

# OBTURAȚIA DE CANAL CU ENDOSEQUENCE BC SEALER ÎN RELUAREA TRATAMENTULUI ENDODONTIC

Alexandru Andrei Iliescu<sup>1</sup>,  
Gabriel Tulus<sup>2</sup>,  
Mihaela Georgiana Iliescu<sup>3</sup>,  
Paula Perlea<sup>4</sup>,  
Gheorghe Nicolau<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Șef lucrări, U.M.F. Craiova

<sup>2</sup> Certified member ESE, Viersen, Germania

<sup>3</sup> Doctorand, U.M.F. „Carol Davila” București

<sup>4</sup> Conferențiar, U.M.F. „Carol Davila” București

[paula.perlea@gmail.com](mailto:paula.perlea@gmail.com)

<sup>5</sup> Profesor, U.S.M.F. „Nicolae Testemițanu”, Chișinău

# ENDOSEQUENCE BC SEALER AS ROOT CANAL FILLING IN ENDODONTIC RETREATMENT

Alexandru Andrei Iliescu<sup>1</sup>,  
Gabriel Tulus<sup>2</sup>,  
Mihaela Georgiana Iliescu<sup>3</sup>,  
Paula Perlea<sup>4</sup>,  
Gheorghe Nicolau<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Șef lucrări, U.M.F. Craiova

<sup>2</sup> Certified member ESE, Viersen, Germania

<sup>3</sup> Doctorand, U.M.F. „Carol Davila” București

<sup>4</sup> Conferențiar, U.M.F. „Carol Davila” București

[paula.perlea@gmail.com](mailto:paula.perlea@gmail.com)

<sup>5</sup> Profesor, U.S.M.F. „Nicolae Testemițanu”, Chișinău

## Rezumat

Reluarea tratamentului endodontic constă în dezobturarea canalelor unui dinte deja tratat, refacerea tratamentului chemomecanic pe întreg canalul până la apex, tratament antisepetic cu hidroxid de calciu și clorhexidină și refacerea corectă a obturației de canal. Dezobturarea este etapa cea mai laborioasă din cauza durtății unor cimenturi de sigilare care nu pot fi îndepărtate decât prin mijloace mecanice rotative, de unde și riscul de apariție a unor iatrogenii care complică tratamentul. Se impune de asemenea o lărgire suplimentară a canalului cu 0,05-0,10 ISO pentru îndepărtarea mai eficientă a materialelor de obturație și biofilmelor de interfață de pe pereții canalelor. Reobturarea canalelor radiculare presupune utilizarea gutaperchiei, prin diverse tehnici, simultan cu un ciment de sigilare biocompatibil, radioopac, cu contracție de priză minimală, efect antibacterian și capacitatea de a se cupla adeziv la pereții de dentină ai canalelor radiculare. EndoSequence<sup>®</sup> BC Sealer<sup>™</sup> este un asemenea sigilant, de natură bioceramică, care în plus oferă posibilitatea formării unui monobloc adeziv cu dentina prin hidroxiapatita generată în cursul prizei în urma contactului cu lichidele tisulare.

**Cuvinte cheie:** reluarea tratamentului endodontic, obturație de canal, cimenturi bioceramice

## Introducere

Reluarea tratamentului endodontic se adresează eșecurilor înregistrate de tratamentul de canal inițial. Numeroase studii clinice au demonstrat că în parodontitele apicale cronice tratamentul chemomecanic de canal, corect executat din start, duce la un procent

## Summary

The endodontic canal retreatment lies in removal of root canal filling of previously treated tooth, an additional enlargement of root canal to its apical terminus, calcium hydroxide and chlorhexidine dressing and, the appropriate root canal filling. The removal of root canal filling is the most difficult step due to the hardness of sealers that need rotary instruments to be pushed out and sometimes may generate iatrogenies. An 0.5–0.10 ISO additional enlargement of root canal is also required for better cleaning of filling material remnants and biofilms that adhered on root canal walls. The root canal refill is based on gutta-percha core and sealer that ideally has to be biocompatible, radiopaque, with minimal setting shrinkage, antibacterial and strongly adhesive to dentinal tissue of root canal walls. EndoSequence<sup>®</sup> BC Sealer<sup>™</sup> is such a bioceramic based sealer that has the possibility to generate an adhesive monoblock with dentine because during setting is combined with tissue fluids resulting in an interface layer of hydroxyapatite.

**Key words:** endodontic retreatment, root canal filling, bioceramics

## Introduction

The resumption of endodontic treatment addresses the failures of initial canal treatment. Numerous clinical trials have shown that in chronic apical periodontitis, the chemomechanical canal treatment, correctly executed from the start, leads to a 83–100% healing rate, but the success rate is reduced in treatment retreats to 56–84% [1–4]. Removal of a canal filling seeks to properly access the channel pathway to the apex, avoiding the associa-

de vindecări de 83-100%, dar rata succesului se reduce în reluările de tratament la 56-84% [1-4].

Indepărtarea unei obturații de canal urmărește accesarea adecvată a traseului canalului până la apex, evitând riscurile asociate și corectând erorile tratamentului chemomecanic inițial. Principalele riscuri ale dezobturării sunt extruzia apicală, blocajul apical, pragurile, căile false, fenestrarea curburii interne sau fracturarea în canal a instrumentului de dezobturat [5].

Tehnicile de dezobturare diferă în funcție de materialul de obturație utilizat. Din păcate, după dezobturare rămân acumulate de resturi de gutapercă și ciment de sigilare înșămânțate cu microfloră cu precădere în treimea apicală a canalului, istmuri și polii canalelor ovale [5].

Gutaperca este îndepărtată mecanic manual sau rotativ, folosind solvenți, agenți termici (System B, Touch'n Heat) sau ultrasunete. Instrumentarul manual, în speță acele Hedström sunt foarte eficiente în obturațiile cu con unic (monocon) de gutapercă sau obturațiile impropriu executate prin condensarea laterală la rece a gutaperccii [5].

Folosirea unui solvent, de regulă cloroform sau succedanee precum eucaliptolul, halotanul, xilenul, uleiul de portocale, este mai sigură biologic decât căldura în treimea apicală a canalului, permițând de asemenea ramolirea mai rapidă și mai eficientă a gutaperccii condensate [5].

Indepărtarea sigilanților pe bază de oxid de zinc-eugenol sau hidroxid de calciu de regulă nu pune probleme dacă se asociază mijloace instrumentale și solvenți adecvați, dar rășinile epoxidice (AH Plus), Resilon-Epiphany (obturație termoplastică monobloc cu policaprolactonă și rășină sigilantă compozită cu dublu mecanism de priză), cimenturile ionomer de sticlă și cimenturile bioceramice sunt dure și virtual insolubile, necesitând apelarea la mijloace combinate rotative și ultrasonice, riscante și consumatoare de timp [5].

Cimenturile bioceramice utilizate ca sigilanți în obturația de canal sunt combinații de silicați și fosfați de calciu. Parametrii lor fizico-chimici se traduc prin stabilitate chimică, pH alcalin, biocompatibilitate, radiopacitate, lipsa contracției de priză, efect antibacterian și capacitatea de a se cupla adeziv la pereții de dentină ai canalelor radiculare prin hidroxiapatita generată în cursul prizei, ca urmare a contactului cu lichidele tisulare [6-8].

EndoSequence<sup>®</sup> BC Sealer™ (Brasseler, Savannah, USA) este un ciment bioceramic de sigilare premixat care conține silicați de calciu, fosfat de calciu monobazic, hidroxid de calciu, oxid de zirconiu, filler și agenți de îngroșare. Priza în canalele radiculare are loc pe baza cuplării cu apa existentă în canaliculele dentinare [6,9].

EndoSequence BC Sealer a fost introdus în ideea unui material de obturație de canal cu succes previzibil, la îndemâna majorității specialiștilor, dat fiind utilizarea sa sub formă injectabilă. Consistența aptă de utilizare se menține 4 ore la temperatura camerei, iar priza durează între 4-10 ore în funcție de umidi-

ted risks and correcting the initial chemomechanical treatment errors. The main risks of dislocation are apical extrusion, apical blockage, thresholds, false pathways, fenestration of the internal curvature, or fracture of the disfigured instrument in the canal [5].

Discovering techniques differ depending on the fill material used. Unfortunately, after discarding, they remain accumulated by gutta-percha and sealing micro-floral cements, especially in the apical third of the canal, osteas and oval canals [5]. Gutaperca is manually or rotatively mechanically removed using solvents, thermal agents (System B, Touch'n Heat), or ultrasound. Handheld instruments, in particular Hedström, are very effective in gutta-percussion (monocontact) obturations or improper obturations made by cold gutta-permeate condensation [5].

The use of a solvent, typically chloroform or succedanes such as eucalyptol, halothane, xylene, oranges oil, is more biologically safer than heat in the apical third of the canal, also allowing faster and more efficient razing of condensed guttaperca [5]. Removal of zinc-eugenol or calcium hydroxide sealants does not usually cause problems if appropriate instrumental tools and solvents are used, but epoxy resins (AH Plus), Resilon-Epiphany (monoblock polypaprolactone thermoplastic and composite sealant resin double junction mechanism), glass ionomer cements and bioceramic cements are harsh and virtually insoluble, requiring the use of risky and time-consuming rotating and ultrasonic means [5].

Bioceramic cements used as seals in canal fillings are combinations of silicates and calcium phosphates. Their physicochemical parameters are translated by chemical stability, alkaline pH, biocompatibility, radiopacity, lack of contraction, antibacterial effect, and the ability to glue the dentin walls of the root canals through the hydroxyapatite generated during the contact as a result of contact with tissue fluids [6-8]. EndoSequence<sup>®</sup> BC Sealer™ (Brasseler, Savannah, USA) is a premixed biochemical sealing cement containing calcium silicates, monobasic calcium phosphate, calcium hydroxide, zirconium oxide, fillers and thickeners. The root canal outlet takes place on the basis of the coupling with water present in the dentinal canals [6,9].

EndoSequence BC Sealer has been introduced into the idea of a predictably successful channel fill material, available to most specialists, given its use as an injection. The consistency of use is maintained for 4 hours at room temperature and the socket takes 4-10 hours depending on the humidity in the channels. The minimum socket length is found in the channels with sufficient humidity and the maximum in the desiccant channels [7,9]. The radiopacity was converted into millimeters of aluminum, 3.834 ±

tatea din canale. Durata minimă de priză o întâlnim în canalele cu suficientă umiditate iar cea maximă în canalele desiccate [7,9].

Radioopacitatea sa convertită în milimetri de aluminiu, de  $3,834 \pm 0,346$  mm Al, se încadrează în recomandările ISO 6876/2001 pentru cimenturile de sigilare care impun un prag minimal de 3,00 mm Al. În același timp este mai mare decât a dentinei radiculare ( $1,045 \pm 0,200$  mm Al), dar mai mică decât a rășinii epoxidice AH Plus ( $6,936 \pm 0,462$  mm Al), cimentului de sigilare de cea mai largă utilizare în endodonția contemporană [6].

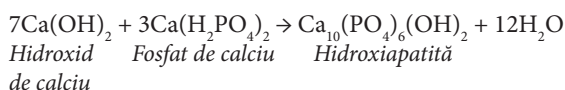
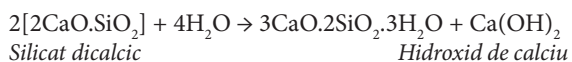
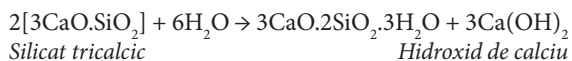
În ordine descrescătoare a radiodensității, substanțele uzuale radioopace introduse în compoziția cimenturilor de sigilare sunt: oxidul de bismut, oxidul de zirconiu, tungstatul de calciu, sulfatul de bariu și oxidul de zinc. AH Plus are o radioopacitate aproape dublă deoarece spre deosebire de EndoSequence BC Sealer, în afara oxidului de zirconiu, mai conține și tungstatul de calciu care îi conferă un efect adițional [6].

Fluiditatea cimentului de sigilare EndoSequence BC Sealer ( $26,96 \pm 0,68$  mm), utilă obțurării istmurilor și canalelor radiculare secundare, corespunde de asemenea normelor ISO 6876/2001 deoarece depășește valoarea minimală de 20 mm. Este semnificativ mai mare decât a AH Plus ( $21,17 \pm 0,39$  mm) [6].

EndoSequence BC Sealer are un pH-ul cuprins între 10,31 (după 3 ore de la priză) și 11,16 (măsurat după 10 zile) ceea ce îi conferă o acțiune antimicrobiană eficientă față de *Enterococcus faecalis* [6].

Reacția di- și trisilicaților de calciu din compoziția sigilantului cu apa din canaliculele dentinare și spațiul desmodontal apical duce la formarea de hidroxid de calciu, care după un contact de două luni cu fosfații mediului tisular generează hidroxiapatita [6].

Relevanța biologică a acestui proces rezidă în crearea premizei de aderare chimic a cimentului de sigilare la structurile anatomice ale sistemului endodontic alcătuite dintr-un țesut mineralizat, dentina, care conține hidroxiapatită. De aici, speranța obținerii unei etanșeizări clinice autentice a parodontiului apical prin cimenturile de sigilare bioceramice de tipul EndoSequence BC Sealer [6].

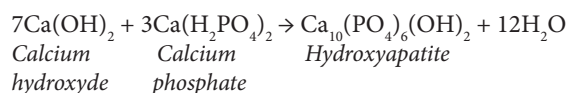
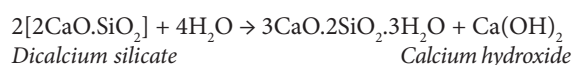
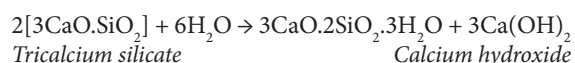


Dezobturarea canalelor radiculare nu ajunge să îndepărteze complet EndoSequence BC Sealer. Deoarece după priză devine impenetrabil este obligatorie corecta reabordare chemomecanică a canalului radicular pe întregul său parcurs. Axioma este de a folosi cimenturile bioceramice ca sigilanți care coafează gutaperca și nu ca material de obturație de canal integrală [6].

0.346 mm Al, complying with ISO 6876/2001 recommendations for sealing cements requiring a minimum threshold of 3.00 mm Al. At the same time, it is higher than the root dentine ( $1,045 \pm 0,200$  mm Al), but less than the epoxy resin AH Plus ( $6,936 \pm 0,462$  mm Al), the sealing cement with the largest use in contemporary endodontics [6]. In decreasing order of radiofrequency, the commonly used radiopaque substances in the sealing cement composition are: bismuth oxide, zirconia, calcium tungstate, barium sulfate and zinc oxide.

AH Plus has almost double radioactivity because unlike EndoSequence BC Sealer, besides zirconium oxide, it also contains calcium tungstate which gives it an additional effect [6]. EndoSequence BC Sealer sealing fluid ( $26.96 \pm 0.68$  mm), useful for obstructing secondary istms and root canals, also complies with ISO 6876/2001 because it exceeds the minimum value of 20 mm. It is significantly higher than AH Plus ( $21.17 \pm 0.39$  mm) [6]. EndoSequence BC Sealer has a pH of 10.31 (after 3 hours of intake) and 11.16 (measured after 10 days), which gives it an effective antimicrobial action against *Enterococcus faecalis* [6]. The reaction of calcium di- and trisilicates in the water sealant composition of the dentinal canals and the apical desmodontal space leads to the formation of calcium hydroxide, which after a two-month contact with tissue phosphate generates hydroxyapatite [6].

The biological relevance of this process lies in creating the premise of chemical adhesion of sealing cement to the anatomical structures of the endodontic system made up of a mineralized dentin tissue containing hydroxyapatite. Hence, the hope of obtaining an authentic clinical seal of apical periodontium through bioceramic sealing cements such as EndoSequence BC Sealer [6].



Discoloration of root canals does not end up completely removing the EndoSequence BC Sealer. Since the socket becomes impenetrable, the correct chemometric re-ordination of the root canal is mandatory throughout its course. Axioma is to use bioceramic cements as sealants that coat guttaperca and not as full channel fill material [6].

It has been found that guttaperca obturation using EndoSequence BC Sealer sealant can lead to loss of apical permeability or even apical block-

S-a constatat că obturația cu con unic de gutapercă folosind ca sigilant EndoSequence BC Sealer poate duce la pierderea permeabilității apicale sau chiar la blocaj apical. Chiar dacă se reușește dezobturarea pe toată lungimea de lucru când conul de gutapercă a intrat până la apex, în 20% din cazuri nu se obține și permeabilizarea apicală din cauza resturilor de sigilant care nu poate fi îndepărtat [10].

În schimb, dacă conul unic nu a fost inserat până la apex, în 70% din canale nu se reușește nici dezobturarea pe toată lungimea și nici permeabilizarea apicală. Excepțional se poate pătrunde cu instrumentar endodontic manual dacă există goluri în obturație sau zone în care priza încă nu s-a instalat [10].

Pentru dezobturarea canalelor obturate prin tehnica monocon cu sigilant de tipul EndoSequence BC Sealer se recomandă ca timpi operatori folosirea anselor ultrasonice în treimea cervicală și medie a canalelor, încercarea de plastifiere cu cloroform, dezobturarea cu instrumentar de canal rotativ și doar în final apelarea la instrumentarul manual. Chiar respectând acest protocol și reușindu-se permeabilizarea, pe pereții canalului rămân resturi aderente de sigilant imposibil de îndepărtat prin tehnicile convenționale de dezobturare practicabile [10].

### Scopul lucrării

Neexistând încă în literatură suficiente studii comparative privind eficiența clinică și strategiile de utilizare în obturațiile de canal a cimentului de sigilare EndoSequence BC Sealer ne-am propus urmărirea evoluției unor situații particulare în care s-a procedat la executarea obturațiilor de canal prin tehnica monocon folosind ca sigilant acest ciment bioceramic.

### Material și metode

Au fost selecționați doi pacienți, prezentând un premolar inferior (45) cu obturație de canal incompletă și instrument endodontic fracturat în treimea medie a canalului, complicat cu o parodontită apicală acută, respectiv un premolar superior (14) asimptomatic cu rădăcinile în baionetă și obturație de canal incompletă.

Pentru dezobturarea canalelor s-a folosit în ambele cazuri sistemul rotativ ProTaper Universal Retreatment *ProTaper UR* (Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Elveția) care deține 3 freze dedicate: D1 30/.09 16 mm, D2 25/.08 18 mm și D3 20/.07 22 mm utilizate la turație de 500 rpm și cuplu de 2 N/cm prin motorul X-Smart (Dentsply/Maillefer).

Practic la cele două cazuri s-a utilizat doar Freza D1 întrucât obturațiile incomplete ocupau doar treimea cervicală a canalului.

Reluarea lărgirii și finisarea canalelor radiculare s-a executat cu sistemul rotativ ProTaper Universal pe toată lungimea lor, până la apex. Dat fiind o situație clinică de retratament endodontic, s-a impus efectuarea acestuia în două ședințe, atât în cazul de parodontită apicală acută cât și în cel asimptomatic, pentru a permite acțiunea medicamentoasă antimicrobiană printr-un pansament cu hidroxid de calciu asociat cu clorhexidină 2%.

age. Even if deformation is achieved over the entire length of the work when the guttapercha cone has entered to apex, in 20% of cases, apical permeability is not obtained due to non-removable sealing remnants [10].

Conversely, if the single cone has not been inserted to apex, 70% of the channels do not succeed in either full-length deformation or apical permeability. Exceptional penetration by manual endodontic instrumentation if there are voids in the filling or areas where the socket has not yet been installed [10]. For disinfecting the channels obstructed by the mono-end technique with EndoSequence BC Sealer, it is recommended that operating times use ultrasound cervical and medium groove cavities, chlorophyll plasticization, rotary channel instrumentation and ultimately call manual instrumentation. Even in keeping with this protocol and with permeability, the seals remain sealing adherents that can not be removed by practicable discoloration techniques [10].

### The purpose of the work

In the literature, there are not enough comparative studies on clinical efficacy and strategies for the use of EndoSequence BC Sealer. We wanted to track the evolution of particular situations in which the monolayer technique was performed by using the EndoSequence BC Sealer.

### Methods and materials

Two patients were selected, showing a lower premolar (45) with incomplete canal filling and an endodontic instrument fractured in the middle third of the canal, complicated with an acute apical periodontitis, respectively an asymptomatic superior premolar (14) with bayonet roots and incomplete canal filling. In both cases, ProTaper Universal Retreatment ProTaper UR (Dentsply / Maillefer, Ballaigues, Switzerland) has 3 rotary cutters: D1 30 / .09 16 mm, D2 25 / .08 18 mm and D3 20 / .07 22 mm used at 500 rpm and torque of 2 N / cm through the X-Smart (Dentsply / Maillefer) engine. Practically, in these two cases only D2 was used, since incomplete fillings occupied only the third cervical canal.

The resumption of the widening and the finishing of the root canals were performed with the ProTaper Universal rotating system all the way up to the apex. Due to a clinical situation of endodontic retreatment, it was required to do it in two sessions, both in the case of acute apical periodontitis and in the asymptomatic period, to allow the antimicrobial drug action through a calcium hydroxide dressing associated with 2% chlorhexidine. EndoSequence BC Sealer pre-mixed sealing cement was introduced into the canals by injection into the cervical third with an Intra-Canal Type cannula (Brasseler, USA) attached to the cement syringes. Using a Kerr needle ISO 15, the

Cimentul de sigilare premixat EndoSequence BC Sealer s-a introdus în canale prin injecțare în treimea cervicală cu o canulă Intra-Canal Tip (Brasseler, USA) atașată seringii cu ciment. Folosind un ac Kerr pilă ISO 15 s-au tapetat pereții canalului cu cimentul respectiv pentru a-l întinde într-un film subțire înaintea inserării conului de gutapercă cu design standardizat conform sistemului rotativ ProTaper cu care s-a lărgit canalul.

### Cazuistica clinică

#### Cazul nr.1

Reluarea tratamentului endodontic la al doilea premolar inferior cu obturație de canal incompletă asociată cu fracturarea unui instrument endodontic în canal. Parodontită apicală acută.

#### Cazul nr.2

Reluarea tratamentului endodontic la primul premolar superior cu obturație de canal incompletă și rădăcini cu dublă curbură în sens mezio-distal.

walls of the groove with the cement were taped to spread it into a thin film before inserting the standard gutta-percha cone according to the ProTaper rotation system with which the groove was enlarged.

### Clinical case

#### Case no.1

Resumption of endodontic treatment in the second inferior premolar with incomplete canal filling associated with fracture of an endodontic instrument in the canal.

#### Case no 2

Resumption of endodontic treatment of the first superior premolar with incomplete canal filling and double-curved roots in the mid-distal sense.



**Fig.1.** Obturație de canal incompletă la 45. Instrument endodontic fracturat în canal. Parodontită apicală acută.



**Fig.2.** Lărgirea jumătății coronare a canalului la 45 pentru crearea accesului sub microscop spre instrumentul blocat în pereții canalului.



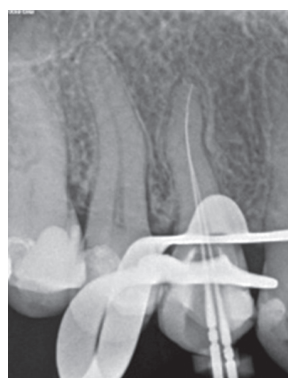
**Fig.3.** Obturație de canal la 45 prin tehnica cu con unic de gutapercă folosind ca sigilant bioceramic EndoSequence BC Sealer.



**Fig.4.** Controlul obturației de canal la 45 după un interval de 3 ani. Dinte clinic asimptomatic. Imagine radiologică de aspect normal.



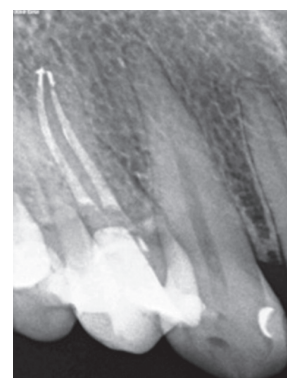
**Fig.5.** Obturație de canal incompletă la 14. Dinte asimptomatic clinic. Rădăcini cu dublă curbură.



**Fig.6.** Removal of incomplete canal filling at 14. Channel negotiation and odontometry.



**Fig.7.** Canal filling at 14 through technique with unique cone of gutta-percha using as a sealant bioceramic EndoSequence BC Sealer.



**Fig.8.** Controlul obturației de canal la 14 după un interval de 3 ani. Dinte clinic asimptomatic. Rx în incidență oblică. Imagine de aspect normal.

**Fig.5.** Incomplete canal filling at 14. Clinically asymptomatic. Roots with double curvature.

**Fig.6.** Îndepărtarea obturației de canal incompletă la 14. Negocierea canalelor și odontometria.

**Fig.7.** Obturație de canal la 14 prin tehnica cu con unic de gutapercă folosind ca sigilant bioceramic EndoSequence BC Sealer.

**Fig.8.** Control of canal filling at 14 after 3 years. Clinically asymptomatic. Rx in oblique incidence. Normal look.

## Discuții

Conform datelor de literatură, eficiența îndepărtării rotative a gutapercii și cimentului de sigilare cu sistemul ProTaper UR este maximă în treimea cervicală a rădăcinii, practic nerămânând detritusuri pe pereții canalului. În același timp este mai sigură și necesită mai puțin timp decât sistemul Mtwo R sau dezobturarea manuală, lăsând mai puține detritusuri în canal decât alte procedee [11].

O alternativă acceptată de dezobturare în treimea cervicală a canalelor este și utilizarea mixtă a frezelor NiTi și acelor Hedström (în special pentru eliminarea detritusurilor), evitându-se însă frezele Gates-Glidden care, deși foarte eficiente în dezobturare și eliminarea materialului de obturație, folosindu-se in-tempestiv pot genera o cantitate mai mare de căldură. În plus efectul caloric dezvoltat în țesutul parodontal marginal de frezele Gates-Glidden se prelungește aproximativ un minut după încetarea frezajului, spre deosebire de instrumentarul rotativ NiTi unde țesutul se răcește o dată cu oprirea acțiunii frezei [11].

ProTaper UR este la fel de sigur și eficient în dezobturarea canalelor radiculare ca și instrumentarul acționat manual. Pe de altă parte obturațiile prin condensarea gutapercii asociate cu sigilant, în prezent cele mai utilizate, pot fi mai ușor îndepărtate în cazul folosirii conurilor de gutapercă cu design standardizat după calibrul frezelor NiTi cu care s-a lărgit canalul [12].

De altfel, în retratamentul celor două cazuri prezentate s-a apelat la obturația de canal cu monocon (con unic) de gutapercă standardizat instrumentarului rotativ ProTaper cu care s-a finalizat lărgirea mecanică până la apex, la care s-a asociat ca sigilant bioceramic EndoSequence BC Sealer [12].

Studiile de dezobturare demonstrează că, indiferent de tehnica folosită, este imposibilă îndepărtarea integrală a materialelor de obturație de canal care, fie rămân aderente parțel pe pereți, fie se acumulează în lumenul canalului în segmentul său apical. Din această perspectivă trebuie menționat că rezistența adeziunii sigilantului bioceramic EndoSequence BC Sealer măsurată *in vitro* prin testul de tracțiune este similară sigilantului din rășină epoxidică AH Plus [12].

Deși în reluarea tratamentului endodontic după dezobturarea canalului se procedează obligator la o lărgire suplimentară urmată de finisare, eliminarea gutapercii și sigilantului nu poate fi 100% garantată. O alternativă cu caracter opțional ar fi combinarea îndepărtării rapide inițiale a obturației de canal cu instrumentar rotativ, urmată de finisarea și evidarea detritusurilor prin instrumentar manual folosind ace Hedström ISO 15-40 [12].

Instrumentele endodontice manuale din oțel inoxidabil se fracturează de regulă prin solicitare excesivă la torsiune, pe când la cele rotative din nichel titan accidentul poate apare atât prin fricțiune, din cauza depășirii rezistenței la torsiune, dar și prin oboseală ciclică unde cauza este torsiunea repetitivă și nu depășirea pragului de rezistență la torsiune [13].

## Discussions

According to literature data, the efficiency of the rotary removal of guttaperch and sealing cement with the ProTaper UR system is maximal in the cervical third of the root, practically not degrading the debris on the walls of the canal. At the same time it is safer and requires less time than the Mtwo R system or manual de-rupture, leaving fewer debris in the channel than other processes [11].

An alternative to cervical canal deboning is the mixed use of NiTi cutters and Hedström needles (especially for removing debris), but avoiding the Gates-Glidden cutters which, although very effective in defatting and removing the fill material, using — Incidentally, they can generate a greater amount of heat. In addition, the caloric effect developed in the marginal periodontal tissue of the Gates-Glidden cutters is extended approximately one minute after the cure has ended, unlike the NiTi rotary instrument where the tissue cools down when the cutter stops. [11]

The ProTaper UR is as safe and effective in disfiguring root canals as hand-operated tools. On the other hand, the most commonly used gutta-permeable condensation can be more easily removed by using standardized gutta-perimeter cones after the NiTi cutter gauge with which the groove [12] has been enlarged.

In fact, in the retreatment of the two cases presented, we used the monocone (single conical) guttapercha canal obturation of the ProTaper rotary instrumentation, with which the mechanical enlargement to apex was completed, to which it was associated as a bioceramic seal EndoSequence BC Sealer [12].

Decontamination studies demonstrate that, regardless of the technique used, it is impossible to completely remove the canal fill materials that either remain plotted on the walls or accumulate in the lumen of the canal in its apical segment. From this perspective it should be noted that the resistance of the adhesion of the biochemical sealant EndoSequence BC Sealer measured *in vitro* by the traction test is similar to the AH Plus epoxy resin sealer [12].

Although in resumption of endodontic treatment after deformation of the canal it is obligatory to an additional enlargement followed by finishing, removal of gutta percha and sealant can not be 100% guaranteed. An optional alternative would be to combine the early rapid removal of canal obstruction with rotary instrumentation followed by finishing and recording of debris by hand instrumentation using Hedström ISO 15-40 [12] needles.

Stainless steel manual endodontic instruments are typically fractured by excessive torsional strain, whereas in titanium nickel rotators, the accident can occur both by friction due to the exceeding of torsional resistance, but also by cyclic fatigue where the cause is repetitive torsion, and not exceeding the torsional resistance threshold [13].

Manevrele de îndepărtare a instrumentului fracturat nu influențează rezultatul final al tratamentului chemomecanic de canal dar poate afecta rezistența mecanică a dintelui. Măsurile generale de prevenire constau în prevezarea treimii coronare a canalului, care permite abordarea lărgirii prin telescopare progresivă (*crown-down*) și prelărgirea manuală cu ace Kerr pilă până la ISO 25, înaintea abordării lărgirii rotative (crearea *traseului de alunecare*) [13].

La tehnicile de lărgire mecanică, în afara regulilor convenționale privind forța de cuplu, accesul rectiliniu în lumenul canalului, lărgirea progresivă cu contacte minimale în suprafață și evitarea condițiilor de activare a funcției de deblocare automată, trebuie de asemenea respectată secvența frezelor de NiTi recomandată de producător [13].

Timpii operatori recomandați pentru îndepărtarea instrumentului fracturat în canal constau în controlul vizual al extremității coronare a fragmentului de instrument, evaluarea anatomiei interne a canalului respectiv, încercarea de ocolire a instrumentului blocat în canal (bypass) și alegerea mijloacelor adecvate de scoatere din canal [13].

Fracturarea unui instrument endodontic în cursul tratamentului endodontic în canalul unui dinte, chiar dacă apare în numai 0,5-5% din cazuri, reprezintă una dintre cele mai neplăcute iatrogenii. Experiența clinică arată că rezolvarea optimă, din păcate nu întotdeauna posibilă, este îndepărtarea sa din canal pe cale ortogradă, dar chiar în caz de reușită pot apare variate complicații precum crearea pragurilor, neregularităților în forma anatomică a canalului, căilor false, transportării traiectului canalului, fenestrării, precum și slăbirea structurii de rezistență a rădăcinii ca urmare a necesității unui acces eficient la instrumentul blocat în canal [14].

Nu trebuie uitat că un mare dezavantaj al pragurilor și fenestrării curburii interne este generarea unui zone de concentrare a tensiunilor în rădăcină, în funcție de locația accidentului de regulă în treimea apicală sau medie, care pe fondul unei forme asimetrice a canalului devin principala cauză a unor fisuri sau fracturi radiculare verticale ce compromit existența dintelui [14].

La cele două cazuri clinice de retratament endodontic din acest studiu am optat pentru obturația de canal cu monocon de gutapercă și cimentul de sigilare bioceramic EndoSequence BC Sealer pentru a compensa neajunsurile mai sus descrise ale unei asemenea abordări terapeutice conservatoare ortograde prin efectul antibacterian [15,16], biocompatibilitatea [17-24] și capacitatea de formare a unei interfețe impermeabile cu dentina tip monobloc, grație precipitării hidroxiapatitei [25-30].

Fluiditatea cimentului de sigilare EndoSequence BC Sealer permite distribuirea sa uniformă pe pereții canalului prin favorizarea presiunii hidraulice de condensare exercitată de conul de gutapercă utilizat în tehnica de obturație de canal cu monocon recomandată de producător [20].

Removal of the fractured instrument does not influence the end result of the chemomechanical channel treatment, but can affect the mechanical resistance of the tooth. General preventive measures consist of predisposing the coronal tremor of the canal, which allows the approach of crown-down widening and manual widening with Kerr needles piling up to ISO 25, before approaching rotating widening (creating the sliding path) [13].

In mechanical extension techniques, in addition to conventional torque rules, straight line access in the lumen of the duct, progressive widening with minimal surface contact, and avoiding the activation conditions of the automatic unlocking function, the NiTi cutter recommended by the manufacturer [13]. The recommended operator times to remove the fractured instrument from the canal consist of visual control of the coronal end of the instrument fragment, assessment of the internal anatomy of the channel, attempt to bypass the instrument and select appropriate means of removal from the canal [13]. Fracture of an endodontic instrument during endodontic treatment in the canal of a tooth, even if it occurs in only 0.5–5% of cases, is one of the most unpleasant iatrogenic.

Clinical experience shows that optimal resolution, unfortunately not always possible, is its removal from the canal via the orthograde, but even in case of success, various complications may occur, such as the creation of thresholds, irregularities in the anatomical form of the canal, false paths, fenestration, as well as the weakening of the root resistance structure due to the need for efficient access to the blocked tool in the channel [14]. It should not be forgotten that a great disadvantage of the thresholds and fenestration of the internal curvature is the generation of a zone of stress concentration in the root, depending on the location of the accident in the apical or medium third, which, due to an asymmetrical form of the canal becomes the main cause of some cracks or vertical root fractures that compromise the existence of the tooth [14].

In the two clinical cases of endodontic retreatment in this study we have chosen the gutta-percha mono-canal obturation and the EndoSequence BC Sealer bioceramic sealant to compensate for the above-described drawbacks of such a conservative therapeutic approach orthograde by the antibacterial effect [15,16], biocompatibility [17–24] and the ability to form a waterproof interface with monoblock type dentin due to precipitation of hydroxyapatite [25–30].

The antibacterial activity of EndoSequence BC Sealer, controlled by agar and direct contact tests, although weaker than AH Plus, which releases formaldehyde during epoxy resin polymerization and contains a bisphenol-A toxic product, is based on pH increased and active diffusion of calcium hydroxide [19]. The channel filling materials, including sealing cements, have very low direct con-

La buna fluiditate a cimentului EndoSequence BC Sealer contribuie procentul de peste 90% de particule între 0,100-1  $\mu\text{m}$  din compoziția pulberii. Pe de altă parte dimensiunea redusă a particulelor EndoSequence BC Sealer, prin creșterea globală a suprafeții lor, intensifică semnificativ capacitatea de interacționare a sigilantului cu fluidele tisulare [20].

Introducerea cimenturilor bioceramice ca sigilanți în obturația de canal s-a bazat atât pe proprietățile fizico-chimice avantajoase (pH alcalin, eliberarea crescută de ioni de calciu, formare de hidroxid de calciu, fluiditate și radioopacitate) cât și pe comportamentul biologic caracterizat prin biocompatibilitate, acțiune antimicrobiană și promovarea formării *in situ* de hidroxiapatită [19].

Mecanismul de integrare tisulară a sigilantului EndoSequence BC Sealer se bazează pe capacitatea cimenturilor bioceramice de a stimula depunerea *in situ* de hidroxiapatită prin eliberarea de calciu și ioni fosfat [20].

Activitatea antibacteriană a EndoSequence BC Sealer, controlată prin testele de difuziune în agar și cel de contact direct, deși mai slabă decât a AH Plus, care eliberează formaldehidă în cursul polimerizării rășinii epoxidice și conține un produs toxic, bisfenolul-A, se bazează pe pH-ul crescut și difuziunea activă a hidroxidului de calciu [19].

Materialele de obturație de canal, inclusiv cimenturile de sigilare, au un contact direct extrem de redus în suprafață cu țesuturile vii din jurul dintelui, limitat practic la foramenul apical. În pofida acestei limitări de interfață de acțiune în practica clinică se dorește totuși crearea unor condiții de micromediu care să promoveze vindecarea tisulară, fie a bontului pulpar apical în cazul extirpărilor vitale, fie reosificarea periradiculară în cazul parodontitelor apicale cronice [21].

Cimenturile silicat de calciu pot influența morfologia celulelor și, fiind biocompatibile, grație mecanismului de reglare a kinazei prin stimulare extracelulară, amplifică fenomenele de proliferare, diferențiere și adeziune celulară. De asemenea aceste cimenturi bioceramice reduc reacția inflamatorie și au efect osteoconductiv [21].

EndoSequence BC Sealer a dovedit o citotoxicitate și genotoxicitate mai reduse decât sigilantul uzual în practica endodontică, AH Plus [19] iar Endosequence Root Repair Material stimulează mai puternic diferențierea osteoblaștilor decât MTA [23] și poate constitui o bună alternativă a ProRoot MTA, întrucât asigură supraviețuirea și proliferarea celulară de o manieră similară [24].

Capacitatea de precipitare a hidroxiapatitei pe suprafața silicaților tricalcici, care intră și în compoziția EndoSequence BC Sealer, a fost dovedită cert *in vitro* prin imersia în lichid tisular simulat dar nu se cunoaște încă precis ce se întâmplă și *in vivo*, unde aceste materiale dentare vin în contact direct cu lichidele de lavaj endodontic, lichidele tisulare sau plasma sanguină [21].

tact with the living tissues around the tooth, practically limited to the apical foramen. In spite of this limitation of the action interface in clinical practice, however, it is desirable to create micromedium conditions that promote tissue healing, or apical pulse abutment in the case of vital extirpation, or periradicular reoccurrence in chronic apical periodontitis [21].

The calcium silicate cements can influence the cell morphology and, being biocompatible, thanks to the mechanism of kinase regulation by extracellular stimulation, amplifies the phenomena of proliferation, differentiation and cell adhesion. Also, these biochemical cements reduce the inflammatory response and have an osteoconductive effect [21].

EndoSequence BC Sealer has shown lower cytotoxicity and genotoxicity than the usual sealant in endodontic practice, AH Plus [19] and Endosequence Root Repair Material stimulates stronger differentiation of osteoblasts than MTA [23] and may be a good alternative to ProRoot MTA cell survival and proliferation in a similar manner [24].

The ability to precipitate hydroxyapatite on the surface of tricalcium silicates, which also enters EndoSequence BC Sealer, has been proven *in vitro* by immersion in simulated tissue fluid, but it is not yet clear what is happening *in vivo* where these dental materials come in direct contact with endodontic lavage fluids, tissue fluids or blood plasma [21].

It is an essential aspect of the clinical use of EndoSequence BC Sealer because the disturbance of the hydration process of the tricalcium silicates in the bioceramic sealant composition may strike its bioactivity [21]. EndoSequence BC Sealer is a single-component sealant that primes *in vivo* within the root canals as the water in tissue tissues diffuses into its mass. This is why the manufacturer's recommendation is that this sealant should be used to fill the root canals with the cold filling technique because the hot condensation techniques of gutta-percha, such as vertical wave-wave condensation or successive waves, can compromise its physicochemical properties [31].

Theoretically, the sealing capacity of a sealing cement depends on its consistency and penetration ability in the depth of innumerable dentinal canals communicating with the root canal, being influenced by various physical factors such as particle size, viscosity, surface tension and solubility [31]. Since EndoSequence BC Sealer is made up of particles smaller than 1  $\mu\text{m}$  and dentinal canals vary between 2–3.2  $\mu\text{m}$  reducing in diameter, as is known from the coronal dentine to the apical third of the channel, this cement sealing has the ability to penetrate the depth of the root dentine [31].

It was found that EndoSequence BC Sealer, used according to the gutta-percha cone technique, penetrates approximately 2 mm into the dentinal canals in both the apical dentine at 1



Este un aspect esențial al utilizării clinice a EndoSequence BC Sealer deoarece perturbarea procesului de hidratare a silicaților tricalcici din compoziția sigilantului bioceramic poate greva bioactivitatea sa [21].

EndoSequence BC Sealer este un ciment de sigilare monocomponent care face priză *in vivo* în interiorul canalelor radiculare pe măsură ce apa din lichidele tisulare difuzează în masa sa. De aceea recomandarea producătorului este ca acest sigilant să se folosească în obturarea canalelor radiculare conform tehnicii de obturație la rece cu con unic deoarece tehnicile de condensare la cald a gutapericii, cum sunt condensarea verticală în val unic sau valuri succesive îi pot compromite proprietățile fizico-chimice [31].

Teoretic capacitatea de ermetizare a unui ciment de sigilare depinde de consistența și capacitatea sa de penetrare în profunzimea nenumăratelor canalicule dentinare care comunică cu canalul radicular, fiind influențată de variați factori fizici precum mărimea particulelor, vâscozitatea, tensiunea superficială și solubilitatea [31].

Intrucât EndoSequence BC Sealer este alcătuit din particule cu dimensiunea sub 1 μm iar canaliculele dentinare variază între 2-3,2 μm reducându-se în diametru, după cum se știe, din dentina coronară spre cea a treimii apicale a canalului înseamnă că acest ciment de sigilare are capacitatea de penetrare în profunzimea dentinei radiculare [31].

S-a constatat că EndoSequence BC Sealer, folosit conform tehnicii de obturație de canal cu con unic de gutapercă, pătrunde aproximativ 2 mm în canaliculele dentinare atât în dentina apicală, la 1 mm de apex, cât și la o distanță de 5 mm de apex, reper care reprezintă limita dintre treimea apicală și treimea medie a rădăcinii [31].

Imbucurător este și faptul că spre deosebire de alți sigilanți bioceramici, precum MTA Fillapex, care prezintă o contracție de priză de 0,7% EndoSequence BC Sealer manifestă dimpotrivă un ușor grad de expansiune volumetrică, sub 0,1%. Lipsa contracției de priză a unui sigilant, care de regulă trebuie să respecte mărimea unui film de material extrem de îngust la interfața cu peretele canalului radicular, îi crește valoarea clinică mai ales în condițiile folosirii tehnicii de obturație cu con unic de gutapercă unde nu este posibilă compensarea contracției de priză prin asocierea condensării verticale [31].

Neomogenitatea obturației de canal cu con unic de gutapercă folosind ca sigilant EndoSequence BC Sealer care apare uneori din cauza unor goluri generate de variațiile morfologiei interne a canalelor radiculare, frecvent ovale pe secțiune, poate fi corectată prin creșterea presiunii hidraulice asupra sigilantului cu conuri de gutapercă accesorii [31].

EndoSequence BC Sealer a dovedit o adeziune mai puternică la dentină decât AH Plus. Adaptarea marginală este similară MTA. Are potențial algic și proinflamator neurogen (CGRP) mai redus decât sigilantii pe bază de oxid de zinc-eugenol [32].

mm of the apex and at a distance of 5 mm from the apex, which represents the boundary between the apical third and the middle third of the root [31]. Also, unlike other bioceramic sealants such as Milla Fillapex, which exhibit a 0.7% EndoSequence BC Sealer contraction, it exhibits a slight degree of volume expansion below 0.1%. The lack of shrinkage of a sealant, which typically has to respect the size of a film of extremely narrow material at the interface of the root canal wall, increases its clinical value, especially in the case of the use of the gutta-percous obturation technique where it is not possible compensating the squeeze by associating the vertical condensation [31].

The non-homogeneity of guttapercon cone channel obturation using EndoSequence BC Sealer sealant, which sometimes occurs due to voids generated by variations in the internal morphology variations of the root canals, frequently oval on the section, can be corrected by increasing the hydraulic pressure on the seal with gutta-percha cones [31].

EndoSequence BC Sealer has proven stronger adhesion to dentin than AH Plus. The marginal adaptation is similar to MTA. It has a lower allergenic and proinflammatory potential (CGRP) than zinc-eugenol-based sealants [32].

The interface layer of dentin made of hydroxyapatite crystals may pose problems in removing the sealant. Conventional decontamination techniques fail to completely remove the bioceramic seal, similar to AH Plus [32]. The purpose of applying a sealant is to obtain a homogeneous canal obturation and waterproof apical closure. Penetration into the dentinal canals is deep reaching 40–60% of their length. Complete removal of a seal from the canal is not a major objective of resuming endodontic treatment [32]. It appears that the dentin adhesion strength of iRoot SP (Innovative BioCeramix, Vancouver, Canada), the Canadian version of EndoSequence BC Sealer, is significantly lower than the MTA and the AH Plus epoxy sealant, but can vary greatly depending on the degree of moisture that comes into contact with the root inside the socket [33].

Although both are bioceramic cements, the lower dentin adhesion of iRoot SP than MTA can also be attributed to the lower proportion of calcium silicates in its composition. By default, a smaller amount of calcium hydroxide will be generated during hydration, and a lower possibility of spontaneous formation of an interface hydroxyapatite precipitate to achieve a bioceramic-dentin impermeable monoblock [33].

EndoSequence BC Sealer is undoubtedly a promising sealing cement in the biological approach to endodontic treatments but its true clinical value can only be proven over time based on studies of statistical relevance. Although already introduced in endodontic practice, like any new product, according to the translational axiom En-

Stratul de interfață cu dentina alcătuit din cristale de hidroxiapatită ar putea pune probleme la îndepărtarea sigilantului. Tehnicile de dezobturare convenționale nu reușesc să îndepărteze complet sigilantul bioceramic, aspect similar și în cazul AH Plus [32].

Scopul aplicării unui sigilant este obținerea unei obturații de canal omogene și o închidere apicală impermeabilă. Penetrarea în canaliculele dentinare este profundă atingând 40-60% din lungimea acestora. Îndepărtarea completă a unui sigilant din canal nu reprezintă un obiectiv major al reluării tratamentului endodontic [32].

Se pare că forța de aderare la dentină a cimentului bioceramic iRoot SP (*Innovative BioCeramix*, Vancouver, Canada), varianta canadiană a EndoSequence BC Sealer, este semnificativ mai mică decât a MTA-ului și a sigilantului epoxidic AH Plus, dar poate varia puternic în funcție de gradul de umiditate cu care vine în contact în interiorul rădăcinii în timpul prizei [33].

Deși ambele sunt cimenturi bioceramice, adeziunea mai redusă la dentină a iRoot SP decât a MTA-ului poate fi pusă și pe seama proporției mai reduse a silicaților de calciu din compoziția sa. Implicite se va genera o cantitate mai mică de hidroxid de calciu în cursul hidratării și în continuare o mai slabă posibilitate de formare spontană a unui precipitat de hidroxiapatită de interfață care să realizeze un monobloc impermeabil bioceramică-dentină [33].

EndoSequence BC Sealer constituie fără îndoială un ciment de sigilare promițător în abordarea biologică a tratamentelor endodontice dar adevărata sa valoare clinică nu poate fi dovedită decât în timp, pe baza unor studii cu relevanță statistică. Deși deja introdus în practica endodontică, ca orice nou produs, conform axiomei medicinei translaționale EndoSequence BC Sealer este încă pe drumul „*from bench to bed*”.

### Concluzii

EndoSequence® BC Sealer™ este un ciment de sigilare ușor manevrabil în practica clinică care poate fi folosit cu succes în finalizarea retratamentelor endodontice. Acest sigilant trebuie folosit însă preferențial în obturațiile de canal cu con unic de gutapercă de design standardizat, conform sistemului rotativ de NiTi cu care s-a lărgit canalul.

doSequence BC Sealer is still on the «from bench to bed» road.

### Conclusion:

EndoSequence® BC Sealer™ is a easy-to-handle sealant in clinical practice that can be used successfully for finishing the endodontic retreatment. However, this sealant should be used preferentially in standard gutta-percha channel obturations according to the NiTi rotary system with which the groove has been enlarged.

### Bibliografie / Bibliography

1. Sundqvist G, Figdor D. Endodontic treatment of apical periodontitis. In: Ørstavik D, Pitt Ford TR (eds.), *Essential endodontology*, 2nd ed, Blackwell Science, Oxford, 1998, 242-270
2. Friedman S. Treatment outcome: the potential for healing and retained function. In: Ingle JJ, Bakland LK, Baumgartner CJ (eds.), *Ingle's endodontics 6*. BC Decker, Hamilton, 2008, 1162—1232
3. Gluskin AH, Peters CI, Wong RDM, et al. Retreatment of non-healing endodontic therapy and management of mishaps. In: Ingle JJ, Bakland LK, Baumgartner CJ (eds.), *Ingle's endodontics 6*. BC Decker, Hamilton, 2008, 1088—1161
4. Monea MD. Prognosticul retratamentului endodontic retrograd. In: Iliescu A (ed), *Tratat de endodonție*, vol.2, Ed.Medică, București, 2014, 685-695
5. Duncan HF, Chong BS. Removal of root filling materials. *Endod Topics* 2011;19:33-57
6. Candeiro GTM, Correia FC, Hungaro Duarte MA, et al. Evaluation of radiopacity, pH, release of calcium ions, and flow of a bioceramic root canal sealer. *J Endod* 2012;38:842-845
7. Parirokh M, Torabinejad M. Calcium silicate-based cements. In: Torabinejad M (ed), *Mineral trioxide aggregate. Properties and clinical applications*. Wiley Blackwell, Oxford, 2014, 281-332
8. Shen Y, Peng B, Yang Y, Ma J, Haapasalo M. What do different tests tell about the mechanical and biological properties of bioceramic materials? *Endod Topics* 2015;32:47-85
9. Trope M, Bunes A, Debelian G. Root filling materials and techniques: bi-

- oceramics a new hope? *Endod Topics* 2015;32:86-96
10. Hess D, Solomon E, Spears R, et al. Retreatability of a bioceramic root canal sealing material. *J Endod* 2011;37:1547-1549
  11. Bramante CM, Fidelis NS, Assumpção TS, et al. Heat release, time required, and cleaning ability of Mtwo and Pro-Taper Universal Retreatment systems in removal of filling material. *J Endod* 2010;36:1870-1873
  12. Ersev H, Yilmaz B, Dinçol ME, et al. The efficacy of ProTaper Universal rotary retreatment instrumentation to remove single gutta-percha cones cemented with several endodontic sealers. *Int Endod J* 2012;45:756-762
  13. Cheung GSP. Instrument fracture: mechanisms, removal of fragments, and clinical outcomes. *Endod Topics* 2009;16:1-26
  14. Fu M, Zhang Z, Hou B. Removal of broken files from root canals by using ultrasonic techniques combined with dental microscope: a retrospective analysis of treatment outcome. *J Endod* 2011;37:619-622
  15. Zhang H, Shen Y, Ruse ND, Haapasalo M. Antibacterial activity of endodontic sealers by modified direct contact test against *Enterococcus faecalis*. *J Endod* 2009;35:1051-1055
  16. Lovato KF, Sedgley CM. Antibacterial activity of EndoSequence root repair material and ProRoot MTA against clinical isolates of *Enterococcus faecalis*. *J Endod* 2011;37:1542-1546
  17. Zhou HM, Du TF, Shen Y, Wang ZJ, Zheng YF, Haapasalo M. In vitro cytotoxicity of calcium silicate-containing endodontic sealers. *J Endod* 2015;41:56-61
  18. Loushine BA, Bryan TE, Looney SW, Gillen BM, Loushine RJ, Weller RN, Pashley DH, Tay FR. Setting properties and cytotoxicity evaluation of a premixed bioceramic root canal sealer. *J Endod* 2011;37:673-677
  19. Candeiro GTM, Moura-Netto C, D'Almeida-Couto RS, et al. Cytotoxicity, genotoxicity and antibacterial effectiveness of bioceramic endodontic sealer. *Int Endod J* 2016;49:858-864
  20. Tran D, He J, Glickman GN, et al. Comparative analysis of calcium silicate-based root filling materials using an open apex model. *J Endod* 2016;42:654-658
  21. Moinzadeh AT, Portoles CA, Wismayer PS, et al. Bioactivity potential of EndoSequence BC RRM Putty. *J Endod* 2016;42:615-621
  22. Chen I, Salhab I, Setzer FC, et al. A new calcium silicate-based bioceramic material promotes human osteo- and odontogenic stem cell proliferation and survival via the extracellular signal-regulated kinase signaling pathway. *J Endod* 2016;42:480-486
  23. Rifaey HS, Villa M, Zhu Q, et al. Comparison of osteogenic potential of mineral trioxide aggregate and EndoSequence Root Repair Material in a 3-dimensional culture system. *J Endod* 2016;42:760-765
  24. Machado J, Johnson JD, Paranjpe A. The effects of Endosequence Root Repair Material on differentiation of dental pulp cells. *J Endod* 2016;42:101-105
  25. Kim H, Kim E, Lee SJ, et al. Comparisons of the retreatment efficacy of calcium silicate and epoxy resin-based sealers and residual sealer in dentinal tubules. *J Endod* 2015;41:2025-2030
  26. Oliveira DS, Cardoso ML, Queiroz TF, et al. Suboptimal push-out bond strength of calcium silicate-based sealers. *Int Endod J* 2016;49:796-801
  27. Nagas E, Uyanik MO, Eymirli A, Cehreli ZC, Vallittu PK, Lassila LVJ, Durmaz V. Dentin moisture conditions affect the adhesion of root canal sealers. *J Endod* 2012;38:240-244
  30. Wang Z. Bioceramic materials in endodontics. *Endod Topics* 2015;32:3-30
  31. McMichael GE, Primus CM, Opperman LA. Dentinal tubule penetration of tricalcium silicate sealers. *J Endod* 2016;42:632-636
  32. Kim H, Kim E, Lee SJ, et al. Comparisons of the retreatment efficacy of calcium silicate and epoxy resin-based sealers and residual sealer in dentinal tubules. *J Endod* 2015;41:2025-2030
  33. Oliveira DS, Cardoso ML, Queiroz TF, et al. Suboptimal push-out bond strength of calcium silicate-based sealers. *Int Endod J* 2016;49:796-801