

BADANIA IN VITRO SZCZELINY BRZEŻNEJ W WARSTWIE WIERZCHNIEJ SYSTEMU BIOMECHANICZNEGO ZĄB – WYPEŁNIENIE KOMPOZYTOWE

DANIEL PIENIAK¹, AGATA NIEWCZAS², JAROSŁAW BIENIAŚ^{3*}, KRZYSZTOF PAŁKA³

¹SZKOŁA GŁÓWNA SŁUŻBY POŻARNICZEJ (SGSP) W WARSZAWIE, UL. SŁOWACKIEGO 52/54, 01-629 WARSZAWA;

²UNIwersytet Medyczny w Lublinie, UL. KARMEŁICKA 7, 20-081 LUBLIN;

³KATEDRA INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ, POLITECHNIKA LUBELSKA, UL. NADBYSTRZYCKA 36, 20-608 LUBLIN;

*MAILTO:J.BIENIAS@POLLUB.PL

Streszczenie

Celem badań była ocena ilościowa szczeliny brzeżnej systemu biomechanicznego zęb - wypełnienie kompozytowe z wykorzystaniem symulatora żucia w warunkach in vitro. Do badań wykorzystano: przedtrzonowe i trzonowe zęby ludzkie (preparowano ubytki klasy I wg Blacka) oraz materiał kompozytowy (ELS, Saremco AG). Testy zużycia przeprowadzono na oryginalnym trójosiowym symulatorze żucia (siła zgryzowa 400N, zaprogramowana trajektoria żucia - wg. Batesa) przy 0, 30, 60 oraz 100 tys. cyklach żucia. Wykazano że: (1) szczelina brzeżna utworzona przez skurcz polimeryzacyjny pozostaje na niezmiennym poziomie w zakresie od 0 do 30000 cykli żucia, po przekroczeniu tego zakresu następuje znacząca rozbudowa szczeliny, co może prowadzić do degradacji wypełnienia w sensie klinicznym, (2) wykorzystanie symulatora żucia do badań in vitro rozwoju szczeliny brzeżnej umożliwia efektywną, przyspieszoną ocenę degradacji czynnościowej wypełnień stomatologicznych.

słowa kluczowe: materiały kompozytowe, symulator żucia, szczelina brzeżna,

[Inżynieria Biomateriałów, 89-91, (2009), 247-249]

Wprowadzenie

Degradacja systemu biomechanicznego zęb - wypełnienie kompozytowe postępuje głównie poprzez rozwój szczeliny w obszarze granicznym wypełnienia kompozytowego i tkanek zęba. Jedną z przyczyn powstawania szczeliny brzeżnej oraz inicjacji mikroprzeciekania brzeżnego jest skurcz polimeryzacyjny [1-5]. Naprężenia własne (resztkowe) w materiale wypełnienia oraz w tkankach twardych zęba powodują ugięcie – wyboczenie guzków [6-9]. Zaistniały stan naprężenia wywołuje oddziaływanie sił skierowanych przeciwnie do sił adhezyjnych materiału wiążącego, tkanek zęba i wypełnienia, powodując odrywanie się poszczególnych warstw na powierzchni rozdziału zęb wypełnienie kompozytowe. Proces ten jest kontynuowany podczas aktu żucia i innych czynności fizjologicznych jamy ustnej prowadząc w konsekwencji do ostatecznej degradacji fizyczno-biologicznej wypełnienia.

Celem badań była ocena ilościowa szczeliny brzeżnej systemu biomechanicznego zęb - wypełnienie kompozytowe z wykorzystaniem symulatora żucia w warunkach in vitro.

IN VITRO EXAMINATION OF THE MARGINAL GAP IN THE SURFACE AREA OF THE TOOTH-COMPOSITE FILLING BIOMECHANICAL SYSTEM

DANIEL PIENIAK¹, AGATA NIEWCZAS², JAROSŁAW BIENIAŚ^{3*}, KRZYSZTOF PAŁKA³

¹THE MAIN SCHOOL OF FIRE SERVICE (SGSP), 52\54 SLOWACKI STR., 01-629 WARSZAWA, POLAND

²MEDICAL UNIVERSITY OF LUBLIN, 7 KARMEŁICKA STR., 20-081 LUBLIN, POLAND

³DEPARTMENT OF MATERIALS ENGINEERING, LUBLIN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, 36 NADBYSTRZYCKA STR., 20-608 LUBLIN, POLAND

Abstract

The aim of the study was quantitative evaluation of the restorative composite bio-mechanical system performed with the use of the mastication simulator in in vitro conditions. Human premolars and molars (defects of class 1 according to Black's classification were prepared) and composite material (ELS, Saremco AG) were used in the examination. Wear tests were carried out on the original three-axis mastication simulator (occlusion force 400 N, programmed chewing trajectory – according to Bates) at 0, 30, 60 and 100,000 chewing cycles. It was proved that: (1) the marginal gap formed by a polymerization shrinkage remains at the same unchanged level in the range from 0 to 30000 chewing cycles, after this range is exceeded a considerable expansion of the gap occurs, which may lead to the degradation of the filling in the clinical sense, (2) the use of mastication simulator in in vitro examination of the development of marginal gap enables effective and faster assessment of functional degradation of dental fillings.

Key words: restorative composite materials, mastication simulator, marginal gap

[Engineering of Biomaterials, 89-91, (2009), 247-249]

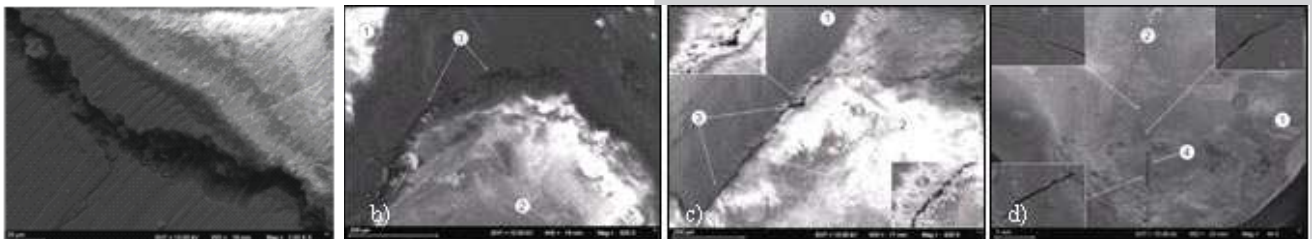
Introduction

Degradation of the tooth-composite filling bio-mechanical system progresses mainly through the development of the gap in the border area of composite filling and tooth tissues. Polymerization shrinkage is one of the reasons of formation the marginal gap and initiation of marginal micro-leakage [1-5]. Residual stresses in the filling material and hard tissues of the tooth cause deflection – buckling of cusps [6-9]. The occurred state of stresses causes the activity of forces directed in the opposite direction in the relation to adhesive forces of bonding material, hard tissues and the filling, resulting in detachment of individual layers at the interface between tooth and composite filling complex. This process is continued during chewing and other physiological activities in the oral cavity, in consequence leading to the eventual physical and biological degradation of the filling.

The aim of the study was quantitative evaluation of the marginal gap of the tooth-composite filling bio-mechanical system with the use of mastication simulator in in vitro conditions.

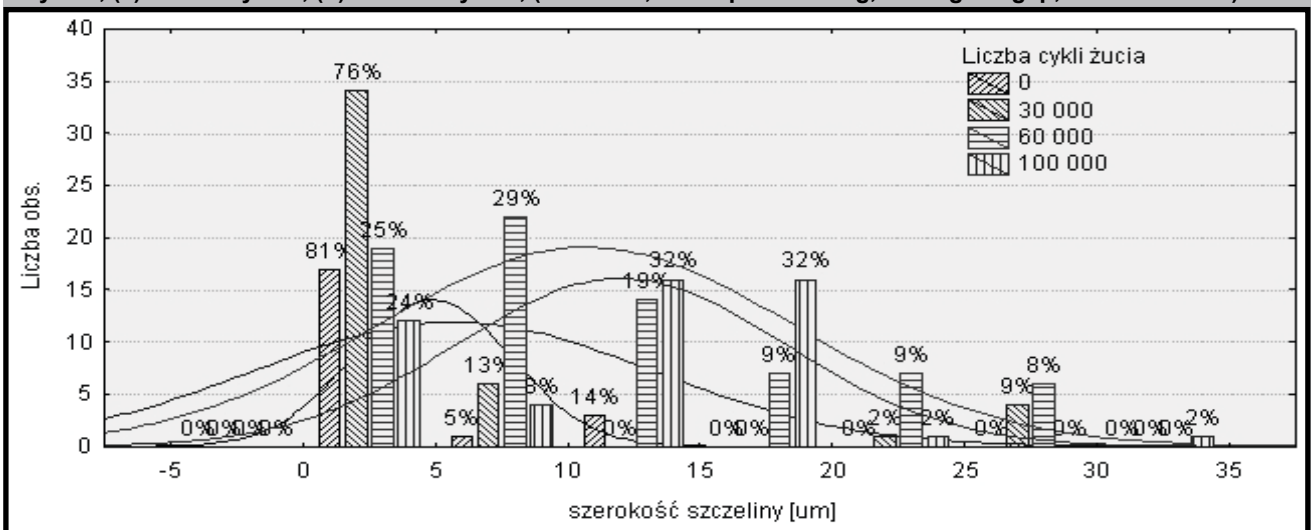
Do badań wykorzystano usunięte zęby ludzkie przedtrzonowe i trzonowe, w których preparowano ubytki klasy I wg Blacka o głębokości 3mm. Ubytki wypełniono materiałem kompozytowym ELS (Saremco AG) zgodnie ze wskazaniami producenta. Tak przygotowane próbki zębów zostały poddane testom zużycia na trójosiowym symulatorze żucia [10], pracującym przy stałej sile zgryzowej 400N oraz zaprogramowanej dla każdej pary próbek trajektorii żucia symulującej fizjologiczny tor ruchu żuchwy wg. Batesa [4, 11]. Do analizy mikrostruktury, morfologii powierzchni żucia i pomiarów szczeliny brzeżnej wykorzystano elektronowy mikroskop skaningowy (LEO 1430VP) oraz metody komputerowej analizy obrazu (Image-Pro Plus, Media Cybernetics). Wyniki badań analizowano statystycznie stosując test ANOVA z post hoc HSD Tukey'a (Statistica, StatSoft Inc.).

Wyniki i dyskusja



RYS.1. Morfologia powierzchni żucia po przeprowadzonych testach zużycia: (a) 0 cykli żucia, (b) 30 000 cykli, (c) 60 000 cykli, (d) 100 000 cykli, (1–szkliwo, 2–wypełnienie kompozytowe, 3–szczelina brzeżna, 4–makropęknięcie).

FIG.1. Morphology of mastication surface after the performance of wear tests: (a) 0 cycles of chewing, (b) 30 000 cycles, (c) 60 000 cycles, (d) 100 000 cycles, (1-enamel, 2-composite filling, 3-marginal gap, 4-macro-crack).



RYS.2. Szereg rozdzielczy uzyskanych wyników pomiarów szczeliny brzeżnej.

FIG.2. The distribution series of the marginal gap measurements.

Powierznię żucia w obszarze zęb-wypełnienie kompozytowe po przeprowadzonych badaniach zużycia przedstawiono na RYSUNKU 1. Analiza mikroskopowa wykazała obecność szczeliny brzeżnej zarówno w próbkach poddanych testom zużycia, jak i w próbkach świadkach (nie poddanych testom). W próbkach świadkach powstanie szczeliny brzeżnej, związane jest z oddziaływaniem skurczu polimeryzacyjnego podczas utwardzania materiału kompozytowego. Po 30, 60 i 100 tys. cyklach zaobserwowano znaczący rozwój szczeliny brzeżnej na powierzchni rozdziału tkanka zęba (szkliwo)/wypełnienie kompozytowe. Odnotowano także obecność pęknięć bocznych oraz makropęknięć w materiale wypełnienia.

In the investigation human molars and premolars were used in which the defects of class I according to Black's classification were prepared (3mm deep). The defects were next filled with ELS (Saremco AG) composite material according to manufacturer's instructions. The specimens prepared in this way underwent wear tests on the three-axis mastication simulator [10], working at the constant occlusion force 400N and trajectory simulating physiological path of the mandible according to Bates [4, 11] programmed for each pair of specimens. LEO 1430VP electron scanning microscope and methods of computer image analysis (Image-Pro Plus, Media Cybernetics) were used in the analysis of microstructure, morphology of chewing surface and measurements of the marginal gap. The results were statistically analyzed by means of ANOVA test with Tukey's post hoc HSD (Statistica, StatSoft Inc.).

Results and discussion

Chewing surface in the area tooth-composite filling after wear tests is presented on FIG.1. Microscope analysis revealed the presence of the marginal gap in the specimens which underwent wear tests and the witness specimens (which did not undergo any tests). In the witness specimens the formation of the marginal gap is connected with the reaction of polymerization shrinkage during curing of composite material. After 30,000, 60,000 and 100,000 cycles, a considerable development of the marginal gap on the bordering line between the enamel and composite material was observed. The presence of lateral cracks and macro cracks in the filling material was also revealed.

Mean values and statistics of width of the marginal gap

Wartości średnie oraz parametry rozproszenia statystycznego pomiarów szerokości szczeliny brzeżnej przedstawiono w TABELI 1, natomiast szereg rozdzielczy uzyskanych wyników przedstawiono na histogramie (RYS.2).

Analiza statystyczna nie wykazała różnic istotnych statystycznie między wynikami z grup 0 cykli i 30000 cykli ($p=0,9741$) oraz pomiędzy wynikami z grupy 60000 cykli a wynikami z grupy 100000 cykli ($p=0,7312$). Stwierdzono natomiast istotne różnice pomiędzy wynikami po 30000 cykli żucia, a wynikami uzyskanymi w wyższych przedziałach obciążenia dla grupy 60000 cykli ($p=0,00085$) i dla grupy 100000 cykli ($p=0,00069$). Istotne różnice wykazano również porównując grupę próbek nie poddawanych obciążeniu z grupą po 60000 cykli i 100000 cykli (odpowiednio $p=0,0043$, $p=0,00055$).

Podsumowanie

Przeprowadzone badania in vitro zużycia układu biomechanicznego zęb – wypełnienie kompozytowe wykazały, że szczelina brzeżna utworzona przez skurcz polimerizacyjny pozostaje na niezmiennym poziomie w zakresie od 0 do 30000 cykli żucia. Po przekroczeniu tego zakresu następuje znacząca rozbudowa szczeliny (prawie 2-krotne powiększenie szerokości), co może prowadzić do degradacji wypełnienia w sensie klinicznym.

Wykorzystanie symulatora żucia do badań in vitro rozwoju szczeliny brzeżnej, z odpowiednim odwzorowaniem fizjologicznych warunków żucia, umożliwia efektywną, przyspieszoną ocenę degradacji czynnościowej wypełnień stomatologicznych, nawet przy relatywnie małej liczności badanej próby.

Podziękowania

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2008-20011 jako projekt badawczy.

Piśmiennictwo

- [1]. Calheiros C.F., Sadek F.T., Boaro L.C.C., Braga R.R., Polymerization stress related to radiant exposure and its effect on microleakage of composite restorations, *Journal of dentistry* (2007) 35, p.946–952.
- [2]. Rosin M., Urban A.D., Gartner C., Bernhardt O., Spleith C., Meyer G., Polymerization shrinkage-strain and microleakage in dentin – border cavities of chemical and light-cured restorative materials, *Dental Materials* 18 (2002) p.521–528.
- [3]. Wilder Jr. A.D., Swift Jr. E.J., May Jr. K.N., Thompson J.Y., McDougal R.A., Effect of finishing technique on the microleakage and surface texture of resin-modified glass ionomer restorative materials, *Journal of Dentistry* (2000) 28, p.367–373.
- [4]. Fleming G.J.P., Halla D.P., Shortall A.C.C., Burkeb F.J.T., Cuspal movement and microleakage in premolar teeth restored with posterior filling materials of varying reported volumetric shrinkage values, *Journal of Dentistry* (2005) 33, p.139–146.
- [5]. Piemajia M., Watanabeb A., Iwasakib Y., Nakabayashib N., Effect of remaining demineralised dentine on dental microleakage accessed by a dye penetration: how to inhibit microleakage?, *Journal of Dentistry* (2004) 32, p.495–501.

Liczba cykli żucia	Liczba pomiarów N	Średnia [μm]	Minimum [μm]	Maksimum [μm]	Odch.std. [μm]
0	21	4,8	2,7	12,1	3,0
30 000	45	5,6	0,4	28,5	7,5
60 000	75	10,6	0,4	27,4	7,8
100 000	50	11,9	1,5	30,0	6,2

TABELA 1. Parametry statystyczne pomiarów szerokości szczeliny brzeżnej na powierzchni żucia.

TABLE 1. Mean values and statistics of width of the marginal gap measurements on the chewing surface.

measurements are presented in TABLE 1, the distribution series of the obtained results are presented in the histogram (FIG.2). Analysis did not reveal any statistically significant differences between the results from the groups 0 and 30000 cycles ($p=0,9741$) and between the results from the group 60 000 and 100 000 cycles ($p=0,7312$). However, statistically significant differences were observed between the results after 30 000 chewing cycles and the results obtained in higher ranges of loading for the group 60 000 cycles ($p=0,00085$) and the group of 100 000 cycles ($p=0,00069$). Significant differences were also observed when the group of specimens which were not subject to loading tests was compared with the groups of 60 000 and 100 000 cycles ($p=0,0043$, $p=0,00055$ respectively).

Summary

Conducted in vitro investigation of wear of the restorative material bio-mechanical system revealed that the marginal gap formed by polymerization shrinkage remains on the unchanged level at the rate from 0 to 30 000 chewing cycles. After exceeding of this level, a considerable expansion of the gap occurs (it becomes almost twice bigger), which may lead to the clinical degradation of the filling.

The use of mastication simulator in in vitro investigation of the development of the marginal gap, with a proper reflection of physiological conditions of chewing enables effective and accelerated assessment of functional degradation of dental fillings even at a relatively small number of investigated specimens.

Acknowledgements

Presented work was financed from the scientific funds in the years 2008-2011 as a research project.

References

- [6]. Bragaa R.R., Boaro L.C.C., Kuroeb T., Azevedoc C.L.N., Singerc J.M., Influence of cavity dimensions and their derivatives (volume and 'C' factor) on shrinkage stress development and microleakage of composite restorations, *Dental Materials* (2006) 22, p.818–823.
- [7]. Fleming G.J.P., Carab R.R., Palin W.M., Burkeb F.J.T., Cuspal movement and microleakage in premolar teeth restored with resin-based filling materials cured using a 'soft-start' polymerisation protocol, *Dental Materials* (2007) 23, p.637–643.
- [8]. Palina W.M., Fleming G.J.P., Nathwania H., Burkeb F.J.T., Randallc R.C., In vitro cuspal deflection and microleakage of maxillary premolars restored with novel low-shrink dental composites, *Dental Materials* (2005) 21, p.324–335.
- [9]. Cara R.R., Fleming G.J.P., Palin W.M., Walmsley A.D., Burke F.J.T., Cuspal deflection and microleakage in premolar teeth restored with resin-based composites with and without an intermediary flowable layer, *Journal of Dentistry* (2007) 35, p.482–489.
- [10]. Hunicz J., Niewczas A., Kordos P., Pieniak D., Experimental test stand for analysis of composite dental fillings degradation, *Maintenance and Reliability*, (2007) 2, p.37–43.
- [11]. Grosfeldowa O., *Fizjologia narządu żucia*, PZWL, Warszawa 1981.