716–728. [doi:10.1111/j.1365-2702.2008.02534.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2702.2008.02534.x)
62. Wang YC, Lee HC, Chen CL, et al. The Effects of Silver-Releasing Foam Dressings on Diabetic Foot Ulcer Healing. *J Clin Med.* 2021;10(7):1495. [doi:10.3390/jcm10071495](https://doi.org/10.3390/jcm10071495)

63. Corrêa JM, Mori M, Sanches HL, da Cruz AD, Poiate E Jr, Poiate IA. Silver nanoparticles in dental biomaterials. *Int J Biomater*. 2015;2015:485275. [doi:10.1155/2015/485275](https://doi.org/10.1155/2015/485275)
64. Besinis A, De Peralta T, Handy RD. The antibacterial effects of silver, titanium dioxide and silica dioxide nanoparticles compared to the dental disinfectant chlorhexidine on *Streptococcus mutans* using a suite of bioassays. *Nanotoxicology*. 2014;8(1):1–16. [doi:10.3109/17435390.2012.742935](https://doi.org/10.3109/17435390.2012.742935)
65. Szponar E. *Choroby błony śluzowej jamy ustnej. Kolorowy atlas i podręcznik*. Poznań, Polska: Urban & Partner; 1997.
66. Kędziora A. Srebro i kosmetyki. *Kosmetologia Estetyczna*. 2014;2(3):89–92.
67. Boyce JM. Alcohols as surface disinfectants in healthcare settings. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2018;39(3):323–328. [doi:10.1017/ice.2017.301](https://doi.org/10.1017/ice.2017.301)
68. Kurtz JB, Lee TW, Parsons AJ. The action of alcohols on rotavirus, astrovirus and enterovirus. *J Hosp Infect*. 1980;1(4):321–325. [doi:10.1016/0195-6701\(80\)90008-0](https://doi.org/10.1016/0195-6701(80)90008-0)
69. Kampf G. Efficacy of ethanol against viruses in hand disinfection. *J Hosp Infect*. 2018;98(4):331–338. [doi:10.1016/j.jhin.2017.08.025](https://doi.org/10.1016/j.jhin.2017.08.025)
70. Todd EC, Michaels BS, Holah J, Smith D, Greig JD, Bartleson CA. Outbreaks where food workers have been implicated in the spread of foodborne disease. Part 10. Alcohol-based antiseptics for hand disinfection and a comparison of their effectiveness with soaps. *J Food Prot*. 2010;73(11):2128–2140. [doi:10.4315/0362-028x-73.11.2128](https://doi.org/10.4315/0362-028x-73.11.2128)
71. Bolon M. Hand hygiene. *Infect Dis Clin North Am*. 2011;25(1):21–43. [doi:10.1016/j.idc.2010.11.001](https://doi.org/10.1016/j.idc.2010.11.001)
72. Kumar S, Das A. Hand sanitizers: Science and rationale. *Indian J Dermatol Venereol Leprol*. 2021;87(2):309–314. [doi:10.25259/IJDVL.598.20](https://doi.org/10.25259/IJDVL.598.20)
73. Kostowski W, Herman ZS. *Farmakologia. Podstawy farmakoterapii. Podręcznik dla studentów medycyny i lekarzy*. T 1 i 2. Warszawa, Polska: Wydawnictwo Lekarskie PZWL; 2006.
74. Pospíšil J. Ucininnost vybraných dezinfekčních a antiseptických prostředků na potenciálně patogení mikromycety [Effectiveness of selected disinfectant and antiseptic preparations on potentially pathogenic micromycetes]. *Cesk Epidemiol Mikrobiol Imunol*. 1989;38(3):180–187.
75. Judis J. Studies on the mechanism of action of phenolic disinfectants. I. Release of radioactivity from carbon-14-labeled *Escherichia coli*. *J Pharm Sci*. 1962;51:261–265. [doi:10.1002/jps.2600510317](https://doi.org/10.1002/jps.2600510317)
76. Labib GS, Aldawsari H. Innovation of natural essential oil-loaded Orabase for local treatment of oral candidiasis. *Drug Des Devel Ther*. 2015;9:3349–3359. [doi:10.2147/DDDT.S85356](https://doi.org/10.2147/DDDT.S85356)
77. Dhillon GS, Kaur S, Pulicharla R, et al. Triclosan: Current status, occurrence, environmental risks and bioaccumulation potential. *Int J Environ Res Public Health*. 2015;12(5):5657–5684. [doi:10.3390/ijerph120505657](https://doi.org/10.3390/ijerph120505657)
78. Sanidad KZ, Xiao H, Zhang G. Triclosan, a common antimicrobial ingredient, on gut microbiota and gut health. *Gut Microbes*. 2019;10(3):434–437. [doi:10.1080/19490976.2018.1546521](https://doi.org/10.1080/19490976.2018.1546521)
79. Shrestha P, Zhang Y, Chen WJ, Wong TY. Triclosan: Antimicrobial mechanisms, antibiotics interactions, clinical applications, and human health. *J Environ Sci Health C Toxicol Carcinog*. 2020;38(3):245–268. [doi:10.1080/26896583.2020.1809286](https://doi.org/10.1080/26896583.2020.1809286)
80. Izodorczak M, Stefańska J. Środek przeciwdrobnoustrojowy triclosan – działanie, zastosowanie i zagrożenia. *Biul Wydz Farm AMW*. 2007;2:13–17.
81. Bartzokas CA, Gibson ME, Graham R, Pinder DC. A comparison of triclosan and chlorhexidine preparations with 60 per cent isopropyl alcohol for hygienic hand disinfection. *J Hosp Infect*. 1983;4(3):245–255. [doi:10.1016/0195-6701\(83\)90025-7](https://doi.org/10.1016/0195-6701(83)90025-7)
82. Faoagali J, Fong J, George N, Mahoney P, O'Rourke V. Comparison of the immediate, residual, and cumulative antibacterial effects of Novaderm R,* Novascrub R,* Betadine Surgical Scrub, Hibiclens, and liquid soap. *Am J Infect Control*. 1995;23(6):337–343. [doi:10.1016/0196-6553\(95\)90263-5](https://doi.org/10.1016/0196-6553(95)90263-5)
83. Heath RJ, Li J, Roland GE, Rock CO. Inhibition of the *Staphylococcus aureus* NADPH-dependent enoyl-acyl carrier protein reductase by triclosan and hexachlorophene. *J Biol Chem*. 2000;275(7):4654–4659. [doi:10.1074/jbc.275.7.4654](https://doi.org/10.1074/jbc.275.7.4654)
84. DrugBank: formaldehyd (nr dostępu DB03843). <https://go.drugbank.com/drugs/DB03843>. Dostęp 12.12.2022.

85. Europejska Dyrekcja ds. Jakości Leków i Opieki Zdrowotnej. Badania nadzoru rynku w kosmetykach (COS MSS). Formaldehyd w produktach kosmetycznych. Raport podsumowujący, 2023. https://www.edqm.eu/en/d/1867306?p1back_url=%2Fen%2Fsearch%3Fq%3Dformaldehyde Dostęp 6.06.2024.
86. Parikh SR, Parikh RS. Chemical disinfectants in ophthalmic practice. *Indian J Ophthalmol*. 2021; 69(3):510–516. doi:10.4103/ijo.IJO_1549_20
87. Tseng CC, Li CS. Inactivation of viruses on surfaces by ultraviolet germicidal irradiation. *J Occup Environ Hyg*. 2007;4(6):400–405. doi:10.1080/15459620701329012
88. Formaldehyde. OSHA FastSheet. <https://www.osha.gov/OshDoc/data/General/Facts/formaldehyde-factsheet.pdf> Dostęp 12.12.2022.
89. ISO. ISO 11135:2014 – Sterilization of health-care products. Ethylene oxide. Requirements for the development, validation and routine control of a sterilization process for medical devices. <https://www.iso.org/standard/56137.html> .Dostęp 12.12.2022.
90. Avila C, Holloway AC, Hahn MK, et al. An overview of links between obesity and mental health. *Curr Obes Rep*. 2015;4(3):303–310. doi:10.1007/s13679-015-0164-9
91. Lone NA, Spackman E, Kapczynski D. Immunologic evaluation of 10 different adjuvants for use in vaccines for chickens against highly pathogenic avian influenza virus. *Vaccine*. 2017;35(26): 3401–3408. doi:10.1016/j.vaccine.2017.05.010
92. Kamaraj G, Lakshmi Narasu M, Srinivasan VA. Validation of betapropiolactone (BPL) as an inactivant for infectious bovine rhinotracheitis (IBR) virus. *Res Vet Sci*. 2008;85(3):589–594. doi:10.1016/j.rvsc.2007.12.009
93. Yoshizawa H, Itoh Y, Iwakiri S, et al. Beta-propiolactone for the inactivation of non-A/non-B type 1 hepatitis virus capable of inducing cytoplasmic tubular ultrastructures in chimpanzees. *Vox Sang*. 1984;46(2):86–91. doi:10.1111/j.1423-0410.1984.tb00057.x
94. Liu C, Mendonça L, Yang Y, et al. The Architecture of inactivated SARS-CoV-2 with postfusion spikes revealed by cryo-EM and cryo-ET. *Structure*. 2020;28(11):1218–1224.e4. doi:10.1016/j.str.2020.10.001
95. Jureka AS, Silvas JA, Basler CF. Propagation, inactivation, and safety testing of SARS-CoV-2. *Viruses*. 2020;12(6):622. doi:10.3390/v12060622
96. Gupta D, Parthasarathy H, Sah V, et al. Inactivation of SARS-CoV-2 by β -propiolactone causes aggregation of viral particles and loss of antigenic potential. *Virus Res*. 2021;305:198555. doi:10.1016/j.virusres.2021.198555
97. Taddese R, Belzer C, Aalvink S, et al. Production of inactivated Gram-positive and Gram-negative species with preserved cellular morphology and integrity. *J Microbiol Methods*. 2021;184:106208. doi:10.1016/j.mimet.2021.106208
98. Brusick DJ. The genetic properties of beta-propiolactone. *Mutat Res*. 1977;39(3–4):241–255. doi:10.1016/0165-1110(77)90007-0
99. DrugBang: chlorheksydyna (nr dostępu DB00878). <https://go.drugbank.com/drugs/DB00878>. Dostęp 12.12.2022.
100. McBain AJ, Bartolo RG, Catrenich CE, Charbonneau D, Ledder RG, Gilbert P. Effects of a chlorhexidine gluconate-containing mouthwash on the vitality and antimicrobial susceptibility of *in vitro* oral bacterial ecosystems. *Appl Environ Microbiol*. 2003;69(8):4770–4776.
101. Karpinski TM, Szkaradkiewicz AK. Chlorhexidine-pharmaco-biological activity and application. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2015;19(7):1321–1326.
102. Betcher DL, Burnham N. Chlorhexidine. *J Pediatr Oncol Nurs*. 1990;7(2):82–83. doi:10.1177/104345429000700227
103. Kuyyakanond T, Quesnel LB. The mechanism of action of chlorhexidine. *FEMS Microbiol Lett*. 1992;100(1–3):211–215. doi:10.1111/j.1574-6968.1992.tb14042.x
104. Hjeljord LG, Rolla G, Bonesvoll P. Chlorhexidine-protein interactions. *J Periodontal Res Suppl*. 1973;12:11–16. doi:10.1111/j.1600-0765.1973.tb02158.x
105. Radford JR, Homer KA, Naylor MN, Beighton D. Inhibition of human subgingival plaque protease activity by chlorhexidine. *Arch Oral Biol*. 1992;37(4):245–248. doi:10.1016/0003-9969(92)90045-a

106. Mohammadi Z, Abbott PV. The properties and applications of chlorhexidine in endodontics. *Int Endod J*. 2009;42(4):288–302. doi:10.1111/j.1365-2591.2008.01540.x
107. Sharp G, Green S, Rose M. Chlorhexidine-induced anaphylaxis in surgical patients: A review of the literature. *ANZ J Surg*. 2016;86(4):237–243. doi:10.1111/ans.13269
108. Lim KS, Kam PC. Chlorhexidine-pharmacology and clinical applications. *Anaesth Intensive Care*. 2008;36(4):502–512. doi:10.1177/0310057X0803600404
109. WHO. WHO guidelines on hand hygiene in health care; 2009. <http://www.who.int/publications/i/item/9789241597906>. Dostęp 12.12.2022.
110. McBain AJ, Bartolo RG, Catrenich CE, Charbonneau D, Ledder RG, Gilbert P. Effects of a chlorhexidine gluconate-containing mouthwash on the vitality and antimicrobial susceptibility of *in vitro* oral bacterial ecosystems. *Appl Environ Microbiol*. 2003;69(8):4770–4776. doi:10.1128/AEM.69.8.4770-4776.2003
111. DrugBang: ambazon (nr dostępu DB13697). <https://go.drugbank.com/drugs/DB13697>. Dostęp 12.12.2022.
112. Mureşan-Pop M, Kacsó I, Martin F, Simon S, Ştefan R, Bratu I. Ambazone salt with p-aminobenzoic acid. *J Therm Anal Calorim*. 2015;120:905–912. doi.org/10.1007/s10973-015-4452-0
113. Merchel Piovesan Pereira B, Tagkopoulou I. Benzalkonium chlorides: Uses, regulatory status, and microbial resistance. *Appl Environ Microbiol*. 2019;85(13):e00377–e00419. doi:10.1128/AEM.00377-19
114. Brycki B, Małecka I, Koziróg A, Otlewska A. Synthesis, structure and antimicrobial properties of novel benzalkonium chloride analogues with pyridine rings. *Molecules*. 2017;22:130. doi:10.3390/molecules22010130
115. Kostoglou D, Vass A, Giaouris E. Comparative Assessment of the Antibacterial and Antibiofilm Actions of Benzalkonium Chloride, Erythromycin, and L(+)-Lactic Acid against Raw Chicken Meat *Campylobacter* spp. Isolates. *Antibiotics (Basel)*. 2024;13(3):201. doi:10.3390/antibiotics13030201
116. Yu TT, Kuppusamy R, Yasir M, et al. Polyphenylglyoxamide-based amphiphilic small molecular peptidomimetics as antibacterial agents with anti-biofilm activity. *Int J Mol Sci*. 2021;22:7344. doi:10.3390/ijms22147344
117. Ritchie CW, Bush AI, Mackinnon A, et al. Metal-protein attenuation with iodochlorhydroxyquin (clioquinol) targeting Aβ amyloid deposition and toxicity in Alzheimer disease: A pilot phase 2 clinical trial. *Arch Neurol*. 2003;60(12):1685–1691. doi:10.1001/archneur.60.12.1685. Erratum in: *Arch Neurol*. 2004;61(5):776.
118. Bortolin M, Bidossi A, De Vecchi E, Avveniente M, Drago L. *In vitro* antimicrobial activity of chlorquinaldol against microorganisms responsible for skin and soft tissue infections: Comparative evaluation with gentamicin and fusidic acid. *Front Microbiol*. 2017;8:1039. doi:10.3389/fmicb.2017.01039
119. Darby CM, Nathan CF. Killing of non-replicating *Mycobacterium tuberculosis* by 8-hydroxyquinoline. *J Antimicrob Chemother*. 2010;65(7):1424–1427. doi:10.1093/jac/dkq145
120. Rohde W, Mikelens P, Jackson J, Blackman J, Whitcher J, Levinson W. Hydroxyquinolines inhibit ribonucleic acid-dependent deoxyribonucleic acid polymerase and inactivate Rous sarcoma virus and herpes simplex virus. *Antimicrob Agents Chemother*. 1976;10(2):234–240. doi:10.1128/AAC.10.2.234
121. Saji M, Fujii K, Ohkuni H, Irie N, Osono E, Kato F. Synergistic bactericidal effects of acrinol and tetracycline against *Pseudomonas aeruginosa*. *J Infect Chemother*. 2000;6(2):86–92. doi.org/10.1007/PL00012157
122. Gupta S, Sachdeva L, Gupta R. Ethacridine lactate – a safe and effective drug for termination of pregnancy. *Indian J Matern Child Health*. 1993;4(2):59–61.
123. Inan I, Kelekçi S, Yazar D. Comparison of ethacridine lactate and prostaglandin E2 in second trimester medical abortion. *Acta Obstet Gynecol Scand*. 1997;76(7):680–683. doi:10.3109/00016349709024610

124. Hou SP, Fang AH, Chen QF, Huang YM, Chen OJ, Cheng LN. Termination of second-trimester pregnancy by mifepristone combined with misoprostol versus intra-amniotic injection of ethacridine lactate (Rivanol®): A systematic review of Chinese trials. *Contraception*. 2011;84(3):214–223. [doi:10.1016/j.contraception.2011.01.018](https://doi.org/10.1016/j.contraception.2011.01.018)
125. Huang TS, Lee JJ, Li YS, Cheng SP. Ethacridine induces apoptosis and differentiation in thyroid cancer cells *in vitro*. *Anticancer Res*. 2019;39(8):4095–4100. [doi:10.21873/anticancerres.13567](https://doi.org/10.21873/anticancerres.13567)
126. Li X, Lidsky PV, Xiao Y, et al. Ethacridine inhibits SARS-CoV-2 by inactivating viral particles. *PLoS Pathog*. 2021;17(9):e1009898. [doi:10.1371/journal.ppat.1009898](https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1009898)
127. Babalska ZŁ, Korbecka-Packowska M, Karpiński TM. Wound antiseptics and European guidelines for antiseptic application in wound treatment. *Pharmaceuticals (Basel)*. 2021;14(12):1253. [doi:10.3390/ph14121253](https://doi.org/10.3390/ph14121253)
128. Sopata M, Jawień A, Mrozikiewicz-Rakowska, et al. Wytyczne dotyczące miejscowego postępowania z ranami niezakażonymi, ranami zagrożonymi zakażeniem i ranami zakażonymi — przegląd dostępnych substancji przeciwdrobnoustrojowych stosowanych w leczeniu ran. Zalecenia Polskiego Towarzystwa Leczenia Ran. *Leczenie Ran*. 2020;17(1):1–21. [doi:10.5114/lr.2020.96820](https://doi.org/10.5114/lr.2020.96820)
129. Sopata M, Banasiewicz T, Gabriel M, et al. Przegląd substancji przeciwdrobnoustrojowych stosowanych w leczeniu ran w oparciu o konsensus niemiecki i polskie wytyczne (stan wiedzy z 2018 r.). Bazylea, Szwajcaria: Karger; 2018.
130. Rutala WA, Weber DJ, Komitet Doradczy ds. Praktyk Kontroli Zakażeń w Służbie Zdrowia (HICPAC). Wytyczne CDC. Wytyczne do dezynfekcji i sterylizacji w zakładach opieki zdrowotnej, 2008. www.sterylizacja.org.pl/pliki/publikacje/WYTYCZNE_CDC_1.pdf. Dostęp 12.12.2022.
131. Guideline for Disinfection and Sterilization in Healthcare Facilities, 2008. <https://www.cdc.gov/infection-control/media/pdfs/Guideline-Disinfection-H.pdf>. Dostęp 12.12.2022.
132. Tyski S, Bocian E, Laudy AE. Application of normative documents for determination of biocidal activity of disinfectants and antiseptics dedicated to the medical area: A narrative review. *J Hosp Infect*. 2022;125:75–91. [doi:10.1016/j.jhin.2022.03.016](https://doi.org/10.1016/j.jhin.2022.03.016)

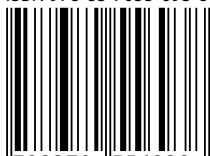


UNIwersytet Medyczny
IM. PIASTÓW ŚLĄSKICH WE WROCŁAWIU

Przedstawiona do recenzji pozycja jest odpowiedzią na zapotrzebowanie środowiska, w tym również pozamedycznego, któremu zależy na wdrażaniu praktyki zapobiegania i rozprzestrzeniania się zakażeń, jak i pracy w warunkach nienarażających pracowników na infekcje. [...] Biorąc pod uwagę rosnący stopień świadomości społeczeństwa, wynikający z wymuszonej zmiany społecznych zachowań w ramach profilaktyki zakażeń podczas trwającej epidemii SARS-CoV-2, zebranie informacji dotyczących problematyki dezynfekcji i antyseptyki wydaje się słuszne. [...] Na szczególną uwagę zasługuje to, że Autorzy dokonali przeglądu dostępnych na rynku farmaceutycznym środków stosowanych zarówno do dezynfekcji, jak i antyseptyki, objaśniając różnice w obu pojęciach. Opis składu oraz sposób zastosowania wskazuje na możliwości wykorzystania tych preparatów w praktyce zawodowej (usługi medyczne i pozamedyczne).

dr hab. n. farm. Izabela Muszalska-Kolos

ISBN 978-83-7055-693-8



9 788370 556938