

Wpływ materiału oraz grubości licówek okluzyjnych na ich odporność na złamanie w zębach odcinka bocznego – przegląd piśmiennictwa

Influence of the material and thickness of occlusive veneers on the fracture resistance in posterior teeth – literature review

Lukasz Czechowski, Beata Dejak

Zakład Protetyki Stomatologicznej Katedry Stomatologii Ogólnej, Uniwersytet Medyczny w Łodzi

Department of Dental Prosthetics, Department of General Dentistry, Medical University of Lodz

Kierownik: prof. dr hab. n. med. Beata Dejak

HASŁA INDEKSOWE:

licówki okluzyjne, nakład, ceramika tlenku cyrkonu, nanoceramika, ceramika hybrydowa, odporność na złamanie

KEY WORDS:

occlusal veneers, onlay, zirconium oxide ceramics, nanoceramics, hybrid ceramics, fracture resistance

Streszczenie

Obecnie oprócz tradycyjnych wkładów, nakładów, overlay służących do odbudowy koron zniszczonych zębów, istnieje możliwość zastosowania mniej inwazyjnych licówek okluzyjnych. Uzupełnienia te służą odbudowie powierzchni żujących zębów, odbudowie zniszczonych erozyjnie powierzchni zwarciovych, odtworzeniu prawidłowej okluzji, a także podwyższeniu zwarcia. Celem pracy jest przedstawienie wpływu materiału i grubości licówek okluzyjnych na ich odporność na złamanie - przegląd piśmiennictwa. W artykule przedstawiono wybrane właściwości mechaniczne współczesnych materiałów stomatologicznych służących do wykonania uzupełnień wewnątrzkoronowych: ceramiki skaleniowej, leucytowej, krzemianu litu, dwukrzemianu litu, tlenku cyrkonu, nanoceramiki oraz ceramiki hybrydowej. Ze względów wytrzymałościowych materiałami preferowanymi do wykonania licówek okluzyjnych powinny być nanoceramika, ceramika tlenku cyrkonu lub ceramika dwukrzemianu i krzemianu litu wzmocniana kryształami tlenku cyrkonu. Grubość uzupełnień na powierzchni żującej wykonanych z nanoceramiki i tlenku

Summary

Currently, beside traditional inlays, onlays and overlays for the reconstruction of crowns of damaged teeth, it is possible to use less invasive occlusal veneers. These restorations are used to rebuild the chewing surfaces of the teeth, to reconstruct occlusal surfaces damaged by erosion, to restore the correct occlusion, and to increase the occlusal height. The aim of the study is to present the influence of the material and the thickness of occlusive veneers on their fracture resistance based on review of the literature. The article discusses selected mechanical properties of modern dental materials used to make intracoronary restorations: feldspar ceramics, leucite ceramics, lithium silicate, lithium disilicate, zirconium oxide, nanoceramics and hybrid ceramics. Due to their strength, nanoceramics, zirconium oxide ceramics or lithium disilicate and lithium silicate ceramics reinforced with zirconium oxide crystals should be the preferred materials for occlusal veneers. The thickness of the nano-ceramic and zirconium oxide restorations on the occlusal surface can be limited to 0.5 mm. Lithium disilicate ceramic

cyrkonu można ograniczyć do 0,5 mm. Licówki z ceramiki dwukrzemianu litu powinny mieć minimalną grubość 0,7-1mm. Najbardziej odporne na złamanie są licówki okluzyjne o grubości 1,5 mm, niezależnie od zastosowanego materiału.

veneers should have a minimum thickness of 0.7-1 mm. Occlusal veneers with a thickness of 1.5 mm are the most resistant to fractures, regardless of the material used.

Wstęp

Rozwój materiałów stomatologicznych i technologii ich przetwarzania pozwolił na wykonywanie nowych rodzajów uzupełnień wewnątrzkoronowych. Oprócz tradycyjnych wkładów, nakładów, overlay służących do odbudowy koron zębów, istnieje możliwość zastosowania mniej inwazyjnych licówek okluzyjnych. Uzupełnienia te służą odbudowie powierzchni żujących zębów, odbudowie zniszczonych erozyjnie powierzchni zwarciovych, odtworzeniu prawidłowej okluzji, a także podwyższeniu zwarcia.¹⁻⁴ Licówki okluzyjne są wykonywane z różnych ceramik oraz kompozytów. Współczesna stomatologia dąży do maksymalnej oszczędności tkanek zębów, dlatego też trwają badania nad ograniczeniem grubości tych uzupełnień.

Celem pracy jest przedstawienie wpływu materiału i grubości licówek okluzyjnych na ich odporność na złamanie na podstawie piśmiennictwa.

Materiały wykorzystywane do wykonania licówek okluzyjnych

Obecnie najczęściej wykorzystywanymi materiałami do wykonania uzupełnień wewnątrzkoronowych w bocznej części łuku zębowego są ceramiki skalenkowa, leucytowa oraz dwukrzemianu litu, ceramika krzemianu litu wzmocniana kryształami tlenku cyrkonu, ceramika tlenku cyrkonu, jak również materiały kompozytowe. W ciągu ostatnich lat coraz większą popularność zyskują: ceramika hybrydowa oraz nanoceramika.

Ceramika skalenkowa była pierwszą porcelaną stosowaną do wykonania uzupełnień protetycznych. W jej skład wchodzi kwarc, krzemian glinowo potasowy oraz tlenek glinu. Substancje te po spieczeniu tworzą kryształy glinokrzemianu potasu zatopione w krzemionce. Materiał charakteryzuje się dużą twardością (>6,5 GPa wg Vickersa) oraz małą wytrzymałością na zginanie (60-110 MPa). Przykładami tej ceramiki są CEREC Blocs – Dentsply-Sirona, Vitablocs Mark II – Vita.^{5,6}

Ceramika leucytowa jest modyfikacją ceramiki skalenkowej i składa się z blisko 35% kryształów leucytu zatopionych w krzemionce. Jej twardość jest zbliżona do twardości ceramiki skalenkowej (6,5 GPa wg Vickersa), a wytrzymałość na zginanie sięga 160 MPa (IPS Empress – Ivoclar Vivadent, ProCad – Ivoclar Vivadent).⁵⁻⁷

Ceramika dwukrzemianu litu składa się z 60% tych kryształów z dodatkiem ortofosforanu litu zatopionych w krzemionce. Charakteryzuje się ona mniejszą twardością 5,3 GPa niż ceramiki skalenkowa i leucytowa oraz 3 krotnie większą wytrzymałością na zginanie 330-400 MPa (IPS e.max CAD oraz IPS e.max Press – Ivoclar Vivadent).⁵⁻⁷

Ceramika krzemianu litu złożona jest z kryształów krzemianu litu z dodatkiem dwutlenku cyrkonu (który stanowi 10-11% masy ceramiki). Kryształy są zatopione w osnowie krzemionki. Wytrzymałość na zginanie tej ceramiki wynosi 440 MPa, a jej twardość około 6,5 GPa wg Vickersa.^{6,8} Przykładami tego materiału są Celtra Duo – Dentsply, VITA Suprinity – VITA Zahnfabrik.

Ceramika dwutlenku cyrkonu 3Y-TZP składa się w ponad 99% z gęsto spieczonych kryształów dwutlenku cyrkonu stabilizowanych tlenkiem itru. Wytrzymałość na zginanie wynosi 900-1200 MPa. Jest najmniej kruchą z ceramik, natomiast jej twardość w skali Vickersa wynosi 13 GPa, (All-Zircon – Nobel Biocare, Lava Frame – 3M ESPE).^{5,6,7,9} Większość ceramik ma kolor i przezroczoność podobną do tkanek twardych zębów, dlatego uzupełnienia z tych materiałów dobrze imitują struktury zębów. Ceramika 3Y-TZP jest bardziej opakowana w porównaniu do ceramik szklanych.⁹ Jej odmianą są ceramiki 4Y-PSZ i 5Y-PSZ, które zawierają większą ilość optycznie izotropowej fazy kubicznej tlenku cyrkonu. Dlatego są bardziej przejrzyste.^{6,9,10}

Nowym rozwiązaniem na rynku materiałów stomatologicznych jest ceramika hybrydowa (polimer infiltrated ceramic network, PICN np. Vita Enamic (Vita)). Jej szkielet tworzy ceramiczna siatka (86 % masy) składająca się z krzemionki (58-63%) oraz tlenku aluminium (20-23%). Matryca ta jest impregnowana żywicą UDMA, TEGDMA (14% masy). Materiał jest elastyczny i 2-3-krotnie mniej twardy 2,5 GPa w porównaniu do ceramiki leucytowej. Wytrzymałość na zginanie wynosi około 150 MPa.^{6,11,12}

Innym nowym materiałem jest nanoceramika (NCR), której przykładem jest Lava Ultimate (3M ESPE). Głównym składnikiem tego materiału jest nanowypełniacz z silanizowanej krzemionki o średnicy 20 nm oraz cyrkonu o średnicy od 4 do 11 nm, które są zgrupowane w nanoklasty i zatopione w żywicy. Jego wytrzymałość na zginanie sięga 160 MPa a twardość wynosi około 2,6 GPa.^{6,12}

Wpływ materiału licówek okluzyjnych na odporność na złamanie zębów

Istotny wpływ na odporność na złamanie licówek okluzyjnych ma rodzaj materiału z jakiego są wykonane (tabela 1 i 2). W wielu

badaniach, licówki wykonane z nanoceramiki (Lava Ultimate – 3M ESPE) miały większą odporność na złamanie niż licówki z ceramiki hybrydowej (Vita Enamic – Vita),^{1,2,12} ceramiki dwukrzemianu litu (IPS e.max – Ivoclar Vivadent),^{1,2,3} czy materiału kompozytowego (Paradigm MZ 100 – 3M ESPE).^{12,13} Odbudowy z nanoceramiki wykazywały również wysoką odporność na złamanie oraz na cykliczne obciążenia termomechaniczne w porównaniu z odbudowami z ceramiki leucytowej (IPS Empress – Ivoclar Vivadent).¹⁴ Jest to spowodowane elastycznością materiału i dobrą jego siłą wiązania z tkankami zęba, uwarunkowaną zawartością żywic. Mocne zespolenie uzupełnień z zębami kompensuje mniejszą wytrzymałość tych materiałów w porównaniu z ceramikami.^{1,3,12}

W badaniach *Ioannidis* i wsp. i *Maeder* i wsp., licówki okluzyjne z ceramiki tlenku cyrkonu wykazywały wyższą odporność na złamanie 2483 N (Vita YZ HT – Vita), odbudowy z nanoceramiki 2170 N (Lava Ultimate – 3M ESPE), z ceramiki hybrydowej (Vita Enamic – Vita) oraz ceramiki dwukrzemianu litu (IPS e.max – Ivoclar Vivadent).^{1,3} Jest to wynikiem dużej wytrzymałości ceramiki tlenku cyrkonu.

Uzupełnienia z ceramiki krzemianu litu (Vita Suprinity – Vita), poddane cyklicznym obciążeniom termomechanicznym (tabela 3), miały podobną odporność na złamanie do licówek z ceramiki dwukrzemianu litu (IPS e.max – Ivoclar Vivadent) i większą w porównaniu do wykonanych z ceramiki hybrydowej (Vita Enamic – Vita).^{15,16} Osiągały one trzykrotnie większą odporność na złamanie niż licówki z ceramiki skaleniowej.¹⁷

Licówki okluzyjne z ceramiki hybrydowej (Vita Enamic – Vita) okazały się bardziej odporne na siły zwarcia od wykonanych z ceramiki krzemianu litu (Vita Suprinity – Vita),¹⁸ porównywalne do licówek z nanoceramiki (Lava Ultimate – 3M ESPE)^{1-3,12} i z ceramiki tlenku cyrkonu (Vita YZ HT – Vita).^{1,3,15-17} Ceramika

Tabela 1. Średnia odporność na złamanie licówek okluzyjnych o średniej grubości 1 mm w zależności od materiału [N]

	Kompozyt (Paradigm MZ 100)	Nanoceramika (Lava Ultimate)	Ceramika hybrydowa (Vita Enamic)	Ceramika leucytowa	Ceramika dwukrzemianu litu	Ceramika tlenku cyrkonu
<i>Ioannidis i wsp.</i> ¹		2274 N	1839 N		1530 N	2256 N
<i>Andrade i wsp.</i> ²		3584 N	3540 N		4995 N	
<i>Maeder i wsp.</i> ³		2170 N	2239 N		1851 N	2483 N
<i>Johnson i wsp.</i> ¹³	2027 N	2115 N				
<i>Clausen i wsp.</i> ²⁰				3197 N	4070 N	

Tabela 2. Średnia odporność na złamanie licówek okluzyjnych o średniej grubości 0,5 mm w zależności od materiału odbudowy [N]

	Kompozyt (Paradigm MZ 100)	Nanoceramika (Lava Ultimate)	Ceramika hybrydowa (Vita Enamic)	Ceramika dwukrzemianu litu	Ceramika tlenku cyrkonu
<i>Ioannidis i wsp.</i> ¹		1941 N	1952 N	1178 N	2256 N
<i>Andrade i wsp.</i> ²		3384 N	2973 N	3067 N	
<i>Maeder i wsp.</i> ³		2092 N	1981 N	1191 N	2382 N
<i>Egbert i wsp.</i> ¹²	1752 N	2415 N	1727 N		
<i>Johnson i wsp.</i> ¹³	1830 N	2141 N			

hybrydowa jest bardziej elastyczna niż tradycyjne ceramiki, co sprzyja mniejszej koncentracji powstających w tym materiale naprężeń.¹⁹

Wpływ grubości licówek okluzyjnych na odporność na złamanie zębów

Dążenie do minimalnej redukcji tkanek własnych pacjenta skłania do poszukiwania materiałów pozwalających na wykonanie uzupełnień wewnątrzkoronowych o jak najmniejszych grubościach. W tabeli 4 przedstawiono

odporność na złamanie licówek okluzyjnych w zależności od ich grubości.

Badania przeprowadzone przez *Johnsona i wsp.* wskazują na możliwość ograniczenia grubości licówek okluzyjnych do 0,3-0,5 mm.¹³ Odbudowy tego rodzaju o grubości 0,3 mm wykonane z nanoceramiki (Lava Ultimate – 3M ESPE)¹³ miały odporność na złamanie (2078N) ponad trzykrotnie przekraczającą przeciętne siły żucia występujące w jamie ustnej pacjenta.²¹ Zwiększenie grubości licówek

Tabela 3. Średnia odporność na złamanie licówek okluzyjnych z różnych materiałów bez i po podaniu cyklicznym obciążeniom termomechanicznym [N]

	PMMA	Ceramika hybrydowa (Vita Enamic)	Ceramika skalenkowa	Ceramika dwukrzemianu litu	Ceramika krzemianu litu
<i>Al-Akhali</i> i wsp. ¹⁵	974 N (1232 N)	1018 N (1321 N)		1408 N (1545 N)	1076 N (1667 N)
<i>Al-Akhali</i> i wsp. ¹⁶	897 N (462 N)	761 N (349 N)		806 N (470 N)	684 N (663 N)
<i>Von Maltzahn</i> i wsp. ¹⁷			513 N (745 N)		1571 N (1891 N)

¹ próbki poddane cyklicznym obciążeniom termomechanicznym przed oceną średniej odporności na złamanie.

Tabela 4. Średnia odporność na złamanie licówek okluzyjnych z różnych materiałów w zależności od grubości uzupełnienia [N]

	0,3 mm	0,3/0,6 mm	0,5 mm	0,5/0,8 mm	0,6 mm	0,7/1,0 mm	1,0 mm	1,5 mm
Kompozyt (Paradigm MZ 100)	16201 ³				1830 ¹³		2027 ¹³	
Ceramika hybrydowa (Vita Enamic)			1014 ¹ 1981 ³		2973 ²		1300 ¹ 2239 ³	3540 ²
Nanoceramika (Lava Ultimate)	20781 ³		1014 ¹ 2092 ³		2141 ¹³ 3384 ²		2115 ¹³ 1453 ¹ 2328 ³	3584 ²
Ceramika dwukrzemianu litu		610 ⁴ 2370 ⁴	908 ¹ 1191 ³	2355 ⁴ 1105 ⁴	3067 ²	20704 30004	1110 ¹ 1851 ³	4995 ²
Ceramika tlenku cyrkonu			2382 ³				1779 ¹ 2483 ³	

z nanoceramiki do 0,6 oraz 1,0 mm nie wpływało znacząco na poprawę wartości odporności (2141N, 2115N).¹³ Również w badaniach *Ionidasa* i wsp. oraz *Maedera* i wsp. minimalnie inwazyjne licówki okluzyjne osiągały obiecujące rezultaty. Siły potrzebne do złamania licówek okluzyjnych z nanoceramiki (1014 N), ceramiki dwukrzemianu litu (1191 N) oraz ceramiki tlenku cyrkonu (2382 N) o grubościach

0,5 mm znacznie przekraczały przeciętne siły działające w jamie ustnej,^{1,3} niemalże czterokrotnie w przypadku ceramiki tlenku cyrkonu.

Wysoką odporność na złamanie miały uzupełnienia o grubości 0,6 mm wykonane z ceramiki dwukrzemianu litu, nanoceramiki oraz ceramiki hybrydowej.² Zbliżoną odporność wykazywały licówki z ceramiki dwukrzemianu litu o grubościach 0,3 mm/0,6 mm (bruzda

międzyguzkowa/stok guzka), 0,5 mm/0,8 mm i 0,7 mm/1,0 mm.⁴

Większość badaczy obserwowała wzrost odporności na złamania licówek okluzyjnych wraz ze zwiększeniem ich grubości. Największą odpornością na złamania charakteryzowały się licówki o grubości 1,5 mm, niezależnie od użytego materiału.

Podsumowanie

Ze względów wytrzymałościowych materiałami preferowanymi do wykonania licówek okluzyjnych powinny być nanoceramika, ceramika tlenku cyrkonu lub ceramika dwukrzemianu i krzemianu litu wzmocniana kryształami tlenku cyrkonu. Są to materiały zapewniające uzupełnieniom i odbudowanym zębom największą odporność na złamanie pod wpływem sił statycznych i cyklicznych obciążeń termomechanicznych. Ceramika tlenku cyrkonu charakteryzuje się wysoką wytrzymałością, a nanoceramika dobrze łączy się z tkankami zęba.

Grubość uzupełnień na powierzchni żującej wykonanych z nanoceramiki i tlenku cyrkonu można ograniczyć do 0,5 mm. Niektórzy autorzy wskazują na możliwość redukcji grubości nawet do 0,3 mm, choć takie zmniejszenie wymiarów może nie zapewnić odpowiedniej odporności uzupełnień w jamie ustnej w dłuższym okresie czasu. Licówki z ceramiki dwukrzemianu litu powinny mieć minimalną grubość 0,7-1 mm. Najbardziej odporne na złamania są licówki okluzyjne o grubości 1,5 mm, niezależnie od zastosowanego materiału.

Piśmiennictwo

1. *Ioannidis A, Mühlemann S, Özcam M, Hüsler J, Hämmerle CHF, Benic GI*: Ultra-thin occlusal veneers bonded to enamel and made of ceramic or hybrid materials exhibit load-bearing capacities not different from conventional restorations. *J Mech Behav Biomed Mater* 2019; 90: 433-440.
2. *Andrade JP, Stona D, Bittencourt HR, Borges GA, Burnett Junior LH, Spohr AM*: Effect of different computer-aided design/computer-aided manufacturing (CAD/CAM) materials and thicknesses on the fracture resistance of occlusal veneers. *Oper Dent* 2018; 43(5): 539-548.
3. *Maeder M, Pasic P, Ender A, Özcan M, Benic GI, Ioannidis A*: Load-bearing capacities of ultra-thin occlusal veneers bonded to dentin. *J Mech Behav Biomed Mater* 2019; 95: 165-171.
4. *Sasse M, Krummel A, Klosa K, Kern M*: Influence of restoration thickness and dental bonding surface on the fracture resistance of full-coverage occlusal veneers made from lithium disilicate ceramic. *Dent Mater* 2015; 31(8): 907-915.
5. *Dejak B, Kacprzak M, Suliborski B, Śmielak B*: Structure and some properties of dental ceramics used in all-ceramics restorations based on literature. *Protet Stomatol* 2006; 6: 471-477.
6. *Bajraktarova-Valjakova E, Korunoska-Stevkova V, Kapusevska B, Gigovski N, Bajratkova-Misevska C, Grozdanov A*: Contemporary dental ceramic materials, a review: chemical composition, physical and mechanical properties, indication for use. *Maced J Med Sci* 2018; 6(9): 1742-1755.
7. *Okoński P, Lasek K, Mierzwińska-Nastalska E*: Clinical application of selected ceramic materials. *Protet Stomatol* 2012; 3: 181-189.
8. *Elsaka SE, Elnaghy AM*: Mechanical properties of zirconia reinforced lithium silicate glass-ceramic. *Dent Mater* 2016; 32(7): 908-914.
9. *Dejak B, Langot C, Krasowski M, Konieczny B*: Comparison of fracture resistance of monolithic thin-walled and full-contour zirconia crowns. *Protet Stomatol* 2016; 66(1): 12-19.

10. Manziuc M, Gasparik C, Negucioiu M, Constantiniuc M, Alexandru B, Vlas I, Dudea D: Optical properties of translucent zirconia: A review of the literature. *Euro Biotech J* 2019; doi: 10.2478/ebtj-2019-0005.
11. Dirxen CH, Blunck U, Preissner S: Clinical performance of a new biomimetic double network material. *Open Dent J* 2013; 7: 118-122.
12. Egbert JS, Johnson A, Tantbirojn D, Versluis A: Fracture strength of ultrathin occlusal restorations made from CAD/CAM composite or hybrid ceramic materials. *Oral Science Int* 2015; 12(2): 53-58.
13. Johnson AC, Versluis A, Tantbirojn D, Ahuja S: Fracture strength of CAD/CAM composite and composite-ceramic occlusal veneers. *J Prosthodont Res* 2014; 58(2): 107-114.
14. Heck, Paterno H, Lederer A, Litzenburger F, Hickel R, Kunzelmann KH: Fatigue resistance of ultrathin CAD/CAM ceramic and nanoceramic composite occlusal veneers. *Dent Mater* 2019; 35(10): 1370-1377.
15. Al-Akhali M, Chaar MS, Elsayed A, Samran A, Kern M: Fracture resistance of ceramic and polymer-based occlusal veneer restorations. *J Mech Behav Biomed Mater* 2017; 74: 245-250.
16. Al-Akhali, Kern M, Elsayed A, Samran A, Chaar MS: Influence of thermomechanical fatigue on the fracture strength of CAD-CAM fabricated occlusal veneers. *J Prosthet Dent* 2019; 121(4): 644-650.
17. von Maltzahn NF, El Meniawy OI, Breitenbuecher N, Kohorst P, Stiesch M, Eisenburger M: Fracture strength of ceramic posterior occlusal veneers for functional rehabilitation of an abrasive dentition. *Int J Prosthodont* 2018; 31(5): 451-452.
18. Abu-Izze FO, Ramos GF, Borges ALS, Anami LC, Bottino MA: Fatigue behavior of ultrafine tabletop ceramic restorations. *Dent Mater* 2018; 34(9): 1401-1409.
19. Tribst JPM, Dal Piva AMO, Penteado MM, Borges ALS, Bottino MA: Influence of ceramic material, thickness of restoration and cement layer on stress distribution of occlusal veneers. *Braz Oral Res* 2018; doi: 10.1590/1807-3107bor-2018.
20. Clausen JO, Abou Tara M, Kern M: Dynamic fatigue and fracture of non-retentive all-ceramic full-coverage molar restorations. Influence of ceramic material and preparation design. *Dent Mater* 2010; 26(6): 533-538.
21. Singh S, Utreja AK, Sandhu N, Dhaliwal YS: An innovative miniature bite force recorder. *Int J Clin Pediatr Dent* 2011; 4(2): 113-118.

Zaakceptowano do druku: 4.03.2021 r.

Adres autorów: 92-216 Łódź, ul. Pomorska 251.

© Zarząd Główny PTS 2021.