

Mauro Venturi¹
Paolo Ferrari²

¹Libero Professionista in Bologna e Verona

²Libero Professionista in Parma e Piacenza

Corrispondenza:

Dott. Mauro Venturi

Viale Oriani, 52 - 40137 Bologna

Tel/Fax 051 19984083

E-mail: info@endodonziamauroventuri.it

Pervenuto in Redazione il 1° settembre 2005

Accettato per la pubblicazione il 3 ottobre 2005

Il *tooth-clearing* nella valutazione dell'otturazione del sistema canalare: revisione della letteratura

Tooth-clearing techniques for assessment of root canal obturation.
A literature review

RIASSUNTO

Scopo: valutare la capacità delle tecniche di diafanizzazione nello stimare la qualità dell'otturazione canalare.

Sommario

La rapida evoluzione di tecniche e materiali che ha contraddistinto l'endodonzia degli ultimi anni impone una scrupolosa e attenta valutazione scientifica della predicibilità e affidabilità delle nuove metodiche proposte. L'otturazione tridimensionale del sistema dei canali radicolari, previa adeguata detersione e sagomatura degli stessi, è un presupposto fondamentale per il successo del trattamento endodontico. Un'indagine qualitativa delle capacità di sigillo dell'otturazione canalare risulta di notevole importanza per la valutazione dei materiali e delle tecniche sia tradizionali che innovative.

Il controllo radiografico della qualità dell'otturazione del canale radicolare presenta notevoli limiti di affidabilità, tanto nella individuazione di vuoti o porosità che nell'accertamento del completo riempimento di canali laterali, e quindi in ultima analisi nella stima della reale tridimensionalità dell'otturazione stessa.

La valutazione stereomicroscopica di elementi diafanizzati, cioè sottoposti a demineralizzazione e resi trasparenti, è stata largamente utilizzata in letteratura in indagini morfologiche di varia natura. In particolare è stata impiegata in studi comparativi sulle tecniche di otturazione canalare, sia esaminando il sigillo ottenuto attraverso tests di infiltrazione di coloranti che determinando e misurando composizione e vuoti nel contesto dell'otturazione stessa. L'os-

servazione dopo *tooth-clearing* di denti trattati endodonticamente consente di individuare con precisione le potenzialità e i limiti, in rapporto alle complessità anatomiche, sia dei diversi materiali da otturazione canalare che delle tecniche che ne consentono l'utilizzo.

Punti chiave di apprendimento:

- Le tecniche di diafanizzazione e di osservazione microscopica.
- La valutazione del sigillo tridimensionale mediante infiltrazione di coloranti.
- I criteri per determinare la qualità dell'otturazione scanalare.

Parole chiave:

Otturazione canalare, sigillo, canali accessori, demineralizzazione, diafanizzazione, stereomicroscopio.

ABSTRACT

Aim: evaluate the ability of tooth clearing techniques to assess quality of root canal obturation

Summary

The development of new techniques and materials in the last years in endodontics need rigorous scientific approach to evaluate the suggested methodologies.

The three-dimensional filling of the root canal system, after proper cleaning and shaping, is fundamental to obtain the endodontic success. Thoroughly investigation of the capability of filling techniques to produce optimal sealing is very important to evaluate both the new materials and techniques, and the traditional ones.

The radiographic evaluation of the quality of root canal filling is not reliable to detect voids in the obturation, to verify the complete filling of the accessory canals, and finally to estimate the three-dimensional quality of the filling.

The stereomicroscopic evaluation of demineralized and cleared teeth has been widely used in various morphological studies. It has been particularly used to compare different filling techniques, both evaluating the sealing using dye-penetration tests, and measuring composition and voids of the obturation. After tooth-clearing, the observation of endodontically treated teeth allowed to thoroughly identify the possibilities and the limitations, related to anatomical complexities, of the different materials and techniques.

Key learning points:

- Tooth-clearing techniques and microscopic observations
- Evaluation of the three-dimensional seal by using dye leakage techniques
- The criteria to assess the quality of root canal obturation

Key words:

Canal filling, sealing, accessory canals, demineralization, tooth-clearing, stereomicroscope.

INTRODUZIONE

L'otturazione dei canali radicolari dovrebbe idealmente assicurare il riempimento tridimensionale del canale principale e di tutti i canali accessori, impedendo il passaggio di fluidi tissutali, batteri e prodotti del meta-

bolismo batterico fra il sistema canalare e i tessuti circostanti (1).

La valutazione qualitativa dell'otturazione canalare può essere effettuata attraverso studi *in vivo* che richiedono però un grande dispendio di tempo. Sono stati così introdotti metodi di valutazione *in vitro* dell'otturazione canalare su denti naturali, come ad esempio la dissoluzione completa in acido della struttura dentale (2), la sezione longitudinale (3) o trasversale (4) delle radici, l'osservazione al microscopio elettronico a scansione di piccole aree dell'interfaccia tra guttaperca e pareti dentinali (5). Molte di queste procedure consentono però solo valutazioni parcellari e/o causano alterazioni strutturali irreversibili dei campioni, dovute a procedimenti di preparazione che richiedono la loro dissoluzione o a iniezione di materiali solidi o a sezionamento. In presenza di cambiamenti morfologici e dimensionali così significativi diventa veramente difficile eseguire una valutazione corretta dell'otturazione canalare. Un modello sperimentale ideale dovrebbe permettere il mantenimento dell'integrità del campione, così da consentire una corretta valutazione morfologica globale. L'osservazione stereomicroscopica di elementi diafanizzati, ovvero sottoposti a demineralizzazione e resi trasparenti, fornisce questa possibilità.

Il tooth-clearing

La diafanizzazione (*tooth-clearing*) di denti estratti è stata estesamente impiegata negli studi di ricerca in endodonzia, sia per osservare direttamente la morfologia del sistema canalare che per analizzare alcune fasi operative del trattamento endodontico. Il vantaggio della tecnica consiste nel fatto che il campione demineralizzato, se trattato adeguatamente, conserva l'integrità dimensionale, i contorni e molti degli originali particolari anatomici. Reso trasparente, consente la visione diretta di quanto è derivato dai naturali fenomeni biologici e di quanto è stato prodotto da manovre operative. Attraverso la diafanizzazione è stato possibile in passato esaminare la morfologia del sistema canalare (6, 7), osservare l'efficacia della detersione meccanica ottenuta con diverse tecniche di strumentazione (8, 9), studiare l'influenza della forma di perni endocanalari sulla percentuale di fratture radiolari (10), misurare la penetrazione di sali-

va umana nei tubuli dentinali (11), valutare le modalità di introduzione del cemento endodontico nel canale (12).

Ma soprattutto la diafanizzazione è stata utilizzata per valutare le diverse tecniche di otturazione del sistema canalare (13-19).

Le tecniche di demineralizzazione e diafanizzazione e gli agenti impiegati

Sono state proposte varie metodiche per demineralizzare e diafanizzare i denti: acido nitrico al 5-11% (7-9, 11, 20), acido formico al 20% (21), soluzioni al 40% di resina scambiatrice di ioni e acido formico (10), acido cloridrico al 5% (6). Le soluzioni demineralizzanti più utilizzate sono piuttosto aggressive, ad esempio acido nitrico al 5-11%, (8, 22), e operano quindi con ridotti tempi di demineralizzazione (7, 9, 22). In particolare è stata molto utilizzata la tecnica di Robertson con acido nitrico al 5%. Questa procedura è semplice e rapida da portare a termine: richiede pochi giorni rispetto ad altre metodiche che prevedono invece tempi di applicazione superiori alle 2 settimane (23). In realtà l'utilizzo di soluzioni acide aggressive, molto concentrate oppure impiegate a temperature alte, può velocizzare la procedura, ma può anche creare eccessiva demineralizzazione, contrazione o alterazioni della componente organica dei campioni (22, 24), compromettendo la qualità della diafanizzazione finale.

Quando il dente è immerso in soluzioni acide, il grado di demineralizzazione raggiunto non è misurabile strumentalmente. Sebbene esistano tests per determinare il grado finale di decalcificazione, viene normalmente utilizzato un metodo empirico per stabilire il corretto livello di consistenza gommosa. L'impiego di soluzioni acide più deboli consente più facilmente di individuare il momento in cui il campione ha raggiunto il grado ideale di demineralizzazione, e inoltre consente di limitare la perdita di struttura organica (22).

Qualora vengano usate soluzioni meno aggressive, il pericolo di procedere con una demineralizzazione eccessiva od insufficiente (Fig. 1) può essere evitato (22):

- attraverso agitazione della soluzione almeno 3 volte al giorno;
- sostituendo la soluzione quotidianamente;
- non fissando i denti sul fondo del recipiente in cui sono contenuti, dal mo-

mento che l'azione decalcificante è più rapida alla sommità di esso.

Recentemente è stata descritta (25) e utilizzata (26) (Figg. 2a/h, 3a/f) una tecnica modificata di demineralizzazione lenta che impiega una soluzione tamponata e meno aggressiva. Tale tecnica prevede l'immersione dei denti per 14 giorni in una soluzione contenente acido formico al 9%, acido cloridrico all'8% e sodio citrato al 10%. La soluzione viene cambiata ogni 3 giorni ed è mantenuta in movimento mediante l'utilizzo di un agitatore per la durata dell'intero procedimento. I campioni vengono poi sciacquati in acqua corrente per 2 ore, asciugati con carta assorbente, e immersi in acido acetico al 99% per 12 ore (l'immersione in acido acetico preserva la matrice dentinale in quanto l'acido possiede ben conosciute proprietà fisiche della componente organica).

Qualunque sia la tecnica di demineralizzazione impiegata, i campioni al termine della procedura acquistano consistenza gommosa. A questo punto vengono risciacquati con acqua distillata e disidratati con alcool etilico in concentrazione crescente dal 25% al 100%. Un potenziale problema della diafanizzazione consiste infatti nella disidrata-

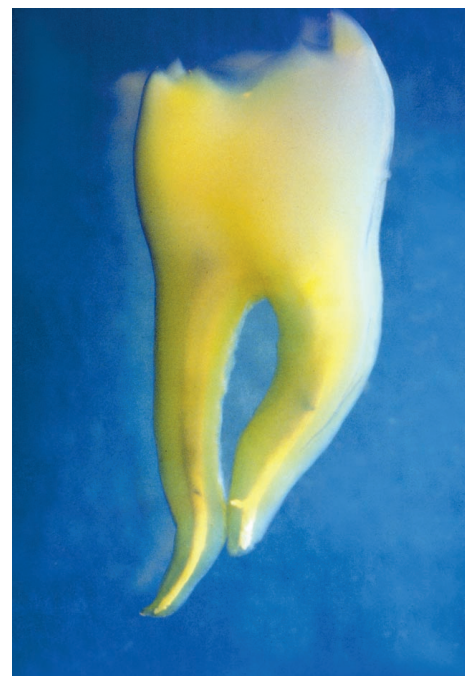


Fig. 1 - Molare inferiore otturato con "condensazione verticale con back-filling apicale". Insufficiente grado di demineralizzazione. Si intravedono i canali principali e si intuisce la presenza di tre canali laterali, ma la trasparenza ottenuta non è sufficiente. Sono stati iniettati alcuni canali laterali.

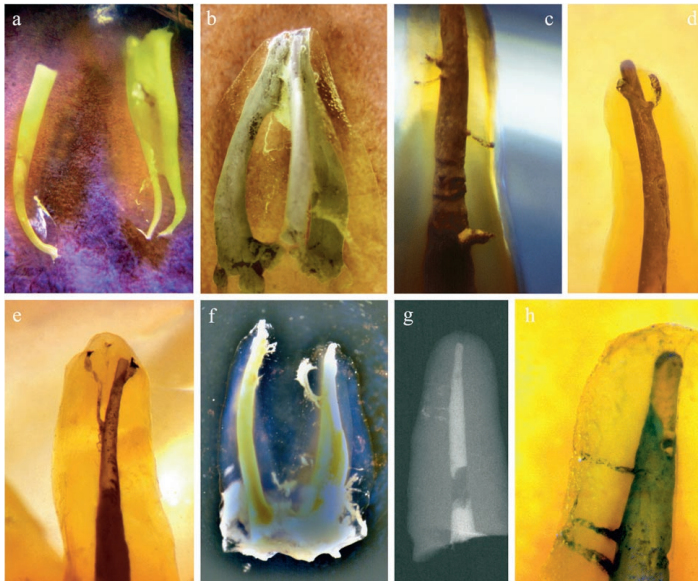


Fig. 2 a/h - **a)** Molare inferiore otturato con "condensazione verticale con back-filling apicale". Si osserva omogeneità del riempimento, costituito da guttaperca e AH-Plus (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Germany). I canali mesiali sono uniti da comunicazione istmica. Sono stati iniettati alcuni canali laterali. **b)** Molare superiore otturato con "condensazione verticale con back-filling apicale". I canali sono confluenti e uniti da comunicazioni istmiche. **c)** Incisivo laterale superiore otturato con tecnica di Schilder. Canali laterali del terzo medio, iniettati in modo parziale con guttaperca e Pulp Canal Sealer (Kerr Co., Romulus, MI, USA). **d)** Incisivo laterale superiore otturato con tecnica di Schilder. Canali laterali del terzo apicale, iniettati in modo parziale con guttaperca e Pulp Canal Sealer (Kerr Co.). **e)** Incisivo centrale superiore otturato con tecnica di Schilder. Canali laterali nel terzo apicale, iniettati in modo parziale con guttaperca e Pulp Canal Sealer (Kerr Co.). **f)** Molare superiore otturato con "condensazione verticale con back-filling apicale". Si osservano complesse, sottili ramificazioni riempite con AH-Plus (Dentsply DeTrey) e l'omogeneità del riempimento. **g, h)** Incisivo centrale superiore otturato con tecnica di Schilder. Canali laterali nel terzo apicale, iniettati in modo parziale con Pulp Canal Sealer (Kerr Co.): comparazione fra immagine Rx e immagine stereomicroscopica.

(Parzialmente modificata da: Venturi M, Prati C, Capelli G, Falconi M, Breschi L. A preliminary analysis of the morphology of lateral canals after root canal filling using a tooth-clearing technique. *Int Endod J* 2003; 36:54-63.).

zione imperfetta, che può creare zone di opacità all'interno dei campioni (22).

In questa fase i denti risultano ancora opachi. Vanno quindi immersi in una sostanza capace di renderli trasparenti e di cristallizzarli: la più usata attualmente è il metilsalicilato, che tollera più acqua degli altri agenti diafanizzanti e risulta essere meno tossico (22) rispetto ad altre sostanze, come ad esempio lo xylene molto usato nel passato (23, 27-29).

La trasparenza dei campioni è, naturalmente, il prerequisito per una corretta valutazione di quanto all'interno del dente può essere oggetto di indagine e, nel caso specifi-

Fig. 4 a/d - **a, b)** Canali laterali artificiali realizzati dopo demineralizzazione di campioni che sono stati poi diafanizzati, e in seguito otturati (48). L'illuminazione è orientata tangenzialmente al campione (effetto di campo oscuro). **c)** Canino superiore otturato con Thermafil: si possono osservare lo stiramento della guttaperca, il denudamento e la frattura apicale del carrier. È presente un canale palatino, che dirama e confluisce nuovamente nel principale. **d)** Molare inferiore otturato con "condensazione verticale con back-filling apicale". Si osserva l'omogeneità del riempimento. Nel canale distale è presente un frammento di allargacanal fratturato.

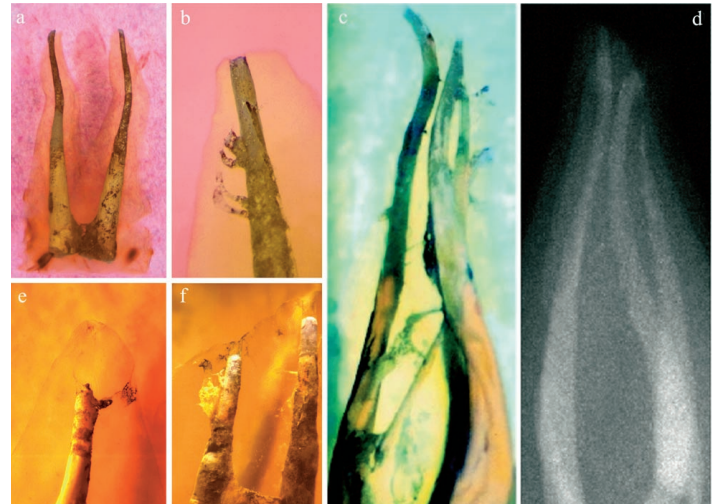
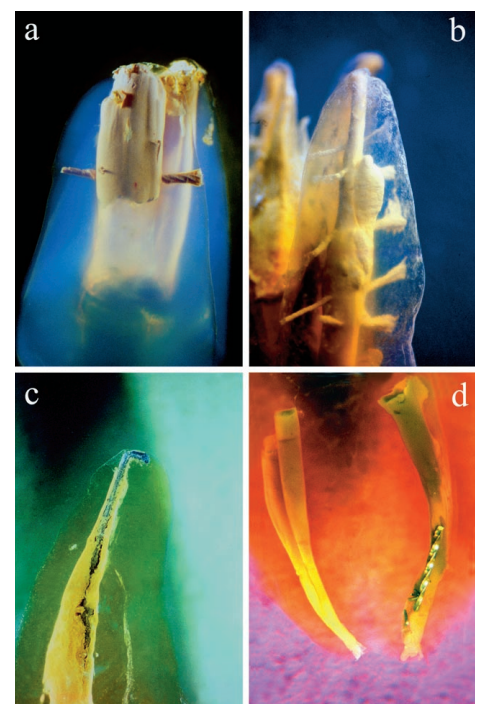


Fig. 3 a/f - **a)** Premolare superiore otturato con tecnica di Schilder, impiegando guttaperca Pulp Canal Sealer (Kerr Co.). **b)** Premolare superiore otturato con tecnica di Schilder. Canali laterali del terzo apicale, iniettati in modo parziale con Pulp Canal Sealer (Kerr Co.), non ben miscelato (eccessiva granulosità). È visibile un grosso vuoto non riempito dal back-filling. **c, d)** Molare superiore otturato con "condensazione verticale con back-filling apicale". Si osservano complesse ramificazioni riempite con AH-Plus (Dentsply DeTrey) e l'omogeneità del riempimento. Sull'immagine Rx non si distinguono i dettagli dell'anatomia rilevabili nell'immagine stereomicroscopica. **e)** Premolare superiore otturato con tecnica di Schilder. Biforcazione apicale, non riempita dal materiale da otturazione nonostante la compattazione sia stata portata a 2 mm dal vertice. **f)** Radice mesio-vestibolare di molare superiore otturato con tecnica di Schilder. Comunicazione istmica fra canali mesio-vestibolare e mesio-palatino e canali laterali nel terzo apicale iniettati in modo parziale con Pulp Canal Sealer (Kerr Co.), non ben miscelato (eccessiva granulosità). Si osservano vuoti di riempimento.

(da: Venturi M, Breschi L. Evaluation of apical filling after warm vertical gutta-percha compaction using different procedures. *J Endod* 2004; 30:436-440.).

co dell'otturazione canalare, condizione indispensabile per visualizzare la morfologia del sistema canalare e per valutare la qualità del suo riempimento (Figg. 4a-d).

Il *tooth-clearing* come metodica di valutazione della tridimensionalità dell'otturazione e del sigillo in rapporto all'anatomia del sistema canalare

La mancanza di sigillo è stata considerata come una delle cause più rilevanti di fallimento del trattamento endodontico (30, 31), e insieme con la tridimensionalità del riempimento è uno degli aspetti fondamentali da investigare per valutare l'efficacia di una tecnica di otturazione canalare.

Valutazione del sigillo mediante penetrazione di coloranti

La diafanizzazione è stata largamente utilizzata, in combinazione con gli studi di infiltrazione di coloranti, per valutare il sigillo del sistema canalare ottenuto impiegando diverse tecniche di otturazione dello stesso.

In verità, se i tests con penetrazione di coloranti possano rappresentare o no una simulazione attendibile della penetrazione di microrganismi o antigeni è argomento assai controverso (32). I coloranti hanno sì dimensioni simil-batteriche del particolato, ma la perfusione viene effettuata in un momento preciso (tempo breve) ed è un fenomeno sostanzialmente statico. L'infiltrazione batterica invece avviene nel tempo, si avvantaggia della moltiplicazione dei microrganismi, e spesso della loro mobilità. I tests di penetrazione con coloranti sono stati oggetto di svariate altre critiche, e opinioni diverse sono state espresse anche sui protocolli sperimentali da utilizzare. Ad esempio, è stato osservato che la scelta dell'uno o dell'altro colorante può determinare diversi risultati di penetrazione, e che spesso la misurazione ottica lineare non permette la distinzione precisa del limite della penetrazione (32, 33) (Fig. 5a-d). Sono state impiegate tecniche di diffusione con coloranti diversi come ematossilina (28, 29) o inchiostro Pelikan (13, 34), capaci di creare contrasto fra la dentina e il sistema canalare, ma i coloranti più utilizzati per la valutazione del sigillo negli studi di infiltrazione sono l' inchiostro d'India (15, 18, 35), che possiede ottime capacità di penetrazione, e soprattutto il blu di metilene (Fig. 5a-d), che presenta un peso molecola-

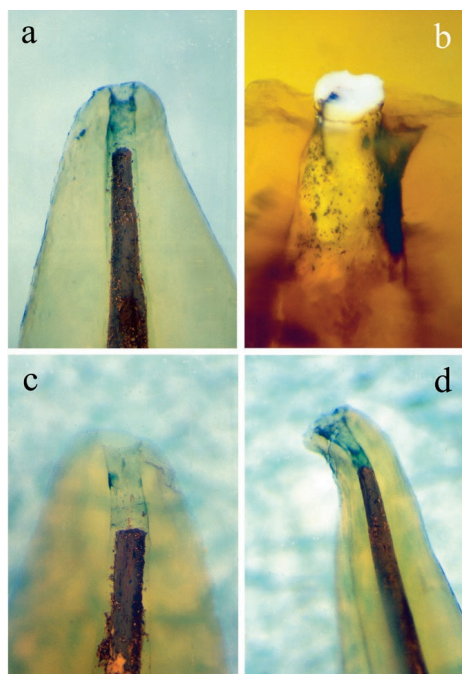


Fig. 5 a/d - a) Incisivo centrale superiore otturato con tecnica di Schilder. Mancato impegno del cono di guttaperca nel tratto apicale. Infiltrazione con blu di metilene: i limiti della penetrazione non sono ben definiti. **b)** Premolare superiore otturato con tecnica di Schilder. Incrinatura del terzo apicale in bruxista. **c)** Incisivo laterale superiore otturato con tecnica di Schilder. Mancato impegno del cono di guttaperca nel tratto apicale. Infiltrazione con blu di metilene: i limiti della penetrazione non sono ben definiti. **d)** Incisivo laterale superiore otturato con tecnica di Schilder. Infiltrazione con blu di metilene.

re inferiore ed è in grado di penetrare ancora più in profondità rispetto all'inchiostro d'India. (36).

Si è però riscontrato come il blu di metilene venga ad interagire con alcuni materiali da otturazione, quali l'amalgama, l'idrossido di calcio, il Cavit (Cavit, ESPE, Seefeld/Oberbayern, Germany) l'MTA (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Germany), o l'ossido di zinco eugenolo (37), costituendo questa interazione un pericolo potenziale di compromissione dei risultati. È stato inoltre rilevato che il blu di metilene può dissolversi durante il processo di demineralizzazione (38).

Molti tests di infiltrazione sono stati effettuati sotto vuoto o sotto pressione per favorire la penetrazione del colorante. Ma Roda e Gutmann (39) constatarono che l'infiltrazione sotto vuoto non aumentava l'affidabilità dei risultati, e che una grande

maggioranza di denti in condizioni di vuoto parziale mostravano segni di artefatti causati dal vuoto stesso, mettendo così in dubbio l'utilità della decompressione in questo tipo di indagini.

I ridotti effetti dell'applicazione del vuoto sulla penetrazione del colorante nei canali radicolari, e in simulazioni con tubi di vetro, sono stati evidenziati anche in altri studi in letteratura (40-42). D'altra parte, altri autori asseriscono che gli studi di infiltrazione passiva di colorante sono inaffidabili e molto variabili, e suggeriscono l'utilizzo del vuoto e della centrifugazione (43-46). Cercando di operare una sintesi di fronte a pareri così discordanti, si può concludere che l'entità dell'infiltrazione di coloranti va considerata come dato puramente indicativo nella valutazione della qualità del sigillo, e che questa metodica d'indagine dovrebbe essere effettuata e considerata congiuntamente ad altre tipologie di indagine (ad esempio, osservazioni morfologiche, tests biologici, ecc.).

Valutazione morfologica

Condizione non sufficiente, ma necessaria, perché si ottenga il sigillo del sistema canalare è che venga realizzato il suo riempimento tridimensionale. È impossibile, procedendo per via ortograde, che il materiale da otturazione realizzi il sigillo senza che sia stato ottenuto un riempimento completo, e soprattutto senza che sia stata ottenuta un'aderenza intima e senza soluzione di continuità del materiale stesso alle pareti canalari (Fig. 6a-b). Il controllo dell'otturazione del canale è effettuato clinicamente attraverso l'immagine radiografica, ma è entrato nel modo di pensare comune che anche l'attestazione di qualità di una tecnica possa trovare elemento di prova nel dato radiografico. In realtà una Rx endorale fornisce informazioni molto approssimative (per scarsa risoluzione, per problemi di proiezione, per il carattere bidimensionale) già sull'anatomia del sistema canalare (47) (Fig. 7a-e). A maggior ragione non è possibile valutare mediante una radiografia la qualità (densità, estensione e precisione nel dettaglio) del riempimento canalare (Figg. 3c-d, 8a-b, 9a-b).

Le conseguenze di un uso improprio dei materiali e i limiti di ciascuna tecnica possono invece essere ben valutati nei preparati diafanizzati (25, 26) (Fig. 10 a-d).

Se molti sono stati gli studi che in letteratura hanno valutato le tecniche da ottura-



Fig. 6 a/b - a) Molare superiore otturato con condensazione termomeccanica. Si osserva omogeneità del riempimento, costituito da guttaperca e AH-Plus (Dentsply DeTrey). Sono stati iniettati numerosi canali laterali e comunicazioni istmiche. L'illuminazione è orientata tangenzialmente al campione (effetto di campo oscuro). **b)** Premolare superiore otturato con tecnica di Schilder. Delta apicale con numerose ramificazioni non otturate. Il Pulp Canal Sealer (Kerr Co.) dimostra eccessiva granulosità (miscelazione inadeguata).

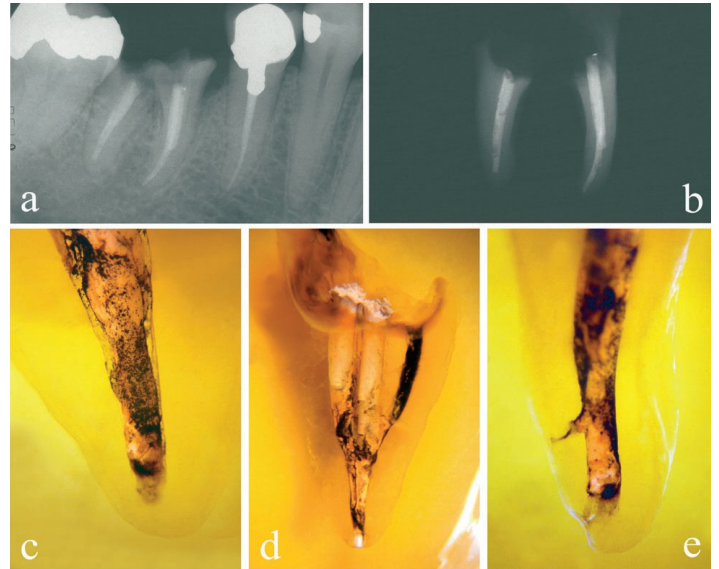


Fig. 7 a/e - a) Molare inferiore con frattura coronale e del pavimento della camera. Rx pre-estrazione. **b)** Rx post-estrazione dello stesso elemento. L'assenza delle strutture peri-radicolari rende più leggibile l'immagine ed evidenzia difetti di riempimento. **c)** Radice mesiale dello stesso elemento in visione mesio-distale: spazi evidenti fra guttaperca e pareti del canale. **d)** La stessa radice mesiale in visione bucco-linguale: si tratta di tre canali distinti confluenti nel terzo medio. È ben evidente, come nell'immagine precedente e in quella successiva, una marcata infiltrazione in assenza di sigillo coronale da prolungata esposizione in ambiente orale. **e)** Radice distale dello stesso elemento in visione bucco-linguale: canale laterale parzialmente riempito con guttaperca.

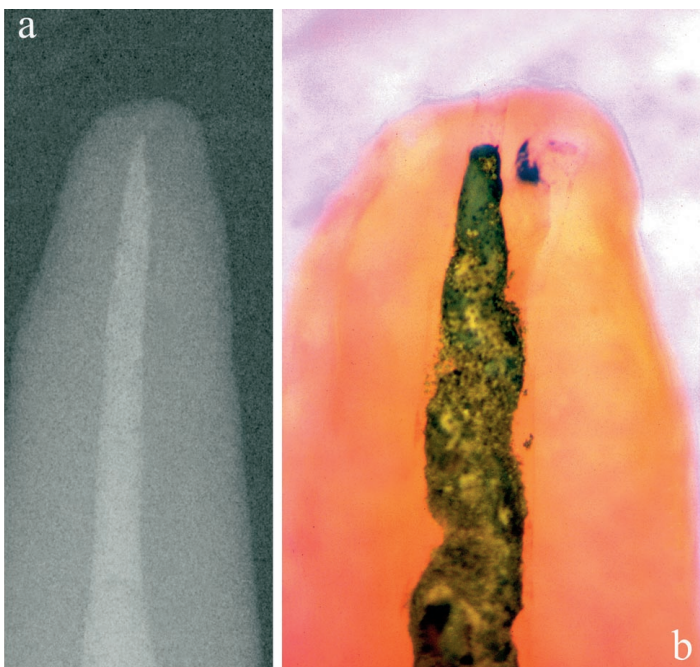


Fig. 8 a/b - a) Rx post-estrazione di incisivo centrale superiore otturato con tecnica di Schilder: cura apparentemente un po' corta. **b)** Lo stesso elemento diafanizzato osservato con la stessa proiezione: il mancato adattamento del cono di guttaperca nel tratto apicale, non riconoscibile sulla Rx, risulta evidente all'osservazione stereomicroscopica. Si notano un canale laterale non riempito, ed una eccessiva granulosità del Pulp Canal Sealer (Kerr Co.), mal miscelato.

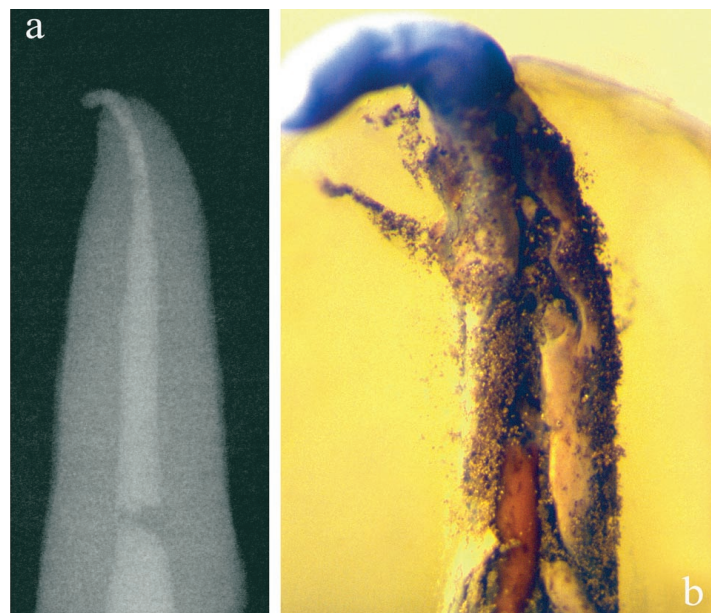


Fig. 9 a/b - a) Rx post-estrazione di canino superiore otturato con tecnica di Schilder: cura apparentemente un po' lunga, e con qualche lieve indizio di bolle apicali nel contesto del materiale in sede apicale. **b)** Lo stesso elemento diafanizzato osservato con la stessa proiezione: enormi vuoti e pessimo adattamento della guttaperca nel tratto apicale, non riconoscibili sulla Rx, risultano evidenti all'osservazione stereomicroscopica. Si nota una enorme granulosità del Pulp Canal Sealer (Kerr Co.), miscelato inadeguatamente, e un canale laterale appena iniettato con granuli di cemento.

zione canalare mediante tests di infiltrazione, sono invece pochissimi quelli in cui sono stati ricercati e misurati al microscopio i vuoti di riempimento dopo completamento dell'otturazione su denti naturali (25, 26, 48). Per vuoti di riempimento si possono intendere spazi residui nel contesto del materiale, o fra questo e le pareti del canale, ma anche canali accessori non otturati (25, 26, 48) (Figg. 2c-e, 2g-h, 3b, 2e-f, 4c, 6b, 7 d-e, 8b, 9b, 10a-d; 11a-b, 12, 13 e 14).

L'individuazione di questi difetti nel riempimento richiede che l'osservazione stereomicroscopica dell'otturazione canalare in preparati diafanizzati sia effettuata a differenti ingrandimenti, sotto diverse angolazioni, e soprattutto modificando più volte le condizioni di illuminazione (tipologia, numero, intensità e direzione delle sorgenti di luce; sfondi di colore diverso) in relazione alle superfici e ai dettagli che si vogliono esaminare (Figg. 2a-h, 3a-f, 4a-d, 11a-b, 12, 13 e 14).

Nel sistema canalare si possono trovare frequentemente canali laterali (48, 49) che sono difficilmente raggiungibili dalla strumentazione e dall'irrigazione, e che possono rappresentare una porta di uscita per batteri e prodotti di degradazione dal canale principale verso i tessuti periradicolari (50-52) (Figg. 2a-h, 3b-f, 6a-b, 7e, 8 b, 9b, 10a-b, 12, 13 e 14). La loro potenziale patogenicità è evidenziata dal fallimento di trattamenti endodontici in presenza di canali laterali non riempiti e dalla guarigione di lesioni periradicolari dopo la loro completa otturazione (53-55).

Si può osservare nei denti diafanizzati l'alta frequenza di riempimento incompleto di questi canali accessori, con piccole quantità di cemento sulle pareti interne in assenza di una reale chiusura tridimensionale (25, 48) (Figg. 2c-e, 2g-h, 3b-f, 6b, 7e, 8b, 9b, 10ab, 12, 13 e 14). La comparazione tra questi dettagli stereomicroscopici e quanto si rileva nell'immagine radiografica degli stessi elementi otturati dimostra inequivocabilmente la povertà di informazioni che una radiografia può fornire circa la qualità del riempimento (Figg. 2g-h, 3c-d e 9a-b). L'osservazione radiografica di canali accessori iniettati induce spesso una errata interpretazione delle immagini: i cementi endodontici sono materiali molto radiopachi, e la penetrazione di un sottile velo di materiale in queste fini ramificazioni può creare l'illusione di un vero riempimento

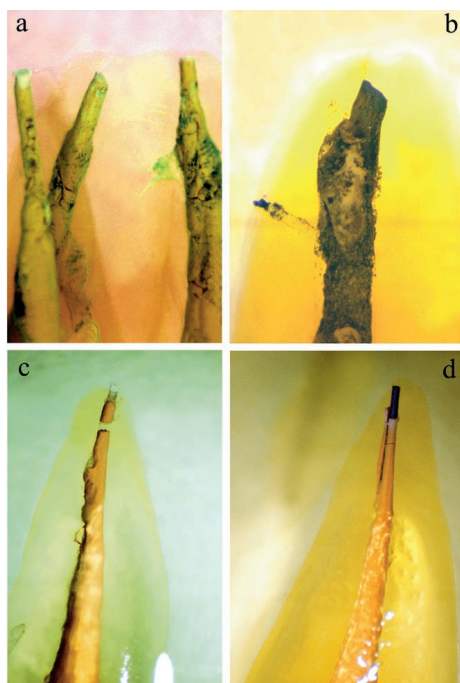


Fig. 10 a/d - a) Molare superiore otturato con tecnica di Schilder, impiegando guttaperca e AH-26: sono immutato in sede apicale. Difetti dell'adattamento del materiale nel back-filling del terzo medio. **b)** Premolare superiore otturato con tecnica di Schilder. Pessimo adattamento della guttaperca nel tratto apicale. Il Pulp Canal Sealer (Kerr Co.) dimostra eccessiva granulosità (miscelazione inadeguata). Si nota un canale laterale appena iniettato con granuli di cemento. **c)** Canino superiore otturato con Thermafil. Vuoti nella guttaperca nel tratto apicale e medio. Frattura apicale del materiale. **d)** Canino superiore otturato con Thermafil. Stiramento e frattura della guttaperca nel tratto apicale, con denudamento esteso del carrier.

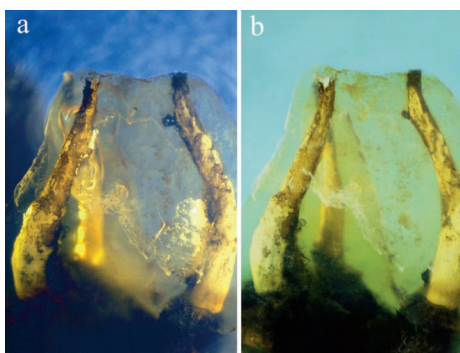


Fig. 11 a/b - a) Molare superiore otturato con tecnica di Schilder, estratto 11 anni dopo completamento della cura. Si notano difetti di riempimento e aspetti di infiltrazione apicale. **b)** Sullo stesso molare superiore, se illuminato diversamente, si osservano dettagli diversi.

mento tridimensionale (Fig. 2g-h). L'aspetto positivo di questi reperti radiografici consiste invece nel fatto che in linea generale costituiscono indicazione indiretta di una buona compattazione del cemento e della guttaperca, e quindi di una buona qualità del riempimento tridimensionale del canale principale (25, 48) (Fig. 2a-b, 2f, 3c-d e 6a).

Mettendo a confronto differenti tecniche di otturazione, si può direttamente osservare come i diversi materiali da otturazione abbiano differenti comportamenti in relazione alle loro intrinseche caratteristiche chimiche ma soprattutto fisiche, alle manovre operative (spatolazione, riscaldamento, compattazione), all'anatomia canalare a cui si devono adattare. È possibile trovare, ad esempio, conferma che sono spesso presenti canali laterali vuoti, e che il cemento endodontico frequentemente sporca le pareti dei canali laterali di media dimensione, e solo raramente riempie completamente ramificazioni sottili (Figg. 2c-e, 2g-h, 3b, 3e-f, 6b, 7e, 9b, 10b e 14) (25). La guttaperca entra qualche volta negli ampi canali accessori coronali, mentre più difficilmente penetra entro sottili diramazioni apicali (Fig. 2c) (25, 26, 48). Questo dato, se da un lato è già da tempo acquisito in letteratura (1) ed è da mettere in relazione con le difficoltà tecniche che le manovre di riscaldamento e di compattazione della guttaperca incontrano a causa delle dimensioni e dell'anatomia del sistema canalare (26, 56), dall'altro è però ampiamente misconosciuto, in quanto i difetti di riempimento sono riconoscibili attraverso una radiografia solamente se raggiungono notevoli dimensioni.

Attraverso l'osservazione stereomicroscopica di elementi diafanizzati può essere ben messo in evidenza il rapporto di causa ed effetto che lega da un lato la presenza di difetti dell'otturazione, dall'altro la difficoltà a controllare il riscaldamento e la compattazione della guttaperca in canali principali sottili, lunghi e/o curvi.

La guttaperca è un termopolimero visco-elastico, il cui comportamento reologico è estremamente complesso. L'adattamento della guttaperca a temperature inferiori ai 52-57°C avviene sul materiale in fase cristallina, e si può ottenere solo per deformazione elastica reversibile (al di sotto del limite di elasticità) o per deformazione (minima) plastica irreversibile (al di sopra del limite di elasticità). La guttaperca a tempe-

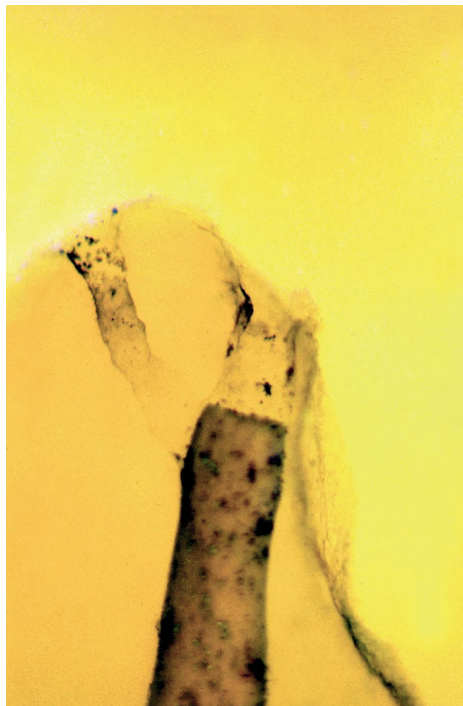


Fig. 12 - Premolare superiore otturato con tecnica di Schilder, biforcazione apicale. Si osserva granulosità del cemento.

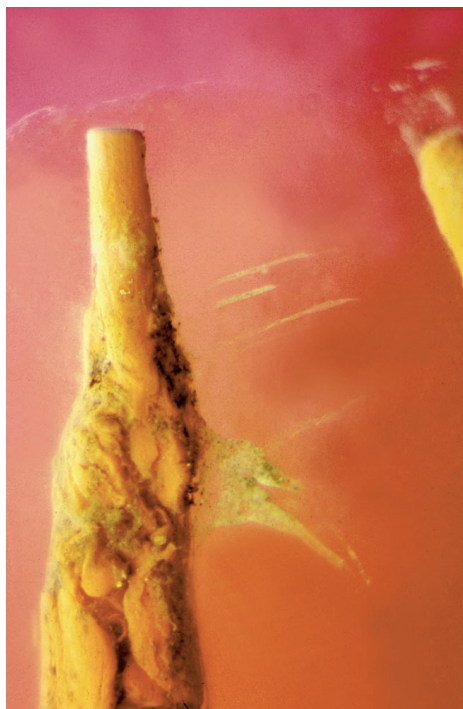


Fig. 13 - Radice mesiale di molare superiore otturato con tecnica di Schilder, impiegando guttaperca e AH-26: sono immutato in sede apicale e difetti dell'adattamento del materiale nel back-filling del terzo medio. Iniezione di cemento in sottili diramazioni laterali.

rature superiori ai 52-57°C si comporta invece come un fluido non newtoniano ad alta viscosità, per cui l'applicazione sulla massa di una forza compressiva induce essenzialmente il flow del materiale e assai meno quelle forze di attrito dinamico sulle pareti che in un sistema aperto (pervietà dell'apice conservata) possono determinare la stretta aderenza alle pareti nel tratto apicale. È stato ampiamente dimostrato che le tecniche di condensazione verticale a caldo producono normalmente degli incrementi di temperatura molto piccoli nella guttaperca in prossimità dell'apice (26, 56-59), e in questi casi la guttaperca stessa, se la compattazione è portata molto vicino all'apice, è il più delle volte perforata (26, 60) piuttosto che compressa e adattata dai compattatori (Figg. 3b, 3f, 9b, 10 a-b e 13).

L'osservazione stereomicroscopica di elementi sottoposti a *tooth-clearing* può permettere anche l'osservazione della distribuzione del cemento canalare, e la comparazione di cementi canalari diversi. Per esempio, è stato osservato che l'AH-Plus (Figg. 2f, e 13) presenta una maggiore diffusibilità rispetto al Pulp Canal Sealer (26, 56) (Figg. 2c-d, 2g-h, 3b, 3e-f, 6b, 7e e 10b), dato in sintonia con alcuni studi (ma non con altri: non vi è concordanza di risultati in letteratura) in cui il sigillo ottenuto con cementi a componente resinosa è stato migliore rispetto a quello ottenuto con cementi a base di ossido di zinco ed eugenolo (4, 34, 60, 61).

Può essere valutata anche l'efficacia della miscelazione della polvere e del liquido di cementi all'ossido di zinco ed eugenolo. Ad esempio, un eccesso di polvere o una insufficiente spatolazione possono provocare una eccessiva granulosità del cemento, e un sua incapacità a fluire negli spazi sottili con conseguenze estremamente negative sul sigillo (Figg. 3b, 3f, 6b, 8b, 9b e 10b).

Un dato morfologico che è ben valutabile su elementi diafanizzati, e non con altre metodiche di indagine, è l'omogeneità globale dell'otturazione nel canale, cioè il grado di integrazione fra i materiali da otturazione. Alcuni preparati consentono di osservare chiaramente un effetto di miscelazione (quasi di "fusione") del cemento e della guttaperca (Figg. 2a, 2f, 4d, 6a e 14). Questo effetto si realizza in modo evidente con cementi a base di resina epossidica come l'AH-Plus (25, 26, 48). Questi dati morfologici potrebbero trovare spiegazione nella dimostrata azione solvente la guttaperca da

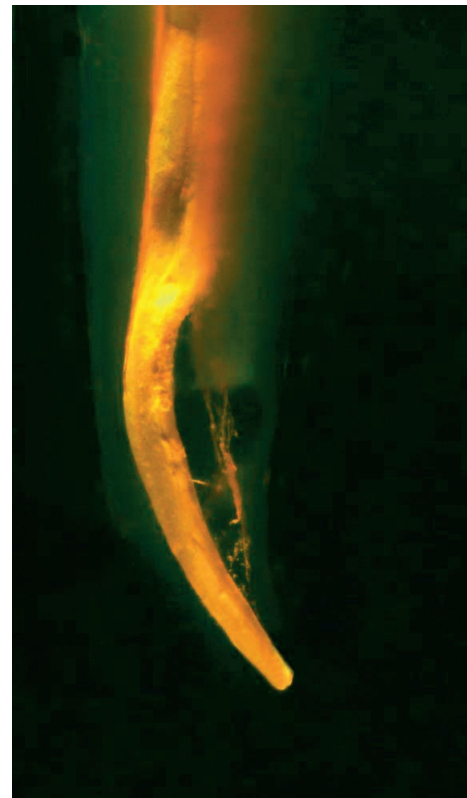


Fig. 14 - Incisivo inferiore otturato con "condensazione verticale con back-filling apicale". L'illuminazione è orientata tangenzialmente al campione (effetto di campo oscuro). Si osserva nel canale vestibolare omogeneità del riempimento, costituito da guttaperca e AH-Plus (Dentsply DeTrey), con qualche vuoto in sede di concavità linguale. È stato appena iniettato un canale linguale che dirama da quello vestibolare e con lo stesso riconfluisce.

parte dell'AH-Plus, capace di aumentarne il flow (62): è dato acquisito che l'AH-Plus favorisce lo scorrimento della guttaperca (62) e il fatto che questo effetto possa essere aumentato dalla temperatura rende questo tipo di cemento particolarmente adatto all'impiego con guttaperca calda.

Al di là del significato puramente descrittivo che si può dare all'osservazione morfologica di particolari dell'otturazione canalare, va sottolineato come la diafanizzazione offra soprattutto l'opportunità di localizzare e misurare i vuoti di riempimento. Si possono così raccogliere e analizzare statisticamente dati quantitativi, e quindi effettuare valutazioni comparative, fondate scientificamente e non sulla base di suggestioni o opinioni individuali, di tecniche di otturazione diverse (25, 26, 48).

CONCLUSIONI

La diafanizzazione di denti naturali costituisce una metodica di indagine con la quale è possibile osservare con molta precisione i dettagli dell'otturazione del sistema radicolare.

Se è vero che è stata largamente impiegata negli studi sul sigillo effettuati mediante in-

filtrazione di coloranti, assai rari sono in letteratura i lavori in cui è stata utilizzata per analizzare morfologicamente, sulla base di dati quantitativi, il riempimento dei canali radicolari. La valutazione Rx, data per scontata la sua importanza come strumento di controllo clinico, fornisce informazioni inconsistenti circa la qualità del riempimento dei canali. Osservando denti sottoposti a *tooth-clearing* è possibile:

- osservare l'anatomia del sistema canalare;

- valutare in dettaglio le conseguenze del diverso modo, specifico di ciascuna tecnica, di gestire l'adattamento dei materiali da otturazione al sistema canalare stesso, e quindi definire le possibilità e i limiti dei diversi materiali e delle diverse tecniche di otturazione canalare.

Tutte le immagini sono state ottenute impiegando uno stereomicroscopio Zeiss Stemi 2000-C (Carl Zeiss Jena GmbH, Zeiss Group, Jena, Germany), a 5-20x.

BIBLIOGRAFIA

- Schilder H. Filling the root canal in three dimensions. *Dent Clin North Am* 1967; 11:723-44.
- Brayton SM, Davis SR, Goldman M. Gutta-percha root canal fillings. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1973; 35:226-31.
- ElDeeb ME. The sealing ability of injection molded thermoplasticized gutta-percha. *J Endod* 1985; 11:84-6.
- Limkangwalmongkol S, Burtscher P, Abbott PV, Sandler AB, Bishop BM. A comparative study of the apical leakage of four root canal sealers and laterally condensed gutta-percha. *J Endod* 1991; 17:495-9.
- Mannocci F, Innocenti M, Ferrari M. Stereomicroscopic and scanning electron microscopic study of roots obturated with vertically condensed gutta-percha, epoxy resin cement, and dentin bonding agent. *J Endod* 1998; 24:397-400.
- Vertucci FJ. Root canal morphology of mandibular premolars. *J Am Dent Assoc* 1978; 97:47-50.
- Kasahara E, Yasuda E, Yamamoto A, Anzai M. Root canal system of the maxillary central incisor. *J Endod* 1990; 16:158-61.
- Tagger M, Katz A, Tamse A. Apical seal using the GPII method in straight canals compared with lateral condensation, with or without sealer. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1994; 78:225-31.
- Ibarrola JL, Knowles KI, Ludlow MO, McKinley IB Jr. Factors affecting the negotiability of second mesiobuccal canals in maxillary molars. *J Endod* 1997; 23:236-8.
- Felton DA, Webb EL, Kanoy BE, Dugoni J. Threaded endodontic dowels: effect of post design on incidence of root fracture. *J Prosthet Dent* 1991; 65:179-87.
- Berutti E. Microleakage of human saliva through dentinal tubules exposed at the cervical level in teeth treated endodontically. *J Endod* 1996; 22: 579-82.
- Hall MC, Clement DJ, Dove SB, Walker WA 3rd. A comparison of sealer placement techniques in curved canals. *J Endod* 1996; 22: 638-42.
- Robertson DC, Leeb IJ. The evaluation of a transparent tooth model system for the evaluation of endodontically filled teeth. *J Endod* 1982; 8:317-21.
- Smith MA, Steiman HR. An *in vitro* evaluation of microleakage of two new and two old root canal sealers. *J Endod* 1994; 20:18-21.
- Lloyd A, Thompson J, Gutmann JL, Dummer PM. Sealability of the Trifecta technique in the presence or absence of a smear layer. *Int Endod J* 1995; 28:35-40.
- Pallares A, Faus V. A comparative study of the sealing ability of two root canal obturation techniques. *J Endod* 1995; 21:449-50.
- Gulabivala K, Holt R, Long B. An *in vitro* comparison of thermoplasticised gutta-percha obturation techniques with cold lateral condensation. *Endod Dent Traumatol* 1998; 14:262-9.
- Kytridou V, Gutmann JL, Nunn MH. Adaptation and sealability of two contemporary obturation techniques in the absence of the dentinal smear layer. *Int Endod J* 1999; 32:464-74.
- Lussi A, Imwinkelried S, Stich H. Obturation of root canals with different sealers using non-instrumentation technology. *Int Endod J* 1999; 32:17-23.
- Saunders WP, Saunders EM. Effect of non-cutting tipped instruments on the quality of root canal preparation using a modified double-flared technique. *J Endod* 1992; 8:32-6.
- O'Neill KJ, Pitts DL, Harrington GW. Evaluation of the apical seal produced by the Mc Spadden compactor and by lateral condensation with a chloroform softened primary cone. *J Endod* 1983; 9:190-7.
- Robertson D, Leeb IJ, McKee M, Brewer E. A clearing technique for the study of root canal systems. *J Endod* 1980; 6:421-4.
- Hasselgren G, Tronstad L. The use of transparent teeth in the teaching of preclinical endodontics. *J Endod* 1975;1:278-80.
- Kwan EH and Harrington GW. The effect of immediate post preparation on apical seal. *J Endod* 1981; 7:325-9.
- Venturi M, Prati C, Capelli G, Falconi M, Breschi L. A preliminary analysis of the morphology of lateral canals after root canal filling using a tooth-clearing technique. *Int Endod J* 2003; 36:54-63.
- Venturi M, Breschi L. Evaluation of apical filling after warm vertical gutta-percha compaction using different procedures. *J Endod* 2004; 30:436-440.
- Okumura, T. Anatomy of the root canals. *J Am Dent Assoc* 1927; 14:632-9.
- Vertucci E, Seeling A, Gillis R. Root canal morphology of the human maxillary second premolar. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1974; 38:456-464.
- Seeling A, Gillis R. Preparation of cleared specimens for pulp cavity studies. *J Dent Res* 1973; 52:1154.
- Nguyen NT. Obturation of the root canal system. In: Cohen, Burns RC, ed. *Pathways of the pulp*, 4th ed; St. Louis: Mosby, 1987; 183-94.
- Ingle JL, Bakland LK. *Endodontics*. 4th ed. Baltimore: William & Wilkins 1994;1-46.
- Barthel CR, Moshonov J, Shuping G, Ørstavik D. Bacterial leakage versus dye leakage in obturated root canals. *Int Endod J* 1999; 32:370-5.
- Scott AC, Vire DE, Swanson R. An evaluation of the Thermafil endodontic obturation technique. *J Endod* 1992; 18:340-3.
- Taylor JK, Jeanson BG, Lemon RR. Coronal leakage: effects of smear layer, obturation technique, and sealer. *J Endod* 1997; 23:508-12.
- Leonard JE, Gutmann JL, Guo IY. Apical and coronal seal of roots obturated with a dentine bonding agent and resin. *Int Endod J* 1996; 29:76-83.
- Ahlberg KMF, Assavanop P, Tay WM. A comparison of the apical dye penetration patterns

- shown methylene blue and India ink in root-filled teeth. *Int Endod J* 1985; 28:30-4.
37. Wu MK, Kontakiotis EG, Wesselink PR. Decoloration of 1% methylene blue solution in contact with dental filling materials. *J Dent* 1998; 26:585-9.
38. Ravanshad S, Torabnejad M. Coronal dye penetration of the apical filling materials after post space preparation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1992; 74:644-7.
39. Roda RS, Gutmann JL. Reliability of reduced air pressure methods used to assess the apical seal. *Int Endod J* 1995; 28:154-62.
40. Masters J, Higa R, Torabinejad M. Effects of vacuuming on dye penetration patterns in root canals and glass tubes. *J Endod* 1995; 21: 32-334.
41. Dickson SS, Peters DD. Leakage evaluation with and without vacuum of two gutta-percha filling techniques. *J Endod* 1993; 19:398-403.
42. Karagöz-Küçükay I, Küçükay S, Bayirli G. Factors affecting apical leakage assessment. *J Endod* 1993; 19:362-5.
43. Oliver CM, Abbott PV. Entrapped air and its effects on dye penetration of voids. *Endod Dent Traumatol* 1991; 7:135-138.
44. Spångberg LSW, Acierno TG, Cha BY. Influence of entrapped air on the accuracy of leakage studies using dye penetration methods. *J Endod* 1989; 15:548-51.
45. Goldman M, Simmonds S, Rush R. The usefulness of dye-penetration studies reexamined. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1989; 67:327-32.
46. Boussetta F, Bal S, Romeas A e coll. In vitro evaluation of apical microleakage following canal filling with a coated carrier system compared with lateral and thermomechanical gutta-percha condensation techniques. *Int Endod J* 2003; 36:367-71.
47. Omer OE, Al Shalabi RM, Jennings M, Glenon J and Clafey NM. A comparison between clearing and radiographic techniques in the study of the root-canal anatomy of maxillary first and second molars. *Int Endod J* 2004; 37:291-96.
48. Venturi M, Di Lenarda R, Prati C, and Breschi L. An in vitro model to investigate filling of lateral canals. *J Endod* 2005; 31: 877-81.
49. De Deus OD. Frequency, location, and direction of the lateral, secondary, and accessory canals. *J Endod* 1975; 1:361-6.
50. Rubach WC, Mitchell DF. Periodontal disease, accessory canals and pulp pathosis. *J Periodontol* 1965; 36:34-8.
51. Stallard RE. Periodontic-endodontic relationships. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1972; 34:314-26.
52. Harrington GW. The perio-endo question: differential diagnosis. *Dent Clin North Am* 1979; 23:673-90.
53. Seltzer S, Bender IB, Ziontz M. The interrelationship of pulp and periodontal disease. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1963; 16:1474-90.
54. Seltzer S, Bender IB, Smith J, Freedman I, Nazimov H. Endodontic failures-an analysis based on clinical, roentgenographic, and histologic findings. I. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1967; 23:500-16.
55. Weine FS. The enigma of the lateral canal. *Dent Clin North Am* 1984; 28:833-52.
56. Venturi M, Pasquantonio G, Falconi M, Breschi L. Temperature change within gutta-percha induced by the System-B Heat Source. *Int Endod J* 2002; 35: 740-746.
57. Schilder H, Goodman A, Aldrich W. The thermomechanical properties of gutta-percha. Part V. Volume changes in bulk gutta-percha as a function of temperature and its relationship to molecular phase transformation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1985; 59:285-96.
58. Marciano J, Michailesco P. Dental gutta-percha: chemical composition, X-ray identification, enthalpic studies, and clinical implications. *J Endod* 1989; 15:149-53.
59. Sweatman TL, Baumgartner JC, Sakaguchi R. Radicular temperatures associated with thermoplasticized gutta-percha. *J Endod* 2001; 27: 512-5.
60. Jurcak JJ, Weller RN, Kulild JC, Donley DL. In vitro intracanal temperatures produced during warm lateral condensation of gutta-percha. *J Endod* 1992; 18:1-3.
61. De Almeida WA, Leonardo MR, Tanomaru Filho M, Silva LA. Evaluation of apical sealing of three endodontic sealers. *Int Endod J* 2000; 33:25-7.
62. Haikel Y, Wittemmeyer W, Bateman G, Abdeslam B, Allemann C. A new method for the quantitative analysis of endodontic microleakage. *J Endod* 1999; 25:172-7.
63. Tagger M, Greenberg B, Sela G. Interaction between sealers and gutta-percha cones. *J Endod* 2003; 29:835-7.