**Jack D. Griffin Jr**, DMD
Tłumaczenie: lek. stom. **Łukasz Balcerzak**

# Zastosowanie bioaktywnych podkładów
# Utilizing bioactive liners

Zacznijmy od tego, czym jest bioaktywność. Pojęcie to odnosi się do materiału, który wywołuje efekt oraz reakcję ze strony żywej tkanki. Na rynku w ostatnim czasie pojawiło się kilka nowych materiałów, które noszą nazwę „bioaktywny" i to one stymulują formowanie się apatytu i mostu zębinowego przez zastosowanie krzemianu wapnia lub glinianu wapnia.

TheraCal LC (BISCO Dental Products) jest podkładem, ProRoot MTA (DENTSPLY Tulsa Dental Specialities) jest endodontycznym materiałem naprawczym, Biodentine (Septodont) jest materiałem podkładowym, Ceramir (Doxa) jest cementem, rodzina materiałów Activa Bioactive (Pulpdent – przypis tłumacza) – wszystkie te materiały mają potencjał do uszczelniania zębiny, ograniczania występowania mikroprzecieków, prawie eliminują nadwrażliwość, a nawet wspierają gojenie miazgi (1). Dzisiaj, zamiast zwykłego zastępowania zęba czymś sztucznym, mamy nadzieję stymulować formowanie się zęba.

TheraCal, na którym skupia się ten artykuł, jest materiałem, który tworzy nową kategorię modyfikowanych żywicą krzemianów wapnia (RMCS). Jest światłoutwardzalnym, widocznym na rtg. podkładem na bazie żywicy, zaprojektowanym, by uwalniać wapń, który wspiera formowanie się twardej tkanki zęba, i jest on wskazany do zastosowania pod materiałami do bezpośredniej odbudowy, jako materiał zastępujący wodorotlenek wapnia ($CaOH_2$), glasjonomery, środki bazujące na eugenolu jako materiały tymczasowe oraz inne materiały pokrywające miazgę zęba.

## Liners i materiały podkładowe

Krzemian wapnia, który jest składnikiem MTA (*Mineral Trioxide Aggregate*), używany był przez wiele lat jako materiał bioaktywny w wielu endodontycznych procedurach jako efektywne terapie pokrycia lub zastępowania miazgi (2, 3). TheraCal LC to jednolita pasta zawierająca tlenek wapnia, cząstki krzemianu wapnia (typ III cementu portlandzkiego), szklany stront, krzemionkę koloidalną, siarczan baru i żywicę zawierającą Bis-GMA i polidwumetakryle. ProRoot MTA składa się z białego cementu portlandzkiego i tlenku bizmutu (4). MTA okazało się godnym środkiem do pokrycia miazgi czy uszczelniania zębiny, na którym można polegać i który jest biokompatybilny. Jego skład i chemiczne utwardzanie sprawiają jednak, że jest on mniej wydajny jako materiał do rutynowego użycia, jako podkład pod wypełnienia lub materiał do pokrywania miazgi (5).

Bioactive refers to a material that causes an effect, or response, from living tissue. There are several new materials that are bioactive in that they stimulate dentin bridging and apatite formation by using calcium silicates or calcium aluminates.

TheraCal LC (BISCO Dental Products) is a liner, ProRoot MTA (DENTSPLY Tulsa Dental Specialties) is an endodontic reparative material, Biodentine (Septodont) is a base, and Ceramir (Doxa) is a cement; all of these materials have the potential to seal dentin, stop microleakage, almost eliminate sensitivity, and even promote pulpal healing (1). Today, instead of merely replacing tooth, we hope to stimulate the formation of tooth.

TheraCal, the focus of this article, is a material that creates a new category of resin-modified calcium silicates (RMCS). It is a light-cured, resin-based, and highly radiopaque liner designed to release calcium to promote hard-tissue formation, and is indicated for use under direct restorative materials as a replacement to calcium hydroxide ($CaOH_2$), glass ionomers, eugenol-based sedative materials, and pulp capping restoratives.

## Liners and pulp capping materials

Calcium silicates as found in mineral trioxide aggregate (MTA) have been used for many years as a bioactive material in various endodontic procedures as well as effective pulp capping and pulp replacement therapies (2, 3). TheraCal LC consists of a single paste containing CaO, calcium silicate particles (type III Portland cement), Sr glass, fumed silica, barium sulphate, barium zirconate and resin containing Bis-GMA and poly dimethacrylate. ProRoot MTA is composed of white Portland cement and bismuth oxide (4). While MTA has been shown to be a reliable pulp capping, dentin sealing material, and is biocompatible; its formulation and chemical curing make it a less efficient material to use routinely for restoration lining or pulp capping material (5).

The rapid release of calcium in these materials makes it an excellent material to cause repairing and healing of dentin, and studies have shown it to be more effective at stimulating pulpal healing than traditional liners (such as lightcured resin-modified CaOH) with less pulpal necrosis (6).

The significant calcium release, provides reparative ions, creates a sustaining alkaline environment required to promote wound healing, provides immediate bond and sealing properties, and stimulates hydroxyl-apatite and secondary dentin formation within affected tissues.

Theracal LC has been approved as „apatite stimulating" by the US Food and Drug Administration and is an interactive flowable

Szybkie uwalnianie wapnia w tych materiałach sprawia, że są doskonałe jako materiały naprawcze, leczące zębinę, i ma to swoje odzwierciedlenie w badaniach, które pokazują, że są bardziej efektywne w stymulowaniu gojenia miazgi od tradycyjnych podkładów (takich jak światłoutwardzalne modyfikowane żywicą wodorotlenki wapnia) i cechują się mniejszą możliwością obumarcia tkanek (6).

Znaczące uwalnianie wapnia dostarcza jonów naprawczych, stwarza stałe, alkaiczne otoczenie, wymagane, by wspomagać leczenie rany, dostarcza natychmiastowego wiązania i uszczelnienia i stymuluje hydroksyapatyt oraz formowanie wtórnej zębiny w obrębie zaatakowanych chorobowo tkanek.

TheraCal LC został zatwierdzony jako podkład stymulujący hydroksyapatyt przez FDA (Amerykańska Agencja ds. Leków i Żywności) i jest interaktywną płynną żywicą, która dostarcza wczesnej wysokiej alkaiczności środowiska o pH od 10 do 11, które jest niezbędne do wygojenia miazgi, jednakże wraca on do neutralnego pH po kilku dniach (7). Jest samouszczelniający, co pomaga w działaniu antybakteryjnym z początkowym wiązaniem do zębiny, by uniknąć przypadkowego usunięcia w czasie osuszania powietrzem. Wysoki poziom uwalniania wapnia okazuje się krytyczny dla stymulacji wytwarzania się apatytu i wtórnego mostu zębinowego, dostarczając mechanicznego uszczelnienia miazgi bez użycia środka wiążącego (8).

Dentyści przez wiele lat nakładali podkłady pod wypełnienia jako ochronę miazgi redukującą występowanie nadwrażliwości i obumierania miazgi (9). Kiedy tkanka miazgi jest obnażona w czasie preparacji zęba, wykazano, że pewne materiały podkładowe redukowały infekcję i obumieranie miazgi lepiej niż samo bezpośrednie wiązanie do miazgi (10).

Bezpośrednie pokrywanie miazgi samotrawiącym środkiem wiążącym wykazało dramatyczny obraz histologicznych niepowodzeń wskazujący na potrzebę użycia bioaktywnego podkładu do stymulowania naprawczego wytwarzania się zębiny (11).

resin that provides the early high alkalinity, pH 10 to 11, required for pulpal healing but reverts back to a neutral pH after several days (7). It is self-sealing, which aids in antimicrobial activity with initial bonds to dentin to resist accidental air-drying removal. This high calcium release has been shown to be critical for the stimulation of apatite formation and secondary dentin bridge formation while providing a mechanical seal of the pulp without adhesive (8). Dentists have been placing liners under restorations for many years as a pulp protectant to reduce pulpal necrosis and sensitivity (9). When pulpal tissue is exposed during tooth preparation, certain liners have been shown to reduce pulpal infection and necrosis than direct bonding onto the pulp alone (10).

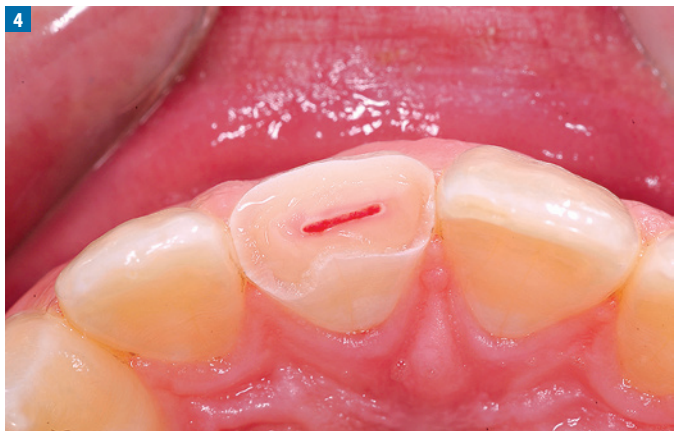
Direct pulp capping with some selfetching adhesive systems have shown dramatic histologic failure indicating the need for a bioactive liner to stimulate reparative dentin formation (11). CaOH has been used for decades in hopes of stimulating reparative dentin formation by its high alkalinity. This liner may weaken the restoration, cause negative effects with restoration longevity, and may cause a decrease in bonding strengths of the restoration to the tooth (12). As a pulp capping material, CaOH has had mixed results that have diminished with time after placement (13). Newer resin-based materials based on the MTA and other high calcium releasing materials have superior long-term sealing ability and they have the potential for greater stimulation of reparative dentin (14). A major drawback of traditional self-cured CaOH materials is high solubility and dissolution over time (within one to 2 years after application) in tissue fluids. Fluids from restoration leakage, dentinal tubules, or the pulp may cause the disappearance of this type of lining material and the formation of voids/defects in reparative dentine underneath the capping (15). This can lead to a failure of the definitive seal against bacterial invasion and restoration failure (16). By contrast, the RMCS liner, TheraCal LC, has a very low solubility leaving a secure lining despite contact with dentinal or pulpal fluids; at the same time it releases substantial amounts of calcium for apatite stimulation (17).

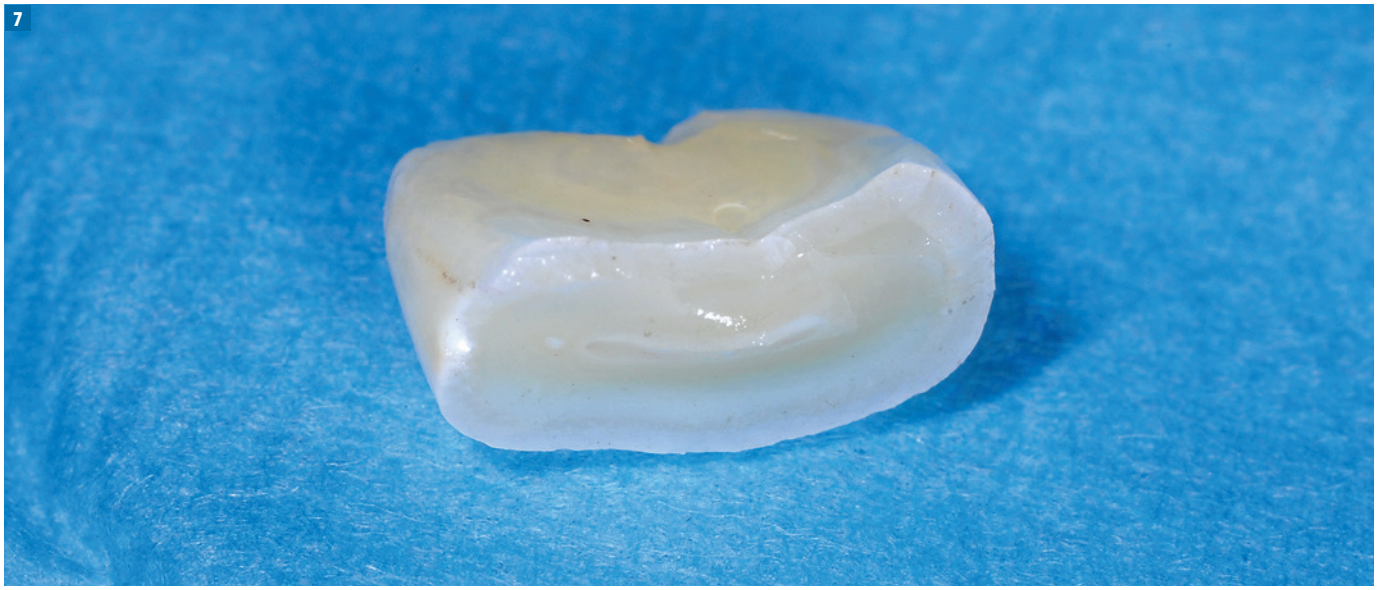


reklama

fot. archiwum autora

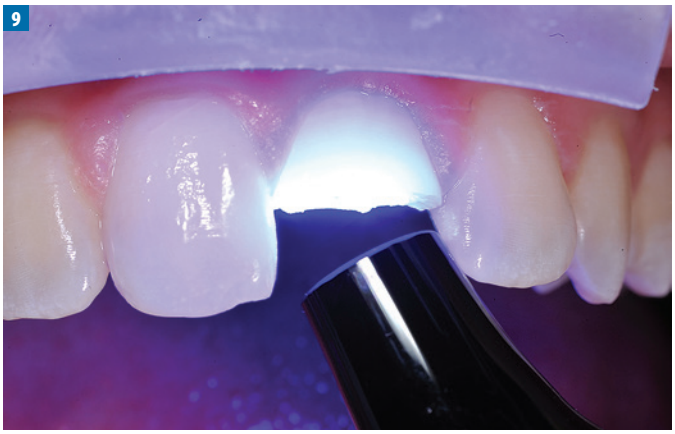
**Fot. 1.** Traumatyczne odłamanie 2/3 zęba siecznego nr 9 **Fot. 2.** Zanurzony w mleku ząb został przyniesiony do gabinetu w ciągu godziny od urazu
**Fig. 1.** Traumatic fracture of incisal two thirds of tooth No. 9 **Fig. 2.** The tooth was brought to the office in milk within one hour of the accident

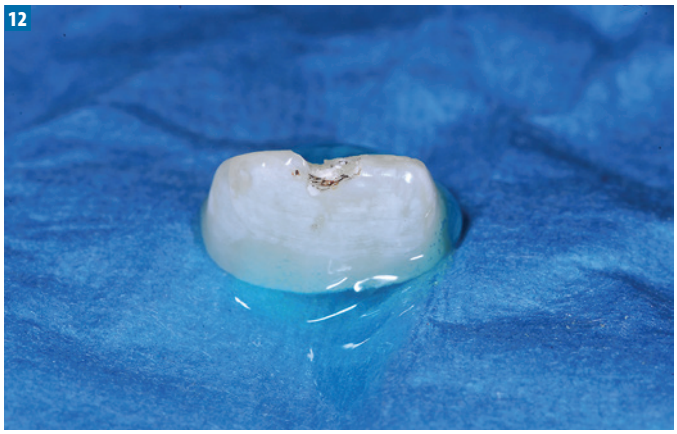





**Fot. 3.** Horyzontalne pęknięcie bez innych oznak uszkodzeń niż małe horyzontalne odpryśnięcie w części dziąsłowej przy zębie numer 8
**Fot. 4.** Widoczne obnażenie miazgi z małym krwawieniem **Fot. 5.** Zdjęcie rtg. nie wykazuje innych widocznych pęknięć czy problemów
**Fot. 6.** Ze względu na stosunkowo krótki czas obnażenia, kontrolę krwawienia i dostępność podkładu stymulującego tworzenie apatytu, zaplanowano bezpośrednie przykrycie miazgi i doklejenie za pomocą kompozytu odłamanego fragmentu zęba **Fot. 7.** Fragment zęba był w dobrej kondycji, z lekkim odpryskiem na brzegu siecznym

**Fig. 3.** The fracture was horizontal with no other signs of damage other than a small horizontal craze line in the gingival portion of Tooth No. 8
**Fig. 4.** Obvious pulpal exposure with little bleeding **Fig. 5.** Radiograph showed no other obvious fractures or problems **Fig. 6.** Because of the relatively short time of exposure, the bleeding control, and availability of an apatite/dentin stimulating product, a direct pulp cap and composite was planned
**Fig. 7.** The tooth fragment was in good shape with a slight fracture in the incisal edge






**Fot. 8.** Miazgę zdezynfekowano i przeprowadzono kontrolę krwawienia z użyciem podchlorynu sodu, i spłukaniu go po 30 sekundach **Fot. 9.** Jednomilimetrowa warstwa podkładu TheraCal (krzemianu wapnia modyfikowanego żywicą) została nałożona na miazgę i utwardzana światłem z 3 różnych kierunków przez 10 sekund **Fot. 10.** Podkład nałożono tak, aby wykraczał 1 mm poza obnażenie na zdrową zębinę, utrzymując go z dala od szkliwa **Fot. 11.** Wiertło 330 zostało użyte, by usunąć ok. 1 mm struktury zęba w celu skompensowania miejsca, jakie zostało zajęte przez materiał podkładowy. Fragment przymierzono, aby zapewnić prawidłowe osadzenie **Fot. 12.** Fragment wytrawiono wytrawiaczem z BAC zawierającym 37-proc. kwas fosforowy (BISCO Dental Products), a następnie spłukano go wodą

**Fig. 8.** The pulp was disinfected and bleeding controlled with sodium hypochlorite for 30 seconds, then rinsed **Fig. 9.** A one-mm thick layer of a resinmodified calcium silicate (RMCS) liner (TheraCal LC, BISCO Dental Products) was placed over the pulp and light-cured from 3 different directions for 10 seconds each **Fig. 10.** The liner was placed 1 mm onto dentin beyond the exposure, keeping it away from enamel **Fig. 11.** A 330 bur was used to remove about one mm of tooth structure on the fragment to compensate for the thickness of the RMCS liner. The piece was tried in the mouth to ensure complete seating **Fig. 12.** The piece was etched with BAC containing 37% phosphoric acid (BISCO Dental Products) and then rinsed thoroughly

51 Wodorotlenki wapnia były używane przez dekady w nadziei na pobudzenie naprawczej formacji zębiny, przez ich wysoką alkaiczność. Te materiały podkładowe mogą osłabiać pracę naprawczą, powodować negatywne skutki związane z trwałością wypełnienia i powodować spadek siły wiązania między wypełnieniem a zębem (12). Jako materiał do pokrycia miazgi wodorotlenki miały różne rezultaty, które zmniejszały się wraz z czasem, jaki upływał od wypełnienia (13). Nowsze materiały na bazie żywicy, MTA i innych materiałów o wysokim poziomie uwalniania wapnia mają przewyższającą długoterminową zdolność do uszczelniania oraz potencjał do lepszej stymulacji tworzenia się zębiny naprawczej (14).

Głównymi niedogodnościami w stosowaniu tradycyjnych materiałów wodorotlenku wapnia są wysoka rozpuszczalność i rozkład na przestrzeni czasu (w ciągu od 1 do 2 lat po aplikacji) w płynach tkankowych. Płyny z przecieku w wypełnieniu, z kanalików zębowych lub miazgi mogą powodować znikanie tego typu materiałów i tworzenie się luk w naprawczej zębinie pod przykryciem (15). Może to prowadzić do niepowodzenia ostatecznego uszczelnienia przeciw inwazji bakteryjnej i niepowodzenia całego wypełnienia (16). W przeciwieństwie do powyższego podkład RMCS TheraCal LC ma bardzo niską rozpuszczalność, pozostawiając bezpieczne podłoże pomimo kontaktu z płynami zębinowymi lub tymi przedostającymi się z miazgi; w tym samym czasie uwalnia on znaczące ilości wapnia w celu stymulacji tworzenia się apatytu (17).

Użycie kliniczne dla nowych krzemianów wapnia modyfikowanych żywicą obejmuje: podkład pod wypełnienia przed wytrawianiem lub wiązaniem z zębiną, jako podkład dla ochrony miazgi w wypełnieniach nakładanych blisko miazgi, jako podkład nad pozostającą miazgą przy amputacji, zapaleniu miazgi w zębach mlecznych i jako materiał do bezpośredniego pokrycia miazgi w zębach stałych i mlecznych.

Utwardzanie światłem materiału podkładowego jest dużą zaletą kliniczną. Klinicznie należy zapamiętać, że TheraCal LC jest wyłącznie materiałem podkładowym i producent rekomenduje głębokość utwardzania około 1 mm warstwy, co oznacza, że TheraCal należy nakładać w warstwach cieńszych niż większość materiałów podkładowych. Utwardzanie światłem, w przeciwieństwie do utwardzania chemicznego, czyni ten materiał doskonałym pod względem czasowej wydajności gabinetu, jako że wypełnienia końcowe mogą być nakładane natychmiast i utwardzanie materiału jest przewidywalne nawet w wilgotnym środowisku miazgi zębowej. Ponieważ materiał ten jest opakerowy i biały, powinno się utrzymywać jak najcieńszą grubość warstwy, by kolor nie przebijał, wpływając na końcowy odcień wypełnienia, przez przejrzyste materiały kompozytowe lub te, które nakładane są dość płytko.

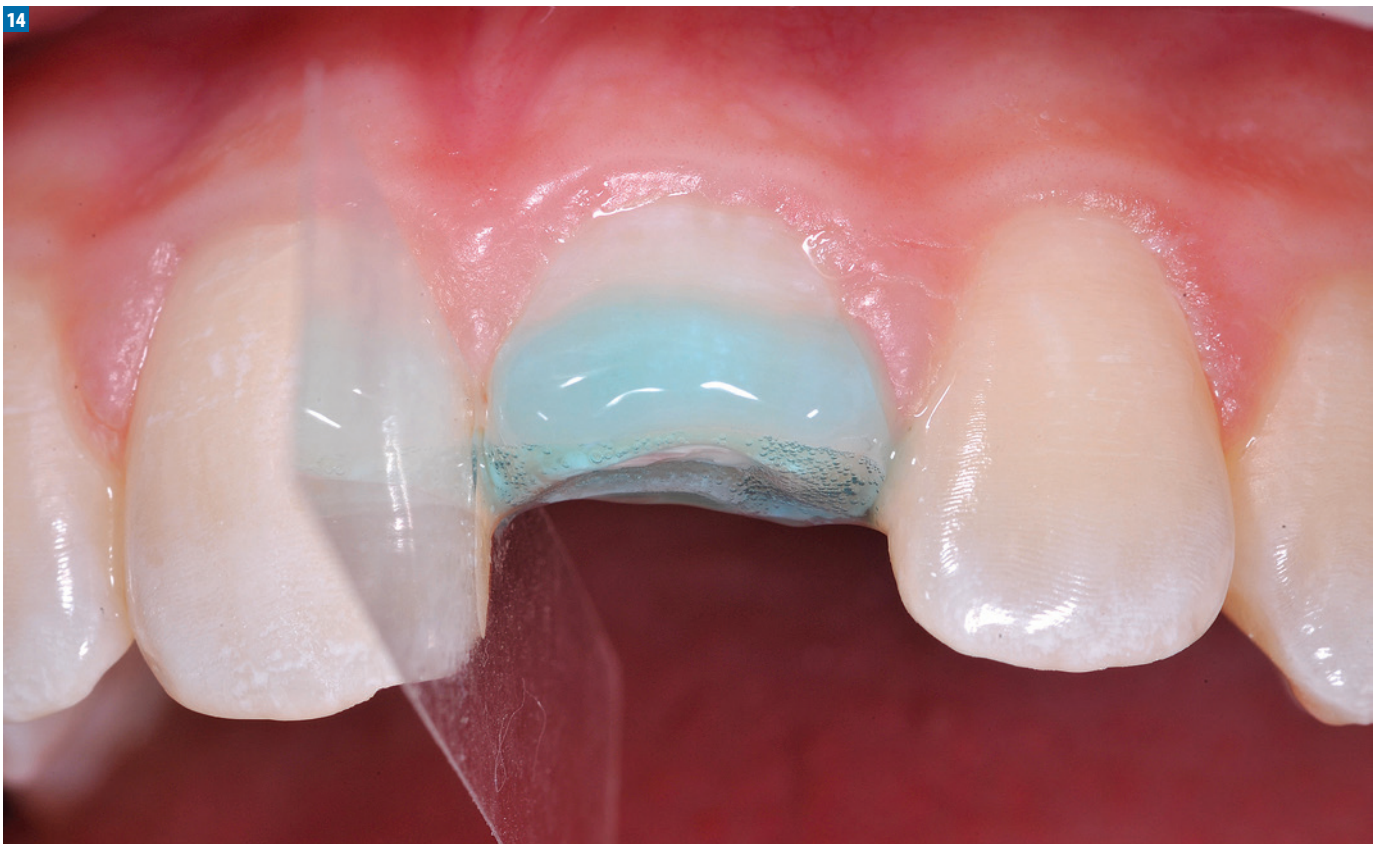
## Bezpośrednie przykrycie miazgi

Bezpośrednie przykrycie miazgi jest zabiegiem leczniczym polegającym na uszczelnieniu rany, jaką jest obnażona miazga, za pomocą materiału stomatologicznego tak, by wywołać zębinotwórczą

Clinical uses for this new RMCS include: as a general liner under restorations before etching or dentinal bonding, as a liner for pulp protection in restorations placed close to the pulp, as a liner over remaining pulp indeciduous pulpotomies or pulpectomies, and as a pulp capping material in permanent or deciduous teeth. Light--curing of the liner is a large clinical benefit. Clinically, it must be remembered that TheraCal LC is a liner only, and the manufacturer recommended depth-of-cure of about one mm means it must be placed in thinner increments than a more „base-like" material. Light-curing as opposed to chemical curing makes this material an excellent choice for office efficiency as definitive restorations can be placed immediately and the setting of the material is pre--dictable even in the moist environment of the pulp. Because this material is opaque and „whitish" in color, it should be kept thin so as to not show through composite materials that are very translucent or very shallow affecting final restoration shading.

## Direct pulp capping

Direct pulp capping is the treatment of the exposed vital pulp by sealing the pulpal wound with a dental material to induce a reparative dentinogenic response, and is one of the most important endodontic modalities for maintaining dental pulp vitality (18, 19). The material must act as a barrier protecting the pulp while inducing the formation of new dentine bridge between the pulp and restorative material (15). The bioavailability of calcium (Ca) ions plays a key role in this process by stimulating cells involved in the new formation of mineralized hard tissues (20). Ca ions stimulate the expression of bone-associated proteins mediated by calcium channels and large quantities of Ca ions could activate adenosine triphosphate, which plays a significant role in the mineralization process (21). Ca ions are also necessary for the differentiation and mineralization of pulp cells and formation of odontoblastic cells which are needed to formulate the apatite of the dentin bridge (22). This release of Ca at the pulp also enhances the activity of pyrophosphatase, which helps to maintain dentin mineralization and the formation of new dentin bridging (23). Preliminary evidence on the formation of apatite on TheraCal LC (as well as ProRoot MTA and Dycal) has been obtained, showing that the phosphate ions of biological fluids such as blood, plasma, and dentinal fluid may react with Ca and OH ions leached from these materials and cause apatite crystal precipitation (24-26). This is the probable mechanism of action and is the process bioactive liners try to accomplish. There are several factors leading to successful pulp capping, including the age of the patient, the control of bleeding, the size of the exposure, infection of the pulp, length of pulp violation, and others (9, 27, 28). There have been many materials used to stop bleeding and site preparation directly over the pulp such as sodium hypochlorite, formocresol, ferric sulfate, saline, aluminum chloride, superoxol, and others (29). Some materials such as ferric sulfate and formocresol may negatively influence the ultimate bond strength of the restoration, possibly leading to bacterial leakage that may cause a failed pulp capping (30).



**Fot. 13.** Uniwersalny środek wiążący All Bond Universal (Bisco Dental Products) umieszczono w kilku warstwach i rozprowadzono na cienką warstwę z użyciem powietrza **Fot. 14.** Pozostała struktura zęba została wyizolowana za pomocą rozwieraków, nałożono pasek Mylar i wytrawiono ząb przez 10 sekund

**Fig. 13.** A universal bonding agent, All Bond Universal (BISCO Dental Products), was placed in several coats and air thinned **Fig. 14.** The remaining tooth was isolated with retractors, a Mylar strip placed, and tooth-etch for 10 seconds

odpowiedź naprawczą organizmu, i jest jednym z najważniejszych sposobów na utrzymanie żywotności miazgi (18, 19).

Materiał musi zachowywać się niczym bariera ochronna miazgi, jednocześnie wywołując wytwarzanie nowego mostu zębinowego pomiędzy miazgą i materiałem naprawczym (15).

Biodostępność jonów wapnia (Ca) gra kluczową rolę w tym procesie poprzez stymulowanie komórek zaangażowanych w tworzenie nowej zmineralizowanej tkanki twardej (20). Jony wapnia stymulują zwracanie wiązanych z kością protein pośredniczących w kanałach wapnia i dużych ilości jonów wapnia mogących aktywować adenazynotrifosforan, który ma znaczącą rolę w procesie remineralizacji (21). Jony wapnia są niezbędne także do różnicowania i mineralizacji komórek miazgi i tworzenia komórek odontoblastów, które są potrzebne do formowania apatytu mostu zębinowego (22). Uwalnianie wapnia do miazgi polepsza także aktywność pirofosfatazy, co pomaga utrzymać mineralizację zębiny i wytwarzanie nowego mostu zębinowego (23).

Wstępne dowody na formowanie się apatytu na TheraCal LC (jak również ProRoot MTA i Dycal) otrzymano, wykazując, że jony fosforu płynów biologicznych, takich jak: krew, plazma i płyny zębinowe, mogą reagować z jonami wapnia i OH wyługowanych z tych materiałów i powodować osad z kryształów apatytu (24-26). Jest to prawdopodobny mechanizm działania i proces, jaki starają się wywołać bioaktywne materiały podkładowe.

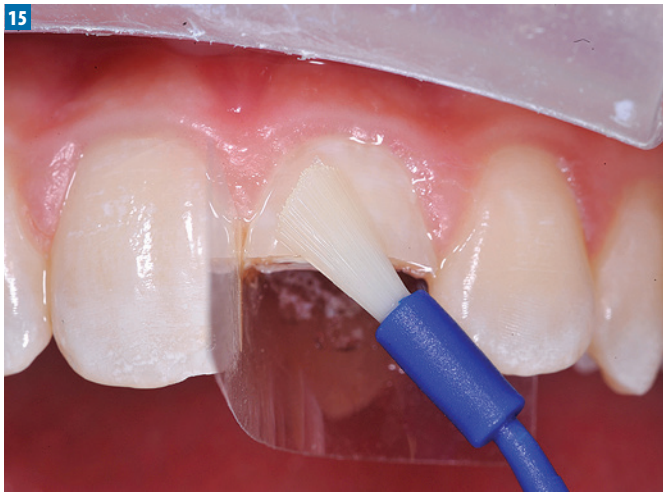
Jest kilka czynników prowadzących do udanego pokrywania miazgi, m.in.: wiek pacjenta, kontrola krwawienia, rozmiar powierzchni obnażonej miazgi, infekcja miazgi, długość traumy miazgi i inne (19, 27, 28). Używano wielu materiałów do zatrzymania krwawienia i do preparacji pola bezpośrednio nad miazgą, takich jak: podchloryn sodu, formocresol, siarczan żelaza, solanki, chlorek glinu, superoxol i inne (29). Niektóre materiały, takie jak siarczan żelaza i formocresol, mogą negatywnie wpływać na siłę bondu wypełnienia, i możliwe, że prowadzą do przecieku bakteryjnego, który może spowodować klęskę procedury bezpośredniego pokrycia miazgi (30) (przypis autora przekładu – w celu zatrzymania krwawienia proponuje przepłukać ubytek 2-procentową chlorheksydyną oraz użyć sterylnego kawałeczka gąbki kolagenowej i uciskać za pomocą sterylnego wacika do czasu zatrzymania krwawienia. Sposób ten wykorzystuję z dużym sukcesem od czasu, kiedy stosuję TheraCal).

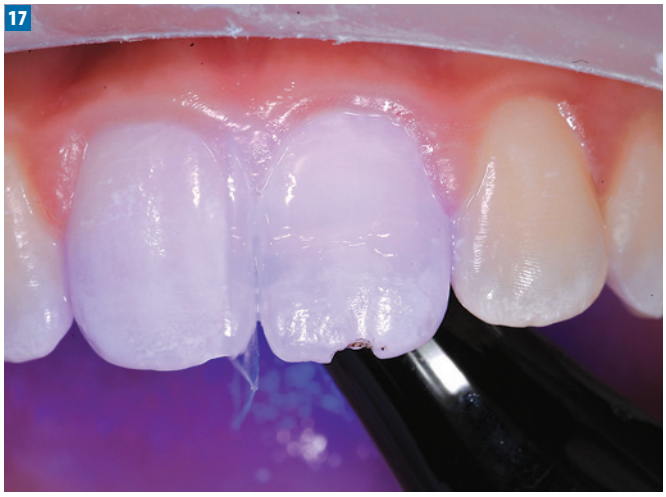
## Opis przypadku

### Diagnoza i plan leczenia

Szesnastolatek, podnosząc w szkole ciężary, złamał ząb nr 9 w części siecznej (fot. 1, 2). Złamany kawałek zęba umieszczono w mleku (2%) i przyniesiono do gabinetu ok. 45 minut po wypadku. Złamanie nastąpiło na wysokości, gdzie było brak ok. 1/3 części zęba i oprócz tego zębina pozostawała w inny sposób nietknięta, z dobrą higieną wewnątrzustną (fot. 3). Miazga była czysta, z bardzo nieznacznym krwawieniem (fot. 4) (31).

Ze względu na stosunkowo krótki czas obnażenia, kontrolowane krwawienie i ogólny dobry stan zdrowia pacjenta oczekiwano pozytywnych rezultatów leczenia. Jednakże pacjent został





**Fot. 15.** Ten sam uniwersalny środek wiążący nałożono na ząb i rozprowadzono na cienką warstwę z użyciem powietrza **Fot. 16.** Warstwa kompozytu *flow* typu giomer (*Beautiful Flow Plus*, Shofu) została nałożona na fragment i dopasowana na zębie **Fot. 17.** Nadmiar materiału, który wypłynął, został pozostawiony i utwardzony tak, by nie przemieścić fragmentu ani nie zaburzyć wiązania

**Fig. 15.** The same universal bonding agent was applied to the tooth and air-thinned **Fig. 16.** A layer of giomer flowable composite resin (Beautiful Flow Plus, Shofu Dental) was placed on the defect side of the fragment and placed on the tooth **Fig. 17.** The flash of extra material was left in place and cured so as not to disturb the bonding of the material, and then light cured

**Fot. 18.** Po polimeryzacji usunięto nadmiar materiału wraz z 1 mm szkliwa powierzchni licowej tak, by można było nałożyć kompozytową licówkę i dodać siły wypełnieniu **Fot. 19.** Po preparacji wytrawiono, zabondowano powierzchnię licową i nakładano kompozyt. Dopracowano estetykę, dodając plamki **Fot. 20.** Dobudowa została wymodelowana, oszlifowana i dopasowana okluzyjnie **Fot. 21.** TheraCal LC jest dobrze widoczny na rtg., co czyni go łatwym do zlokalizowania **Fot. 22.** Rezultatem jest trwałe, dobrze uszczelnione wypełnienie **Fot. 23.** Po 10 miesiącach odbudowa i żywotność zęba przejawiają pozytywny rezultat

**Fig. 18.** After polymerization, the flash was removed along with about one mm of facial enamel so that a composite veneer could be placed to add strength to the restoration **Fig. 19.** After preparation, the facial surface was etched, bonded, and composite was placed. Characterization was done with a composite resin stain **Fig. 20.** The restoration was shaped, polished, and taken out of occlusion **Fig. 21.** TheraCal LC is very radiopaque, making it easily identifiable **Fig. 22.** The result is a conservative restoration that is well-sealed **Fig. 23.** At 10 months, the restoration and vitality of the tooth remain with a pleasing outcome

poinformowany o możliwości ciemnienia zęba, nadwrażliwości, zmian okołowierzchołkowych, spontanicznej bolesności, wystąpieniu opuchlizny i innych symptomach, jakie mogą wskazywać na potrzebę przeprowadzenia leczenia endodontycznego (32). Badanie rtg. nie wykazało widocznych pęknięć poddziąsłowych ani innych problemów PA (fot. 5).

Po ostrzeżeniu o oznakach infekcji lub obumarcia pacjenta wyraził on zgodę na przykrycie żywej miazgi materiałem TheraCal (fot. 6).

**Protokół kliniczny**

Wilgotny fragment zęba poddano oględzinom, opłukano i przymierzono do zęba, by sprawdzić dopasowanie (fot. 7). Brakowało tylko małego fragmentu krawędzi siecznej.

Powierzchnię złamanego zęba i miazgi czyszczono za pomocą podchlorynu sodu na mikroaplikatorze i pozwolono mu działać przez ok. 30 sekund (fot. 8). Nałożono 1-milimetrową warstwę TheraCal LC i utwardzono przez 10 sekund światłem na powierzchni okluzyjnej, twarzowej i językowej, by zapewnić odpowiednią polimeryzację (fot. 9). Dołożono starań, by nałożyć podkład od 0,5 mm do 1 mm poza obnażenie, na zdrową zębinę, jednocześnie utrzymując materiał z dala od szkliwa tak, by mogło nastąpić precyzyjne uszczelnienie wypełnieniem ostatecznym (fot. 10).

Fragment wilgotnego zęba został pogłębiony wiertłem 330, aby zmniejszyć nacisk w miejscu, gdzie nałożono materiał podkładowy (fot. 11). Po sprawdzeniu dopasowania przystąpiono do wytrawienia kwasem fosforowym (Etch 37% z czynnikiem antybakteryjnym BAC, BISCO Dental Products, przez 20 sekund i dokładnie je spłukano (fot. 12). Chlorek benzylkonium (tzw. BAC) jest środkiem antybakteryjnym, który pomaga wyeliminować bakterie i może pomóc w dezynfekcji preparacji. Po opłukaniu nałożono kilka warstw uniwersalnego środka wiążącego (All Bond Universal, BISCO Dental Products) i rozprowadzono na cienką warstwę za pomocą powietrza. Ząb został wyizolowany wewnątrzustnie rozwierakami (See-More, Philips), następnie nałożono pasek Mylar oraz wytrawiacz kwasu fosforowego z BAC, opłukano dokładnie i odessano wodę (fot. 14). Kilka warstw środka wiążącego (All Bond Universal) zostało nałożonych i rozprowadzonych na cienką warstwę za pomocą powietrza, a następnie utwardzonych światłem przez 20 sekund (fot. 15). Płynny kompozyt typu giomer (Beautiful Flow Plus, Shofu Dental) nałożono na wnętrze odłamanego kawałka zęba i umieszczono na zębie (fot. 16). Materiał ten jest świetną kombinacją siły, płynności i uwalnianego oraz przyjmowanego fluoru, co czyni go idealnym do ponownego umieszczania fragmentów, ich właściwego ustawienia i przeciwdziałania ewentualnym mikroprzeciekom (33, 34). W następnej kolejności utwardzano światłem przez 20 sekund z obydwu stron, językowej i twarzowej (fot. 17). Pozwolono, by płynny kompozyt wypłynął z odbudowanego kawałka i utwardzono bez oczyszczania materiału, aby uniknąć przemieszczenia fragmentu przyklejanego kawałka własnego zęba (fot. 18).

# Case report

**Diagnosis and treatment planning**

A 16-year-old male broke tooth No. 9 off at the incisal portion of the pulp while lifting weights at school (Fig. 1 and 2). The broken piece of tooth was placed in milk (2%) and was brought to the office about 45 minutes after the accident. The break was at a level where about two thirds of the tooth was missing and the dentition otherwise was intact with good oral hygiene (Fig. 3). The pulp was clean with very little bleeding (Fig. 4) (31). Because of the relatively short time of exposure, the controlled bleeding, and the overall general health of the patient, a successful result was expected. However, the patient was informed of the possibility of darkening, sensitivity, periapical radiolucency, spontaneous pain, swelling, and other symptoms that may indicate the need for subsequent endodontic treatment (32). Radiographic examination showed no obvious subgingival fractures or PA problems (Fig. 5). After warning the patient about signs of infection or necrosis, vital pulp capping with a RMCS liner (TheraCal LC) was agreed upon (Fig. 6).

**Clinical protocol**

The moist tooth fragment was inspected, rinsed, and placed on the tooth to verify the fit (Fig. 7). Only a small amount of incisal edge was missing. The surface of the broken tooth and pulp was cleaned with sodium hypochlorite on a microbrush and allowed to set for about 30 seconds (Fig. 8). A one-mm layer of TheraCal LC was then placed and light-cured 10 seconds from the occlusal, 10 seconds from the facial, and 10 seconds from the lingual to insure adequate polymerization (Fig. 9). Care was taken to place the liner 0.5 mm to 1.0 mm onto sound dentin away from the defect while keeping the material away from the enamel so that excellent sealing of the restoration could occur (Fig. 10).

The moist tooth fragment was hollowed out with a 330 bur to provide relief where the liner was placed (Fig. 11). After verification of fit it was then etched with phosphoric acid (Etch 37 with BAC, BISCO Dental Products) for 20 seconds and rinsed thoroughly (Fig. 12). The benzylkonium chloride, BAC, is a microbial agent that aids in the killing of bacteria and may help with the disinfection of the preparation. After rinsing, several coats of a universal dentin bonding agent was applied (All Bond Universal, BISCO Dental Products) and air-thinned (Fig. 13). Inside the mouth the tooth was isolated with retractors (See-More, Phillips), a Mylar strip placed, and phosphoric acid with the BAC etchant placed, rinsed thoroughly, and suctioned moist (Fig. 14). Several coats of universal bonding agent (All Bond Universal) were applied, air thinned, and light-cured for 20 seconds (Fig. 15). A giomer flowable composite (Beautiful Flow Plus, Shofu Dental) was placed inside the broken piece and repositioned onto the tooth (Fig. 16). This material has a great combination of strength, flow, and fluoride release and rechargeability, making it ideal for proper fragment positioning and

**Fot. 24.** Jeśli pojawią się symptomy i konieczność terapii endodontycznej, można rozważyć możliwość zastosowania koron ceramicznych lub licówek
**Fig. 24.** Should symptoms arise and endodontic therapy be needed, a ceramic veneer or full-coverage all-ceramic crown could be considered and done

By zwiększyć ogólną wytrzymałość odbudowy i zmniejszyć ryzyko mikroprzecieku, część licowa została nalicowana kompozytem mikrohybrydowym. Po dokładnym utwardzeniu fragment kompozytu *flow*, który pozostał po nakładaniu, został usunięty wiertłem diamentowym, a szkliwo zostało zmatowione, usunięto ok. 1 mm struktury zęba. Następnie część licowa została wytrawiona i nałożono środek wiążący na zębinę. Warstwy i odcienie kompozytu dodano, by naśladować estetykę charakterystyczną dla zęba i odbudowy odprysku siekacza (fot. 19). Wykonano rzeźbienie za pomocą diamentowego wiertła do wykończenia oraz z użyciem dysków polerskich (fot. 20). Ząb został lekko dopasowany okluzyjnie. Widoczność podkładu z krzemianu wapnia modyfikowanego żywicą jest wyraźna na zdjęciu rtg. (fot. 21).

## Komentarz końcowy

Rezultatem jest estetycznie zadowalająca i minimalnie inwazyjna odbudowa (fot. 22, 23). Przedzabiegowy stan zęba (pęknięcie obejmujące miazgę) przedstawiał dla lekarza szeroką gamę opcji terapeutycznych. Mantra stomatologii zachowawczej jest powtarzana tak długo, jak istnieje rozsądny poziom osiągnięcia spodziewanego sukcesu, a pacjent jest ostrzeżony o możliwych znakach niepowodzenia takiego leczenia, co, jak w tym przypadku, uwzględniało możliwość ciemnienia, opuchlizny i innych oznak martwicy. Po 10 miesiącach odbudowa funkcjonuje dobrze i nie wykazuje takich symptomów (fot. 24). Pacjent jest w pełni świadomy konieczności dalszego postępowania zachowawczego w przyszłości.

PIŚMIENNICTWO

**Piśmiennictwo dostępne w wersji mobilnej.**

inhibition of micro leakage (33, 34). Light-curing was then done for 20 seconds from both the lingual and facial (Fig. 17). The flowable composite was allowed to flow out from the restored piece and cured with flash intact so that the fragment would not be „bumped", disturbing the bonding of the material (Fig. 18).

To increase the overall strength of the restoration and decrease the chances of microleakage, the facial was veneered with a microhybrid composite. After thorough curing, the flowable flash that remained from fragment placement was removed with a diamond bur and the enamel was roughened removing around one mm of tooth structure. The facial was then etched and dentin bonding agent applied. Tints and layers of composite were added to mimic the aesthetic characteristics of the tooth and restoration of the incisal chip (Fig. 19). Shaping was done with a finish diamond, bur, and polishing disks (Fig. 20). The tooth was adjusted out of occlusion slightly. The opacity of the RMCS liner is readily evident in the radiograph (Fig. 21).

## Closing comments

The result was an aesthetically pleasing and minimally invasive restoration (Figs. 22 and 23). The preoperative condition of the tooth (fractured and involving the pulp) presented a wide range of therapeutic options to the dentist. The mantra of conservative dentistry is carried on as long as the therapy provided has a reasonable degree of expected success and the patient is warned of signs of failing treatment; and in this case, this included the possibility of darkening, pain, swelling, and radiographic signs of necrosis. At 10 months, the restoration is asymptomatic and the restoration is functioning well (Fig. 24). The patient is also fully aware of the need for further restorative work in the future.