

Repairing modern composite dental fillings

Naprawa współczesnych wypełnień kompozytowych

Małgorzata Salamowicz, Magdalena Choromańska

Zakład Stomatologii Zachowawczej, Uniwersytet Medyczny w Białymstoku, Polska
Department of Conservative Dentistry, Medical University of Białystok, Poland
Head: prof. D. Waszkiel

Abstract

Introduction. Despite the development of dental materials science, modern composite fillings still fail to provide a solution for life, and become damaged relatively often. Therefore, to save tooth tissues, the procedure of composite filling repair has become popular as an alternative to complete replacement. So far, no uniform method has been developed for the reparative procedure, and the variety of materials makes the selection of the right procedure difficult. **Aim of the study.** To find a universal repair procedure by reviewing contemporary literature on the subject. **Material and methods.** Pubmed database has been reviewed in order to find the literature concerning research associated with dental composite restoration. The following key words have been used: "dental composite", "resin composite", "restoration", "dental filling", "repair", "renovation", "repair bond strength". Inclusion criteria were: original and review papers, published after 2012, written in English. Articles concerning information about repair of non-resin composite dental filling have been excluded. **Results.** Research including various aspects of dental composite repair have been enclosed to the review to assist clinicians in undertaking right decisions in different conditions. **Conclusion.** In modern trend of minimally invasive dentistry repairing composite dental fillings instead of their replacement is a widespread procedure that still does not have a ready procedure scheme. This paper focuses on finding this universal procedure. Despite all its advantages, composite filling repair is not a simple procedure.

Streszczenie

Wstęp. Współczesne wypełnienia kompozytowe, pomimo rozwoju materiałoznawstwa stomatologicznego, nadal zawodzą jako wypełnienia na wiele lat i stosunkowo często są niszczone. Ze względu na oszczędność tkanek zęba popularna stała się procedura naprawy wypełnień kompozytowych jako alternatywa dla ich całkowitej wymiany. Dotychczas nie wynaleziono uniwersalnej procedury dla naprawy wypełnień, a różnorodność materiałów sprawia, że podjęcie właściwego postępowania jest trudne. **Cel pracy.** Praca skupia się na znalezieniu uniwersalnej procedury naprawczej poprzez przegląd najnowszego piśmiennictwa na ten temat. **Materiał i metody.** Aby poznać literaturę dotyczącą badań związanych z naprawą kompozytów stomatologicznych, wykorzystano bazę Pubmed. Użyto następujących słów kluczy: „dental composite”, „resin composite”, „restoration”, „dental filling”, „repair”, „renovation”, „repair bond strength”. Kryteriami zawężającymi wybór były prace oryginalne i przeglądowe, opublikowane po 2012 roku, napisane w języku angielskim. Artykuły zawierające informacje o naprawie wypełnień niekompozytowych zostały wykluczone. **Wyniki.** Badania dotyczące różnych aspektów naprawy wypełnień kompozytowych zostały wykorzystane w pracy przeglądowej, aby ułatwić lekarzom praktykom podejmowanie właściwych decyzji w różnych warunkach. **Podsumowanie.** W nowoczesnym trendzie stomatologii minimalnie inwazyjnej naprawa wypełnień kompozytowych zamiast ich wymiany jest procedurą szeroko rozpowszechnioną, która nie ma nadal gotowego schematu postępowania. Prezentowana praca skupia się na próbie odnalezienia tej uniwersalnej procedury. Pomimo wszystkich zalet, naprawa wypełnień kompozytowych nie jest prostą procedurą.

KEYWORDS:

dental composite, repair, surface management, minimally invasive dentistry

HASŁA INDEKSOWE:

kompozyt stomatologiczny, naprawa, postępowanie z powierzchniową, stomatologia minimalnie inwazyjna

Introduction

Today's minimally invasive procedures in conservative dentistry require a decision on replacing or repairing the filling. A conventional procedure involves replacement of the entire defective restoration. What was previously termed as "patchwork dentistry" has become today's trend, which puts emphasis on retaining as many healthy tooth tissues as possible. The development of dental materials science and the currently available wide range of composite materials allow dentists to proceed with minimal intervention in cases of secondary caries or the lack of marginal tightness. Procedure schemes are being created to facilitate the decision between the entire removal of restoration and repair. Studies are being conducted with an attempt to determine the most suitable pattern of the procedure for the composite to be replaced. In a clinical situation when the patient was previously treated in another dental office, it is required that a universal reparative procedure should be found and applied for an unknown reparative material.

This paper is aimed at finding a universal repair procedure by reviewing contemporary literature on the subject.

Pubmed database has been reviewed in order to find the literature concerning research associated with dental composite restoration. The following key words have been used: "dental composite", "resin composite", "restoration", "dental filling", "repair", "renovation", "repair bond strength". Inclusion criteria were: original and review papers, published after 2012, written in English. Articles concerning information about repair of non-resin composite dental filling have been excluded.

Research reports on various aspects of dental composite repair have been enclosed to the review to assist clinicians in undertaking right decisions in different conditions.

To repair or to replace?

As the treatment index in Polish society is increasing, the dentist with increasing frequency has to deal with an already-filled tooth. A conventional radical procedure, which involves removal of the entire original filling, results in a

Wstęp

Koncepcja minimalnie inwazyjnego postępowania w stomatologii zachowawczej wymaga podjęcia decyzji o wymianie lub naprawie wypełnienia. Tradycyjne postępowanie to wymiana wadliwego wypełnienia w całości, natomiast to, co wcześniej było określane mianem „patchwork dentistry”, stało się aktualnie trendem kładącym nacisk na zachowanie jak największej części zdrowych tkanek zęba. Rozwój materiałoznawstwa dentyścycznego i szeroki obecnie wybór materiałów kompozytowych umożliwia stomatologom podjęcie minimalnej interwencji w przypadku próchnicy wtórnej lub brzeżnej nieszczelności. Powstają schematy procedur mające na celu ułatwienie wyboru pomiędzy usunięciem odbudowy w całości a reperacją. Przeprowadzane są badania, w których usiłowano określić najwłaściwszy wzorzec postępowania z wymienianym kompozytem. Sytuacja kliniczna, w której pacjent przychodzi z innego gabinetu, wymaga sformułowania i zastosowania uniwersalnej procedury naprawczej dla nieznanego materiału odtwórczego.

Celem pracy była próba odnalezienia uniwersalnej procedury naprawczej na podstawie współczesnego piśmiennictwa.

Baza danych Pubmed została przeszukana w celu odnalezienia literatury opisującej badania związane z naprawą wypełnień kompozytowych. Użyto następujących słów kluczy: „dental composite”, „restoration”, „dental filling”, „repair”, „renovation”, „repair bond strength”. Kryteria zawężające wybór to prace oryginalne i przeglądowe, opublikowane po 2012 roku, napisane w języku angielskim. Artykuły zawierające informacje o naprawie wypełnień niekompozytowych zostały wykluczone.

Badania obejmujące różne aspekty naprawy wypełnień kompozytowych zostały wykorzystane w pracy przeglądowej, aby ułatwić lekarzom praktykom podejmowanie właściwych decyzji w różnych sytuacjach klinicznych.

Naprawa czy wymiana?

Przy rosnącym w polskim społeczeństwie wskaźniku leczenia, coraz częściej praca stomatologa dotyczy zęba już wypełnianego. Konsekwencją tradycyjnego, radykalnego postę-

considerable loss of tissues.¹ Meanwhile, filling repair results in several benefits, such as a smaller loss of healthy tissues, the limitation of a negative effect on the pulp (a lower probability of pulp overheating and oversensitivity associated with the residual monomer), reduced treatment cost and time, extended durability of the original dental restoration, reduced pain (and therefore reduced need for anaesthesia) and the risk of iatrogenic damage to the adjacent tooth.^{1,2}

Fernandez et al.,³ after ten years of observation of patients, demonstrated that the half-life period for fillings can be doubled provided minimal reparative intervention is applied. Minor filling defects can be easily eliminated at a low biological cost; consequently, the chance of maintaining healthy, vital tooth pulp can be increased. Despite its advantages, the reparative procedure should be applied only after a thorough analysis of the indications due to the possibility of leaving tissues affected by caries under the previous material. The assessment of oral hygiene, the risk level for caries and the patient's aesthetic expectations should also be taken into account.⁴

The indications for the application of reparative procedures are as follows: marginal fissure, discolouration at the tooth/restorative material interface, fractured or chipped part of the filling, erosion or abrasion on the filling edge, wear of the filling, broken enamel edge and broken cusp.² However, one must ask a question: in a situation with two or more indications for repair, would it not be appropriate to replace the entire filling? Making the decision can be simplified by the "5R strategy" presented by *Green et al.*⁵ The strategy includes five procedures for a defective filling: reviewing, refurbishment, resealing, repair and replacement (Table 1).

What are the obstacles?

Repairing a composite filling is not an easy task due to hindered bonding between the material being repaired and the reparative material. The bonding is negatively affected by the oral environment. As has been found, volatile sulphur compounds (mainly hydrosulphuric acid, dimethylsulphide, methyl mercaptan) dissolved in saliva penetrate

powania, polegającego na usunięciu całego pierwotnego wypełnienia jest znacząca utrata tkanek¹. Tymczasem naprawa wypełnienia niesie za sobą szereg korzyści, takich jak: mniejsza utrata tkanek zdrowych, ograniczenie negatywnego wpływu na miazgę (mniejsze prawdopodobieństwo przegrzania miazgi i nadwrażliwości związanej z monomerym resztkowym), zmniejszenie kosztów i czasu leczenia, przedłużenie trwałości pierwotnej odbudowy, redukcja bólu (a co za tym idzie, konieczności znieczulania) i ryzyka jatrogennego uszkodzenia zęba sąsiedniego.^{1,2}

Dziesięcioletnia obserwacja pacjentów *Fernandez i wsp.*³ wykazała, że można podwoić okres półtrwania wypełnień za pomocą minimalnej interwencji naprawczej. Małe defekty wypełnień można łatwo wyeliminować przy niskim koszcie biologicznym i w konsekwencji zwiększyć szansę utrzymania zdrowej miazgi zęba. Pomimo swoich zalet, procedura naprawcza powinna być zastosowana dopiero po dogłębnym przeanalizowaniu wskazań ze względu na możliwość pozostawienia tkanek zmienionych próchnicowo pod poprzednim materiałem. Ocena higieny jamy ustnej, poziomu ryzyka próchnicy i oczekiwań estetycznych pacjenta również powinna być brana pod uwagę.⁴

Wskazaniem do zastosowania procedur naprawczych są szczelina brzeżna, przebarwienie na granicy zęb/materiał odtwórczy, odłamanie lub odprysnięcie części wypełnienia, erozja lub abrazja na brzegu wypełnienia, zużycie wypełnienia, złamanie brzegu szkliwa, złamanie guzka². Należy jednak zadać sobie pytanie: czy w sytuacji, gdy istnieją dwa lub więcej wskazania do naprawy nie byłoby właściwym wymienić wypełnienie w całości? Pomocna w podjęciu decyzji jest „strategia 5R” przedstawiona przez *D. Green i wsp.*⁵ Uwzględnia ona 5 różnych postępowań z wadliwym wypełnieniem: kontrolę (reviewing), odnowę (refurbishment), uszczelnienie (resealing), naprawę (repair), wymianę (replacement) (Tab. 1).

Co stoi na przeszkodzie?

Naprawa wypełnienia kompozytowego nie jest łatwym zadaniem ze względu na utrudnione połączenie pomiędzy naprawianym a naprawiającym materiałem. Środowisko jamy ustnej wpły-

Table 1. 5R strategy

Method	Procedure
Review	Monitoring the filling in the event of minor damage, surface roughness not leading to dental plaque accumulation.
Refurbishment	Removal of filling ledges and surface smoothing in spots of dental plaque accumulation.
Resealing	Application of a fissure sealant in marginal fissures provided no caries has occurred.
Repair	Removal and repair of a portion of the filling in the case of minor filling defects, marginal discoloration, secondary caries of limited range.
Replacement	Removal and replacement of the entire filling in the case of extensive damage.

into the composite structure by diffusion and change resin properties by shortening the chain during polymerisation, which hinders the bonding between the composite being repaired and the reparative composite.⁶ Obtaining a proper chemical bond between the non-cured and freshly-cured composite is possible due to the presence of an oxygen-inhibition layer.⁷ Oxygen reacts with the free radicals of the resin (unsaturated double bonds), creates new radicals and delays the attachment of other monomer molecules and the completion of polymerisation.⁴ The polymerisation reaction is terminated when two ends of the chains with free radicals react with each other. Even though, after polymerisation, there is a free monomer in the composite (necessary to establish bonding with the new material), the number of unsaturated double bonds decreases as the composite ages, which reduces the adhesive potential of the organic matrix of that composite.² The repair is more effective when performed after a short period of time.⁸

After polymerisation, over time the composite loses the oxygen-inhibition layer on the surface, which hinders bonding with the reparative material.^{7,9} It has been proven that the ageing of the composite being repaired under laboratory conditions (by thermocycling or storage in water) prior to reparative procedures negatively affects the force of bonding between the composites.^{1,2,10} However, other studies¹¹ have shown that storage of a material sample in water for a month before the repair has no significant effect on the restoration tensile strength (μ TBS – micro

wa negatywnie na to połączenie. Ustalono, że produkowane przez bakterie lotne związki siarki rozpuszczone w ślinie (głównie siarkowodór, siarczek dimetylu, merkaptan metylu), drogą dyfuzji przenikają w głąb struktury kompozytu i zmieniają właściwości żywicy poprzez skrócenie łańcucha w trakcie reakcji polimeryzacji, co utrudnia połączenie między naprawianym a naprawiającym kompozytem.⁶ Uzyskanie właściwego wiązania chemicznego pomiędzy nieutwardzonym i świeżo utwardzonym kompozytem jest możliwe dzięki obecności warstwy inhibitorowej tlenu.⁷ Tlen reaguje z wolnymi rodnikami żywicy (nienasyconymi podwójnymi wiązaniami) i tworząc nowe rodniki, opóźnia przyłączenie się kolejnych cząsteczek monomeru i zakończenie polimeryzacji.⁴ Terminacja reakcji polimeryzacji następuje, gdy dwa końce łańcuchów z wolnymi rodnikami przereagują ze sobą. Mimo, że po polimeryzacji w kompozycie pozostaje jeszcze wolny monomer (konieczny do połączenia z nowym materiałem), to liczba nienasyconych podwójnych wiązań spada wraz ze starzeniem się kompozytu, co zmniejsza potencjał adhezyjny matrycy organicznej tego kompozytu.² Naprawa jest bardziej trwała, jeżeli jest wykonana po upływie krótkiego czasu.⁸

Po polimeryzacji kompozyt wraz z upływem czasu traci powierzchną warstwę inhibitorową tlenu, co utrudnia połączenie z materiałem naprawczym.^{7,9} Udowodniono, że postarzanie w warunkach laboratoryjnych (przez termocykling lub przechowywanie w wodzie) naprawianego kompozytu przed zastosowaniem procedur naprawczych, wpływało negatywnie na siłę wiązania pomiędzy

tensile bond strength). After 24 hours following the repair, μ TBS of the composite, which was not subject to ageing before the repair, was 40%-61.9% in terms of the cohesion force for the non-repaired composite, and the value was 47.2%-63.7% for the aged sample. One has to bear in mind the complexity of the oral environment and how difficult it is to reproduce it under laboratory conditions. Hence, composite ageing by storage in water can be insufficient to obtain reliable results. The effect of time and storage conditions affecting the finished restoration was also studied. The results of various experiments are mutually exclusive. According to Hamano et al.⁷, thermocycling and mechanical loading do not significantly affect μ TBS of the tested samples, whereas the research conducted by El-Askary¹¹ by one-month storage in water resulted in decreased μ TBS, as compared with the force of cohesion of the non-repaired sample.

Surface preparation

The bond between the composite being repaired and the new restorative material can be obtained by three mechanisms: macromechanical retention, micromechanical retention and chemical bonding.¹²

Macromechanical retention involves roughening the material under repair with a drill. Such a procedure is aimed at increasing the interface between the old and new composites. Studies have shown that an increase in roughness on the surface improves the tensile strength of the bond.¹³ In many studies, surface roughening was the basic part of the reparative procedure before any other step was made.^{2,14-18} Note that it is the micromechanical retention that plays the most important role in bonding the old and new composites.¹⁹ This can be obtained by sandblasting; sandblasting with particles size of 50 μ m is more effective than the use of size-30 μ m particles.¹² The work on the filling with a drill results in formation of a uniform surface with even, one-sidedly arranged grooves, regardless of the thickness of the drill debris (fine, medium, coarse), whereas sanding results in an SEM (scanning electron microscopy) image, which is more varied, three-dimensional,

kompozytami.^{1,2,10} Natomiast inne badania¹¹ pokazały, że przechowywanie próbek materiału przed naprawą przez miesiąc w wodzie nie wpłynęło znacząco na wytrzymałość na rozciąganie odbudowy (μ TBS-micro tensile bond strength). Dobę od wykonania naprawy μ TBS kompozytu niepostarzonego przed naprawą wynosił 40-61,9% siły kohezji nienaprawianego kompozytu, a próbki postarzonej 47,2-63,7%. Należy jednak pamiętać, jak złożone jest środowisko jamy ustnej i jak trudno jest je odtworzyć w warunkach laboratoryjnych. Postarzanie kompozytu przez przechowywanie w wodzie może być niewystarczające do uzyskania wiarygodnych wyników. Badano również wpływ czasu i warunków przechowywania na gotową odbudowę. Wyniki różnych eksperymentów wzajemnie się wykluczają. Według Hamano i wsp.⁷ termocykling i mechaniczne obciążenie nie wpływają znacząco na μ TBS badanych próbek, natomiast w badaniach El-Askary¹¹ jednomiesięczne przechowywanie w wodzie skutkowało obniżeniem μ TBS w porównaniu do siły kohezji próbki nienaprawianej.

Przygotowanie powierzchni

Połączenie pomiędzy kompozytem naprawianym a nowym materiałem odtwórczym można osiągnąć dzięki trzem mechanizmom: makromechanicznej retencji, mikromechanicznej retencji, wiązaniu chemicznemu.¹²

Makromechaniczna retencja sprowadza się do schropowacenia naprawianego materiału wiertłem. Takie postępowanie ma na celu zwiększenie powierzchni przylegania starego i nowego kompozytu. Badania wykazały, że wzrost powierzchni szorstkości poprawia wytrzymałość na rozciąganie takiego połączenia.¹³ W wielu badaniach schropowacenie powierzchni było podstawową czynnością przed zastosowaniem jakiegokolwiek innej procedury naprawczej.^{2,14-18} Należy jednak pamiętać, że to retencja mikromechaniczna spełnia najważniejszą rolę w połączeniu starego i nowego kompozytu.¹⁹ Możemy ją osiągnąć m.in. dzięki piaskowaniu, przy czym skuteczniejsze jest piaskowanie cząsteczkami o wielkości 50 μ m niż 30 μ m.¹² Opracowanie wypełnienia wiertłem powoduje powstanie jednorodnej powierzchni z rów-

providing a larger surface of adhesion.¹⁹ It has been proven on many occasions that sandblasting of the surface of the repaired composite by an abrasive sandblaster before application of bonding agents increases the bonding force of the repaired bonding with the repaired composite.^{12,14,16,19,20}

Another procedure that improves microretention of the filling is 37% phosphoric (H_3PO_4) or hydrofluoric (HF) acid etching.^{1,12,21,22} H_3PO_4 itself has an influence on microretention only to a slight extent, but it removes residual impurities after roughening or sandblasting of the material surface.¹² In addition, an increased reactivity between filler molecules and silane is probably attributable to H_3PO_4 .¹² Also, HF applied at various concentrations (3%-9.6%) and times of action (20-120 sec.) proved to be effective in microretention formation.²² The acid takes effect by breaking Si-O bonds in SiO_2 particles, which is the main filler of composite materials. There are contradictory research findings relating to the effectiveness of hydrofluoric acid. Several authors have obtained results that confirm its effectiveness,¹² although there are also studies indicating that the effectiveness is low.²¹ However, it must be noted that dentine contamination by HF results in a decrease of the strength against slantwise forces.²¹ Due to the fact that filling repairs are usually performed on the tooth/filling margin, contamination of tooth tissues cannot be avoided in general. Thus, HF application is not recommended.^{1,21}

An advised alternative procedure, which combines effectiveness with safety, is to use H_3PO_4 followed by the application of silane and a bonding system.¹² It must also be noted that the etching effect strongly depends on the filler used in the material. In addition, composites should not be handled in the same manner. For example, microhybrid composites are etched better, as compared to nanofill composites.²²

Another factor affecting retention is the bonding system. There are two mechanisms of action: chemical bonding with the matrix and uncovered surfaces of the composite filler, and micromechanical retention. Effectiveness strongly depends on the wetting capability of the composite,

nymi, jednokierunkowo ułożonymi zagłębieniami, niezależnie od grubości nasypu wiertła (fine, medium, coarse), natomiast piaskowanie daje w SEM (scanning electron microscope, skaningowy mikroskop elektronowy) obraz bardziej różnorodny, trójwymiarowy, co skutkuje większą powierzchnią adhezji.¹⁹ Wielokrotnie udowodniono, że wypiaskowanie powierzchni naprawianego kompozytu piaskarką abrazyjną przed użyciem czynników łączących zwiększa siłę wiązania kompozytu naprawianego z naprawiającym.^{12,14,16,19,20}

Inną procedurą poprawiającą mikroretencję wypełnienia jest trawienie 37% kwasem fosforowym – H_3PO_4) lub kwasem fluorowodorowym – HF.^{1,12,21,22} Sam 37% H_3PO_4 wpływa na powstawanie mikroretencji jedynie nieznacznie, ale usuwa zanieczyszczenia powstałe po schropowaceniu lub piaskowaniu powierzchni materiału.¹² Ponadto, H_3PO_4 prawdopodobnie jest odpowiedzialny za zwiększoną reaktywność pomiędzy cząsteczkami wypełniacza a silanem.¹² Również HF zastosowany w różnych stężeniach (3-9,6%) i czasach działania (20-120 sek.) wykazał się skutecznością w tworzeniu mikroretencji.²² Kwas ten działa przez rozrywanie wiązań Si-O w cząsteczkach SiO_2 – głównego wypełniacza materiałów kompozytowych. Istnieją sprzeczne wyniki badań nad skutecznością kwasu fluorowodorowego. Niektórzy autorzy uzyskali wyniki potwierdzające jego skuteczność,¹² chociaż istnieją też badania świadczące o jego niskiej efektywności.²¹ Należy jednak zaznaczyć, że kontaminacja zębiny HF powoduje spadek jej odporności na siły działające skośnie.²¹ Ze względu na to, że naprawy wypełnień dokonuje się zwykle na granicy zęb/wypełnienie, to uniknięcie zanieczyszczenia tkanek zęba jest w zasadzie niemożliwe. Stosowanie HF zatem nie jest zalecane.^{1,21}

Polecaną alternatywną procedurą, łączącą efektywność z bezpieczeństwem, jest użycie 37% H_3PO_4 z następowym zastosowaniem silanu i systemu łączącego.¹² Należy również pamiętać, że efekt wytrawienia zależy w dużej mierze od wypełniacza zastosowanego w materiale oraz że kompozyty nie powinny być traktowane jako identyczne, gdyż np. kompozyty mikrohybrydowe wytrawiają się lepiej niż nanofilowe.²²

and therefore less viscous bonding agents are better for reparative procedures.⁶ Bonding agents of low-viscosity flow into microretentions more easily, in particular when the material used for repairing contains a high amount of filler or is a high-viscosity composite.⁷ Using only a bonding agent for repair (without other procedures) provides a low bonding force of the reparative material to the repaired material;¹³ however, the application combined with prior sandblasting, surface roughening or etching improves the bonding force of the restoration.^{13,20} There are studies whose results have shown that the use of a bonding agent fails to improve bonding due to the fact that solvents used in bonding systems, such as acetone or alcohol, can negatively affect polymerisation of the composite used for restoration.⁹ One must draw attention to the fact that the bonding agent tends to combine with water. It has been shown that hydrophilic bonding systems can attain a bonding force of the repair (made with a nanohybrid composite) comparable to hydrophobic ones (half-year observation after storage in water). However, they will show signs of ageing associated with water sorption faster, which may result in marginal discoloration and, after a longer period, debonding.¹⁹ It has been proven that self-etching bonding agents work well for composite repairs.⁶ Such repairs performed on samples provide tensile strength comparable to the non-repaired homogeneous material block.²³ The chemical interaction of self-etching bonding systems with the repaired composite is associated with acidic monomers which, by reaction with non-organic components of composites, form a uniform structure between the repaired composite and the bonding agent.⁶

It is frequent to use silane additionally for composite repairs as an agent improving surface wettability, which has an effect on the chemical bond with the non-organic filler and combines with the resin matrix.^{9,21} Research findings relating to silane effectiveness are controversial. Some studies prove that silane is ineffective,^{11,24} whereas other studies indicate an increase in the bonding force of the repaired composite.^{15,21} Moreover, some studies show comparable effectiveness of the

Kolejnym czynnikiem wpływającym na retencję jest system łączący. Ma on dwa mechanizmy działania. Pierwszy, to chemiczne połączenie z matrycą i z odsłoniętymi powierzchniami wypełniacza kompozytu, drugi to retencja mikromechaniczna. Skuteczność jego działania zależy w dużej mierze od zdolności do zwilżania kompozytu, dlatego w procedurach naprawczych dobrze spisują się mniej lepkie bondy.⁶ Bondy o niskiej lepkości łatwiej zapływają w mikroszczeliny, zwłaszcza gdy materiał, którego używa się do naprawy ma znaczną ilość wypełniacza lub jest kompozytem o dużej lepkości.⁷ Użycie samego bondu do naprawy (bez zastosowania innych procedur) daje niewielką siłę wiązania naprawiającego materiału do naprawianego,¹³ jednak jego zastosowanie w połączeniu z wcześniejszym piaskowaniem, chropowaceniem powierzchni lub wytrawianiem powoduje polepszenie siły wiązania odbudowy.^{13,20} Opublikowano wyniki badań, według których użycie bondu nie przyniosło poprawy wiązania, ze względu na to, że rozpuszczalniki stosowane w systemach łączących, takie jak aceton lub alkohol, mogą wpływać negatywnie na polimeryzację kompozytu użytego do rekonstrukcji.⁹ Należy także zwrócić uwagę na skłonność bondu do łączenia się z wodą. Wykazano, że hydrofilowe systemy łączące pozwalają uzyskać porównywalną siłę wiązania naprawy z kompozytu nanohybridowego jak hydrofobowe (półroczna obserwacja po przechowywaniu w wodzie). Szybciej jednak wykazują oznaki starzenia związane z sorpcją wody, co może skutkować przebarwieniem brzeżnym, a po dłuższym czasie debondingiem.¹⁹ Udowodniono, że w naprawach kompozytów sprawdzają się samotrawiące bondy.⁶ Naprawiane z ich pomocą próbki wykazują wytrzymałość na rozciąganie porównywalną do nienaprawianego, jednolitego bloku materiału.²³ Chemiczna interakcja samotrawiących systemów łączących z naprawianym kompozytem jest związana z kwaśnymi monomerami, które oddziałując z nieorganicznymi składnikami kompozytów tworzą jednolitą strukturę pomiędzy naprawianym kompozytem a bondem.⁶

Przy naprawach kompozytów bardzo często stosowany jest dodatkowo silan, jako czynnik poprawiający zwilżalność powierzchni, wpływający

application during one silane procedure followed by the application of a bonding agent and the bonding agent only without silane.²⁵ Although composites usually contain approx. 50% of the filler, after surface roughening only a very small portion of non-organic molecules, which can bond chemically with silane, is not covered by the resin.^{7,9} Moreover, silane contamination of enamel or dentine reduces their force of bonding with the composite.⁹ Therefore, if the filling on the tooth/filling interface is repaired (as happens in most cases), silane application should be avoided.⁹

Is the material significant?

Huge diversity of composite materials led scientists to investigate the effect of various types of fillers and resins on the quality of repair. Most applied materials are based on methacrylate resins (methacrylate based composite – MBC); however, materials based on silorane (silorane based composite – SBC) resin have become more popular recently due to their ring-like structure, which gives smaller polymerisation shrinkage, as compared to methacrylate materials (about 27% less).²¹ Due to the fact that in a clinical situation the doctor is often unable to determine what kind of material was used before the repair, there is the question of whether the type of resin is significant for the repair. As shown by studies, MBC repairs ensure a higher bonding force, as compared to SBS, provided the same material is used for the repair.^{16,18} The SBC/SBS repair strength was only 27% of the initial cohesion force for the same composite, whereas the MBC/MBC strength amounted to 47%.¹⁶ Also, ormocers have shown a high bond strength.²⁶ When the repair was made using a material containing a different resin, it turned out that the type of the repaired material was more important than the reparative one.²⁶ SBS repairs showed a low bond strength when repaired with MBC (about 8.1 MPa). However, when applied as the reparative material, they had much better performance, with a result of 28.7 Mpa.²⁶ Notwithstanding the fact, the SBC/MBC repair is strong enough to be recognised as clinically useful,⁷ whereas MBC can be applied as a standard repair material.²¹

na wiązanie chemiczne z nieorganicznym wypełniaczem i łączący się z matrycą żywicy.^{9,21} Wyniki badań dotyczących skuteczności silanu są kontrowersyjne. Niektóre udowadniają brak skuteczności silanu,^{11,24} inne – wzrost siły wiązania naprawy kompozytów.^{15,21} a kolejne – porównywalną skuteczność zastosowania w jednej procedurze silanu z następczym użyciem bondu oraz zastosowania samego bondu bez silanu.²⁵ Mimo, że kompozyty zawierają zwykle ok 50% wypełniacza, to po schropowaceniu powierzchni jedynie nieznaczna część nieorganicznych cząsteczek, mogących łączyć się chemicznie z silanem, pozostaje nieprzykryta żywicą.^{7,9} Ponadto, kontaminacja szkliwa lub zębiny silanem zmniejsza ich siłę wiązania do kompozytu.⁹ Dlatego, jeżeli dokonujemy naprawy wypełnienia na granicy zęb/wypełnienie (a tak jest w większości przypadków), powinniśmy raczej zrezygnować z aplikacji silanu.⁹

Czy materiał ma znaczenie?

Ogromna różnorodność materiałów kompozytowych skłoniła naukowców do zbadania wpływu różnych rodzajów wypełniacza i żywicy, na jakość naprawy.

Większość stosowanych materiałów opiera się na żywicach metakrylanowych (methacrylate based composite – MBC), jednak na popularności zyskały ostatnio materiały na bazie żywicy siloranowej (silorane based composite – SBC), które dzięki swojej pierścieniowej budowie wykazują mniejszy skurcz polimeryzacyjny niż materiały metakrylanowe (o ok 27%).²¹ Ze względu na to, że w sytuacji klinicznej lekarz często nie jest w stanie określić, jaki materiał został zastosowany przed naprawą, powstaje pytanie, czy rodzaj żywicy ma znaczenie przy naprawie? Jak pokazały badania naprawy MBC wykazywały większą siłę wiązania niż SBC, jeżeli były naprawiane tym samym typem materiału.^{16,18} Siła naprawy SBC/SBC wynosiła jedynie 27%, a siła MBC/MBC już 47% wyjściowej wartości siły kohezji samego kompozytu.¹⁶ Również ormocery wykazywały wysoką siłę wiązania.²⁶ Kiedy odbudowy dokonano materiałem zawierającym inną żywicę okazało się, że większe znaczenie miał rodzaj materiału naprawianego niż tego, którym dokonywano naprawy.²⁶

The strength of the bond between the repaired material and the reparative one also changes depending on the type of filler. The bond strength for the repaired microhybrid composite with respect to the microhybrid composite is higher, as compared to nanofill and nanohybrid materials repaired with a composition-corresponding material. Composites containing nanofillers (nanofill and nanohybrid) attain similar tensile strength values.¹⁴ According to the results obtained under other studies, the nanofill composite/nanofill composite repair provides higher μ TBS values, as compared to the nanohybrid material/nanohybrid material. This fact may be linked to a better nanohybrid composite conversion (71%), as compared to nanofill composite (58%), and thus a lower amount of free monomer necessary for the chemical bond between the layers.² The research conducted by *Moncad et al.*¹⁰ has shown that repairing a nanohybrid filling with a corresponding composite or a microhybrid material attains higher bond strength values as compared to the use of a microfill composite as the reparative material.

Summary

In conclusion, in a clinical situation when the restorative material is unknown and a cosmetic filling is to be repaired, the preparatory procedure should involve surface roughening by drilling or, more preferably, sandblasting. Next, 37% phosphoric acid together with a bonding system corresponding to the reparative composite or self-etching bonding system should be used. For a standard repair material, the composite based on low-viscosity methacrylate resin will be the best choice. Despite all its advantages, composite filling repair is not a simple procedure due to the nature of the composite as well as the complexity of the oral environment. The decision on proceeding with a repair instead of replacement of the restoration should be carefully considered. Note that the repair will never be as good as the cohesive forces of homogeneous composite restoration.^{13,25}

SBC wykazywały niską siłę wiązania, kiedy były naprawiane MBC (ok. 8,1 MPa), jednak kiedy były zastosowane jako materiał naprawczy, spisywały się znacznie lepiej osiągając 28,7MPa.²⁶ Mimo to, naprawa SBC/ MBC ma wystarczająco silne połączenie, aby można było uznać je za klinicznie użyteczne,⁷ a MBC może służyć jako standardowy materiał do napraw.²¹

Siła wiązania pomiędzy materiałem naprawianym a naprawczym waha się również w zależności od rodzaju wypełniacza. Siła wiązania naprawianego kompozytu mikrohybrydowego do naprawiającego mikrohybrydowego jest większa niż materiałów nanofilowych i nanohybrydowych naprawianych odpowiadającym im pod względem budowy materiałem. Kompozyty zawierające nanowypełniacze (nanofilowe i nanohybrydowe) osiągają podobne do siebie wartości wytrzymałości na rozciąganie.¹⁴ Zgodnie z wynikami innych badań, to naprawa kompozyt nanofilowy/ kompozyt nanofilowy osiągała wyższe wartości μ TBS niż naprawa materiał nanohybrydowy/materiał nanohybrydowy. Może to być związane z wyższym stopniem konwersji kompozytu nanohybrydowego (71%) niż kompozytu nanofilowego (58%) i co za tym idzie mniejszą ilością wolnego monomeru koniecznego do połączenia chemicznego pomiędzy warstwami.² Badania *Moncad i wsp.*¹⁰ pokazały, że naprawa wypełnienia nanohybrydowego odpowiadającym mu kompozytem lub materiałem mikrohybrydowym osiągnęła wyższe wartości siły wiązania niż w sytuacji użycia kompozytu mikrofilowego jako materiału naprawczego.

Podsumowanie

Podsumowując, w sytuacji klinicznej, gdy nie jest znany materiał odtwórczy, a podjęto się naprawy wypełnienia kosmetycznego, jako procedurę przygotowawczą powinno się zastosować schropowacenie powierzchni wiertłem (lub jeszcze lepiej przez piaskowanie). Następnie powinno się zastosować 37% kwas fosforowy wraz z systemem łączącym odpowiednim do kompozytu naprawczego lub samotrawiący system łączący. Jako standardowy materiał do napraw najlepiej posłuży kompozyt na bazie żywicy metakrylanowej o niskiej lepkości. Mimo wszystkich swoich zalet

naprawa wypełnień kompozytowych nie jest procedurą prostą ze względu na sam charakter kompozytu, jak i złożone środowisko jamy ustnej. Decyzja o zastosowaniu naprawy zamiast wymiany wypełnienia powinna być starannie zaplanowana. Należy pamiętać, że naprawa nigdy nie dorównuje siłom kohezji jednorodnej odbudowy kompozytovej.^{13,25}

References

1. *Hickel R, Brühaver K, Ilie N*: Repair of restorations – Criteria for decision making and clinical recommendations. *Dent Mater* 2013; 29: 28-50
2. *Özcan M, Corazza PH, Marocho SM, Barbosa SH, Bottino MA*: Repair bond strength of microhybrid, nanohybrid and nanofilled resin composites: Effect of substrate resin type, surface conditioning and ageing. *Clin Oral Investig* 2013; 17: 1751-1758.
3. *Fernández E, Martín J, Vildósola P, Oliveira Junior OB, Gordan V, Mjor I, et al.*: Can repair increase the longevity of composite resins? Results of a 10-year clinical trial. *J Dent* 2015; 43: 279-286.
4. *Shawkat ES, Shortall AC, Addison O, Palin WM*: Oxygen inhibition and incremental layer bond strengths of resin composites. *Dent Mater* 2009; 25: 1338-1346.
5. *Green D, Mackenzie L, Banerejee A*: Minimalnie inwazyjne długoterminowe postępowanie z uzupełnieniami bezpośrednimi – strategia 5R. *Med Prakt Stomatol* 2015; 4: 46-49.
6. *Yokokawa M, Rikuta A, Tsujimoto A, Tsuchiya K, Shibasaki S, Matsuyoshi S, et al.*: Influence of methyl mercaptan on the repair bond strength of composites fabricated using self-etch adhesives. *Eur J Oral Sci* 2015; 123: 46-52.
7. *Hamano N, Ino S, Fukuyama T, Hickel R, Kuncelmann KH*: Repair of silorane-based composites: Microtensile bond strength of silorane based composites repaired with methacrylate-based composites. *Dent Mater J* 2013; 32: 695-701.
8. *Sousa AB, Silami FD, da Garcia L, Naves LZ, de Pires-de-Souza F*: Effect of various aging protocols and intermediate agents on the bond strength of repaired composites. *J Adhes Dent* 2013; 15: 137-144.
9. *Hamano N, Chiang Y, Nyamaa I, Yamaguchi H, Ino S, Hickel R, et al.*: Effect of different surface treatments on the repair strength of a nanofilled resin-based composite. *Dent Mater J* 2011; 30: 537-545.
10. *Moncada G, Angel P, Fernandez E, Alonso P, Martin J, Gordan VV*: Bond strength evaluation of nanohybrid resin-based composite repair. *Gen Dent* 2012; 60: 230-234.
11. *El-Askary FS, El-Banna AH, van Noort R*: Immediate vs delayed repair bond strength of a nanohybrid resin composite. *J Adhes Dent* 2012; 14: 265-274.
12. *Loomans BAC, Cardoso MV, Roeters FJ, Opdam NJ, De Munck J, Huysmans MC, et al.*: Is there one optimal repair technique for all composites? *Dent Mater* 2011; 27: 701-709.
13. *Baena E, Vignolo V, Fuentes MV, Ceballos L*: Influence of repair procedure on composite-to-composite microtensile bond strength. *Am J Dent* 2015; 28: 255-260.
14. *Nassoohi N, Kazemi H, Sadaghiani M, Mansouri M, Rakhshan V*: Effects of three surface conditioning techniques on repair bond strength of nanohybrid and nanofilled composites. *Dent Res J* 2015; 12: 554-561.
15. *Staxrud F, Dahl JE*: Silanising agents promote resin-composite repair. *Int Dent J* 2015; 65: 311-315.
16. *Kaneko M, Caldas RA, Feitosa VP, Consani RLX, Schneider LFJ, Bacchi A*: Influence of surface treatments to repair recent fillings of silorane-and methacrylate-based composites. *J Conserv Dent* 2015; 18: 242-246.
17. *El-Amin AM, Daifalla LE, Zaazou MH, Goma HA, Mobarak EH*: Repair bond strength of aged silorane-based composite using intermediate

- adhesive systems based on different monomers. *J Adhes Dent* 2015; 17: 163-168.
18. *Bacchi A, Consani RL, Sinhoreti MA, Feitosa VP, Cavalcante LM, Pfeifer CS, et al.*: Repair bond strength in aged methacrylate- and silorane-based composites. *J Adhes Dent* 2013; 15: 447-452.
 19. *da Costa TRF, Serrano AM, Atman APF, Loguercio AD, Reis A*: Durability of composite repair using different surface treatments. *J Dent* 2012; 40: 513-521
 20. *Hemadri M, Saritha G, Rajasekhar V, Amit Pachlag K, Purushotham R, Reddy VKK*: Shear bond strength of repaired composites using surface treatments and repair materials: an in vitro study. *J Int Oral Health* 2014; 6: 22-25.
 21. *Wiegand A, Stawarczyk B, Buchall W, Tauböck TT, Özcan M, Attin T*: Repair of silorane composite. Using the same substrate or a methacrylate-based composite? *Dent Mater* 2012; 28: 19-25.
 22. *Loomans BAC, Cardoso MV, Opdam NJ, Roeters FJ, De Munck J, Huysmans MC, et al.*: Surface roughness of etched composite resin in light of composite repair. *J Dent* 2011; 39: 499-505.
 23. *Celik EU, Ergücü Z, Türkün LS, Ercan UK*: Tensile bond strength of an aged resin composite repaired with different protocols. *J Adhes Dent* 2011; 13: 359-366.
 24. *de Melo MAV, Moysés MR, dos Santos SG, Alcântara CEP, Ribeiro JCR*: Effects of different surface treatments and accelerated artificial aging on the bond strength of composite resin repairs. *Braz Oral Res* 2011; 25: 485-491.
 25. *Lima AF, Ferreira SF, Catelan A, Palialol AR, Gonçalves LS, Aguiar FH, et al.*: The effect of surface treatment and bonding procedures on the bond strength of silorane composite repairs. *Acta Odontol Scand* 2014; 72: 71-75.
 26. *Baur V, Ilie N*: Repair of dental resin-based composites. *Clin Oral Invest* 2013; 17: 601-608.

Address: 15-276 Białystok, ul. M. Skłodowskiej-Curie 24A
Tel. +4885 7485760, Tel./Fax: +4885 7421774
stomzach@umb.edu.pl

Received: 21st July 2017
Accepted: 23rd August 2017