

THE INFLUENCE OF THE LAYING TECHNIQUE ON THE MARGINAL ADAPTATION OF THE MTA: A COMPARATIVE *IN VITRO* STUDY

Dr. Diana Abla* Dr. Alfred Naaman**

Abstract

Teeth with open apices require a particular approach, which is to create an apical barrier and to hermetically seal large foramina. The objective of this study was to compare, *in vitro*, the apical seal obtained with MTA after its introduction into the canal with two different techniques.

For this purpose, 102 maxillary and mandibular extracted teeth were selected. Root canals were shaped and randomly divided into two groups ($n = 50$ per group). The last five millimeters (mm) were filled with white MTA by two different techniques: MTA powder mixed with distilled water and MTA powder and distilled water introduced separately.

The two "negative control" teeth (1 tooth in each group) were covered with two layers of varnish, including the apical foramen.

The last 6 mm of all samples were immersed in 2% methylene blue dye for 7 days. The dye-penetration was detected by performing horizontal cuts that have been examined with a light microscope ($\times 20$). Statistical analysis performed with independent *t*-test and Fisher exact test showed a significant difference between the two techniques.

Keywords: Percolation - methylene blue - MTA.

IAJD 2011;2(1):19-27.

L'INFLUENCE DE LA TECHNIQUE DE POSE SUR L'ADAPTATION MARGINALE DU MTA: ÉTUDE COMPARATIVE *IN VITRO*.

Résumé

Les dents à apex ouvert nécessitent une approche particulière, qui consiste à créer une barrière apicale pour sceller hermétiquement le foramen généralement très large. L'objectif de cette étude est de comparer, *in vitro*, l'adaptation marginale du MTA, après l'avoir posé avec deux techniques différentes, afin de déterminer laquelle de ces deux techniques est la plus performante.

102 dents monoradiculées maxillaires et mandibulaires ont été sélectionnées pour cette étude. Ces dents ont été mises en forme et divisées en deux groupes ($n=50$). Les cinq derniers millimètres (mm) ont été obturés avec du MTA blanc (Angelus®-Brazil) par deux techniques différentes: poudre de MTA malaxée avec de l'eau distillée, poudre et eau distillée introduites séparément dans le canal. Les deux dents « témoins négatifs » (1 dent pour chaque groupe) ont été recouvertes de deux couches de vernis, y compris le foramen apical. Les 6 derniers mm de tous les échantillons ont été immergés dans du bleu de méthylène à 2 % pendant 7 jours. La percolation du colorant a été mise en évidence en sectionnant horizontalement les racines et en observant les coupes à un grossissement $\times 20$. L'analyse statistique (tests de Student et Exact de Fisher) a révélé une différence significative entre les deux techniques.

Mots clés : percolation apicale - bleu de méthylène - MTA.

IAJD 2011;2(1):19-27.

* Master degree in Endodontics,
Faculty of Dental Medicine, Saint-Joseph University of Beirut.
Diana_ablaa@hotmail.com

** PhD,
Head Department of Endodontics,
Faculty of Dental Medicine, Saint-Joseph University of Beirut.

Introduction

Le traitement endodontique orthograde des dents à apex ouvert est souvent problématique à cause de l'absence de constriction apicale, ce qui rend le scellement apical hermétique presque impossible (Felippe et coll. [1], Weine [2], Matt et coll. [3]). Ces apex très larges sont généralement dus à la formation incomplète

des racines causée par un trauma, une carie ou toute autre pathologie. Le but du traitement endodontique dans ces cas est de créer une barrière apicale et de sceller la communication entre le système canalaire et les tissus périapicaux (Felippe et coll. [1], Torabinejad et coll. [4], Valois et coll. [5], Gancedo-Caravia et coll. [6], Al-Kahtani et coll. [7], Matt et coll. [3], Fogel et coll. [8], Fischer et coll. [9]).

Pour obturer ce type de canaux, divers produits ont été utilisés tels que l'amalgame, le super EBA®, l'IRM®, l'oxyde de Zinc Eugénol et les Verres Ionomères, avec des résultats plus ou moins satisfaisants (Aminoshariae et coll. [10], Torabinejad et coll. [11], Bates et coll. [12], Lee et coll. [13], Fischer et coll. [9], Xavier et coll. [14]).

L'hydroxyde de calcium fut longtemps considéré comme le produit de

choix dans les traitements d'apexification avec cependant plusieurs inconvénients majeurs tels que la durée du traitement (environ 2 ans), la multitude de rendez-vous nécessaires, la fragilité de la barrière apicale obtenue mais aussi le risque de perte du pansement, de recontamination canalaire et surtout de fracture dentaire (Leonardo et al. [15], Felipe et al. [1], Felipe et coll. [16], Martin et coll. [17], Cohen et coll. [18]).

En 1995, Torabinejad et coll. ont introduit un nouveau matériau répondant aux critères du produit d'obturation idéal tels que cités par Gartner et Dorn (Cohen et coll. [19]). Il est stérile, biocompatible, non toxique et induit la formation de tissus durs. En plus de son effet antibactérien, l'apexification avec du MTA (Mineral Trioxide Aggregate) est rapide et peut être réalisée en une séance éliminant ainsi les inconvénients de l'hydroxyde de calcium (Cohen et coll. [19], Felipe et coll. [1], Peters et coll. [20], Nekoofar et coll. [21], De-Deus et coll. [22], Khairallah [23], Lee et coll. [13], Torabinejad et coll. [24], Fischer et coll. [9], Torabinejad et coll. [25], Martin et coll. [17], Hachmeister et coll. [26]). Il induit la formation d'un pont dentinaire sans se dissoudre en présence d'exsudat ou de sang (Cohen et coll. [19], Felipe et coll. [1], Bates et coll. [12], Torabinejad et coll. [27], Torabinejad et coll. [4]). Dès son apparition, le MTA a montré des propriétés supérieures aux autres produits surtout en ce qui concerne l'adaptation marginale (Shipper et coll. [28], Torabinejad et coll. [4], Cohen et coll. [18]).

La pose du MTA étant difficile à réaliser, différentes techniques ont été proposées. Dernièrement, l'endogun a été utilisé - « le Messing Gun® » ou « le Dovgan® » (Vista Dental®-USA)- pour faciliter cette pose.

Il y a actuellement deux techniques de pose du MTA :

- 1- L'introduction du MTA malaxé dans le canal (Torabinejad et coll. [25]).
- 2- L'introduction de la poudre de MTA sans hydratation préalable (Pelliccioni et coll. [29]).

L'objectif de cette étude est de comparer, *in vitro*, l'adaptation marginale du MTA, après l'avoir posé avec deux techniques différentes, afin de déterminer laquelle de ces deux techniques est la plus performante.

Matériels et méthodes

102 dents monoradiculées fraîchement extraites ont été sélectionnées et conservées dans une solution saline afin d'éviter la déshydratation. Les dents ont été immergées dans 5,25% de NaOCl pendant 10 minutes pour éliminer tous les résidus tissulaires. Toute dent présentant une fracture radiculaire, une carie radiculaire ou un traitement endodontique a été exclue. Un cliché radiographique pris sous une incidence méso-distale a permis de s'assurer de la présence d'un seul canal.

Préparation des dents

La cavité d'accès a été préparée à l'aide de fraises Endo-access 802® puis Endo-Z®, montées sur turbine sous un spray continu air-eau. La longueur de travail a été déterminée en introduisant une lime K 10 (Dentsply®) jusqu'à l'apex. Quand elle apparaît au foramen, on la retire légèrement et on obtient la longueur de travail (LT). La mise en forme a été réalisée par la technique du step-back, les canaux ont été évasés au niveau des deux tiers coronaires à l'aide des Gates Glidden n° 1, 2 et 3 (Dentsply®). Le foramen apical a été élargi jusqu'au diamètre 80/100 dans un but de standardisation, puis la longueur radiculaire a été standardisée à 15 millimètres.

Mise en forme canalaire

Tous les canaux ont été mis en forme selon la séquence suivante par la technique du step-back :

- On a ajusté toutes les limes K 15-20-25-30-35 (Dentsply®) à la LT, et on les a fait travailler l'une après l'autre.
- On a fait travailler les Gates Glidden (Dentsply®) n° 1, 2 et 3 dans les deux tiers coronaires.

- On a fait travailler les « Protapers » F1, F2 et F3 (Protaper®, Dentsply®, Suisse), successivement à la longueur de travail.

Puis on a élargi le foramen jusqu'au diamètre 80 à l'aide du F3 (en le dépassant de 7mm).

- Irrigation avec un total de 10 ml de NaOCl à 5,25% puis avec 1 ml d'EDTA à 17% pendant une minute. Le canal est enfin séché avec des « pointes en papier ».

Pose du MTA

Des blocs en alginate ont été réalisés pour simuler le desmodonte contre lequel sera posé le MTA (Angelus®, Brazil).

Les dents ont été divisées en deux groupes de 50; les 5 derniers millimètres du canal des dents de chaque groupe ont été obturés par deux techniques différentes. Le MTA a été introduit à l'aide d'un endogun « Dovgan® » (vista-dental®, USA) et condensé avec un plugger de Schilder® n°3.

Un coton humide a été posé pour 4 heures dans la chambre pulpaire des dents traitées pour que le MTA achève sa prise.

Des radiographies de contrôle ont été réalisées pour s'assurer de l'uniformité et de la densité du MTA.



Fig. 1 : dovgan®.

Répartition des dents

Les dents ont été divisées de façon aléatoire en 2 groupes de 50 dents chacun.

- Groupe 1 (50 dents): la poudre de MTA blanc a été malaxée avec de l'eau distillée selon les recommandations du fabricant (MTA1), puis introduite dans les 5 derniers millimètres du canal avec un « Dovgan® » (Vista-dental®, USA) et condensée à l'aide d'un plugger de Schilder® n° 3.
- Groupe 2 (50 dents): la poudre de MTA blanc a été introduite dans

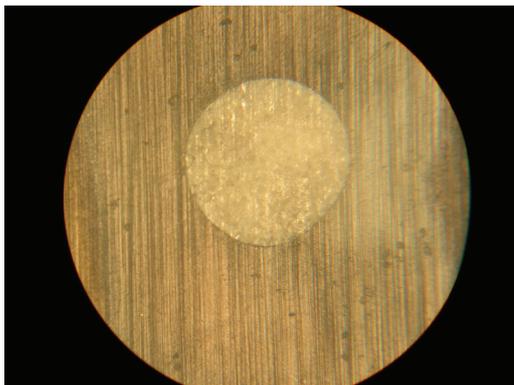


Fig. 2a : absence totale du colorant.

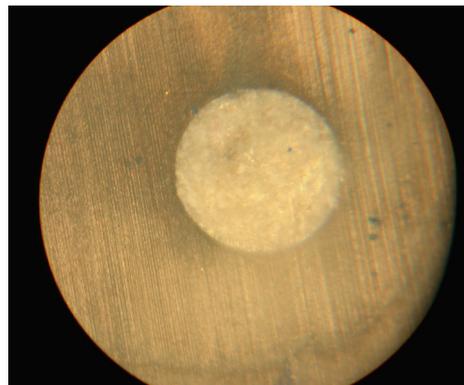


Fig. 2b : le colorant occupe moins que la moitié du périmètre.

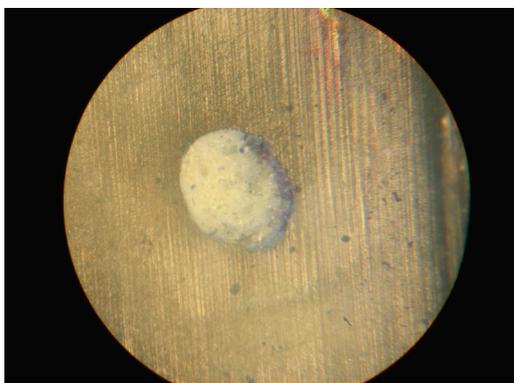


Fig. 2c : le colorant occupe plus que la moitié du périmètre.



Fig. 2d : le colorant occupe la totalité du périmètre.

les 5 derniers millimètres (MTA2) du canal à l'aide d'un « Dovgan® » (Vista-dental®, USA) puis l'eau distillée a été ajoutée avec une microbrosse.

- Groupe de contrôle négatif (2 dents): les 5 derniers millimètres ont été obturés avec du MTA par les deux techniques.

Les dents ont été recouvertes de 2 couches de vernis à l'exception des 5 derniers millimètres. Les dents du contrôle négatif ont été totalement recouvertes.

Protocole expérimental

Les dents ont été collées sur une plaque de cire avec leurs 6 millimètres apicaux immergés dans le bleu de méthylène à 2% pendant 7 jours. Le bleu de méthylène a été renouvelé toutes les 48 heures. Après 7 jours, les

dents ont été lavées avec de l'eau distillée puis séchées à l'air. Le vernis a été éliminé par grattage avec une spatule Woodson®.

Les dents ont été incluses dans des blocs en résine polymérisée à l'aide d'une machine à polarisation à deux lampes, bleue et jaune (Exact®, Germany) afin de réaliser des coupes horizontales à trois niveaux: 1mm, 2mm et 3mm de l'apex, à l'aide d'un microtome (Exact®, Cutting Grinding système, Germany) (Wu et coll. [30], Kim et coll. [31]). Chaque coupe a été collée sur une plaque de verre à l'aide d'une colle séchée à l'aide d'un appareil à lumière bleue (Exact®, Germany). Les coupes ont été examinées à l'aide d'un microscope optique (Olympus®, Optical Co. Japan) à un grossissement $\times 20$. Les résultats ont été groupés

dans des tableaux (Aminoshariae et coll. [10]).

Les deux premiers tableaux grouperont les codes suivants :

1 : code indiquant l'absence du colorant.

2 : code indiquant sa présence.

Les deux derniers tableaux grouperont les codes suivant (en utilisant une variable quantitative discrète), l'examen étant réalisé par deux observateurs (Aminoshariae et coll. [10]):

1 : code pour l'absence du colorant (Fig. 2a).

2 : le colorant s'étend sur moins que la moitié du périmètre du canal (Fig. 2b).

3 : le colorant s'étend sur plus que la moitié du périmètre du canal (Fig. 2c).

4 : le colorant occupe tout le périmètre du canal (Fig. 2d).

		1 mm de l'apex	2 mm de l'apex	3 mm de l'apex
MTA Poudre et liquide malaxés	N Amplitude Moyenne ± Ecart-Type	50 coupes 1 – 4 2.83 ± 1.01	50 coupes 1 – 4 2.29 ± 0.98	50 coupes 1 – 4 2.21 ± 0.98
MTA Poudre et liquide non malaxés	N Amplitude Moyenne ± Ecart-Type	50 coupes 1.5 – 4 3.11 ± 0.83	50 coupes 1.5 – 4 3.01 ± 0.85	50 coupes 1 – 4 2.83 ± 0.97

Tableau 1: amplitude, moyenne et écart-type du score de pénétration de colorant au niveau des coupes.

Etude statistique

La reproductibilité globale des scores entre les deux examinateurs a été étudiée, suivie par celle des scores au niveau de chaque groupe MTA poudre et liquide malaxés ou MTA poudre et liquide non malaxés. La reproductibilité a été étudiée par le coefficient de corrélation ICC (Intraclass correlation) avec un intervalle de confiance à 95%.

La première analyse comparative quantitative a comparé la moyenne des scores de pénétration du colorant entre les coupes des dents obturées avec le « MTA poudre et liquide malaxés » et « MTA poudre et liquide non malaxés ». Cette comparaison a concerné les coupes distantes de 1 mm, de 2 mm, de 3 mm de l'apex, et puis l'ensemble des coupes. Les tests de Student pour les séries indépendantes « *independent t test* » ont été réalisés. La normalité de la distribution des scores a été vérifiée par le test de Kolmogorov-Smirnov et l'égalité des variances par le test de Levene.

D'autres analyses comparatives quantitatives ont été réalisées afin de comparer chacune des moyennes des scores de pénétration du colorant au niveau des coupes à 1 mm, 2 mm, et 3 mm de l'apex et pour chacun des deux groupes de MTA avec la valeur 1 (contrôle). La moyenne de pénétration du colorant observée au niveau des coupes a été comparée à une moyenne théorique 1, qui suppose l'absence de colorant et ceci par des tests de Student.

Une analyse comparative qualitative a été aussi réalisée. Le pourcentage de coupes des scores 1, 2, 3, et 4 dans le groupe MTA (P+L malaxés) a été comparé à celui du pourcentage de coupes des scores 1, 2, 3, et 4 dans le groupe MTA (P+L non malaxés).

Cette comparaison relative aux coupes distantes de 1 mm, de 2 mm, de 3 mm de l'apex a été suivie d'une autre plus globale.

Des tests Exact de Fisher et un test de chi deux ont été réalisés.

Il est à noter pour commencer que le seuil de signification retenu correspond à $p \leq 0.05$.

Résultats

La reproductibilité des scores

La reproductibilité des scores entre les deux examinateurs pour les 300 coupes était élevée, ainsi que celle pour les 150 coupes des dents obturées par le MTA poudre et liquide malaxés. Par contre, la reproductibilité des scores entre les deux examinateurs pour les 150 coupes des dents obturées par le MTA poudre et liquide non malaxés est moyenne.

L'analyse comparative qualitative

La pénétration du colorant au niveau des coupes distantes de 1 mm de l'apex a été statistiquement identique dans les deux types de malaxage du MTA. Par contre la pénétration du colorant au niveau des coupes distantes de 2 et de 3 mm de l'apex a été statistiquement plus grande au niveau du MTA où la poudre et le liquide ne sont pas malaxés.

La pénétration du colorant pour la totalité des coupes est représentée par le tableau 1 et la figure 3.

Les analyses comparatives quantitatives des scores

Les résultats de l'analyse comparative de la moyenne des scores sont représentés par la figure 4. De même, les résultats de l'analyse comparative des pourcentages des coupes des scores 1, 2, 3, 4 au niveau du groupe MTA (P+L malaxés) et MTA (P+L non malaxés) pour les coupes distantes de 1, 2 et 3 mm de l'apex sont représentés par les histogrammes 1, 2 et 3, respectivement.

Discussion

L'objectif principal de l'obturation canalaire est de sceller hermétiquement toutes les portes de sortie, isolant ainsi le système canalaire de son environnement desmodontal. Selon les principes énoncés par H. Schilder en 1967, il est essentiel pour obtenir ce résultat de garder le diamètre foraminaire le plus petit possible, avec une conicité allant *crescendo* de la partie apicale jusqu'à l'infundibulum (Schilder H. [32]). Dans certains cas, la constriction apicale est absente (dent immature ou résorption) et la conicité est impossible à obtenir; dans de telles situations, la création d'une barrière apicale dans le but de confiner le produit d'obturation endodontique à l'intérieur du canal et d'éviter ainsi des dépassements incontrôlables dans le périapex est impérative. Pour répondre à ces exigences cliniques mais surtout

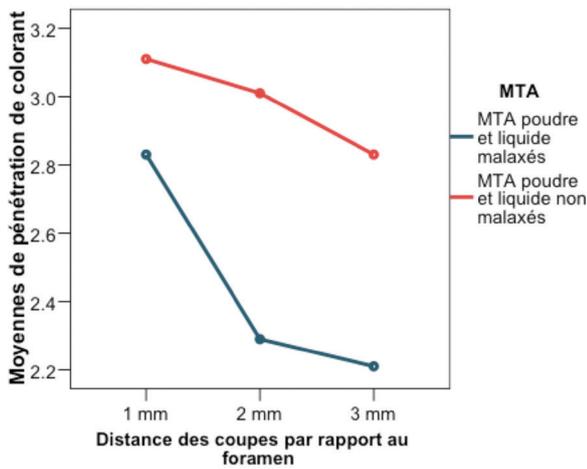
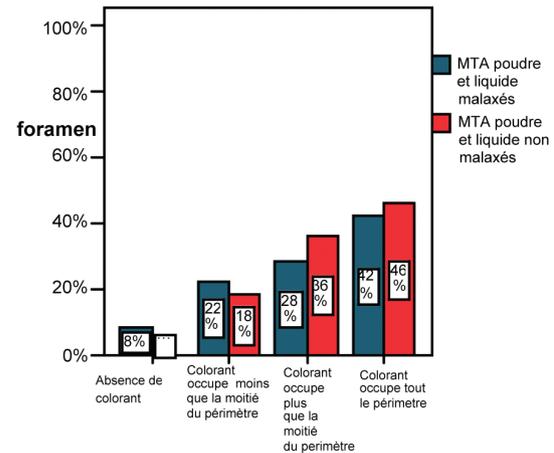
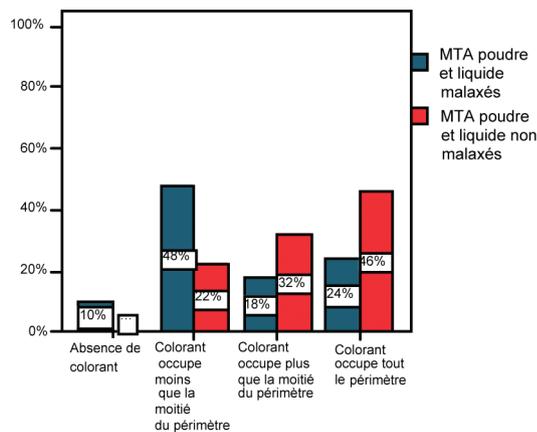


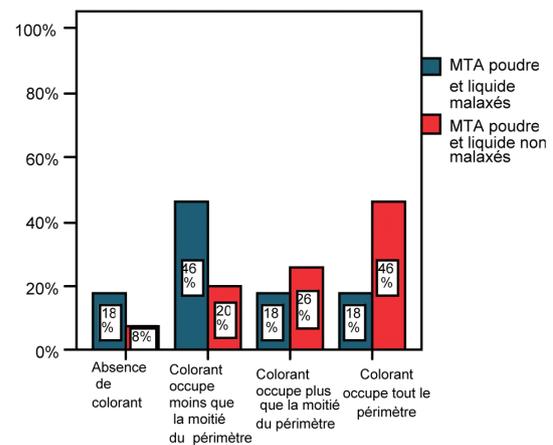
Fig. 3: profil moyen des scores moyens de pénétration du bleu de méthylène.



Histogramme1 : pourcentage des coupes à 1 mm de l'apex.



Histogramme2 : pourcentage des coupes à 2 mm de l'apex.



Histogramme3 : pourcentage des coupes à 3 mm de l'apex.

biologiques, divers produits d'obturation ont été testés, sans résultat réellement satisfaisant. Le MTA introduit en endodontie au début des années 1990 par Torabinejad a la prétention de répondre à ces exigences étant donné ses qualités éprouvées et approuvées (Pelliccioni et coll. [29], Matt et coll. [3]).

Le MTA se présente sous la forme d'une poudre constituée d'oxydes métalliques et d'eau distillée malaxés et introduits dans le canal. Le produit a ainsi été utilisé jusqu'à ce que Pelliccioni et coll. en 2007 aient voulu modifier la technique conventionnelle, dans le but de faciliter l'introduction

du MTA considéré difficile à manipuler (Pelliccioni et coll. [29]). Cette technique a consisté à introduire la poudre directement dans le canal sans malaxage préalable avec l'eau distillée en supposant que les liquides périapicaux puissent jouer le rôle de l'eau au contact de la poudre.

En considérant ces nouvelles données, cette étude compare l'adaptation marginale du MTA introduit dans le canal selon deux techniques différentes; l'une conventionnelle proposée par Torabinejad et l'autre plus récente, introduite par Pelliccioni et coll. en 2007.

Pour comparer cette adaptation marginale, la pénétration du bleu de méthylène retenu a été mesurée, quoique, actuellement, les études utilisant la percolation constituent l'objet d'une polémique grandissante. En fait, plusieurs méthodes ont été jusqu'à présent utilisées pour évaluer la percolation apicale telle que la pénétration des colorants, des isotopes, des bactéries ou de leurs toxines ainsi que l'infiltration des fluides et d'autres méthodes électrochimiques (Pommel et coll. [33]).

Il faut rappeler que depuis les années 1990, des doutes sérieux ont

été émis quant à la fiabilité de ces différentes techniques. Wu et coll. [30,34] ont montré que les résultats de l'infiltration des fluides et de la percolation bactérienne peuvent être influencés par différents facteurs et ne sont pas reproductibles. Pour cela, ils ont proposé la mesure du volume du colorant pour obtenir une variable quantitative et se rapprocher ainsi de la réalité clinique. Cependant, depuis 2007 le « Journal of Endodontics » refuse la publication des études mettant en jeu la percolation, sous le prétexte d'une absence de corrélation entre les techniques *in vitro* et la réalité *in vivo* [35].

Cette décision s'est fondée en fait sur les études publiées par Wu et coll. [30,34], Barthel et coll. [36], Camps et coll. [37] et bien d'autres qui ont affirmé que ces tests de percolation ne répondaient pas aux critères requis.

Toutefois, cette opinion ne fait pas l'unanimité; pour De-Deus [38], il existe toujours une corrélation entre le statut *in vivo* et les tests de laboratoire et il n'est pas justifié d'abolir de notre palette expérimentale tous les tests de percolation.

Susini et coll. [39] ont, eux aussi, relevé l'absence de corrélation entre la percolation apicale *ex vivo* et la présence des lésions périradiculaires *in vivo*, mais ceci pourrait être due au nombre limité de dents (84 dents) utilisés dans leur étude. Ainsi, ils ont affirmé que les tests de percolation donnent une idée de la qualité du scellement canalair et non du succès de ce scellement. Cette constatation est en accord avec l'opinion d'Oliver et coll. [40] et Tóbon-Arroyave et coll. [41], qui considèrent que les tests de percolation *ex vivo* fournissent des informations concernant le potentiel de percolation d'un produit et ne peuvent pas être directement comparés à la percolation *in vivo*.

Dans notre étude, nous avons choisi le bleu de méthylène à 2% en nous référant aux études de Wu et coll. [30], Barthel et coll. [36] et De-Deus et coll. [38] qui ont mis l'accent sur le rôle des toxines dans l'échec du traite-

ment endodontique, d'où la nécessité d'utiliser un traceur de taille similaire.

Pour Kim et coll. [31], les particules de l'encre d'inde sont plus larges que celles du bleu de méthylène même si elles peuvent pénétrer dans l'interface du canal et du produit d'obturation. C'est le cas aussi de la rhodamine B qui a été utilisée dans les tests de percolation pendant des années (Torabinejad et coll. [27]).

En fait, le choix du colorant doit se baser sur la taille de ses molécules qui doit être proche de la taille moléculaire des toxines bactériennes. Selon Oliver et coll. [40], la taille des particules du bleu de méthylène est semblable à celle des substances bactériennes comme l'acide butyrique qui peut passer dans le périapex et irriter les tissus périapicaux. De même, De-Deus et coll. [38] ont signalé qu'une corrélation existe entre la percolation du bleu de méthylène *in vitro* et la percolation des toxines bactériennes *in vivo*. C'est ainsi que notre choix s'est fixé sur le bleu de méthylène (Oliver et coll. [40], Vizgirda et coll. [42], G. Matt et coll. [3]).

Les dents ont été immergées dans le bleu de méthylène à 2% pendant sept jours consécutifs, les études ayant montré qu'une immersion inférieure à 3 jours ne donnait aucun résultat (Rahimi et coll. [43], Vizgirda et coll. [42], Matt et coll. [3]). En plus, Wu et coll. [30] ont montré que la profondeur de pénétration du colorant dépendait aussi de la concentration de ce dernier: plus la concentration augmente, plus la pénétration est profonde.

Concernant la section des échantillons, Wu et coll. [34], Barthel et coll. [36], Camps et coll. [37], Susini et coll. [39] et De-Deus et coll. [38] ont montré que les coupes longitudinales des dents ne permettaient de visualiser qu'une partie limitée du canal, risquant ainsi de fausser l'observation. Pour cela, nous avons choisi de réaliser des coupes transversales pour permettre l'examen de tout le périmètre du canal à 1, 2 et 3mm de l'apex.

Dans une étude comparative, Camps et coll. [37] ont utilisé la

pénétration du colorant pour évaluer l'étanchéité apicale de quatre ciments de scellement canalair; ils n'ont pas trouvé de différence significative entre ces quatre ciments. Ce résultat fut attribué à la méthodologie utilisée et va à l'encontre de nos résultats puisque nous avons trouvé une différence significative entre les deux techniques de pose du MTA en utilisant la pénétration du bleu de méthylène. Cette différence serait due au type de la variable utilisée ainsi qu'au nombre d'observateurs. Dans notre étude, nous avons utilisé deux variables; l'une qualitative et l'autre quantitative discrète, en accord avec les recommandations de Wu et coll. [34].

Le MTA que nous avons utilisé se présente sous forme de poudre qui, selon les recommandations du fabricant, doit être malaxée avec de l'eau distillée. Pour chaque gramme de poudre on ajoute 0,33g d'eau distillée (Fridland et coll. [44]).

D'après Al-Hezaimi et coll. [45, 46], une concentration de 50mg/ml du MTA a un effet antibactérien et antifongique; cet effet diminue avec la diminution de la concentration. Par contre, la concentration a un effet inversement proportionnel à la solubilité du MTA. En se basant sur ces données, quand on utilise la poudre sans la malaxer avec l'eau, il est impossible de déterminer la quantité de liquide qui entre en contact avec la poudre introduite dans le canal, ce qui peut influencer négativement l'effet antibactérien et antifongique du produit. En effet, quand une grande quantité de liquide entre en contact avec le MTA, elle modifie sa solubilité entraînant, par conséquence, la diminution de son adaptation marginale. Ceci explique les résultats du MTA, malaxé avec de l'eau selon les recommandations du fabricant, qui présente une meilleure adaptation marginale et moins de percolation.

Gancedo-Caravia et coll. [6] ont préconisé un environnement humide pour obtenir une meilleure prise du MTA et un renforcement de ses pro-

priétés. Le choix du coton humide au niveau de la chambre pulpaire s'imposait donc. En fait, les particules du MTA, en présence d'humidité, forment un gel colloïdal hydrophile qui favorise l'expansion de prise améliorant ainsi l'adaptation marginale du produit. La performance clinique du MTA peut être influencée par différents facteurs comme la dissolution de la couche externe du produit en présence d'humidité mais celle-ci est minime dans les conditions *in vivo* (Davis et coll. [47], Kubo et coll. [48], Tóbon-Arroyave et coll. [41]).

Pour l'introduction du MTA, nous nous sommes référés aux analyses de Hachmeister et coll. [26] qui ont signalé que la percolation du MTA pouvait être influencée par la technique d'obturation orthograde ou rétrograde du produit. En effet, lorsque le MTA est placé à *retro*, comme l'a fait Pelliccioni, la vision directe permet de s'assurer de la qualité de la condensation, alors que l'obturation orthograde du MTA utilisée dans notre protocole est d'habitude plus difficile à réaliser. En fait, la condensation orthograde souffre de l'absence de résistance à l'apex et le contrôle est seulement radiographique. En plus, l'anatomie canalaire peut, elle aussi, compliquer l'accès au foramen. Les résultats obtenus dans notre étude ont montré une différence significative en faveur du MTA (poudre et eau malaxées), contrairement à ceux obtenus par Pelliccioni et coll. [29] qui n'ont pas relevé de différence.

Pour tenter d'expliquer cette disparité des résultats, il est nécessaire de considérer aussi l'épaisseur du MTA dans le canal. En effet cette épaisseur peut être à l'origine de la différence des résultats entre l'étude de Pelliccioni et la nôtre. En fait, Pelliccioni et coll. [29] ont utilisé une épaisseur de 3mm. Les résultats de Rahimi et coll. [43] sont en faveur de cette épaisseur car en comparant trois épaisseurs de MTA (1mm, 2mm et 3mm), ils ont conclu qu'une épaisseur de 3mm entraînait moins de percolation qu'une épaisseur de 1 ou 2mm. Ainsi, le pourcentage

de percolation bactérienne pour une épaisseur de 1mm est estimé à 91% sur des monoradiculées et à 20% pour une épaisseur de 4mm (Hachmeister et coll. [26]). Les recherches de Valois et coll. [5] ont confirmé l'étude précédente et ont conclu qu'une épaisseur de 1mm est incapable de prévenir la percolation apicale alors qu'une épaisseur de 4mm constitue une barrière efficace contre la percolation. Dans cette perspective, Al-Kahtani et coll. [7] affirment qu'une épaisseur de 5 mm bloque la percolation bactérienne. Puisque nous avons utilisé le bleu du méthylène, dont les particules sont de taille similaire à celle des toxines et inférieure à celle des bactéries, il était pertinent de choisir une épaisseur de 5mm. En effet, quand elle est inférieure à 5mm, cette épaisseur peut altérer les résultats alors qu'une épaisseur supérieure à 5 mm empêche le produit qui se trouve au milieu de l'obturation de compléter sa prise par manque d'hydratation, affectant ainsi l'herméticité de l'obturation (Vizgirda et coll. [42]).

Une autre explication de la disparité des résultats serait le nombre de dents (102 dans notre étude, 44 dans celle de Pelliccioni et coll.) car la puissance d'un test dépend de la taille de l'échantillon aussi bien que d'autres facteurs (Schurrs et coll. [49]).

La différence trouvée peut-être due aussi au type du MTA utilisé. Il faut noter que le MTA-Angelus® utilisé dans notre étude a une prise beaucoup plus rapide (15 à 20 minutes) comparée au Proroot MTA® dont la prise est de 3 heures. Cette caractéristique peut éliminer le facteur de désintégration de surface responsable de la percolation du MTA (Cohen et coll. [19], Nekoofar et coll. [21]).

La pression utilisée lors de la condensation peut, elle aussi, influencer les résultats. Nekoofar et coll. [21] ont montré qu'une pression élevée diminuait les vides au sein du MTA mais était capable aussi de diminuer le nombre des structures cristallines qui se trouvent au niveau de ces vides.

D'où l'importance d'utiliser une pression modérée pour diminuer autant que possible les vides sans trop affecter les structures cristallines.

Enfin, en ce qui concerne les tests statistiques, nous avons utilisé le *t-test* pour la comparaison des moyennes des scores de pénétration de colorant et les tests Exact de Fisher pour la comparaison des pourcentages de coupes relatives aux différents scores. La normalité de la distribution des scores a été vérifiée par le test de Kolmogorov-Smirnov et l'égalité des variances par le test de Levene avec le seuil de signification $\alpha \leq 0.05$. L'application de ces différents tests s'explique par des variables différentes dans notre étude renforçant nos résultats. Par contre, dans l'étude de Pelliccioni, seuls le test de Levene et le *t-test* ont été appliqués avec $\alpha=0.05$. En plus, Schurrs et coll. [49] ont prouvé que si l'échantillon est petit, même une grande différence dans les résultats n'aboutit pas à une différence statistiquement significative. Ce qui expliquerait aussi cette divergence de résultats. De même, Pelliccioni et coll. [29] n'ont utilisé qu'une seule variable, ce qui peut altérer leurs résultats.

Il est à rappeler que l'objectif de notre étude n'était point de comparer la valeur de la percolation mais de comparer seulement deux techniques pour essayer de discerner la meilleure.

Conclusion

Les résultats que nous avons obtenus ont montré que le MTA, malaxé suivant les recommandations du fabricant (poudre + eau) aboutissait à une meilleure qualité de scellement car le rapport eau/poudre était précis. De même, une fois malaxé, le produit est plus facile à manipuler que si la poudre est introduite séparément, qui a montré plus de vides au sein de l'obturation et plus de percolation. On peut conclure que le MTA malaxé suivant les recommandations du fabricant donne de meilleurs résultats. Toutefois, il serait nécessaire aussi de

varier les tests qui devront prendre en considération des facteurs existant *in vivo*, comme la pression au cours de la mastication, l'humidité au niveau apical et ses conséquences sur la stabilité dimensionnelle du produit afin de por-

ter un jugement plus fiable quant à la meilleure méthode d'introduction du MTA dans le système endodontique, qui lui, est, sans aucun doute, très complexe.

Références

1. Felipe WT, Felipe MCS, Rocha MJC. The effect of mineral trioxide aggregate on the apexification and periapical healing of teeth with incomplete root formation. *Int Endod J* 2006; 39: 2-9.
2. Weine F. Endodontic therapy. Fifth edition. USA: Mosby-Year Book, Inc. 2005: Periapical surgery, Weine F, Bustamante M. 524-525, 537-538.
3. Matt GD, Thorpe JR, Strother JM, McClanahan SB. Comparison study of white and gray mineral trioxide aggregate simulation a one- or two-step apical barrier technique. *J Endodon* 2004; 30: 876-879.
4. Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Ford TR. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J Endodon* 1995; 21: 349-353.
5. Valois CRA, Costa Jr ED. Influence of the thickness of mineral trioxide aggregate on sealing ability of root-end fillings in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Radiol Endod* 2004; 97: 108-111.
6. Gancedo-Caravia L, Garcia-Barbero E. Influence of humidity and setting time on the push-out strength of mineral trioxide aggregate obturations. *J Endodon* 2006; 32: 894-896.
7. Al-Kahtani A, Shostad S, Schifferle R, Bhambhani S. In-Vitro Evaluation of microleakage of an orthograde apical plug of mineral trioxide aggregate in permanent teeth with simulated immature apices. *J Endodon* 2005; 31: 117-119.
8. Forgel HM, Peikoff MD. Microleakage of root-end filling materials. *J Endodon* 2001; 27: 456-458.
9. Fischer EJ, Arens DE, Miller CH. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as compared with Zinc-free amalgam, intermediate restorative material, and super-EBA as a root end filling material. *J Endodon* 1998; 24: 176-179.
10. Aminoshariae A, Hartwell GR, Moon PC. Placement of mineral trioxide aggregate using two different techniques. *J Endodon* 2003; 29: 679-682.
11. Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR, Kettering JD. Cytotoxicity of four root end filling materials. *J Endodon* 1995; 21: 489-492.
12. Bates CF, Carnes DL, Del Rio CE. Longitudinal sealing ability of mineral trioxide aggregate as a root end filling material. *J Endodon* 1996; 22: 575-578.
13. Lee SJ, Monsef M, Torabinejad M. The sealing ability of a MTA for repair of lateral root perforation. *J Endodon* 1993; 19: 541-544.
14. Xavier CB, Weismann R, Oliveira, Demarco FF, Pozza DH. Root end filling materials: apical microleakage and marginal adaptation. *J Endodon* 2005; 31: 539-542.
15. Leonardo MR, Silva LAB, Leonardo RT, Utrilla LS, Assed S. Histological evaluation of therapy using a calcium hydroxide dressing for teeth with incompletely formed apices and periapical lesions. *J Endodon* 1993; 19: 348-352.
16. Felipe MCS, Felipe WT, Marques MM, Antoniazzi JH. The effect of renewal of calcium hydroxide paste on the apexification and periapical healing of teeth with incomplete root formation. *Int Endod J* 2005; 38: 436-442.
17. Martin RL, Monticelli F, Brackett WW et coll. Sealing properties of mineral trioxide aggregate orthograde apical plugs and root fillings in an in vitro apexification model. *J Endodon* 2007; 33(3): 272-275.
18. Cohen S, Burns R. Pathways of the pulp. Ninth edition. Mosby-Year Book, Inc. 2005: The role of endodontics after dental traumatic injuries. Martin T, Lucia B, Chivian N, Sigurdsson A: 616-617.
19. Cohen S, Burns R. Pathways of the pulp. Ninth edition. Mosby-Year Book, Inc. 2005: Instruments, materials and devices. Himel V, McSpadden J, Goodis H: 268.
20. Peters CI, Peters OA. Occlusal loading of EBA and MTA root-end fillings in a computer-controlled masticator: a scanning electron microscopic study. *Int Endod J* 2002; 35: 22-29.
21. Nekoofar MH, Adusei G, Sheykhrezae MS, Hayes SJ, Bryan ST, Dummer PMH. The effect of condensation pressure on selected physical properties of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J* 2007; 40: 453-461.
22. De-Deus G, Reis C, Brando C, Fidel S, Fidel RAS. The ability of Portland cement, MTA and MTA bio to prevent through-and-through fluid movement in repaired furcal perforations. *J Endodon* 2007; 33: 1374-1377.
23. Khairallah I. Thèse. Propriétés, indications et mode d'utilisation du MTA 2001. 69. Université Saint Joseph, 2001.
24. Torabinejad M, Higa RK, McKendry DJ, Pitt Ford TR. Dye leakage of four root end filling materials: effect of blood contamination. *J Endodon* 1994; 4: 159-163.
25. Torabinejad M, Smith PW, Kettering JD, Pitt Ford TR. Comparative investigation of marginal adaptation of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. *J Endodon* 1995; 21: 295-299.
26. Hachmeister, Schindler WG, Walker WA, Thomas DD. The sealing ability and retention characteristics of mineral trioxide aggregate in a model of apexification. *J Endodon* 2002; 28: 386-390.
27. Torabinejad M, Watson TF, Pitt Ford TR. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *J Endodon* 1993; 19: 591-595.

28. Shipper G, Grossman ES, Botha AJ, Cleaton-Jones PE. Marginal adaptation of mineral trioxide aggregate compared with amalgam as a root-end filling material: a low vacuum(LV) versus high-vacuum (HV) SEM study. *Int Endod J* 2004; 37: 325-336.
29. Pelliccioni GA, Vellani CP, Gatto MR, Gandolfi MG, Marchetti C, Prati C. Proroot Mineral trioxide aggregate cement used as a retrograde filling without addition of water: an in vitro evaluation of its microleakage. *J Endodon* 2007; 33: 1082-1085.
30. Wu MK, De Gee AJ, Wesselink PR, Moorer WR. Fluid transport and bacterial penetration along root canal fillings. *Int Endod J* 1993; 26: 203-208.
31. Kim SK, Kim YO. Influence of calcium hydroxide intracanal medication on apical seal. *Int Endod J* 2002; 35: 623-628.
32. Schilder H. Filling root canals in three dimensions. 1967. *J Endodon* 2006; 32: 279-280.
33. Pommel L, Jacquot B, Camps J. Lack of correlation among three methods for evaluation of apical leakage. *J Endodon* 2001; 27: 347-350.
34. Wu MK, Wesselink PR. Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. *Int Endod J* 1993; 26: 37-43.
35. Editorial Board. *J Endodon* 2007; 33(12): 1401-1402.
36. Barthel CR, Moshonov J, Shping G, Orstavik D. Bacterial leakage versus leakage in obturated root canals. *Int Endod J* 1999; 32: 370-375.
37. Camps J, Pashley D. Reliability of the dye penetration studies. *J Endodon* 2003; 29: 592-594.
38. De-Deus G, Leal F, Soares J et coll. Letter to the editor. *J Endodon* 2008; 34: 1093-1095.
39. Susini G, Pommel L. About I. Camps J. Lack of correlation between ex vivo apical dye penetration and presence of apical radiolucencies. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006; 102: 19-23.
40. Oliver CM, Abbott PV. Correlation between clinical success and apical dye penetration. *Int Endod J* 2001; 34: 637-644.
41. Tobon-Arroyave SI, Restrepo-Petez MM, Arismendi-Echavarría JA, Velasquez-Restrepo Z, Marin-Botero ML, Garcia-Dorado EC. Ex vivo microscopic assessment of factors affecting the quality of apical seal created by root-end fillings. *Int Endod J* 2007; 40: 590-602
42. Vizgirda PJ, Liewehr FR, Patton WR, McPherson JC, Buxton TB. A comparison of laterally condensed Gutta-Percha, Thermoplasticized Gutta-Percha, and mineral trioxide aggregate as root canal filling materials. *J Endodon* 2004; 30: 103-106.
43. Rahimi S, Shadi S, Lotfi M, Yavari HR, Charehjo ME. Comparison of microleakage with three different thicknesses of mineral trioxide aggregate as root-end filling material. *J of Oral Science* 2008; 50(3): 273-277.
44. Fridland M, Rosado R. Mineral Trioxide Aggregate (MTA) Solubility and Porosity with Different Water-to-Powder Ratios. *J Endodon* 2003; 29: 814-818.
45. Al-Hezaimi K, Al hamdan K, naghshbandi J, Oglesby S, Simon J, Rotstein I. Effect of white-colored mineral trioxide aggregate in different concentration on candida albicans in vitro. *J Endodon* 2005; 31: 684-686.
46. Al-Hezaimi K, Al Shalan TA, Naghshbandi J, Oglesby S, Simon J, Rotstein I. Antibacterial effect of two mineral trioxide aggregate preparations against *Enterococcus faecalis* and *Streptococcus sanguinis* in vitro. *J Endodon* 2006; 32: 1053-1056.
47. Davis JL, Jeanson BG, Davenport WD, Gardiner D. The effect of irrigation with doxycycline or citric on leakage and osseous wound healing. *J Endodon* 2003; 29: 31-35
48. Kubo CH, Gomes APM, Mancini MNG. In vitro evaluation of apical sealing in root apex treated with demineralization agents and retrofilled with mineral trioxide aggregate through marginal dye leakage. *Brazilian Dental Journal* 2005; 16: 187-191.
49. Schuur AH, Wu MK, Wesselink PR, Duivenvoorden HJ. Endodontic leakage studies reconsidered. Part II. Statistical aspects. *Int Endod J* 1993; 26: 44-52.