Medycyna Pracy. Workers' Health and Safety 2023;74(5):425–433
http://medpr.imp.lodz.pl

BY-NC

https://doi.org/10.13075/mp.5893.01412

PRACA PRZEGLĄDOWA

CANDIDA SPECIES W MIEJSCU PRACY: ELEMENT MIKROBIOTY, PATOGEN OPORTUNISTYCZNY I CZYNNIK ZOONOTYCZNY

CANDIDA SPECIES AT THE WORKPLACE: MICROBIOTA COMPONENT, OPPORTUNISTIC PATHOGEN AND ZOONOTIC AGENT

Małgorzata Tokarska-Rodak[1], Marcin Weiner[2]

Akademia Bialska im. Jana Pawła II / John Paul II University in Biała Podlaska, Biała Podlaska, Poland
[1] Wydział Nauk o Zdrowiu / Faculty of Health Sciences
[2] Wydział Nauk Technicznych / Faculty of Technical Sciences

Streszczenie

Grzyby *Candida* spp. wyizolowane od zarówno ludzi, jak i zwierząt, mają zbliżony genotyp. Nie stwierdzono również swoistości tych grzybów w stosunku do kolonizowania różnych gatunków żywicieli, przez co zwierzęta mogą być ich rezerwuarem dla człowieka. Narażenie zawodowe dotyczy pracowników mających bezpośredni kontakt ze zwierzętami gospodarskimi, tj. rolników, hodowców, weterynarzy i pracowników technicznych gospodarstw. Infekcje grzybicze i choroby zwłaszcza skóry dłoni mogą być także związane z długotrwałą ekspozycją na wilgoć i opatrunki okluzyjne. Ryzyko zakażenia wzrasta również u pracowników sektora rybnego, florystów, fryzjerów, pracowników gastronomii, piekarzy i cukierników, a także zatrudnionych w ochronie zdrowia. *Candida* spp. jako organizmy saprofityczne pełnią istotną funkcję w zachowaniu homeostazy organizmu, a wraz z jej zachwianiem zwiększają ryzyko kandydozy. Intensyfikacja produkcji zwierzęcej, zmiany środowiskowe oraz nadmierne stosowanie antybiotyków w leczeniu infekcji u ludzi i zwierząt sprzyjają tego typu zakażeniom. Ważne jest zatem przyjęcie przez pracodawców i pracowników narażanych zawodowo odpowiednich strategii w celu ograniczenia czynników sprzyjających zakażeniom na tle *Candida* spp. w miejscu pracy. Med Pr Work Health Saf. 2023;74(5):425–33.

Słowa kluczowe: mikrobiom, grupy zawodowe, kandydoza, drożdże, infekcje grzybicze, zwierzęta

Abstract

Candida spp. isolated from both humans and animals have a similar genotype. Properties of *Candida* spp. specific for different host species have not been isolated, followed by studies indicating that animals can be a reservoir of these fungi for humans. Occupational exposure concerns workers who have direct contact with farm animals, i.e., farmers, breeders, veterinarians, farm technicians. Hand dermatitis and fungal infection may be caused by prolonged exposure to water and occlusive gloves. The risk of fungal infection is estimated to be high for seafood workers, florists, hairdressers, bakers and cooks, gastronomy workers and healthcare workers. Even though *Candida* spp. are effective as saprophytic, in the event of a weakening of the function or disturbance of homeostasis, the risk of developing an additional form of candidiasis is increasing due to the intensification of animal production, environmental changes and the excessive use of antibiotics to treat infections in humans and animals. Employers and workers should adopt appropriate strategies to reduce factors conductive to *Candida* spp. infection at professional work. Med Pr Work Health Saf. 2023;74(5):425–33.

Key words: microbiome, occupational groups, candidiasis, yeast, fungal infections, animals

Autorka do korespondencji / Corresponding author: Małgorzata Tokarska-Rodak, Akademia Bialska im. Jana Pawła II, Wydział Nauk o Zdrowiu, ul. Sidorska 95/97, 21-500 Biała Podlaska, e-mail: rodak.malgorzata@gmail.com
Nadesłano: 7 lipca 2023, zatwierdzono: 28 września 2023

Finansowanie / Funding: praca sfinansowana przez Akademia Bialska im. Jana Pawła II w Białej Podlaskiej [nr projektu PB/1/2019 pt. „Zastosowanie mikroskopu sił atomowych (AFM) w ocenie własności nanomechanicznych Candida spp.", kierownik projektu: dr hab. Małgorzata Tokarska-Rodak].

WSTĘP

Udział grzybów drożdżopodobnych *Candida* spp. w występowaniu chorób u pracowników narażonych zawodowo jest trudny do kontrolowania w placówkach opieki zdrowotnej. Nadal brakuje dowodów na praktyczne zalecenia dotyczące zapobiegania zakażeniom i ich kontroli. W większości opublikowanych badań analizowano kwestie dotyczące roli *Candida* spp. w mikrobiocie człowieka i w powstawaniu zakażeń o charakterze układowym, zwłaszcza wśród osób z różnego typu schorzeniami przewlekłymi oraz zakaźnymi przebiegającymi z dysfunkcją układu immunologicznego, a także chorobami nowotworowymi [1,2].

Grzyby drożdżopodobne są rozpowszechnione w przyrodzie, część z nich jako mikroorganizmy komensalne kolonizuje różnorodne nisze w organizmie człowieka oraz zwierząt dzikich i udomowionych. Obok bakterii, *Archaea* i wirusów grzyby stanowią element mikrobiomu człowieka [3,4]. U osób zdrowych stwierdza się je na skórze oraz w jamie ustnej i przewodzie pokarmowym, jednak w określonych, niekorzystnych warunkach mogą one stać się przyczyną grzybic narządowych i układowych [3–5]. W składzie mykobiomu jamy ustnej dominuje *Candida* spp. (>99% sekwencji), przy czym najczęściej stwierdza się *C. albicans,* rzadziej zaś *C. dubliniensis* i *C. tropicalis*. Gatunek *C. albicans* występuje głównie w obrębie mykobiomu jamy ustnej i przewodu pokarmowego, ale także w mykobiomie skóry. U osób zdrowych obecność *Candida* spp. nie wywołuje objawów chorobowych, jednak przy braku odpowiednich mechanizmów immunologicznych może dochodzić do kolonizacji i pojawienia się objawów choroby związanej z inwazją [6–9]. Uszkodzenie powierzchni naskórka i jego zwiększona wilgotność, np. w wyniku stosowania opatrunków okluzyjnych, także sprzyjają zakażeniu *Candida* spp. [4].

Dominująca liczba doniesień na temat *Candida* spp. obejmuje badania roli tych mikroorganizmów w mikrobiomie człowieka i ich znaczenia w powodowaniu zakażeń o charakterze układowym przy współistnieniu chorób przewlekłych i zakaźnych [1,2]. Tymczasem narażenie zawodowe na grzybice o charakterze egzo- i endogennym w związku z wykonywaniem pracy zawodowej jest kwestią istotną, chociaż rzadko poruszaną. Celem niniejszej pracy był przegląd literatury obejmujący tematykę z zakresu udziału grzybów z rodzaju *Candida* w powodowaniu chorób u pracowników narażonych zawodowo na *Candida* spp. z uwzględnieniem ich zoonotycznego pochodzenia.

METODY PRZEGLĄDU

W pracy zastosowano metodę przeglądu internetowych baz danych czasopism naukowych: PubMed, EBSCOhost i Google Scholar, używając następujących słów kluczowych odnoszących się do:

1) składu mikrobiomu człowieka – „*Candida*", „mikrobiota", „mikrobiom";
2) obecności *Candida* spp. w organizmach zwierząt – „kandydiaza bydła", „kandydiaza trzody chlewnej", „kandydiaza drobiu", „potencjał epizootyczny *Candida*";
3. ryzyka związanego z pracą wykonywaną w warunkach sprzyjających zakażeniom *Candida* spp. – „zakażenia *Candida*", „manikiurzystki", „praca w mokrym środowisku", „fungal infection", „microbial hazards", „occupational injuries", „occupational exposure", „hand dermatitis";
4) odzwierzęcego pochodzenia zakażeń *Candida* spp. – „*Candida*", „*Candida auris*", „animals", „bioaerosol", „bakers", „farmers".

Wybrane artykuły naukowe zweryfikowano również poprzez przegląd piśmiennictwa w każdej z analizowanych publikacji. Ostatecznie uwzględniano artykuły oryginalne i przeglądowe oraz monografie napisane w językach polskim i angielskim opublikowane w latach 2004–2023. Łącznie wykorzystano 40 pozycji piśmiennictwa spójnych z analizowanym tematem i wyznaczonym celem pracy. Wykorzystano także obowiązujące w Polsce akty prawne w zakresie ryzyka zawodowego i narażenia na grzyby drożdżopodobne *Candida* spp.

WYNIKI PRZEGLĄDU

Candida spp. jako element mikrobiomu i patogen oportunistyczny w miejscu pracy

Grzyby *Candida* spp. należą do najczęściej izolowanych składowych mikrobiomu człowieka. Zakażenia nimi najczęściej mają charakter endogenny (po wcześniejszej kolonizacji) lub – rzadziej – egzogenny. W przypadku zakażeń endogennych do rozwoju procesu chorobowego dochodzi w wyniku utraty równowagi w składzie mikrobiomu (eubiozy) w związku z chorobami przewlekłymi, w tym na tle immunologicznym, zakaźnym i nowotworowym, oraz przyjmowaniem leków immunosupresyjnych i antybiotyków o szerokim spektrum działania. Przyczyną zaburzeń równowagi w składzie mikrobiomu mogą być również przewlekły stres, zmiany w diecie, w tym niedobory pokarmowe, oraz działanie czynników środowiskowych,

tj. wykonywany zawód i stosowana odzież ochronna [3,7,10–13].

Światowa Organizacja Zdrowia (World Health Organization – WHO) podała listę grzybów priorytetowych pod względem patogenności u człowieka. Wśród 4 patogenów zaliczanych do tzw. priorytetu krytycznego wymieniono *C. albicans* i *C. auris*. Wyznaczniki tej klasyfikacji obejmują znaczenie dla zdrowia publicznego, oporność na leki przeciwgrzybicze oraz kryteria związane z zachorowalnością i śmiertelnością. Według raportu WHO ogólna śmiertelność z powodu inwazyjnej kandydozy wywoływanej przez *C. auris* wynosi 29–53%. Pacjenci zakażeni *C. auris* wymagają dłuższego pobytu w szpitalu lub na oddziale intensywnej opieki medycznej w porównaniu z pacjentami z kandydozami spowodowanymi innymi gatunkami. Mediana długości hospitalizacji u dorosłych i dzieci z zakażeniem *C. auris* wynosiła 46–68 dni. Trendy z ostatnich 10 lat wykazują wzrost liczebności ognisk *C. auris* w wielu państwach, przy czym odnotowano wzrost liczby przypadków podczas pandemii COVID-19.

Możliwości zapobiegania inwazyjnej kandydozie wywołanej przez *C. auris* są umiarkowane, a przeciwdziałanie kolonizacji i nadzór mają zasadnicze znaczenie w monitorowaniu pacjentów narażonych na ryzyko zakażenia. W odniesieniu do infekcji *C. albicans* dane WHO wskazują na ogólną śmiertelność wynoszącą 20–50% pomimo dostępności środków terapeutycznych, przy czym długość pobytu w szpitalu wynosi od ok. 2 tygodni do 2 miesięcy. Tendencje dotyczące *C. albicans* w ciągu ostatnich 10 lat są stabilne, ale badania wykazują wyższy odsetek oporności na azole, co budzi niepokój w wielu państwach [14].

Zidentyfikowany w 2009 r. gatunek *C. auris* w odróżnieniu od *C. albicans* i innych gatunków *Candida* spp., które rzadko kolonizują skórę, jest zdolny do szybkiego zasiedlania tego obszaru. Około 95% przypadków kolonizacji *C. auris* dotyczy skóry pach, pachwin, opuszków palców rąk i palców stóp. Gatunek ten może utrzymywać się na skórze pomimo rutynowych zabiegów higienicznych stosowanych u pacjentów i prób dekontaminacji. Przy naruszeniu bariery skórnej może dostać się do krwiobiegu oraz tkanek i wywołać chorobę inwazyjną [15]. Kolonizacja może przebiegać w sposób bezobjawowy i utrzymywać się wiele miesięcy, a nawet lat.

W badaniach *ex vivo* wykazano, że *C. auris*, namnażając się na powierzchni naskórka, tworzy gęste, zwarte, wielowarstwowe biofilmy z liczbą jednostek tworzących kolonie znacznie przewyższającą wartości stwierdzane w przypadku innych gatunków *Candida* spp. wchodzących w skład mikrobiomu skóry. Dodatkowo obecność *C. auris* w gruczołach skórnych i mieszkach włosowych sprzyja trwałej kolonizacji, która jest związana z udziałem mechanizmów regulujących populacje komórek limfoidalnych wytwarzających IL-17. Bardzo ważne jest poznanie mechanizmów leżących u podstawy przejścia *C. auris* z form komensalnych do chorobotwórczych. Badania nad molekularnymi determinantami zjadliwości *C. auris* ujawniły geny *Hog1* i niekodujący RNA *DINOR* mające w niej znaczenie.

Wykazano również, że pasaż *C. auris* przez organizm ssaka może prowadzić do powstania szczepów agregacyjnych i filamentacyjnych, przy czym te pierwsze wydają się mniej zjadliwe [16]. Ponadto *C. auris* jest zdolny do przenoszenia się z człowieka na człowieka, a w przypadku wystąpienia choroby inwazyjnej śmiertelność przekracza 50%. Dowiedziono, że w przypadku kolonizacji skóry przez *C. auris* dochodzi do dominacji tego gatunku w składzie mikrobiomu. Nienaruszona skóra skolonizowana *C. auris* podczas kontaktu z różnymi powierzchniami w środowisku szpitalnym może przyczyniać się do szybkiego rozprzestrzenienia tego patogenu. Gatunek ten, kolonizując skórę pacjentów, może utrzymywać się na niej w różnych miejscach nawet przez wiele miesięcy, a naruszenie ciągłości skóry przy procedurach medycznych, np. zakładaniu cewnika naczyniowego, gastrostomii, zabiegach chirurgicznych, może przyczynić się do wystąpienia choroby inwazyjnej [15].

Szacuje się, że nawet 90% izolatów *C. auris* wykazuje oporność na co najmniej 1 klasę leków przeciwgrzybiczych, 30% – na co najmniej 2 klasy, ale znane są również izolaty ogólnooporne. Dodatkowo zdolność przetrwania *C. auris* na powierzchniach biotycznych i abiotycznych, jego tolerancja termiczna oraz tolerancja na wysychanie i środki dezynfekcyjne sprawiły, że Centers for Disease Control and Prevention uznały go za zagrożenie dla zdrowia [17].

Z tego względu ważne jest zrozumienie mechanizmów kolonizacji skóry i patogenności *C. auris* w celu przyjęcia odpowiednich strategii przez osoby wykonujące zawody medyczne, aby ograniczyć rozprzestrzenianie się tego patogenu [15]. Najczęstsze występowanie *C. auris* w wybranych państwach Unii Europejskiej w latach 2013–2021 przedstawiono w tabeli 1. W tym czasie w Czechach, Finlandii i Irlandii stwierdzono po 1 przypadku, a w pozostałych państwach, tj. Bułgarii, Chorwacji i Estonii oraz na Węgrzech, nie stwierdzono występowania *C. auris* [18].

U osób pracujących w warunkach wilgotnych częściej identyfikuje się drożdżyce skóry. Wśród zatrudnionych

Tabela 1. Występowanie *Candida auris* u ludzi w wybranych państwach Unii Europejskiej w latach 2013–2021 [18]
Table 1. Human prevalence of *Candida auris* in selected European Union countries in 2013–2021 [18]

Państwo Country	Zgłoszone przypadki Reported cases [n]								
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Hiszpania / Spain	0	0	0	155	266	230	135	260	331
Włochy / Italy	0	0	0	0	0	0	1	49	242
Grecja / Greece	0	0	0	0	0	0	3	13	58
Niemcy / Germany	0	0	2	0	5	2	3	5	10
Francja / France	0	0	2	1	1	0	3	4	4
Belgia / Belgium	0	0	0	1	0	0	3	0	1
Holandia / The Netherlands	0	0	0	0	0	2	1	1	1
Austria / Austria	0	0	0	0	0	1	0	2	1
Norwegia / Norway	0	0	0	1	0	1	0	0	2
Polska / Poland	0	0	0	0	0	0	2	0	0

w przetwórstwie owoców i warzyw, cukierników i osób zajmujących się sprzątaniem [19] mogą wystąpić powierzchowne zapalenia skóry, tj. wyprzenie drożdżakowe nadżerkowe międzypalcowe (*intertrigo erosiva interdigitalis candidamycetica*).

Wykazano udział *Candida* spp. w zakażeniach ran urazowych u rolników trudniących się zbiorem kukurydzy [20,21] oraz u osób zawodowo zajmujących się obróbką ryb i owoców morza. U pracowników sektora związanego z rybołówstwem mogą występować różnorodne choroby skóry rąk, w tym grzybice, w związku z narażeniem na czynniki, tj. długotrwałym kontaktem skóry z wodą i pracę w rękawicach gumowych. U tych pracowników ze zmian chorobowych na skórze rąk i paznokciach wyizolowano m.in. *C. albicans* (46,8%), *C. parapsilosis* (9,3%), *C. guilliermondi* (6,2%), *C. glabrata* (6,2%), *C. krusei* (3,1%) oraz inne drożdże (25%). Praca w rękawicach gumowych powoduje zmianę mikrośrodowiska skóry rąk w związku z miejscowym wzrostem wilgotności i temperatury, sprzyjając w ten sposób namnażaniu *Candida* spp. oraz innych drożdżaków.

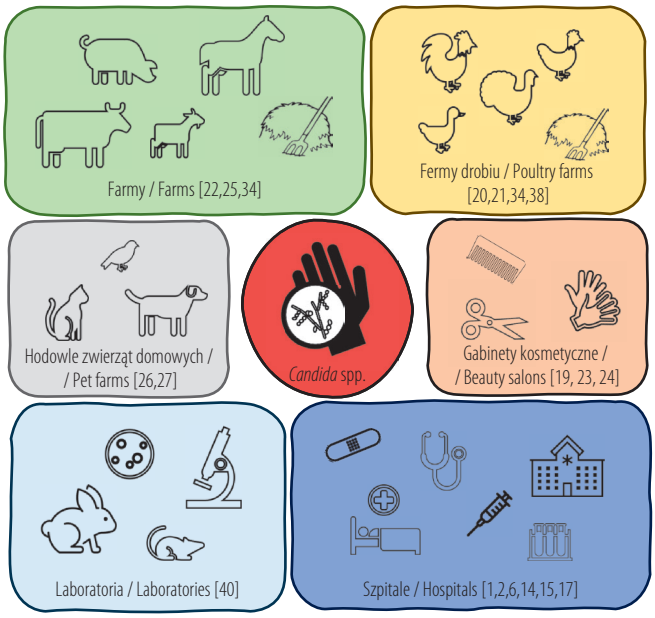
Ryzyko wystąpienia podobnych problemów skórnych wzrasta również w innych zawodach, w których zachodzi konieczność pracy w gumowych rękawicach ochronnych lub wymagającej zanurzania rąk w wodzie, roztworach wodnych czy płynach powyżej 2 godz. dziennie i częstego mycia rąk, tj. >20 razy dziennie. Można tu wymienić wiele grup pracowników, w tym zatrudnionych w ochronie zdrowia, gastronomii i branży kosmetycznej, a także florystów oraz osób zajmujących się obróbką żywności [22].

Manikiurzystki i pedikiurzystki pracujące w salonach kosmetycznych są narażone na kontakt z biologicznym materiałem potencjalnie zakaźnym. Do transferu drobnoustrojów, zwłaszcza dermatofitów, ale również *Candida* spp., może dojść podczas wykonywania zabiegów kosmetycznych poprzez kontakt bezpośredni i za pośrednictwem narzędzi. Substancje chemiczne stosowane podczas procedur kosmetycznych mogą działać drażniąco i uszkadzająco na naskórek, co zwiększa ryzyko wniknięcia mikroorganizmów potencjalnie chorobotwórczych. W tym swoistym środowisku pracy występują również mikrobiologiczne czynniki ryzyka dotyczące drogi inhalacyjnej poprzez zawodową ekspozycję na bioaerozole zawierające pyły paznokci. W powietrzu i pyle paznokciowym wykazano obecność wielu mikroorganizmów chorobotwórczych, w tym grzybów drożdżopodobnych. Narażenie tego typu na *C. albicans* i inne gatunki *Candida* spp. sprzyja występowaniu drożdżycy skóry (*skin candidiasis*), drożdżycy paznokci (*nail candidiasis*) i zanokcicy drożdżakowej (*paronychia candidamycetica)* [23,24].

Narażenie na *Candida* spp. w miejscu pracy wiąże się nie tylko z ryzykiem zmian skórnych. Jak podają Wiszniewska i wsp. [25], pracownicy piekarni i cukierni mogą być narażeni na kontakt wziewny z grzybami *C. albicans* i *C. tropicalis*, które występują w wilgotnym mikroklimacie piekarni. Punktowe testy skórne na alergeny zawodowe i grzybicze w grupie piekarzy i rolników deklarujących objawy ze strony układu oddechowego związane z pracą dały wyniki dodatnie dla *C. albicans* u, odpowiednio, 8,5% i 15,7% badanych. U 9,5% piekarzy

i 27,3% rolników z występującą zawodową alergią oddechową uzyskano wyniki dodatnie dla alergenów *C. albicans*. Ponadto wśród piekarzy i rolników zgłaszających zaostrzenie objawów ze strony układu oddechowego w związku z wykonywaną pracą odnotowano dodatnie wyniki testów skórnych w kierunku *C. albicans* u, odpowiednio, 4% i 11,5% badanych [25]. Do innych środowisk pracy stwarzających ryzyko zawodowe na grzyby *Candida* spp. zalicza się także oczyszczalnie ścieków, sortownie odpadów, biogazownie itp. Chociaż te grzyby są uważane za drobnoustroje saprofityczne, to w przypadku osłabienia odporności lub zaburzenia homeostazy gwałtownie wzrasta ryzyko wystąpienia klinicznej postaci kandydozy [26–28]. Czynniki sprzyjające zakażeniom *Candida* spp. w miejscu pracy przedstawiono na rycinie 1.

W obwieszczeniu Prezesa Rady Ministrów z dnia 9 sierpnia 2022 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Rady Ministrów dotyczącego chorób zawodowych w pkt 18 wykazu wskazano m.in. choroby związane z zakażeniami grzybiczymi [29]. Należy tu wymienić drożdżakowe zapalenie skóry rąk u osób pracujących w warunkach sprzyjających rozwojowi drożdżaków chorobotwórczych i grzybice skóry u osób stykających się z materiałem biologicznym pochodzącym od zwierząt. W obu przypadkach do rozpoznania choroby zawodowej upoważnia okres 1 miesiąca, w którym wystąpiły udokumentowane objawy choroby pomimo wcześniejszego zakończenia pracy w narażeniu zawodowym [29]. W Polsce stwierdzono, że grzyby jako czynnik etiologiczny związany z wykonywaną pracą zawodową wywołują 2 ww. choroby zawodowe skóry. W ostatnich latach liczba chorób zawodowych wywołanych grzybami zmieniała się nieznacząco, w 2022 r. stwierdzono 1 przypadek drożdżakowego zapalenia skóry rąk i 2 przypadki grzybicy skóry u osób stykających się z materiałem biologicznym pochodzącym od zwierząt [30,31].



Rycina 1. Czynniki sprzyjające zakażeniom *Candida* spp. w miejscu pracy
Figure 1. Factors contributing to *Candida* spp. infections in the workplace

Zwierzęta jako potencjalny rezerwuar grzybów drożdżopodobnych w miejscu pracy

Grzyby drożdżopodobne jako mikroorganizmy oportunistyczne cechują się niewielką swoistością w stosunku do gospodarza, co umożliwia im zasiedlanie i kolonizację różnych nisz. *Candida* spp. izolowane od zarówno ludzi, jak i zwierząt mają bardzo zbliżony genotyp. Nie opisano dotąd szczególnych właściwości *Candida* spp. swoistych dla różnych gatunków gospodarza, a badania wskazują jednoznacznie, że zwierzęta mogą być rezerwuarem tych grzybów dla człowieka [32]. W związku z tym zwierzęta niejednokrotnie stają się dla ludzi potencjalnym źródłem zakażeń grzybiczych o charakterze egzogennym.

Do grzybów drożdżopodobnych o dużym potencjale chorobotwórczym dla zwierząt należą *Malassezia* spp. i *Candida* spp. Grzyby *C. albicans* mogą być izolowane w małych ilościach od ok. 50% zdrowych zwierząt z jamy ustnej, pochwy, napletka i kału. W zakażeniach zwierząt identyfikuje się zwłaszcza *C. albicans*, ale również *C. glabrata, C. krusei, C. parapsylosis* i *C. tropicalis* [26]. Zwiększona zapadalność na grzybice może wynikać ze zwiększonej ekspozycji człowieka na grzyby obecne w środowisku. Narażenie może dotyczyć osób, które mają bezpośredni kontakt zarówno ze zwierzętami gospodarskimi, tj. rolników, hodowców, techników i lekarzy weterynarii oraz producentów i dystrybutorów pasz, jak i ze zwierzętami towarzyszącymi, tj. właścicieli zwierząt domowych, odwiedzających ogrody zoologiczne czy uczestników zajęć animaloterapii [33].

Zagrożeniem dla zdrowia człowieka mogą być także mikroorganizmy obecne w bioaerozolu w budynkach inwentarskich, stanowiące tym samym ryzyko dla rolników i pracowników gospodarstw [34]. Grupą narażenia są osoby zajmujące się hodowlą trzody chlewnej, gdzie u prosiąt czynnikiem etiologicznym kandydozy są drożdżaki bytujące głównie jako komensale błon

śluzowych. Zjawisko komensalizmu może mieć charakter stały lub okresowy. U świń izolowano najczęściej *C. sloofii* i *C. krusei,* a w dalszej kolejności *C. bovina*, *C. albicans*, *C. tropicalis* i *C. utylis*. Zaobserwowano ścisłą zależność pomiędzy występowaniem drożdżaków a skarmianiem zwierząt ziemniakami. Wynika to z tego, że drożdżaki bytują na łupinach ziemniaków i zachowują swoją żywotność pomimo obróbki termicznej paszy, która eliminuje główne czynniki chorobotwórcze, takie jak bakterie. Z badań wynika, że w ciągu 12 godz. po karmieniu zwierząt w ich kale są obecne są *Candida* spp. [35]. Należy przy tym zauważyć, że mimo izolacji grzybów w materiale biologicznym, zwierzę, od którego pobrano próbkę, nie wykazuje objawów chorobowych. Sama kandydoza świń może wystąpić w dużych gospodarstwach hodowlanych. Zachorowania dotyczą przede wszystkim prosiąt w 3 okresach życia, tj. w pierwszych 3 dniach po urodzeniu, w wieku 3–5 tyg. i na krótko przed lub kilka dni po odsadzeniu [36]. Chociaż Roque i wsp. [34] nie wykazali obecności *Candida* spp. w powietrzu pobranym na fermach świń, to jednak nie wykluczyli ryzyka dla pracowników mających kontakt zarówno ze zwierzętami, jak i ze ściółką.

Zakażenia wywołane przez *Candida* spp. obserwowano dotąd u wielu gatunków ptaków domowych, tj. kur, indyków, gęsi, gołębi, perlic, bażantów, przepiórek i ptaków egzotycznych [37]. Czynnikami predysponującymi do wystąpienia zachorowania u ptaków jest – podobnie jak u trzody chlewnej – nadmierne stosowanie antybiotyków o szerokim spektrum działania i przebywanie w warunkach sprzyjających rozwojowi *Candida* spp. Głównym źródłem *Candida* spp. w kurnikach jest ściółka, z której wyizolowano grzyby z 6% badanych próbek, i powietrze, z którego wyizolowano grzyby z 16% próbek [33]. Należy też mieć na uwadze, że *C. albicans* może stanowić naturalną florę jelitową, a zaburzenia homeostazy mogą skutkować nadmiernym namnożeniem się tego grzyba, przełamaniem naturalnych mechanizmów odporności i wystąpieniem choroby [32]. Najczęściej izolowanym u ptaków gatunkiem grzyba jest *C. albicans*, który stanowi główne źródło kandydozy również u innych gatunków zwierząt. Do innych gatunków *Candida* spp. wywołujących kandydozę drobiu zalicza się *C. parapsilosis*, *C. rugosa*, *C. famata*, *C. tropicalis* i *C. crusei* [38].

Czynnikami usposabiającymi do wystąpienia choroby, szczególnie u piskląt, są spożycie spleśniałej paszy, inwazje pasożytnicze, złe warunki bytowania ptaków lub niewłaściwa terapia antybiotykowa. Ze względu na to, że ptaki gospodarskie są trzymane w dużym zagęszczeniu, istotna jest szybka izolacja zwierząt z objawami chorobowymi od zwierząt zdrowych [33].

Wiele z wymienionych gatunków *Candida* spp. jest również chorobotwórczych dla człowieka, a w określonych warunkach może stać się przyczyną zakażeń egzogennych. W badaniach powietrza przeprowadzonych w koreańskich pomieszczeniach inwentarskich wykazano obecność wielu patogenów, w tym *Candida* spp., np. *C. albicans, C. neoformans* na fermach drobiu i *C. albicans* w oborach dla bydła. Takie środowisko stanowi niewątpliwie zagrożenie kolonizacją, a następnie rozwojem zakażenia wśród zarówno zwierząt, jak i pracowników [34].

U dorosłego bydła zakażenia *Candida* spp. występują stosunkowo rzadko, szczególnie u zwierząt zdrowych ze sprawnie działającym układem odpornościowym [37]. Dlatego u bydła nie obserwuje się zmian w obrębie jamy ustnej czy przewodu pokarmowego w przeciwieństwie do zakażeń identyfikowanych u trzody chlewnej czy drobiu. Do zakażenia dochodzi drogą galaktogenną na skutek wnikania grzyba do wnętrza wymienia, a samym jego źródłem jest środowisko, w którym zwierzęta przebywają [27].

Drożdżaki, głównie należące do *Candida* spp., stanowią przyczynę do 10% zapaleń wymienia u krów w Europie, Stanach Zjednoczonych, Kanadzie, Brazylii i Japonii. Wśród *Candida* spp. najczęściej izolowanymi gatunkami u bydła są *C. krusei*, *C. kefyr*, *C. parapsilosis* i *C. tropicalis*. Głównym źródłem zakażenia w pomieszczeniach, w których przebywają zwierzęta, jest słoma nieodpowiedniej jakości higienicznej w połączeniu z nadmierną wilgotnością. *Candida* spp. izolowano także z kubków udojowych, poideł i tubostrzykawek. U bydła wzrost zakażeń na tle *Candida* spp. obserwowano głównie w przypadku niewłaściwej higieny wymion po zakończeniu doju (brak wysuszenia po umyciu wodą), kładzenia się zwierząt w miejscach do tego nieprzeznaczonych oraz pogorszenia warunków zoohigienicznych środowiska i pojawienia się paciorkowców kałowych (głównie *Enterococcus* spp.) W przeciwieństwie do trzody chlewnej i drobiu nadmierne stosowanie antybiotyków u bydła nie jest skorelowane z zakażeniami *Candida* spp. [39].

Także zwierzęta towarzyszące, np. psy i koty, mogą stać się potencjalnym źródłem *Candida* spp. Najczęściej izolowanymi u nich gatunkami grzybów są *C. albicans*, *C. glabrata*, *C. krusei*, *C. tropicalis*, *C. parapsilosis* i *C. rugose* [26].

Szczególną grupę zwierząt stanowią gryzonie laboratoryjne, z których przeważnie izolowano grzyby *C. albicans* i *C. guilliermondii.* Przeprowadzone doświadczenia wskazują, że w przypadku wywołanej immunosupresji

obecność tych gatunków grzybów bardzo rzadko doprowadza do wystąpienia objawów klinicznych. W piśmiennictwie można sformułowano teorię, że *Candida* spp. stanowi naturalną mikroflorę zasiedlającą przewód pokarmowy tych zwierząt i dlatego nie obserwuje się u nich zachorowań [27,32]. Ponieważ gatunek *C. auris* jest zagrożeniem dla zdrowia publicznego, zwłaszcza ze względu na jego oporność na leki przeciwgrzybicze i wywoływanie zakażeń o dużym współczynniku śmiertelności, rozpoczęto badania laboratoryjne na modelach zwierzęcych, w tym mysich. W konsekwencji prowadzenia badań na zwierzętach pojawiło się nowe zagrożenie dla ludzi związane z wykonywaną pracą. W badaniach nad określeniem stopnia narażenia personelu badawczego na badany patogen poddano monitoringowi pomieszczenia hodowlane, w których przebywały zwierzęta laboratoryjne objęte eksperymentem, w tym ściółkę z klatek i pomieszczenia zabiegowe. W efekcie wdrożono stosowne procedury związane z systemem pracy, metodami autoklawowania i protokołami dezynfekcji [40].

WNIOSKI

Grzyby drożdżopodobne jako organizmy oportunistyczne dzięki niewielkiej swoistości w stosunku do gospodarza mają zdolność kolonizacji różnych nisz w organizmie zarówno człowieka, jak i zwierząt gospodarskich lub towarzyszących. Osoby podejmujące pracę zawodową w określonych warunkach środowiska, zwłaszcza rolnicy, hodowcy i opiekunowie zwierząt, lekarze weterynarii, a nawet pracownicy nadzoru epidemiologicznego mogą być narażeni na zakażenia *Candida* spp. z uwagi na możliwość ich transferu od zwierząt. Nieodpowiednia pod względem mikrobiologicznym jakość powietrza również może sprzyjać narażeniu na kolonizację *Candida* spp., a następnie rozwój zakażenia u hodowców zwierząt czy pracowników gabinetów kosmetycznych. Uszkodzenie powierzchni naskórka i jego zwiększona wilgotność czy okluzja także sprzyjają zakażeniom *Candida* spp., co w konsekwencji może doprowadzić do rozwoju zakażeń o charakterze endogennym. Tego typu narażenie występuje w wielu zawodach, w tym medycznych (np. u pielęgniarek lub personelu pomocniczego), oraz u pracowników branży beauty, sektora warzywno-owocowego oraz przetwórstwa ryb i mięsa, a także piekarzy i cukierników. Dlatego ważne jest dbanie przez pracodawców i osoby wykonujące określone zawody o odpowiednią strategię i higienę pracy w celu ograniczania występowania czynników sprzyjającym zakażeniom *Candida* spp.

Wkład autorów
Koncepcja badań: Małgorzata Tokarska-Rodak
Zbieranie materiału: Małgorzata Tokarska-Rodak, Marcin Weiner
Interpretacja wyników: Małgorzata Tokarska-Rodak, Marcin Weiner
Piśmiennictwo: Małgorzata Tokarska-Rodak, Marcin Weiner

PIŚMIENNICTWO

1. D'Enfert Ch, Kaune AK, Alaban LR, Chakraborty S, Cole N, Delavy M et al. The impact of the Fungus-Host-Microbiota interplay upon Candida albicans infections: current knowledge and new perspectives. FEMS Microbiology Reviews. 2021;45(3): fuaa060. https://doi.org/10.1093/femsre/fuaa060.
2. Mıne AÇ, Hafize S. Opportunistic Candida Infections in Critical COVID-19 Patients. PJM. 2022;71(3):411–9. https://doi.org/10.33073/pjm-2022-036.
3. Malinowska M, Tokarz-Deptuła B, Deptuła W. Mikrobiom człowieka. Post Mikrobiol. 2017;56(1):33–42. https://doi.org/10.21307/PM-2017.56.1.033.
4. Adamczyk K, Garncarczyk AA, Antończak PP. Mikrobiom skóry. Dermatol Rev/Przegl Dermatol. 2018;105:285–97. https://doi.org/10.5114/dr.2018.75584.
5. Hallen-Adams HE, Suhr MJ. Fungi in the healthy human gastrointestinal tract. Virulence. 2017;8(3):352–8. https://doi.org/10.1080/21505594.2016.1247140.
6. Nobile CJ, Johnson AD. Candida albicans Biofilms and Human Disease. Annu Rev Microbiol. 2015;69:71–92. https://doi.org/10.1146/annurev-micro-091014-104330.
7. Kashem SW, Kaplan DH. Skin Immunity to Candida albicans. Trends Immunol. 2016;37(7):440–50. https://doi.org/10.1016/j.it.2016.04.007.
8. Ruszkowski J, Kaźmierczak-Siedlecka K, Witkowski JM, Dębska-Ślizień A. Mycobiota of the human gastrointestinal tract. Postepy Hig Med Dosw. 2020;74:301–13.
9. Vesty A, Biswas K, Taylor MW, Gear K, Douglas RG. Evaluating the Impact of DNA Extraction Method on the Representation of Human Oral Bacterial and Fungal Communities. PLoSONE. 2017;12(1),e0169877. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169877.
10. Gulati M, Nobile CJ. Candida albicans biofilms: development, regulation, and molecular mechanisms. Microbes Infect. 2016;18(5):310–21. https://doi.org/10.1016/j.micinf.2016.01.002.
11. Ponde NO, Lortal L, Ramage G, Naglik JR, Richardson JP. Candida albicans biofilms and polymicrobial interactions. Crit Rev Microbiol. 2021;47(1):91–111. https://doi.org/10.1080/1040841X.2020.1843400.

12. Pristov KE, Ghannoum MA. Resistance of Candida to azoles and echinocandins worldwide. Clin Microbiol Infect. 2019;25(7):792–8. https://doi.org/10.1016/j.cmi.2019.03.028.
13. Lohse MB, Gulati M, Johnson AD, Nobile CJ. Development and regulation of single- and multi-species Candida albicans biofilms. Nat Rev Microbiol. 2018;16(1):19–31. https://doi.org/10.1038/nrmicro.2017.10722.
14. World Health Organization [Internet]. Geneva: WHO fungal priority pathogens list to guide research, development and public health action; 2022 [cited 2023 Sept 13]. Available from: https://www.who.int/publications/i/item/9789240060241.
15. Eix EF, Nett JE. Modeling Candida auris skin colonization: Mice, swine, and humans. PLoS Pathog. 2022;18(9):e1010730. https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1010730.
16. Proctor DM, Drummond RA, Lionakis MS, Segre JA. One population, multiple lifestyles: Commensalism and pathogenesis in the human mycobiome. Cell Host Microbe. 2023;31(4):539–53. https://doi.org/10.1016/j.chom.2023.02.010.
17. Egger NB, Kainz K, Schulze A, Bauer MA, Madeo F, Carmona-Gutierrez D. The rise of Candida auris: from unique traits to co-infection potential. Microb Cell. 2022;9(8):141–4. https://doi.org/10.15698/mic2022.08.782.
18. Kohlenberg A, Monnet DL, Plachouras D. Candida auris survey collaborative group. Increasing number of cases and outbreaks caused by Candida auris in the EU/EEA, 2020 to 2021. Euro Surveill. 2022;27(46):pii=2200846. https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2022.27.46.2200846.
19. Trzmiel D, Lis-Święty A, Bergler-Czop B. Klinika zakażeń grzybiczych skóry i jej przydatków w praktyce lekarza rodzinnego – problem ciągle aktualny. Med Og Nauk Zdr. 2011;17(4):212–7.
20. Obradovic-Tomasev M, Popovic A, Vuckovic N, Jovanovic M. Mixed Fungal Infection (Aspergillus, Mucor, and Candida) of Severe Hand Injury. Case Rep Infect Dis. 2014;954186. https://doi.org/10.1155/2014/954186.
21. Obradović-Tomasev M, Jovanović M, Vucković N, Popović A. Fungal infections in corn picker hand injury. Srp Arh Celok Lek. 2016;144(1–2):52–5. https://doi.org/10.2298/sarh1602052o.
22. Le F, Liu B, Si Z, Li S, Qiao J. Prevalence of Dermatitis and Superficial Fungal Infection of the Hands in Seafood Workers: An Investigation from Food Markets in Ningbo, China. Risk Manag Healthc Policy. 2020;13:427–31. https://doi.org/10.2147/RMHP.S240327.
23. Kieć-Świerczyńska M, Chomiczewska-Skóra D, Świerczyńska-Machura D, Kręcisz B. Manikiurzystki i pedikiurzystki jako grupa zawodowa o istotnym ryzyku dermatoz związanych z pracą. Med Pr. 2013;64(4):579–91. https://doi.org/10.13075/mp.5893.2013.0052.
24. Coggins MA, Hogan VJ, Kelly M, Fleming GT, Roberts N, Tynan T, et al. Workplace exposure to bioaerosols in podiatry clinics. Ann Occup Hyg. 2012;56(6):746–53. http://dx.doi.org/10.1093/annhyg/mer124.
25. Wiszniewska M, Tymoszuk D, Nowakowska-Świrta E, Pałczyński C, Walusiak-Skorupa J. Mould sensitisation among bakers and farmers with work-related respiratory symptoms. Ind Health. 2013;51(3):275–84. https://doi.org/10.2486/indhealth.2012-0051.
26. Dworecka-Kaszak B. Zwierzęta jako potencjalne źródło zakażeń grzybiczych u ludzi. / Animals as a potential source of human fungal infections. Wiad Parazytol. 2008;54(2):101–8.
27. Dworecka-Kaszak B, Biegańska MJ, Dąbrowska I. Occurrence of various pathogenic and opportunistic fungi in skin diseases of domestic animals: a retrospective study. BMC Vet Res. 2020;16(1):248. https://doi.org/10.1186/s12917-020-02460-x.
28. Martins N, Ferreira IC, Barros L, Silva S, Henriques M. Candidiasis: predisposing factors, prevention, diagnosis, and alternative treatment. Mycopathologia. 2014;177(5–6):223–40. https://doi.org/10.1007/s11046-014-9749-1.
29. Obwieszczenie Prezesa Rady Ministrów z dnia 9 sierpnia 2022 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Rady Ministrów w sprawie chorób zawodowych. [Internet]. DzU z 2022 r., poz. 1836. [cited 2023 Sept 13]. Available from: https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20220001836.
30. Świątkowska B, Hanke W. [red.]. Choroby zawodowe w Polsce w 2022 roku. Centralny Rejestr Chorób Zawodowych. [Internet]. Łódź: Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera; 2023 [cited 2023 Sept 13]. Available from: https://www.imp.lodz.pl/pliki/9ab760430e9bd04e49de1f90cb4dd25e50624/chorobyzawodowe2022.pdf.
31. Świątkowska B, Hanke W, Szeszenia-Dąbrowska N. [red.]. Choroby zawodowe w Polsce w 2019 roku. Centralny Rejestr Chorób Zawodowych. [Internet]. Łódź: Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera; 2020 [cited 2023 Sept 13]. Available from: https://www.gov.pl/attachment/c8221de6-e7b2-4ff7-911d-de2240bfd3d2.
32. Dworecka-Kaszak B, Biegańska M. Grzyby drożdżopodobne – występowanie u zwierząt. Wiad Parazytol. 2004;50(4):707–13.
33. Sokół E, Boberek K, Tokarzewski S, Gaweł A. Kandidiaza u drobiu. Med Weter. 2015;71(12):731–5.
34. Roque K, Lim GD, Jo JH, Shin KM, Song ES, Gautam R, et al. Epizootiological characteristics of viable bacteria and fungi in indoor air from porcine, chicken, or bovine

husbandry confinement buildings. J Vet Sci. 2016;17(4): 531–8. https://doi.org/10.4142/jvs.2016.17.4.531.
35. Zlotowski P, Rozza DB, Pescador CA, Barcellos DE, Ferreiro L, Sanches EM et al. Muco-cutaneous candidiasis in two pigs with postweaning multisystemic wasting syndrome. Vet J. 2006;171(3):566–9. https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2004.12.010.
36. Pejsak Z (red.). Zdrowie świń. Prewencja i terapia. Polskie Wydawnictwo Rolnicze Poznań. 2021
37. Gnat S, Łagowski D, Nowakiewicz A, Dyląg M. A global view on fungal infections in humans and animals: opportunictic infections and microsporidioses. J Appl Microbiol. 2021;131:2095–113. https://doi.org/10.1111/jam.15032.
38. Talazadeh F, Ghorbanpoor M, Shahriyari A. Candidiasis in Birds (Galliformes, Anseriformes, Psittaciformes, Passeriformes, and Columbiformes): A Focus on Antifungal Susceptibility Pattern of Candida albicans and Non-albicans Isolates in Avian Clinical Specimens. Top Companion Anim Med. 2022;46:100598. https://doi.org/10.1016/j.tcam.2021.100598.
39. Lassa H, Smulski S. Grzyby drożdżopodobne jako czynnik etiologiczny mastitis u krów. Życie Wet. 2013;88(11): 955–6.
40. Torres SR, Kim HC, Leach L, Chaturvedi S, Bennett CJ, Hill DJ, et al. Assessment of environmental and occupational exposure while working with multidrug resistant (MDR) fungus Candida auris in an animal facility. J Occup Environ Hyg. 2019;16(7):507–18. https://doi.org/10.1080/15459624.2019.1594840.

Ten utwór jest dostępny w modelu open access na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa – Użycie niekomercyjne 3.0 Polska / This work is available in Open Access model and licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Poland License – http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/pl.

Wydawca / Publisher: Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera, Łódź