

# BioRoot™ RCS

Is een **paradigmashift** voor  
de wortelkanaalvulling mogelijk?



**Josette Camilleri**

B.Ch.D., M.Phil., Ph.D., FICD, FADM, FIMMM, FHEA (UK)  
School of Dentistry,  
Institute of Clinical Sciences  
College of Medical and Dental Sciences  
The University of Birmingham, Birmingham, U.K.



## Inleiding

De introductie van hydro calciumsilicaat materialen als wortelkanaal sealer vertegenwoordigt de laatste ontwikkeling van de originele minerale trioxide-aggregaat (MTA) formule. Het eerste rapport beschreef MTA als een wortelkanaal sealer in combinatie met guttapercha<sup>(1)</sup>. MTA induceerde weefsel-mineralisatie en deze eerste studie onderzocht dus het biomineralisatie-proces en de weefselreactie op MTA naast de eigenschap tot het vrijstellen van calcium<sup>(2)</sup>. MTA als sealer toonde een hogere apicale lekkage dan guttapercha vullingen<sup>(3)</sup>.

Het werkings- en hydratatiemechanisme van MTA werd later beschreven<sup>(4-6)</sup>, met als resultaat de ontwikkeling van de commerciële wortelkanaal sealers. De eerste werd op de markt gebracht door Egeo en Angelus in 2008<sup>(7)</sup>. In dezelfde periode verscheen een paper over ProRoot Endo sealer, ontwikkeld door Dentsply<sup>(8)</sup>, maar deze kwam slechts recentelijk op de markt. In *Tabel 1* staan de huidige beschikbare klinische sealers. Hieronder bevindt zich BioRoot™ RCS van Septodont. In dit artikel beschrijven we de samenstelling en eigenschappen van deze sealer.

Bedrijf	Materiaal	Cement	Radio-opaker	Additieven	Drager	Verpakking	Mengen
Angelus	MTA Fillapex	Portland cement	bismutoxide calcium tungsten	siliciumoxide	salycilaat kunsthars	2 tubes dubbeltcilinder spuit	Manueel
Egeo	CPM		bismutoxide, bariumsulfaat	calciumcarbonaat, propyleen glycol alginaat, propyleen glycol, natriumcitraat, calciumchloride	water	Poeder / vloeistof	Manueel
Maruchi	Endoseal MTA		bismutoxide, zirkoniumoxide	pozzolaan	-	Spuit	Voor-gemengd
Innovative Bioceramix Inc Brasseler FKG	IRoot SP Endosequence BC Totalfill	Tricalcium silicaat	zirkoniumoxide	calciumfosfaat	-	Spuit	Voor-gemengd
Septodont	BioRoot™ RCS		zirkoniumoxide	wateroplosbaar polymeer	water	Poeder / vloeistof	Manueel

**Tabel 1:** Commercieel beschikbare tricalciumsilicaat sealers voor klinisch gebruik.

## Samenstelling

Zoals blijkt uit *Tabel 1* is BioRoot™ RCS de eenvoudigste formule. Het is watergebaseerd en de omschakeling van cement naar sealer gebeurt door toevoeging van een wateroplosbaar polymeer dat zorgt voor het vloeien. In een rapport van 2005 maakte men voor de eerste maal melding van de toevoeging van een polymeer aan Portland cement om de materiaaleigenschappen te verbeteren<sup>(9)</sup>. In 2009 verscheen een rapport over het gebruik van een wateroplosbaar polymeer in een wortelkanaal sealer<sup>(10)</sup>. In dit onderzoek werden

verscheidene polymeren en hun effect op de materiaaleigenschappen en de hydratatie nagegaan. Toevoeging van een wateroplosbaar polymeer aan MTA veranderde de hydraterende eigenschappen niet en resulteerde in een verbeterd materiaal dat kan dienen als endodontische sealer<sup>(10)</sup>. Bovendien bezat deze nieuwe MTA sealer een geschikte uithardingstijd en dimensionele stabiliteit. Hij was als wortelkanaal sealer geschikt voor klinische toepassingen<sup>(11)</sup>. BioRoot™ RCS wordt aangeboden als poeder/vloeistof zoals aangetoond in *Fig. 1*.

Het poeder bevat tricalciumsilicaat als actief cement, zirkoniumoxide als opaker<sup>(12)</sup> en povidone. De vloeistof is samengesteld uit water, calciumchloride en een wateroplosbaar polymeer.

Fig. 2 (A,C) toont de microstructuur en elementanalyse van de sealer, en in Fig. 3 zien we de hydratatie over een periode van 28 dagen met de vorming van calciumhydroxide. Een andere recente studie bevestigt de elementanalyse<sup>(13)</sup>. In oplossing stelt de sealer een hogere concentratie calciumhydroxide ionen vrij ten opzichte van andere tricalciumsilicaat cementen zoals Endosequence BC en MTA Fillapex<sup>(13)</sup>.



Fig. 1: BioRoot™ RCS verpakking van Septodont met het potje en lepeltje voor het poeder en de vloeistofampule.

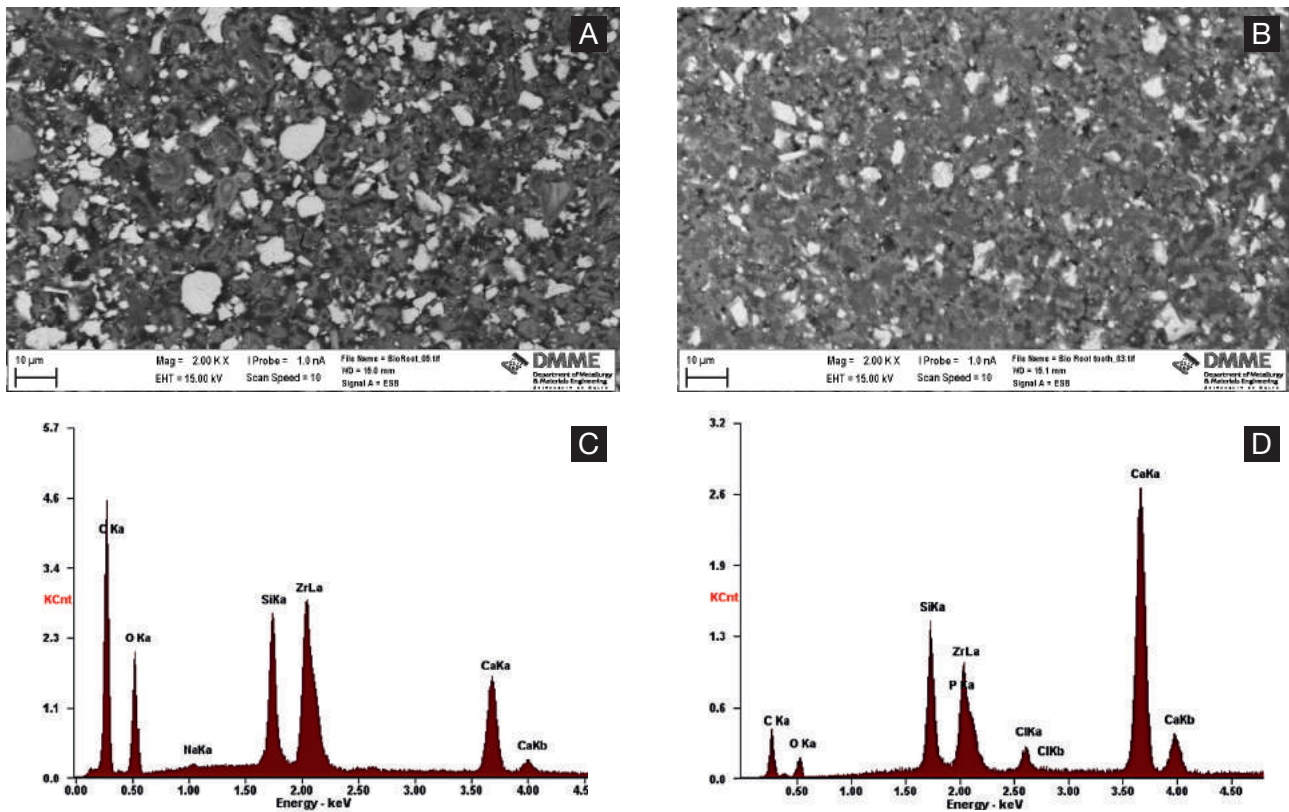
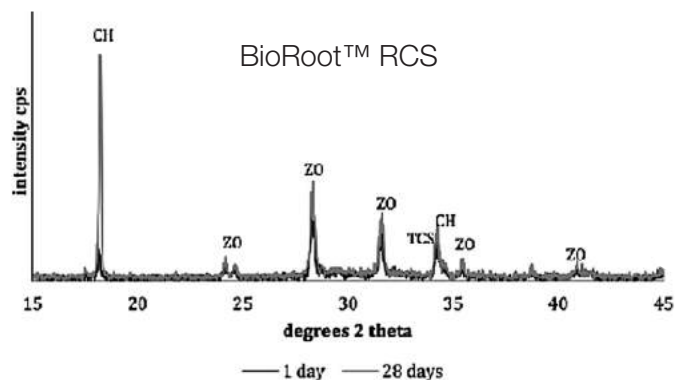


Fig. 2: De microscopische oppervlaktestructuur van BioRoot™ RCS toont de voornaamste aanwezige fases en element-analyse in vitro (A,C), en ook in contact met dentine (B,D), met de aanduiding van de chemische veranderingen waaronder fosfaatvorming.

Met toestemming overgenomen van Xuereb et al. 2015.

Fig. 3: Hydratatie van BioRoot™ RCS toont de gevormde kristallijne fase, 1 en 28 dagen na menging, opgenomen met een RX-diffractometer.

Met toestemming overgenomen van Xuereb et al. 2015.



# Eigenschappen

## Uithardingstijd

De finale uithardingstijd van BioRoot™ RCS bedraagt 324 (± 1) minuten, wat korter is dan die van AH Plus<sup>(15)</sup>. MTA Fillapex hardde niet uit bij vergelijkbaar gebruik met de andere tricalciumsilicaat wortelkanaal sealers<sup>(14,15)</sup>. De uithardingstijd van BioRoot™ RCS verminderde drastisch door de verhitting bij gebruik van de verticale condensatie techniek<sup>(16)</sup>. Ook contact met een vochtige omgeving verlengde de uithardingstijd aanzienlijk<sup>(14)</sup>.

De fabrikant beveelt dus voor BioRoot™ RCS enkel de koude vulmethode aan met gebruik van gutta-percha in de single cone techniek.

## Oplosbaarheid

Bij onderdompeling in water is BioRoot™ RCS in het begin minder oplosbaar dan AH Plus en MTA Fillapex, maar over langere tijd meer oplosbaar in vergelijking met de kunsthars-gebaseerde sealers<sup>(15)</sup>. Deze oplosbaarheid verbetert de biologische eigenschappen van de sealer. Onderdompeling in fosfaat gebufferd speeksel bevordert de oplosbaarheid van BioRoot™ RCS op lange termijn en na 14 en 28 dagen in oplossing zag men aan de oppervlakte een neerslag verschijnen<sup>(15)</sup>.

## Vloei en filmdikte

BioRoot™ RCS toont een lagere vloei en hogere filmdikte<sup>(12)</sup> dan de limieten die aanbevolen worden door de ISO 6976;2012<sup>(17)</sup>. De ISO aanbevelingen gelden echter voor de inerte sealers, die verschillen van BioRoot™ RCS. De hitte bij gebruik van de warme condensatietechniek beïnvloedt de vloei en filmdikte<sup>(16)</sup>. De fabrikant beveelt echter de koude obturatietechniek aan.

## Radio-opaciteit

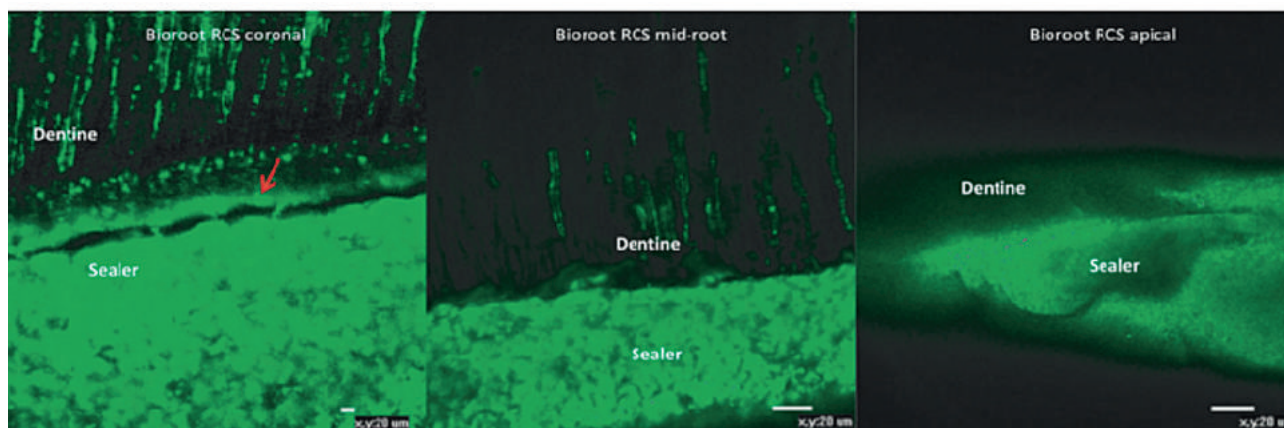
BioRoot™ RCS heeft een grotere opaciteit dan de lage limiet, gespecificeerd door de ISO6867;2012<sup>(17)</sup> en komt overeen met die van AH Plus en MTA Fillapex<sup>(15)</sup>. De radio-opaciteit bedraagt ongeveer 9 mm aluminiumdikte, wat gelijk is aan die van Endosequence BC sealer en hoger dan MTA Fillapex<sup>(14)</sup>.

## Vrijstelling van calciumionen

BioRoot™ RCS stelt in oplossing hoge concentraties calciumionen vrij, veel hoger dan gelijkaardige sealer types: inderdaad, tweemaal zoveel als Endosequence BC sealer, en tienmaal meer dan MTA Fillapex gedurende dezelfde tijdsspanne en onder dezelfde voorwaarden<sup>(14)</sup>. Men toonde aan dat in contact met dentine er rond het materiaal biomineralisatie optrad en een fosfaatneerslag plaatsvond<sup>(14)</sup>, zoals aangetoond in *Fig. 2 (B,D)*.

## Biomineralisatie

Wanneer tricalciumsilicaat-gebaseerde materialen in contact komen met dentine en weefselvocht leidt dit tot een fosfaatneerslag op het materiaaloppervlak. Dit werd uitgebreid beschreven voor MTA<sup>(18-20)</sup>. Ook de interactie tussen dentine en BioRoot™ RCS is eveneens goed gedocumenteerd. Ter hoogte van de interface tussen materiaal en tand ontstaat via een minerale infiltratiezone een chemische binding<sup>(21)</sup>. Dit is een belangrijke eigenschap omdat de binding tussen sealer en wortelkanaal dentine voor minder micro-lekkage zorgt. De minerale infiltratiezone bij BioRoot™ RCS werd aangetoond met de confocale microscoop<sup>(22)</sup>. De minerale infiltratiezone en de sealer pluggen verzekeren de aanpassing en binding aan de wortelkanaal dentine (*Fig. 4*). Deze pluggen en een rijke minerale zone waren meer aanwezig in het coronaire deel dan in het middelste en apicale deel van het wortelkanaal. Dit kan te wijten zijn aan de inhibitie door het EDTA irrigatiemiddel en het verwijderen van de smeerlaag dieper in het wortelkanaal<sup>(23)</sup>. Men vond geen bewijs van fosforinfiltratie in de BioRoot™ RCS sealer bij contact met dentine. Ook vond men bij een oppervlaktefase analyse met een grazing angle RX-diffractometer geen vorming van calciumfosfaat in het materiaal. Dit kon men aantonen bij een in vitro-in vivo model, waarbij men een fysiologische oplossing onder lage druk in een kolom plaatste om zo de materiaaluitdijing en de chemische binding in werking te evalueren. Dit is een meer betrouwbare test dan in vitro omdat men dan een grote hoeveelheid vloeistof gebruikt, wat klinisch niet relevant is<sup>(14)</sup>.



**Fig. 4:** Confocale microscopische beelden van de BioRoot™ RCS-interface met dentine op verschillende niveaus langs het wortelkanaal die de minerale infiltratiezone en sealer-tags in dentinale tubuli tonen (overgenomen met toestemming van Viapiana et al. 2016).

Om de binding van de sealer met de wortelkanaalwand te verbeteren, stelde men fosfaat gebufferd speeksel als wortelkanaal dressing voor<sup>(23)</sup>. Dit zou voor een bron van fosfaationen kunnen zorgen om de binding ter hoogte van de interface op te drijven. De hogere treksterkte van tricalciumsilicaat gebaseerde wortelkanaal sealers zou verband houden met calciumfosfaat afzetting<sup>(24)</sup>.

BioRoot™ RCS toonde de hoogste antimicrobiële activiteit ten opzichte van MTA Fillapex en AH Plus. EDTA als irrigatiemiddel bevorderde de antimicrobiële activiteit van alle wortelkanaal sealers. Als men fosfaat gebufferd speeksel als finaal irrigatiemiddel gebruikte, zag men echter de antimicrobiële eigenschappen van BioRoot™ RCS en andere gelijkaardige sealers, waaronder AH Plus, verminderen<sup>(25)</sup>.

### Biocompabiliteit

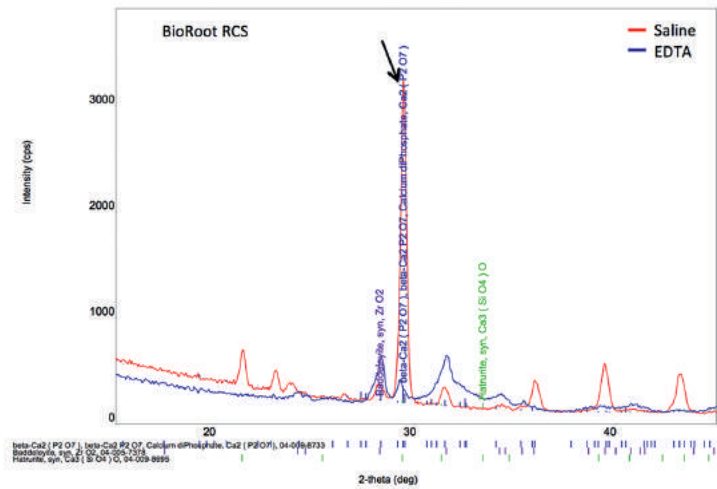
BioRoot™ RCS eluties en zelfs een directe celuitzaaiing over het materiaal toonden een hoge graad van celproliferatie. Men zag bij BioRoot™ RCS een hogere migratie van stamcellen uit het parodontale ligament, en deze cellen behielden hun mesenchymale fenotype<sup>(26)</sup>. Dit werd bevestigd door een andere studie die eluties van BioRoot™ RCS en andere tricalciumsilicaat sealers samen met AH Plus onderzocht. Die elutie toonde na 1 dag geen cytotoxisch effect terwijl extracten na 48 en 72 uur een milde toxiciteit vertoonden<sup>(27)</sup>.

De 1-dag elutie van BioRoot™ RCS werd ook in een andere studie geëvalueerd en hieruit bleken er geen dubbelstrengbreuken van het DNA aanwezig te zijn in vergelijking met andere kunsthars- en silicaatgebaseerde wortelkanaal sealers<sup>(28)</sup>.

BioRoot™ RCS compromitteerde geenszins het mineralisatie potentieel van pulpaire A4 cellen. Het is minder toxisch dan Pulp Canal Sealer, een zinkoxide-eugenol materiaal. BioRoot™ RCS lokt geen differentiatie van de pulpaire stamcellen uit maar verzekert hun osteo-odontogene intrinsieke eigenschappen<sup>(29)</sup>. Het toonde ook minder toxisch effect dan Pulp Canal Sealer op de cellen in het parodontale ligament, en induceerde een hogere secretie van angio- en osteogene groeifactoren.

## Vullen met BioRoot™ RCS

Irrigatie beïnvloedt de eigenschappen van BioRoot™ RCS. EDTA als finale irrigatievloeistof vermindert het vrijstellen van calcium met de helft <sup>(31)</sup>. Bovendien constateerde men dat er in contact met de dentine geen calciumfosfaatfase gevormd werd <sup>(31)</sup>. Dit ziet men in *Fig. 5* waar men de gevormde kristallijne fase bij gebruik van speeksel of EDTA als finaal irrigatiemiddel alvorens te vullen, vergelijkt. BioRoot™ RCS toonde wel de grootste antimicrobiële activiteit na spoelen met EDTA. Deze activiteit lag beduidend hoger dan bij MTA Fillapex en AH Plus en wordt bevorderd bij gebruik van EDTA als irrigatievloeistof <sup>(25)</sup>. Fosfaatrijke spoelmiddelen worden afgeraden in combinatie met BioRoot™ RCS, en ook met alle andere tricalciumsilicaat sealers.



**Fig. 5:** RX-diffractiekaart van BioRoot™ RCS na contact met geïrrigeerde dentine met speeksel of EDTA, toont de verminderde calciumfosfaat afzetting op het materiaal in contact met dentine na spoelen met EDTA, zoals aangeduid met de zwarte pijl.

Overgenomen met toestemming van Harik et al. 2016.

De hitte-ontwikkeling bij toepassing van de verticale warme condensatietechniek beïnvloedt de vloeï en dikte van BioRoot™ RCS. Men gebruikt deze sealer dus met de single cone techniek of laterale guttapercha condensatie <sup>(16)</sup>. De vultechniek bepaalt de sealerkeuze. De fabrikant raadt de koude techniek aan wegens de antibacteriële eigenschappen van BioRoot™ RCS: de aanwezigheid van deze sealer kan de resterende microorganismen in de wortelkanaalruimte en dentine tubuli elimineren. De hoge antimicrobiële activiteit blijft gelden bij om het even welk irrigatiemiddel <sup>(25)</sup>.

Ook de herbehandeling van een kanaalvulling met een enkele guttaperchapunt in combinatie met BioRoot™ RCS is eenvoudiger in vergelijking met AH Plus, omdat er minder sealerresten overblijven en een kortere behandelingstijd werd vastgesteld <sup>(32)</sup>.

## Besluit

BioRoot™ RCS is te gebruiken met om het even welke single cone koude vultechniek. De oplosbaarheid van het materiaal verhoogt de ionenuitwisseling met de omgeving en dus de biologische respons. BioRoot™ RCS is een sterk antimicrobieel materiaal wat nog versterkt wordt door het gebruik van EDTA. Deze sealer werd niet volgens

de klassieke regels van hermetische afsluiting ontwikkeld, maar focust vooral op het creëren van een wortelkanaal omgeving met een verhoogde biologische en antibacteriële activiteit. Dus een paradigmashift met BioRoot™ RCS is mogelijk.



### **Josette Camilleri**

B.Ch.D., M.Phil., Ph.D., FICD, FADM, FIMMM, FHEA (UK)  
School of Dentistry,  
Institute of Clinical Sciences  
College of Medical and Dental Sciences  
The University of Birmingham  
Birmingham  
U.K.

#### **Biography**

Professor Josette Camilleri obtained her Bachelor of Dental Surgery and Master of Philosophy in Dental Surgery from the University of Malta. She completed her doctoral degree, supervised by the late Professor Tom Pitt Ford, at Guy's Hospital, King's College London.

She has worked at the Department of Civil and Structural Engineering, Faculty for the Built Environment, University of Malta and at the Department of Restorative Dentistry, Faculty of Dental Surgery, University of Malta. She is currently a senior academic at the School of Dentistry, University of Birmingham, U.K. Her research interests include endodontic materials such as root-end filling materials and root canal sealers, with particular interest in mineral trioxide aggregate, Portland cement hydration and other cementitious materials used as biomaterials and also in the construction industry.

Josette has published over 100 papers in peer-reviewed international journals and her work is cited over 4000 times. She is the Editor of "Mineral trioxide aggregate. From preparation to application" published by Springer in 2014. She is a contributing author to the 7th edition of "Harty's Endodontics in Clinical Practice" (Editor: BS Chong) and "Glass ionomer cements in Dentistry" (Editor: SK Sidhu). She is an international lecturer, a reviewer and a member of the scientific panel of a number of international journals including the Journal of Endodontics, Scientific Reports, Dental Materials, Clinical Oral Investigation, Journal of Dentistry, Acta Odontologica Scandinavica and Acta Biomaterialia.

## **Referenties**

1. Holland R, de Souza V, Nery MJ, Otoboni Filho JA, Bernabé PF, Dezan Júnior E. Reaction of dogs' teeth to root canal filling with mineral trioxide aggregate or a glass ionomer sealer. *J Endod.* 1999 Nov;25(11):728-30.
2. Holland R, de Souza V, Nery MJ, Bernabé oF, Filho JA, Junior ED, Murata SS. Calcium salts deposition in rat connective tissue after the implantation of calcium hydroxide-containing sealers. *J Endod.* 2002 Mar;28(3):173-6.
3. Vizgirda PJ, Liewehr FR, Patton WR, McPherson JC, Buxton TB. A comparison of laterally condensed gutta-percha, thermoplasticized gutta-percha, and mineral trioxide aggregate as root canal filling materials. *J Endod.* 2004 Feb;30(2):103-6.
4. Camilleri J, Montesin FE, Brady K, Sweeney R, Curtis RV, Ford TR. The constitution of mineral trioxide aggregate. *Dent Mater.* 2005 Apr;21(4):297-303.
5. Camilleri J. Hydration mechanisms of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J.* 2007 Jun;40(6): 462-70.
6. Camilleri J. Characterization of hydration products of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J.* 2008 May;41(5):408-17.
7. Monteiro Bramante C, Demarchi AC, de Moraes IG, Bernadineli N, Garcia RB, Spångberg LS, Duarte MA. Presence of arsenic in different types of MTA and white and gray Portland cement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008 Dec;106(6):909-13.
8. Weller RN, Tay KC, Garrett LV, Mai S, Primus CM, Gutmann JL, Pashley DH, Tay FR. Microscopic appearance and apical seal of root canals filled with gutta-percha and ProRoot Endo Sealer after immersion in a phosphate-containing fluid. *Int Endod J.* 2008 Nov;41(11): 977-86.
9. Camilleri J, Montesin FE, Di Silvio L, Pitt Ford TR. The chemical constitution and biocompatibility of accelerated Portland cement for endodontic use. *Int Endod J.* 2005 Nov; 38(11):834-42.

# Referenties

---

10. Camilleri J. Evaluation of selected properties of mineral trioxide aggregate sealer cement. *J Endod.* 2009 Oct;35(10):1412-7.
11. Camilleri J, Mallia B. Evaluation of the dimensional changes of mineral trioxide aggregate sealer. *Int Endod J.* 2011 May;44(5):416-24.
12. Khalil I, Naaman A, Camilleri J. Properties of Tricalcium Silicate Sealers. *J Endod.* 2016 Oct; 42(10):1529-35.
13. Reszka P, Nowicka A, Lipski M, Dura W, Drożdżik A, Woźniak K. A Comparative Chemical Study of Calcium Silicate-Containing and Epoxy Resin-Based Root Canal Sealers. *Biomed Res Int.* 2016;2016:9808432.
14. Xuereb M, Vella P, Damidot D, Sammut CV, Camilleri J. In situ assessment of the setting of tricalcium silicate-based sealers using a dentin pressure model. *J Endod.* 2015 Jan;41(1): 111-24.
15. Prüllage RK, Urban K, Schäfer E, Dammaschke T. Material Properties of a Tricalcium Silicate- containing, a Mineral Trioxide Aggregate-containing, and an Epoxy Resin-based Root Canal Sealer. *J Endod.* 2016 Dec;42(12):1784-1788.
16. Camilleri J. Sealers and warm gutta-percha obturation techniques. *J Endod.* 2015 Jan;41(1): 72-8.
17. International Standard Organisation (2012). ISO 6876; Dentistry -- Root canal sealing materials.
18. Sarkar NK, Caicedo R, Ritwik P, Moiseyeva R, Kawashima I. Physicochemical basis of the biologic properties of mineral trioxide aggregate. *J Endod.* 2005 Feb;31(2):97-100.
19. Tay FR, Pashley DH, Rueggeberg FA, Loushine RJ, Weller RN. Calcium phosphate phase transformation produced by the interaction of the portland cement component of white mineral trioxide aggregate with a phosphate-containing fluid. *J Endod.* 2007 Nov;33(11): 1347-51.
20. Reyes-Carmona JF, Felipe MS, Felipe WT. Biomineralization ability and interaction of mineral trioxide aggregate and white portland cement with dentin in a phosphate-containing fluid. *J Endod.* 2009 May;35(5):731-6.
21. Atmeh AR, Chong EZ, Richard G, Festy F, Watson TF. Dentin-cement interfacial interaction: calcium silicates and polyalkenoates. *J Dent Res.* 2012 May;91(5):454-9.
22. Viapiana R, Moïnzadeh AT, Camilleri L, Wesselink PR, Tanomaru Filho M, Camilleri J. Porosity and sealing ability of root fillings with gutta-percha and BioRoot™ RCS or AH Plus sealers. Evaluation by three ex vivo methods. *Int Endod J.* 2016 Aug;49(8):774-82.
23. Reyes-Carmona JF, Felipe MS, Felipe WT. A phosphate-buffered saline intracanal dressing improves the biomineralization ability of mineral trioxide aggregate apical plugs. *J Endod.* 2010 Oct;36(10):1648-52.
24. Reyes-Carmona JF, Felipe MS, Felipe WT. The biomineralization ability of mineral trioxide aggregate and Portland cement on dentin enhances the push-out strength. *J Endod.* 2010 Feb;36(2):286-91.
25. Arias-Moliz MT, Camilleri J. The effect of the final irrigant on the antimicrobial activity of root canal sealers. *J Dent.* 2016 Sep;52:30-6.
26. Collado-González M, García-Bernal D, Oñate-Sánchez RE, Ortolani-Seltenerich PS(3), Lozano A, Forner L, Elena C, Rodríguez-Lozano FJ. Biocompatibility of three new calcium silicate- based endodontic sealers on human periodontal ligament stem cells. *Int Endod J.* 2016 Sep 26. doi: 10.1111/iej.12703. [Epub ahead of print]
27. Poggio C, Riva P, Chiesa M, Colombo M, Pietrocola G. Comparative cytotoxicity evaluation of eight root canal sealers. *J Clin Exp Dent.* 2017 Apr 1;9(4):e574-e578.
28. Eldeniz AU, Shehata M, Högg C, Reichl FX. DNA double-strand breaks caused by new and contemporary endodontic sealers. *Int Endod J.* 2016 Dec;49(12):1141-1151.
29. Dimitrova-Nakov S, Uzunoglu E, Ardila-Osorio H, Baudry A, Richard G, Kellermann O, Goldberg M. In vitro bioactivity of Bioroot™ RCS, via A4 mouse pulpal stem cells. *Dent Mater.* 2015 Nov;31(11):1290-7.
30. Camps J, Jeanneau C, El Ayachi I, Laurent P, About I. Bioactivity of a Calcium Silicate-based Endodontic Cement (BioRoot™ RCS): Interactions with Human Periodontal Ligament Cells In Vitro. *J Endod.* 2015 Sep;41(9):1469-73.
31. Harik R, Salameh Z, Habchi R, Camilleri J. The effect of irrigation with EDTA on calcium-based root canal sealers: a SEM-EDS and XRD study. *Journal of the Lebanese Dental Association* 2016; 49:12-23.
32. Donnermeyer D, Bunne C, Schäfer E, Dammaschke T. Retreatability of three calcium silicate- containing sealers and one epoxy resin-based root canal sealer with four different root canal instruments. *Clin Oral Investig.* 2017 Jun 22. doi: 10.1007/s00784-017-2156-5. [Epub ahead of print].

