

IMPACT OF THE IRRIGATION TECHNIQUE ON THE DEEP PENETRATION OF THE IRRIGATION SOLUTION IN THE DENTINAL TUBULES: *AN IN VITRO STUDY*

Nadine El-Haddad*

Abstract

The irrigation of the endodontic system depends on two factors: the irrigant and the method of irrigation. Sodium Hypochlorite remains the irrigant of choice of the endodontist. Its ultrasonic activation has proven to improve its cleaning ability on the walls. Its effect on bacteria inside dentinal tubules still needs to be investigated. To measure the degree of penetration inside the tubules, the use of a dye marker with static and dynamic methods is compared.

Keywords: Sodium hypochlorite – Dentinal tubules – Dye marker – Ultrasonics

IAJD 2010;1(1):5-11.

INCIDENCE DE LA TECHNIQUE D'IRRIGATION SUR LA PÉNÉTRATION EN PROFONDEUR DE LA SOLUTION D'IRRIGATION DANS LES TUBULES DENTINAIRES. *ÉTUDE IN VITRO*

Résumé

L'irrigation du système canalaire dépend de deux facteurs importants: l'agent irrigant et la méthode d'irrigation. L'hypochlorite de sodium demeure jusqu'à présent la solution d'irrigation de choix en endodontie. Son activation ultrasonore semble avoir amélioré son pouvoir nettoyant surtout sur les parois. Son effet sur les bactéries survivant dans les tubules dentinaires reste à explorer. Pour tester son degré de pénétration dans les tubules, l'irrigation avec un colorant est comparée en utilisant des méthodes statique et dynamique.

Mots clés: Hypochlorite de sodium – Tubules dentinaires – Colorant – Ultrasons

IAJD 2010;1(1):5-11.

* Dr. Chir. Dent.,
Master en Endodontie,
Chargé de stage clinique, Faculté de médecine dentaire,
Université Saint-Joseph
nadine.elhaddad@usj.edu.lb

Introduction

L'hypochlorite de sodium demeure la solution d'irrigation principale en endodontie. En effet c'est la seule solution capable de dissoudre les tissus organiques nécrosés ou vivants en plus d'un puissant pouvoir antibactérien (Estrela et coll 2002).

Les tentatives pour rendre cette solution encore plus efficace n'ont pas cessé ; comme de lui augmenter la concentration. Vu sa toxicité (Hülsmann et coll 2000) et ses effets irritants à haute concentration, ainsi que son effet sur la diminution de la dureté de la dentine (Marending et coll 2007), d'autres moyens ont été recherchés tels que la baisse du pH ou l'élévation de sa température (Peters et coll. 2006).

Les ultrasons sont venus par la suite s'ajouter aux différents protocoles d'irrigation dans le but d'agiter la solution et de l'amener dans les anfractuosités et les zones non instrumentées du système canalaire (Meltzer et Montgomery 1989, Lee et coll 2004).

Le problème des irrégularités étant en principe résolu, les études s'intéressent actuellement à la pénétration du désinfectant dans les tubules dentinaires vu la capacité de certaines bactéries à s'y réfugier (Siqueira et coll 1996). Ces bactéries pouvant être responsables de l'échec dans certains cas (Peters et coll 2001).

Le but de cette étude est de mesurer puis de comparer in vitro la pénétration de la solution d'irrigation mélangée à de la fuchsine dans les tubules dentinaires en utilisant trois méthodes différentes d'irrigation : la seringue (irrigation conventionnelle), l'irrigation ultrasonore et l'agitation de la solution à l'aide d'un cône de gutta percha.

Matériels et méthodes

Cinquante dents humaines monoradiculées maxillaires et mandibulaires ont été sélectionnées pour cette étude. Les dents présentant des courbures accentuées ont été exclues et seules les dents à un seul canal ont été choisies et stockées dans une solution de sérum physiologique à 0.9%. Pour faciliter la manipulation et standardiser les longueurs de travail, les racines sont sectionnées dans leur partie coronaire à 15mm. Les canaux sont ensuite instrumentés avec une lime K10, 15 et 20 (Dentsply Maillefer® CH-1338 Ballaigues Suisse) à la longueur de travail avec passage

des gates glidden n°1,2,3 (Dentsply Maillefer® CH-1338 Ballaigues Suisse). Les deux tiers coronaires sont évasés avec l'Endoflare (MicroMega® 5-12 rue du Tunnel, Besançon Cedex, France). L'irrigation entre chaque instrument se fait avec l'hypochlorite de sodium (Clorox®) à 2%. Le foramen apical est élargi jusqu'au diamètre 40/100 avec une conicité réalisée à l'aide du passage du protaper F3 à la longueur de travail et F4 à 0,5 mm de la longueur (Protaper ®Dentsply Maillefer® CH-1338 Ballaigues Suisse).

La solution d'irrigation finale est préparée en mélangeant une solution de 100ml de NaOCl à 2% à 5g d'acide fuchsine. Les dents sont montées ensuite verticalement dans une boîte en polystyrène pour recevoir le protocole d'irrigation finale et traitées par 17% EDTA Smear Clear® (1332 South lone Hill Avenue Glendora, CA 91760) pendant 1 minute afin d'éliminer l'enduit pariétal.

Le groupe I comporte 16 dents dont les canaux sont irrigués à l'aide de 9ml de NaOCl pendant 3 minutes comme suit : irrigation à l'aide d'une seringue 3ml et aiguille monoject® (Sherwood Medical, St Louis, MO, USA), 21mm, 27G, à un débit de 3 ml par minute. Chaque canal est donc irrigué avec 3 seringues.

Le groupe II comporte 16 dents dont les canaux sont irrigués à l'aide de 8ml de NaOCl pendant 3 minutes comme suit : irrigation ultrasonore à l'aide de l'instrument ultrasonore ESI® endosoft (EMS), non coupant à base de NiTi. L'irrigation est intermittente c'est-à-dire l'activation de l'instrument ultrasonore est anticipée et suivie par 2ml de NaOCl, et alternée toutes les 20 secondes par 2ml de NaOCl aussi. L'instrument est introduit à moins 1 mm de la longueur de travail et activé sans contact avec les parois (irrigation ultrasonore passive).

Le groupe III comporte 16 dents dont les canaux sont irrigués à l'aide de 10ml de NaOCl pendant 5 minutes comme suit : la solution d'irrigation est agitée avec un maître cône (cône gutta Medium-precise®) adapté à 0,5 mm de la longueur de travail 100 fois en « push pull ». Les mouvements du cône sont précédés et suivis par un rinçage avec 2ml de NaOCl toutes les 25 fois.

Après rinçage final, les dents sont asséchées à l'aide de cônes en papiers puis sont montées au laboratoire dans des étuis en plastique et laborées dans une résine photopolymérisable.

Incluses dans la résine polymérisée, les dents sont coupées avec un microtome à trois niveaux; une coupe à 1 mm de l'apex, une coupe à la jonction tiers apical-tiers moyen ou à 5mm de l'apex, et une coupe à la jonction tiers moyen-tiers coronaire ou à 10mm de l'apex. L'épaisseur des coupes est d'environ 1 mm. Les trois coupes de chaque dent sont collées sur une lame en verre. Les dents sont désignées par les lettres A à P et leurs coupes par les chiffres 1 à 3.

Les coupes sont ensuite numérisées sur ordinateur à l'aide d'une caméra digitale à haute résolution (Nikon® Coolpix S550, 10 Mégapixels) puis analysées en utilisant le programme AutoCAD 2006 pour la mesure des surfaces. Les résultats ont été prélevés en pourcentage de surface pénétrée par la solution d'irrigation finale (hypochlorite mélangé à la fuchsine) par rapport à la surface totale de la coupe (Fig. 1).

Analyse statistique

Le traitement des informations recueillies est effectué à l'aide du logiciel statistique « SPSS for Windows » (Version 15.0, Inc., Chicago, IL).

Des tests de Student (One-Sample t Test) de comparaison d'une moyenne observée à une moyenne théorique ont été réalisés. Les tests statistiques sont bilatéraux. Une analyse de variance à mesures répétées (Mixed Between-Within Subjects Analysis of Variance) a été réalisée suivie par des tests univariés et des comparaisons multiples de Bonferroni. L'unité statistique étant la section. La normalité de la distribution a été vérifiée par le test de Kolmogorov Smirnov et l'égalité des variances a été vérifiée par le test de Levene.

Résultats

Les résultats ont été répertoriés dans trois tableaux représentant les trois différents groupes. Les pourcentages correspondant respectivement à la section réalisée au tiers apical, moyen et coronaire figurent dans la colonne (1), (2) et (3) des tableaux.

La table 1 représente les résultats du groupe I; la table 2 représente les résultats du groupe II et la table 3 représente les résultats du groupe III.

Quant aux résultats statistiques, la comparaison des pourcentages de pénétration avec 0 a montré que 'la solution d'irrigation a pénétré dans les différentes sections réalisées au niveau de la dent et dans toutes les techniques d'irrigation utilisées'.

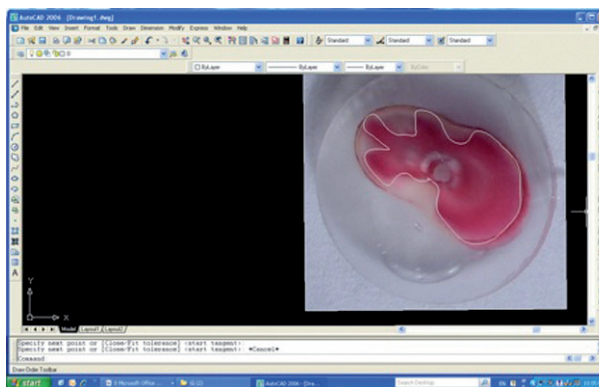


Fig. 1 : système AutoCAD 2006 utilisé pour mesurer les surfaces.

TABLEAU I
Pourcentages de surface du groupe I

Numéro de la dent	(1)	(2)	(3)
A	1%	41%	94%
B	7%	82%	71%
C	5%	21%	6%
D	13%	29%	13%
E	17%	95%	83%
F	5%	71%	91%
G	31%	81%	41%
H	21%	78%	89%
I	6%	63%	91%
J	18%	71%	85%
K	27%	12%	68%
L	22%	22%	71%
M	25%	73%	96%
N	22%	91%	97%
O	47%	23%	86%
P	6%	59%	79%

TABLEAU 2
Pourcentages de surface du groupe II

Numéro de la dent	(1)	(2)	(3)
A	58%	9%	45%
B	41%	65%	87%
C	17%	23%	3%
D	19%	42%	82%
E	9%	51%	59%
F	23%	39%	76%
G	16%	35%	65%
H	31%	36%	4%
I	26%	58%	35%
J	5%	69%	86%
K	60%	52%	62%
L	20%	47%	69%
M	42%	46%	61%
N	0%	13%	11%
O	45%	35%	21%
P	80%	27%	12%

TABLEAU 3
Pourcentages de surface du groupe III

Numéro de la dent	(1)	(2)	(3)
A	16%	46%	80%
B	8%	37%	30%
C	13%	64%	72%
D	11%	70%	80%
E	17%	6%	76%
F	9%	78%	98%
G	3%	18%	87%
H	15%	10%	39%
I	11%	18%	65%
J	5%	89%	99%
K	13%	24%	96%
L	63%	68%	92%
M	72%	31%	9%
N	10%	52%	17%
O	26%	7%	32%
P	48%	43%	43%

La comparaison des pourcentages entre eux a montré qu'il n'existe pas un effet d'interaction significatif entre les deux facteurs technique d'irrigation et sections au niveau de la dent ($p = 0.159$, test univarié, Conditions de sphéricité de Mauchly est satisfaite, $p = 0.215$). Cela veut dire que le pourcentage moyen de surface pénétrée par la solution d'irrigation au niveau des différentes sections réalisées au niveau de la dent varie de la même manière selon la technique d'irrigation (Fig. 2).

Cette analyse a de plus montré qu'il existe une différence significative entre les pourcentages moyens globaux de surface pénétrée par la solution d'irrigation au niveau des sections apicale, moyenne, et coronaire ($p = 0.000$, tests univariés).

Il n'existe pas de différence significative entre les techniques d'irrigation ($p = 0.419$) (Fig. 2).

D'autre part, la différence entre les pourcentages moyens de surface pénétrée par la solution d'irrigation dans les tiers coronaire, moyen et apical entre les trois méthodes d'irrigation n'a pas été statistiquement significative.

Finalement, le pourcentage moyen de surface pénétrée par la solution d'irrigation dans le tiers apical est statistiquement inférieur à 50%.

Par contre, quelle que soit la méthode d'irrigation utilisée, le pourcentage moyen de surface pénétrée par la solution d'irrigation dans les tiers moyen et coronaire est statistiquement supérieur ou égal à 50%.

Discussion

Dans cette étude, les tests de Student ont montré que la solution a pénétré dans les différentes sections réalisées et dans toutes les techniques similairement à d'autres études.

Cela peut être expliqué par l'élimination de la couche de smear layer qui joue un rôle dans l'augmentation de la perméabilité dentinaire et permet donc le passage des solutions d'irrigation dans les tubules (Hülsmann et coll 2003).

Le protocole utilisé afin d'éliminer la smear layer est de 1 minute d'EDTA à 17%. Cela est suffisant pour éliminer presque toute la smear layer. Les protocoles qui proposent 3 minutes d'application présentent plusieurs désavantages : d'une part, le temps de travail clinique est prolongé et d'autre part il existe un risque d'interaction résultant en une précipitation de cristaux de phosphate de calcium à l'intérieur des tubules ce qui diminue la per-

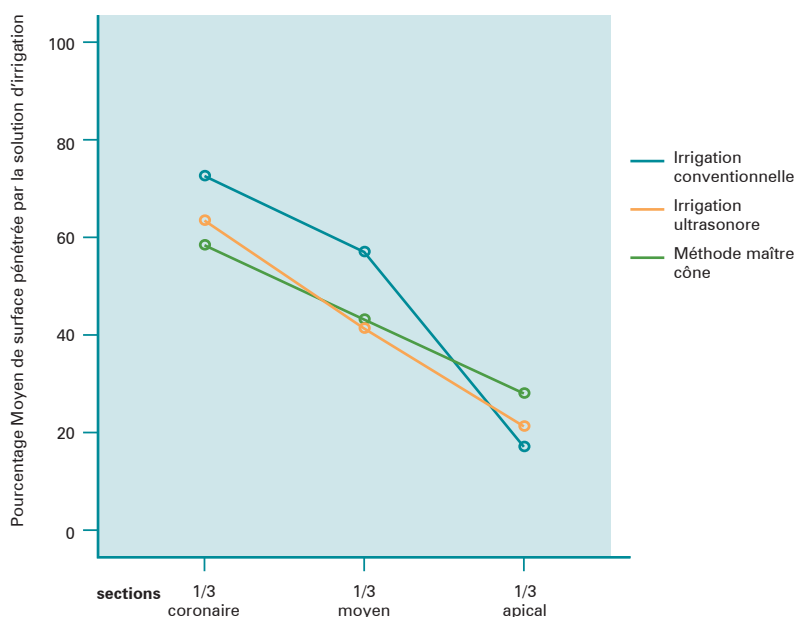


Fig. 2 : représentation graphique des pourcentages moyens de surface pénétrée par la solution d'irrigation au niveau des trois tiers de la racine.

méabilité. Sans oublier l'effet des chélateurs longtemps appliqués sur la dureté de la dentine (Hülsmann et coll 2003).

Les pourcentages moyens globaux diminuent significativement en allant du tiers coronaire au tiers apical dans les trois techniques. En effet, la dentine apicale est relativement moins perméable car fréquemment hyperminéralisée ou sclérosée (Hülsmann et coll 2003). C'est pour cette raison qu'il est très difficile cliniquement de nettoyer le tiers apical (Abbott et coll 1991).

À noter que, l'élargissement canalaire effectué dans l'étude (diamètre apical 40/100 + conicité) augmente l'efficacité des différents systèmes. Dans la méthode conventionnelle, l'irrigation efficace d'un canal préparé à un diamètre 30 ou 40 nécessite une aiguille de 27G à 3 mm de l'apex (Hsieh et coll 2007). Pour l'irrigation ultrasonore, la conicité du canal et sa largeur améliorent davantage l'effet d'élimination (Lee et al 2004,2005).

Bien que le pourcentage moyen de surface pénétrée par la solution au niveau du tiers apical soit plus élevé avec l'irrigation ultrasonore, la différence entre les pourcentages moyens de surface pénétrée n'a pas été significative. Cela peut être dû à la puissance faible (échantillon petit).

Cela ne contredit pas la majorité des études qui avantagent l'irrigation ultrasonore par rapport à l'irrigation conventionnelle (Metzler & Montgomery 1989, Cheung & Stock 1993, Huque et coll 1998, Spoletti et coll 2003, Lee et coll 2004b, Gutarts et coll 2005, Passarinto-Neto et coll 2006, van der Sluis et coll 2006, Sena et coll en 2006, Carver et coll 2007).

Pour Carver et coll (2007), le fait d'utiliser l'irrigation ultrasonore n'a pas d'effet si le flux de NaOCl n'est pas continu. Les résultats en faveur des ultrasons sont dus à ce système en particulier. Alors que pour Van der Sluis (2006), il n'est pas nécessaire de faire de l'irrigation continue pendant l'agitation ultrasonore, son renouvellement chaque minute est suffisant.

D'autre part, l'irrigation ultrasonore donne les meilleurs résultats apicalement car le phénomène 'd'ondes acoustiques' est plus intense en amplitude et en vitesse dans la région apicale de l'instrument (Ahmad et coll 1987).

À noter que le protocole opératoire utilisé dans cette étude est très complexe vu la quantité de NaOCl utilisée (8 à 10 ml par groupe pour le rinçage final) et le temps consacré pour le faire (3 à 5 minutes en fin de

travail) ainsi que la fréquence de renouvellement du NaOCl, acte que le praticien n'aimerait pas réaliser sauf si les résultats sont très prometteurs.

Peters et coll (2001) ont trouvé que dans 62% des cas *in vivo*, les bactéries sont présentes dans des couches proches du ciment. C'est pour cela qu'il est important que la solution d'irrigation pénètre très profondément dans l'épaisseur de la dentine radiculaire.

Dans cette étude, le pourcentage moyen de surface pénétrée est statistiquement supérieur à 50% dans les tiers coronaire et moyen. Alors qu'apicalement il est statistiquement inférieur.

Hauser et coll (2007) utilisent dans leur étude un système hydrodynamique d'irrigation 'Rinsendo®' pour améliorer la pénétration dans les tubules. Ils obtiennent dans 15% des cas seulement une pénétration inférieure à 50% comparé à 39% pour l'irrigation conventionnelle. Les résultats sont satisfaisants sauf que les mesures sont effectuées d'une façon linéaire et non dans l'ensemble de la surface et en plus le système hydrodynamique présente un haut risque d'extrusion apicale.

L'acide fuschine utilisé a une taille moléculaire plus grande que le NaOCl ($585.54 \text{ g mol}^{-1} > 74.45 \text{ g mol}^{-1}$). Pour cette raison, il se peut que le NaOCl ait pénétré plus profondément que le colorant. Il faudrait encore approfondir ce sujet car il y a la possibilité que la fuschine puisse agir sur la tension superficielle du NaOCl. La tension superficielle baisse si on ajoute des agents mouillants. Ceci permet au NaOCl de s'étendre davantage sur la dentine et de pénétrer dans les tubules (Zehnder 2006).

Des études très récentes (Huang et coll 2008) ont montré l'influence directe de la méthode d'agitation du maître cône sur l'élimination de la couche de collagène déposée *in vitro* simulant les biofilms. Cette méthode étant classifiée dynamique face à l'irrigation conventionnelle classifiée statique.

Une dernière étude publiée en Juillet 2008 (McGill et coll), a montré une meilleure performance de la méthode maître cône appelée méthode dynamo-manuelle par rapport à la méthode utilisant le système hydrodynamique Rinsendo® appelée méthode dynamo-automatisée. Ces deux dernières étant meilleures par rapport à la méthode conventionnelle mais toujours en évaluant leur capacité à éliminer la couche de collagène des parois simulant les biofilms. Les études investiguant

la pénétration de l'irrigant en profondeur dans les tubules demeurent très rares.

À noter que dans ces études (Huang et coll 2008, McGill et coll 2008), la méthode du maître cône consiste en deux séries de 100 push-pull; chose non évidente en fin de traitement. Mais l'avantage sur l'application ultrasonore serait la disponibilité, la facilité d'application et le coût réduit de la méthode.

D'autres études, comportant un plus grand nombre de dents, seront nécessaires pour mettre en relief la différence entre les méthodes statiques et dynamiques diverses surtout concernant la pénétration transversale (effet nettoyant dans les tubules) et non la pénétration canalaire en profondeur (effet nettoyant sur les parois).

Conclusion

Le rôle de l'irrigation dans le nettoyage canalaire demeure primordial. Toutes les recherches se penchent actuellement sur les modalités de son amélioration. La pénétration de la solution d'irrigation est aussi très étudiée. Beaucoup d'études ont été effectuées dans le sens corono-apical. Quant à la pénétration intratubulaire, les études sont encore peu nombreuses.

Concernant la profondeur de pénétration intratubulaire, les résultats de notre étude n'ont pas montré de différence statistiquement significative entre la méthode conventionnelle « statique » et d'autres méthodes dites « dynamiques ».

Il serait souhaitable à l'avenir que cette dimension ne soit pas négligée.

Références

1. Estrela C, Estrela C RA, Barbin EL, Spanó JCE, Marchesan MA, Pécora JD. Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Braz Dent J* 2002; 13(2):113-117.
2. Hülsamnn M, Hahn W. Complications during root canal irrigation –literature review and case reports. *Int Endod J* 2000; 33: 186-93.
3. Marending M, Luder HU, Brunner TJ, Stark WJ, Zehnder M. Effect of sodium hypochlorite on human root dentine—mechanical, chemical and structural evaluation. *Int Endod J* 2007; 40(10):786-93.
4. Ove A, Peters, Peters CI. Cleaning and shaping of the root canal system (Ch9) in Stephen C, Hargreaves Kenneth M. *Pathways of the pulp*. Ninth edition. Mosby, 2006 :318-348.
5. Metzler RS, Montgomery S. The effectiveness of ultrasonics and calcium hydroxide for the debridement of human mandibular molars. *J Endod* 1989; 15(8):373-378.
6. Lee SJ, Wu MK, Wesselink PR. The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from different-sized simulated plastic root canals. *Int Endod J* 2004; 37: 607-612.
7. Siqueira JF, De Uzeda M, Fonseca MEF. A scanning electron microscopy evaluation of in vitro dentinal tubules penetration by selected anaerobic bacteria. *J Endod* 1996; 22(6):308-310.
8. Hülsmann M, Heckendorff M, Lennon A. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *Int Endod J* 2003; 36: 810-830.
9. Abbott PV, Heijkoop PS, Cardaci SC, Hume WR. An SEM study of the effects of different irrigation sequences and ultrasonics. *Int Endod J* 1991; 24: 308-316.
10. Hsieh YD, Gau CH, Kung Wu SF, Shen EC, Hsu PW et Fu E. Dynamic recording of irrigating fluid distribution in root canals using thermal image analysis. *Int Endod J* 2007; 40: 11-17.
11. Lee SJ, Wu MK, Wesselink PR. The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from human root canals prepared using instruments of varying taper. *Int Endod J* 2005; 38: 764-768.
12. Carver K, Nusstein J, Reader A, Becker M. In vivo antibacterial efficacy of ultrasound after hand and rotary instrumentation in human mandibular molars. *J endod* 2007; 33(9):1038-1043.
13. Van der Sluis LWM, Gambarini G, Wu MK, Wesselink PR. The influence of volume, type of irrigant and flushing method on removing artificially placed dentine debris from the apical root canal during passive ultrasonic irrigation. *Int Endod J* 2006; 39: 472-7.
14. Ahmad M, Pitt Ford TR, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: an insight into the mechanisms involved. *J Endod* 1987; 13: 93-101.
15. Peters LB, Wesselink PR, Buijs JF, van Winkelhoff AJ. Viable bacteria in root dentinal tubules of teeth with apical periodontitis. *J Endod* 2001; 27(2):76-81.
16. Hauser V, Braun A, Frentzen M. Penetration depth of a dye marker into dentine using a novel hydrodynamic system (RinsEndo). *Int Endod J* 2007; 40: 644-652.
17. Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod* 2006; 32(5):389-398.
18. Huang TY, Gulabivala K, Ng YL. A biomolecular film ex-vivo model to evaluate the influence of canal dimensions and irrigation variables on the efficacy of irrigation. *Int Endod J* 2008; 41: 60-71.
19. McGill S, Gulabivala K, Mordan N, Ng YL. The efficacy of dynamic irrigation using a commercially available system (RinsEndo®) determined by removal of a collagen 'bio-molecular film' from an ex vivo model. *Int Endo J* 2008; 41: 602-608.