

Manuele Mancini<sup>1</sup>  
Luigi Cianconi<sup>2</sup>  
Emiliano Armellini<sup>2</sup>  
Adriano Casaglia<sup>3</sup>

Università degli Studi di Roma "Tor Vergata"  
Facoltà di Medicina e Chirurgia  
Corso di Laurea Specialistica  
in Odontoiatria e Protesi Dentaria  
<sup>1</sup> Cattedra di Odontoiatria Conservatrice  
Reparto di Conservativa Estetica  
Responsabile: Prof. Francesco Mangani  
<sup>2</sup> Cattedra di Odontoiatria Conservatrice  
Reparto di Conservativa ed Endodonzia  
Responsabile: Prof. Vincenzo Campanella  
<sup>3</sup> Cattedra di Materiali Dentali  
Titolare: Prof. Saverio Giovanni Condò

Corrispondenza:  
Dott. Manuele Mancini  
Via Luigi Luciani, 22  
00197 Roma  
Tel.: +39 06 32 24 059  
E-mail: manuele.mancini@tiscali.it

Pervenuto in Redazione il 4 giugno 2007  
Accettato per la pubblicazione il 30 luglio 2007

# Valutazione microstrutturale al SEM di pervietà ed erosione della dentina endodontica a livello del terzo apicale, dopo pretrattamento con cinque soluzioni irriganti. Studio *in vitro*

SEM analysis of dentin cleanliness and erosion at the apical third level, after treatment with five irrigating solutions. An *in vitro* study

## RIASSUNTO

**Scopo:** la detersione e la sagomatura del sistema dei canali radicolari sono considerati due passaggi fondamentali per il successo di un trattamento endodontico. Il trattamento acido dello spazio endodontico, prima del sigillo tridimensionale, permette e facilita il raggiungimento di terapie durature e predicibili. Per questi motivi, lo scopo di questo lavoro è stato quello di valutare con l'ausilio della microscopia elettronica a scansione, l'azione di cinque soluzioni irriganti a livello del terzo apicale della dentina radicolare, valutando l'efficacia sulla rimozione dello *smear layer* ed il grado di erosione mostrato.

**Metodologia:** per questo studio *in vitro* sono state utilizzate cinque soluzioni acide: l'acido ortofosforico al 37%, l'acido nitrico al 12%, l'acido citrico al 42%, l'acido etilendiammintetracetico (EDTA) al 17% e l'MTAD, quest'ultimo composto da un detergente, un antibiotico e l'acido citrico.

Le soluzioni irriganti sono state applicate per tre diversi tempi: uno, tre e cinque minuti. I campioni sono stati tutti valutati secondo dei valori prestabiliti sia per la presenza/assenza di fango dentinale che per il grado d'erosione. I valori sono stati analizzati con il Mann-Whitney test.

**Risultati:** sono state riscontrate differenze statisticamente significative tra i campioni di controllo ed i campioni trattati con l'acido ortofosforico al 37%,

l'acido nitrico al 12% e l'MTAD, sia per i valori di detersione che per quelli dell'erosione. Di contro i campioni trattati con l'acido citrico al 42% e l'EDTA al 17% non hanno mostrato differenze statisticamente significative con il campione di controllo.

**Conclusioni:** le soluzioni testate hanno mostrato rimozione dello *smear layer* solo quando applicate per cinque minuti, mentre sia l'acido citrico al 42% che l'EDTA al 17% non hanno mostrato di essere efficaci quando applicati come soluzioni pretrattanti prima della fase di sigillatura tridimensionale del sistema endodontico.

**Parole chiave:**

Detersione canalare, irriganti, fango dentinale.

## ABSTRACT

**Aim:** proper cleaning and shaping procedures are fundamental steps for a valid endodontic treatment. The acid etching procedure, before the root canal obturation, can improve quality of treatment. Aim of the present study was to perform a SEM study to evaluate how five different irrigating solution can improve smear layer removal in the apical third with minimal erosion of the dental walls.

**Methodology:** For this *in vitro* study five irrigants were selected: 37% orthophosphoric acid, 12% nitric acid, 42% citric acid,

17% EDTA and MTAD, a specific irrigating solution with citric acid, an antibiotic and surfactant agent. Irrigants were left in the prepared canals of extracted teeth for 1, 3 and 5 minutes. Specimens were then processed for SEM evaluation and smear layer removal and erosion were assessed with specific scores. Data were collected and statistically analyzed with Mann-Whitney test.

**Results:** Statistically significant differences for both smear layer removal and erosion were found in specimens irrigated with 37% orthophosphoric acid, 12% nitric acid, and MTAD, while the other irrigants showed no differences when compared to the control group.

**Conclusions:** irrigating solutions provided statistically significant results when compared with controls only after 5 minutes of contact within the endodontic space, with the exception of 17% EDTA and 42% citric acid which did not show any significant improvement in the smear layer removal under the experimental conditions of the present study.

**Key words:**

Canal debridement, irrigants, smear layer.

## INTRODUZIONE

È stato dimostrato da numerosi Autori, che durante la fase di sagomatura del sistema canalare viene prodotta una sostanza definita fango dentinale (o *smear*

layer per gli Autori anglosassoni), composta dai residui inorganici dentali e dai residui biologici derivati dal complesso pulpo-dentale. Lo spessore di questo strato di detriti che si posiziona sulle pareti endocanalari varia essenzialmente in base al tipo di strumento utilizzato nella fase di sagomatura (1).

Molto si è discusso sulla necessità di rimuovere o meno questo fango dentinale dalle pareti canalari. Mantenerlo intatto è stato suggerito quale soluzione per ridurre la permeabilità dentinale e prevenire una eventuale penetrazione batterica all'interno dei tubuli dentinali (2,3). Altri Autori asseriscono invece che lo *smear layer* stesso contenga batteri e materiale da essi derivato, e che quindi la sua composizione ne impedisce la penetrazione delle sostanze medicamentose all'interno dello spazio intratubulare (4-6). Per tutte queste motivazioni dimostrate negli anni in numerosi lavori scientifici il fango dentinale andrebbe rimosso. Noi avvaloriamo questa ultima ipotesi, in quanto riteniamo che ottenere una accurata rimozione dei batteri e delle loro tossine sia il segreto per evitare di incorrere in insuccessi a lungo termine.

Sono state sperimentate ad oggi numerose soluzioni che hanno come ultimo fine la rimozione dello *smear layer*, ma nessuna di esse è stata efficace quando paragonata al *gold standard* rappresentato dall'unione di ipoclorito di sodio al 5% ed EDTA al 17% (7).

Lasciando da parte per un attimo le soluzioni irriganti, ci vogliamo soffermare su ulteriori parametri che influenzano la produzione e la conseguente eliminazione dello *smear layer*. Sono stati infatti introdotti numerosi moderni strumenti che hanno l'intento di voler migliorare le preparazioni biomeccaniche dell'endodonto utilizzando la lega al nichel-titanio (Ni-Ti) ed utilizzando una tecnica di preparazione *crown-down*. Gli strumenti rotanti possono essere scelti sulla base di molteplici parametri che possono modificare in maniera anche sostanziale la produzione e la distribuzione dei detriti. Rientrano tra queste caratteristiche la lunghezza della superficie lavorante, il diametro della sezione trasversale, la conicità e l'angolo di taglio dello strumento meccanico preso in esame (8). Uno strato di fan-

go dentinale più spesso ed omogeneo che si ottiene con uno strumento con angolo di taglio passivo richiederà ovviamente un'azione più aggressiva e duratura delle soluzioni irriganti rispetto all'azione richiesta nel caso venisse utilizzato uno strumento più aggressivo nei confronti della dentina radicolare (9, 10).

Un ulteriore parametro da prendere in considerazione è la distanza a cui l'irrigante è somministrato all'interno del canale radicolare. Infatti, è stato dimostrato che la profondità di irrigazione ed il tipo di ago utilizzato sono due variabili che modificano l'efficacia dell'irrigazione lungo il sistema endodontico (11), soprattutto a livello del terzo apicale, dove, oltre alla complessità anatomica presente, la strumentazione meccanica lascia le pareti endodontiche coperte da fango dentinale (12, 13).

Abbiamo voluto prendere in considerazione anche i suddetti parametri poiché riteniamo che siano alla base del successo clinico e che quindi siano il fondamento su cui impostare un lavoro *in vitro* che si avvicini il più possibile ad uno *in vivo*.

Come già enunciato, sono molti gli studi che hanno analizzato la rimozione dello *smear layer* con differenti soluzioni (6, 7), ma ad oggi, non ne esistono che confrontino sostanze anche molto differenti tra loro. Difatti, l'acido ortofosforico al 37% ed il nitrico al 12%, spesso utilizzati solo per le tecniche adesive conservative, nonché l'MTAD, che rappresenta una tra le avanguardie in tema di irrigazione, sono state messe a confronto con soluzioni quali l'ipoclorito di sodio, l'EDTA e l'acido citrico, sostanze che sono state da sempre utilizzate per l'irrigazione endodontica.

Gli acidi sono stati analizzati a livello della parte anatomicamente più difficile da detergere e sagomare e, conseguentemente, sigillare. A livello del terzo apicale, infatti, troviamo condizioni che rendono il lavoro alquanto complesso: queste strutture sono gli istmi, i canali laterali, i *cul de sac* che sono spesso raggiungibili solo dalle soluzioni irriganti (14).

Lo scopo del presente lavoro, quindi, è stato quello di analizzare e confrontare le cinque soluzioni irriganti sopraelencate a livello del terzo apicale dopo aver-

le utilizzate per uno, tre e cinque minuti. L'analisi statistica è stata possibile grazie alle immagini ottenute con l'ausilio della microscopia elettronica a scansione.

## MATERIALI E METODI

### Detersione e sagomatura

Per questo studio sono stati selezionati novantasei canali radicolari (sei per ogni gruppo) appartenenti ad elementi dentali estratti per patologie parodontali non trattabili, e privi di pregresse terapie conservative, endodontiche o protesiche. L'apertura della camera pulpare è stata eseguita con apposito kit di frese (Endoaccess Buchanan, Analytic, USA). Lo studio dell'anatomia radicolare endodontica è stata effettuata con strumenti manuali tipo K-File (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Svizzera) numero .06, .08, .10, .15 fino al raggiungimento, previa visualizzazione diretta, dell'apice anatomico. La lunghezza di lavoro è stata valutata sottraendo 0,5 mm dal sondaggio manuale visivo effettuato a livello dell'apice anatomico.

Gli apici sono stati sigillati con cera, prima di procedere alla sagomatura canalare, al fine di riprodurre condizioni cliniche similari: gradiente pressorio delle strutture parodontali ed estrusione delle soluzioni irriganti nei tessuti periapicali. La sagomatura dei canali radicolari è stata effettuata secondo una metodica *crown-down* e mediante l'utilizzo di strumenti meccanici in Ni-Ti montati su manipolo riduttore 16:1, i cui parametri di torque e velocità sono stati controllati da un processore elettronico installato sul motore endodontico Tecnica ATR®. La sistematica utilizzata fa riferimento alla tecnica di *shaping* endodontico proposta e codificata dal Dr. S. Buchanan che utilizza una serie di strumenti in Nichel – Titanio (System GT®, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Svizzera), di cui sono stati utilizzati i quattro strumenti della serie blu corrispondente ad una sezione in D<sub>0</sub> di .30 mm ma dotati di conicità differenziata .10, .08, .06, .04.

Prima di accedere al canale radicolare, tutti gli strumenti sono stati cosparsi di

un gel a base di EDTA e perossido di carbammide (Glyde, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Svizzera). Ad ogni cambio di conicità è stato eseguito un lavaggio con 2 ml di NaOCl stabilizzato al 5% alla temperatura di 37°C, veicolato da uno speciale ago endodontico al Nichel – Titanio (Stropko Ni-Ti Flexi – Tips) posizionato ad una distanza compresa tra 1 e 2 mm dalla lunghezza di lavoro predeterminata per ciascun campione. Simultaneamente all'irrigazione è stata eseguita la pervietà canalare e apicale con uno strumento manuale tipo K-File numero .10. Gli strumenti sono stati sostituiti con dei nuovi per ogni canale strumentato. Si è utilizzata la combinazione NaOCl – EDTA veicolata in perossido di carbammide quale soluzione irrigante durante la fase di alesatura canalare poiché è stata dimostrata essere dagli studi comparsi in letteratura, l'unica in grado di rimuovere efficacemente lo *smear – layer* (15-17). Terminata la fase di detersione e “*shaping*”, i canali sono stati asciugati con coni di carta sterili di diametro .025 mm e conicità .06.

### Applicazione delle soluzioni irriganti

Terminata la fase di asciugatura, i campioni sono stati scelti con modalità random e quindi sono state applicate le soluzioni pretrattanti, da un unico operatore, standardizzando la metodica. In seguito, i campioni sono stati denominati secondo un codice specifico di riscontro in base alla soluzione applicata. Le soluzioni pretrattanti utilizzate sono state l'acido ortofosforico al 37%, l'acido nitrico al 12%, l'acido citrico al 42%, l'EDTA al 17% e l'MTAD. Gli irriganti sono stati introdotti all'interno dei canali utilizzando un ago al Nichel – Titanio (Stropko Ni-Ti Flexi – Tips). Ciascuna soluzione irrigante è stata lasciata agire per tre differenti tempi: 1, 3 e 5 minuti (Tab. 1). Al termine dell'applicazione degli irriganti non è stato eseguito alcun ulteriore lavaggio con altre soluzioni, per garantire una condizione il più possibile simile alla clinica.

### Preparazione per l'analisi al SEM

La preparazione delle sezioni per finalizzare l'analisi al microscopio elettronico

<b>Gruppo A</b>	Campioni trattati per 1' con acido ortofosforico al 37%
<b>Gruppo B</b>	Campioni trattati per 3' con acido ortofosforico al 37%
<b>Gruppo C</b>	Campioni trattati per 5' con acido ortofosforico al 37%
<b>Gruppo D</b>	Campioni trattati per 1' con acido nitrico al 12%
<b>Gruppo E</b>	Campioni trattati per 3' con acido nitrico al 12%
<b>Gruppo F</b>	Campioni trattati per 5' con acido nitrico al 12%
<b>Gruppo G</b>	Campioni trattati per 1' con acido citrico al 42%
<b>Gruppo H</b>	Campioni trattati per 3' con acido citrico al 42%
<b>Gruppo I</b>	Campioni trattati per 5' con acido citrico al 42%
<b>Gruppo L</b>	Campioni trattati per 1' con EDTA al 17%
<b>Gruppo M</b>	Campioni trattati per 3' con EDTA al 17%
<b>Gruppo N</b>	Campioni trattati per 5' con EDTA al 17%
<b>Gruppo O</b>	Campioni trattati per 1' con MTAD
<b>Gruppo P</b>	Campioni trattati per 3' con MTAD
<b>Gruppo Q</b>	Campioni trattati per 5' con MTAD
<b>Gruppo CTR</b>	Campioni non pretrattati

Tab. 1 - Elenco dei gruppi sottoposti allo studio.

co a scansione (SEM), è stata eseguita mediante una tecnica non invasiva messa a punto dal nostro gruppo di ricerca e già descritta in precedenza (18), basata sulla graduale asportazione meccanica a freddo delle sezioni di dentina. I campioni così preparati, sono stati sottoposti al processo di disidratazione con soluzioni a concentrazioni crescenti di etanolo e successivamente sottoposti al processo di metallizzazione per 3', utilizzando l'apparecchio dedicato (Bio-rad SEM coating system, Microscience Division). Solo alla fine del processo di metallizzazione è stato possibile osservare i campioni al SEM (Digital scanning microscope, DSM 950, Zeiss). Ciascun campione è stato osservato in tutta la sua estensione a diversi ingrandimenti, da 100x a 10.000x.

I campioni utilizzati come controllo, in cui non sono state applicate soluzioni irriganti, sono stati preparati per l'analisi al SEM, secondo il protocollo sopra descritto, immediatamente dopo la fase di detersione, sagomatura ed asciugatura con coni di carta sterili.

### Analisi delle immagini

I due parametri presi in considerazione per questo studio, sono stati il grado di pervietà intra- e peritubulare ed il grado di erosione delle pareti radicolari derivante dall'azione degli acidi utilizzati durante il pretrattamento, indici scelti perché in grado di rappresentare schematicamente ed in modo riproducibile la microstruttura della dentina radicolare.

Per standardizzare la ricerca si è scelto un ingrandimento di riferimento uguale per ciascun campione (2000x). Successivamente è stata ideata una maschera che ha suddiviso in sedici riquadri le immagini e ci ha permesso di assegnare i diversi indici, sia per la pervietà che per l'erosione in maniera riproducibile. Per la descrizione del grado di pervietà ed erosione ci siamo serviti dei valori descritti nelle Tabelle 2 e 3, codificati da Torabinejad et al. (19).

L'attribuzione dei risultati è stata eseguita con la metodica del doppio cieco. I valori di pervietà ed erosione ottenuti dall'analisi dei campioni osservati al SEM, sono stati poi statisticamente analizzati secondo la metodica del Mann-Whitney test.

## RISULTATI

Una valutazione random sul terzo coronale e medio dei canali è stata effettuata con tutte le soluzioni pretrattanti, nonostante non fosse lo scopo del presente lavoro. In accordo con la letteratura è stata evidenziata un'elevata efficacia nella rimozione del fango dentinale in queste aree dopo l'utilizzo di ipoclorito di sodio al 5% ed EDTA più perossido di carbammide alternati, durante la strumentazione (Fig. 1). Tutte le soluzioni pretrattanti hanno mostrato risultati buoni ma simili in ter-

Pervietà Valore	Significato	Riscontro visivo
0	Detersione totale	Assenza di <i>smear layer</i> sulle pareti radicolari, con tubuli pervi e puliti
1	Detersione parziale	Assenza di <i>smear layer</i> sulle pareti radicolari, con tubuli contenenti detriti
2	Detersione assente	Presenza di <i>smear layer</i> sulle pareti radicolari, con tubuli ostruiti

Tab. 2 - Criteri utilizzati per l'analisi della detersione dei campioni.

Erosione Valore	Significato	Riscontro visivo
0	Erosione assente	Tutti i tubuli appaiono normoconformati
1	Erosione moderata	La dentina peritubulare risulta erosa
2	Erosione severa	La struttura della dentina intertubulare appare compromessa

Tab. 3 - Criteri utilizzati per l'analisi del grado di erosione dei campioni.

mini di pervietà. La valutazione dei campioni trattati con acido ortofosforico al 37% per 1' (gruppo A), ha evidenziato abbondante presenza di *smear layer* e *smear plugs* in tutta la zona del terzo apicale; non è stata osservata erosione in alcun campione del gruppo. La pervietà dei sei canali trattati con acido ortofosforico a 3' (gruppo B) si dif-

ferenza da quella dei sei canali trattati a 5' (gruppo C); tutti i campioni del gruppo C hanno raggiunto un grado di detersione quasi parziale, con immagini nelle quali la dentina risulta parzialmente tersa, sebbene all'interno i tubuli risultino ancora ostruiti da detriti e fango dentinale. I campioni del gruppo B si sono invece attestati su un va-

lore intermedio tra detersione assente e detersione parziale. A fronte di un'insufficiente capacità di detersione delle pareti canalari del terzo apicale, è stato possibile osservare un leggero grado di erosione nei campioni del gruppo B, che diventa erosione moderata in tutti i campioni del gruppo C (Fig. 2). I campioni trattati con acido nitrico al 12% per 1' come soluzione pretrattante (gruppo D) hanno mostrato massiccia presenza di residui dentinali nel terzo apicale, con risultati simili a quelli mostrati dal gruppo controllo. Un campione su sei di questo gruppo ha minori detriti disseminati, mentre tutti i canali trattati presentano un grado di erosione molto leggero, vicino al valore 0. I valori che abbiamo rilevato nei canali trattati con acido nitrico per 3' (gruppo E) si discostano da quelli del gruppo precedente: tuttavia il grado di pervietà raggiunto dal pretrattamento acido è modesto, con abbondante *smear layer*; diventa poco più evidente il grado di erosione della dentina peritubulare in alcune zone rispetto ai canali del gruppo D. Prolungare ulteriormente il tempo di azione dell'acido nitrico, portandolo a 5' (gruppo F), non comporta una riduzione della presenza dei detriti che ricoprono i tubuli dentinali del canale radicolare (Fig. 3), né un aumento del grado di erosione. Due campioni su sei del gruppo F hanno evidenziato risultati migliori ma sempre senza raggiungere neanche il grado di pervietà parziale (valore 1). I campioni trattati con acido citrico al 42% per 1' (gruppo G) hanno mostrato un grado di detersione assente, assolutamente sovrapponibile a quello mostrato dai campioni di controllo. Anche la pervietà dei sei canali trattati con acido citrico a 3' (gruppo H) non si discosta da quella del gruppo precedente, con tubuli ostruiti e ricoperti da un abbondante strato di *smear layer*; soltanto due campioni su sei, tra quelli trattati con acido citrico al 42% per 5' (gruppo I), hanno raggiunto un grado di detersione appena sensibile, mentre tutti gli altri non si sono discostati dai risultati precedenti (Fig. 4). Come conseguenza di una capacità di detersione delle pareti canalari del terzo apicale praticamente nulla, è stato possibile os-

Gruppo	Pervietà media	Erosione media
A	1.71	0
B	1.56	0.63
C	1.53	1
D	1.69	0.19
E	1.66	0.31
F	1.53	0.28
G	2.00	0
H	1.94	0
I	1.84	0
L	1.94	0
M	1.94	0
N	1.63	0
O	1.61	0.14
P	1.34	0.23
Q	1.16	0.66
CTR	2	0

Tab. 4 - Valori medi della detersione e del grado di erosione dei campioni.



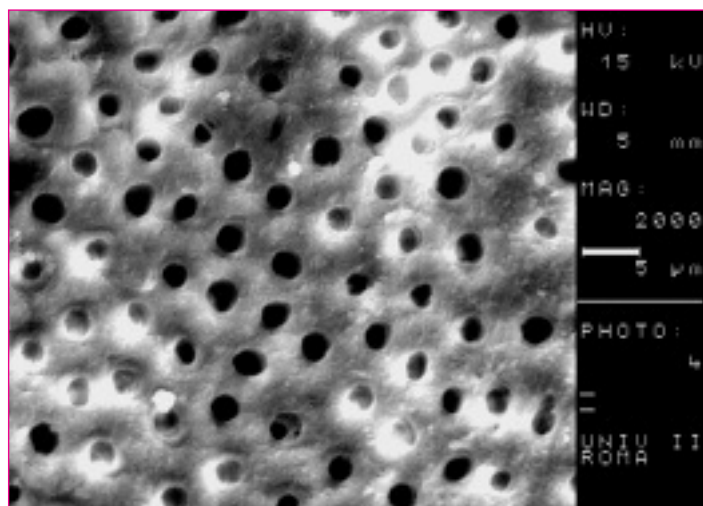


Fig. 1 - Campione di controllo terzo medio 2000x.

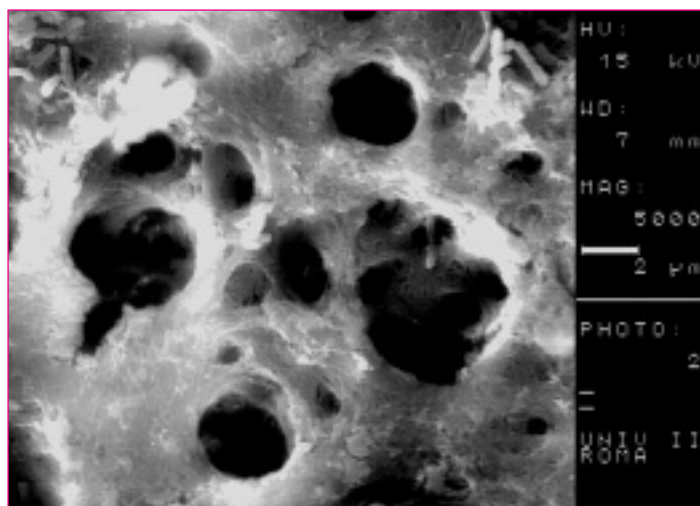


Fig. 2 - Acido ortofosforico al 37% terzo apicale 5' 5000x.

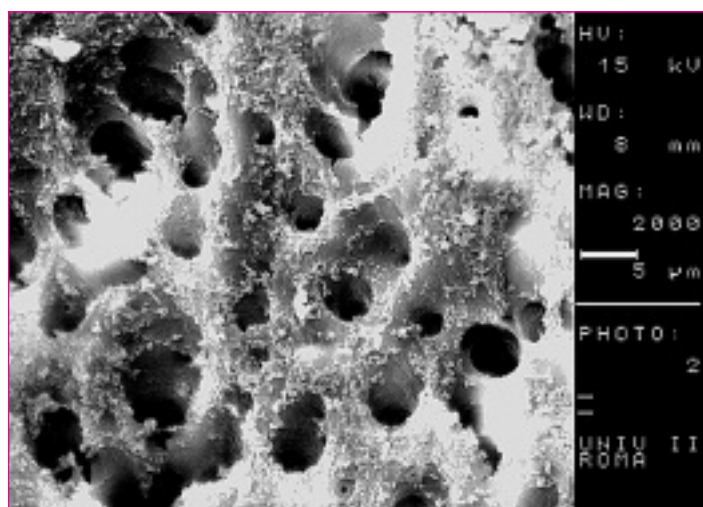


Fig. 3 - Acido nitrico al 12% terzo apicale 5' 2000x.

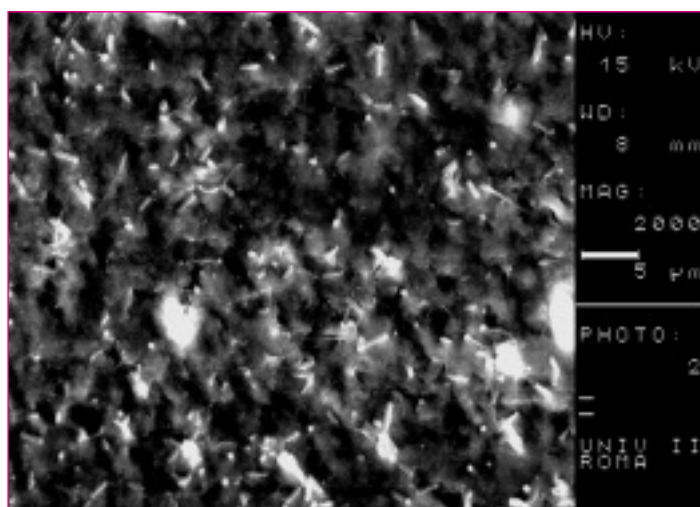


Fig. 4 - Acido citrico al 42% terzo apicale 5' 2000x.

servare una corrispondente assenza di qualsiasi grado di erosione nei campioni di tutti i gruppi descritti.

I campioni trattati con acido etilendiaminotetracetico (EDTA) al 17% per 1' (gruppo L) e 3' (gruppo M) hanno mostrato massiccia presenza di fango dentinale nel terzo apicale, con risultati simili a quelli mostrati dal gruppo di controllo e dai campioni dei gruppi G e H. Soltanto il gruppo di campioni trattati per 5' con EDTA al 17% (gruppo N), ha evidenziato una riduzione della presenza dei detriti che ricoprono i tubuli dentinali del terzo apicale del canale radicolare, con un valore di pervietà che arriva quasi a metà tra detersione assente e detersione parziale (Fig. 5).

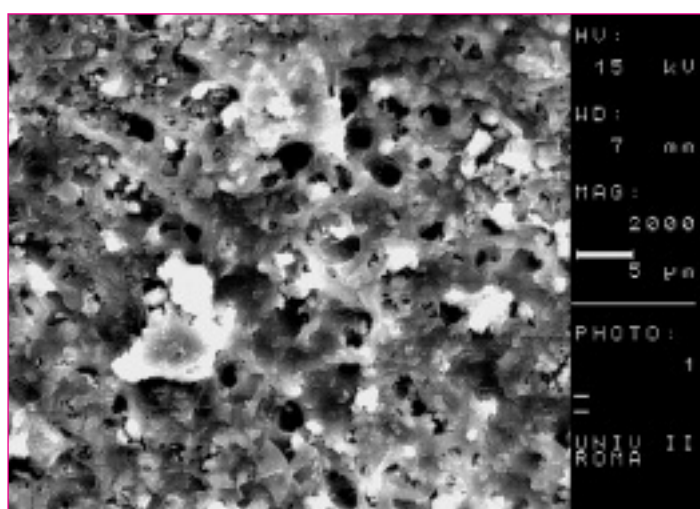


Fig. 5 - EDTA al 17% terzo apicale 5' 2000x.

Anche per i tre gruppi trattati con EDTA (L, M e N) il grado di erosione è stato assente, come logica conseguenza del totalmente assente o scarso grado di detersione raggiunto.

I campioni trattati con MTAD per 1' (O) non hanno evidenziato altro che poche aree con riduzione di detriti, mentre quelli trattati con la stessa soluzione per 3' (P) hanno ottenuto risultati leggermente migliori, avvicinandosi al valore di detersione parziale. Aumentando il tempo di azione dell'MTAD, portandolo quindi a 5' (Q), si riduce la presenza di detriti, con una superficie dentinale spesso detersa ma con gli orifici tubulari ancora ostruiti dal fango dentinale.

Il grado di erosione mostrato dai gruppi O e P è trascurabile, mentre si attesta su valori moderati nel gruppo Q.

I canali dei campioni del gruppo di controllo, come già detto, hanno subito la stessa preparazione standardizzata dei gruppi che sono stati pretrattati con le soluzioni acide ma senza il pretrattamento finale. È stata evidenziata l'insufficienza dell'effetto dei lavaggi con NaOCl al 5% alternati all'uso di un gel a base di EDTA e perossido di carbamide nella rimozione dello *smear layer* e degli *smear plugs* del terzo apicale, diversamente dai risultati ottenuti a livello del terzo coronale e del terzo medio del canale. In conseguenza allo strato di *smear layer* che ricopre interamente le superfici dei canali di controllo, questi campioni non presentano alcun grado di erosione.

**Analisi statistica**

La Tabella 4 mostra i dati da cui si sono estrapolati i risultati che hanno permesso il confronto tra i diversi gruppi presi in esame.

La Tabella 5 mostra i risultati del confronto eseguito tra i gruppi presi in esame nel presente lavoro, in base al grado di pervietà.

I valori di significatività del confronto tra i sedici gruppi (quindici gruppi più il gruppo di controllo) si è attestato su un range di valori compresi tra  $p<0,05$  e  $p<0,0001$ .

Per i valori di pervietà molti gruppi non hanno mostrato differenze statisticamente significative ( $p>0,05$ ) con il controllo (tutti i gruppi trattati con acido citrico al 42% G, H, I, il gruppo D, acido nitrico 1' e tutti i gruppi trattati con EDTA al 17%, ad esclusione del gruppo N, EDTA 5').

Il gruppo trattato con acido ortofosforico applicato per 1' ha mostrato differenze con il gruppo di campioni trattati con acido nitrico per lo stesso tempo ( $p<0,05$ ). Si è dimostrato diverso dal controllo per un livello di significatività pari a  $p<0,005$ . Stesse differenze statistiche si sono riscontrate con l'acido nitrico a 3' con l'unica differenza che questo ha mostrato differenza pari a  $p<0,05$  con il gruppo di campioni trattati con acido nitrico per 5'.

L'acido ortofosforico applicato per 3' si è discostato per un valore di significatività pari a  $p<0,005$  con il gruppo di acido nitrico applicato per 1', e per  $p<0,0005$  con il gruppo di controllo. L'acido ortofosforico e l'MTAD a 5' hanno mostrato la più alta differenza statistica con il gruppo di controllo, pari a  $p<0,0001$ .

Il gruppo N si è discostato per un valore di significatività pari a  $p<0,005$  dal gruppo G (acido citrico 1'), che ha mostrato infatti, come già detto, risultati esattamente sovrapponibili al gruppo di controllo. Il gruppo N, EDTA applicato per 5', ha inoltre mostrato una migliore detersione rispetto al gruppo H (acido citrico 3'), al gruppo L (EDTA 1') ed al gruppo M (EDTA 3') con una significatività pari a  $p<0,05$ .

La Tabella 6 mostra, invece, i risultati

F	vs	CTR	$p<0,05$
D	vs	A	$p<0,05$
D	vs	E	$p<0,05$
F	vs	C	$p<0,05$
N	vs	H	$p<0,05$
N	vs	L	$p<0,05$
N	vs	M	$p<0,05$
Q	vs	O	$p<0,05$
A	vs	CTR	$p<0,0005$
E	vs	CTR	$p<0,005$
D	vs	B	$p<0,005$
N	vs	G	$p<0,005$
N	vs	CTR	$p<0,005$
B	vs	CTR	$p<0,0005$
P	vs	CTR	$p<0,0005$
C	vs	CTR	$p<0,0001$
Q	vs	CTR	$p<0,0001$

Tab. 5 - Analisi statistica dei valori di pervietà.

E	vs	A	$p<0,02$
E	vs	CTR	$p<0,02$
C	vs	F	$p<0,005$
B	vs	A	$p<0,001$
B	vs	CTR	$p<0,001$
F	vs	A	$p<0,001$
F	vs	CTR	$p<0,001$
Q	vs	O	$p<0,001$
Q	vs	CTR	$p<0,0005$
C	vs	CTR	$p<0,0001$

Tab. 6 - Analisi statistica del grado di erosione.

inerenti il grado di erosione dei campioni presi in esame.

Per i valori di erosione il range utilizzato è compreso tra  $p<0,02$ , e  $p<0,0001$ .

Anche per i valori di erosione i gruppi che non hanno mostrato differenze statisticamente significative quando confrontati con gli altri sono stati quelli trattati con acido citrico al 42% per qualsiasi tempo (G, H, I), quelli trattati con acido nitrico per 1' (D), ed i gruppi trattati con EDTA al 17% (L, M, N).

L'acido ortofosforico a 1' ed il gruppo di controllo hanno mostrato una differenza significativa pari a  $p<0,02$  rispetto all'acido nitrico a 3', e pari a  $p<0,001$  rispetto all'acido ortofosforico a 3' e l'acido nitrico a 5'.

Il gruppo di controllo è poi risultato essere diverso dal gruppo dell'acido ortofosforico a 5' per un valore di  $p<0,0001$ . Infine, i gruppi che sono stati trattati con gli acidi inorganici per 5' minuti (gruppi C e F) sono risultati diversi tra loro per un valore pari a  $p<0,005$ .

L'MTAD a 5' si è dimostrato più erosivo in modo significativo rispetto alla stessa soluzione utilizzata per 1' ( $p<0,001$ ) e, soprattutto, rispetto al controllo ( $p<0,0005$ ).

## DISCUSSIONE

Come abbiamo potuto osservare in questo lavoro, l'irrigante canalare ideale e rispondente a tutti i requisiti richiesti non è attualmente disponibile. Molte sono le soluzioni utilizzate e tutte presentano dei limiti; alcune agiscono energicamente dissolvendo la matrice organica ma, di contro, hanno un'effi-

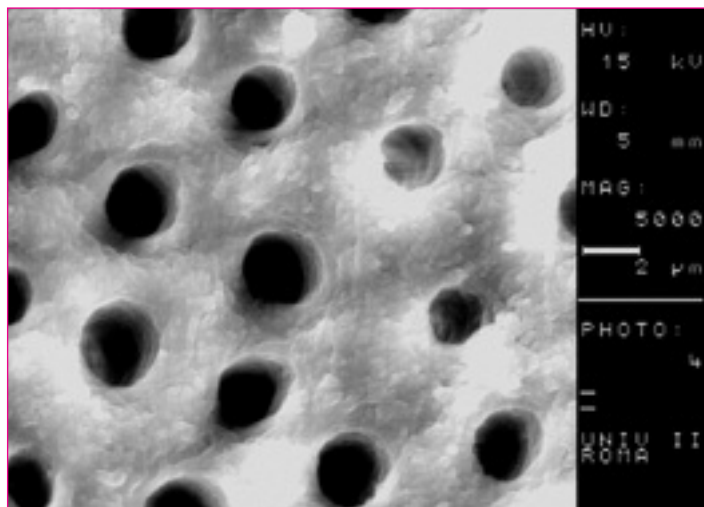


Fig. 6 - Acido ortofosforico al 37% terzo medio 5000x.

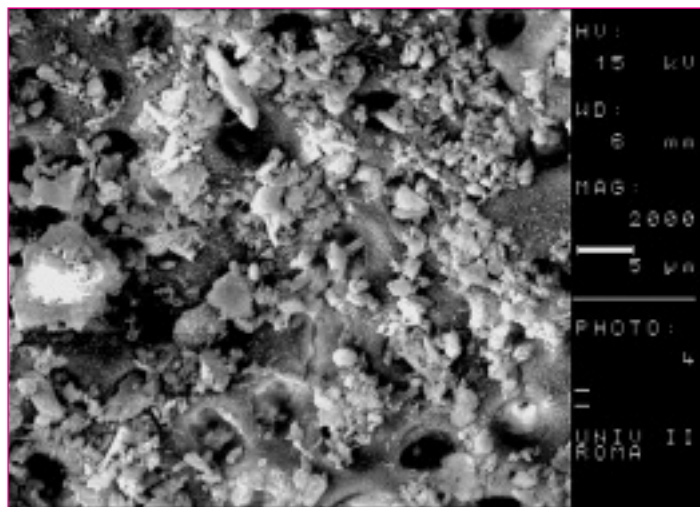


Fig. 7 - MTAD terzo apicale 5' 2000x.

cacia pressoché nulla nei confronti di quella inorganica (20).

La soluzione irrigante oggi più utilizzata e che risponde più delle altre ai requisiti richiesti, è l'ipoclorito di sodio, anche se permane una certa discordanza sulla sua diluizione e sulla temperatura di utilizzo.

Le soluzioni pretrattanti a base di acidi inorganici prese in esame nel presente lavoro non hanno sortito esiti confortanti; infatti, sia l'acido ortofosforico che l'acido nitrico, se a livello del terzo medio radicolare determinano una buona detersione, come del resto ampiamente confermato in bibliografia (21), non raggiungono invece gli stessi risultati laddove sarebbe più auspicabile, a livello cioè del terzo apicale. Sempre a livello del terzo medio e coronale, è bene osservare come i nostri campioni abbiano ottenuto risultati sovrapponibili a quelli che si riscontrano in letteratura, mostrando anche come la nostra tecnica di preparazione dei campioni sia adatta a questo tipo di studio (Fig. 6).

Nei pressi dell'apice, si notano residui di strumentazione che occludono parzialmente o totalmente i tubuli, concrezioni di varia forma e dimensione, presumibilmente associabili a precipitazioni saline, microrganismi batterici di varie tipologie (22) (Fig. 7).

Considerando che questo è uno studio

*in vitro*, quindi effettuato in condizioni ideali di lavoro, ci si domanda cosa possa succedere clinicamente quando le condizioni operative sono il più delle volte non così agevoli.

L'apice del dente rappresenta la porta di accesso e di uscita di possibili contaminazioni ed è sede, inoltre, della maggior parte dei canali laterali e accessori, senza considerare le variabilità anatomiche che può presentare. La detersione e la sigillatura di questo spazio rappresentano i punti cardine di una corretta terapia canalare; dovremmo essere certi di raggiungere questo risultato per non incorrere in recidive frustranti.

Secondo i risultati del nostro studio *in vitro*, l'acido ortofosforico lascia a diversi tempi di applicazione una superficie radicolare non priva di residui; l'analisi statistica fa rilevare l'assenza di significative differenze, nell'ottenimento della pervietà, fra il trattamento ad 1' e il controllo, mentre la significatività raggiunge valori degni di nota dopo trattamento per 3' e 5'. Anche l'erosione ha dimostrato una differenza statisticamente significativa fra i gruppi trattati per 3' e 5' rispetto al gruppo di controllo (rispettivamente,  $p < 0,001$  e  $p < 0,0001$ ).

Per ciò che riguarda l'acido nitrico è interessante analizzare la sua azione nei confronti dello *smear-layer* che sembra sfaldato e privato esclusivamente della

sua parte inorganica. La sua predilezione per questa componente sembra confermata dal totale sovvertimento erosivo della dentina intertubulare nei rari casi in cui essa viene raggiunta per la mancata asportazione dello *smear-layer* sovrastante. Ma l'azione dell'acido nitrico denota intensa attività solo quando il tempo di applicazione è maggiore di 1', visto che per un intervallo di tempo così breve non si raggiungono risultati statisticamente significativi in merito alla pervietà.

## CONCLUSIONI

Lo studio proposto mostra come la percentuale di canali che risponde ai requisiti desiderati sia vicina allo zero, ma tuttavia non è questa la caratteristica che determina l'insuccesso delle terapie endodontiche.

È lecito domandarsi se i fattori determinanti per il raggiungimento di risultati duraturi e predicibili dei trattamenti endodontici siano correlati con l'abbattimento della carica batterica, a parità di strumentazione, irrigazione, pretrattamento e chiusura tridimensionale tanto enfatizzate.



## BIBLIOGRAFIA

1. Foschi F, Nucci C, Montebugnoli L, Marchionni S, Breschi L, Malagnino VA. SEM evaluation of canal wall dentine following use of Mtwo and ProTaper NiTi rotary instruments. *Int Endod J* 2004;37:832-39.
2. Perez F, Calas P, Rochd T. Effect of dentin treatment on *in vitro* root tubule bacterial invasion. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1996;82:446-51.
3. Drake DR, Wiemann AH, Rivera EM, Walton RE. Bacterial retention in canal walls *in vitro*: effect of smear layer. *J Endod* 1994;20:78-82.
4. Kokkas AB, Boutsoukis AC, Vassiliadis LP, Stavrianos CK. The influence of smear layer on dentinal tubule penetration depth by three different root canal sealers: an *in vitro* study. *J Endod* 2004;30:100-2.
5. Engel GT, Goodell GG, McClanahan SB. Sealer penetration and apical microleakage in smear - free dentin after a final rinse with either 70% isopropyl alcohol or Peridex. *J Endod* 2005;31:620-3.
6. Sen BE, Wesselink PR, Turkun M. The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. *Int Endod J* 1995;28:141-48.
7. Berutti E, Marini R. A scanning electron microscopic evaluation of the debridement capability of sodium hypochlorite at different temperatures. *J Endod* 1996;22:467-70.
8. Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Wevers M, Lambrechts P. Mechanical root canal preparation with Ni-Ti rotary instruments: rationale, performance and safety. Status report for the American Journal of Dentistry. *Am J Dent* 2001;14:324-33.
9. Falk KW, Sedgley CM. The influence of preparation size on the mechanical efficacy of root canal irrigation *in vitro*. *J Endod* 2005;31:742-5.
10. Schirrmeister JF, Strohl C, Altenburger MJ, Wrbas KT, Hellwig E. Shaping ability and safety of five different rotary nickel-titanium instruments compared with stainless steel hand instrumentation in simulated curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006;101:807-13.
11. Sedgley CM, Nagel AC, Hall D, Applegate B. Influence of irrigant needle depth in removing bioluminescent bacteria inoculated into instrumented root canals using real-time imaging *in vitro*. *Int Endod J* 2005;38:97-104.
12. Gambarini G, Laszkiewicz J. A scanning electron microscopic study of debris and smear layer remaining following use of GT rotary instruments. *Int Endod J* 2002;35:422-7.
13. Prati C, Foschi F, Nucci C, Montebugnoli L, Marchionni S. Appearance of the root canal walls after preparation with Ni-Ti rotary instruments: a comparative SEM investigation. *Clin Oral Investig* 2004; 8:102-10.
14. Cobankara FK, Adanr N, Belli S. Evaluation of the influence of smear layer on the apical and coronal sealing ability of two sealers. *J Endod* 2004;30:406-9.
15. McComb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod* 1975;1:238-242.
16. Yesiloy C, Whitaker E, Cleveland D, Phillips E, Trope M. Antimicrobial and toxic effects of established and potential root canal irrigants. *J Endod* 1995;21:513-515.
17. Berutti E, Marini R. A scanning electron microscopic evaluation of the debridement capability of sodium hypochlorite at different temperatures. *J Endod* 1996;22:467-470.
18. Cianconi L, Cerroni L, Mancini M, Armellini E, Casaglia A. Analisi microstrutturale del terzo apicale dopo pretrattamento con MTAD: studio *in vitro*. *G It Endo* 2006; 20:161-167.
19. Torabinejad M, Cho Y, Khademi AA, Bakland Lk, Shabahang S. The effect of various concentrations of sodium hypochlorite on the ability of MTAD to remove the smear layer. *J Endod* 2003;29:233-239.
20. Park DS, Torabinejad M, Shabahang S. The effect of MTAD on the coronal leakage of obturated root canals. *J Endod* 2004; 30:890-892.
21. Garberoglio R, Becce C. Smear layer removal by root canal irrigants. A comparative scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1994;78:359-367.
22. Vojinovic O, Nyborg H, Brannstorm M. Acid treatment of cavities under resin fillings: bacterial growth in dentinal tubules and pulpal reactions. *J Dent Res* 1973;52: 1189-1193.