



dr KATARZYNA MIRANOWICZ-DZIERŻAWSKA (ORCID: 0000-0003-0013-5047)

dr LIDIA ZAPÓR (ORCID: 0000-0002-7398-4608)

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Kontakt: kamir@ciop.pl

DOI: 10.54215/BP.2024.9.20.Miranowicz-Dzierzawska

Zagrożenia związane ze stosowaniem chemicznych środków dezynfekcyjnych i maseczek chroniących przed zakażeniem podczas epidemii

Fot. Freepik



Działania zapobiegające rozprzestrzenianiu się drobnoustrojów chorobotwórczych nierozdzielnie wiążą się z działalnością medyczną i służbą zdrowia, są nieodzowne w działalności salonów kosmetycznych i fryzjerskich, w rolnictwie, produkcji żywności i hodowli zwierząt, przemyśle spożywczym, a w czasie epidemii lub pandemii dotyczą również ogółu społeczeństwa. Choć takie działania przynoszą korzyści dla zdrowia, trzeba zdawać sobie sprawę, że stosowanie środków chroniących przed zakażeniem może mieć także niekorzystne skutki dla osób, które je stosują. W artykule omówiono zagrożenia związane ze stosowaniem chemicznych środków dezynfekcyjnych i maseczek chroniących układ oddechowy przed wnikaniem wirusów.

Słowa kluczowe: chemiczne środki dezynfekcyjne, maseczki, zakażenia, zagrożenia, epidemia

Risks related to the use of chemical disinfectants and masks using to protect against infection during an epidemic

Actions to prevent the spread of pathogenic microorganisms are inextricably linked to medical activities and health services, they are indispensable in the activities of beauty and hairdressing salons, in agriculture, food production and animal breeding, the food industry, and during an epidemic or pandemic, they also apply to the general public. In addition to the benefits that such activities bring to health, one should be aware that the use of measures to protect against infection may also be associated with adverse effects for people who use them. The article discusses the risks associated with the use of chemical disinfectants and face masks protecting the respiratory system against the penetration of viruses.

Keywords: chemical disinfectants, face masks, infections, hazards, epidemic

Wstęp

Zapobieganie szerzeniu się infekcji jest jednym z podstawowych działań podejmowanych w obliczu zagrożenia epidemią lub pandemią. Działania takie stosowane na masową skalę mogą ograniczyć liczbę zakażeń i ich ostry przebieg, co stało się wyzwaniem w 2019 r., kiedy globalnie zaczęły się rozprzestrzeniać zakażenia koronawirusem SARS-CoV-2. Według danych Ministerstwa Zdrowia [1] w naszym kraju liczba zakażeń od 4 marca 2020 r. wyniosła 6 524 464, w tym odnotowano 119 654 przypadki śmiertelne (stan na 6 października 2023 r.).

Do zakażenia koronawirusem SARS-CoV-2 dochodzi przede wszystkim drogą kropelkowo-powietrzną, poprzez bezpośredni kontakt z osobą zakażoną lub z wirusem obecnym w powietrzu zamkniętych, niewietrzonych pomieszczeń. W mniejszym stopniu możliwe jest zakażenie poprzez spojówki oczu, jak również zakażenie drogą pokarmową przez kontakt ze skażonymi powierzchniami lub sprzętami oraz przeniesienie z nich cząstek wirusa do jamy ustnej (bezpośrednio albo przez pokarm). Nie potwierdzono możliwości zakażenia przez mocz i stolec [2].

SARS-CoV-2 jest wirusem, który wywołuje zakaźną chorobę COVID-19. Jej najczęstszymi objawami są: gorączka, zmęczenie, suchy kaszel, duszności oraz utrata smaku i/lub węchu. Nasilenie objawów może być bardzo zróżnicowane: od łagodnych (chory nie wymaga wtedy leczenia szpitalnego) po poważne, zwłaszcza u osób dodatkowo obciążonych chorobami współistniejącymi (takimi jak: choroby układu oddechowego, układu krążenia, nadciśnienie tętnicze, cukrzyca, choroba nowotworowa czy stany z obniżoną odpornością). W niektórych przypadkach może wystąpić patologiczna ogólnoustrojowa reakcja układu immunologicznego, zwana burzą cytokinową, podczas której dochodzi do uwalniania przez organizm cząstek sygnałowych

o charakterze peptydów, białek lub glikoprotein o masie poniżej 30 kDa, będących mediatorami reakcji zapalnej. Reakcja ta, przebiegając w sposób niekontrolowany, może prowadzić do zmian zapalnych i zaburzenia czynności w wielu narządach (płucach, sercu, nerkach), powodować uszkodzenie śródbłonna naczyniowego, spowalniać przepływ krwi, powodować powstawanie zakrzepów [2] i być przyczyną sepsy [3]. Za dużą część przypadków chorobowych zakończonych zgonem odpowiada właśnie burza cytokinowa i zespół ostrej niewydolności oddechowej [4].

Biorąc pod uwagę skutki związane z zakażeniem koronawirusem SARS-CoV-2, konieczne było zabezpieczanie się przed zakażeniem i podejmowanie działań zmierzających do ograniczenia rozprzestrzeniania się wirusa. W dobie pandemii działania te objęły swym zasięgiem ogół społeczeństwa, a polegały przede wszystkim na szczepieniach ochronnych oraz stosowaniu środków dezynfekujących (na skórę, powierzchnie oraz sprzęt i urządzenia) i maseczek chroniących układ oddechowy przed wnikaniem wirusów (zarówno tzw. masek medycznych, jak i typowego sprzętu ochrony układu oddechowego, tj. półmasek filtrujących, a nawet masek ochronnych, stanowiących sprzęt pełnotwarzowy wykorzystywany zgodnie z właściwym przeznaczeniem – np. przez strażaków podczas gaszenia pożarów). Różnego rodzaju maseczek używano wtedy zarówno w życiu codziennym, jak i podczas pracy zawodowej.

Zapobieganie zakażeniom jest codziennością środowiska szpitalnego i całej służby zdrowia (również weterynarii), salonów kosmetycznych i fryzjerskich, rolnictwa (przy produkcji żywności i hodowli zwierząt) oraz przemysłu spożywczego (przetwórstwa mięsnego, zakładów mleczarskich itp.). Pracownikom tych branż należy zapewnić bezpieczeństwo stosowania środków dezynfekcyjnych oraz maseczek chroniących przed zakażeniem, ponieważ ich niewłaściwe używanie może wywoływać również niekorzystne skutki dla ludzkiego zdrowia.

Celem artykułu jest omówienie zagrożeń związanych ze stosowaniem chemicznych środków dezynfekcyjnych oraz maseczek używanych do ochrony układu oddechowego przed wnikaniem wirusów.

Pojęcie dezynfekcji

Dezynfekcja, czyli odkażanie, to postępowanie mające na celu zniszczenie form wegetatywnych (aktywnych metabolicznie, które w dogodnych warunkach środowiska intensywnie się namnażają) bakterii, wirusów i grzybów lub zredukowanie ich do bezpiecznego poziomu, co znacząco zmniejsza ryzyko zakażenia.

Warto zauważyć, że zdezynfekowany materiał nie musi być jałowy, czyli całkowicie pozbawiony bakterii, endospor (w skrócie spor – przetrwalników, które są strukturami spoczynkowymi bakterii), grzybów i ich zarodników, pierwotniaków i wirusów. Dezynfekcja nie zawsze bowiem usuwa formy przetrwalnikowe bakterii (endospor),

które są niszczone w procesie sterylizacji (wyjaławiania). W produktach leczniczych i wyrobach medycznych, które zostały poddane procesowi sterylizacji zgodnie z wymaganiami Farmakopei¹, prawdopodobieństwo wystąpienia jednostki zawierającej żywe drobnoustroje wynosi $\leq 10^{-6}$ (to znaczy, że przedmiot może być uznany za steryl, jeżeli prawdopodobieństwo wystąpienia na nim mikroorganizmu jest równe lub mniejsze niż 1 : 1 000 000).

Dezynfekcja dotyczy przedmiotów oraz powierzchni użytkowych (w przeciwieństwie do antyseptyki odnoszącej się do skóry, błon śluzowych i uszkodzonych tkanek) i może się odbywać na różne sposoby (np. polegając na stosowaniu preparatów chemicznych lub promieniowania UV). Wśród metod sterylizacji najbardziej popularną metodą jest oddziaływanie gorącą parą wodną pod ciśnieniem w urządzeniach zwanych autoklawami, ale można ją przeprowadzać również przy użyciu roztworów środków chemicznych (np. aldehydu glutarowego), promieniowania ultrafioletowego lub jonizującego (wiązek elektronów o energiach do 10 MeV przyspieszanych w akceleratorach, promieniowania gamma, którego źródła zawierają ⁶⁰Co i ¹³⁷Cs, oraz promieniowania X) lub poprzez sączenie membranowe.

Skuteczność działania chemicznych środków dezynfekcyjnych

Środki dezynfekcyjne muszą się charakteryzować odpowiednią skutecznością działania przeciwdrobnoustrojowego, która jest ściśle związana z ich zastosowaniem, ponieważ użycie środka dezynfekcyjnego o nieodpowiednich parametrach może spowodować wystąpienie infekcji, a w konsekwencji prowadzić do powstawania szczepów opornych na preparaty dezynfekcyjne.

Deklarowane działanie biobójcze środków dezynfekcyjnych powinno odpowiadać Normom Europejskim, określonym w PN-EN 14885:2022-09². Norma ta ma zastosowanie do produktów, dla których deklaruje się działanie przeciw bakteriom wegetatywnym, sporom (przetrwalnikom) bakterijnym, grzybom drożdżopodobnym, zarodnikom grzybów oraz wirusom (łącznie z wirusami atakującymi określone szczepy w obrębie gatunku bakterii, czyli bakteriofagami).

W związku z różnymi wymaganiami w zależności od obszarów stosowania preparatów dezynfekujących określono różne metody ich badania i kryteria oceny w następujących trzech obszarach:

- medycznym (WG 1), w którym daną normę stosuje się do chemicznych środków dezynfekcyjnych i antyseptycznych, wskazanych

ze względów medycznych podczas opieki nad pacjentem w szpitalach, przychodniach, gabinetach stomatologicznych, a także w zakładach usługowych (kuchniach, pralniach), laboratoriach medycznych, domach opieki itp.;

- weterynaryjnym (WG 2), który dotyczy opieki weterynaryjnej oraz żywienia, hodowli, produkcji, transportu oraz zbywania zwierząt;
- spożywczym, przemysłowym, prywatnym i instytucjonalnym (WG 3) – w tym przypadku nie ma medycznych wskazań do dezynfekcji (np. w: domach, hotelach, biurach, żłobkach, przedszkolach, szkołach, środkach transportu, przetwórstwie spożywczym, dystrybucji i sprzedaży detalicznej żywności pochodzenia zwierzęcego i roślinnego, przemyśle farmaceutycznym czy kosmetycznym).

Aby uniknąć zagrożenia wynikającego z braku skuteczności środka dezynfekcyjnego, należy zgodnie z obowiązującymi przepisami przeprowadzić w warunkach laboratoryjnych badania potwierdzające jego działanie biobójcze w deklarowanym zakresie, z uwzględnieniem powyższego podziału.

Potwierdzenie skuteczności działania w deklarowanym zakresie produktów biobójczych jest jednym z kryteriów ich dopuszczenia do obrotu, którego warunki regulują ustawa o produktach biobójczych³ oraz rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE nr 528/2012⁴, zgodnie z którym biocydy muszą spełniać określone normy bezpieczeństwa (do rejestracji wymagane jest dostarczenie informacji odnośnie do określonego panelu badań toksyczności i ekotoksyczności).

Zagrożenia związane z chemicznymi środkami dezynfekującymi

W przypadku narażenia na zakażenie użycie środków dezynfekujących przynosi korzyści, jednak może też stanowić zagrożenie dla zdrowia człowieka (rys. 1) i środowiska naturalnego. To zagrożenie wiąże się np. z zastosowaniem środków o nieodpowiedniej skuteczności (które nie zapobiegają skutecznie wystąpieniu infekcji), a niekiedy nawet preparatów niewiadomego pochodzenia, często niskiej jakości, zawierających tańsze zamienniki, które bywają np. przelewane do aplikatorów po profesjonalnych produktach – wtedy użytkownik jest narażony na nieświadomie. Jednak nawet prawidłowo używane dezynfektanty dobrej jakości mogą szkodliwie oddziaływać na człowieka i środowisko naturalne. Wynika to ze składu chemicznego i z właściwości tych preparatów, warunkujących ich skuteczność, a więc aktywność cytotoksyczną.

Wśród substancji aktywnych w chemicznych środkach dezynfekujących znajdują się związki

¹ Kodeks apteczny, określający „podstawowe wymagania jakościowe oraz metody badań produktów leczniczych i ich opakowań oraz surowców farmaceutycznych”, <https://www.urpl.gov.pl/pl/urz%C4%85d/farmakopea/farmakopea-polska>.

² PN-EN 14885:2022-09. Chemiczne środki dezynfekcyjne i antyseptyczne – Stosowanie Norm Europejskich dotyczących chemicznych środków dezynfekcyjnych i antyseptycznych.

³ Ustawa z 9 października 2015 r. o produktach biobójczych (t.j. Dz.U. z 2021 r. poz. 24).

⁴ Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 528/2012 z dnia 22 maja 2012 r. w sprawie udostępniania na rynku i stosowania produktów biobójczych (Dz.Urz. UE L 167 z 27 czerwca 2012 r., s. 1–123, z późn. zm.).

DROGA NARAŻENIA NA CHEMICZNE ŚRODKI DEZYNFEKCYJNE

Droga oddechowa

Droga dermalna

MOŻLIWE SKUTKI ZDROWOTNE

- podrażnienie błon śluzowych oczu i górnych dróg oddechowych
- bóle i zawroty głowy, uczucie senności, halucynacje, zaburzenia świadomości, utrata przytomności, śpiączka
- uczulenie
- astma
- przewlekła obturacyjna choroba płuc (POCHP)

- przesuszenie, podrażnienie, zaczerwienienie i świąd skóry
- nadmierne złuszczenie naskórka
- wyprysk kontaktowy rąk
- alergiczna pokrzywka kontaktowa

Rys. 1. Możliwe skutki oddziaływania chemicznych środków dezynfekcyjnych na człowieka

Fig. 1. Possible effects of chemical disinfectants on humans



Fot. Chemiczne środki dezynfekcyjne mogą działać drażniąco i uczulająco na skórę oraz wywoływać stany zapalne (Źródło: Freepik)

Photo. Chemical disinfectants can irritate the skin, cause inflammation and allergies (source: Freepik)

z wielu grup chemicznych. Należą do nich alkohole (głównie alkohol etylowy, propan-2-ol i alkohol n-propylowy), chlor i jego związki, formaldehyd, aldehyd glutarowy i ortoftalowy, nadtlenuk wodoru, jodofory, kwas nadoctowy, nadszarczany, fenole i czwartorzędowe związki amoniowe. Większość z tych składników środków dezynfekcyjnych może działać drażniąco na błony śluzowe oczu, górnych dróg oddechowych i skórę, zwłaszcza jeśli są używane w dużych ilościach i w zamkniętej przestrzeni. Mogą też działać uczulająco i uwalniać toksyczne gazy.

Główną drogą narażenia jest droga inhalacyjna, ale związki, takie jak aldehyd glutarowy, mogą się również wchłaniać przez skórę i *per os* (drogą pokarmową). Szkodliwe działanie na organizm człowieka dotyczy jednak głównie układu oddechowego i skóry.

Spośród jednostek chorobowych w obrębie układu oddechowego, powodowanych przez środki dezynfekujące, jedną z najpoważniejszych

jest przewlekła obturacyjna choroba płuc (POCHP). Głównym czynnikiem etiologicznym POCHP jest palenie tytoniu, które odpowiada za ok. 80% przypadków, ale chorobę tę może też wywoływać narażenie na środki dezynfekcyjne.

POCHP charakteryzuje się utrwalałym, postępującym ograniczeniem przepływu powietrza przez dolne drogi oddechowe, co wiąże się z nasiloną przewlekłą reakcją zapalną w oskrzelach, mięszu płuc i naczyniach płucnych. W przebiegu choroby występuje obrzęk dróg oddechowych, zwiększa się wydzielanie śluzu oraz jego zaleganie w świetle oskrzeli i następuje niszczenie mięszu płuc. Wpływa to na zmniejszenie ich sprężystości oraz wywołuje zmiany w strukturze dróg oddechowych, prowadzące do ich zwężenia – dotyczy to zwłaszcza oskrzeli o średnicy mniejszej niż 2 mm i oskrzelików. Pojawiają się cechy rozedmy płuc, przepływ powietrza staje się utrudniony, co jest przyczyną występowania duszności. Charakterystycznym objawem jest także kaszel

z odkrztuszaniem dużej ilości płwociny. Mogą wystąpić objawy prawokomorowej niewydolności serca oraz niewydolności oddechowej, a ponadto zaburzenia neurologiczne i psychiczne wynikające z niedotlenienia oraz przewlekłej kwasicy oddechowej [5].

Drugą poważną jednostką chorobową w obrębie układu oddechowego, która może być powodowana przez środki dezynfekujące, jest astma. Narażenie na środki czyszczące i odkażające może być przyczyną zarówno astmy alergicznej, jak i astmy wywołanej działaniem czynników drażniących. Największe ryzyko astmy u pracowników ochrony zdrowia stwierdzono przy ręcznym rozcieńczaniu środków dezynfekujących, co może wskazywać na wpływ wysokich stężeń chwilowych tych substancji. Astmę mogą wywołać zwłaszcza czwartorzędowe związki amoniowe (do których należy m.in. chlorek benzalkonium) oraz aldehyd glutarowy czy związki, których działanie opiera się na uwalnianiu aktywnego chloru. Chlorek benzalkonium działa jednocześnie drażniąco i uczulająco oraz powoduje powstawanie nacieków eozynofilowych w oskrzelach i wzrost stężenia całkowitych immunoglobulin klasy E⁵, a także indukuje skurcz oskrzeli poprzez aktywację komórek tłuszcznych i stymulowanie szlaków nerwowych [6].

Oprócz dolegliwości ze strony układu oddechowego u osób stosujących środki dezynfekcyjne istnieje także ryzyko ich niekorzystnego działania na skórę, czego rezultatem jest jej uszkodzenie oraz wystąpienie reakcji alergicznych (zob. fot.). Substancje chemiczne o działaniu drażniącym wchodzące w skład środków do dezynfekcji mogą powodować zmiany w strukturze komórek skóry. Powodują one uszkodzenie błon komórkowych keratynocytów⁶, co prowadzi do uwolnienia z nich mediatorów stanu zapalnego, a w konsekwencji – do powstawania stanu zapalnego skóry. Częstym działaniem środków dezynfekcyjnych jest zatem podrażnienie skóry, manifestujące się zaczerwienieniem, uporczywym świądem i nadmiernym złuszczeniem się naskórka. Dezynfektanty często powodują również nadmierne przesuszenie skóry, wynikające z uszkodzenia jej płaszczu hydrolipidowego, co sprzyja przyspieszonemu starzeniu się skóry i zwiększa jej podatność na nadkażenia grzybicze. Środki dezynfekcyjne bywają też przyczyną wyprysku kontaktowego rąk (zarówno z podrażnienia, jak i alergicznego), który ułatwia wystąpienie zakażeń skóry. Obok alergicznej pokrzywki kontaktowej jest to najczęściej występujące schorzenie u personelu medycznego. Wykwity bąblowe powstające w tym drugim przypadku są wynikiem wzmożonej przepuszczalności naczyń i obrzęku związanego z wydzielaniem histaminy, które jest skutkiem działania alergicznego dezynfektantów. Dodatkowo

⁵ Przeciwciała wytwarzane przez ludzki układ odpornościowy, głównie w chorobach alergicznych.

⁶ Żywe komórki naskórka biorące udział w procesie rogowacenia, stanowiącym część naturalnego cyklu odnowy skóry.

preparatom dezynfekującym przypisuje się działanie fototoksyczne (pod wpływem dezynfektantów, w połączeniu z działaniem promieniowania UVA, dochodzi do uszkodzenia tkanek) i fotoalergiczne, które w skrajnych przypadkach może prowadzić do uogólnionego złuszczonego zapalenia skóry (erythrodermii) [7].

Należy pamiętać, że działanie drażniące dezynfektantów dotyczy również oczu, których skażenie powoduje zaczerwienienie, ostry stan zapalny, a nawet oparzenia rogówki z powikłaniami ze strony gałki ocznej.

Oprócz omówionego powyżej szkodliwego działania składniki środków dezynfekujących mogą wykazywać również działanie narkotyczne. Dotyczy to par alkoholi, które są stosowane w preparatach do dezynfekcji. I tak, wdychanie np. par propan-2-olu w dużych stężeniach może powodować: ból i zawroty głowy lub uczucie senności, halucynacje, zaburzenia świadomości, utratę przytomności i śpiączkę. Objawy narkotyczne pojawiają się także po zatruciu drogą pokarmową, przy którym dodatkowo występują nudności, wymioty, bóle brzucha, biegunka z ryzykiem krwotocznego zapalenia żołądka. Wypicie 100 ml propan-2-olu może spowodować śmierć. Następstwem ostrego zatrucia może być uszkodzenie wątroby i nerek [8].

Należy również wspomnieć, że alkohol etylowy, będący składnikiem wielu środków dezynfekujących, został zidentyfikowany przez Międzynarodową Agencję Badań nad Rakiem (IARC) jako znany czynnik rakotwórczy w napojach alkoholowych. Również aldehyd octowy (metabolit alkoholu etylowego występujący w napojach alkoholowych) został zaliczony do grupy 1, czyli do czynników rakotwórczych dla ludzi. IARC stwierdziła, że istnieją dowody na to, że spożywanie napojów alkoholowych ma związek przyczynowy z występowaniem nowotworów jamy ustnej, gardła (z wyłączeniem nosogardzieli), krtań, przełyku i wątroby. Niedawno dodano do tej listy raka piersi i raka jelita grubego [9].

Dostępne dane toksykokinetyczne sugerują, że ciągłe narażenie na pary etanolu o stężeniu 1000 ppm przez osiem godzin prawdopodobnie doprowadzi do podobnego skumulowanego narażenia jak pojedynczy mocny napój zawierający 10 g etanolu. Większe narażenie w takim czasie jest mało prawdopodobne ze względu na powodowany przez etanol w wysokich stężeniach dyskomfort w obrębie błon śluzowych układu oddechowego i oczu [10].

Badania doświadczalne drażniącego i uczulającego działania na skórę chemicznych środków dezynfekujących

W literaturze przedmiotu opisano wiele przypadków wystąpienia objawów szkodliwego działania środków dezynfekujących. Autorzy podkreślają, że jedną z grup najbardziej narażonych zawodowo na działanie środków dezynfekcyjnych lub czyszczących są pielęgniarki, zwłaszcza te pracujące w sali operacyjnej [11].

Opisane przez Dumas i wsp. [12] narażenie zawodowe pielęgniarek na siedem najczęściej stosowanych środków dezynfekcyjnych lub czyszczących (formaldehid, aldehyd glutarowy, wybielacz podchlorynowy, nadtlenuk wodoru, alkohol etylowy, czwartorzędowe związki amoniowe i enzymatyczne środki czyszczące) było istotnie powiązane ze zwiększonym o 25–38% ryzykiem rozwoju POChP.

Po tym, jak wprowadzono do użytku środki do dezynfekcji powierzchni zawierający nadtlenuk wodoru, kwas nadoctowy i kwas octowy, pracownicy szpitala zgłaszali częstsze występowanie związanego z pracą świszczącego oddechu i łzawienia oczu w porównaniu z osobami niestosującymi tego produktu [13].

Wyniki badań Kieć-Świerczyńskiej i Kręcisza [14] wskazują na rolę preparatów dezynfekcyjnych w powstawaniu alergicznego kontaktowego zapalenia skóry u pracowników służby zdrowia. Autorki opisują, że najczęściej alergizowały aldehydy. U 10,8% pielęgniarek występowała nadwrażliwość na glutaraldehyd. Czwartorzędowe związki amoniowe, wchodzące w skład wielu środków dezynfekcyjnych, działają drażniąco, podobnie jak w przypadku układu oddechowego, mogą również powodować reakcję alergiczną, w tym wypadku alergiczne zapalenie skóry rąk. Niekiedy zmiany skórne są rozsiane. W badaniach przeprowadzonych przez Kieć-Świerczyńską i Kręcisza na te związki reagowało aż 23,8% pielęgniarek. Należy jednak zwrócić uwagę, że w niektórych przypadkach uczulenie mogło powstać w warunkach pozazawodowych, ponieważ czwartorzędowe związki amoniowe wchodziły w skład nie tylko środków odkażających, lecz także leków ocznych czy preparatów stosowanych w chorobach gardła, a także np. środków ochrony drewna.

U pracowników używających środków dezynfekujących, w których substancją aktywną był aldehyd glutarowy, najczęściej występującymi objawami były: kichanie (u 38,3%), bóle głowy (31,7%), łzawienie oczu (25%), wysypka na skórze (10%) i przewlekły kaszel (8,3%) [15].

U dwóch pracowników laboratorium analitycznego rozwinęło się kontaktowe zapalenie skóry po zastosowaniu u pacjenta jednorazowego gazika dezynfekującego, używanego przed iniekcją, który zawierał alkohol izopropylowy (70%) i tlenek propylenu (1%). Testy płatkowe wykazały dodatnie reakcje alergiczne na tlenek propylenu u obu pracowników, a jeden z nich zareagował także na alkohol izopropylowy [16].

Zagrożenia związane z maseczkami chroniącymi układ oddechowy

Stosowanie maseczek (zarówno masek medycznych, jak i sprzętu ochrony układu oddechowego) jest kolejną metodą ograniczenia ekspozycji na czynniki mogące wywoływać zakażenie przez drogi oddechowe. Na rynku dostępne są rozmaite rodzaje maseczek, które różnią się budową, użytymi materiałami, właściwościami, skutecznością i przeznaczeniem.

Środkami ochrony indywidualnej przed cząstkami stałymi (pyłami, dymami, bakteriami, wirusami) oraz cząstkami ciekłymi w postaci mgły, przeznaczonymi do stosowania na stanowiskach pracy, są półmasksi filtrujące (oznakowane symbolem FFP1, FFP2 lub FFP3 w zależności od skuteczności filtracji i maksymalnego stopnia nieuszczelnności wynikającego z niecałkowitego przylegania maski i ewentualnych nieuszczelnności zaworu wydechowego). Są one wykonane z materiału filtracyjnego (zwykle kilkuwarstwowego) i chronią układ oddechowy użytkownika przed zanieczyszczeniami zawieszonymi w powietrzu. Półmasksi filtrujące są zdolne do zatrzymywania cząstek odpowiadających rozmiarem wielkości koronawirusa SARS-CoV-2 (którego średnicę wyznaczono na poziomie 60–140 nm). Przy ich stosowaniu ważne jest, żeby były dobrze dopasowane do budowy twarzy. Wśród półmasek filtrujących znajdują się zarówno te przeznaczone do jednorazowego użytku (oznaczone literami NR), których czas użytkowania wynosi osiem godzin, jak i do wielokrotnego użytku (oznaczone literą R), które mogą być używane dłużej niż podczas jednej zmiany roboczej.

Półmasksi filtrujące powinny spełniać wymagania bezpieczeństwa i ochrony zdrowia zawarte w rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/425⁷. Potwierdzeniem tego faktu jest spełnienie wymagań zawartych w normie PN-EN 149+A1:2010 (EN 149:2001+A1:2009)⁸.

Wśród wyrobów medycznych znajdują się z kolei maski medyczne (określane też mianem chirurgicznych). W normalnych warunkach są noszone przez medyków i zabezpieczają pacjentów przed ewentualnym zakażeniem drogą kropelkową [17, 18]. Wymagania konstrukcyjne i eksploatacyjne oraz metody testowania masek chirurgicznych są określone w normie PN-EN 14683+AC:2019-09 (EN 14683:2019+AC:2019)⁹, przy czym niniejsza Norma Europejska nie ma zastosowania do masek przeznaczonych wyłącznie do ochrony osobistej personelu.

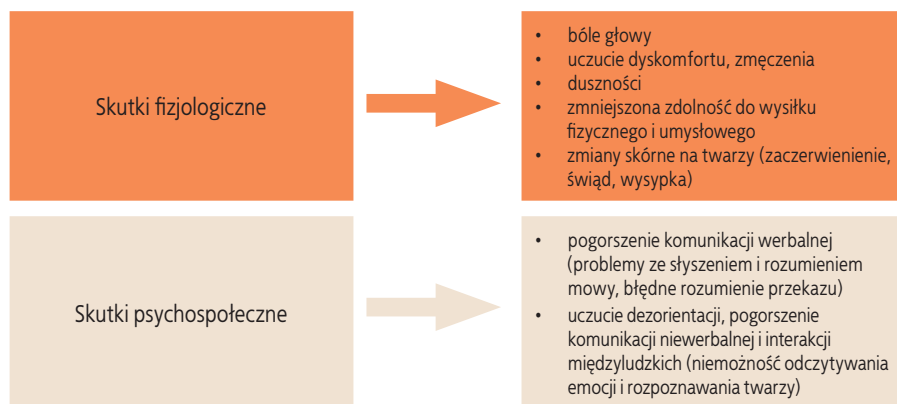
Należy podkreślić, że maseczka przeznaczona np. do ochrony przed szkodliwym działaniem pyłów niekoniecznie się sprawdzi jako maska chroniąca przed wirusami. Co więcej, używanie maseczki, która jest niewłaściwa ze względu na rodzaj zagrożenia, może być przyczyną problemów ze zdrowiem (rys. 2).

Bardzo częste zagrożenie związane ze stosowaniem maseczki (tak medycznej, jak i filtrującej) wynika z lekceważenia zaleceń dotyczących czasu jej używania. Dotyczy to zwłaszcza masek określanych jako jednorazowe, które wskutek

⁷ Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/425 z dnia 9 marca 2016 r. w sprawie środków ochrony indywidualnej oraz uchylenia dyrektywy Rady 89/686/EWG (Dz.Urz. UE L 81 z 31 marca 2016 r., s. 51–98).

⁸ PN-EN 149+A1:2010 (EN 149:2001+A1:2009). Sprzęt ochrony układu oddechowego – Półmasksi filtrujące do ochrony przed cząstkami – Wymagania, badanie, znakowanie.

⁹ PN-EN 14683+AC:2019-09 (EN 14683:2019+AC:2019). Maski medyczne – Wymagania i metody badań.



Rys. 2. Niepożądane skutki noszenia maseczek ochronnych
Fig. 2. Adverse effects of wearing face masks

długotrwałego używania stają się siedliskiem drobnoustrojów, a przez to mogą być źródłem wtórnego zakażenia. Wyniki wielu badań dowiodły obecności wirusa SARS-CoV-2 na różnych powierzchniach materiałów – także na zewnętrznych i wewnętrznych warstwach maseczek, gdyż tworzy się tu ciepłe i wilgotne środowisko z wydychanego powietrza, a dodatkowo ślina stwarza warunki sprzyjające wzrostowi i rozwojowi mikroorganizmów.

Tematem coraz częściej poruszanym podczas epidemii COVID-19 były fizjologiczne konsekwencje noszenia maseczek ochronnych. Ich użytkownicy skarżyli się na bóle głowy, zmęczenie, dyskomfort przy długotrwałym noszeniu, odczuwane uczucie ciepła i zawilgocenia pod maseczką, parowanie okularów oraz zmniejszoną zdolność do wysiłku fizycznego i umysłowego. Przegląd literatury przedmiotu przeprowadzony przez Makowiec-Dąbrowską i wsp. [19] pokazuje, że dolegliwości zgłaszane przez osoby noszące maseczki ochronne były tym częstsze, im dłuższy był czas ich użytkowania. Wśród objawów noszenia maseczek u pracowników medycznych, najczęściej poddawanych badaniom, dominowały bóle głowy, z tym że zwykle nie były one tak intensywne, aby istniała potrzeba zażywania leków przeciwbólowych, choć wpływały na obniżenie sprawności wykonywania pracy. Dużą uciążliwość i przyczyną dolegliwości bólowych było noszenie masek zaczepionych za uszy lub uciskających głowę. Bóle głowy mogły wynikać też (lub przede wszystkim) z niedotlenienia (obniżenia ciśnienia parcjalnego tlenu we krwi) i/lub ze zwiększenia we krwi poziomu dwutlenku węgla.

Występowanie tych dolegliwości potwierdzają badania Bedera i wsp. [20], którzy stwierdzili spadek saturacji (czyli stopnia wysycenia tlenem hemoglobiny krwi tętniczej) oraz nieznaczny wzrost częstości tętna w porównaniu z wartościami przedoperacyjnymi u 53 chirurgów noszących maseczki chirurgiczne podczas dużych operacji. Częstość tętna chirurga wzrastała, a saturacja spadała po pierwszej godzinie, co badacze powiązali z noszeniem maseczki, choć nie wykluczyli też stresu operacyjnego.

Vogt i wsp. [21] potwierdzili wpływ noszenia masek filtrujących na reakcje fizjologiczne i percep-

cję podczas 30-minutowych ćwiczeń ochotników na ergometrze rowerowym. Stwierdzili istotnie wyższą ocenę postrzeganego wysiłku, odczuwanej duszności oraz wyższy końcowowy dechowy poziom dwutlenku węgla u osób noszących maskę N95 (symbol ten oznacza, że maska jest w stanie wychwycić przynajmniej 95% cząsteczek zawieszonych w powietrzu).

Fukushi i wsp. [22] ustalili jednak, że noszenie maseczki na twarzy nasila duszności tylko podczas intensywnych ćwiczeń zdrowych osób dorosłych w teście na bieżni, natomiast nie nasila ich podczas ćwiczeń lekkich i umiarkowanych.

Dodatkowym problemem związanym z długotrwałym noszeniem maseczek ochronnych są zmiany skórne w okolicy, którą przykrywa maska, takie jak: wysypka, trądzik, świąd skóry, jej zaczerwienienie i podrażnienie, co dalej wiąże się ze zwiększonym ryzykiem podatności na zakażenie [23]. Do kontaktowego zapalenia skóry lub pokrzywki kontaktowej może dochodzić pod wpływem klejów, gumy w paskach, wolnego formaldehydu uwalnianego z włókniny polipropylenowej czy metalu wbudowanego w maskę [24].

Noszenie maseczek jest też czynnikiem ryzyka pogorszenia parametrów filmu łzowego. To pogorszenie jest znacznie większe w przypadku masek chirurgicznych niż w przypadku półmasek filtrujących określanych symbolem N95 i nasila się wraz z czasem użytkowania maseczki [25].

Z użytkowaniem maseczek wiąże się też konsekwencje ich wpływu na interakcje międzyludzkie, rozumienie mowy osoby w maseczce przez innych ludzi oraz problemy z rozpoznawaniem twarzy i odczytywaniem emocji, co prowadzi do obniżenia wydajności poznawczej, dezorientacji bądź błędnego rozumienia przekazu i może stwarzać niebezpieczeństwo, zwłaszcza w sytuacjach medycznych [26].

Brak komunikacji niewerbalnej podczas noszenia maseczki może wywołać niepewność, zniechęcenie, a nawet zaniepokojenie psychiczne, co ma znaczenie zwłaszcza w przypadku osób cierpiących na choroby psychiczne lub upośledzenie słuchu [27]. Proste maseczki twarzowe obniżają natężenie dźwięku o 3–4 dB, a maseczki N95 – nawet o 12 dB. Największe obniżenie natężenia dźwięku dotyczy częstotliwości 2000–7000 Hz, co tłumaczy niedostatki rozumienia mowy osób w maseczkach [19].

Obecnie na rynku oprócz konwencjonalnych maseczek dostępne są też maseczki antybakteryjne, które zapewniają *in situ* ochronę przeciwdrobnoustrojową. Maseczki, których powierzchnie są pokryte środkami antybakteryjnymi/wirusobójczymi, skutecznie dezaktywują/zabijają mikroorganizmy i zapobiegają tworzeniu się biofilmów. Wśród stosowanych składników biobójczych można wymienić metale i tlenki metali (srebro, miedź, tlenek cynku, tlenek i węgiel wolframu itp.), czwartorzędowe związki amoniowe, polimery, związki N-halaminu itp. Stosowanie takich maseczek zwiększa ochronę przeciwdrobnoustrojową, ale może też stwarzać zagrożenie dla użytkownika i środowiska naturalnego, chociażby z powodu uwalniania nanocząstek [28].

Nadmierne stosowanie jednorazowych maseczek zawierających włókna polimerowe oraz nanocząstki metali i tlenków metali może stanowić poważne wyzwanie dla środowiska naturalnego, co stawało się coraz bardziej widoczne podczas pandemii COVID-19. Powszechność stosowania maseczek jako ochrony w czasie pandemii przyczyniła się do często niekontrolowanej ich produkcji oraz niekontrolowanego usuwania zużytych wyrobów. Niewłaściwe gospodarowanie odpadami wpływa na rozprzestrzenianie się wirusów oraz na bardzo szybkie powiększanie objętości odpadów biomedycznych. Stosowane w jednorazowych maseczkach polimery to całe spektrum substancji chemicznych, takich jak plastyfikatory i środki zmniejszające palność, które same mogą być przyczyną problemów zdrowotnych [29].

Unikanie i ograniczanie zagrożeń związanych ze stosowaniem środków zapobiegających zakażeniom

Aby uniknąć lub przynajmniej ograniczyć niekorzystne oddziaływanie omawianych w artykule środków zapobiegających zakażeniom na organizm i środowisko, ważne jest przestrzeganie zaleceń producenta, zamieszczonych na etykiecie bądź w ulotce informacyjnej, które wskazują możliwe negatywne skutki zdrowotne oraz środki ostrożności, które należy zachować przy stosowaniu danego wyrobu.

W odniesieniu do maseczek należy przestrzegać zaleceń producenta dotyczących czasu ich stosowania oraz właściwego ich doboru.

Osoby używające środków dezynfekcyjnych powinny się zapoznać z kartami charakterystyki stosowanych preparatów, które muszą być sporządzone zgodnie z rozporządzeniem (WE) nr 1907/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady¹⁰.

¹⁰ Rozporządzenie (WE) nr 1907/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 18 grudnia 2006 r. w sprawie rejestracji, oceny, udzielania zezwoleń i stosowanych ograniczeń w zakresie chemikaliów (REACH), utworzenia Europejskiej Agencji Chemikaliów, zmieniające dyrektywę 1999/45/WE oraz uchylające rozporządzenie Rady (EWG) nr 793/93 i rozporządzenie Komisji (WE) nr 1488/94, jak również dyrektywę Rady 76/769/EWG i dyrektywę Komisji 91/155/EWG, 93/67/EWG, 93/105/WE i 2000/21/WE (Dz. Urz. UE L 396 z 30 grudnia 2006 r., z późn. zm.).

W celu uniknięcia wystąpienia zjawiska oporności drobnoustrojów i selekcji szczepów mniej podatnych na zabiegi dezynfekcyjne preparaty do dezynfekcji muszą być zawsze stosowane z zachowaniem właściwych parametrów (stężenia, czasu, temperatury).

Środki dezynfekujące powinny być przechowywane w zamkniętych oryginalnych opakowaniach, w warunkach określonych w karcie charakterystyki, w miejscach niedostępnych dla osób niepowołanych. Roztwory użytkowe należy przygotowywać w miejscach o sprawnie działającej wentylacji. Przy pracy ze środkami dezynfekcyjnymi należy chronić oczy i skórę, a osoby przygotowujące roztwory i przeprowadzające dezynfekcję preparatami zawierającymi aldehydy lub substancje utleniające (a także w przypadku stosowania urządzeń do spryskiwania) powinny również chronić drogi oddechowe.

Należy pamiętać, że warunkiem skuteczności ochronnego działania środków ochrony indywidualnej jest właściwy dobór środków oraz poziomu ich ochrony, ich właściwe dopasowanie oraz prawidłowa procedura ich zakładania i zdejmowania.

Podsumowanie

Korzyści wynikające ze stosowania środków zapobiegających zakażeniom przeważają nad niedogodnościami, a nawet zagrożeniami związanymi z używaniem tych środków. Nigdy więc nie należy rezygnować ze stosowania środków ochronnych, aby nie przyczyniło się to do zwiększenia zapadalności na choroby wywoływane przez drobnoustroje chorobotwórcze, a w czasie masowej ekspozycji podczas epidemii – do zwiększenia śmiertelności, jak to miało miejsce w czasie pandemii COVID-19.

Biorąc pod uwagę omówione zagrożenia, trzeba pamiętać, aby stosowane środki dezynfekujące pochodziły ze sprawdzonego źródła i były używane zgodnie z zaleceniami i przeznaczeniem. To samo dotyczy maseczek, które muszą się charakteryzować dobrą jakością, być używane nie dłużej niż przez czas, w którym zapewniają ochronę, oraz odpowiednio często wymieniane. W odniesieniu do środków ochrony indywidualnej konieczne jest spełnienie wymagań zawartych we wspomnianym już rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/425 oraz zachowanie zasad poprawnego stosowania. Przestrzeganie tych reguł pozwoli na uniknięcie lub ograniczenie opisanych powyżej zagrożeń.

BIBLIOGRAFIA

[1] Raport zakażeń koronawirusem (SARS-CoV-2). [online:] <https://www.gov.pl/web/koronawirus/wykaz-zarazen-koronawirusem-sars-cov-2> [dostęp: 10.10.2023 r].

[2] SIMON K. i in. Zakażenie SARS-CoV-2: etiopatogeneza, obraz kliniczny, aktualne możliwości postępowania terapeutycznego – doświadczenia własne. *Biuletyn Polskiego Towarzystwa Onkologicznego NOWOTWORY*. 2021, 6(1): 38–42.

[3] GLIŃSKI Z., ŻMUDA A. Cytokiny i burza cytokinowa przyczyną zaburzeń wielonarządowych i śmierci. *Życie Weterynaryjne*. 2021, 96(7): 482–487.

[4] KESSEL C. et al. Discrimination of COVID-19 From Inflammation-Induced Cytokine Storm Syndromes Using Disease-Related Blood Biomarkers. *Arthritis and Rheumatology*. 2021, 73(10): 1791–1799.

[5] GÓRKA D. i in. Zalecenia Polskiego Towarzystwa Chorób Płuc dotyczące rozpoznawania i leczenia przewlekłej obturacyjnej choroby płuc. *Pneumonologia i Alergologia Polska*. 2012, 80(3): 220–254.

[6] PAŁCZYŃSKI C., KUPRYŚ-LIPIŃSKA I. Astma wywołana ekspozycją na środki czyszczące i odkażające. *Alergia*. 2018, 1: 22–24.

[7] BALWIERZ R. i in. Środki dezynfekcyjne i ich wpływ na stan skóry. *Kosmetologia Estetyczna*. 2018, 2(7): 217–224.

[8] JEŻEWSKA A., WOŹNICA A. Propan-2-ol. Metoda oznaczania w powietrzu na stanowiskach pracy. *Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy*. 2020, 1(103): 157–170; doi: 10.5604/01.3001.0014.1086.

[9] IARC Monographs On The Evaluation Of Carcinogenic Risks To Humans. Vol. 96. Alcohol Consumption And Ethyl Carbamate. Lyon, France: World Health Organization International Agency for Research on Cancer, 2010.

[10] Ethanol: Registration Dossier. [online:] <https://echa.europa.eu/pl/registration-dossier/-/registered-dossier/16105/7/8>. [dostęp: 10.10.2023 r.].

[11] WISZNIEWSKA M., WALUSIAK-SKORUPA J. Occupational allergy: respiratory hazards in healthcare workers. *Current Opinion in Allergy and Clinical Immunology*. 2014, 14(2): 113–118; doi: 10.1097/ACI.0000000000000039.

[12] DUMAS O. et al. Association of Occupational Exposure to Disinfectants With Incidence of Chronic Obstructive Pulmonary Disease Among US Female Nurses. *JAMA Network Open*. 2019, 2(10): e1913563; doi: 10.1001/jamanetworkopen.2019.13563.

[13] CASEY M.L. et al. Health problems and disinfectant product exposure among staff at a large multispecialty hospital. *American Journal of Infection Control*. 2017, 45(10): 1133–1138; doi: 10.1016/j.ajic.2017.04.003.

[14] KIEĆ-ŚWIERCZYŃSKA M., KRĘCISZ B. Alergiczne kontaktowe zapalenie skóry u pracowników służby zdrowia. *Służba Zdrowia*. 2001, 71–72.

[15] GUTHUA S.W. et al. Symptoms in health personnel exposed to disinfectants. *East African Medical Journal*. 2001, 78(3): 157–160.

[16] JENSEN O. Contact allergy to propylene oxide and isopropyl alcohol in a skin disinfectant swab. *Contact Dermatitis*. 1981, 7(3), 148–150; doi: 10.1111/j.1600-0536.1981.tb04588.x.

[17] STANEK-MISIAŁ E., MAJCHRZYCKA K. Maski, półmaski. Co trzeba wiedzieć. [online:] <https://www.mp.pl/pacjent/choroby-zakazne/wywiady/238887,maski-polmaski-co-trzeba-wiedziec> [dostęp: 10.10.2023 r.].

[18] Kupujemy półmaski filtrujące. *Poradnik dla konsumentów*. Warszawa: UOKiK, 2019.

[19] MAKOWIEC-DĄBROWSKA T., GADZICKA E., BORTKIEWICZ A. Koszt fizjologiczny noszenia masek ochronnych – narracyjny przegląd literatury. *Medycyna Pracy*. 2021, 72(5): 569–589.

[20] BEDER A. et al. Preliminary report on surgical mask induced deoxygenation during major surgery. *Neurocirugia (Astur)*. 2008, 19(2): 121–126; doi: 10.1016/s1130-1473(08)70235-5.

[21] VOGT G. et al. Effect of Face Masks on Physiological and Perceptual Responses during 30 Minutes of Self-Paced Exercise in Older Community Dwelling Adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022, 19(19): 12877; doi: 10.3390/ijerph191912877.

[22] FUKUSHI I., NAKAMURA M., KUWANA S. Effects of wearing facemasks on the sensation of exertional dyspnea and exercise capacity in healthy subjects. *PLoS ONE*. 2021, 16(9): e0258104; doi: 10.1371/journal.pone.0258104.

[23] GYAPONG F. et al. Challenges and Adverse Effects of Wearing Face Masks in the COVID-19 Era. *Challenges*. 2022; 13(2): 67; doi: 10.3390/challe13020067.

[24] PURUSHOTHAMAN P.K., PRIYANGHA E., VAIDHYSWARAN R. Effects of Prolonged Use of Facemask on Healthcare Workers in Tertiary Care Hospital During COVID-19 Pandemic. *Indian Journal of Otolaryngology and Head and Neck Surgery*. 2021, 73: 59–65; doi: 10.1007/s12070-020-02124-0.

[25] SHALABY H.S., ELDESOUKY M.E.E. Effect of facemasks on the tear film during the COVID-19 pandemic. *European Journal of Ophthalmology*. 2023, 33(1): 145–151; doi: 10.1177/11206721221110010.

[26] SMERDON E. The effect of masks on cognitive performance. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2022, 119(49), e2206528119; doi: 10.1073/pnas.2206528119.

[27] MATUSCHEK C. et al. Face masks: benefits and risks during the COVID-19 crisis. *European Journal of Medical Research*. 2020, 25, 32; doi: 10.1186/s40001-020-00430-5.

[28] PULLANGOTT G. et al. A comprehensive review on antimicrobial face masks: an emerging weapon in fighting pandemics. *RSC Advances*. 2021, 11: 6544–6576; doi: 10.1039/D0RA10009A.

[29] GANESAPILLAI M. et al. The face behind the COVID-19 mask: a comprehensive review. *Environmental Technology and Innovation*. 2022, 28: 102837; doi: 10.1016/j.eti.2022.102837.

Opracowano i wydano na podstawie wyników VI etapu programu wieloletniego pn. „Rządowy Program Poprawy Bezpieczeństwa i Warunków Pracy” (projekt nr I.PN.14. pt. „Metody badań in vitro i kryteria oceny wybranych chemicznych środków do dezynfekcji stosowanych w miejscach pracy pod względem bezpieczeństwa ich stosowania”), finansowanego w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.