

**L'OTTURAZIONE CANALARE
CON CEMENTI BIOCERAMICI**

Francesco Iacono

L'otturazione canalare CON CEMENTI BIOCERAMICI

Con la collaborazione di

Filippo Cardinali
Nicola Maria Grande
Chiara Pirani
Carolyn Primus
Luca Venuti

Editor: Paola Sammaritano

Responsabile Redazione: Arianna Ribichesu

Responsabile Produzione: Eleonora Moroni

Redazione: Francesca Izzi

Hanno contribuito alla realizzazione di questo volume con il loro prezioso apporto clinico, scientifico e fotografico: Emanuele Ambu, Alessandro Cucchi, Giacomo Dallari, Lucio Daniele, Gianluca Fumei, Luigi Generali, Manuele Mancini, Franco Ongaro, Katia Greco, Raghad Al Qashat e Zain Silme

© 2025 Edra S.p.A.* – Tutti i diritti riservati

ISBN: 9788821459115

I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica, di riproduzione e adattamento totale o parziale con qualsiasi mezzo (compresi i microfilm e le copie fotostatiche), sono riservati per tutti i Paesi. Le fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633. Le fotocopie effettuate per finalità di carattere professionale, economico o commerciale o comunque per uso diverso da quello personale possono essere effettuate a seguito di specifica autorizzazione rilasciata da CLEARED, Centro Licenze e Autorizzazioni per le Riproduzioni Editoriali, Corso di Porta Romana 108, 20122 Milano, e-mail autorizzazioni@clearedi.org e sito web www.clearedi.org.

L'Editore ha compiuto ogni sforzo per ottenere e citare le fonti esatte delle illustrazioni. Qualora in qualche caso non fosse riuscito a reperire gli aventi diritto è a disposizione per rimediare a eventuali involontarie omissioni o errori nei riferimenti citati.

Tutti i marchi registrati appartengono ai legittimi proprietari.



EDRA S.p.A

Via G. Spadolini, 7

20141 Milano

Tel. 02 881841

www.edizioniedra.it

Printed in Italy

Finito di stampare nel mese di aprile 2025 da "Galli & C." S.r.l. Gavirate (VA)

(*) Edra S.p.A. è parte di LSWR GROUP

L'Autore



Francesco Iacono

Laureato in Odontoiatria e Protesi Dentaria presso l'Università di Catania nel 2007, ha proseguito la sua formazione con un Master in Endodonzia Clinica presso l'Università degli Studi di Bologna nel 2008. Il suo percorso di ricerca ha visto esperienze internazionali, tra cui il ruolo di Visiting Contractor, nel 2008 e nel 2011, presso il Dipartimento di Oral Biology del Medical College of Georgia, negli Stati Uniti.

Ha collaborato per numerosi anni con diverse università italiane, tra cui Bologna e Modena-Reggio Emilia, ricoprendo incarichi di docenza a contratto e svolgendo attività di ricerca e tutorato clinico. Il suo contributo scientifico è documentato da numerose pubblicazioni in ambito endodontico e da una collaborazione attiva con aziende e istituzioni accademiche, sia in Italia sia all'estero.

Nel 2015 e nel 2017 ha ricevuto il prestigioso Premio "Francesco Riitano" dalla Società Italiana di Endodonzia (SIE) per il miglior contributo scientifico su strumentazione, innovazione e rispetto dell'anatomia.

Socio Attivo della SIE e Certified Member della European Society of Endodontontology (ESE).

Ha ricoperto diversi ruoli all'interno della SIE, tra cui membro della Commissione Culturale (2019-2020 e 2023-2024) e della Commissione Comunicazione (2021-2022). Dal 2022 è anche parte della Commissione Editoriale dell'Associazione Società Scientifiche Odontoiatria (A.S.S.O.).

Relatore in numerosi corsi e congressi nazionali e internazionali, continua a dedicarsi alla diffusione e allo sviluppo della ricerca in ambito endodontico, con particolare interesse per i materiali innovativi e la loro applicazione clinica.

Coautori



Flippo Cardinali

Laureato con lode in Odontoiatria e Protesi dentaria presso l'Università di Ancona nel 1992. Presidente della Società Italiana di Endodoncia (SIE). Socio attivo della Società Italiana di Odontoiatria Conservativa (AIC). Certified Member dell'European Society of Endodontology. Associate Member dell'American Association of Endodontists (AAE). Gold Member di StyleItaliano Endodontics.
Coautore del "Manuale di Endodoncia" seconda ed. (Edra, Milano 2020) e del volume "Ritrammenti: soluzioni per le patologie periapicali di origine endodontica" (Edra, Milano 2018).
Ha partecipato in qualità di relatore a corsi e congressi in Italia e all'estero.
Esercita la libera professione dedicandosi prevalentemente all'Endodoncia e alla Conservativa ed è autore di pubblicazioni in merito su riviste del settore nazionali e internazionali.



Nicola Maria Grande

Laurea in Odontoiatria e Protesi Dentaria presso l'Università Cattolica del Sacro Cuore (UCSC) di Roma.
Professore a Contratto di Endodoncia presso l'UCSC di Roma da oltre dieci anni. Dal 2014 è risultato essere idoneo come professore di seconda fascia nelle graduatorie ufficiali dell'ASN.
Ha partecipato alla progettazione e allo sviluppo di strumenti e sistemi per la preparazione e l'otturazione canalare e detiene numerosi brevetti nel campo dell'odontoiatria.
Presidente dell'Accademia Italiana di Endodoncia (AIE) 2023-24 e Socio della European Endodontic Society (ESE), dell'American Association of Endodontics (AAE) e della Società Italiana di Odontoiatria Conservatrice (SIDOC).
Autore di oltre 100 pubblicazioni su riviste internazionali in campo endodontico e restaurativo e svariati libri di testo, nel 2023 il suo H-index è pari a 44, con oltre 1500 citazioni.
Tiene corsi e conferenze di Endodoncia e Odontoiatria Restaurativa in tutto il mondo.
Svolge l'attività clinica come specialista nel campo dell'Endodoncia e della Microchirurgia nel suo studio a Roma.



Chiara Pirani

Laurea in Odontoiatria e Protesi Dentaria presso l'Università degli Studi di Bologna nel 2003, ha conseguito il Master in Endodoncia Clinica, un PhD e un assegno di ricerca dal 2008 al 2014 presso la stessa Università. Ha collaborato con le Università di Bologna e di Modena e Reggio Emilia. Vincitrice nel 2015 del Premio Garberoglio della Società Italiana di Endodoncia (SIE) per il miglior lavoro di ricerca.

Socio attivo SIE, Socio ordinario AIE (Accademia Italiana di Endodoncia) e Certified Member ESE (European Society of Endodontontology). È stata membro della Commissione Culturale SIE (2019-2022) e ricopre il ruolo di Coordinatore di Macroarea Nord Est SIE per il biennio 2023-24.

Autrice di pubblicazioni su riviste internazionali, revisore per riviste scientifiche e relatrice a corsi e conferenze nazionali e internazionali, collabora con aziende e università in Italia e all'estero. Libero professionista in Bologna, si occupa di Endodoncia microscopica.



Carolyn Primus

Ingegnere dei materiali e ricercatrice, ha dedicato la sua carriera alla ricerca per il Governo degli Stati Uniti e l'industria privata. La sua attività si è concentrata sullo sviluppo di ceramiche per uso odontoiatrico, con particolare attenzione ai cementi bioattivi.

È titolare di 16 brevetti, di cui 7 relativi a cementi bioattivi per applicazioni odontoiatriche e mediche, tra cui il White ProRoot MTA. Con oltre 35 anni di esperienza nel settore dei materiali dentali, ha scritto sette capitoli di libri e co-firmato 37 articoli scientifici peer-reviewed, molti dei quali dedicati ai cementi bioattivi. È stata *Principal Investigator* di un progetto finanziato da *Small Business Innovation Research* del National Institutes of Health (NIH) e ha fondato Avalon Biomed Inc. Si dedica alla scrittura, alla revisione di testi e tiene occasionalmente lezioni su argomenti di Odontoiatria pediatrica ed Endodoncia. Attualmente è impegnata nella stesura di un volume che documenta tutte le ceramiche – dai materiali restaurativi ad altri impieghi – utilizzate in odontoiatria.



Luca Venuti

Diplomato odontotecnico nel 1989, presso l'Istituto L. Dehon di Bologna. Laureato in Odontoiatria e Protesi Dentaria presso l'Università degli Studi di Bologna nel 1995. Laureato frequentatore nel reparto di Chirurgia speciale odontostomatologica presso la Clinica Odontoiatrica dell'Università degli Studi di Bologna nell'anno 1996. Ha seguito i seguenti corsi di formazione professionale annuali: parodontologia (Dott. Stefano Parma Benfenati); endodoncia (Dott. Arnaldo Castellucci); conservativa (Dott. Massimo Fuzzi); protesi (Dott. Mauro Fradeani).

Socio ordinario dell'Accademia Italiana di Conservativa (AIC), della Società Italiana di Endodoncia (SIE) e dell'Accademia Italiana di Endodoncia (AIE) dal 2000. Dal 2003 è socio attivo della SIE. Partecipa alle attività della Società in veste di relatore e organizzatore degli eventi regionali Emilia-Romagna. Dal 2017 al 2021 è stato Segretario regionale SIE Emilia-Romagna, Macro Area Nord Est SIE. Nel biennio 2025-2027 ha il ruolo di Revisore dei conti nel consiglio direttivo della SIE. Relatore in congressi nazionali e internazionali su argomenti di Conservativa e Endodoncia.

Vive e lavora a Bologna, limitando la propria attività professionale a Endodoncia, Conservativa e Protesi estetica. Esercita presso il centro odontoiatrico Storni-Venuti in società con il Dott. Giacomo Storni dal 2000.

Presentazione

Nel corso degli anni la disciplina endodontica ha attraversato numerose mode; essendo vera e ineludibile la triade “sagomatura–disinfezione–riempimento” dello spazio endodontico, i ricercatori e i clinici si sono concentrati alternativamente su ciascuna di esse, riportando spesso risultati entusiasmanti, contrastanti o deludenti. Il tema del riempimento canalare ha animato “guerre di religione” sin dagli albori di questa affascinante branca dell’odontoiatria.

Ultima, in ordine di tempo, ma non per questo meno importante la scoperta, o la ri-scoperta, dei cementi calcio-silicati. Materiali noti sin dall’antichità – i Romani usavano i cementi pozzolanici (*pulvis puteolana*) per le costruzioni in virtù delle eccellenti proprietà meccaniche durante le varie fasi della lavorazione – i cementi a base di silicati di calcio sono stati riproposti, con differenti formulazioni, dagli anni Novanta del secolo scorso e stanno certificando la loro dignità in ambito clinico nel corso di questi ultimi anni. Sebbene non possano costituire una panacea nell’ambito delle terapie canalari, questi composti hanno fornito risultati di estremo interesse che sono ben riassunti in questo volume.

Francesco Iacono ha assunto il ruolo di eccellente coagulatore delle competenze che provengono sia dalla ricerca di base sia dalla clinica, amalgamando un testo ricco di concetti clinici ben connessi con la parte più propriamente tecnica riguardante questi materiali, le cui proprietà sono di grandissima utilità in diversi ambiti dell’odontostomatologia.

Il merito di questo testo è proprio quello di puntualizzare le caratteristiche e le opportunità che tali cementi offrono. Parimenti, ne sottolinea le peculiarità fisico-chimiche attraverso un pregevole intervento di Carolyn Primus – forse la maggior competente in ambito internazionale – esplicitandone i differenti territori di impiego che, è bene ricordarlo, non possono e non devono essere ristretti al solo ambito endodontico propriamente detto.

In un panorama vasto e variegato – attraverso gli interventi di affermati colleghi come Filippo Cardinali, Nicola Maria Grande, Chiara Pirani e Luca Venuti – il volume si arricchisce di contenuti utili per comprendere l’effettiva validità di questi cementi, il loro corretto impiego clinico e le differenti condizioni di manipolazione necessarie per ottenere i risultati più adeguati.

Il merito di Francesco Iacono e dei coautori è stato quello di radunare tutte le evidenze cliniche e di ricerca in questo innovativo ambito, ponendo le basi per un futuro utilizzo di tali materiali in contesti sempre più ampi della restaurativa in senso lato.

Massimo Gagliani

Professore Associato di Malattie Odontostomatologiche

Università degli Studi di Milano

Ringraziamenti

Desidero innanzitutto ringraziare il Prof. Massimo Gagliani per avermi coinvolto in questo progetto. Senza il suo stimolo, questo libro non avrebbe mai visto la luce.
Un grazie sentito a Paola, di Edra, per essere stata sempre presente.

Un ringraziamento speciale va a Chiara, amica prima ancora che collega. Questi 18 anni di amicizia e lavoro insieme non sono mai stati scontati. Questo libro, lo sai bene, è anche tuo. La tua presenza e il tuo supporto sono stati fondamentali e questo progetto porta con sé anche il valore della nostra continua condivisione.

Ringrazio tutte le persone che ho incontrato nella mia vita professionale, a Ragusa, a Bologna, in Italia e all'estero. Da ciascuno ho imparato qualcosa e sono fortunato perché rifarei le stesse scelte e lo stesso percorso.

Un sincero grazie ai miei prestigiosi coautori, Filippo Cardinali, Nicola Maria Grande, Chiara Pirani, Carolyn Primus e Luca Venuti, che hanno accettato di aiutarmi nonostante i tempi stretti e i loro molteplici impegni professionali, istituzionali e privati. La mia stima per loro è, prima di tutto, umana. Mi onoro della loro amicizia e collaborazione.

Grazie ai molti colleghi, eccellenti professionisti, che con entusiasmo, hanno fornito il loro contributo clinico, fotografico e scientifico a questo volume. Grazie a Emanuele Ambu, Lucio Daniele, Gianluca Fumei, Luigi Generali, Manuele Mancini, Franco Ongaro, Katia Greco, Raghad Al Qashat e Zain Silme.

Un grazie importante va ai miei soci e alle ragazze dello studio MED, per il loro prezioso supporto in questi mesi intensi.

Ringrazio tutti i colleghi con cui collabro e ho collaborato nel tempo, così come tutto il personale con cui ho avuto il piacere di lavorare in questi anni.

Un grazie di cuore ai miei amici, quelli di sempre, quelli più recenti e quelli della corsa. Gli amici, si sa, ci sono sempre.

Infine, un ringraziamento speciale alla mia famiglia. Loro lo sanno. Anche la piccola Sveva, ogni tanto, ha scritto con lo zio.

Per uno che non ama i ringraziamenti, forse ho scritto fin troppo. Per me è stato un bel viaggio. Buona lettura.

Introduzione

L'evoluzione tecnologica sta oggi rivoluzionando ogni aspetto dell'odontoiatria, conducendo a un'importante e rapida trasformazione della pratica clinica. Questo progresso è incentivato dall'introduzione di nuovi materiali e dispositivi che, in tutte le discipline odontoiatriche, stanno ridefinendo e semplificando i protocolli operativi.

L'ampia adozione di strumenti digitali, come la scansione intraorale, la tomografia computerizzata a fascio conico (*Cone Beam Computed Tomography, CBCT*), la stampa 3D e l'introduzione di interventi "guidati" digitalmente, insieme alla possibilità di utilizzare dispositivi ortodontici trasparenti, ha inaugurato un'era di cambiamento epocale.

Questo processo di cambiamento si estende dalla diagnosi precoce e accurata di diverse condizioni patologiche alla personalizzazione dei trattamenti per ciascun paziente e per ciascun caso clinico. Tali innovazioni, che stanno interessando il panorama odontoiatrico, hanno influenza su ogni aspetto della professione, portando in molti casi a una pratica più efficiente, precisa e centrata sul paziente.

Tuttavia, l'adozione di nuove tecnologie, e la semplificazione delle procedure, non dovrebbe ridurre la curva di apprendimento o la competenza complessiva dei clinici. Anzi, è ancora più importante acquisire una solida comprensione della scienza di base per poter sfruttare appieno le nuove conoscenze a disposizione del clinico. La combinazione di una solida base scientifica con l'uso avanzato delle tecnologie disponibili è fondamentale per garantire risultati ottimali e soprattutto duraturi nel tempo.

Anche nell'ambito dell'endodonzia si sta assistendo a un momento di trasformazione. La transizione dal passato al futuro diventa sempre più evidente e questo progresso è particolarmente vantaggioso nell'aumentare la predicitività dei trattamenti più complessi, ma anche nel semplificare le procedure di routine.

L'American Association of Endodontists (AAE) annovera tra le più recenti innovazioni la microscopia, che è diventata negli anni di più largo utilizzo, gli strumenti in nichel-titanio e le relative evoluzioni, gli ultrasuoni, le soluzioni e i dispositivi per migliorare le fasi di irrigazione, la radiografia digitale, l'*imaging* tridimensionale attraverso CBCT, e infine, tra le innovazioni recenti vengono menzionati i cementi bioceramici.

Quanto tutto questo possa in futuro determinare un aumento delle percentuali prognostiche del trattamento endodontico rimane però un nodo da risolvere. Di sicuro, oggi, sfruttando la semplificazione data da nuovi materiali e strumenti, anche operatori con minor grado di esperienza possono eseguire in maniera soddisfacente trattamenti che in passato avrebbero necessitato di un approccio più specialistico.

OBIETTIVI DEL LIBRO

Nell'ultimo decennio, c'è stato un evidente spostamento dell'interesse da parte dei ricercatori e delle aziende, che sembra essersi parzialmente distolto dal tema della strumentazione, argomento di primaria importanza per lungo tempo nei vari contesti di discussione in ambito endodontico, per concentrarsi sul tema dei cementi bioceramici.

L'introduzione di leghe in nichel-titanio trattate termicamente ha sicuramente giocato un ruolo fondamentale nel migliorare la sicurezza e l'efficienza degli strumenti endodontici, ormai consolidati, permettendo un rinnovato interesse per la fase di detersione e, soprattutto, per quella dell'otturazione dei canali radicolari.

Dagli anni Novanta del secolo scorso, i ricercatori si sono concentrati sul tema dei cementi bioattivi. Questi materiali noti con molti nomi, tra cui cementi calcio-silicati idraulici o bioceramici, sono certamente tra le innovazioni più significative in endodonzia per la loro bioattività, capacità di sigillo e proprietà antimicrobiche. La facilità d'uso di questi cementi, migliorata man mano che nuovi prodotti sono stati commercializzati, li ha resi sempre più apprezzati dai clinici. Tuttavia, se da un lato, negli ultimi anni, i cementi bioceramici hanno riscosso grande entusiasmo, hanno anche suscitato, di contro, un certo scetticismo, diventando, di fatto, argomento di grande interesse e dibattito nel panorama endodontico internazionale.

In questo testo verranno presentate e discusse le proprietà e le caratteristiche peculiari di questi materiali e verranno evidenziati i vantaggi del loro utilizzo nel contesto di diversi scenari operativi. Ampio rilievo verrà dato all'applicazione clinica e alle diverse possibili procedure di otturazione dei canali radicolari, dalla tecnica della condensazione idraulica, o tecnica del cono singolo, alle tecniche che prevedono apporto di calore. Casi clinici, protocolli, schede, approfondimenti, foto e video delle varie fasi operative guideranno il lettore nella scelta delle tecniche più corrette, anche alla luce dell'evidenza scientifica a oggi disponibile.

Verranno approfonditi i nodi di grande attualità e dibattito come la possibile coesistenza dei cementi bioceramici con le tecniche che prevedono apporto di calore, la loro ritrattabilità e la loro interazione con le procedure restaurative adesive. Nell'ottica di un testo moderno e dinamico, l'edizione cartacea è accompagnata da contenuti di approfondimento online, facilmente consultabili tramite QR code.

Lo scopo del testo è quindi quello di fornire al lettore le nozioni e gli strumenti decisionali per poter scegliere, nella quotidiana pratica endodontica, la metodologia di utilizzo più corretta dei cementi bioceramici alla luce dell'evidenza clinica e scientifica attualmente disponibile.

L'auspicio è che la lettura di questo volume risulti interessante per quanti intenderanno utilizzare questi materiali.

Indice

Presentazione	IX
Ringraziamenti	XI
Introduzione	XIII

Capitolo 1

Background sui materiali bioceramici in endodonzia	1
<i>Francesco Iacono, Carolyn Primus</i>	
● Introduzione ai cementi bioceramici	1
<i>Francesco Iacono</i>	
● I cementi bioceramici in endodonzia	5
<i>Carolyn Primus</i>	
● Bioattività: le reali evidenze	12
<i>Francesco Iacono</i>	

Capitolo 2

Le differenti formulazioni dei cementi bioceramici	21
<i>Carolyn Primus, Francesco Iacono</i>	
● Formulazioni dei cementi bioceramici di Tipo 2	22
<i>Carolyn Primus</i>	
● Formulazioni dei cementi bioceramici di Tipo 1	27
<i>Carolyn Primus</i>	
● Formato e packaging	30
<i>Carolyn Primus</i>	
● Indicazioni e applicazioni cliniche	33
<i>Francesco Iacono, Luca Venuti</i>	
● Conclusioni	62

Capitolo 3**Utilizzo dei cementi bioceramici come sealer endodontici 67***Francesco Iacono, Carolyn Primus*

- Panoramica sull'otturazione dei canali radicolari 67
Francesco Iacono
- Vantaggi dei sealer bioceramici 71
Francesco Iacono
- Proprietà chimico-fisiche dei cementi bioceramici 85
Carolyn Primus

Capitolo 4**Tecniche di applicazione dei sealer bioceramici 93***Francesco Iacono, Filippo Cardinali, Nicola Maria Grande*

- Introduzione 93
Francesco Iacono
- Tecnica a freddo 94
Filippo Cardinali
- Tecniche a caldo 102
Nicola Maria Grande, Francesco Iacono

Capitolo 5**Aspetti controversi 137***Francesco Iacono*

- Introduzione 137
- Applicazione di calore: pro e contro 137
- Condizioni ideali di utilizzo 142
- Solubilità 147
- Discromia 149
- Ritrattabilità 150

Capitolo 6**Evidenze scientifiche e outcome clinici 155***Chiara Pirani***Conclusioni**

163

Indice dei contenuti online

Capitolo 1

- **Approfondimento** Stadiazione della formazione di apatite amorfa 13

Capitolo 2

- **Approfondimento** Composizioni meno conosciute dei seal*er* bioceramici canalari .. 28
- **Video 2.1** Gestione della perforazione del pavimento 46
- **Video 2.2** Rimozione dello strumento 47
- **Approfondimento** Gestione di situazioni cliniche complesse: i riassorbimenti radicolari interni ed esterni 50

Capitolo 3

- **Video 3.1** Tecnica di otturazione con cementi bioceramici 78
- **Video 3.2** Video realizzato su un modello dimostrativo in plastica che illustra l'inserimento del cemento endodontico solo nel canale principale 79

Capitolo 4

- **Video 4.1** Ritrattamento dell'elemento 1.5 con lesione apicale e laterale con tecnica CHC con cemento bioceramico premiscelato 101
- **Caso clinico 4.2** Ritrattamento in cui è stata utilizzata tecnica MHC con cemento bioceramico premiscelato 114
- **Fig. 4.13a-c** Caso di guarigione rapida 118
- **Fig. 4.14a-c** Trattamento endodontico di un primo molare inferiore con lesione periapicale estesa nello spazio della forcazione 118

Capitolo 5

- **Approfondimento** Gestione delle procedure adesive post-otturazione 151

Capitolo 6

- **Approfondimento** Sintesi degli studi clinici 156

Background sui materiali bioceramici in endodontia

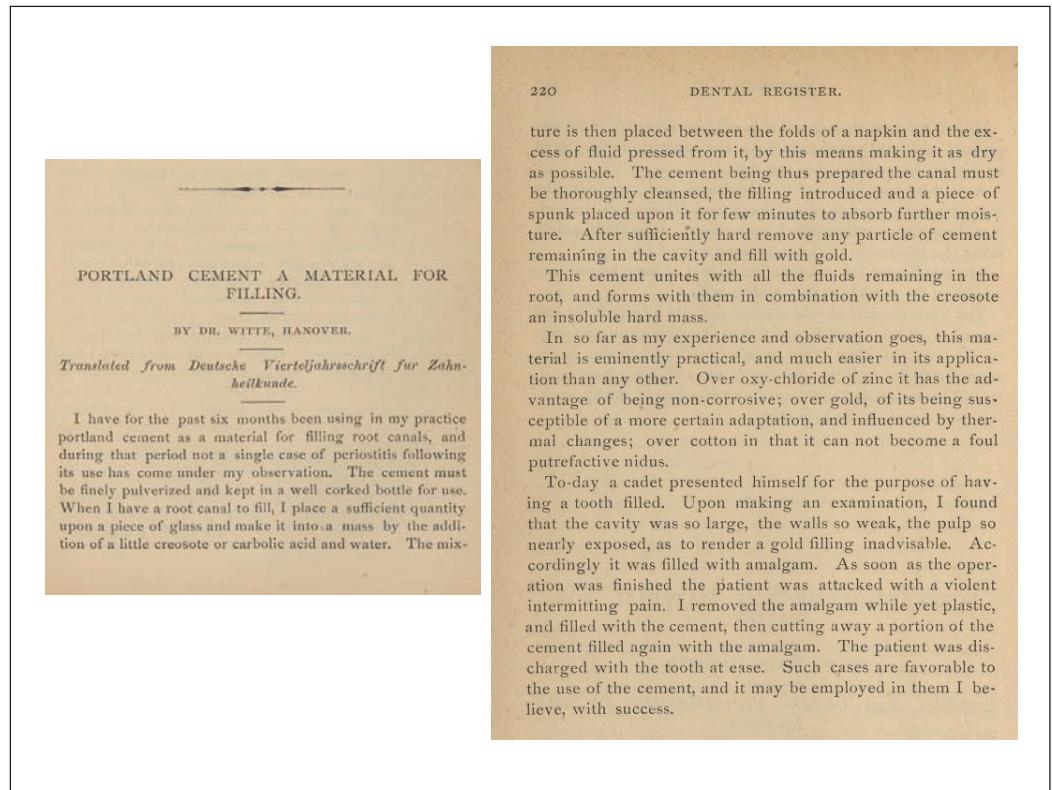
Francesco Iacono, Carolyn Primus

Introduzione ai cementi bioceramici

Francesco Iacono

I cementi bioattivi hanno rappresentato una delle più significative innovazioni in campo endodontico. Il più antico riscontro di questi materiali in odontoiatria risale al 1800, con il dentista tedesco Witte che, in Germania, nel 1878 ne aveva aneddoticamente descritto l'utilizzo per il riempimento dello spazio endodontico (**Fig. 1.1**).^[1]

Figura 1.1 Ristampa in inglese dell'articolo del 1878 del dentista tedesco Witte.



L'uso del suo cemento di silicato tricalcico fu abbandonato fino agli anni Novanta del Novecento, quando un endodontista e il suo paziente testarono e brevettarono un cemento Portland denominato Mineral Trioxide Aggregate (MTA) (**Fig. 1.2**).^[2,3] Il Dottor Torabinejad pubblicò le sue ricerche evidenziando i notevoli effetti del suo materiale sperimentale, che includeva eccellenti capacità di sigillo, ottimo adattamento marginale, resistenza significativa alla microinfiltrazione, compatibilità istologica con i tessuti periradicolari, efficacia antibatterica, bassa citotossicità, assenza di mutagenicità, compatibilità con gli osteoblasti, idoneità per le tecniche di protezione della polpa e proprietà fisiche vantaggiose.^[2-12] Questi studi suscitarono immediatamente un grande interesse poiché il cemento MTA aveva dimostrato caratteristiche superiori rispetto ai materiali che all'epoca erano considerati di riferimento per alcune procedure endodontiche, come l'ossido di zinco e l'amalgama.

La Dentsply ha cominciato a commercializzare questa formula di cemento Portland grigio, mescolata con ossido di bismuto, con il nome di ProRoot® MTA (Dentsply Sirona, Germania). Poco dopo è stata introdotta in commercio una versione bianca della stessa formulazione (**Fig. 1.3**). In seguito, anche altre aziende hanno introdotto tali cementi, tra cui i primi con i nomi commerciali di BioAggregate® (Innovative BioCeramix Inc, Canada), MTA Angelus® (Angelus, Brasile) e Biondentine™ (Septodont, Francia) (**Fig. 1.4**). Le peculiari proprietà chimico-fisiche li hanno dunque subito resi adatti per l'utilizzo in endodonzia chirurgica come materiali che garantissero il sigillo dell'otturazione retrograda in presenza di ambiente umido. Successivamente, sono stati utilizzati per la gestione di tutte le situazioni, o complicazioni cliniche, in cui ci fosse la necessità di

Figura 1.2 Brevetto dell'MTA, 1995.

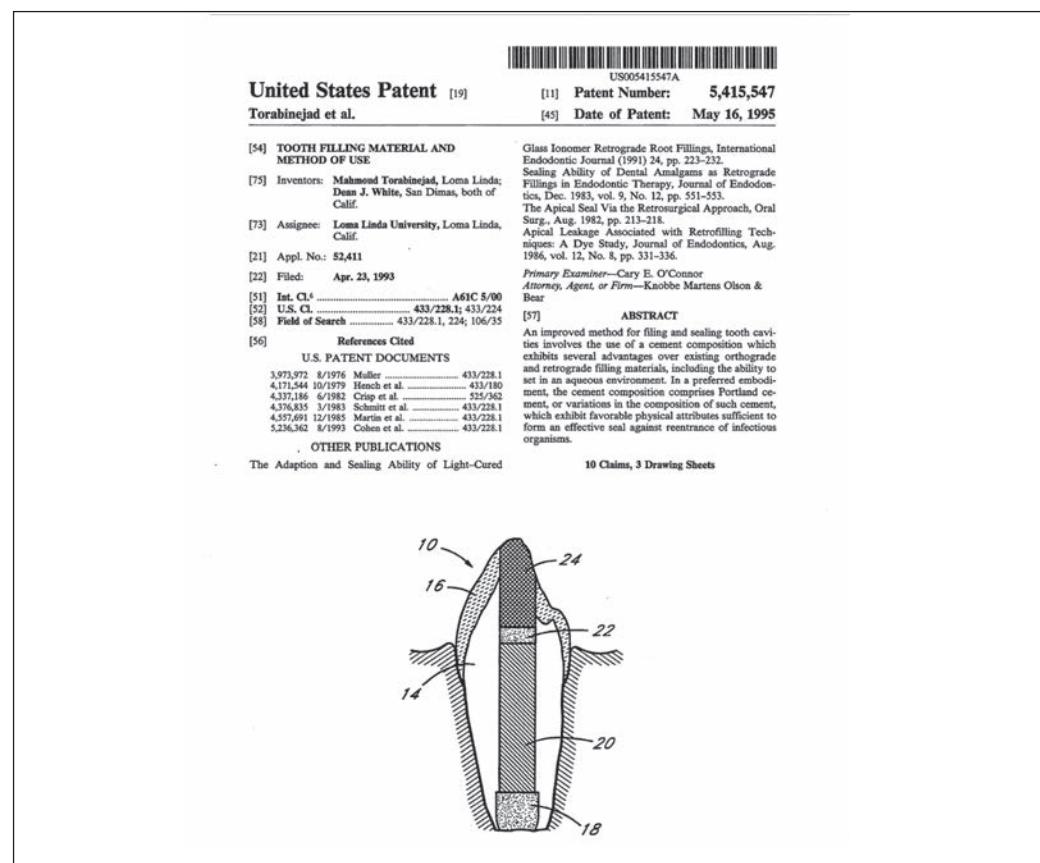
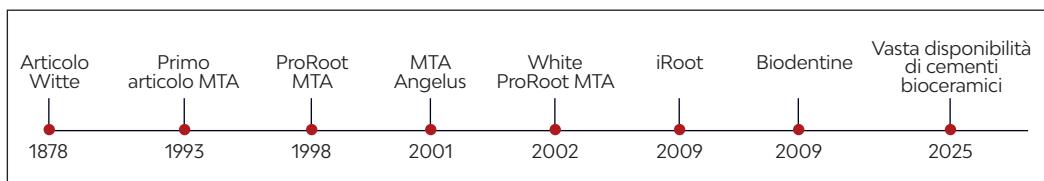


Figura 1.3 ProRoot MTA bianco.



Figura 1.4 Cronologia esemplificativa dell'evoluzione dei cementi bioceramici.



sigillare ampie zone di spazio endodontico in contiguità dei tessuti periradicolari, come nel caso, per esempio, di apici beanti o perforazioni.^[11] Il vasto interesse suscitato ha portato a numerose pubblicazioni *in vitro* e *in vivo* su questo materiale, il cui campo di utilizzo si è ampliato nel tempo.^[12-17]

Il termine "cementi bioceramici" o "cementi bioattivi" viene comunemente utilizzato per identificare una famiglia di materiali caratterizzati da specifiche proprietà chimiche e comportamenti clinici. I cementi a base di calcio-silicati, in particolare, induriscono mediante una reazione di idratazione a temperatura ambiente, dando origine a una struttura solida e stabile. I dettagli relativi alla loro composizione e comportamento clinico saranno approfonditi nei paragrafi successivi.^[13,15] La composizione di questi cementi è simile a quella dei cementi Portland, ampiamente conosciuti nel settore delle costruzioni e delle infrastrutture.^[18] Il cemento Portland per la costruzione è una polvere composta principalmente da tri-dicalcio silicato e, in misura minore, alluminato di calcio, solfato di calcio e tetracalcio alluminoferrite ($4\text{CaO}\text{-}\text{Al}_2\text{O}_3\text{-}\text{Fe}_2\text{O}_3$).^[13]

Nell'antica Roma, come descritto da Vitruvio (*De Architectura*, I secolo a.C.), i cementi erano basati sulla reazione tra la polvere di silice e l'ossido di calcio, che poteva indurre a contatto con l'acqua. Questi cementi venivano utilizzati per la costruzione di ponti, strade, acquedotti e monumenti. Tali cementi erano denominati "pozzolana" e furono ottenuti sfruttando la cenere vulcanica (ricca di silice) derivante dall'attività eruttiva del Vesuvio. Il nome deriva dal principale sito di estrazione, Pozzuoli, in Campania.^[13] Tuttavia, il prodotto dentale inventato da Torabinejad con il cemento Portland era chimicamente diverso: i cementi a base di calcio-silicato (Portland) hanno soppiantato i più

deboli cementi romani (pozzolana) nella costruzione. La tolleranza all'acqua, l'idrofilia e l'igroscopicità dei cementi pozzolanici e Portland sono grandi vantaggi in odontoiatria, dove il contatto diretto con l'umidità dei tessuti può interferire con il posizionamento e l'indurimento dei materiali.^[15]

La capacità di sigillo, fondamentalmente ascrivibile alla stabilità dimensionale o alla modesta espansione volumetrica dei cementi calcio-silicati durante l'indurimento, è la caratteristica che li ha resi inizialmente popolari (**Fig. 1.5 a-c**).^[19-21] Il vero potenziale di questi materiali è stato però compreso più lentamente. Sarkar et al.^[22] e altri gruppi di ricerca^[23-27] hanno successivamente spiegato il meccanismo di interazione tra i cementi calcio-silicati e l'ambiente biologico, dimostrando la loro bioattività.

I primi prodotti a base di cementi calcio-silicati presentavano anche alcuni svantaggi: indurimento lento (diverse ore), una consistenza grossolana e "sabbiosa" (**Fig. 1.6 a,b**) che rendeva difficile la loro preparazione e il loro posizionamento, la discolorazione dentale immediata o a lungo termine e l'alto costo rispetto ad altri materiali. Ricercatori e aziende hanno lavorato a lungo per migliorare le caratteristiche dei cementi calcio-silicati e, oggi, una moltitudine di materiali ha eliminato la maggior parte dei problemi.

Le diverse formulazioni attualmente disponibili sul mercato presentano caratteristiche chimiche e fisiche specifiche e ideate per applicazioni mirate. Questa vasta gamma di materiali offre agli operatori un'ampia scelta per la gestione delle diverse esigenze cliniche. L'European Society of Endodontontology (ESE)^[28] ha recentemente lavorato alla formulazione di un glossario di termini e relative definizioni *consensus-based* per stabilire una termino-

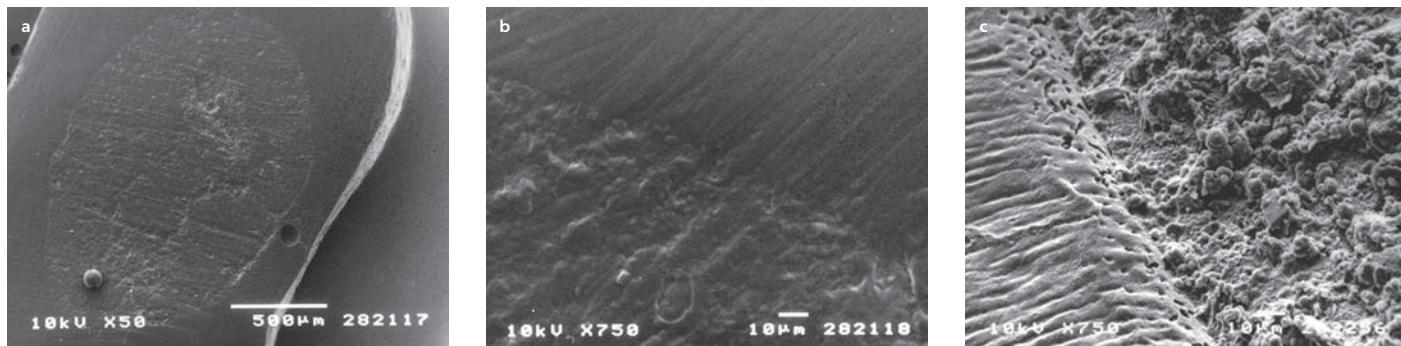


Figura 1.5 Immagini al microscopio a scansione elettronica (SEM). (a) Si evidenzia il perfetto adattamento marginale di un cemento Portland alle pareti canalari di una retrocavità. (b,c) A maggiore ingrandimento, si può apprezzare l'intimo adattamento del cemento calcio-silicato alla struttura dentinale tipicamente disposta a raggiera. Riprodotta con autorizzazione da Iacono F, Pirani C, Chersoni S, Gandolfi MG, Prati C. Adattamento marginale di un nuovo cemento tetrasilicatico tipo Portland a indurimento rapido in chirurgia endodontica. Studio al SEM. "Il Dentista Moderno", settembre 2008.^[19]

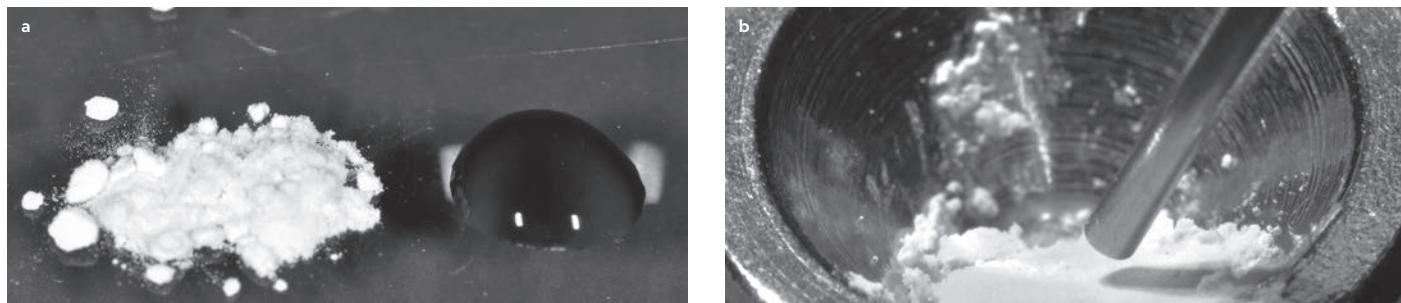


Figura 1.6 (a) ProRoot MTA prima della miscelazione. (b) Consistenza "sabbiosa" del ProRoot MTA prima di essere caricato su un apposito dispositivo (Micro-Apical Placement System, MAP System) che ne faciliti l'applicazione.

Figura 1.7 Aspetto e consistenza di un cemento endodontico bioceramico premiscelato.



logia comune. Relativamente ai cementi calcio-silicati ha ribadito come la maggior parte di questi prodotti sia caratterizzato da bioattività (formazione di apatite), biocompatibilità, attività antimicrobica, buona maneggevolezza e una maggiore capacità di sigillo. I nomi dei prodotti possono includere "MTA" o altri nomi commerciali e comprendono polveri di cemento con radiopacizzanti diversi dall'ossido di bismuto. Il formato può essere polvere-liquido, putty o cementi premiscelati (**Fig. 1.7**). Diversi termini vengono utilizzati per descrivere queste polveri ceramiche, tra cui cementi bioceramici e cementi bioattivi. Chimicamente, questi materiali sono a base di cementi di silicato di calcio, o calcio-silicati, termine che sarà spesso adottato nel resto del testo. È importante notare che le polveri di cemento possono includere anche cementi a base di alluminato di calcio, che tuttavia vengono classificati e menzionati come materiali a base di cementi calcio-silicati.

I cementi bioceramici in endodonzia

Carolyn Primus

Il mondo dei materiali si divide in: metalli, materiali organici e ceramiche. I biomateriali sono sottogruppi di ciascuno e i bioceramici includono tutte le ceramiche utilizzate *in vivo*. Queste ceramiche possono essere cristalline, vetrose (amorfe) o una combinazione di entrambe, mentre i bioceramici possono essere classificati come inerti, radiopachi e bioattivi (**Fig. 1.8**). La maggior parte dei bioceramici è inerte, cioè non provoca una risposta nell'ospite e non causa danni. L'allumina e lo zirconio sono bioceramici inerti utilizzati in protesi, impianti, materiali per lucidatura e bracket ortodontici.

I bioceramici radiopachi risultano nettamente più bianchi rispetto ai tessuti corporei nelle immagini radiografiche. La loro radiopacità si deve alla presenza di ossidi metallici bioinerti, come solfato di bario ($BaSO_4$), ossido di bismuto, sottocarbonato di bismuto, ossido di tantalio, tungstato di calcio e composti di uranio, terbio e altri ossidi di terre rare. Si veda **Tabella 1.1** per un elenco dei comuni riempitivi radiopachi, che sono generalmente bioinerti. Il peso atomico del calcio è di 40; idealmente il peso atomico del metallo dovrebbe essere superiore.

Solo un piccolo sottoinsieme di materiali bioceramici è bioattivo e include: l'idrossido di calcio, i cementi calcio-silicati, il cemento alluminato di calcio, vetri a base di silicato, noti come biovetri, idrossiapatite e altri fosfati di calcio, che non verranno discussi in questa sede.