

Gianluca Plotino  
Nicola Maria Grande  
Andrea Butti  
Francesco Somma

Università Cattolica del Sacro Cuore di Roma  
Istituto di Clinica Odontoiatrica  
Direttore: Prof. Renzo Raffaelli  
Cattedra di Odontoiatria Conservatrice III  
Titolare: Prof. Francesco Somma

Corrispondenza:  
Dott. Nicola Maria Grande  
Via Mugello, 22  
00141 Roma  
Tel./Fax: 0688644341  
E-mail: nmg@fastwebnet.it

## Valutazione sperimentale del *microleakage* endodontico con capillari di vetro

Experimental evaluation of endodontic microleakage in glass tubes

### RIASSUNTO

**Introduzione:** la microinfiltrazione, o *microleakage*, è stata definita come il passaggio di batteri, fluidi, molecole o ioni tra la parete di una cavità ed il materiale da otturazione ed è determinata dalla presenza di uno spazio all'interfaccia tra il materiale da riempimento e la parete. È necessario, quindi, assicurare sia apicalmente che coronalmente un sigillo canalare ermetico. Esistono diverse metodiche per valutare la microinfiltrazione *in vitro*. Scopo del lavoro è stato quello di verificare l'influenza della posizione dei campioni e quella dell'applicazione di pressioni ridotte nelle prove di microinfiltrazione *in vitro*.

**Materiali e metodi:** sono stati utilizzati capillari di vetro sigillati ad un'estremità ed immersi nel colorante blu di metilene ed è stata valutata l'influenza della loro posizione (orizzontale, verticale con l'apertura verso l'alto, verticale con l'apertura verso il basso) e dell'applicazione di pressioni ridotte rispetto alla pressione atmosferica (-5 kPa, -36 kPa, -68 kPa) sulle modalità di infiltrazione del colorante. I campioni sono stati suddivisi in 9 gruppi da 10 campioni ciascuno ed in ogni gruppo sono stati utilizzati 2 campioni controllo positivo e 2 campioni controllo negativo. È stato utilizzato lo stereomicroscopio per verificare la pervietà e la pulizia dei capillari e l'avvenuto sigillo dei campioni, nonché per la misurazione lineare dell'infiltrazione. Per l'analisi statistica sono stati utilizzati il test di Friedman ed il test di Wilcoxon con livelli di significatività  $p < 0,001$ .

**Risultati:** i risultati sono caratterizzati da alcune differenze statisticamente significative: nei campioni posti in posizione verticale con apertura verso l'alto e nei campioni in cui sono state utilizzate elevate riduzioni di pressione è stata riscontrata una infiltrazione significativamente superiore rispetto agli

altri. All'interno di ciascun gruppo si è riscontrata un'omogeneità di risultati molto elevata.

**Conclusioni:** l'infiltrazione di colorante viene influenzata dal fenomeno dell'aria intrappolata, quindi l'utilizzo di adeguate pressioni in questo tipo di studi è fondamentale per eliminare questa variabile. Per quel che riguarda la posizione dei campioni, il fattore determinante ai fini dell'infiltrazione è risultata essere l'apertura del capillare rivolta verso l'alto, posizione in cui si è riscontrata la massima infiltrazione anche a pressione atmosferica.

**Parole chiave:**  
**Microleakage endodontico.**

### ABSTRACT

**Introduction:** microleakage may be defined as the percolation of bacteria, fluids, molecules or ions between a cavity wall and the restorative material caused by the presence of a gap between the filling materials and the dentinal walls. For this reason, an hermetic sealing must be secured both apically and coronally. The quality of this seal has been assessed by several *in vitro* techniques. The purpose of our study was to evaluate whether the samples position and the use of reduced pressure had an effect on the microleakage testing.

**Materials and methods:** glass tubes with a closed end were submerged in methylene blue dye and the influence of samples positioning (horizontally, opening upwards, opening downwards) and the effects of vacuuming (-5 kPa, -36 kPa, -68 kPa with regards to atmospheric pressure) on dye penetration patterns were evaluated. The specimens were subdivided into 9 groups, so that 10 glass tubes resulted in each group. Furthermore, for each experimental group, 2 additional samples served as positive con-

trols and 2 as negative controls. A stereomicroscope was used to verify patency and cleanliness of the glass tubes, hermetical seal of the specimens and to measure linear dye penetration. Data were analyzed utilizing the Friedman and the Wilcoxon test with a significance level of  $p < 0,001$ .

**Results:** statistically significant differences were found by positioning the samples with the opening upwards compared to other positions as well as applying high reduction of pressure compared to atmospheric pressure. Inside each group a great correlation of results has been found with regards to the depth of dye penetration.

**Conclusions:** this study confirmed that entrapped air can inhibit dye penetration, thus underestimating the real leakage. For this reason the use of proper reduced pressure is essential to eliminate this variable in these kind of studies. With regards to the positioning of the specimens, it can be stated that only the vertical position with the opening upwards affects dye penetration, as it is in this position that maximum dye penetration was found even at atmospheric pressure.

**Key words:**  
**Endodontic microleakage.**

### INTRODUZIONE

La microinfiltrazione, o *microleakage*, è stata definita come il passaggio di batteri, fluidi, molecole o ioni tra la parete di una cavità e il materiale da otturazione in essa inserito (1) ed è determinata dalla presenza di uno spazio nell'interfaccia tra il materiale da riempimento e le pareti canalari. L'otturazione endodontica dovrebbe prevenire il passaggio di fluidi tra il sistema canalare da un lato ed i tessuti periapicali e/o orali dall'altro. Tali fluidi infatti possono fungere da substrato per i microrganismi, permetten-

done la crescita e la proliferazione (2).

Alla luce di ciò, la valutazione di materiali e tecniche attraverso lo studio del *micro-leakage* apicale e coronale è divenuta un'importante area della ricerca endodontica ed un gran numero di lavori scientifici sono stati pubblicati su questo argomento (3). L'efficacia del sigillo apicale e coronale ottenuto con vari materiali da otturazione e varie tecniche è stata testata usando diverse metodiche per stabilire la microinfiltrazione *in vitro* e tra queste meritano menzione le tecniche che utilizzano la penetrazione di traccianti in soluzione, quali coloranti, radioisotopi, batteri e loro prodotti, la tecnica del *fluid transport* e quella elettrochimica (4). Fra queste, la valutazione dell'infiltrazione di colorante è da sempre la tecnica più utilizzata, il metodo della filtrazione fluida sta guadagnando popolarità, mentre le metodiche con radioisotopi e batteri e quella elettrochimica sono meno frequentemente utilizzate, poiché richiedono materiali ed apparecchiature sofisticati.

Ricerche sull'infiltrazione sono state portate avanti quasi esclusivamente *in vitro*, per le difficoltà legate a questo tipo di sperimentazioni *in vivo* (5). Taylor e Lynch (6) classificano gli esperimenti *in vitro* in due categorie: quelli che utilizzano un modello clinico rilevante che cerca di riprodurre la condizione clinica e gli esperimenti nei quali il modello non rappresenta tutto ciò ed è puramente un test per valutare e mettere a confronto il comportamento dei materiali. Il nostro studio si basa su questo secondo modello.

Nonostante non sia ancora ben chiaro quanto siano correlabili i risultati di test *in vitro* con i risultati clinici delle terapie endodontiche (7, 8), può essere ritenuto ragionevole supporre che quelle tecniche e quei materiali che assicurino un miglior sigillo nei test *in vitro* siano da preferirsi nell'utilizzo clinico. Tuttavia, data la varietà delle metodiche utilizzate e la disomogeneità dei risultati ottenuti, è necessario riuscire a rendere più omogenei possibile i protocolli di ricerca, allo scopo di ottenere risultati comparabili e ripetibili, sia utilizzando le stesse tecniche sperimentali che tecniche diverse (3).

La nostra attenzione si è focalizzata sulla più diffusa tecnica utilizzata per studiare il sigillo endodontico: l'infiltrazione di colorante. Lo scopo del nostro lavoro è stato quello di valutare alcune delle numerose variabili sperimentali che possono influenzare i risultati di questo tipo di studi. Abbiamo voluto ve-

rificare l'influenza della posizione dei campioni nello spazio e quella dell'applicazione di diverse pressioni ridotte rispetto alla pressione atmosferica nelle modalità di microinfiltrazione del blu di metilene.

## MATERIALI E METODI

Sono stati utilizzati 126 capillari di vetro trasparenti (Marbaglass s.n.c., Roma, Italia) del diametro interno di 0,8 mm e della lunghezza di 4,5 cm (Fig. 1). I capillari sono stati osservati allo stereomicroscopio a 15 ingrandimenti per escludere la presenza di fratture o *microcracks* del materiale; quelli che presentavano queste caratteristiche sono stati esclusi dal protocollo. I campioni sono stati poi puliti mediante l'utilizzo di vapore acqueo a pressione per eliminare eventuali polveri atmosferiche presenti. L'eliminazione della condensa acquosa depositatasi all'interno dei capillari dopo l'utilizzo del vapore è stata ottenuta mediante aria compressa ed essiccamento in forno a 50 °C. Dopodiché i capillari sono stati osservati nuovamente allo stereomicroscopio a 15 ingrandimenti per verificarne la pervietà e l'assenza di pulviscolo o sporcizia all'imbocco dei due orifizi. I campioni sono stati conservati in contenitori di plastica ermetici, per evitare la contaminazione da parte di pulviscoli ambientali.

Le modalità di infiltrazione di questi capillari di vetro sono state verificate utilizzando come colorante il blu di metilene al 2%, a pH 7 e a temperatura di 37 °C. È stata valutata l'influenza sulle modalità di infiltrazione del colorante determinata dalla posizione dei campioni (orizzontale, verticale con l'apertura verso l'alto e verticale con l'apertura verso il basso) e dall'applicazione di diverse riduzioni di pressione (-5 kPa, -36

kPa, -68 kPa) rispetto alla pressione atmosferica (1 atm = 101,5 kPa), ottenute mediante una pompa da vuoto collegata ad una camera stagna (Fig. 2).

Per posizionare i capillari orizzontalmente si sono costruite delle apposite basette in vinilpolisilossano per impronte dentali (Dei Rainbow, Putty regular, DEI Italia, Mercurio, Varese, Italia). Ogni capillare, prima di essere immerso nel colorante, è stato inserito in questi appoggi in modo da ottenere una perfetta stabilità (Fig. 3). Per posizionare i campioni verticalmente è stato utilizzato un supporto metallico che mantenesse i capillari sospesi, facendo in modo che tutto il complesso potesse essere immerso nel colorante ed estratto da esso senza toccare i campioni (Fig. 4).

I capillari sono stati suddivisi in 9 gruppi costituiti da 10 campioni ciascuno, a cui sono stati aggiunti 2 campioni controllo positivo e 2 campioni controllo negativo per ogni gruppo. In ciascun gruppo 5 capillari sono stati prima sigillati ad un'estremità con due strati di *sticky wax* (paraffina) e poi con due strati di smalto per unghie per una lunghezza totale del capillare di 0,5 cm. Un campione di controllo negativo è stato sigillato con la stessa metodica da entrambi i lati. Gli altri 5 capillari di ciascun gruppo sono stati sigillati ad un orifizio posizionando un'estremità su una fiamma e portandola ad una temperatura tale che, fondendo, essa fosse sigillata in modo inequivocabile dallo stesso materiale vetroso, riducendo così la lunghezza del capillare di circa 0,5 cm. Il secondo campione di controllo negativo è stato sigillato allo stesso modo ad entrambi i lati. I campioni di controllo positivi sono stati lasciati pervi ad entrambe le estremità. Per cercare una conferma sulla qualità del sigillo si sono osservate le estremità al microscopio ottico a 15 ingrandimenti e si è confermata in tal modo la perfetta chiusura dell'imbocco del capillare (Fig. 5).

I campioni sono stati, quindi, assegnati in modo casuale ai diversi gruppi (Tab. 1):

- GRUPPO A: capillari posizionati orizzontalmente a pressione atmosferica per 7 giorni;
- GRUPPO B: capillari posizionati verticalmente con l'orifizio aperto posto verso l'alto a pressione atmosferica per 7 giorni;
- GRUPPO C: capillari posizionati verticalmente con l'orifizio aperto posto verso il basso a pressione atmosferica per 7 giorni;
- GRUPPO D: capillari posizionati orizzontalmente sotto pressione ridotta di -5 kPa per 30 minuti;

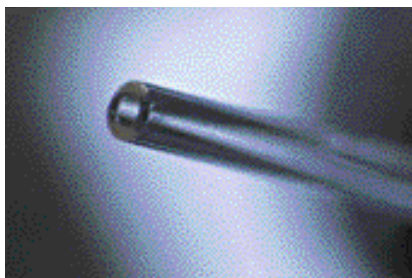
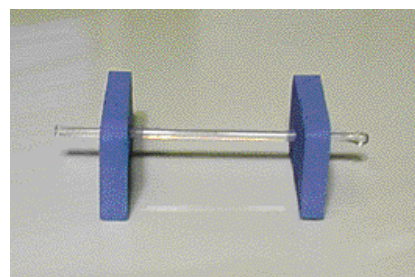


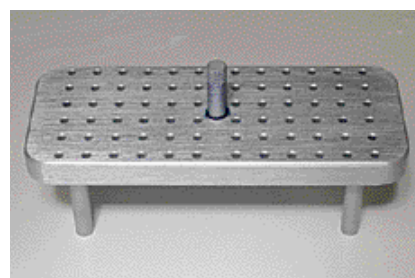
Fig. 1 - Capillare osservato allo stereomicroscopio a 10 ingrandimenti.



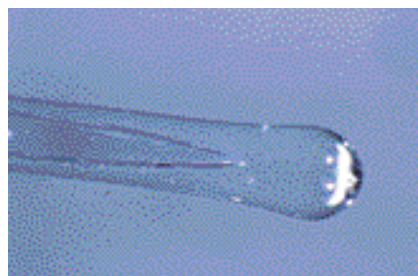
**Fig. 2** - Camera stagna collegata alla pompa da vuoto utilizzata nello studio per applicare pressioni inferiori alla pressione atmosferica.



**Fig. 3** - Capillare inserito nel sostegno costruito per il posizionamento orizzontale.



**Fig. 4** - Sostegno utilizzato per il posizionamento verticale dei campioni.



**Fig. 5** - Analisi allo stereomicroscopio a 15 ingrandimenti dell'inequivocabile chiusura dell'imbocco del capillare riscaldato su una fiamma.

GRUPPO A	Pressione = 0; posizione orizzontale; 7 giorni
GRUPPO B	Pressione = 0; posizione apertura in alto; 7 giorni
GRUPPO C	Pressione = 0; posizione apertura in basso; 7 giorni
GRUPPO D	Pressione = -5 kPa; posizione orizzontale; 30 min
GRUPPO E	Pressione = -36 kPa; posizione orizzontale; 30 min
GRUPPO F	Pressione = -68 kPa; posizione orizzontale; 30 min
GRUPPO G	Pressione = -5 kPa; posizione apertura in basso; 30 min
GRUPPO H	Pressione = -36 kPa; posizione apertura in basso; 30 min
GRUPPO I	Pressione = -68 kPa; posizione apertura in basso; 30 min

**Tab. 1** - Riepilogo dei 9 gruppi sperimentali in cui sono stati suddivisi i campioni utilizzati nello studio. Per ogni gruppo vengono citate nell'ordine il valore della pressione negativa utilizzata, la posizione dei campioni e il tempo di immersione in colorante.

kPa = kiloPascal; min = minuti

- GRUPPO E: capillari posizionati orizzontalmente sotto pressione ridotta di -36 kPa per 30 minuti;
- GRUPPO F: capillari posizionati orizzontalmente sotto pressione ridotta di -68 kPa per 30 minuti;
- GRUPPO G: capillari posizionati verticalmente con l'orifizio aperto posto verso il basso sotto pressione ridotta di -5 kPa per 30 minuti;
- GRUPPO H: capillari posizionati verticalmente con l'orifizio aperto posto verso il basso sotto pressione ridotta di -36 kPa per 30 minuti;
- GRUPPO I: capillari posizionati vertical-

mente con l'orifizio aperto posto verso il basso sotto pressione ridotta di -68 kPa per 30 minuti.

Per quanto riguarda i tempi di immersione dei campioni e l'intensità della pressione utilizzata, si è fatto riferimento ai parametri più frequenti in letteratura.

I capillari sono stati quindi stabilizzati sui supporti e così preparati sono stati immersi in blu di metilene al 2%. I contenitori dei gruppi che dovevano essere lasciati a pressione atmosferica per 7 giorni sono stati coperti e conservati al chiuso a 37 °C, mentre i contenitori assegnati agli altri gruppi sono stati inseriti in successione in una camera

stagna collegata ad una pompa da vuoto e portati alle pressioni stabilite per 30 minuti. I contenitori con il colorante sono stati tolti dalla camera ed i campioni sono stati rimossi accuratamente, tenendoli sempre sulle loro basette, in modo che non fosse alterata la loro inclinazione nè tantomeno fossero manipolati. Successivamente, i campioni, tolti dai loro supporti, sono stati asciugati esternamente con carta assorbente e quindi osservati in modo da identificare il livello di infiltrazione raggiunto (Figg. 6 e 7): questo è stato misurato come valore lineare e come percentuale della lunghezza del capillare, mediante osservazione allo ste-





Fig. 6 - Capillari con diversi gradi di infiltrazione.

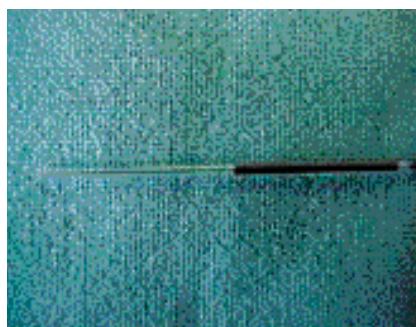


Fig. 7 - Particolare di un capillare infiltrato.

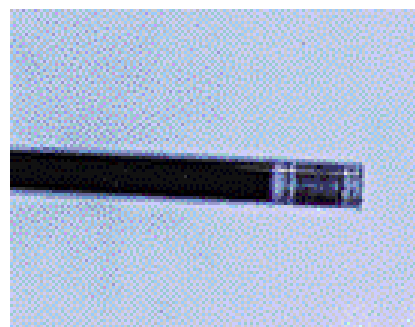


Fig. 8 - Immagine allo stereomicroscopio a 6 ingrandimenti di un capillare completamente infiltrato.

reomicroscopio a 6 e 15 ingrandimenti (Fig. 8) e appoggiando il campione su un'apposita ottica, che consente la misurazione con un'approssimazione di 0,1 mm. Per l'analisi statistica sono stati utilizzati il test di Friedman ed il test di Wilcoxon con livelli di significatività  $p < 0,001$ .

## RISULTATI

I valori di infiltrazione ottenuti sono stati riportati nella tabella 2 ed i risultati di tutti i gruppi sono stati riportati graficamente nelle

figure 9 e 10.

Valutando il grado di infiltrazione, sono state riscontrate differenze significative tra i diversi gruppi, mentre all'interno dei singoli gruppi si è avuta una omogeneità di risultati molto elevata; la Deviazione Standard (DS) è stata in media molto bassa, corrispondendo ad un valore medio di tutti i gruppi di 0,08.

A pressione atmosferica i campioni posizionati orizzontalmente (gruppo A) hanno subito un'infiltrazione pari a zero (0 cm; DS = 0) nella totalità dei casi; nei campioni aperti verso l'alto (gruppo B) si è riscontrata sempre infiltrazione completa (4 cm; DS = 0) e nei campioni aperti verso il basso (grup-

po C) si è verificata una infiltrazione minima limitata all'imbocco dei capillari (media infiltrazione = 0,26 cm; DS = 0,03).

Si è verificata una differenza di infiltrazione statisticamente significativa ( $p < 0,001$ ) tra i gruppi A (orizzontale; pressione atmosferica) e C (verticale, apertura in basso; pressione atmosferica) ed il gruppo B (verticale, apertura in alto; pressione atmosferica), ma non tra il gruppo A ed il C ( $p > 0,1$ ).

Nei gruppi in cui sono state utilizzate pressioni ridotte, si è notato che l'infiltrazione è stata proporzionale alle pressioni utilizzate e non dipendente dal fatto che i campioni fossero orizzontali o verticali aperti verso il basso. Infatti, nel gruppo D (orizzontale; -5

Campioni	Gruppi								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	0	4	0,31	0,1	1,23	2,65	0,63	1,45	2,71
2	0	4	0,24	0	1,25	2,95	0,55	1,45	2,81
3	0	4	0,31	0	1,39	2,81	0,4	1,2	2,68
4	0	4	0,21	0	1	2,75	0,7	1,5	2,85
5	0	4	0,25	0	0,65	2,59	0,45	1,35	2,75
6	0	4	0,24	0	0,93	2,6	0,58	1,3	2,6
7	0	4	0,25	0	1,1	2,43	0,61	1,42	2,7
8	0	4	0,31	0,1	1,17	2,57	0,43	1,25	2,54
9	0	4	0,28	0	1,1	2,85	0,66	1,38	2,85
10	0	4	0,27	0	1,18	2,6	0,41	1,4	2,82
Ctrl+ a	NO (0)	ok (4)	ok (4)	NO (2,6)	NO (1,3)	ok (4)	ok (4)	ok (4)	ok (4)
Ctrl+ b	NO (0)	ok (4)	ok (4)	NO (2,7)	NO (1,25)	NO (3,1)	ok (4)	ok (4)	ok (4)
Ctrl- a	ok (0)	ok (0)	ok (0)	ok (0)	ok (0)	ok (0)	ok (0)	ok (0)	ok (0)
Ctrl- b	ok (0)	ok (0)	ok (0)	ok (0)	ok (0)	ok (0)	ok (0)	ok (0)	ok (0)
Media Inf.	0	4	0,267	0	1,1	2,68	0,542	1,37	2,731
DS	0	0	0,03498	0,04216	0,20445	0,15635	0,11124	0,09534	0,10567

Tab. 2 - Risultati dell'infiltrazione riscontrata nei diversi gruppi sperimentali. Sono presenti i valori dell'infiltrazione subita dai campioni espressi in cm. I valori dell'infiltrazione dei campioni controllo sono citati tra parentesi ed espressi in cm. La lunghezza effettiva dei campioni dopo sigillatura risulta essere di 4 cm.

Ctrl+ = controllo positivo; Ctrl- = controllo negativo; DS = deviazione standard; Inf. = infiltrazione

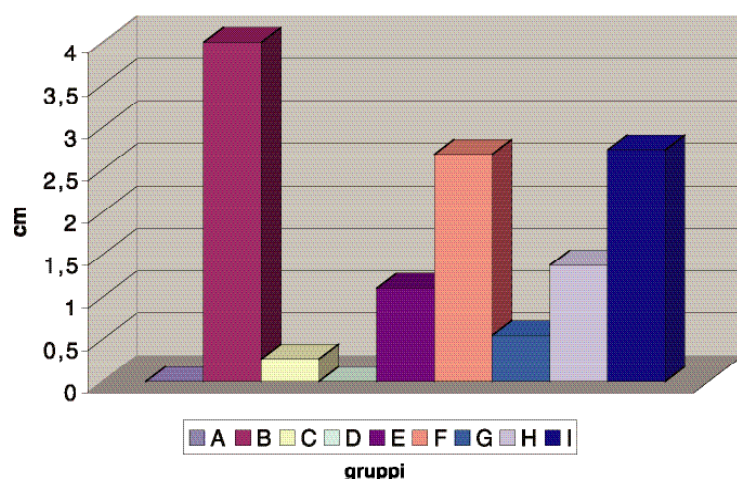


Fig. 9 - Visualizzazione grafica della media dell'infiltrazione riscontrata nei 9 gruppi sperimentali.

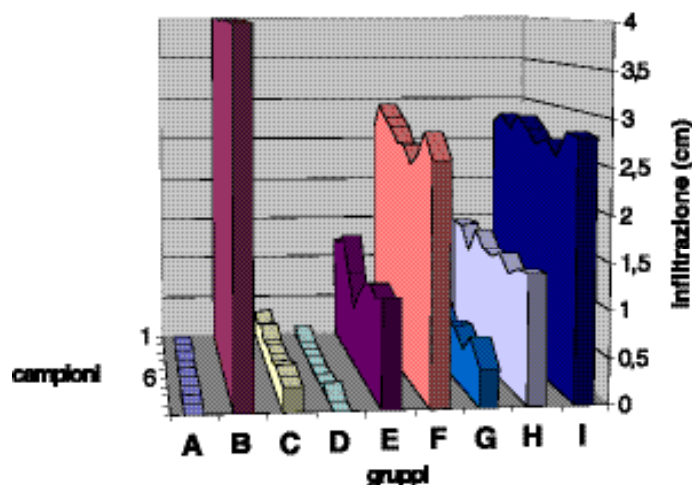


Fig. 10 - Visualizzazione grafica dell'infiltrazione riscontrata nei 9 gruppi sperimentali.

kPa-media infiltrazione = 0 cm; DS = 0,04) e nel gruppo G (verticale, apertura in basso; -5 kPa - media infiltrazione = 0,54 cm; DS = 0,11) la penetrazione di colorante è stata pressoché nulla (0-10%), praticamente uguale a quella dei campioni posti nella stessa posizione a pressione atmosferica (gruppi A e C). I capillari dei gruppi E (orizzontale; -36 kPa - media infiltrazione = 1,1 cm; DS = 0,2) e H (verticale, apertura in basso; -36 kPa - media infiltrazione = 1,37 cm; DS=0,09) si sono infiltrati per una per-

tuale della loro lunghezza che è stata intorno al 30% per il primo e al 37% per il secondo gruppo, con una ripetitività dei risultati importante. Nei gruppi F (orizzontale -68 kPa - media infiltrazione = 2,68 cm; DS = 0,15) ed I (verticale, apertura in basso; -68 kPa-media infiltrazione = 2,73 cm; DS = 0,1), in cui è stata utilizzata una riduzione di pressione quasi doppia rispetto a quella del gruppo E e del gruppo H, si è riscontrata un'infiltrazione dei capillari intorno al 70% della loro lunghezza, con valori che

quindi sono poco più del doppio rispetto ai gruppi precedenti. Si è notata perciò una proporzionalità diretta tra i risultati ottenuti e le pressioni utilizzate (Fig. 11).

Sono stati riscontrati valori di infiltrazione statisticamente simili ( $p > 0,1$ ) tra il gruppo D (orizzontale) ed il gruppo G (verticale, apertura in basso), entrambi a pressione -5 kPa, così come tra il gruppo E (orizzontale) ed il gruppo H (verticale, apertura in basso) a -36 kPa e tra il gruppo F (orizzontale) ed il gruppo I (verticale, apertura in basso) a -68 kPa. Questo indica che quando si utilizzano le diverse pressioni negative, così come a pressione atmosferica, non c'è grande differenza se i campioni sono orizzontali o verticali aperti verso il basso.

Nei gruppi di capillari posizionati orizzontalmente non si è riscontrata differenza statisticamente significativa ( $p > 0,1$ ) tra il gruppo A (pressione atmosferica) ed il gruppo D (-5 kPa), mentre una tale differenza ( $p < 0,001$ ) si è avuta tra questi due gruppi (A e D) ed il gruppo E (-36 kPa), tra i due gruppi (A e D) ed il gruppo F (-68 kPa) ( $p < 0,001$ ) e tra i gruppi E e F ( $p < 0,001$ ). In ogni caso, all'aumentare della riduzione di pressione nell'infiltrazione aumentava proporzionalmente, segno di intima correlazione tra l'entità della riduzione di pressione utilizzata ed il livello dell'infiltrazione.

Anche nei campioni posizionati verticalmente con l'apertura verso il basso non si è riscontrata una differenza statisticamente significativa ( $p > 0,1$ ) tra i gruppi a pressione atmosferica (gruppo C) ed a pressione ridotta di -5 kPa (gruppo G), mentre si è riscontrata differenza statisticamente significativa ( $p < 0,001$ ) tra questi due gruppi (C e G) ed il gruppo H (-36 kPa), tra i due gruppi (C e G) ed il gruppo I (-68 kPa) ( $p < 0,001$ ) e tra il gruppo H ed il gruppo I ( $p < 0,001$ ). Anche in questo caso però, come per i campioni posizionati orizzontalmente, all'aumentare della riduzione di pressione aumentava proporzionalmente l'infiltrazione, segno di intima correlazione tra l'entità della pressione utilizzata ed il livello dell'infiltrazione.

Tutti i controlli negativi non hanno mai subito alcuna infiltrazione. Si può quindi affermare che entrambe le metodiche utilizzate per sigillare i campioni si sono rivelate efficaci. Per quanto riguarda i controlli positivi posizionati verticalmente, in tutti i casi essi si sono infiltrati completamente, mentre per quanto riguarda i controlli positivi posizionati orizzontalmente è accaduto che nei gruppi D (-5 kPa), E (-36 kPa) ed F (-68 kPa) i capillari non si sono infiltrati completa-

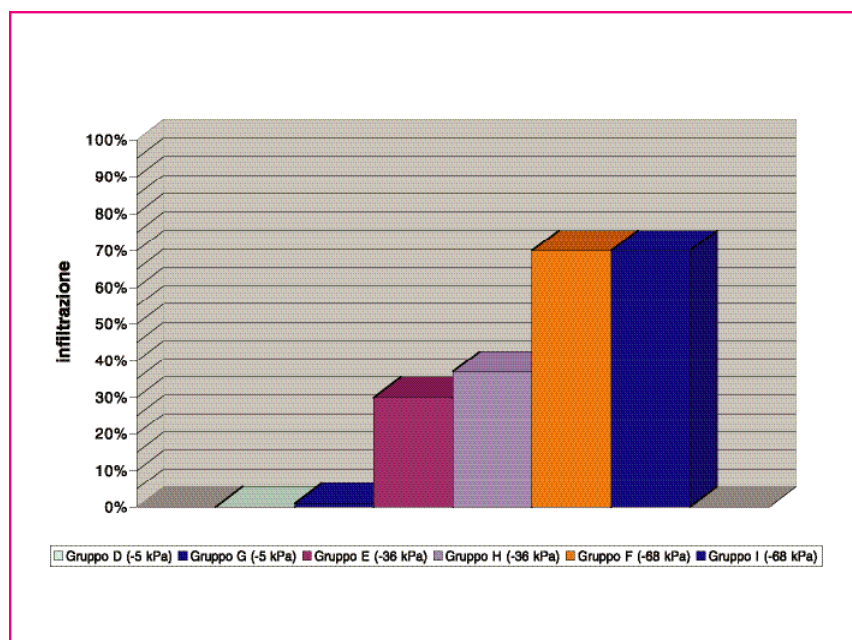


Fig. 11 - Visualizzazione grafica della correlazione proporzionale presente tra le pressioni negative utilizzate e l'entità dell'infiltrazione.

mente tranne in un caso nel gruppo F. In alcuni casi questi capillari si sono infiltrati solo ad un imbocco per una determinata lunghezza, mentre in altri si è riscontrata una bolla d'aria tra le due infiltrazioni ad entrambi gli imbocchi. A questo punto, quindi, abbiamo deciso di verificare l'infiltrazione di ulteriori 10 capillari completamente aperti, posizionati orizzontalmente, alla massima riduzione di pressione consentita dall'apparecchiatura utilizzata in questo studio (-90 kPa). Anche in questi campioni però non siamo riusciti ad ottenere una infiltrazione completa: era infatti costante la presenza di una bolla d'aria, anche se di pochi millimetri, all'interno di una infiltrazione avvenuta ad entrambi gli imbocchi dei capillari.

## DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Analizzando il gran numero di studi sull'infiltrazione apicale e coronale delle otturazioni endodontiche, sembra generalmente accettato che la valutazione dell'infiltrazione di particelle o soluzioni tra il materiale da otturazione e le pareti canalari sia un metodo affidabile per la valutazione del sigillo

ottenuto (3, 9). Fino ad oggi, però, la letteratura sull'argomento, sia pur ricca e complessa, non sembra portare a conclusioni univoche riguardo le modalità di esecuzione di queste prove e non sono stati ancora messi a punto protocolli standard. Lo studio *in vitro* del *microleakage* su elementi naturali è influenzato dalle variazioni anatomiche e dalle caratteristiche della dentina, cosicché per ricercare condizioni sperimentali ripetibili, le prove vengono spesso eseguite in canali standard di dentina artificiale (10) o in blocchi di plexiglas (11, 12). In questo tipo di campioni viene effettuata, nella maggioranza dei casi, un'otturazione per simulare l'interfaccia tra materiale e canale. Nel nostro lavoro sono stati utilizzati capillari di vetro di dimensioni molto ridotte, senza l'uso di un materiale da otturazione, per poter eliminare le variabili legate alla struttura dentale e ai materiali stessi, simulando dei vuoti standard facilmente riproducibili. Questo tipo di campione era stato precedentemente utilizzato in altri quattro studi (13-16), ma con modalità e scopi diversi. Per quel che riguarda la posizione dei campioni, si sono ottenute differenze statisticamente significative nei gruppi in cui l'apertura del capillare era rivolta verso l'alto rispetto alle altre posizioni (orizzontale e verticale con apertura verso il basso), con un li-

vello di infiltrazione pressoché completo. I nostri risultati sono in accordo con quanto riscontrato da Dickson e Peters (14) e Katz et al. (17), mentre non coincidono con i risultati ottenuti da Goldman et al. (18), i quali riscontrarono infiltrazioni simili nelle tre diverse posizioni.

Sono stati esclusi dai gruppi presi in analisi i campioni posizionati verticalmente con l'apertura verso l'alto sottoposti a riduzione di pressione, perché i campioni così concepiti si erano infiltrati completamente già a pressione atmosferica.

Appare chiaro che l'infiltrazione di colorante viene influenzata dal fenomeno dell'aria intrappolata nei vuoti che si vengono a creare tra il materiale da otturazione e le pareti canalari; l'aria impedisce al colorante di penetrare completamente e porta a sottostimare la reale entità della potenziale infiltrazione (13, 18-21). L'utilizzo di una riduzione di pressione in questo tipo di studi potrebbe quindi essere fondamentale per eliminare l'aria intrappolata all'interno dei vuoti. Nel nostro studio, infatti, l'entità dell'infiltrazione è risultata proporzionale all'entità della riduzione di pressione, con differenze statisticamente significative tra utilizzo di un'elevata riduzione di pressione e la pressione atmosferica. Questo è in accordo con i risultati ottenuti da Kazemi e Spangberg (22). Nel gruppo sottoposto ad una pressione di poco inferiore rispetto alla pressione atmosferica, invece, i nostri risultati non coincidono con quelli di questi ultimi Autori, in quanto essi hanno affermato che anche una minima riduzione della pressione determina un'estesa infiltrazione, mentre nel nostro studio questo non si è evidenziato.

Con l'applicazione di pressioni ridotte, si è riscontrato un notevole aumento dell'infiltrazione rispetto all'immersione dei campioni nel colorante a pressione atmosferica. Tuttavia non si è sempre avuta infiltrazione completa dei capillari, anche nel caso di alcuni controlli positivi. All'applicazione del vuoto non è seguita quindi un'automatica infiltrazione completa dei campioni, come invece era stato riscontrato da altri Autori (13, 15, 18, 20) e come ci saremmo aspettati, soprattutto per quanto riguarda i controlli positivi. Infatti, una volta eliminata l'aria dai capillari mediante la creazione di un vuoto spinto, si sarebbe dovuta verificare senza difficoltà un'infiltrazione completa. Si può ipotizzare che ciò sia dipeso dal fatto che il vuoto è stato applicato con i campioni già immersi in colorante, cosa che potrebbe in

qualche modo aver impedito la completa fuoriuscita dell'aria intrappolata all'interno dei capillari. Ciò può portare alla conclusione che gli studi nel cui protocollo è stato applicato il vuoto solo dopo aver immerso i capillari in colorante o, nei quali questo parametro non viene specificato, potrebbero

aver sottostimato l'infiltrazione (7, 12-14, 17, 20, 22-24).

Sarebbe quindi auspicabile, una volta stabiliti i parametri e le metodiche sperimentali più idonei, la creazione di protocolli standard per la valutazione dei materiali attraverso il *dye leakage*, tenendo ben presenti le

limitazioni che questi studi comportano, ma non potendo prescindere dal ragionevole convincimento che un migliore sigillo ottenuto *in vitro* da un materiale rispetto ad un altro offra comunque maggiori garanzie per la resa clinica del materiale stesso a parità di condizioni cliniche.

## BIBLIOGRAFIA

1. Kidd EAM. Microleakage: a review. *J Dent* 1976; 4:199-205.
2. Sjogren U, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of ultrasonic root canal instrumentation. *Oral Surg* 1987; 63:366-70.
3. Wu MK, Wessellink PR. Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. *Int Endod J* 1993; 26:27-43.
4. Al-Ghamdi A, Wennberg A. Testing of sealing ability of endodontic filling materials. *Endod Dent Traumatol* 1994; 10:249-55.
5. Malooley J, Patterson SS, Kafrawy A. Response of periapical pathosis to endodontic treatment in monkeys. *Oral Surg* 1979; 47:545-54.
6. Taylor MJ, Lynch E. Microleakage. Review. *J Dent* 1992; 20:3-10.
7. Oliver CM, Abbott PV. Correlation between clinical success and apical dye penetration. *Int Endod J* 2001; 34:637-44.
8. Karagoz-Kucukay I, Kucukay S, Bayirli G. Factors affecting apical leakage assessment. *J Endod* 1993; 19:362-5.
9. Saunders WP, Saunders EM. Coronal leakage as a cause of failure in root-canal therapy: a review. *Endod Dent Traumatol* 1994; 10:105-8.
10. Kersten HW, Ten Cate JM, Exterkate RAM, Moorer WR, Thoden van Velzen SK. A standardized leakage test with curved root canals in artificial dentine. *Int Endod J* 1988; 21:191-99.
11. Chohayeb AA. Comparison of conventional root canal obturation techniques with Therafil obturators. *J Endod* 1992; 18:10-2.
12. Pathomvanich S, Edmunds DH. Variation in the microleakage produced by four different techniques in root fillings in a simulated root canal model. *Int Endod J* 1996; 29:156-62.
13. Oliver CM, Abbott PV. Entrapped air and its effects on dye penetration of voids. *Endod Dent Traumatol* 1991; 7:135-8.
14. Dickson SS, Peters DD. Leakage evaluation with and without vacuum of two gutta-percha fill techniques. *J Endod* 1993; 19:398-403.
15. Masters J, Higa R, Torabinejad M. Effects of vacuuming on dye penetration patterns in root canals and glass tubes. *J Endod* 1995; 21:332-4.
16. Kontakiotis EG, Georgopoulou MK, Morfis AS. Dye penetration in dry and water-filled gaps along root fillings. *Int Endod J* 2001; 34:133-6.
17. Katz A, Rosenwasser R, Tamse A. Root positioning and leakage to dye in extracted teeth using reduced pressure. *Int Endod J* 1998; 31:63-6.
18. Goldman M, Simmonds S, Rush R. The usefulness of dye-penetration studies re-examined. *Oral Surg* 1989; 67:327-32.
19. Maloff A, Lipton S, Goldman S. The fallability of dye studies to determine leakage [abstract 1489]. *J Dent Res* 1982; 61:344.
20. Spangberg 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.
21. Spradling PM, Senia ES. The relative sealing ability of paste-type filling materials. *J Endod* 1982; 8:543-9.
22. Kazemi RB, Spangberg LSW. Effect of reduced air pressure on dye penetration in standardized voids. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radio Endod* 1995; 80:720-5.
23. Tamse A, Katz A, Kablan F. Comparison of apical leakage shown by four different dyes with two evaluating methods. *Int Endod J* 1998; 31:333-7.
24. Wimonchit S, Timpawat S, Vongsavan N. A comparison of techniques for assessment of coronal dye leakage. *J Endod* 2002; 28:1-4.