

Metody zapobiegania odkładaniu się biofilmu na protezach ruchomych – przegląd piśmiennictwa

Methods of preventing biofilm deposition on removable dentures – literature review

Patryk Obrąpalski¹, Aneta Wieczorek²

¹ Poradnia Protetyki Stomatologicznej, Uniwersytecka Klinika Stomatologiczna, Uniwersytet Jagielloński Collegium Medicum

Prosthetic Outpatient Clinic, University Dental Clinic, Jagiellonian University Medical College

Kierownik: prof. dr hab. n. med. *Małgorzata Pihut*

² Instytut Stomatologii Katedra i Zakład Protetyki Stomatologicznej, Wydział Lekarski, Uniwersytet Jagielloński Collegium Medicum

Department of Prosthodontics, Institute of Dentistry, Faculty of Medicine, Jagiellonian University Medical College

Kierownik: prof. dr hab. n. med. *Małgorzata Pihut*

HASŁA INDEKSOWE:

biofilm, higiena, protezy ruchome, stomatopatie protetyczne

KEY WORDS:

biofilm, hygiene, removable denture, prosthetic stomatopathy

Streszczenie

Pomimo dużego postępu w dziedzinie protetyki i implantologii stomatologicznej rehabilitacja braków zębowych przy użyciu konwencjonalnych protez ruchomych w wielu przypadkach jest jedynym rozwiązaniem. Obecność uzupełnień protetycznych, przy niedostatecznej higienie jamy ustnej może wpływać na rozwój stanu zapalnego w jej obrębie. Główną rolę w patogenezie zakażeń odgrywa zdolność bakterii i grzybów do tworzenia biofilmu, którego obecność ma ścisły związek z występowaniem stomatopatii protetycznych. Celem opracowania jest przedstawienie obecnej wiedzy na temat formowania się biofilmu oraz metod zapobiegania odkładaniu się go na protezach ruchomych na podstawie przeglądu literatury. Na podstawie narracyjnego piśmiennictwa przedstawiono różne metody zapobiegania tworzenia się biofilmu na tworzywie akrylowym, jak również sposoby jego usuwania. Duże nadzieje pokłada się obecnie w modyfikacje biomateriałów w nanotechnologii w celu zmniejszenia adhezji bak-

Summary

Despite the significant progress in the fields of prosthetics and dental implantology, in many cases the replacement of missing teeth using conventional removable dentures is the only solution. The presence of a removable denture combined with insufficient oral hygiene may contribute to the development of stomatitis. The ability of bacteria and fungi to form a biofilm, which is closely related to prosthetic stomatopathy, plays a significant role in the pathogenesis of infections. The aim of the article is to present the current knowledge on the formation of biofilm and to review methods to prevent its deposition on removable dentures based on the related literature. Based on the narrative literature, various methods of preventing biofilm formation on the acrylic material as well as ways of its removal have been presented. Nowadays, researchers are optimistic regarding the modification of biomaterials in nanotechnology to reduce the adhesion of bacteria to the acrylic and the use of

terii do tworzywa oraz stosowanie nanopowłok bakteriostatycznych i bakteriobójczych. Opisane powyżej strategie zapobiegania formowania się biofilmu są perspektywą nowych metod profilaktyki nad którymi trzeba przeprowadzić wiele badań w celu ostatecznego umożliwienia wykorzystania ich w stomatologii. Obecnie w dalszym ciągu najskuteczniejszą metodą zapobiegania tworzenia się biofilmu jest higiena jamy ustnej i protez.

bacteriostatic and bactericidal nanocoatings to be applied to the acrylic material. The strategies for preventing biofilm formation described in the article represent the new methods of prevention that still require considerable research to enable their ultimate use in dentistry. At the moment, the most effective method of preventing biofilm formation is maintaining hygiene of the mouth and dentures.

Pomimo dużego postępu w dziedzinie protetyki i implantologii stomatologicznej rehabilitacja braków zębowych przy użyciu konwencjonalnych protez ruchomych w wielu przypadkach jest jedynym rozwiązaniem. Obecność uzupełnień protetycznych, przy niedostatecznej higienie jamy ustnej może wpływać na rozwój stanu zapalnego w jej obrębie. Główną rolę w patogenezie zakażeń odgrywa zdolność bakterii i grzybów do tworzenia biofilmu, którego obecność ma ścisły związek z występowaniem stomatopatii protetycznych.¹

Wielu autorów przypisuje powstawanie stanów zapalnych jamy ustnej grzybom z rodzaju *Candida albicans*,^{2,3} jednakże etiologia stomatopatii protetycznych jest złożona. Wpływ na jej rozwój ma wiele czynników miejscowych i układowych. Uważa się, że stan zapalny błony śluzowej jamy ustnej, umiejscowiony pod płytą protezy występuje od 37% do 67% użytkowników protez.⁴

Biofilm obecny na protezach, tworzący płytkę protez, ma skład zbliżony do płytki nazębnej i składa się z: martwych komórek otoczonych warstwą egzopolisacharydu, komórek drobnoustrojów, glikoproteiny śliny, białka surowicy, martwych komórek nabłonka. Przenikanie antybiotyków i innych leków przeciwwrzązających do głębszych warstw trójwymiarowego biofilmu jest znacznie utrudnione, co

może powodować rozwój subpopulacji komórek przetrwałych. W związku z powyższym infekcje związane z biofilmem są przyczyną licznych problemów terapeutycznych. Poza tym często przechodzą one w stan przewlekły jak i nawracający.¹

Celem artykułu jest przedstawienie obecnej wiedzy na temat formowania się biofilmu oraz metod zapobiegania odkładaniu się go na protezach ruchomych na podstawie przeglądu literatury.

Kryterium włączenia danego artykułu w niniejszym przeglądzie piśmiennictwa były hasła: biofilm, denture, stomatitis. Dokonano przeglądu baz medycznych PubMed oraz Scopus. Okres publikacji zawężono do lat 2010-2020. Z bazy Pubmed uzyskano 150 artykułów, natomiast z bazy Scopus 174. Dodatkowo przeglądnięto ręcznie bazę artykułów polskojęzycznych. Po usunięciu artykułów znajdujących się zarówno w bazie Pubmed i Scopus oraz sprawdzeniu tytułów i abstraktów uzyskano 74 artykułów, po ewaluacji pełnych tekstów pod kątem kwalifikowalności uzyskano 42 pozycje.

Tworzenie biofilmu

Powstawanie biofilmu jest procesem wieloetapowym. Wstępnym etapem jest tworzenie się pellicle – czyli bezbakteryjnej błonki nabytej, zbudowanej z: glikoprotein (mucyny),

fosfoprotein i lipidów pochodzenia ślinowego, enzymów (-amylaza) oraz receptorów dla adhezyn bakteryjnych. Większość bakterii posiada specyficzne cechy umożliwiające ich adhezję, a utworzone w ten sposób podłoże zaczyna kolonizować część mikroflory jamy ustnej. W pierwszym etapie tworzenia biofilmu najważniejsze znaczenie mają siły van der Waalsa oraz oddziaływania hydrofobowe. Etap ten jest odwracalny. W kolejnym etapie dochodzi do dojrzwienia biofilmu oraz produkcji pozakomórkowej substancji polisacharydowej. Ścisłe przyleganie komórek, mające miejsce na tym etapie i trwające przez dłuższy czas powoduje nieodwracalne uformowanie biofilmu. Trzecią fazą tworzenia jest jego dojrzwienie, które kontrolowane jest przez mechanizm komunikowania się drobnoustrojów między sobą (tzw. quorum sensing). Dochodzi w niej do zmian ekspresji genów, metabolizmu drobnoustrojów, tempa wzrostu oraz współpracy metabolicznej. W końcowej fazie bakterie i grzyby odczepiają się od struktury biofilmu i proces jego formowania rozpoczyna się od nowa.^{4,5}

Nowe strategie profilaktyki tworzenia biofilmu bakteryjnego obejmują ingerencję w początkową fazę tworzenia się biofilmu oraz modyfikacje biomateriałów, mającą na celu zwiększenie odporności na adhezję drobnoustrojów.

Ingerencja w geny odpowiedzialne za ekspresję czynników wirulencji szczepów

W trakcie badań różnych autorów stwierdzono, że niektóre związki mogą wpływać na inhibicję genów odpowiedzialnych za ekspresję czynników wirulencji szczepów, na przykład kwas cis-2-decylenowy produkowany przez *P. aeruginosa* posiada zdolność rozpuszczalną dojrzałego biofilmu bakterii z gatunku *C. albicans*, *E. coli*, *K. Pneumonie*, *S. piogenes* *S. aurelius*.³ Innym przykładem takich związków są aminokwasy, które hamują tworzenie się biofilmu przez *S. aureus* i *P.*

aeruginosa.⁵ N-acelocysteina hamuje tworzenie biofilmu *S. epidermidi*.⁶ Hamowanie tworzenia się biofilmu poprzez związki niskocząsteczkowe o potwierdzonej skuteczności, stanowi ciekawy kierunek poszukiwania nowych rozwiązań oraz badania mechanizmów ich działania.

Ingerencja w procesy quorum sensing

Międzykomórkowa komunikacja w obrębie biofilmu jest prowadzona poprzez wydzielanie do otoczenia substancji sygnałowych, regulujących ekspresję genów, tempo wzrostu kolonii, współpracę metaboliczną. Hamowanie komunikacji pomiędzy drobnoustrojami odbywa się również poprzez stosowanie analogów substancji sygnałowych, które wiążą się z receptorami wewnątrz komórek, powodując syntetyczną lub enzymatyczną inaktywację. Przykładem jest zdolność laktonu N-3-oksododekanylo-L homoseryny do stymulacji immunologicznej odpowiedzi komórkowej poprzez chemotaksję neutrofilii.⁷ Mechanizm blokowania komunikacji jest jeszcze mało zbadany, a trudności w jego poznaniu związane są ze specyfiką związków sygnałowych.⁸

Stosowanie przeciwciał

Stosowanie przeciwciał skierowanych przeciwko makrocząsteczkom błony komórkowej tworzącym adhezyny jest kolejnym sposobem na ograniczenie tworzenia biofilmu bakteryjnego. W badaniach *in vitro* wykazano, że użycie odpowiednich przeciwciał monoklonalnych hamuje wytwarzanie białka akumulacji AAP (accumulation-associated protein) w szczepie *S. epidermidis*, w efekcie czego dochodzi do utrudnionego przylegania bakterii do powierzchni kolonizowanej.⁹ Innym sposobem zapobiegania rozwojowi infekcji jest zastosowanie szczepu niepatogennego do wytworzenia biofilmu na powierzchni biomateriału. Jednakże przeprowadzono badanie *in vivo* u pacjentów cewnikowanych, u których wprowadzono niepatogenny

szczep *E. coli* do pęcherza moczowego, które nie wykazał wpływu na rozwój infekcji, jak również skuteczności w redukcji częstości zakażeń przez uropatogeny.¹⁰

Właściwości fizykochemiczne stosowanych materiałów

W zapobieganiu tworzeniu się biofilmu istotne znaczenie mają właściwości fizykochemiczne stosowanych materiałów. Wykazano, że biofilm tworzy się łatwiej na powierzchniach bardziej szorstkich. W stomatologii do wykonywania protez ruchomych najczęściej stosowane jest tworzywo akrylowe, które wykazuje korzystne warunki do odkładania się biofilmu ze względu na dużą szorstkość i porowatość akrylu. Dodatkowo dośluzowa powierzchnia płyty protezy w trakcie procesu laboratoryjnego nie jest polerowana. Jej szorstkość zależy od jakości użytego akrylu, przebiegu polimeryzacji, jakości gipsu użytego do wykonania modeli roboczych oraz materiału izolującego stosowanego w trakcie puszkowania protez. Szorstkość i porowatość zwiększają powierzchnię tworzywa akrylowego, do której może przylegać biofilm, a tym samym utrudniają one utrzymanie prawidłowej higieny.¹¹⁻¹³

Modyfikacja powłok biomateriałów

Właściwości powłok biomateriałów można modyfikować przez aplikację preparatów antyadhezyjnych oraz preparatów bakteriobójczych czy bakteriostatycznych.

Istotny wpływ na adhezję drobnoustrojów do powierzchni mają właściwości hydrofobowe materiału oraz energia powierzchniowa (drobnoustrojów czy materiału). Zastosowanie powłok antyadhezyjnych na płytę protezy ma za zadanie wygładzenie jego mikro nierówności, zwiększenie wolnej energii oraz zwiększenie hydrofilności materiału. Do tego celu *Sato* i wsp.¹⁴ wykorzystali oczyszczony Mannan. Tworzywo akrylowe pokryli trzema różnymi jego stężeniami 0,1mg/mL; 1mg/mL oraz

10mg/mL. W trakcie badań stopnia przylegania *Candida albicans* i *Candida glabrata* do tak pokrytych płytek, wykazali że wraz ze wzrostem stężenia mannanu obniża się przyleganie *C. albicans* oraz *C. glabrata* do tworzywa akrylowego. Potwierdzili, że mannan skutecznie obniża formowanie się *C. albicans*, jednak jego działanie utrzymuje się tylko przez 3 dni. Dlatego konieczne są dalsze badania, które pozwolą ustabilizować dłuższe działanie mannanu na powierzchni akrylu.

Kolejna grupa badaczy, *Ali* i wsp.,¹⁵ przeprowadziła badanie tworzywa akrylowego o zmodyfikowanej powierzchni przy pomocy żywic łączących 2-oktylowo-cyjanoakrylowy, jak również kleju Adper Single Bond. Pokrycie protez żywicą akrylową Adper Single Bond Adhesive było skuteczne w zmniejszaniu adhezji *C. albicans* do protez, podczas gdy powlekanie klejem 2-oktylowo-cyjanoakrylowym całkowicie hamowało taką przyczepność. Inne badanie przeprowadzone *in vivo* przez zespół *Sesma* i wsp.¹⁶ potwierdzało skuteczność zastosowania żywic (Palaseal) w hamowaniu formowania się biofilmu na tworzywie akrylowym. W badaniu oceniono też trwałość połączenia żywic z tworzywem akrylowym. Po pierwszym miesiącu od zastosowania modyfikacji zaobserwowano w mikroskopie elektronowym, że biofilm *C. albicans* był cieńszy niż w przypadku powierzchni niemodyfikowanych. Po trzech miesiącach dochodziło do pęknięć żywicy, co spowodowało kolonizację biofilmu na powierzchniach modyfikowanych. Autorzy podsumowali, że zastosowanie takiej hydrofilowej modyfikacji powierzchni akrylu jest bardzo skuteczną metodą zapobiegania tworzenia biofilmu. Jednak, niska trwałość preparatów antyadhezyjnych na powierzchni tworzywa akrylowego, dyktuje konieczność prowadzenia dalszych badań nad zwiększeniem stabilności żywicy Palaseal, celem stosowania tej metody w stomatologii w profilaktyce zakażeń *C. albicans*.¹⁶

Modyfikacja powłok biomateriałów przez stosowanie preparatów bakteriobójczych i bakteriostatycznych

Do modyfikacji płyt protezy wykorzystywano również antybiotyki. Naukowcy z University at Buffalo School of Dental Medicine wykonali w technologii 3D prototyp protezy z akrylamidu, który stopniowo uwalnia Amfoterycynę B z specjalnych mikrokapsułek.⁵ Takie rozwiązanie może być szczególnie przydatne u pacjentów, którzy ze względu na stan zdrowia nie są w stanie odpowiednio dbać o higienę. Badania takie są w dalszym ciągu prowadzone, ale długotrwałe działanie antybiotyków, może prowadzić do rozwoju szczepów wieloopornych, co może przeważać na ewentualnymi korzyściami stosowania tej metody.¹⁷ Inne badania wskazują, że zwalczanie biofilmu *Candida albicans* może być bardziej skuteczne przez stosowanie leków skojarzonych przeciwgrzybiczych oraz antybiotyku działającego na bakterie gram dodatnie, na przykład synergizm Amfoterycyny B z doksycykliną lub synergizm antybiotyku z substancjami mukolitycznymi.¹⁸

Kolejnymi związkami, które skutecznie działają przeciwdrobnoustrojowo są od dawna wykorzystywane w medycynie czy stomatologii cząsteczki nanosrebra, np. amalgamaty czy azotan srebra.¹⁹ Liu i wsp.²⁰ przeprowadzili badanie cytotoksyczności oraz właściwości przeciwbakteryjnych nano-srebrnego powlekanego polietheretherketonu (PEEK), wytwarzanego przez rozpylanie magnetronowe na powierzchni tworzywa akrylowego. Wyniki analizy pokazały, że powierzchnie pokryte nanosrebrem PEEK wykazały zwiększone działanie przeciwbakteryjne, przy braku działania cytotoksycznego. Jednak, próbki te wykazywały wzrost zdolności adhezji bakteryjnej, prawdopodobnie poprzez znaczny wzrost chropowatości powierzchni, który zaobserwowano wraz ze wzrostem grubości powłoki nanosrebra oraz wzrostem kąta zwilżania zmodyfikowanych próbek.²⁰

Metody usuwania biofilmu

Podstawową metodą usuwania biofilmu jest odpowiednia higiena uzupełnień protetycznych. Pacjenci użytkujący ruchome protezy powinni codziennie czyścić przez szczotkowanie zwilżonej protezy osobną, miękką szczoteczką do protez przy użyciu środka czyszczącego bez dodatków ściernych. Należy dokładnie oczyszczać wszystkie powierzchnie protez (zęby, jak również elementy płyty). W trakcie mycia nie powinno się jednak stosować zbyt dużego nacisku, aby nie doszło do zniszczenia powierzchni wykonanej z tworzywa sztucznego protezy. Po wyczyszczeniu protezę należy dokładnie wypłukać, osuszyć i pozostawić w suchym miejscu.²¹

Dostępnych jest wiele badań, potwierdzających związek między występowaniem *C. albicans* a nocnym użytkowaniem ruchomych uzupełnień protetycznych.²² Jeganathan podaje, że stomatopatia protetyczna występuje u 61% pacjentów użytkujących uzupełnienia protetyczne całodobowo, w porównaniu z 18% pacjentów którzy zdejmowali protezy na noc. Dlatego zaleca się pacjentom zaprzestanie użytkowania protez ruchomych w nocy, a po uprzednim ich wyczyszczeniu należy przechowywać je w suchym miejscu.²³⁻²⁶ Badania dowodzą również, że, w przypadku braku mechanicznego oczyszczenia przed przerwą nocną, zostawienie protezy w wodzie z tabletką musującą z nadtlenkiem alkalicznym doprowadza do zmniejszenia ilości bakterii *C. albicans* na powierzchni protez w porównaniu z protezami przechowywanymi na sucho, czy zanurzonych w zwykłej wodzie.²⁷ Chociaż badanie przedstawia sytuacje kliniczne z niewystarczającym czyszczeniem mechanicznym, nie wzięto pod uwagę, że zwykle mechaniczne czyszczenie protez zaleca się przed przechowywaniem protezy w czasie przerwy nocnej. Pozostało zatem pytanie, czy takie tabletki czyszczące nadal mają wartość zmniejszającą zakażenie przez *C. albicans* w przypadku dokładnego mechanicznego czyszczenia protezy.²⁴

Pacjentom zaleca się przynajmniej raz w tygodniu protezę umieścić w preparatach przeznaczonych do czyszczenia protez. Badania *in vivo* dowodzą, że żaden z środków czyszczących nie wykazywał działania sterylizującego, ale w różnym stopniu zmniejszały one biomasę biofilmu. Hayran i wsp.²⁵ postanowili sprawdzić, który z dostępnych komercyjnie środków działa najlepiej. Badali trzy środki: Corega, Fittydent oraz Polident. We wnioskach z pracy stwierdzili, że skuteczność czyszczenia protez ruchomych jest wypadkową następujących czynników: typu materiału z jakiego wykonana jest proteza, jej gładkości, rodzaju środka dezynfekującego oraz jego stężenia. Odnotowali, że Polident oraz Corega skutecznie zmniejszają liczbę drobnoustrojów we wszystkich rodzajach materiałów, z których były wykonane protezy, natomiast Fittydent był bardziej skuteczny dla protez wykonanych z żywicy Deflex.

Podchloryn sodu

Badania z zastosowaniem podchlorynu sodu, w przypadku pozostawienia uzupełnień protezycznych na 10 min w jego roztworze, wykazało skuteczność nawet na szczep gronkowca złocistego.²⁸ Dłuższy czas przechowywania protez w tym roztworze może prowadzić do zniekształcenia tworzywa akrylowego i jego odbarwienia.^{25,26,28,29} W trakcie badania nie zaobserwowano znaczących różnic w kolorze czy jego szorstkości w protezach całkowitych zanurzonych w 0,5% roztworze podchlorynu sodu (NaOCl) przez 3 minuty dziennie przez 90 dni, ale stwierdzono, że roztwór ten skutecznie redukuje mikroorganizmy z powierzchni tworzywa akrylowego.³⁰

Chlorheksydyna

Glukonian chlorheksydyny (CHX) zawsze był uważany za środek skuteczny w przeciwbakteryjnym i terapeutycznym płukaniu jamy ustnej i jest nadal zalecany przez dentystów na całym świecie. Jest powszechnie stosowany

jako płukanka do jamy ustnej w leczeniu zapalenia dziąseł, hamowaniu powstawania płytki nazębnej, odkażaniu jamy ustnej po zabiegach chirurgicznych, w leczeniu *fetor ex ore* i zapobieganiu kandydozie jamy ustnej.³¹⁻³⁶ Zanurzenie protez w roztworze chlorheksydyny nie jest zalecane ze względu na możliwość utraty koloru uzupełnienia.³⁷

Ultradźwięki

Badania Duyck i wsp. wykazały, że stosowanie ultradźwięków zmniejszało ilość biofilmu, natomiast nie miało działania bakterio-bójczego.²⁷ Z kolei Muqbil i wsp. stwierdzili, że zanurzenie protezy w czystej wodzie i zastosowania ultradźwięków przez 15 min nieznacznie zmniejszyło ogólną liczbę drobnoustrojów w porównaniu do grupy kontrolnej. Podobne wyniki uzyskano analizując ilość usuniętych komórek *Candida spp.* Natomiast połączenie ultradźwięków z roztworem zawierającym Polident znacząco zwiększyło eradykację biofilmu w porównaniu do grupy, w której stosowano sam roztwór Polident. Dodatkowo zauważono, że połączenie zastosowania ultradźwięków wraz z roztworem środka do czyszczenia protez na bazie nadtlenu, okazało się być jedną z najbardziej skutecznych metod zmniejszenia ilości *Candida spp.*²⁸ Badacze we wnioskach swojej pracy zalecają coroczne profesjonalne czyszczenie z zastosowaniem ultradźwięków protez w gabinecie stomatologicznym w celu ograniczenia odkładania się biofilmu.^{38,39}

Mikrofale

Ribeiro i wsp. w swoim badaniu oceniał skuteczność kliniczną dwóch czasów ekspozycji na promieniowanie mikrofalowe o mocy 650W podczas dezynfekcji protez.

Uzyskano następujące wyniki: napromieniowanie mikrofalami przez 3 minuty spowodowało skuteczne zredukowanie mikroorganizmów na wszystkich ocenianych protezach.

Po napromieniowaniu mikrofalami przez 2 minuty nastąpił znaczny spadek *Candida spp.*, *Staphylococcus spp.*, *S. mutans* oraz *Streptococcus spp.*, ale nadal były wykrywalne kolonie *C. albicans*, *Staphylococci non-aureus* i *Streptococcus mutans*.³⁴ Po zastosowaniu mikrofal w protokole: 3minutowe napromienianie przy mocy 650 W, 3 razy w tygodniu osiągnięto efekt sterylizacji protezy.⁴⁰ Działanie mikrofal nie wpłynęło na zmiany w obrębie tworzywa akrylowego, co zostało potwierdzone poprzez ocenę kontaktów okluzyjnych analizowanych za pomocą T-Scan, która wykazała że ich rozkład pozostał niezmienny po dezynfekcji mikrofalowej w tym samym protokole.⁴¹

Porównanie skuteczności różnych metod usuwania biofilmu

Lee i wsp.⁴² zbadali wpływ różnych metod czyszczenia na przyczepność *C. albicans* do tworzywa akrylowego. W badaniu uwzględnili następujące metody: 1) szczotkowanie miękką szczoteczką, 2) zanurzenie w preparacie Polident, 3) metoda łączona (szczotkowanie i zanurzenie w preparacie Polident), 4) zanurzenie w 0,2% glukonianu chlorheksydyny, 5) naświetlanie światłem UV, 6) zanurzenie w wodzie destylowanej, 7) grupa kontrolna. We wnioskach stwierdzono, że metoda łączona (3) była najbardziej skuteczna w zmniejszeniu wzrostu *C. albicans*. Grupa kontrolna miała najwyższą liczbę kolonii *C. albicans*, a zanurzenie w destylowanej wodzie było nieskuteczne przy usuwaniu *C. albicans*. Nie znaleziono istotnej różnicy w grupach między metodami 1, 2, 3, ani między metodami 4 i 5, chociaż metody 1, 2, 3, były ogólnie bardziej skuteczne niż metody 4 i 5 w usuwaniu *C. albicans*. Metoda 3 (szczotkowanie i zanurzenie chemiczne) została uznana za najlepszą technikę do osiągnięcia maksymalnej higieny zębów.⁴¹ Na podstawie analizowanego piśmiennictwa można zauważyć, że jest wiele metod zapobiegania odkładaniu się biofilmu na protezach

ruchomych, jednak w związku z zbyt dużym zróżnicowaniem metodologii i poziomu badań nie jest możliwa pełna ocena ich efektywności i konieczne jest przeprowadzenie dalszych wystandaryzowanych badań kliniczno-kontrolnych z reprezentatywnymi próbami i dłuższym czasem obserwacji.

Podsumowanie

Pogłębianie wiedzy na temat tworzenia, obecności i struktury biofilmu stanowią podstawę dla poszukiwania alternatywnych metod profilaktyki i leczenia zakażeń związanych z jego występowaniem. Badania nad tym tematem, prowadzone zarówno w kraju, jak i w ośrodkach zagranicznych wykonywano w warunkach *in vitro*.

Duże nadzieje pokłada się obecnie w modyfikacji biomateriałów w nanotechnologii w celu zmniejszenia adhezji bakterii do tworzywa oraz stosowaniu nanopowłok bakteriostatycznych i bakteriobójczych. Opisane powyżej strategie zapobiegania formowania się biofilmu są perspektywą nowych metod profilaktyki, które jednak wymagają przeprowadzenia dalszych badań w celu ostatecznego umożliwienia wykorzystania ich w stomatologii.

Obecnie w dalszym ciągu najskuteczniejszą metodą zapobiegania tworzenia się biofilmu jest higiena jamy ustnej i protez. Szczotkowanie z użyciem pasty do zębów może okazać się niewystarczające i może nie zapobiegać odkładaniu się biofilmu na powierzchni protezy. Dlatego zalecane jest stosowanie dostępnych tabletek, proszków lub past do czyszczenia protez, najlepiej w połączeniu z ultradźwiękami czy mikrofalami.

Piśmiennictwo

1. Maciejewska M, Bauer M, Dawgul M: Nowoczesne metody zwalczania biofilmu bakteryjnego. Post Mikrobiol 2016; 55: 3-11.

2. Konopka K, Dorocka-Bobkowska B, Gebremedhin S, Düzgüneş N: Susceptibility of *Candida* biofilms to histatin 5 and fluconazole. *Antonie Van Leeuwenhoek* 2010; 97(4): 413-417. doi: 10.1007/s10482-010-9417-5.
3. Miskiewicz A, Szparecki G, Nowak M, Górka R: Analiza epidemiologiczna występowania *Candida* species oraz ich lekooporności u pacjentów ze stomatopatią protetyczną. *Nowa Stomatol* 2013; 3: 141-144.
4. Merta U, Wiśniewska G: Adhezja bakterii do materiałów dentystycznych – przegląd piśmiennictwa. *Dental forum* 2013; 1: 65-67.
5. Kolodkin-Gal I, Romero D, Cao S, Clardy J, Kolter R, Losick R: D-amino acids trigger biofilm disassembly. *Science* 2010; 328: 627-629.
6. Perez-Giraldo C, Rodriguez-Benito A, Moran F.J, Hurtado C, Blanco M.T, Gomez-Garcia AC: Influence of N-acetylcysteine on the formation of biofilm by *Staphylococcus epidermidis*. *J. Antimicrob. Chemother* 1997; 39, 643-646.
7. Zimmermann S, Wagner C, Müller W, Brenner-Weiss G, Hug F, Prior B, Obst U, Hänsch GM: Induction of neutrophil chemotaxis by the quorum-sensing molecule N-(3-oxododecanoyl)-L-homoserine lactone. *Infect Immun* 2006; 74: 5687-5692.
8. Miller MB., Bassler BL: Quorum sensing in bacteria. *Annu Rev Microbiol* 2001; 55: 165-199.
9. Hu J, Xu T, Zhu T, Wang X, Wu Y, Huang R, Liu J, Liu H, Yu F, Ding B, Huang Y, Tong W, Qu D: Monoclonal antibodies against accumulation-associated protein affect EPS biosynthesis and enhance bacterial accumulation of *S. epidermidis*. *PLoS One* 2011; 6 doi.org/10.1371/journal.pone.0020918
10. Trautner BW, Hull RA, Darouiche RO: Prevention of catheter-associated urinary tract infection. *Curr Opin Infect Dis* 2005; 18: 37-41.
11. Spiechowicz E, Mierzińska-Nastalska E: Grzybnice jamy ustnej. Warszawa, Med Tour Press; 1998.
12. Mierzińska-Nastalska E, Spiechowicz E: Przywieranie grzybów drożdżopodobnych do błony śluzowej jamy ustnej i powierzchni protez. *Protet Stomatol* 1998; 6: 309-312.
13. Cierech M, Mierzińska-Nastalska E: Wpływ modyfikacji powierzchni tworzywa akrylowego na formowanie biofilmu bakteryjno-grzybiczego – przegląd piśmiennictwa, *Protet Stomatol* 2014; 64: 121-127.
14. Sato M, Ohshima T, Maeda N, Ohkubo C: Inhibitory effect of coated mannan against the adhesion of *Candida* biofilms to denture base resin. *Dent Mater J* 2013; 32: 355-60. doi: 10.4012/dmj.2012-295.
15. Ali AA, Alharbi FA, Suresh CS: Effectiveness of coating acrylic resin dentures on preventing *Candida* adhesion. *J Prosthodont* 2013; 22: 445-450. doi: 10.1111/jopr.12046.
16. Sesma N, Laganá DC, Morimoto S, Gil C. Effect of denture surface glazing on denture plaque formation. *Braz Dent J* 2005; 16: 129-34. doi: 10.1590/s0103-64402005000200008
17. Nagratha M, Sikora A, Graca J, Chinnici JL, Ur Rahman S, Reddy SG, Ponnusamy S, Maddi A, Arany PR: Functionalized prosthetic interfaces using 3D printing: Generating infection-neutralizing prosthesis in dentistry. *Materials Today Communications* 2018; 15: 114-119 <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2018.02.016>
18. Wróblewska M, Strużycka I, Mierzińska-Nastalska E: Znaczenie biofilmów w stomatologii. *Przeegl Epidemiol* 2015; 69: 879-883.
19. Chalas R, Wójcik-Chęcińska I, Woźniak MJ, Grzonka J, Świążkowski W, Kurzydłowski KJ: Płytki bakteryjne jako biofilm – zagrożenia w jamie ustnej oraz sposoby zapobiegania. *Postepy Hig Med Dosw (Online)*. 2015; 69: 1140-1148. doi: 10.5604/17322693.1173925.
20. Liu X, Gan K, Liu H, Song X, Chen T, Liu C: Antibacterial properties of nano-silver coated PEEK prepared through magnetron

- sputtering. *Dent Mater* 2017; 33: e348-e360. doi: 10.1016/j.dental.2017.06.014.
21. *Mierzwińska-Nastalska E*: Zasady użytkowania, czyszczenia i pielęgnacji protez całkowitych. *Protet Stomatol* 2011; 61: 293-303.
 22. *Compagnoni MA, Souza RF, Marra J, Pero AC, Barbosa DB*: Relationship between *Candida* and nocturnal denture wear: quantitative study. *J Oral Rehabil* 2007; 34: 600-605. doi: 10.1111/j.1365-2842.2007.01754.x
 23. *Jeganathan S, Payne JA, Thean HP*: Denture stomatitis in an elderly edentulous Asian population. *J Oral Rehabil* 1997; 24: 468-472. doi: 10.1046/j.1365-2842.1997.00523.x.
 24. *Duyck J, Vandamme K, Krausch-Hofmann S, Boon L, De Keersmaecker K, Jalon E, Teughels W*: Impact of Denture Cleaning Method and Overnight Storage Condition on Denture Biofilm Mass and Composition: A Cross-Over Randomized Clinical Trial. *PLoS One* 2016; 5; 11: e0145837. doi: 10.1371/journal.pone.0145837.
 25. *Hayran Y, Sarikaya I, Aydin A, Tekin YH*: Determination of the effective anticandidal concentration of denture cleanser tablets on some denture base resins. *J Appl Oral Sci* 2018; 26: e20170077. doi: 10.1590/1678-7757-2017-0077
 26. *Lee D, Howlett J, Pratten J, Mordan N, McDonald A, Wilson M, Ready D*: Susceptibility of MRSA biofilms to denture-cleansing agents. *FEMS Microbiol Lett* 2009; 291: 241-246. doi: 10.1111/j.1574-6968.2008.01463.x.
 27. *Duyck J, Vandamme K, Muller P, Teughels W*: Overnight storage of removable dentures in alkaline peroxide-based tablets affects biofilm mass and composition. *J Dent* 2013; 41: 1281-9. doi: 10.1016/j.jdent.2013.08.002.
 28. *Muqbil I, Burke FJ, Miller CH, Palenik CJ*: Antimicrobial activity of ultrasonic cleaners. *J Hosp Infect* 2005; 60: 249-255. doi: 10.1016/j.jhin.2004.11.017.
 29. *Nishi Y, Seto K, Kamashita Y, Kaji A, Kurono A, Nagaoka E*: Survival of microorganisms on complete dentures following ultrasonic cleaning combined with immersion in peroxide-based cleanser solution. *Gerodontology* 2014; 31: 202-209. doi: 10.1111/ger.12027
 30. *de Sousa Porta SR, de Lucena-Ferreira SC, da Silva WJ, Del Bel Cury AA*: Evaluation of sodium hypochlorite as a denture cleanser: a clinical study. *Gerodontology* 2015; 32: 260-266. doi: 10.1111/ger.12104.
 31. *Santos S, Herrera D, López E, O'Connor A, González I, Sanz M*: A randomized clinical trial on the short-term clinical and microbiological effects of the adjunctive use of a 0.05% chlorhexidine mouth rinse for patients in supportive periodontal care. *J Clin Periodontol* 2004; 31: 45-51. doi: 10.1111/j.0303-6979.2004.00438.x
 32. *Barasch A, Safford MM, Dapkute-Marcus I, Fine DH*: Efficacy of chlorhexidine gluconate rinse for treatment and prevention of oral candidiasis in HIV-infected children: a pilot study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2004; 97: 204-207. doi: 10.1016/j.tripleo.2003.09.005
 33. *Caso A, Hung LK, Beirne OR*: Prevention of alveolar osteitis with chlorhexidine: a meta-analytic review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005; 99: 155-159. doi: 10.1016/j.tripleo.2004.05.009.
 34. *Ribeiro DG, Pavarina AC, Dovigo LN, Palomari Spolidorio DM, Giampaolo ET, Vergani CE*: Denture disinfection by microwave irradiation: a randomized clinical study. *J Dent* 2009; 37: 666-672. doi: 10.1016/j.jdent.2009.04.009.
 35. *Dodd MJ, Larson PJ, Dibble SL, Miaskowski C, Greenspan D, MacPhail L, Hauck WW, Paul SM, Ignoffo R, Shiba G*: Randomized clinical trial of chlorhexidine versus placebo for prevention of oral mucositis in patients receiving chemotherapy. *Oncol Nurs Forum* 1996; 23: 921-927.

36. Van der Weijden GA, Timmerman MF, Novotny AG, Rosema NA, Verkerk AA: Three different rinsing times and inhibition of plaque accumulation with chlorhexidine. *J Clin Periodontol* 2005; 32: 89-92. doi: 10.1111/j.1600-051X.2004.00640.x
37. Moffa EB, Giampaolo ET, Izumida FE, Pavarina AC, Machado AL, Vergani CE: Colour stability of relined dentures after chemical disinfection. A randomised clinical trial. *J Dent* 2011; 39 Suppl 3: e65-71. doi: 10.1016/j.jdent.2011.10.008
38. Felton D, Cooper L, Duqum I, Minsley G, Guckes A, Haug S, Meredith P, Solie C, Avery D, Chandler ND: American College of Prosthodontists; Academy of General Dentistry; American Dental Association Council on Scientific Affairs; American Dental Hygienists' Association; National Association of Dental Laboratories; GlaxoSmithKline Consumer Healthcare. Evidence-based guidelines for the care and maintenance of complete dentures: a publication of the American College of Prosthodontists. *J Am Dent Assoc* 2011; 142, Suppl 1: 1S-20S.
39. Sheen SR, Harrison A: Assessment of plaque prevention on dentures using an experimental cleanser. *J Prosthet Dent* 2000; 84: 594-601. doi: 10.1067/mpr.2000.110498.
40. Basso MF, Giampaolo ET, Vergani CE, Machado AL, Pavarina AC, Compagnoni MA: Influence of microwave disinfection on the linear dimensional stability of complete dentures: a clinical study. *Int J Prosthodont* 2010; 23: 318-320.
41. Basso MFM, Giampaolo ET, Vergani CE, Pavarina AC, Machado AL, Jorge JH: Occlusal Pressure Analysis of Complete Dentures after Microwave Disinfection: A Clinical Study. *J Prosthodont* 2017; 26: 606-610. doi: 10.1111/jopr.12429.
42. Lee HE, Li CY, Chang HW, Yang YH, Wu JH: Effects of different denture cleaning methods to remove *Candida albicans* from acrylic resin denture based material, *J Dent Sci* 2011, 6, 4: 216-220. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2011.09.006>

Zaakceptowano do druku: 25.08.2021 r.

Adres autorów: 31-155 Kraków, ul. Montelupich 4.

© Zarząd Główny PTS 2021.