

Recenti acquisizioni in tema di irrigazione canalare: analisi al microscopio elettronico a scansione

Recent advances in endodontic irrigation: FESEM analysis

S. Pagano^{a,*}, M. Chieruzzi^b, G. Mastriforti^a, C. De Carolis^a, L. Torre^b, S. Eramo^a

^a Università degli Studi di Perugia, Facoltà di Medicina e Chirurgia, Cattedra di Odontoiatria Conservativa

^b Università degli Studi di Perugia, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, UdR INSTM

Ricevuto il
10 dicembre 2012
Accettato il
23 febbraio 2015

*Autore di riferimento
Stefano Pagano
stefanopagano@gmail.com

RIASSUNTO

OBIETTIVI. Il presente lavoro intende valutare, utilizzando il microscopio elettronico a scansione (Field Emission Scanning Electron Microscope, FESEM), le proprietà detergenti di quattro diversi irriganti canalari in elementi dentari estratti.

MATERIALI E METODI. Venti elementi dentari monoradicoli, estratti per motivi parodontali, sono stati sottoposti ad alesaggio biomeccanico e irrigazione canalare con quattro diverse soluzioni testate, ovvero: irrigante 1, ipoclorito di sodio (NaOCl) al 5%; irrigante 2, cetrimide + clorexidina (Cetrexidin, Gaba Vebas, Roma); irrigante 3, acido etilendiamminotetracetico (EDTA); irrigante 4, doxiciclina + acido citrico + glicole di polipropilene (Tetraclean, Ognà Laboratori Farmaceutici, Muggiò, MB). Tutti i campioni, dopo essere stati opportunamente disidratati e metallizzati, sono stati osservati al FESEM con catodo a emissione di campo (Supra™, Carl Zeiss Microscopy GmbH,

Jena, DE) in modo da valutare il grado di detersione ottenuto in corrispondenza del terzo medio e apicale del canale.

RISULTATI. I risultati dello studio hanno mostrato un eccellente potere detergente, a livello del terzo medio del canale, da parte dell'irrigante 2, meno efficace invece a livello del terzo apicale. Buona, anche se inferiore rispetto a quella dell'irrigante 2, è risultata la capacità detergente dell'irrigante 1 e dell'irrigante 3 in corrispondenza del terzo medio del canale; limitata anche per loro la rimozione di smear-layer in corrispondenza del terzo apicale. L'irrigante 4 non ha evidenziato una buona capacità detergente né a livello del terzo medio né a livello del terzo apicale del canale.

CONCLUSIONI. La procedura di irrigazione sembra svolgere un ruolo chiave nel successo della terapia canalare; tuttavia, durante un trattamento endodontico non è possibile utilizzare un'unica soluzione

irrigante bensì diverse sostanze contemporaneamente, ciascuna con un ruolo specifico nella detersione dell'endodonto.

PAROLE CHIAVE

- ▶ Irriganti
- ▶ Fango dentinale
- ▶ Endodonto
- ▶ Detersione
- ▶ Microscopio elettronico a scansione

ABSTRACT

OBJECTIVES. The aim of this work is to evaluate the cleansing properties of four different root canal irrigants in extracted dental elements, using the scanning electron microscope (Field Emission Scanning Electron Microscope, FESEM).

MATERIALS AND METHODS. Twenty single-rooted dental elements, extracted for periodontal reasons, were subjected to biomechanical bore and canal irrigation through four different tested

solutions, namely: irrigant 1 sodium hypochlorite (NaOCl) at 5%; irrigant 2, cetrinide + chlorhexidine (Cetrexidin, Gaba Vebas, Rome, Italy); irrigant 3, ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA); irrigant 4, doxycycline + citric acid + polypropylene glycol (Tetraclean, Ognalaboratori Farmaceutici, Muggiò, MB, Italy). All the samples, after proper dehydration and metallization, were observed through the FESEM (Supra™, Carl Zeiss Microscopy GmbH, Jena, DE) to evaluate the cleansing level achieved in the middle and apical thirds of the canal.

RESULTS. The results of our study showed that the irrigant 2 had an excellent cleansing power in the middle third of the canal, although less effective in the apical third. The cleansing power of irrigants 1 and 3 proved to be good enough in the middle third of the canal, although lower than irrigant 2; modest was the cleansing power in the apical third, with

special regard to smear-layer removal. Irrigant 4 didn't show any good cleansing capacity, neither in the middle third, nor in the apical third of the canal.

CONCLUSIONS. The irrigation practice seems to play a key role in the success of the canal therapy. However, it is not recommendable to use one only irrigating solution in the course of an endodontic treatment. Consequently, using more irrigating solutions at the same time, each with a specific role in endodontic cleansing, seems to be the only viable way to achieve a successful treatment outcome.

KEY WORDS

- ▶ Irriganti
- ▶ Smear-layer
- ▶ Endodontic
- ▶ Cleansing
- ▶ Field emission scanning electron microscope

1. INTRODUZIONE

L'impiego di una soluzione irrigante durante l'alesaggio meccanico del sistema canalare è un requisito essenziale per un successo duraturo nel tempo della terapia endodontica [1].

Come noto, la sola strumentazione meccanica non è in grado né di ridurre a sufficienza la popolazione microbica canalare, né di eliminare completamente i detriti che si formano durante la fase di preparazione dei canali, i quali costituiscono un'importante fonte di infezione endodontica e parodontale [2].

Da un punto di vista microbiologico bisogna però considerare che l'alesaggio

meccanico, anche quando viene associato a una o più soluzioni irriganti, non ha la capacità di eliminare tutti i microrganismi presenti nel sistema endodontico [1]. Tuttavia quest'associazione (strumentazione-irrigazione) riesce, al contrario della sola azione meccanica strumentale, a ridurre la carica microbica a livelli di sicurezza promuovendo così il successo della terapia canalare.

L'azione di una soluzione irrigante durante un trattamento endodontico non è solamente di tipo biologico, cioè non è volta esclusivamente a digerire e dissolvere le sostanze organiche (vitali o necrotiche) presenti all'interno del canale e ad esercitare un'azione germicida nei con-

fronti della flora microbica endocanalare, ma è anche di tipo fisico [1].

L'impiego di una soluzione irrigante, infatti, consente sia di lubrificare le pareti dentinali del canale, riducendo il rischio di frattura degli strumenti, sia di mantenere in sospensione l'insieme di detriti pulpo-dentinali prodotti nel corso della strumentazione, agevolandone inoltre il deflusso al di fuori del canale [3].

Siccome a oggi non è ancora disponibile in commercio una soluzione irrigante che da sola riesca a soddisfare tutti questi requisiti, si raccomanda l'utilizzo contemporaneo di più agenti irriganti, ognuno dei quali impiegato con un fine diverso.

Le principali tipologie di soluzioni irriganti usate nel trattamento endocanalare sono classificate in:

- ▶ agenti chelanti;
- ▶ soluzioni alcaline;
- ▶ antisettici;
- ▶ miscele di principi attivi.

Tra gli acidi e gli agenti chelanti riveste particolare importanza l'acido etilendiamminotetracetico (EDTA), impiegato in forma di soluzioni acquose a concentrazioni comprese tra il 10% e il 17%.

Tale composto ha la capacità di formare complessi (azione chelante) con gli ioni calcio della componente inorganica dello smear-layer dentinale, favorendo così la sua disgregazione [4]. Esso, tuttavia, presenta scarsa efficacia sulla componente organica del fango dentinale; ecco perché si rende necessario associare allo stesso acido un solvente organico [5]. Limitata, inoltre, è anche la sua azione antibatterica.

Tra le soluzioni alcaline, l'agente più utilizzato è l'ipoclorito di sodio, composto chimico appartenente ai cloroderivati, usato come irrigante canalare a concentrazioni comprese tra l'1% e il 5,25%.

L'ipoclorito di sodio ha un ruolo fondamentale nella disgregazione e nella digestione della componente organica del fango dentinale [6]. Esso presenta anche ottime proprietà germicide e antibatteriche, riconducibili al suo potere ossidante, efficaci sia contro batteri Gram-positivi e Gram-negativi sia contro miceti, spore e virus [5,7].

Tra i limiti che questo irrigante possiede si ricordano la modesta azione nei confronti della componente inorganica del fango dentinale [1], l'elevata tensione superficiale che gli impedisce di penetrare con efficacia nei tubuli dentinali infetti [8] e l'azione tossica esercitata, soprattutto alle alte concentrazioni, nei con-

fronti dei tessuti periapicali e parodontali [9,10].

Tra le soluzioni irriganti antisettiche particolare importanza riveste la clorexidina, una molecola cationica simmetrica in concentrazioni comprese tra lo 0,20% e il 2% [11]. Il suo spettro d'azione comprende Gram-positivi, Gram-negativi, miceti; è invece priva d'azione nei confronti di spore, virus e batteri acidoresistenti [10]. Il meccanismo d'azione della clorexidina si basa sulla capacità di compromettere la struttura della parete cellulare microbica. Vanno comunque sottolineati la sua completa inefficacia nel disgregare e dissolvere il tessuto pulpare (vitale e/o necrotico) [11,12], il suo basso potere detergente, la limitata efficacia disgregante nei confronti del biofilm batterico [13] e l'elevata tensione superficiale, eventualmente ridotta con l'aggiunta di cetrimide (detergente cationico appartenente alla famiglia dei disinfettanti a base di ammonio quaternario) [14].

Le miscele di principi attivi contengono diversi composti chimici che hanno come obiettivo quello di compensarsi l'un l'altro, espletando nell'insieme un'azione irrigante il più possibile completa. Ogni componente della miscela svolge un ruolo ben preciso, che da solo però non sarebbe sufficiente a soddisfare i requisiti di un sistema irrigante.

All'interno di tale categoria assume particolare importanza la miscela composta da doxiciclina, acido citrico e glicole di polipropilene.

- ▶ La componente antibiotica di tale miscela (doxiciclina) possiede un ampio spettro d'azione nei confronti di diversi microrganismi, tra cui *E. faecalis*, considerato il principale responsabile dei fallimenti endodontici [15].
- ▶ La componente acida della miscela (acido citrico) ha un ruolo importan-

tissimo nella rimozione dello smear-layer che riveste la superficie canalare radicolare e/o occlude l'ingresso dei tubuli dentinali durante la strumentazione canalare [16,17].

- ▶ Infine, il tensioattivo glicole di polipropilene, abbassando la tensione superficiale della soluzione irrigante, ne facilita la penetrazione sia nel sistema endodontico sia nei tubuli dentinali [18].

Scopo del presente studio è valutare le proprietà detergenti di quattro diversi irriganti endocanalari attraverso analisi al microscopio elettronico a scansione su elementi dentali estratti per motivi parodontali.

La capacità detergente degli irriganti endodontici può essere valutata tramite l'utilizzo della microscopia a scansione elettronica (Field Emission Scanning Electron Microscope, FESEM) eseguita a diverse altezze radicolari e con diversi ingrandimenti al fine di rilevare eventuali componenti residue endocanalari [6].

L'ipotesi nulla prevede che l'uso di diverse soluzioni irriganti non influisca in alcun modo sulla funzione detergente dei canali.

2. MATERIALI E METODI

Nella nostra sperimentazione abbiamo valutato al FESEM (Supra™, Carl Zeiss Microscopy GmbH, Jena, DE) il potere detergente, su elementi dentali estratti e opportunamente preparati, di quattro agenti irriganti (tabb. I-IV):

- ▶ irrigante 1: ipoclorito di sodio (NaOCl) al 5%;
- ▶ irrigante 2: cetrimide + clorexidina (Cetrexidin, Gaba Vebas, Roma);
- ▶ irrigante 3: EDTA;
- ▶ irrigante 4: doxiciclina + acido citrico + glicole di polipropilene (Tetraclean,

Ogna Laboratori Farmaceutici, Muggiò, MB).

I risultati ottenuti ci hanno consentito di analizzare e confrontare le diverse capacità detergenti delle soluzioni irriganti testate.

Sono stati estratti 20 elementi dentali monoradicoliati, parodontalmente compromessi, da pazienti di età compresa tra 50 e 60 anni.

Sono stati esclusi dalla sperimentazione gli elementi dentali con lesioni cariose, fratture, restauri o trattamenti endodon-

tici pregressi; tutti gli elementi dentali, inoltre, presentavano un apice radicolare intatto e maturo.

Una volta estratto, ciascun campione è stato decoronato mediante l'utilizzo di una fresa cilindrica al carburo di tungsteno e sottoposto ad alesaggio biomeccanico con tecnica di strumentazione canalare manuale di tipo step-back; la strumentazione è stata comunque limitata, al fine di rendere più evidente la capacità detergente delle soluzioni testate.

Nel periodo di tempo intercorso tra l'estrazione e il trattamento endodontico ogni campione è stato conservato in soluzione fisiologica, onde evitarne la disidratazione.

Le lunghezze di lavoro, per ciascun campione, sono state ottenute sottraendo 1 mm dall'apice radiologico evidenziato su ciascuna radiografia eseguita per ogni elemento analizzato.

Tutti i campioni sono stati trattati endodonticamente utilizzando K-file manuali, a conicità standard, fino a ottenere, con progressione apico-coronale, una sagomatura conica di diametro in apice di 0,25 mm e conicità 10.

L'irrigazione canalare, tra uno strumento endodontico e l'altro, è stata effettuata mediante l'impiego di una siringa per lavaggi canalari, munita di ago sottile e caricata con le diverse soluzioni testate (tabb. I-IV).

I 20 elementi dentali sono stati quindi suddivisi in 5 gruppi (da 4 campioni ciascuno) in relazione al tipo di irrigante utilizzato durante l'alesaggio biomeccanico canalare:

- ▶ gruppo 1 (gruppo di controllo): irrigazione non effettuata;
- ▶ gruppo 2: irrigante 1;
- ▶ gruppo 3: irrigante 2;
- ▶ gruppo 4: irrigante 3;
- ▶ gruppo 5: irrigante 4.

Ciascun canale di ogni campione, indipendentemente dal tipo di irrigante utilizzato, è stato trattato con 50 mL della soluzione sopra indicata. Il tempo di esposizione totale delle pareti canalari alla sostanza testata è stato di 35 minuti circa (infatti l'agente irrigante testato, al termine di ogni passaggio strumentale, è stato lasciato nel canale per 5 minuti e poi asportato con getto d'aria).

Terminato il trattamento endodontico dei campioni, ciascuna radice è stata sud-

Tab. I Scheda tecnica dell'irrigante 1: ipoclorito di sodio (NaOCl) al 5%

Presentazione commerciale	▶ Liquida
Composizione	▶ Sodio ipoclorito al 5% in cloro attivo (agente alcalino)
Proprietà	▶ Disgregazione e digestione della componente organica dello smear-layer ▶ Azione antibatterica

Tab. II Scheda tecnica dell'irrigante 2: cetrimide + clorexidina

Presentazione commerciale	▶ Liquida
Composizione	▶ Cetrimide in soluzione acquosa (agente detergente) ▶ Clorexidina di gluconato (agente antisettico)
Proprietà	▶ Bassa tensione superficiale ▶ Azione antibatterica ▶ Azione detergente

Tab. III Scheda tecnica dell'irrigante 3: EDTA al 17%

Presentazione commerciale	▶ Liquida
Composizione	▶ EDTA al 17% (agente chelante)
Proprietà	▶ Chelazione degli ioni calcio della componente inorganica dello smear-layer

Tab. IV Scheda tecnica dell'irrigante 4: doxiciclina + acido citrico + glicole di polipropilene

Presentazione commerciale	▶ Liquido + polvere
Composizione	▶ Doxiciclina 50 mg/5 mL (agente antibiotico) ▶ Acido citrico (agente chelante) ▶ Glicole di polipropilene (agente tensioattivo)
Proprietà	▶ Ampio spettro d'azione (<i>E. faecalis</i>) ▶ Efficace rimozione dello smear-layer

Tab. V Grado di detersione ottenuto con le diverse soluzioni irriganti

Soluzione irrigante	Grado di detersione	
	Terzo medio	Terzo apicale
Irrigante 1	2	1
Irrigante 2	3	1
Irrigante 3	2	1
Irrigante 4	1	1

divisa longitudinalmente in due metà, impiegando una fresa a fiamma diamantata molto sottile, sotto irrigazione.

Una delle due metà, ottenute da ciascun campione, è stata prima immersa in una soluzione di glutaraldeide al 2,5% (agente fissante) per 24 ore e poi mantenuta in tampone fosfato (pH 7,2) fino al momento della disidratazione; l'altra metà è stata invece scartata.

Si è quindi proceduto alla disidratazione di ogni campione, facendo riferimento al punto critico di essiccazione.

Sostituendo quindi l'acqua presente all'interno dei campioni biologici con CO₂ liquida e vaporizzando quest'ultima mediante un graduale incremento di temperatura al di sopra di 35 °C, la morfologia e l'architettura dei tessuti non vengono alterate.

Tuttavia la CO₂ liquida non è sufficientemente miscibile con l'acqua presente nei tessuti, per cui è stato necessario utilizzare un fluido intermedio, rappresentato dall'etanolo.

Soltanto dopo questo passaggio (disidratazione progressiva in etanolo) è stato possibile convertire il biossido di carbonio liquido in gas mediante l'impiego del critical point dryer (EmiTech K850, Quorum Technologies Ltd, Lewes, East Sussex, UK), senza sviluppare alcuna tensione superficiale o calore eccessivo al punto critico, tali da danneggiare i campioni.

Ogni campione è stato poi sottoposto a metallizzazione in oro sottovuoto me-

dante la metodica di deposizione fisica da fase vapore (Physical Vapor Deposition, PVD).

I campioni sono stati quindi inseriti nel portacampioni del FESEM (Supra™, Carl Zeiss Microscopy GmbH) e osservati a ingrandimenti progressivi da 100X a 10.000X.

Il grado di detersione ottenuto in corrispondenza del terzo medio e apicale del canale (di ogni campione) è stato valutato mediante un'analisi morfologica eseguita sulle immagini FESEM. A questo proposito si sono definiti quattro livelli di detersione, così formulati:

- ▶ grado 0: nessuna detersione morfologicamente apprezzabile;
- ▶ grado 1: rimozione modesta del fango dentinale;
- ▶ grado 2: rimozione del fango dentinale < 50%;
- ▶ grado 3: rimozione del fango dentinale > 70%.

3. RISULTATI

La figura 1a-d evidenzia l'importante quota di fango dentinale che si viene a formare all'interno del sistema canale durante la strumentazione meccanica.

Le figure 2-5a-d mostrano invece l'azione detergente delle singole soluzioni irriganti nel terzo medio e apicale dei denti trattati. I risultati del nostro studio hanno evidenziato un eccellente potere detergente

dell'irrigante 2 a livello del terzo medio del canale (fig. 3a,b); meno efficace invece a livello del terzo apicale (fig. 3c,d).

Per quanto concerne gli irriganti 1 e 3, la loro capacità detergente è risultata buona in corrispondenza del terzo medio del canale (fig. 2a,b e fig. 4a,b), ma limitata al terzo apicale (fig. 2c,d e fig. 4c,d); infatti, l'imbocco dei tubuli dentinali si è rilevato solo parzialmente deterso.

Infine, l'irrigante 4 non ha evidenziato una buona capacità detergente né a livello del terzo medio (fig. 5a,b) né a livello del terzo apicale del canale (fig. 5c,d).

La tabella V riassume e pone a confronto i diversi gradi di detersione ottenuti dagli irriganti testati.

Il nostro studio ci ha permesso non solo di valutare il diverso potere detergente delle quattro soluzioni testate, ma anche di confermare, mediante lo studio del campione non sottoposto a irrigazione (gruppo di controllo), l'importanza della stessa irrigazione nel trattamento endodontico.

Infatti nel campione non irrigato, sia a livello del terzo medio (fig. 1a,b) sia a livello del terzo apicale (fig. 1c,d), è stata rilevata un'abbondante quota di fango dentinale, capace di occludere in maniera completa l'imbocco dei tubuli dentinali a livello della superficie interna del canale. Differente, indipendentemente dal tipo di soluzione irrigante considerata, è stato il livello di detersione ottenuto a livello del terzo medio e apicale del canale.

Confrontando le immagini della figura 6 è evidente come la quota di smear-layer presente sulla superficie endocanalare del terzo medio di ciascun campione sia risultata sempre inferiore a quella presente in corrispondenza del terzo apicale. Quanto riscontrato può essere spiegato considerando sia il più facile accesso al terzo medio, durante l'alesaggio biomec-

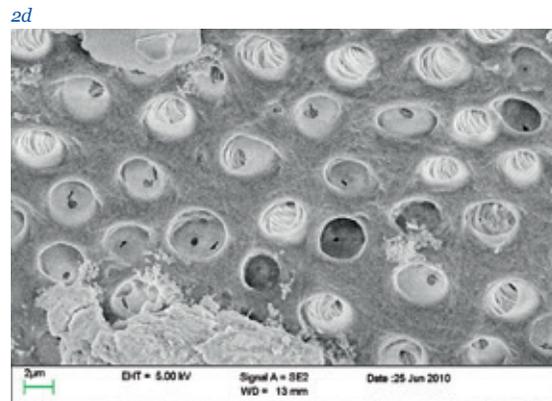
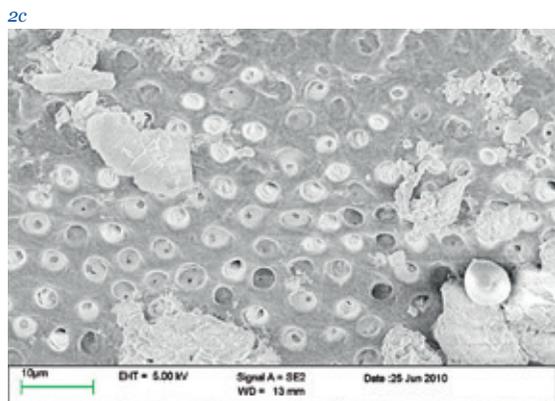
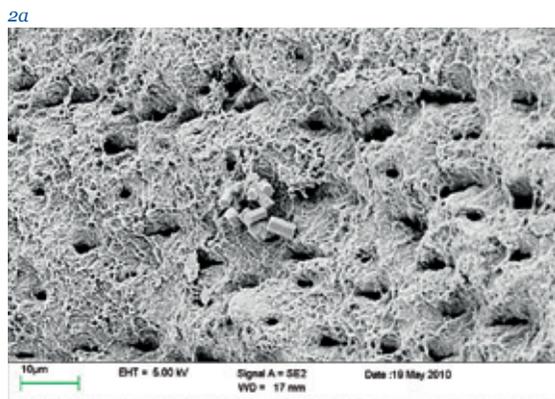
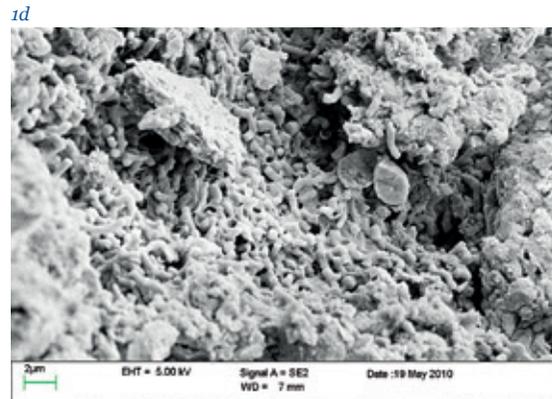
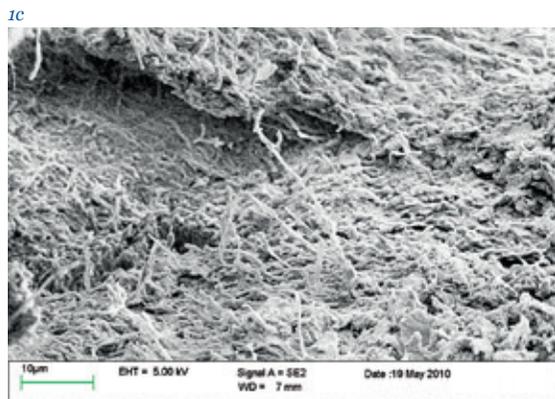
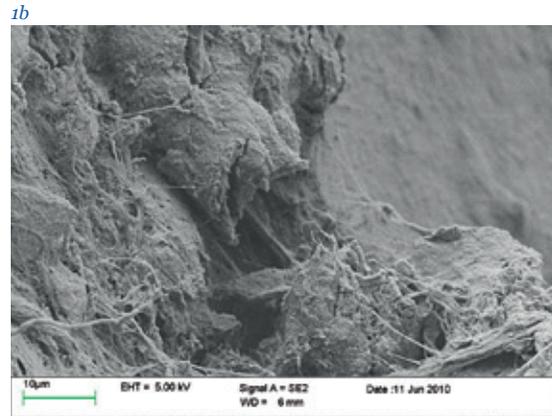
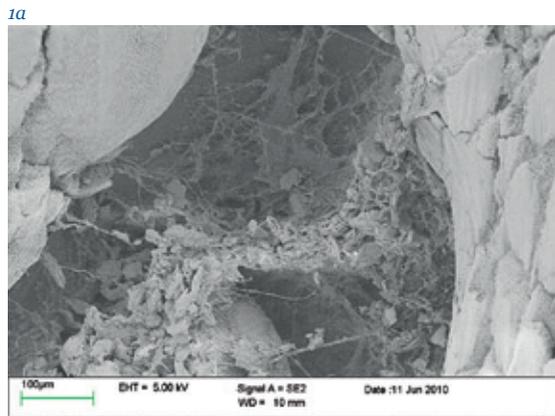


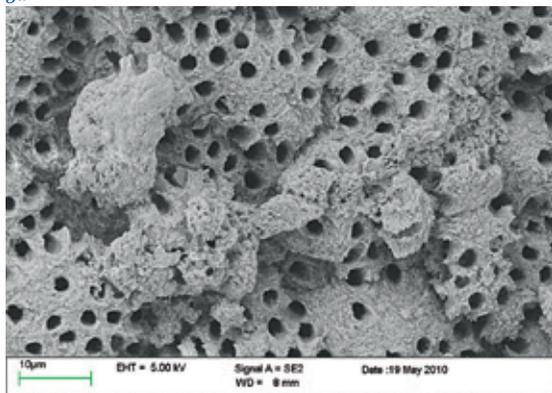
Fig. 1a-d

Gruppo 1 (controllo), campione non sottoposto a irrigazione (terzo medio e terzo apicale): a) terzo medio (5.000X); b) terzo medio (10.000X); c) terzo apicale (5.000X); d) terzo apicale (10.000X)

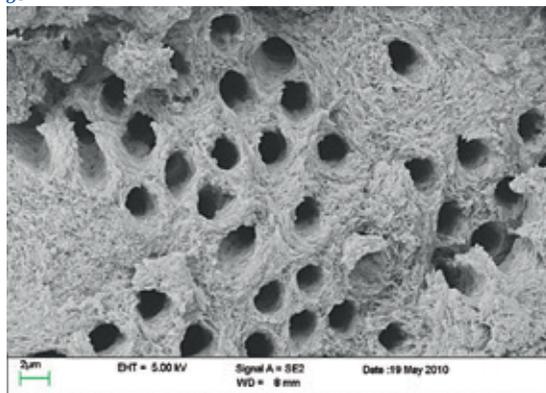
Fig. 2a-d

Gruppo 2, campione trattato con l'irrigante 1 (terzo medio e terzo apicale): a) terzo medio (5.000X); b) terzo medio (10.000X); c) terzo apicale (5.000X); d) terzo apicale (10.000X)

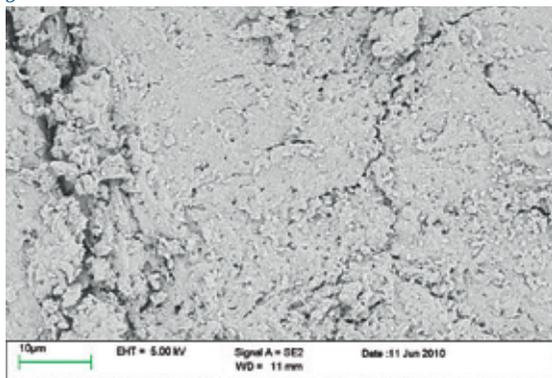
3a



3b



3c



3d

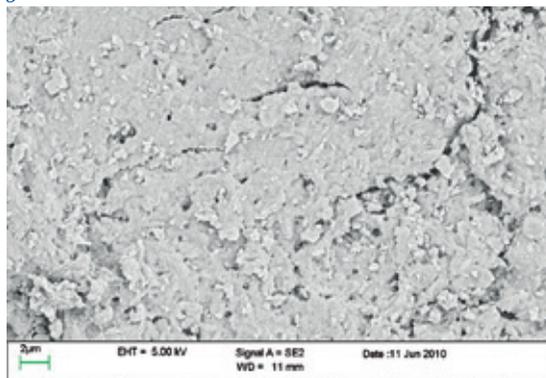
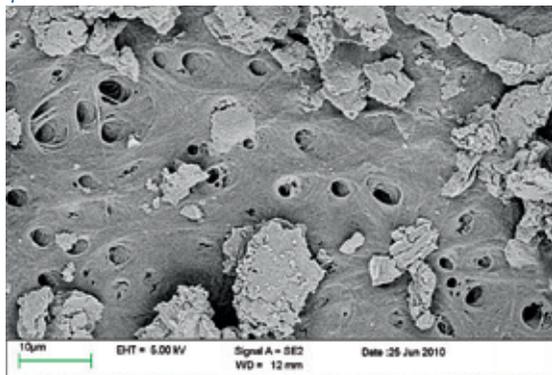


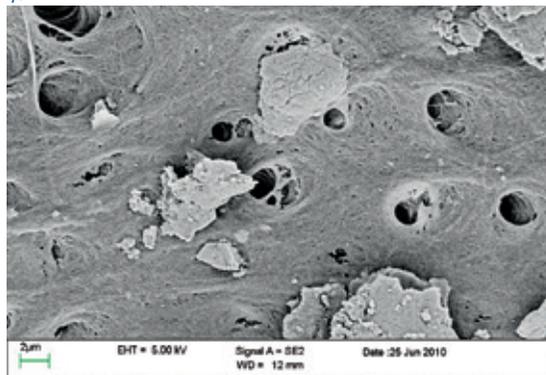
Fig. 3a-d

Gruppo 3, campione trattato con l'irrigante 2 (terzo medio e terzo apicale): a) terzo medio (5.000X); b) terzo medio (10.000X); c) terzo apicale (5.000X); d) terzo apicale (10.000X)

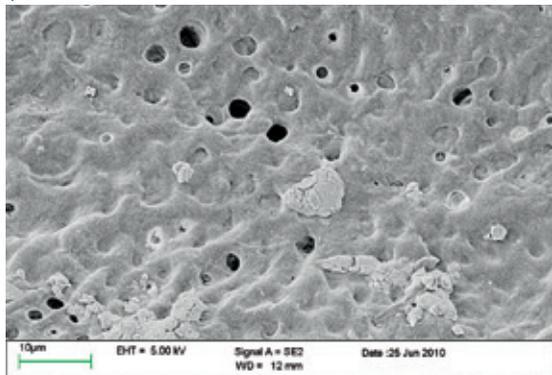
4a



4b



4c



4d

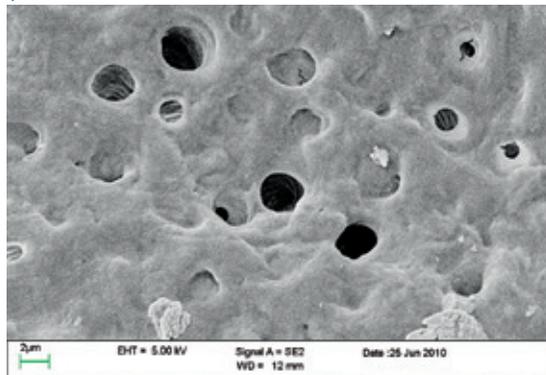


Fig. 4a-d

Gruppo 4, campione trattato con l'irrigante 3 (terzo medio e terzo apicale): a) terzo medio (5.000X); b) terzo medio (10.000X); c) terzo apicale (5.000X); d) terzo apicale (10.000X)

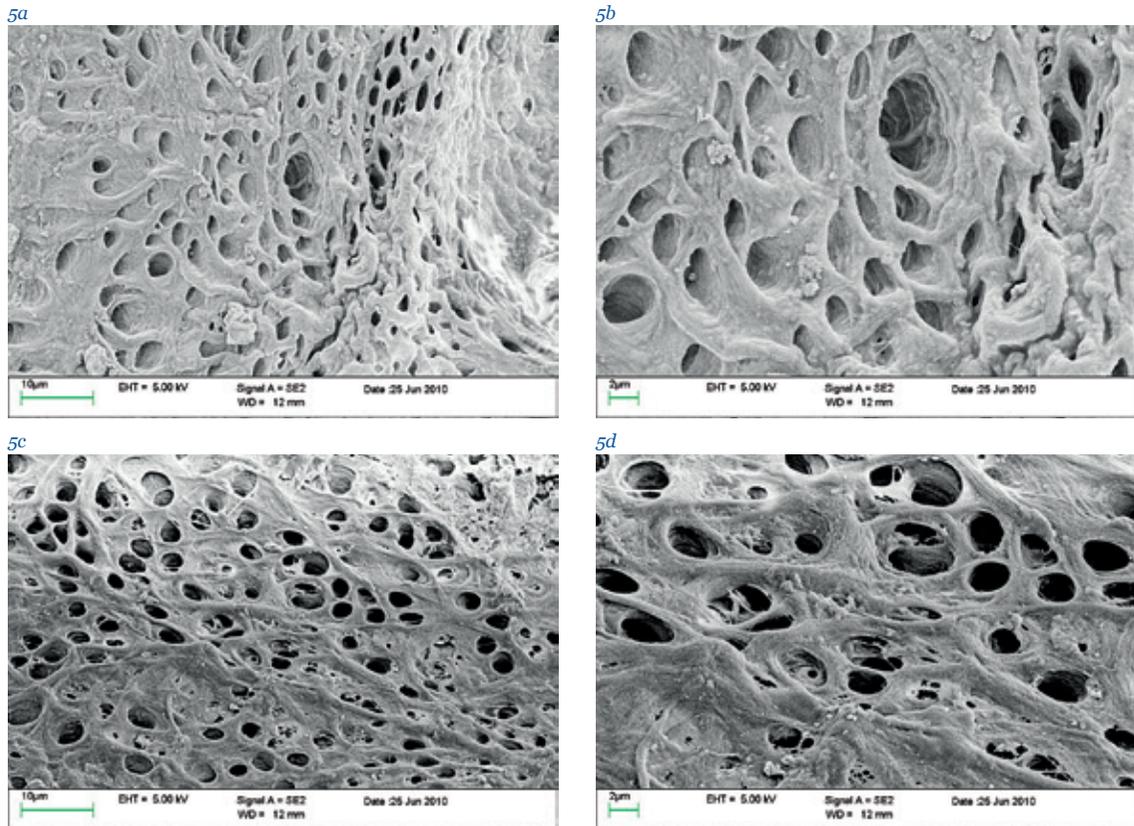


Fig. 5a-d

Gruppo 5, campione trattato con l'irrigante 4 (terzo medio e terzo apicale): a) terzo medio (5.000X); b) terzo medio (10.000X); c) terzo apicale (5.000X); d) terzo apicale (10.000X)

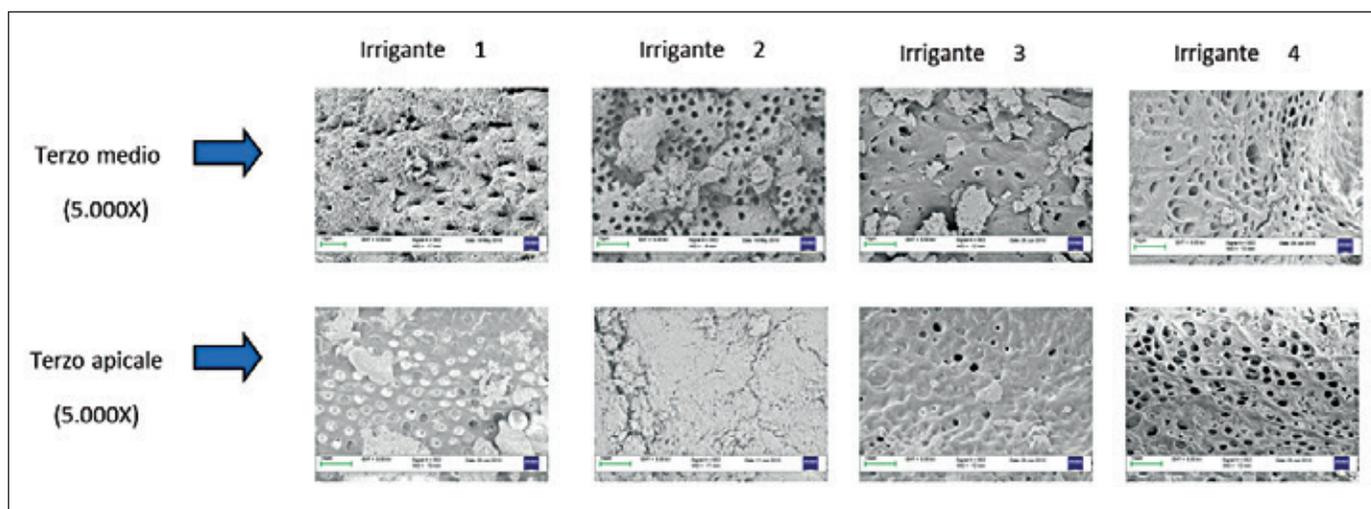


Fig. 6 Confronto del potere detergente delle soluzioni testate a livello del terzo medio e apicale del canale

canico del canale, da parte della soluzione irrigante, sia il maggior volume della stessa soluzione con cui il terzo medio viene a contatto rispetto al terzo apicale.

Limitatamente al basso numero di campioni esaminati, e alle diverse variabili che possono influire su questo tipo di sperimentazione (anatomia e morfologia

endodontica, tempo e modalità di strumentazione, penetrazione dell'irrigante nel sistema canalare), è possibile affermare che il miglior potere detergente, tra

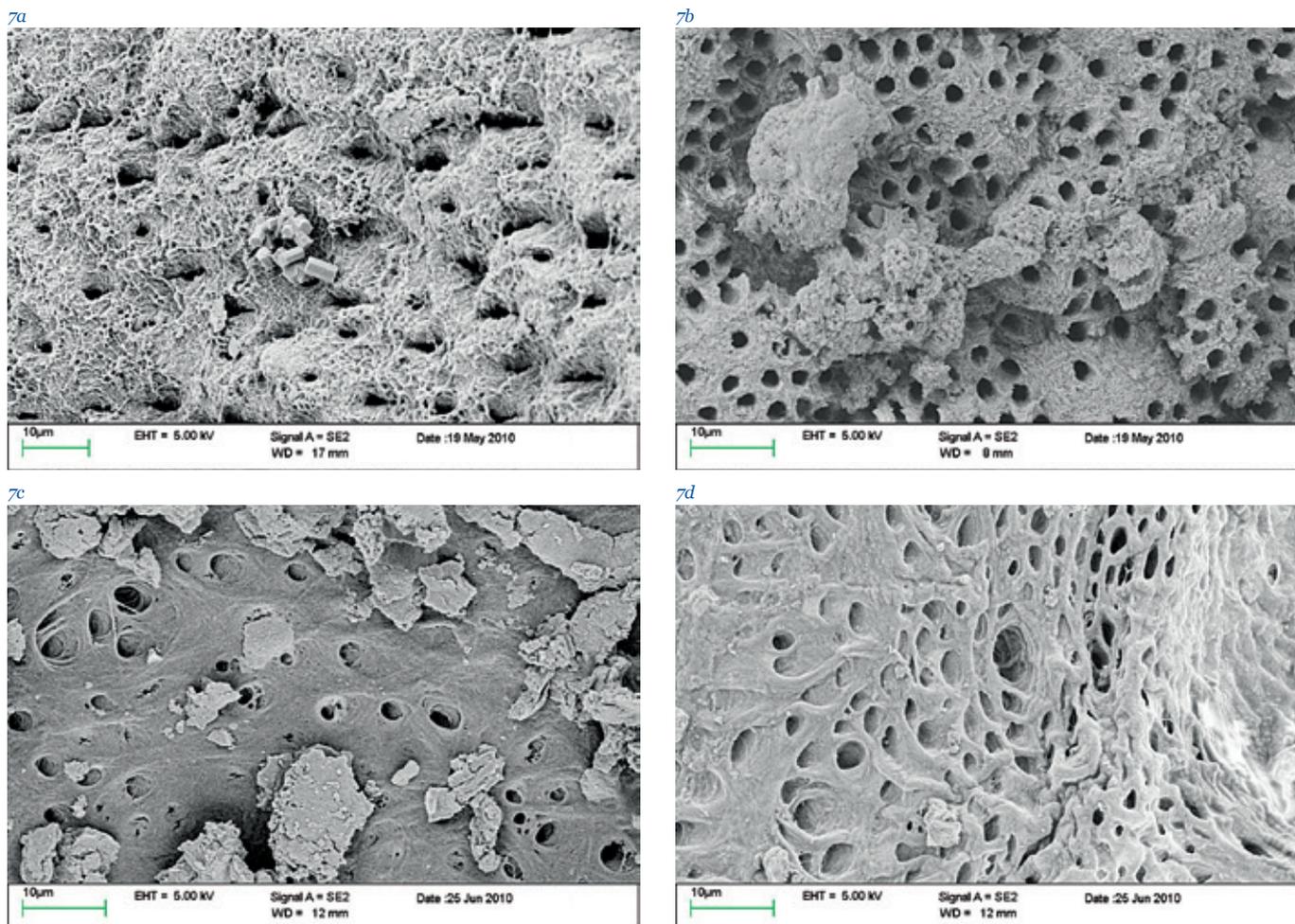


Fig. 7a-d Terzo medio trattato: a) con l'irrigante 1 (5.000X); b) con l'irrigante 2 (5.000X); c) con l'irrigante 3 (5.000X); d) con l'irrigante 4 (5.000X)

gli irriganti utilizzati, a livello del terzo medio è stato ottenuto dall'irrigante 2 (fig. 7a-d).

4. DISCUSSIONE

La procedura di irrigazione sembra giocare un ruolo chiave nel successo della terapia canalare; la deposizione di smear-layer, prodotto dalla strumentazione, è stata riconosciuta come una delle principali cause del mancato successo endodontico: lo stesso fango dentinale, infatti, potrebbe ospitare, nutrire e addirittura fornire uno scudo fisico a tutti

quei batteri già presenti all'interno dei tubuli dentinali [8].

Scopo principale della detersione in endodonzia è quello di rimuovere dall'interno del sistema dei canali radicolari tutto il materiale intracanalare, sia esso di origine pulpare, vitale o necrotico, sia esso costituito da microrganismi [9].

Ciascuna soluzione avrà un ruolo specifico nella detersione dell'endodonto, agendo su substrati differenti come: batteri, smear-layer, proteine ecc.

La soluzione irrigante 1, testata nella nostra sperimentazione, a elevate concentrazioni (5 o 5,25%), è la principale so-

luzione irrigante da impiegare, alla luce della sua abilità nel disgregare il biofilm batterico [6-8] e della sua potente azione battericida nei confronti della maggior parte delle specie batteriche (compreso *E. faecalis*) capaci di colonizzare l'endodonto [9,10].

L'utilizzo della soluzione irrigante 3, alla concentrazione del 17%, è raccomandata nella detersione dell'endodonto in quanto da un lato ammorbidisce la dentina, rendendo più semplice l'allargamento del canale, e dall'altro dissolve la struttura inorganica dentinale [4].

Questo effetto decalcificante determina

una minor resistenza alla strumentazione delle pareti canalari.

Una volta che il sistema dei tubuli dentinali è stato reso pervio, grazie alla completa rimozione dello smear-layer, è possibile procedere a una successiva irrigazione con una soluzione a bassa tensione superficiale e ad azione prevalentemente antibatterica.

L'impiego di un irrigante con bassa tensione superficiale risulta molto importante al fine di detergere zone non raggiungibili dagli strumenti endocanalari (canali laterali, depressioni, anfrattuosità dello spazio endodontico, delta apicale e tubuli della dentina).

Questa seconda fase della detersione del sistema canalare viene garantita dall'impiego delle soluzioni irriganti 2 e 4.

5. CONCLUSIONI

Appare evidente l'impossibilità di utilizzare, durante un trattamento endodontico, un'unica soluzione irrigante.

Infatti non esiste a oggi la soluzione ideale capace contemporaneamente di disgregare lo smear-layer, digerire le sostanze proteiche, disgregare il biofilm batterico e svolgere un'azione mirata verso le singole forme planctoniche batteriche.

L'unica possibilità per conseguire tutti questi obiettivi consiste quindi nell'impiegare più soluzioni irriganti contemporaneamente [8]. L'ipotesi nulla è stata rigettata.

CONFLITTO DI INTERESSI

Gli autori dichiarano di non avere alcun conflitto di interessi.

FINANZIAMENTI ALLO STUDIO

Gli autori dichiarano di non aver ricevuto finanziamenti istituzionali per il presente studio.

BIBLIOGRAFIA

- Torabinejad M, Handysides R, Khademi AA, Bakland LK.** Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2002;94(6):658-66.
- Chieruzzi M, Pagano S, Pennacchi M, Lombardo G, D'Errico P, Kenny JM.** Compressive and flexural behaviour of fibre reinforced endodontic posts. *J Dent* 2012;40(11):968-78.
- Valera MC, Chung A, Menezes MM, Fernandes CE, Carvalho CA, Camargo SE, et al.** Scanning electron microscope evaluation of chlorhexidine gel and liquid associated with sodium hypochlorite cleaning on the root canal walls. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010;110(5):e82-7.
- Essner MD, Javed A, Eleazer PD.** Effect of sodium hypochlorite on human pulp cells: an in vitro study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2011;112(5):662-6.
- Parirokh M, Jalali S, Haghdoost AA, Abbott PV.** Comparison of the effect of various irrigants on apically extruded debris after root canal preparation. *J Endod* 2012;38(2):196-9.
- Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Cavenago B, Graeff MS, Gomes de Moraes I, Marciano M, et al.** Antimicrobial effect of endodontic solutions used as final irrigants on a dentine biofilm model. *Int Endod J* 2012;45(2):162-8.
- Palazzi F, Morra M, Mohammadi Z, Grandini S, Giardino L.** Comparison of the surface tension of 5.25% sodium hypochlorite solution with three new sodium hypochlorite-based endodontic irrigants. *Int Endod J* 2012;45(2):129-35.
- Gernhardt CR, Eppendorf K, Kozlowski A, Brandt M.** Toxicity of concentrated sodium hypochlorite used as an endodontic irrigant. *Int Endod J* 2004;37(4):272-80.
- Ruiz-Esparza CL, Garrocho-Rangel A, Gonzalez-Amaro AM, Flores-Reyes H, Pozos-Guillen AJ.** Reduction in bacterial loading using 2% chlorhexidine gluconate as an irrigant in pulpectomized primary teeth: a preliminary report. *J Clin Pediatr Dent* 2011;35(3):265-70.
- Cathro P.** The importance of irrigation in endodontics. *Contemp Endod* 2004;1(1):3-7.
- de la Casa ML, Salas MM, López ME, Raiden G.** Protein content in irrigating solutions in contact with pulp tissue. *Acta Odontol Latinoam* 2008;21(1):65-68.
- Mônica CM, Fröner IC.** A scanning electron microscopic evaluation of different root canal irrigation regimens. *Braz Oral Res* 2006;20(3):235-40.
- Pavlović V, Zivković S.** Chlorhexidine as a root canal irrigant-antimicrobial and scanning electron microscopic evaluation. *Srp Arh Celok Lek* 2010;138(9-10):557-63.
- Shen Y, Stojicic S, Haapasalo M.** Antimicrobial efficacy of chlorhexidine against bacteria in biofilms at different stages of development. *J Endod* 2011;37(5):657-61.
- Del Carpio-Perochena AE, Bramante CM, Duarte MA, Cavenago BC, Villas-Boas MH, Graeff MS, et al.** Biofilm dissolution and cleaning ability of different irrigant solutions on intraorally infected dentin. *J Endod* 2011;37(8):1134-8.
- Pappen FG, Shen Y, Qian W, Leonardo MR, Giardino L, Haapasalo M.** In vitro antibacterial action of Tetraclean, MTAD and five experimental irrigation solutions. *Int Endod J* 2010;43(6):528-35.
- Poggio C, Dagna A, Chiesa M, Bianchi S, Arciola CR, Visai L, et al.** SEM evaluation of the root canal walls after treatment with Tetraclean. *Int J Artif Organs* 2010;33(9):660-6.
- Bryce G, O'Donnell D, Ready D, Ng YL, Pratten J, Gulabivala K.** Contemporary root canal irrigants are able to disrupt and eradicate single- and dual-species biofilms. *J Endod* 2009;35(9):1243-8.