

Urszula Merta, Grażyna Wiśniewska

## Adhezja bakterii do materiałów dentystycznych – przegląd piśmiennictwa

### Bacterial adhesion to dental materials – a literature review

Katedra i Zakład Protetyki Stomatologicznej Instytutu Stomatologii  
Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie

#### Streszczenie

Powstawanie płytki nazębnej na powierzchni zębów i materiałów odtwórczych odgrywa kluczową rolę w patogenezie chorób jamy ustnej. Liczne badania dotyczące adhezji bakteryjnej do materiałów dentystycznych wykazały, że na powstawanie biofilmu w jamie ustnej mają wpływ takie czynniki jak szorstkość powierzchni, wolna energia powierzchniowa i skład chemiczny materiału. Stwierdzono, że zarówno wzrost współczynnika szorstkości powierzchni powyżej wartości progowej  $R_a$  0,2  $\mu\text{m}$  i/lub wzrost wartości wolnej energii powierzchniowej ułatwia formowanie biofilmu na powierzchni materiałów odtwórczych, przy czym szorstkość powierzchni jest tu czynnikiem dominującym. Badania in vitro i in vivo dotyczące adhezji bakterii do ceramiki w porównaniu z takimi materiałami jak stopy złota, tytan czy kompozyt, potwierdziły mniejszą akumulację biofilmu na powierzchni ceramiki. Zbadano również, że powstawanie biofilmu zależne jest od rodzaju materiału ceramicznego. Szczególnie niską akumulacją biofilmu charakteryzuje się cyrkonia co stawia ją na pierwszym miejscu jako materiał o różnorodnych zastosowaniach, również na łączniki implantów czy korony teleskopowe.

**Słowa kluczowe:** bakterie, płytka nazębna, adhezja bakterii, materiały dentystyczne.

#### Abstract

Dental plaque formation on teeth and restorative materials plays an important role in the pathogenesis of oral diseases. Newly developed dental materials have been tested for their susceptibility to adhere bacteria causing caries and periodontitis. Numerous factors have been identified to influence oral biofilm formation such as surface roughness, surface free energy and surface chemical composition. Both an increase in surface roughness above the  $R_a$  threshold above 0,2  $\mu\text{m}$  and/or of the surface free energy facilitates biofilm formation on restorative materials. Various affinities of oral bacteria adhesion have been reported for different materials such as titanium, resin composites and dental ceramic materials. Several in vitro and in vivo studies have investigated the bacterial adhesion on ceramics in comparison to other dental materials, such as gold alloy, titanium, composite. Almost all of these investigations found lower bacterial adhesion and biofilm formation on ceramics compared to other materials. Biofilm formation on various types of dental ceramics differs significantly. Zirconia, in particular, exhibits low plaque accumulation. In addition to its high strength, it makes zirconia a promising material for various indications (including implant abutments and telescopic crowns).

**Key words:** bacteria, biofilm, adhesion, dental materials.

W jamie ustnej człowieka występuje dynamiczna równowaga między zjawiskami adhezji i usuwania płytki nazębnej z powierzchni zębów czy też materiałów użytych do ich rekonstrukcji. Adhezja bakterii do powierzchni zębów w warunkach panujących w jamie ustnej jest tłumaczona mechanizmem biochemicznym oraz fizykochemicznym. Biochemiczny mechanizm powstawania płytki podkreśla udział tak zwanej błonki nabytej (*pellicle*) w procesie adhezji bakteryjnej [1]. Błonka nabyta to cienka warstwa organicznego, bezkórnego materiału, który składa się z licznych glikoprotein śliny (mucyny), fosfoprotein, protein, enzymów (-amylaza) oraz receptorów dla adhezyn bakteryjnych [1, 2]. Stwierdzono, że większość bakterii posiada specyficzne cechy umożliwiające adhezję, w związku z czym od momentu osiedle-

nia się tak zwanych wczesnych kolonizatorów zaczyna się formowanie biofilmu. Do kolonizatorów błonki nabytej zalicza się *Streptococci*, zwłaszcza *Streptococcus sanguis* oraz *Actinomyces* spp. Ponadto można w niej znaleźć *Streptococcus mitis* i *oralis*, *Prevotella intermedia* i *loescheii*, *Capnocytophaga* spp., *Fusobacterium nucleatum*, *P. gingivalis*. Zbadano, że bakterie odpowiedzialne za powstawanie próchnicy, czyli *Streptococcus mutans* we wczesnej płytce nazębnej występują w bardzo niewielkiej ilości (2% ogólnej liczby bakterii). Wczesna i późna kolonizacja płytki nazębnej jest dowodem na to, że bakterie nie funkcjonują jako pojedyncze jednostki, ale jako skoordynowane, powiązane metabolicznie środowisko [1, 2].

W piśmiennictwie podkreśla się fakt, iż oprócz biochemicznego czynnika, w zjawisku adhezji odgrywa również dużą rolę niespecyficzny czynnik fizykochemiczny. W aspekcie fizykochemicznym zjawisko adhezji bakteryjnej tłumaczone jest za pomocą dwóch teorii: termodynamicznej i klasycznej. Teoria termodynamiczna powstanie płytki bakteryjnej tłumaczy poprzez działanie wolnej energii powierzchniowej (SFE – Surface Free Energy) między przylegającymi do siebie powierzchniami i płynami. Natomiast teoria klasyczna DLVO (Derjalgung, Landau, Verwey, Overbeek) tłumaczy mechanizm powstania płytki jako długofalową reakcję między komórką bakteryjną a powierzchnią zęba na skutek działania przyciągających sił van der Waalsa i odpychających sił elektrostatycznych [1].

Dynamika powstawania płytki nazębnej na powierzchni materiałów zastosowanych do rekonstrukcji uzębienia zależy od takich parametrów, jak: szorstkość, gładkość, skład chemiczny i wolna energia powierzchniowa.

Badania ostatnich lat pozwoliły stwierdzić, że szorstka powierzchnia implantu, korony protetycznej czy protezy jest czynnikiem predysponującym do powstawania płytki nazębnej. Na szorstkiej powierzchni dochodzi do tworzenia się płytki bardziej dojrzałej, z większą ilością pałeczek i krętek w porównaniu z gładką powierzchnią szkliwa. Konsekwencją tych procesów jest zapalenie przyzębia i podwyższony wskaźnik krwawienia (BI Index) oraz zwiększona produkcja płynu dziąsłowego. Badania pozwoliły również na określenie wartości progowej wskaźnika szorstkości powierzchni Ra, który wynosi 0,2  $\mu\text{m}$ . Obniżenie tej wartości nie wpływa na zredukowanie adhezji bakteryjnej [1, 2, 3, 4, 8, 9].

Doświadczenia *in vivo* prowadzone przez Glantza w 1969 roku udowodniły, że powierzchnie charakteryzujące się wysoką wartością wolnej energii powierzchniowej (SFE) są bardziej podatne na adhezję bakterii. Badania przeprowadzone przez Quirynena i wsp. wykazały korelację między wartością wolnej energii powierzchniowej a ilością płytki nazębnej. Powierzchnie o niskiej wartości SFE charakteryzowały się mniej dojrzałą płytką nad- i poddziąsłową. Porównując wzajemną zależność między wolną energią powierzchniową a stopniem szorstkości powierzchni wykazano, że znaczącym czynnikiem adhezji bakteryjnej jest stopień szorstkości powierzchni [1, 6].

W piśmiennictwie podkreśla się fakt, iż na powierzchni materiałów stomatologicznych dochodzi do większego gromadzenia i zalegania płytki niż na powierzchni szkliwa [1, 2, 3, 5, 10, 11]. Stwierdzono, że ilość i skład płytki bakteryjnej na uzupełnieniach protetycznych jest różna i zależy od rodzaju materiału rekonstruującego [3]. Z uwagi na fakt, że w ostatnim okresie powszech-

nie są stosowane materiały ceramiczne podjęto badania, które miały ocenić jak wygląda adhezja bakterii na powierzchni porcelany w porównaniu z innymi materiałami używanymi w praktyce dentystycznej. Badano materiały dentystyczne takie jak ceramika, kompozyt, tytan oraz stop Cr-Co-Mo w specjalnej komorze imitującej warunki panujące w jamie ustnej (*laminar flow chamber*). Wszystkie badane próbki materiałów miały wskaźnik Ra o wartości mniejszej niż 0,08, co wykluczało wpływ szorstkości powierzchni na uzyskane wyniki. Stwierdzono, że najniższy wskaźnik adhezji miały próbki stopów metali Cr-Co-Mo i tytanu. Według autorów doświadczenia wynik ten może mieć związek z bakteriostatycznymi właściwościami tych metali [2].

Wyniki badań dotyczące adhezji bakterii na powierzchni materiałów stosowanych w protetyce stomatologicznej są różne. Jest to związane z różnorodnością metodyki badań oraz rodzajem porównywanych powierzchni. W świetle jednak wyników tych badań, można stwierdzić, że ceramika dentystyczna charakteryzuje się najmniejszą zdolnością do adhezji płytki bakteryjnej [2, 3, 7, 8, 9, 10, 11].

Z uwagi na różnorodność stosowanych ceramik podjęto badania, które miały ocenić tempo formowania się biofilmu na różnych rodzajach porcelany. Oceniano ceramikę szklaną, stosowaną do licowania podbudowy korony protetycznej (Imagine Rflex), ceramikę wzmocnioną dwukrzemianem litu (IPS e.max Press), tlenek cyrkonu stabilizowany Ytrem (IPS e.max ZirCad Y-TZP ceramic), DC-Zirkon HIP Y-TZP ceramic oraz Ziraldent HIP Y-TZP ceramic z 25% zawartością aluminy. Charakterystykę ilościową i jakościową biofilmu analizowano z użyciem elektronowego mikroskopu skaningowego (SEM), pomiaru sił atomowych i konfokalnego laserowego skaningowego mikroskopu (CLSM). Powierzchnia badanych próbek była przygotowana tak, aby wartość Ra wynosiła ok. 0,04  $\mu\text{m}$ . Stwierdzono znaczne różnice w kolonizacji bakterii na powierzchniach badanych ceramik. Najniższy stopień kolonizacji bakterii występował na powierzchni DC-Zirkon (19% powierzchni całkowicie skolonizowanej przez bakterie), następnie Imagine reflex (19,2%), IPS e.max ZirCad (27%) i Ziraldent (28%). Materiał, który charakteryzował się najwyższym stopniem adhezji bakterii był IPS e.max Press (46,8%) [4, 5]. Wyniki dotyczące grubości biofilmu na badanych materiałach były podobne. I tak najniższa grubość biofilmu występowała w przypadku DC-Zirkon, a najwyższa na materiale IPS e.max Press. Z uwagi na identyczny stopień wypolerowania wszystkich badanych próbek, różnice w pokryciu biofilmem poszczególnych materiałów można wiązać z takimi czynnikami jak skład chemiczny, architektura krystalograficzna i wolna energia powierzchniowa [3, 4, 6, 8, 9]. Te doniesienia potwier-

dza doświadczenie in vitro przeprowadzone przez R. Meier i I. Hauser, którzy dodatkowo stwierdzili korelację między składem chemicznym poszczególnych próbek ceramiki (zawartością szkła) a pomiarem odsetka żywych komórek bakteryjnych obecnych w biofilmie. W wyniku badań, uwzględniających procent powierzchni skolonizowanej przez bakterie oraz grubość biofilmu, wykazano najwyższe wartości adhezji dla ceramiki wzmocnionej dwukrzemianem litu. Natomiast najniższą wartość adhezji odnotowano dla cyrkonii [5]. Potwierdziły to również badania Rimondini i wsp. oraz Scarano i wsp., które wykazały mniejszą adhezję bakterii w przypadku tetragonalnej cyrkonii stabilizowanej Ytrem w porównaniu z tytanem [8, 9].

Reasumując można stwierdzić, że w świetle najnowszych badań dotyczących adhezji bakterii do materiałów służących do rekonstrukcji zębów, na powstanie płytki bakteryjnej decydujący wpływ ma powierzchnia materiału, a przede wszystkim jej szorstkość. Wzrost współczynnika szorstkości powierzchni powyżej wartości Ra 0,2  $\mu\text{m}$  i wzrost wartości tzw. wolnej energii powierzchniowej sprzyjają formowaniu się biofilmu na powierzchni materiałów. Ceramika dentystyczna jest materiałem, który charakteryzuje się najmniejszą zdolnością do adhezji bakterii na swojej powierzchni w porównaniu do innych materiałów. Porównując różne rodzaje ceramiki zbadano, iż cyrkonია jest materiałem o najniższym stopniu adhezji bakterii. Ma to znaczenie praktyczne, gdyż daje możliwość stosowania jej nawet w przypadkach, w których warunki do utrzymania higieny są niekorzystne, tak jak ma to miejsce przy koronach teleskopowych czy łącznikach implantów.

#### Piśmiennictwo

- [1] Teughles W., Van Assche N., Sliepen I., Quirynen M. Effect of material characteristics and/or surface topography on biofilm development. *Clin Oral Imp Res.* 2006;17(supl. 2):68–81. English.
- [2] Rosentritt M., Hahnel S., Gröger G. *et al.* Adhesion of *Streptococcus mutans* to Various Dental Materials in a Laminar Flow Chamber System. Wiley Periodicals, Inc. *J Biomed Mater Res Part B: Appl Biomater.* 2008;86(B): 36–44. English.
- [3] Eick S., Glockmann E., Brandl B., Pfister W. Adherence of *Streptococcus mutans* to various restorative materials in a continuous flow system. *J Oral Rehabilitation.* 2004;31: 278–285. English.
- [4] Bremer F., Grade S., Kohorst P., Stiesch M. In vivo biofilm formation on different dental ceramics. *Quintessence Int.* 2011;42:565–574. English.
- [5] Meier R., Hauser-Gerspach I., Lüthy H., Meyer J. Adhesion of oral streptococci to all-ceramics dental restorative materials in vitro. *J Mater Sci Mater Med.* 2008;19: 3249–3253. English.
- [6] Tanner J., Robinson C., Söderling E., Vallittu P. Early plaque formation on fibre-reinforced composites in vivo. *Clin Oral Invest.* 2005;9:154–160. English.
- [7] Byung-Chul L., Gil-Young J., Dae-Joon K., Jung-Suk H. Initial bacterial adhesion on resin, titanium and zirconia in vitro. *J Adv Prosthodont.* 2011;3:81–84. English.
- [8] Scarano A., Piattelli M., Caputi S. *et al.* Bacterial Adhesion on Commercially Pure Titanium and Zirconium Oxide Disks: An In Vivo Human Study. *J Periodontol.* 2004;75: 292–296. English.
- [9] Rimondini L., Cerroni L., Carrassi A., Torricelli P. Bacterial Colonization of Zirconia Ceramic Surfaces: An In Vitro and In Vivo Study. *Oral Maxillofac Implants.* 2002;17: 793–798. English.
- [10] Aykent F. *et al.* Effect of different finishing techniques for restorative materials on surface roughness and bacterial adhesion. *J Prosthet Dent.* 2010;103:221–227. English.
- [11] Zanini Kantorski C., Scotti R., Valandro L. *et al.* Surface Roughness and Bacterial Adherence to Resin Composites and Ceramics. *Oral Health Prev Dent.* 2009;7:29–32. English.

Adres do korespondencji:  
Zakład Protetyki Stomatologicznej UJ CM  
ul. Montelupich 4, 31-155 Kraków  
tel.: 12 424 54 41 (wew. 230)  
e-mail: protetyk@mp.pl