

# Klinické hodnotenie liečby hlbokých zubných kazov bioaktívnym materiálom Biodentine™

## Clinical assessment of deep caries lesions treated with bioactive material Biodentine™

Šestáková, M., Angelovičová, I., Ivančová, E., Ivančo, J.

MUDr. Marcela Šestáková, PhD., 1. stomatologická klinika LF UPJŠ a UNLP Košice, Súkromná stomatologická ambulancia DDDental s. r. o., Košice

MDDr. Ivana Angelovičová, Súkromná stomatologická ambulancia DDDental s. r. o., Košice

MDDr. Eleonóra Ivančová, PhD., Klinika stomatológie a maxilofaciálnej chirurgie LF UPJŠ a UNLP Košice, Súkromná stomatologická ambulancia DDDental s. r. o., Košice

MUDr. Jozef Ivančo, CSc., Súkromná stomatologická ambulancia DDDental s. r. o., Košice

### Abstrakt

Význam bioaktívnych materiálov v súčasnom zubnom lekárstve je nepopierateľný. V našom príspevku sme sa zamerali na klinické hodnotenie kavít ošetrených bioaktívnym materiálom Biodentine™. Diagnózy, pri ktorých sme materiál použili, boli caries dentis profunda a caries dentis pulpae proxima. Ošetrených kavít bolo 102, a to v období rokov 2012 – 2018. Úspešnosť liečby bola 90 % v tom zmysle, že pacient nepotreboval endodontické ošetrenie a bioaktívny materiál v kavite plnil funkciu náhrady strateného dentínu. V 10 % kavít sme napriek snahe o zachovanie vitality zuba museli pristúpiť k endodontickému ošetreniu zuba. V jednom prípade došlo k vertikálnej fraktúre zuba, ktorá nebola konzervačne ošetriteľná a zub bol indikovaný na extrakciu. Z uvedeného vyplýva, že aplikácia bioaktívnych materiálov má svoje opodstatnenie, okrem iného pri diagnózach, kde sa snažíme o zachovanie vitality zuba napriek intímnemu kontaktu lézie a zubnej drene.

**Kľúčové slová:** bioaktívny materiál, Biodentine™, caries dentis profunda et pulpae proxima, úspešnosť terapie.

### Abstract

The importance of bioactive materials in contemporary dentistry is undeniable. In our paper, we focused on the clinical assessment of cavities treated with bioactive material Biodentine™. The bioactive material was used in diagnosing the deep caries and caries close to pulp. In the years 2012 to 2018, 102 cavities were treated. The therapeutic efficacy reached 90%. No endodontic treatment was necessary; the carious dentine of the tooth was completely substituted with bioactive material. In 10% of the cases the root canal treatment was indicated in order to preserve the vitality of the tooth. In one case a vertical fracture occurred, the tooth was conservatively untreatable and indicated for extraction. According to our findings, the use of bioactive materials is reasonable, especially in cases when we try to maintain the vitality of a tooth despite a close contact of the caries lesion with the dental pulp.

**Key words:** bioactive material Biodentine™, deep caries and caries close to pulp, therapeutic efficacy.

### Úvod

Bioaktívne materiály majú v súčasnom zubnom lekárstve nespochybniteľné postavenie. Snaha

o zachovanie vitality zuba pri hlbokých kariéznych léziách je z hľadiska konzervačného zubného

lekárstva prioritná. Momentálne sú na trhu k dispozícii rôzne typy materiálov, ktoré so zápalovou reakciou zubnej drene alebo bez nej provokujú tvorbu terciárneho dentínu, a tým vytvárajú predpoklad, že liečba intímnych defektov tvrdých zubných tkanív s pulpou si nebude vyžadovať endodontické ošetrenie. V našom príspevku sme sa rozhodli vyhodnotiť efektivitu liečby hlbokých zubných kazov preparátom Biodentine™.

#### Materiál a metodika

V období rokov 2012 – 2018 sme týmto bioaktívnym materiálom ošetrili 102 kavit pacientov. V grafe č. 1 je rozloženie počtu jednotlivých ošetrení v priebehu sledovaného obdobia. Išlo o indikácie caries dentis profunda a caries dentis pulpae proxima. Pred ošetrením reagovali všetky zuby na chladovú skúšku vitálne, žiaden nevykazoval známky hyperémie či pulpitídy. Lokalizácia defektov bola hlavne v premolárovej a molárovej oblasti, rozloženie kavit detailne zobrazuje tabuľka č. 1. Pri exkavácii kariézneho dentínu sme použili štandardné terapeutické postupy. Exkavácia bola strojová, pomocou preparačných vrtákov v kolienkovom násadci s prevodom 1 : 1. Exkavovaná dutina bola kontrolovaná detekčným farbivom – caries markerom a pred samotnou aplikáciou materiálu dezinfikovaná 0,12 % roztokom chlórhexidínu. Kavita bola relatívne izolovaná, v prípade kavit zasahujúcich do aproximálnych priestorov bol adaptovaný matricový systém. Príprava materiálu prebiehala podľa inštrukcií výrobcu, do kavity sa bioaktívny materiál aplikoval pomocou adekvátneho inštrumentária, pričom vyplňal celú exkavovanú dutinu. Po vyplnení kavity sa materiál nechal

dotuhnúť. Po 15 minútach sa matricový systém v prípade aproximálnych kavit odstraňoval, výplň sa skontrolovala v artikulácii a pacient s ňou odchádzal (obr. 1). Definitívna terapia nasledovala najskôr po 2 a najneskôr po 6 týždňoch od aplikácie bioaktívneho materiálu. Výber materiálu na definitívnu terapiu závisel od klinického obrazu, lokalizácie defektu a vôle pacienta.



**Obr. 1.** Kontrolná intraorálna rtg snímka d. No 36 po aplikácii bioaktívneho materiálu Biodentine™ v rozsahu MO kavity

**Fig. 1.** An X-ray of the tooth 36 after application of Biodentine™ material

**Tab. 1.** Lokalizácia kavit podľa typu zuba s počtom príslušných zubov ošetrených bioaktívnym materiálom Biodentine™

**Tab. 1.** Location of cavities according to the type of tooth with number of teeth treated with Biodentine™

LOKALIZÁCIA KARIÉZNYCH LÉZIÍ						
regio/kvadrant	40	30	20	10	spolu	%
1P	0	0	6	1	7	7 %
2P	3	1	5	5	14	14 %
1M	15	10	8	12	45	44 %
2M	6	8	7	10	31	30 %
3M	1	2	1	0	4	3 %
iné	0	0	0	1	1	2 %
spolu	25	21	27	29	102	
%	25 %	21 %	26 %	28 %		

## Výsledky

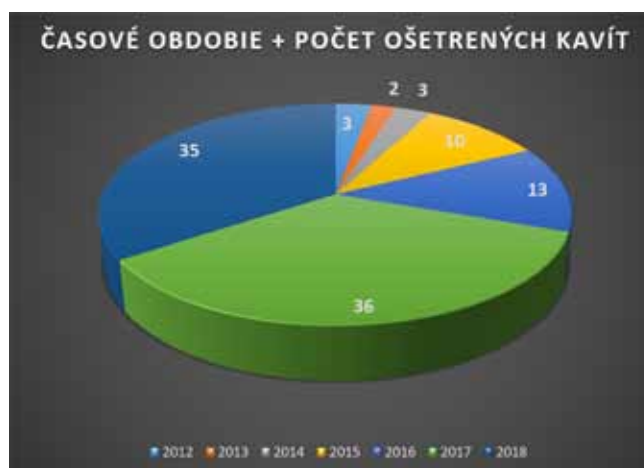
Zo sumárneho počtu 102 kavít bola lokalizácia defektov prevažne v distálnom úseku chrupu. Oblasť premolárov tvorila 21 % zo všetkých kavít, oblasť molárov 77 % a v 1 % sme materiál aplikovali vo frontálnom úseku chrupu (tab. 1).

Po aplikácii materiálu pacienti udávali po odznení lokálnej či zvodovej anestézie citlivosť až bolestivosť ošetrovaného zuba, ktorá zvyčajne nepresiahla 3 dni. Po tomto období citlivosť zuba náhle ustúpila, zvyčajne úplne, a až do ošetrovania definitívnou výplňou sa už neprejavila. Definitívna liečba závisela od klinického obrazu, lokalizácie defektu a od dohody pacienta s ošetrovujúcim lekárom o výbere definitívnej výplne. V 70 % sme ako definitívnu výplň volili kompozitný materiál (obr. 2), v 20 % to bola amalgámová výplň. Z celého súboru 102 kavít sme jeden zub extrahovali pre vertikálnu fraktúru, ktorú sme konzervačne nedokázali ošetriť. V desiatich prípadoch a teda v 10 % naša liečba napriek aplikácii bioaktívneho materiálu skončila endodontickým ošetrovaním zuba. Najdlhší časový odstup, ktorý sme pozorovali pri indikácii endodontického ošetrovania, bol 7 mesiacov od aplikácie bioaktívneho materiálu. Rozbor terapeutických výsledkov je prezentovaný v grafe č. 2.



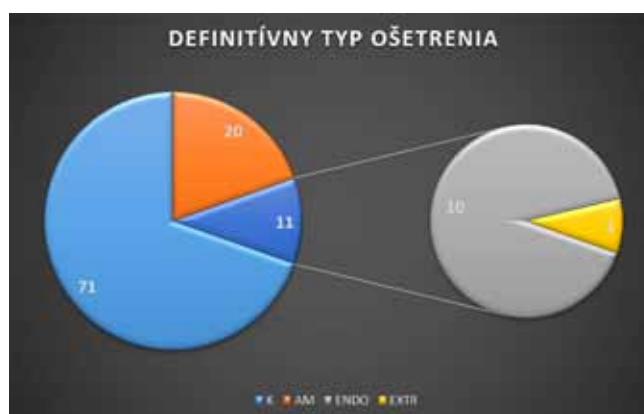
**Obr. 2.** Kontrolná intraorálna rtg snímka d. No 36 po zhotovení definitívnej kompozitnej výplne technikou zatvoreného sandwichu. Bioaktívny materiál je definitívnou náhradou strateného dentínu.

**Fig. 2.** An X-ray of the tooth 36 after final composite filling ('closed' sandwich technique used). The bioactive material is a definitive replacement for the lost dentin.



**Graf 1.** Obdobie aplikácie bioaktívneho materiálu Biodentine™ podľa rokov a počet ošetrovaných kavít v príslušnom období

**Graf 1:** Period of application of bioactive material Biodentine™ according to years and number of treated cavities in the relevant periods.



**Graf 2.** Definitívny typ ošetrovania s príslušným počtom výkonov

**Graf 2.** Definitive type of treatment with number of procedures

## Diskusia

### Indikácia bioaktívnych materiálov

Náhrada stratených zubných tkanív je v súčasnosti orientovaná na maximálnu ochranu vitálneho tkaniva zuba a mechanickú odolnosť samotného rekonštrukčného materiálu. Materiály na báze kalcium hydroxidu spĺňajú vlastnosti ochrany pulpného tkaniva tým, že svojím zásaditým pH provokujú odontoblasty k tvorbe dentínových mostíkov v priebehu 3 mesiacov so slabou či miernou zápalovou reakciou pulpného tkaniva v bezprostrednej blízkosti defektu. Záujem o bioaktívne materiály, ktoré sú na báze portlandského

**Tab. 2.** Indikačná šírka bioaktívneho materiálu Biodentine™ podľa [1], K – kompozitná výplň, AM – amalgámová výplň

**Tab. 2.** Biodentine™ indication scale according to [1], K – a composite filling, AM – an amalgam filling

INDIKAČNÁ ŠÍRKA MATERIÁLU			
LOKALIZÁCIA	DIAGNÓZA	BIODENTÍN	DEFINITÍVNA TERAPIA
KLINICKÁ KORUNKA	caries dentis media	dočasná výplň	
	caries dentis profunda	definitívna náhrada dentínu	K/AM
	caries dentis pulpae proxima	nepriame prekrytie pulpy	
		definitívna náhrada dentínu	K/AM
		priame prekrytie pulpy	
		definitívna náhrada dentínu	K/AM
	caries dentis ad pulpam penetrans	pulpotómia + prekrytie	K/AM
KOREŇ	penetrácie – via falsa	obturácia	
	externá resorpcia	obturácia	
	interná resorpcia	obturácia	
	trauma	obturácia	
	trauma	apexifikácia	
	resectio apicis dentis	retrográdna obturácia koreňa	

cementu – minerál trioxid agregátu (MTA) – trikalcium + dikalcium silikátu je opodstatnený, keďže materiál provokuje tvorbu terciárneho dentínu už v priebehu 2 mesiacov, a to bez lokálnej zápalovej reakcie pulpy. Biodentine™ je bioaktívnym materiálom na báze trikalcium silikátu s vylepšenými mechanickými vlastnosťami, čo ho predurčuje ako náhradu strateného dentínu [1]. Indikačná šírka materiálu je rozsiahla, materiál má svoje uplatnenie v konzervačnom zubnom lekárstve, endodoncii a pedostomatológii. V tabuľke č. 2 je sumár diagnóz a prehľad aplikácií, pri ktorých je možné Biodentine™ ako bioaktívny materiál použiť.

#### Zloženie materiálu a manipulácia

Prezentovaný materiál je dvojzložkový. Dodáva sa vo forme prachu a tekutiny. Do kapsule s prachom sa pridáva 5 kvapiek tekutiny a uzavretá kapsula sa mieša v amalgámátore pri 4000 rpm 30 sekúnd. Namiešaný materiál je krémovej konzistencie, podľa informácií výrobcu tuhne v kaviťte 12 minút. Tuhnutie materiálu prebieha hydratačnou reakciou. Po pridaní tekutiny sa kalcium silikát čiastočne rozpustí a vzniká hydrogél, ten precipituje na nerozpustených silikátových časticiach, čím sa stráca porozita materiálu a narastá jeho pevnosť [1]. Tabuľka č. 3 uvádza zloženie materiálu v prehľade.

**Tab. 3.** Zloženie bioaktívneho materiálu Biodentine™ podľa [1]

**Tab. 3.** Composition of bioactive material Biodentine™ according to [1]

ZLOŽENIE BIODENTINE™			
PRÁŠOK			
	trikalciumsilikát	C3S	hlavná zložka materiálu
	dikalciumsilikát	C2S	prídavná zložka materiálu
	calcium karbonát		plnivo
	oxidy železa		farbivo
	oxid zirkónia		rtg kontrast
TEKUTINA	kalcium chlorid		urýchľovač tuhnutia
	hydrofilné polyméry		absorbenty vody

#### Účinok bioaktívnych materiálov na zubnú dreň a tvrdé zubné tkanivá

Existuje množstvo štúdií, ktoré sledujú účinky bioaktívnych materiálov a navzájom jednotlivé materiály porovnávajú.

Biokompatibilita a genotoxicita materiálu sa skúma priamym kontaktom Biodentine™ s bunkami zubnej drene in vitro. Pri priamom kontakte materiálu s pulpálnym tkanivom dochádza k provokácii expresie špecifického humánneho markeru odontoblastov – nystatínu a dentínového sialoproteínu [1].

Dalšie s kolektívom vo svojej práci pozorovali reakciu pulpálneho tkaniva pri priamom prekrytí

Biodentinom™ a materiálom MTA. Sledovali expresiu dvoch markerov, a to osteopontínu – kostného sialoproteínu a alkalickéj fosfatázy pomocou imunohistochemickej reakcie. Biodentine™ stimuluje obdobné markery ako MTA, avšak podľa výsledkov štúdie ich farebná detekcia bola pri Biodentine™ intenzívnejšia a pozorovateľná na väčších plochách pulpálneho tkaniva po priamom prekrytí zubnej drene [4].

Mullaguri s kolektívom hodnotili reakciu vitálneho tkaniva na dentálne materiály in vitro. Išlo o tkanivo získané od dobrovoľníkov, a to fibrínu bohatého na krvné doštičky. Autori štúdie sledovali hodnoty transformujúceho rastového faktora – TGF-β1 a architektúru fibrínu po kontakte s tromi rôznymi materiálmi – Biodentinom™, skloionomérnym cementom a kompozitným materiálom. Je známe, že TGF-β1 indukuje osteoblastickú proliferáciu, premenu odontoblastov a angiogézu. Na základe pozorovania autorov Biodentine™ a skloionomérny cement zvyšovali hodnoty transformujúceho rastového faktora v porovnaní s kontrolnou skupinou pri odčítaní po jednej a aj po piatich hodinách. Po prvej hodine bolo uvoľňovanie TGF-β1 pri Biodentine™ signifikantne vyššie ako pri skloionomérnom cemente. Po piatich hodinách aj Biodentine™ aj skloionomérny cement uvoľnili výrazne viac TGF-β1 v porovnaní s kompozitným materiálom. Pri porovnaní fibrilárnej architektúry tkaniva sa zistilo, že v skupine so skloionomérnym cementom a kompozitným materiálom došlo ku kolapsu fibrínových vlákien a prítomnosti iregulárne lokalizovaných porozít, čo sa pri aplikácii Biodentine™ nepozorovalo. Biodentine™ teda pozitívne vplyva na uvoľňovanie TGF-β1 a zároveň zachováva integritu fibrínu v porovnaní so skloionomérnym cementom a kompozitným materiálom [9]. Zároveň je pozorovaná signifikantná redukcia produkcie prozápalového cytokínu tumor necrosis faktora α ako jedného z najznámejších cytokínov [5].

Ďalšia štúdia porovnávala výsledky v prípade použitia prípravkov Dycal® a Biodentine™. Výsledky sa odčítavali po 3 a 8 týždňoch. V žiadnej zo sledovaných vzoriek sa nepozorovala zápalová reakcia pulpálneho tkaniva. Prítomná bola zóna postoperačne sformovaného mineralizovaného matrixu atubulárneho charakteru. Terciárny dentín s formáciou osteodentínu bol pozorovaný pri aplikácii Biodentine™ a hrúbka terciárneho dentínu bola signifikantne väčšia v porovnaní s materiálom Dycal® [13].

Pri ďalšom sledovaní sa Biodentine™ a materiál MTA aplikovali na exponovanú zubnú dreň intaktných molárov indikovaných na extrakciu z ortodontických príčin. Po šiestich týždňoch boli zuby extrahované a podrobené histologickému vyšetreniu. Väčšina vzoriek preukázala vytvorenie dentínového mostu bez prítomnosti inflamatórnej odpovede pulpy. Pozorovaná bola formácia tubulárneho dentínu a osteodentínu. Štatisticky sa rozdiel medzi efektivitou Biodentine™ a MTA v tomto prípade nepotvrdil [10].

Pri porovnaní 3 materiálov – cementu obsahujúceho 80 % trikalciom silikátu a 20 % zirkónium oxidu T CS-20-Z, Biodentine™ a MTA Angelus™ sa hodnotila špecifická povrchová vrstva a veľkosť častíc a ich distribúcia pomocou elektrónového mikroskopu. Porovnávali sa nehydratované cementy a cementy hydratované po stuhnutí. Sledovala sa zmena ich mineralógie a mikroštruktúry, hodnota bioaktivity a hydratácie. Zároveň sa vyhodnocoval rtg kontrast podľa ISO normy 6876. Dehydratované cementy obsahovali trikalciom silikát a rádioopáknú zložku zirkónium oxid pri Biodentine™ a T CS-20-Z. MTA Angelus™ ako rtg kontrastnú látku obsahuje oxid bizmutitý. Biodentine™ navyše obsahuje častice uhličitanu vápenatého, MTA Angelus™ má dikalcium silikát, trikalciom aluminát, kalcium, alumínium a oxidy kremíka. Pri Biodentine™ sa pozorovala väčšia, špecificky povrchovo aktívna plocha v porovnaní s ostatnými dvoma cementmi. Po hydratácii sa okolo trikalciom silikátových zŕn vytvorí reaktívny pás. Najrýchlejšia reakcia sa pozorovala pri Biodentine™. Trikalciom silikát v MTA hydratoval najpomalšie, čo bolo evidentné z reakčného pásu reprezentovaného hydratovaným kalcium silikátom okolo trikalciom silikátových zŕn verifikovaného kalorimetrickým meraním. Vedľajším produktom vznikajúcim pri hydratácii všetkých cementov bol hydroxid vápenatý vznikajúci exotermickou reakciou. Najväčšie množstvo hydroxidu vápenatého sa vytvorilo pri materiáli MTA a to je práve dôvodom nižšej denzity, čo sa týka mikroštruktúry v porovnaní s Biodentinom™ a T CS-20-Z. Všetky materiály sú však bioaktívne a dovoľujú ukladanie hydroxyapatitu na kontaktnej ploche materiál a tvrdé zubné tkanivá [3].

Pri porovnaní kontaktných plôch bioaktívnych materiálov a dentínu s odstupom 4 týždňov pomocou elektrónového mikroskopu hrúbka vytvoreného mostíka bola v prospech materiálu MTA, pričom bola 14,5 μm. Pri použití Biodentine™ to bolo 4,8 μm. Rozdiel medzi pomerom Ca/P nebol

medzi oboma použitými materiálmi signifikantný [11]. Hodnotenie rýchlosti vytvorenia dentínového mostíka pri exponovanom pulpálnom tkanive sa pozorovalo aj pri potkaních a sviných zuboch. Po aplikácii Biodentinu™ sa dentínový most vytvoril za 4 týždne, pri použití hydroxidu vápenatého to bolo medzi 3 – 8 týždňami [6, 12, 14].

Účinok bioaktívnych materiálov sa prejavuje nielen na vitálnom tkanive zuba, ale aj na tvrdých zubných tkanivách. Svedčí o tom štúdia realizovaná autor-ským kolektívom Li Xin a kol. Na umelo demineralizovaných nekariéznych kavitách prvej Blackovej triedy tretích molárov po 6 týždňoch od aplikácie potvrdil remineralizačný efekt Biodentinu™ a materiálu ProRoot MTA. Napriek tomu, že nedošlo ku kompletnej remineralizácii, tento potenciál uvedené materiály bezpochyby majú [7].

#### *Voľba definitívnej výplne a väzba biomateriálu Biodentine™ ku kompozitu a amalgámu, farebná stabilita ošetrovaných zubov*

Tu sa názory na väzbu Biodentine™ a definitívna výplň v rôznych štúdiách rozchádzajú. Na jednej strane existujú zdroje, ktoré potvrdzujú veľmi dobrú väzbu medzi bioaktívnym materiálom a kompozitnou výplňou. Postup prípravy pracovného poľa pritom nie je rozhodujúci a techniky total etching, selektívny etching a self etch sú použiteľné bez obmedzenia [1].

Na druhej strane sú štúdie, ktoré negatívne dokumentujú vplyv kyseliny ortofosforečnej na bioaktívny materiál a nie úplne pozitívne hodnotia aj väzbu medzi bioaktívnym materiálom a definitívnou výplňou.

Biodentine™ po aplikácii 37 % kyseliny ortofosforečnej vykazuje štrukturálne zmeny. Mení sa aj chemické zloženie v zmysle poklesu kalcia v materiáli. Pri použití sandwichovej techniky zhotovenia definitívnych výplní sa neodporúča pri Biodentine™ zhotovenie výplne technikou otvoreného sandwichu, pretože dochádza k pozorovaniu mikro-leakage [2].

Avšak aj väzba Biodentinu™ voči kompozitnému materiálu nie je v porovnaní s inými materiálmi ideálna, väzba skloionomérny cement a kompozit je v porovnaní s Biodentinom™ vyhovujúcejšia [8]. Väzba medzi Biodentine™ a amalgámovou výplňou je čisto makromechanická.

Farebná stabilita ošetrovaných zubov bola hodnotená v štúdiu, v ktorej sa porovnávali väzby MTA a kompozitná výplň a Biodentine™ a kompozitná výplň. Farba bola hodnotená spektrofotometrom s odstupom jedného a dvoch týždňov

a jedného, troch a šiestich mesiacov. Farebná stabilita Biodentinu™ v porovnaní s materiálom MTA bola lepšia. Diskolorácia pri použití MTA bola pozorovaná už po prvom týždni od aplikácie a časom sa zvyrazňovala [15].

#### **Záver**

Na základe informácií získaných štúdiom dostupných vedeckých publikácií a vlastným pozorovaním súboru pacientov ošetrovaných bioaktívnym materiálom sme dospeli k týmto záverom: použitie materiálu Biodentine™ pri ošetrovaní zubov s diagnózou caries dentis profunda et caries dentis pulpae proxima má svoje opodstatnenie. Vzhľadom na remineralizačný potenciál tohto materiálu je možné ho aplikovať do kavity i pri ponechaní tenkej vrstvy kariézného dentínu v prípade, že jeho exkaváciou by došlo k exponovaniu zubnej drene. Zároveň je potrebné si uvedomiť, že takto ošetrovaný zub by nemal vykazovať klinickú symptomatológiu hyperémie zubnej drene či pulpitídy. V tom prípade je aplikácia bioaktívneho materiálu s cieľom zachovania vitality zuba otázná. Zachovanie vitality v 90 % ošetrovaných kavit v našom súbore považujeme za úspech vzhľadom na rozsah kariéznych lézií, ktoré boli prítomné na zuboch. Po definitívnom stuhnutí je materiál dostatočne mechanicky odolný voči žuvaciemu tlaku. Ani v jednom prípade nedošlo k uvoľneniu výplne z vypreparovanej kavity. Biodentine™ je preto možné považovať za materiál vhodný ako dlhodobé provizorium. Pred zhotovením definitívnej výplne sa v našom súbore kontrolovala vitalita zuba a až následne bola zhotovená výplň. Odstránenie bioaktívnej dočasnej výplne bolo len v zmysle zabezpečenia vhodnej retencie a rezistencie definitívnej výplne, pričom vždy sme zhotovovali výplň, ktorá svojím rozsahom kompletne izolovala bioaktívny materiál od vonkajšieho prostredia ústnej dutiny. V nami pozorovanom období sme pristúpili k endodontickému ošetrovaniu v 10 % prípadov. Nevýhody, ktoré je potrebné spomenúť, sú z nášho pohľadu dve: namiešaný materiál je krémovej konzistencie a aplikácia materiálu do kavity v zuboch v hornom zubnom oblúku je relatívne náročná, pretože materiál má tendenciu stekať pôsobením gravitácie. Druhou skutočnosťou, ktorú treba mať na zreteli, je možná bolesť zuba po odznení anestézie. Na to je potrebné pacienta dopredu upozorniť. Táto bolesť na základe referencií pacientov zvyčajne na tretí deň úplne

odzneje. Materiál Biodentine™ sa v nami sledovanom súbore osvedčil a môžeme ho považovať za vhodný materiál na ošetrovanie hlbokých kariéznych defektov.

#### Literatúra

1. ABOUT, I.: Biodentine: from biochemical and bioactive properties to clinical applications Biodentine, *Giornale Italiano di Endodonzia* (2016) 30, 81 – 88.
2. CAMILLERI, J.: Investigation of Biodentine as dentine replacement material, *J of Dentistry*, Vol. 41, Issue 7, Júl 2013, str.: 600 – 610.
3. CAMILLERI, J., SORRENTINO, F., DAMIDOT, D.: Investigation of the hydration and bioactivity of radiopacified tricalcium silicate cement, Biodentine and MTA Angelus, *Dental Materials*, Vol. 29, Issue 5, Máj 2013, str.: 580 – 593.
4. DALTOÉ, M. O., WANDERLEY, F., PAULA-SILVA, G., FACCIOLO, L. H., GATÓN-HERNÁNDEZ, P. M., DE ROS-SI, A., SILVA, L. A. B.: Expression of Mineralization Markers during Pulp Response to Biodentine and Mineral Trioxide Aggregate., *J of Endodontics*, Vol. 42, Issue 4, April 2016, str.: 596 – 603.
5. EL KARIM, A. I., MCCRUDDEN, M. T. C., MCGAHON, M. K., CURTIS, M. T., JEANNEAU, CH., GIRAUD, T., IRWIN, G. J., LUNDY, T. F., ABOUT, I.: Biodentine Reduces Tumor Necrosis Factor Alpha – induced TRPA1 Expression in Odontoblastlike Cells, *J of Endodontics*, Vol. 42, Issue 4, April 2016, str.: 589 – 595.
6. GOLDBERG, M., PRADELLE-PLASSE, N., TRAN, X. V., COLON, P., LAURENT, P., AUBUT, V. a kol.: Emerging trends in (bio)material research. Dostupné v: Goldberg, M.: Biocompatibility or cytotoxic effects of dental composites., 1. vydanie, Oxford, Coxmoor Publishing Company; 2009., str.: 181–203.
7. LI XIN, DE MUNCK, J., YOSHIHARA, K., PEDANO, M., VAN LANDUYT, K., ZHICHEN, VAN MEERBEEK, B.: Re-mineralizing dentin using an experimental tricalcium silicate cement with biomimetic analogs, *J of Dentistry*, Vol. 33, Issue 5, Máj 2017, str.: 505 – 513.
8. MERAJI, N., CAMILLERI, J., PHIL, M.: Bonding over Dentin Replacement Materials, *J of Endodontics*, Vol. 43, Issue 8, August 2017, str.: 1343 – 1349.
9. MULLAGURI, H., SURESH, N., SURENDRAN, S., CHITRA, S., PHIL, M.: Role of pH Changes on Transforming Growth Factor-β1 Release and on the Fibrin Architecture of Platelet-rich Fibrin When Layered with Biodentine, Glass Ionomer Cement, and Intermediate Restorative Material, *J of Endodontics*, Vol. 42, Issue 5, Máj 2016, str.: 766 – 770.
10. NOWICKA, A., LIPSKI, M., PARAFINIUK, M., SPORNIK-TUTAK, K., LICHOTA, D., KOSIERKIEWICZ, A., KACZMAREK, W., BUCZKOWSKA-RADLIŃSKA, J.: Response of Human Dental Pulp Capped with Biodentine and Mineral Trioxide Aggregate, *J of Endodontics*, Vol. 39, Issue 6, Jún 2013, str.: 743 – 747.
11. RYUL KIM, J., NOSRAT, A., FOUAD, F. A.: Interfacial characteristics of Biodentine and MTA with dentine in simulated body fluid, *J of Dentistry*, Vol. 43, Issue 2, Február 2015, str.: 241 – 247.
12. TRAN, X. V., GORIN, C., WILLIG, C., BAROUKH, B., PELLAT, B., DECUP, F. a kol.: Effect of a calcium-silicate based restorative cement on pulp repair., *J Dent Res*, 2012; 91: 1166 – 1171.
13. TZIAFA, CH., KOLINIOUTOU-KOUMPIA, E., PAPADIMITRIOU, S., TZIAFAS, D.: Dentinogenic Activity of Biodentine in Deep Cavities of Miniature Swine Teeth, *J of Endodontics*, Vol. 41, Issue 7, Júl 2015, str.: 1161 – 1166.
14. TZIAFA, C., KOLINIOTOU-KOUMPIA, E., PAPADIMITRIOU, S., TZIAFAS, D.: Dentinogenic responses after direct pulp capping of miniature swine teeth with Biodentine. *J Endod*, 2014; 40 (12): 1967 – 1971.
15. VALLÉS, M., ROIG, M., DURAN-SINDREU, F., MARTINÉZ, S., MERCADÉ, M.: Color Stability of Teeth Restored with Biodentine: A 6 – month In Vitro Study, *J of Endodontics*, Vol. 41, Issue 7, Júl 2015, str.: 1157 – 1160.

**MUDr. Marcela Šestáková, PhD.**  
**DDental s. r. o.**  
**Kukučínova 6**  
**040 01 Košice**