

BIODENTINE™ - НОВ БИОАКТИВЕН ЦЕМЕНТ ЗА ДИРЕКТНО ПУЛПИНО ПРЕКРИВАЊЕ

BIODENTINE™ - NEW BIOACTIVE MATERIAL FOR DIRECT PULP CAPPING

Автори: Ефтимоска М., Апостолска С.

Универзитет “Св. Кирил и Методиј” во Скопје,
Стоматолошки факултет - Скопје

Клиника за Болести на забите и ендодонтот
ЈЗУ Универзитетски Стоматолошки Клинички
Центар „Св. Пантелејмон“ - Скопје

Autors: Eftimoska M., Apostolska S.

“Ss. Cyril and Metodius” University in Skopje
Faculty of Dentistry - Skopje
Clinic for restorative dentistry and endodontic
PHO University Dental Clinical Center
“St. Panteleimon” - Skopje

Апстракт

Biodentine™ е нов биоактивен цемент со механички својства слични на дентинот, кој може да се користи како дентинска замена кај коронки и крени. Тој има позитивен ефект врз виталните пулпини клетки и го поттикнува формирањето на терциерен дентин. При негова апликација директно врз витално пулпно ткиво, исто така поттикнува создавање на репараторен дентин. Од таму потекнува идејата за неговата употреба како средство за директно пулпно прекривање по јатрогена пулпина експозиција на заб 46, кај момче на 20 годишна возраст.

По адекватно спроведената хемостаза, целиот кавитет беше исполнет со Biodentine™. Шест недели подоцна дел од биоактивниот цемент беше отстранет, а кавитетот беше оптуриран со композитно полнење. Во следната посета, после 6 месеци забот беше клинички нормален, витален, без присуство на перкуторна осетливост. Рендгенолошки исто така се покажа дека во апикалната регија нема присуство на периапикални патози. Другиот клинички случај беше 32 годишно момче со дијагностициран карлес на заб 48, каде повторно извршивме директно прекривање со Biodentine™. Клиничката постапка беше идентична како и во првиот случај. И кај него по опсервациониот период од 6 месеци не беа регистрирани болки,

Summary

Biodentine is a new bioactive cement with dentin-like mechanical properties, which can be used as a dentin substitute on crowns and roots.

It has a positive effect on vital pulp cells and stimulates tertiary dentin formation.

In direct contact with vital pulp tissue it also promotes the formation of reparative dentin.

This prompted its use for direct pulp capping after iatrogenic pulp exposure at tooth 46 in a 20-year-old male patient.

First the entire cavity was filled with Biodentine. Six weeks later the cement was reduced to a base to replace the dentin layer and a composite filling was placed to replace the enamel layer.

At the follow-up visit at six months the tooth was clinically normal and tested positive for sensitivity and negative for percussion.

The dental film showed the apical region without any pathological findings.

The second clinical case was 32-year old male patient with carious lesion on tooth 48, where direct pulp capping was performed with Biodentine™.

забот беше витален, а тестот на перкусија беше негативен.

Имајќи ги предвид неговите добри особини, Biodentine™ како материјал за директно прекривање е нова и интересна алтернатива на конвенционалните материјали базирани на калциум хидроксид. Тој нуди предности за директно и индиректно пулпно прекривање, па така во правилно одбрани случаи може да придонесе за долготрајно одржување на виталитетот на забот.

The clinical procedure was the same as in the first clinical case. At the follow-up visit at six months the tooth was clinically normal and tested positive for sensitivity and negative for percussion.

Due to its improved material properties, Biodentine is an interesting alternative to conventional calcium hydroxide-based materials. It offers advantages for direct pulp capping and, in properly selected cases, may contribute to the long-term maintenance of tooth vitality.

Вовед

Многу декади $\text{Ca}(\text{OH})_2$ се користи како стандарден материјал за одржување на виталитетот на пулпата. Многу испитувања, клинички и хистолошки направени со препаратите на база на $\text{Ca}(\text{OH})_2$ покажуваат задоволувачки резултати во индиректно и директно пулпно прекривање, бидејќи вршат стимулација за формирање на терциерен дентин. Во контакт со експонираниот дел од пулпата, calcium hydroxide поттикнува формирање на репараторен дентин, кој е всушност еден вид терциерен дентин. На тој начин по извесен период експонираниот дел од пулпата целосно е прекрпен со новоформирано цврсто ткиво. Многу истражувања и клинички студии нагласуваат 80% успех во терапијата со calcium hydroxide како материјал за директно прекривање^{1, 2}.

Моментално препаратите на база на calcium hydroxide, се најдобро документирани и сигурни материјали за пулпно прекривање и служат како златен стандард наспроти новите материјали кои во иднина треба да бидат тестирани³. Сепак calcium hydroxide има и одредени недостатоци. Слабото врзување со дентинот, ресорпција на материјалот, како и механичката нестабилност се само неколку од нив. Како резултат на лошата адхезија calcium hydroxide не може да ја превенира

Introduction

Many decades calcium hydroxide has been used as a standard material to maintain the vitality of the pulp. Many trials, clinical and histological, made with materials based on $\text{Ca}(\text{OH})_2$, showing satisfactory results in direct and indirect pulp covering, because they stimulated tertiary dentin formation .

In contact with the exposed part of the pulp, calcium hydroxide stimulates formation of reparatory dentin, which is actually a kind of tertiary dentin. In that way after a while, a part of exposed pulp is completely covered with newly formed solid tissue.

Many research and clinical studies highlight the 80% treatment success with calcium hydroxide as material for direct pulp covering^{1, 2}.

Currently medicines based on calcium hydroxide, are best documented and safe materials for pulp covering and they serve as the gold standard versus new materials that should be tested in the future³.

However calcium hydroxide has certain disadvantages. Weak binding to dentin, resorption of the material and mechanical instability are just a few of them.

појавата на микро пропустливост во подолга временска инстанца. Во новоформираното цврсто ткиво се среќаваат многу порозности, т.н. “тунел дефекти” кои може да се место за навлегување и продор на микроорганизми. Тоа понатака може да предизвика секундарна инфламација на пулпата, и се смета за основна причина за неуспехот во зачувувањето на виталитетот на пулпата.

Во други испитувања, се нагласува и тоа дека високата pH на calcium hydroxide^{12,5} може да предизвика ликвифакциска некроза на површината на пулпното ткиво што секако може да влијае на загрозување на нејзиниот виталитет.¹

Неодамна нов биоактивен цемент Biodentine™ (Septodont, St. Maur - des - Fossés, France), е појавен на денталниот пазар, како замена за дентинот. Тој ги има истите индикации и начин на делување како и calcium hydroxide, но не ги поседува неговите недостатоци. Biodentine™ се состои од прашак во капсула и течност во пипета. Прашакот содржи tricalcium и dicalcium silicate, како и calcium carbonate. Zirconium dioxide служи како контрастен медиум. Течноста се состои од calcium chloride во водена солуција, со мешавина на polycarboxylate. Течноста и прашакот во капсулата се мешаат во амалгаматор 30 секунди. Вака припремен, Biodentine™ се поставува околу 12 минути. Неговата конзистентност потсетува на конзистентноста на фосфатниот цемент.

Biodentine™ може да се користи кај коронарниот дел од забот, но и во неговиот радикуларен дел. Неговата коронарна употреба вклучува заштита на пулпното ткиво, привремена оптурација на кавитетот, цервикални полнења, директно и индиректно пулпно прекривање, како и пулпотомија. Во коренскиот дел Biodentine™ може да се аплицира кај перфорации на коренски канали, или перфорации на дното на пулпната комора, при интерна и екстерна ресорпција,

As a result of poor adhesion calcium hydroxide cannot prevent the occurrence of microleakage for a longer instance.

The newly formed tissue firm meet very porous, so-called “tunnel defects” that can be place uptake and penetration of microorganisms.

This can then cause secondary inflammation of the pulp, and is considered the main reason for the failure to preserve the vitality of the pulp.

In other studies, there are highlights that the high pH of calcium hydroxide^{12,5} can cause necrosis on the surfaces of pulp tissue, that can influence on pulp vitality.¹

Recently new bioactive cement Biodentine™ (Septodont, St. Maur - des - Fossés, France), is exposed on dental market as a substitute for dentin. It has the same indications and mode of action as calcium hydroxide, but does not own its shortcoming.

Biodentine™ consists of a powder in capsule and liquid in the pipette.

Powder contains tricalcium and dicalcium silicate, and calcium carbonate.

Zirconium dioxide serves as a contrast medium. The fluid consists of calcium chloride in aqueous solution, with a mixture of polycarboxylate. The liquid and powder in capsule amalgamator mix in 30 seconds.

Thus prepared, Biodentine™ is set about 12 minutes. Its consistency resembles of the consistency of phosphate cement.

Biodentine™ can be used booth in coronary and in radicular part of the tooth. Its coronary use includes protection of the pulp tissue, temporary obturation of the cavity, cervical fillings, direct and indirect pulp covering and pulpotomy.

At the radicular part of the tooth Biodentine™ can be applied in perforations of root canals or

апексификација и како средство за ретроградно канално полнење.

Генерално овој биосиликатен цемент представува дентинска замена, но истовремено е и материјал кој врши стимулација на одонтобластите за формирање на реактивен, или пак репараторен дентин.

Во нашето истражување употребен е Biodentine™ како средство за директно и индиректно прекривање на пулпата.

Приказ на прв случај

Пациент на возраст од 20 години дојде на рутинска проверка, при која беше дијагностицирано, клинички и рендгенолошки, присуство на апроксимален кариес дистално на забот 46 (слика 1, 1а).

Пациентот беше информиран за потребата од санирањето на кариозната лезија, но не се појави на закажаниот термин. По кратко време тој повторно дојде, жалејќи се на непријатно чувство во предел на забот 46, посебно во допир со ладни пијалоци и воздух. На инспекција беше дијагностицирана длабока кариозна лезија дистално на забот. На тестот за виталитет прагот на надразливост беше малку намален, а на вертикална перкусија немаше осетливост.

Откако земавме анамнестички податоци, беше аплициран анестетик (Scandonest® - Septodont), потоа кавитетот беше испрепариран, а кариозниот дентин комплетно отстранет. Во тек на кариес ексавацијата, пулпното ткиво беше експонирано јатрогено. Клинички пулпата беше витална, без обилно крварење, а хемостаза беше набрзо воспоставена со 2,5% NaOCl, со кој истовремено направивме и тоалета и дезинфекција на кавитетот. Имајќи ја предвид возраста на пациентот, релативно малата пулпина експозиција како и брзата хемостаза, одлучивме да го одржиме виталитетот на пулпата, прекривајќи ја директно со Biodentine™ (Septodont). Припремен според препораките на производителот, Biodentine™ го апли-

perforations at the bottom of pulp chamber, in internal and external resorption, apexification and as a retrograde root filling.

Generally, this biosilicate material represents dentin replacement, but at the same time it is material that continues to stimulate odontoblasts to form reactive or reparatory dentin.

In our study we use Biodentine™ as a material for direct and indirect pulp cupping.

Case No. 1

Patient aged 20 years came to a routine check, and there was clinically diagnosed, presence of caries, distal of tooth 46 (Figure 1, 1a).

The patient was informed of the need for rehabilitation of carious lesion, but he did not appear on the scheduled date. After a short time he came again, complaining of discomfort in the area of tooth 46, especially in contact with cold drinks and air.

The inspection was diagnosed with deep carious lesion distal to the tooth. On the vitality test, level of irritability was slightly reduced, and there wasn't vertical percussion sensitivity.

Once we took anamnestic data, anesthetic (Scandonest® - Septodont), was applied and then the cavity was drilled and carious dentin was completely removed. During caries excavation, pulp tissue was exposed. Clinical pulp was vital, without excessive bleeding.

Hemostasis was soon established with 2,5% NaOCl, and at the same time disinfection of the cavity was made. Knowing the age of the patient and the relatively small pulp exposure, we decided to maintain vitality of the pulp, covering it directly with Biodentine™ (Septodont).

Prepared according to the manufacturer's recommendations, we applied Biodentine™ directly to the exposed part of pulp tissue, and

циравме директно врз експонираниот дел од пулпиното ткиво, а со истиот материјал истовремено го исполниме и целиот кавитет, на тој начин користејќи го Biodentine™ и како привремено полнење на кавитетот (слика 2, 2a)

Следната посета на пациентот беше за 6 недели, во текот на кои пациентот не презентираше присуство на болни и непријатни сензации, ниту пак спонтани болки. Забот беше витален, а тестот за перкуторна осетливост беше негативен. Во текот на интервенцијата еден дел од материјалот (Biodentine™) беше одстранет, а дел од него оставивме како замена за дентинско ткиво. Потоа следуваше реставрација на кавитетот со соодветно композитно полнење. Рендгенограмот исто така потврди отсуство на периапикални патози (Слика 3, 3a)

Приказ на втор случај

32 годишен пациент се јави на стоматолог, за санација на пломба на забот 48. Од анамнестичките податоци дознавме дека пациентот чувствувал непријатни сензации за време на јадење благо, и во допир со ладни пијалоци. На инспекција и сондирање дијагностициравме апроксимална кариозна лезија на забот 48.(слика 4a)

Пристапивме кон подготовка на кавитетот, одстранување на кариесот и екскавација на кариозниот дентин. По желба на пациентот анестезија не аплициравме, но за време на подготовката направивме почести паузи. Се работеше за длабока кариозна лезија, и по комплетно спроведената кариес елиминација, видлива беше комуникација со пулпиното ткиво.(слика 4)

Одлучивме да аплицираме Biodentine™ како средство за директно прекривање, а по апликацијата, (како и во првиот случај) кавитетот привремено го оптуриравме со истиот биоактивен материјал. По 6 месечниот

with the same material we filled the entire cavity using Biodentine™ as a temporary filling of the cavity (Figure 2, 2a).

The next visit of the patient was after 6 weeks. During the visit, our patient didn't presented attendance of painful and unpleasant sensations, or spontaneous pain.

The tooth was vital and the test for percutory sensitivity was negative. During the intervention, a part of material (Biodentine™) was removed and the part that was in direct contact with pulp tissue was left as a substitute for dentin tissue.

After all, restoration of the cavity followed with the appropriate composite filling. Radiogram also confirmed the absence of periapical patosis (Figure 3, 3a)

Case two

32 year old patient called the dentist, for repairs of the filling of the tooth 48. The anamnestic data found that patients feel unpleasant sensations during eating sweets and in contact with cold drinks.

The inspection with dental probe diagnosed aproksimal carious lesion of tooth 48. (Figure 4a)

We approached with cavity preparations, caries removal and excavation of carious dentin. Anesthesia wasn't applied, but during the drill we took frequent breaks.

It was a deep carious lesion, and after complete carious elimination, communication with pulp tissue was visible. (Figure 4)

We decided to apply Biodentine™ for direct pulp capping but at the same time (as in the first case) we made the temporary cavity filling with the same bioactive material.

опсервационен период, кај пациентот не беа регистрирани спонтани болки, забот беше витален, без перкуторна осетливост, а рендгенолошки исто така се потврди одсуството на периапикални патози.

Дискусија

Biodentine™ во прикажаните случаи се покажа како биокompatибилен, со способност да стимулира формирање на терциерна дентинска формација. Новоформираното цврсто дентинско ткиво се забележува по директното пулпно прекривање⁴⁻⁶. Кога се користи како средство за пулпно прекривање, овој материјал нуди одредени бенефити наспроти традиционалниот калциум хидроксид: механички е појак, помалку е растворлив и создава поцврста врска со забните ткива⁷. На тој начин со употреба на Biodentine™, се надминуваат негативните својства на калциум хидроксидот: ресорпцијата на материјалот, механичката нестабилност, како и појавата на микропроток помеѓу материјалот и прекриената дентинска површина.

Спореден со други материјали, Biodentine™ е лесен за употреба и релативно брзо е времето на негова апликација и врзување. За разлика од материјалите кои се базирани на Portland cement, овој материјал е доволно стабилен за да може да се користи и како средство за прекривање но и како средство за привремена оптурација на кавитетот⁷.

Токму затоа производителот препорачува комплетно исполнување на кавитетот со Biodentine™ како привремено полнење уште при првата посета на пациентот, а после неколку недели до 6 месеци, се препорачува дефинитивна оптурација со композитно полнење. Се смета дека овој метод на еднофазно пулпно прекривање и привремена оптурација на кавитетот, ја редуцира можноста за бактериска инвазија, која

After 6 month observation period, patient was not record spontaneous pain, the tooth was vital, without percutory sensitivity and radiograph also confirmed the absence of periapical patosis

Discussion

Biodentine™ in this cases proved its biocompatibility with the ability to stimulate formation of tertiary dentin. The new formed hard dentin tissue is observed after direct pulp covering⁴⁻⁶.

When used as a means for pulp capping, this material offers certain benefits versus traditional calcium hydroxide: it is mechanically stronger, less soluble and creates a stronger connection with dental tissues⁷.

Therefore, when using Biodentine™ the negative properties of calcium hydroxide are beyond: resorption of the material, mechanical instability, and the emergence of micro leakage between the material and the covered dentin area.

Compared with other materials, Biodentine™ is easy to use and is relatively fast time of his application and binding.

In compare with other materials based on Portland cement, this material is stable enough to be used as a means of covering and as a means for temporary cavity opturation⁷.

Therefore, the manufacturer recommends a complete fulfillment of the cavity with Biodentine™ as a temporary filling on ther first visit of the patient, and after a few weeks to 6 months is recommended definitive opturacion with composite filling .

It is believed that this method of single-phase and temporary pulp covering, reduces the possibility of bacterial invasion, which would be reason for unsuccessful therapy⁴⁻⁸.

би била причина за неуспешна терапија⁸. Уште еден аргумент кој е во прилог на едно-фазниот метод е токму некооперативноста од страна на пациентот и несигурноста дека тој ќе се појави на закажаниот термин, после одреден опсервационен период.

Во својата студија Pradelle и соработниците¹⁶ анализирајќи го Biodentine™ како полнење во моларната регија, во некои случаи забележале дека се појавиле маргинални простори (гапови) меѓу материјалот и забот 3 месеци по апликација на материјалот. Тие тоа го припишуваат на несоодветното припремање и ракување со материјалот.

Затоа се препорачува во текот на неговата оклузална адаптација, Biodentine™ да се нанесува со носачи, без притисок и да се избегнува негова обработка со ротирачки инструменти, како и контакт со вода.

При изборот на материјал кој го користевме за директно пулпно прекривање во нашата студија, покрај неговата биокompatibilност и способноста да стимулира формирање на цврсто дентинско ткиво, ги земавме предвид и другите фактори кои имаат важна улога за успех во терапијата со директно прекривање².

Пулпното ткиво треба да биде чисто, без присуство на бактерии и бактериски токсини. Во клинички услови кај нашите случаи тоа значи дека забите кај пациентите беа асимптоматски, а пулпното крварење после пулпната експозиција беше брзо стопирано и контролирано.

Неопходна е прецизна хемостаза, бидејќи заостанати згрудчени делови од крвта меѓу материјалот и пулпното ткиво, може да бидат причина за неуспешна терапија²⁰. Според Gutmann¹¹ NaOCl е идеално средство за постигнување хемостаза поради брзата контрола на крварењето, како и дезинфекцијата на кавитетот.

Како заклучок би можеле да напоменеме дека Biodentine™ кој го користевме во оваа студија, е производ кој ветува задоволувач-

Another argument in favor of single-phase method is exactly the uncooperative behavior by the patient and uncertainty that he will appear on the scheduled date, after a certain observation period.

In their study Pradelle and associates¹⁶ analyzing Biodentine™ as a filling in molar region, in some cases noted that appeared marginal areas (gaps) between material and tooth, 3 months after application of the material.

They attribute to inadequate preparation and handling of the material.

Therefore it is recommended that during his occlusal adaptation, Biodentine™ is applied with a carrier, without pressure and to avoid its processing with rotary instruments, as well as contact with water.

The material that was used for direct pulp capping in our study, despite its biocompatibility and ability to stimulate the formation of hard dentin tissue, takes function into account other factors that play an important role for success in direct covering therapy².

Pulp tissue should be clean, without the presence of bacteria and bacterial toxins.

In clinical conditions in our case it means that dental patients were asymptomatic and bleeding after pulp exposure was quickly stopped and controlled.

Essential precise hemostasis was necessary because accumulation of bloody parts between material and pulp tissue, may be the reason for unsuccessful therapy²⁰.

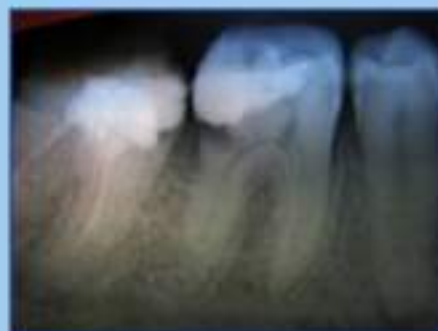
According to Gutmann¹¹ NaOCl is an ideal means for achieving rapid hemostasis for bleeding control and disinfection of cavity.

In conclusion we could mention that Biodentine™ that we used in this study is a promising

ки резултати и има значаен допринос во одржувањето на виталитетот на пулпата кај пациентите кај кои е алудизиран како средство за директно пулпно прекривање.

product with satisfactory results and has significant contribution in maintaining the vitality of the pulp in the patients when it is applied as a means for direct pulp capping.

Слика 1 / Figure 1
Слика 1а / Figure 1а



Слика 2 / Figure 2
Слика 2а / Figure 2а



Слика 3 / Figure 3
Слика 3а / Figure 3а



Слика 4 / Figure 4
Слика 4а / Figure 4а





Слика 5 / Figure 5
Слика 5а / Figure 5а



Слика 6 / Figure 6
Слика 6а / Figure 6а



Слика 1: Клинички приказ на апроксимален кариес на забот 46

Слика 1а: Рендгенолошки приказ на забот 46

Слика 2: Апликација на Biodentine на заб 46

Слика 2а: РТГ приказ на заб 46 по директно прекривање со Biodentine

Слика 3: Дефинитивна композитна реставрација по 6 месеци

Слика 3а: РТГ приказ на заб 46 по 6 месеци

Слика 4: Клинички приказ на апроксимален кариес и пулпна комуникација на забот 48

Слика 4а : РТГ приказ на апроксимален кариес испод старо полнење на забот 48

Слика 5: Апликација на Biodentine на заб 48

Слика 5а: Кавитет на заб 48 целосно оптуриран со Biodentine

Слика 6: Дефинитивна композитна реставрација по 6 месеци

Слика 6а: РТГ приказ на заб 48 по 6 месеци

Figure 1: Clinical view of aproximal tooth decay 46

Figure 1a: X-ray view of tooth 46

Figure 2: Application of the Biodentine on the tooth 46

Figure 2a: X-ray view of tooth 46 after direct capping with Biodentine

Figure 3: Definitive composite restoration after 6 months

Figure 3a: X-ray view of tooth 46 after 6 months

Figure 4: Clinical presentation of aproximal caries and pulp exposure of the tooth 48

Figure 4a: X-ray display aproximal caries beneath an old tooth filling of the tooth 48

Figure 5: Biodentine application of the tooth 48

Figure 5a: 48 tooth cavity completely obturated with Biodentine

Figure 6: Definitive composite restoration after 6 months

Figure 6a: X-ray view of tooth 48 after 6 months

ЛИТЕРАТУРА

REFERENCES

1. Bodrumlu E. Biocompatibility of retrograde root filling materials: A review. *Aust Endod J* 2008;34:30-35.
2. Boukpepsi T, Septier D, Goldberg M. VI-2-2-2 Animal studies. In: Goldberg M (ed.) *Biocompatibility or cytotoxic effects of dental composites*. Coxmoor, Oxford 2009, pp 200-203.
3. Carr GB, Bentkover SK. Surgical endodontics. In: Cohen S, Burns RC (eds.) *Pathways of the pulp*. 7th ed. Mosby, St. Louis 1998, pp 636.
4. Dammaschke T. Reaktionen der Rattenpulpa auf drei verschiedene Dentinadhäsive sowie ProRoot MTA im Vergleich zu Kalziumhydroxid bei der direkten Überkappung. Habilitationsschrift, Westfälische Wilhelms-Universität, Münster, 2007.
5. Dammaschke T. Dentinersatz. *Dent Mag* 2011; 28(2):30-34.
6. Dammaschke T, Gerth HUV, Züchner H, Schäfer E. Chemical and physical surface and bulk material characterization of white ProRoot MTA and two Portland cements. *Dent Mater* 2005;21:731-738.
7. Dammaschke T, Wolff P, Sagheri D, Stratmann U, Schäfer E. Mineral trioxide aggregate for direct pulp capping: a histologic comparison with calcium hydroxide in rat molars. *Quintessence Int* 2010;41:e20-e30.
8. Déjou J, Raskin A, Colombani J, About I. Physical, chemical and mechanical behavior of a new material for direct posterior fillings. *Eur Cell Mater* 2005;10(Suppl 4):22.
9. Duda S, Dammaschke T. Maßnahmen zur Vitalerhaltung der Pulpa. Gibt es Alternativen zum Kalziumhydroxid bei der direkten Überkappung? *Quintessenz* 2008;59:1327-1334, 1354.
10. Firla MT. Dentin-Ersatzmaterial auf Basis der Active Biosilicate Technology. *DZW Kompakt* 2011; 58(1):10-12.
11. Gutmann JL, Lovedahl PE. Problem-solving challenges in periapical surgery. In: Gutmann JL, Lovedahl PE (eds.) *Problem solving in endodontics*. 5th ed., Elsevier Mosby, Maryland Heights 2011, p 351.
12. Hench LL, West JK. Biological application of bioactive glasses. *Life Chem Reports* 1996;13:187-241.
13. Laurent P, Aubut V, About I. VI-2-2-1 Development of a bioactive Ca₃SiO₅ based posterior restorative material (Biodentine™). In: Goldberg M (ed.) *Biocompatibility or cytotoxic effects of dental composites*. Coxmoor, Oxford 2009, pp 195-200.
14. Laurent P, Camps J, de Méo M, Déjou J, About I. Induction of specific cell responses to a Ca₃SiO₅-based posterior restorative material. *Dent Mater* 2008;24:1486-1494.
15. Motsch A. Die Unterfüllung – eine kritische Diskussion der verschiedenen Zement und Präparate. In: *Akademie Praxis und Wissenschaft in der DGZMK (Hrsg.) Neue Füllungsmaterialien – Indikation und Verarbeitung*. Carl Hanser, München 1990, S. 35 – 54.
16. Pradelle-Plasse N, Tran X-V, Colon P. VI-2-1 Physico-chemical properties. In: Goldberg M (ed.) *Biocompatibility or cytotoxic effects of dental composites*. Coxmoor, Oxford 2009, pp 184-194.
17. Roberts HW, Toth JM, Berzins DW, Charlton DG. Mineral trioxide aggregate material use in endodontic treatment: A review of the literature. *Dent Mater* 2008;24:149-164.
18. Stropko JJ. Micro-surgical endodontics. In: Castellucci A (ed.) *Endodontics*. Vol. III. Edizioni Odontoiatrica Il Tridente, Florence 2009, pp 1118-1125.