

ANNEE 2020

2020 TOU3 3073

THESE

POUR LE DIPLÔME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement

par

Emma PLEWS

le 08 décembre 2020

**Impact de la concentration en hypochlorite de sodium sur la fiabilité
des localisateurs d'apex : miniRootZX® vs Locapex 6®**

Directeur de thèse : Dr Franck Diemer

JURY

Président :	Pr Franck Diemer
1er assesseur :	Dr Pierre-Pascal Poulet
2ème assesseur :	Dr Rémi Esclassan
3ème assesseur :	Dr Marie Georgelin-Gurgel



Faculté de Chirurgie Dentaire

→ DIRECTION

DOYEN

M. Philippe POMAR

ASSESEUR DU DOYEN

Mme Sabine JONIOT
Mme Sara DALICIEUX-LAURENCIN

CHARGÉS DE MISSION

M. Karim NASR (*Innovation Pédagogique*)
M. Olivier HAMEL (*Maillage Territorial*)
M. Franck DIEMER (*Formation Continue*)
M. Philippe KEMOUN (*Stratégie Immobilière*)
M. Paul MONSARRAT (*Intelligence Artificielle*)

PRÉSIDENTE DU COMITÉ SCIENTIFIQUE

Mme Cathy NABET

DIRECTRICE ADMINISTRATIVE

Mme Muriel VERDAGUER

→ PERSONNEL ENSEIGNANT

→ HONORARIAT

DOYENS HONORAIRES

M. Jean LAGARRIGUE +
M. Jean-Philippe LODTER +
M. Gérard PALOUDIER
M. Michel SIXOU
M. Henri SOULET

→ ÉMÉRITAT

M. Damien DURAN
Mme Geneviève GRÉGOIRE
M. Gérard PALOUDIER

Section CNU 56 : Développement, Croissance et Prévention

56.01 ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE et ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE (Mme Isabelle BAILLEUL-FORESTIER)

ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE

Professeurs d'Université : Mme Isabelle BAILLEUL-FORESTIER, M. Frédéric VAYSSE
Maîtres de Conférences : Mme Emmanuelle NOIRRI-ESCLASSAN, Mme Marie- Cécile VALERA, M. Mathieu MARTY
Assistants : Mme Alice BROUTIN, Mme Marion GUY-VERGER
Adjoints d'Enseignement : M. Sébastien DOMINE, M. Robin BENETAH, M. Mathieu TESTE, Mme. Chiara CECCHIN-ALBERTONI

ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE

Maîtres de Conférences : M. Pascal BARON, Mme Christiane LODTER, M. Maxime ROTENBERG
Assistants : Mme Isabelle ARAGON, Mme Anaïs DIVOL,

56.02 PRÉVENTION, ÉPIDÉMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ, ODONTOLOGIE LÉGALE (Mme NABET Catherine)

Professeurs d'Université : M. Michel SIXOU, Mme Catherine NABET, M. Olivier HAMEL
Maître de Conférences : M. VERGNES Jean-Noël
Assistant: M. Julien ROSENZWEIG
Adjoints d'Enseignement : M. Alain DURAND, Mlle. Sacha BARON, M. Romain LAGARD, Mme FOURNIER Géromine,
M. Fabien BERLIOZ

Section CNU 57 : Chirurgie Orale, Parodontologie, Biologie Orale

57.01 CHIRURGIE ORALE, PARODONTOLOGIE, BIOLOGIE ORALE (M. Bruno COURTOIS)

PARODONTOLOGIE

Maîtres de Conférences : M. Pierre BARTHET, Mme Sara DALICIEUX-LAURENCIN, Mme Alexia VINEL
Assistants: Mme Charlotte THOMAS, M. Joffrey DURAN
Adjoints d'Enseignement : M. Loïc CALVO, M. Christophe LAFFORGUE, M. Antoine SANCIER, M. Ronan BARRE ,
Mme Myriam KADDECH, M. Matthieu RIMBERT

CHIRURGIE ORALE

Professeur d'Université : Mme Sarah COUSTY
Maîtres de Conférences : M. Philippe CAMPAN, M. Bruno COURTOIS
Assistants : Mme Léonore COSTA-MENDES, M. Clément CAMBRONNE
Adjoints d'Enseignement : M. Gabriel FAUXPOINT, M. Arnaud L'HOMME, Mme Marie-Pierre LABADIE, M. Luc RAYNALDY, M. Jérôme SALEFRANQUE ,

BIOLOGIE ORALE

Professeur d'Université : M. Philippe KEMOUN
Maîtres de Conférences : M. Pierre-Pascal POULET, M. Vincent BLASCO-BAQUE
Assistants : M. Antoine TRIGALOU, Mme Inessa TIMOFEEVA, M. Matthieu MINTY, Mme. Cécile BLANC
Adjoints d'Enseignement : M. Mathieu FRANC, M. Hugo BARRAGUE, M. Maxime LUIS

Section CNU 58 : Réhabilitation Orale

58.01 DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE, PROTHESES, FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX (M. Serge ARMAND)

DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE

Professeur d'Université : M. Franck DIEMER
Maîtres de Conférences : M. Philippe GUIGNES, Mme Marie GURGEL-GEORGELIN, Mme Delphine MARET-COMTESSE
Assistants : M. Jérôme FISSE, M. Sylvain GAILLAC, Mme Sophie BARRERE, M. Dorian BONNAFOUS
Mme. Manon SAUCOURT, M. Ludovic PELLETIER
Adjoints d'Enseignement : M. Eric BALGUERIE, M. Jean- Philippe MALLET, M. Rami HAMDAN, M. Romain DUCASSE

PROTHÈSES

Professeurs d'Université : M. Serge ARMAND, M. Philippe POMAR
Maîtres de Conférences : M. Jean CHAMPION, M. Rémi ESCLASSAN, M. Florent DESTRUHAUT
Assistants : M. Antonin HENNEQUIN, M. Bertrand CHAMPION, Mme Caroline DE BATAILLE, Mme Margaux BROUTIN, Mme Coralie BATAILLE
Assistant Associé : M. Antoine GALIBOURG,
Adjoints d'Enseignement : M. Christophe GHRENASSIA, Mme Marie-Hélène LACOSTE-FERRE, M. Laurent GINESTE, M. Olivier LE GAC, M. Louis Philippe GAYRARD, M. Jean-Claude COMBADAZOU, M. Bertrand ARCAUTE, M. Eric SOLYOM, M. Michel KNAFO, M. Alexandre HEGO DEVEZA

FONCTIONS-DYSFONCTIONS , IMAGERIE, BIOMATERIAUX

Maîtres de Conférences : Mme Sabine JONJOT, M. Karim NASR, M. Paul MONSARRAT
Assistants : M. Thibault CANCEILL, M. Julien DELRIEU, M. Paul PAGES
Adjoints d'Enseignement : M. Yasin AHMED, Mme Sylvie MAGNE, M. Thierry VERGÉ, Mme Josiane BOUSQUET

Mise à jour pour le 05 Novembre 2020

Remerciements :

À mes parents qui m'ont toujours soutenu et encouragé dans la vie, notamment dans mes études. Je n'y serais jamais arrivée sans vous. Merci pour toute votre tendresse et votre dévotion. Maman, je suis si triste que tu ne sois plus là à mes côtés. Je te dédie cette thèse.

À Rob et Caro, oncle et tante en or. Merci Rob pour toute ton aide à la rédaction de ce travail.

À Laurent, mon amour et partenaire de crime. Je suis sur un petit nuage depuis que je t'ai rencontrée. Chaque jour est plus merveilleux à tes côtés. J'espère que tu resteras mon #1 à jamais (bien t'as vu la réf)

À Chou ! Emeline, notre amitié inestimable et nos biatcheries diaboliques sont ma raison d'être. Nos soirées plus que mémorables et les ramen post-cuite me manquent depuis que j'ai quitté Toulouse mais ce n'est que partie remise !

À Laura, ma super binôme. Ça y est c'est enfin fini la clinique lol ! Merci pour tous ces fous rires mais aussi ton soutien au cours de ces études.

À Julien, ton sens de l'humour n'a cessé d'égayer les moments en clinique mais aussi en cours. J'espère que l'on se reverra à Lyon !

À Virginie et Ben, merci de m'avoir fait découvrir la faluche. Ma vie étudiante n'aurait pas été la même sans vous !

Aux faluchards dentaires et inf, Chati, Théo, Bast, Yona, Olympe, Ludo, Paul Bourrée, Paul Pages, Lola, Lucie. Merci pour tous ces moments magiques !

À tous les autres que je n'ai pas mentionnés mais qui ont aussi égayé ma vie.

**À notre président du jury de thèse et,
À Monsieur le Professeur DIEMER Franck**

- Professeur des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- D.E.A. de Pédagogie (Education, Formation et Insertion) Toulouse Le Mirail,
- Docteur de l'Université Paul Sabatier,
- Responsable du Diplôme Inter Universitaire d'Endodontie à Toulouse,
- Responsable du Diplôme universitaire d'hypnose,
- Co-responsable du diplôme Inter-Universitaire d'odontologie du Sport,
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier.

*Je vous remercie d'avoir dirigé cette thèse et d'en avoir présidé le jury.
Ce fut un véritable plaisir de travailler avec vous sur ce sujet
mais également tout au long de ma scolarité.
Votre pédagogie, expertise et enthousiasme sont une source d'inspiration.*

À notre jury de thèse,

À Monsieur le Docteur Poulet Pierre-Pascal

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Docteur de l'Université Paul Sabatier,
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier,
- Consul honoraire de la république de Roumanie,
- Chevalier dans l'Ordre des Palmes Académiques,
- Officier dans la réserve opérationnelle dans le service de santé des armées.

*Je vous remercie pour votre participation à ce jury de thèse
Votre sens de la confraternité, de l'honnêteté et de la rigueur
sont des valeurs auxquelles j'aspire.*

À notre jury de thèse,

À Monsieur le Docteur Esclassan Rémi

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Habilitation à diriger des recherches (H.D.R.),
- Praticien qualifié en Médecine Bucco-Dentaire (MBD),
- Docteur de l'Université de Toulouse (Anthropobiologie),
- D.E.A. d'Anthropobiologie,
- Ancien Interne des Hôpitaux,
- Chargé de cours aux Facultés de Médecine de Toulouse-Purpan, Toulouse-Rangueil et Pharmacie (L1),
- Enseignant-chercheur au Laboratoire d'Anthropologie Moléculaire et Imagerie de Synthèse (AMIS – UMR 5288 – CNRS),
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier.

*Merci d'avoir accepté de participer à la soutenance de cette thèse.
Votre accompagnement solidaire tout au long de ma 6ème année fut
très enrichissant tant sur le plan théorique que pratique.*

À notre jury de thèse,

À Madame le Docteur Georgelin-Gurgel Marie

-Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,

-Docteur en Chirurgie Dentaire,

-Maîtrise des Sciences Biologiques et Médicales,

-D.E.A. MASS Lyon III,

-Ancienne Interne des Hôpitaux,

-Doctorat d'Université - Université d'Auvergne-Clermont.

Je vous remercie d'avoir participé à ce jury de thèse.

Votre expertise et dévotion, notamment lors des visites dans le cadre de l'optionnel d'éducation à la santé, sont un exemple pour tous.

Table des matières

Introduction	14
I. Rappels de notions biologiques et endodontiques	15
1. Physiopathologie pulpaire et péri-apicale	15
1.1. Aspect clinique.....	15
1.2. Aspect histologique.....	16
1.2.1. Tissus durs.....	16
1.2.2. Tissus mous.....	17
1.3. Objectifs du traitement endodontique	18
2. Anatomie apicale.....	18
2.1 Le foramen apical.....	18
2.2 La Jonction Cémento Dentinaire (JCD)	19
2.3 La constriction apicale	19
3. La longueur de travail	21
3.1 Définition	21
3.2 Limite apicale de préparation	22
3.3 Techniques de détermination	22
3.3.1. Les méthodes empiriques.....	22
3.3.2. La technique radiographique	23
3.3.3. La méthode électronique	24
II. Le localisateur électronique d'apex	25
1. Classification par principe de fonctionnement.....	25
1.1. LEA basés sur la résistance	25
1.2. LEA basés sur l'impédance.....	26
1.2.1 Impédance unique	26
1.2.2 Impédances multiples	27
2. Protocole clinique.....	28
3. Les limites.....	29
III. L'hypochlorite de sodium	30
1. Présentation.....	30
1.1. Concentrations.....	30
1.2. Protocole et conservation.....	30
2. Propriétés	31
2.1 Chimiques et antiseptiques.....	31
2.2 Mécaniques.....	31
3. Risque clinique.....	32
IV. Etude	33
1. Introduction.....	33
2. Matériel et méthode.....	33
2.1 Matériel.....	33
2.1.1. Matériel étudié.....	33

2.1.2. Matériel de mesure et d'exploration endodontique.....	35
2.1.3. Dispositif d'étude	35
2.2 Méthode.....	35
2.2.1. Préparation et première mesure visuelle.....	35
2.2.2. Dispositif d'étude	37
2.2.3. Mesures électroniques.....	38
3. Résultats.....	41
3.1 Mesures initiales	41
3.2 Etude statistique indépendante des concentrations.....	42
3.3 Etudes statistiques selon les concentrations	43
3.3.1 Locapex 6®	43
3.3.2 MinirootZX®.....	44
3.4 Tableau d'exactitude.....	45
4. Discussion.....	46
Conclusion.....	52
Bibliographie	53

Introduction

Le traitement endodontique a pour but d'assainir, élargir et obturer le réseau endocanalair selon un principe primordial : le respect de l'espace péri-apical [1].

Ceci implique une obturation se limitant à la jonction entre l'espace endodontique et parodontal. Pour y parvenir, une longueur de travail (LT) précise et fiable est indispensable.

La technique la plus communément employée pour la déterminer est celle du Localisateur Électronique d'Apex (LEA). Ceci pour la grande rapidité et la fiabilité de ses résultats [2]. Nous ne connaissons cependant que brièvement les paramètres cliniques, anatomiques et électriques qui influent sur cette fiabilité, malgré son utilisation de longue date.

Le paramètre que nous allons étudier au cours de ce travail est la concentration en hypochlorite de sodium dans la solution d'irrigation. Ce paramètre varie considérablement selon les praticiens et les recommandations nationales. Il représente un enjeu important car une concentration plus élevée permet un meilleur assainissement canalair mais, en contrepartie, peut également provoquer une réaction inflammatoire plus sévère si un dépassement survient suite à une estimation faussée de la LT.

Nous verrons dans un premier temps les notions biologiques et théoriques de l'endodontie ainsi que les principes de fonctionnement des LEA et de l'hypochlorite de sodium. Puis nous verrons dans un second temps une expérience comparant la fiabilité de deux localisateurs électroniques d'apex selon différentes concentrations d'hypochlorite de sodium.

I. Rappels de notions biologiques et endodontiques

1. Physiopathologie pulpaire et péri-apicale

1.1. Aspect clinique

Les pathologies pulpaires et péri-apicales constituent une indication de thérapeutique endodontique. Leur cause majeure est bactérienne et se présente sous forme de lésion carieuse initiale (figure 1) et secondaire (infiltration sous restaurations).

En 1962, Baume et Fiore-Donno [3] proposent une classification clinique de ces pathologies en se basant sur la symptomatologie clinique.

Classification de Baume et Fiore-Donno:

- Catégorie I : Pulpes vivantes sans symptomatologie.
- Catégorie II : Pulpes vivantes avec symptomatologie mais dont la vitalité peut être conservée (pulpite réversible ou hyperhémie).
- Catégorie III : Pulpes vivantes dont la biopulpectomie est indiquée (pulpite irréversible).
- Catégorie IV : Pulpes nécrosées accompagnées ou non de complications péri-apicales (lésions inflammatoires péri-apicales), exigeant un traitement canalair.

La symptomatologie est décrite de façon générale comme une douleur passagère et provoquée pour une pulpite réversible, intense et spontanée pour une pulpite irréversible et asymptomatique pour la nécrose. Enfin, les lésions inflammatoires péri-apicales conduisent à des intensités de douleurs variables, notamment à la mastication, selon qu'elles soient en phase aiguë ou chronique (granulome et kyste). [4]



On peut représenter les différents stades de la lésion carieuse par le schéma suivant :

Figure 1. Schéma des différents stades du processus carieux entraînant une lésion inflammatoire péri-apicale.

1.2. Aspect histologique

1.2.1. Tissus durs

La lésion carieuse provoque une destruction des tissus dentaires minéralisés, à savoir l'émail et la dentine. Ces deux tissus réagissent cependant de façon différente. En effet, l'émail est acellulaire et donc incapable de produire une réponse inflammatoire. C'est pour cette raison notamment que les caries amélares sont souvent asymptomatiques. À l'inverse, la dentine possède des prolongements odontoblastiques dans ses tubulis. Ceci lui permet de réagir à l'agression bactérienne de la carie de deux façons [5] :

- la sclérose dentinaire qui se traduit par une précipitation de nouveaux cristaux d'hydroxyapatite dans les tubulis, conduisant à leur oblitération ;
- la dentine réactionnelle qui est un épaissement par apposition de "néo-dentine".

Ces deux phénomènes permettent de limiter la diffusion de toxines de bactéries aérobies (lactobacilles et streptocoques) [6] vers la pulpe au travers des tubulis dentinaires.

1.2.2. Tissus mous

Lorsque les toxines bactériennes parviennent jusqu'au tissu pulpaire, une réponse inflammatoire, généralement progressive, se déclenche. Un infiltrat inflammatoire de type lymphocyte et macrophage se forme. Les produits de dégradation cellulaires comme les enzymes lysosomaux issus de la réponse inflammatoire engendrent une nécrose liquéfiante des tissus environnants et créent du pus, partiellement responsable de la douleur.

Lorsque la lésion carieuse devient trop importante, les cellules immunitaires provenant des vaisseaux sanguins pulpaires ne suffisent plus à contenir la colonisation bactérienne. Ceci mène à la nécrose pulpaire.

Le processus inflammatoire et la colonisation bactérienne se poursuivent ensuite dans le tissu péri-apical et sont à l'origine de parodontopathies apicales aiguës (parodontite apicale aiguë, abcès) et chroniques (granulome, kyste).

L'infiltrat inflammatoire initial (lymphocytes et macrophages) se voit modifié par la participation de cellules épithéliales de Malassez et d'ostéoclastes notamment. Ces derniers induisent une résorption osseuse et participent ainsi à la pérennisation de la lésion périapicale. Parallèlement, la flore bactérienne est également modifiée par la multiplication des bactéries anaérobies facultatives ou strictes telles que *Fusobacterium nucleatum*, *Porphyromonas gingivalis* et *Enterococcus Faecalis*, à l'inverse des bactéries aérobies. [5][7]

L'histologie inflammatoire pulpo-dentinaire et la symptomatologie clinique des lésions carieuses ne sont que rarement corrélées, ainsi nous privilégions cette dernière pour la prise de décision thérapeutique.

Le traitement endodontique devient impératif dès que :

- La douleur est spontanée et intense car nous savons qu'à ce stade la pulpe ne peut plus contrôler le phénomène inflammatoire en cicatrisant et finira par se nécroser.

- Une effraction pulpaire apparaît lors de l'éviction carieuse, conduisant à la mise en contact avec des bactéries ; cette effraction peut se manifester soit par un saignement pulpaire important, signe d'une inflammation totale, soit par une absence de saignement, signe d'une nécrose.

Ainsi le traitement canalaire est indispensable lorsque la pulpite de la totalité de l'endodonte ou la nécrose sont inévitables.

1.3. Objectifs du traitement endodontique

Si la pulpe ne peut être sauvée, il n'en est pas de même pour l'espace péri-apical qui peut cicatriser grâce au traitement endodontique. Celui-ci permet d'éliminer par un alésage mécanique et chimique les tissus organiques bactériens et conjonctifs du canal. Le traitement se termine ensuite par une obturation étanche sur toute la longueur du canal. Ceci est primordial pour prévenir une éventuelle nouvelle colonisation bactérienne qui sera susceptible d'entraîner une lésion péri-apicale plus sévère du fait de l'incapacité du canal dépulpé à déclencher une défense immunitaire. A l'inverse, l'espace péri-apical est un tissu vivant capable de réagir aux pathogènes grâce à des cellules de l'immunité innée (macrophages, monocytes, cellules présentatrices d'antigènes) et acquise (lymphocyte T). Ces pathogènes peuvent également être d'origine iatrogène, à savoir nos matériaux d'obturation et nos instruments. Notre traitement doit donc se limiter au réseau endo-canalaire et respecter le péri-apex.

2. Anatomie apicale

2.1 Le foramen apical

Également appelé foramen majeur, c'est un orifice au sommet de l'apex dentaire par lequel le pédicule vasculo-nerveux entre dans la dent. Il peut être singulier ou multiple, auquel cas les plus petits foramina sont dits accessoires et constituent un réseau nommé

“delta apical”[8]. Ce foramen est rarement aligné avec le grand axe vertical de la dent, le vertex, et se trouve déporté à raison de 0,3 mm à 0,6 mm et parfois même jusqu’à 3 mm et ceci, dans 58 à 90% des cas. Il présente également des morphologies et diamètres variables d’une dent à l’autre [1].

2.2 La Jonction Cémento Dentinaire (JCD)

Le cément et la dentine se juxtaposent le long de la racine sous la forme d’un double cône jusqu’à la jonction cémento-dentinaire où le cône dentinaire se finit et le cône cémentaire diverge légèrement et se prolonge vers l’extrémité apicale pour se terminer par le foramen apical [9]. Sa localisation par rapport au foramen apical est très variable d’une dent à l’autre et d’un double cône à l’autre au sein de la même dent. Ainsi on peut retrouver jusqu’à 3 mm d’écart entre les deux côtés de la JCD d’un même foramen apical [10].

C’est au niveau de la JCD que la pulpe proprement dite se termine et laisse place au ligament parodontal et le paquet vasculo-nerveux [11]. La JCD constitue ainsi la limite histologique entre l’endodonte et le parodonte et donc la limite idéale du traitement endodontique. Cependant, elle ne peut être exploitée cliniquement car sa localisation est trop variable et indétectable avec nos moyens actuels (radiologie, LEA) [12].

2.3 La constriction apicale

La constriction apicale ou foramen mineur est une zone de rétrécissement mesurant approximativement 0,21 mm de diamètre sur les dents d’une population d’âge moyen de 55 ans [9] qui coïncide théoriquement avec la JCD mais qui est, en réalité, située le plus souvent coronairement à la celle-ci. Cette distance entre la constriction apicale et la JCD est très variable d’une dent à une autre [11] tout comme la distance entre la constriction apicale et le foramen apical. Cette grande variabilité rend sa détermination clinique quasi-impossible, au même titre que la JCD.

D'après l'étude de Dummer [13], il existe 4 principales morphologies de constriction apicales :

- Le type A dit "traditionnel et unique" représentant 46% des cas;
- Le type B dit "conique" représentant 30% des cas et serait source de sous-préparation;
- Le type C dit "multiple" représentant 19% des cas;
- Le type D dit "parallèle" représentant 5% des cas et serait source de sur-préparation.

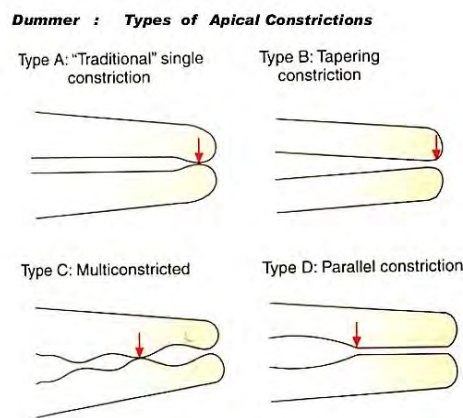


Figure 2. Les 4 types de constriction apicales selon Dummer [13]

Finalement, il a été noté par Stock [14] que cette constriction apicale pouvait être oblitérée lors d'une résorption inflammatoire et ainsi ne plus exister.

D'après les études histologiques in vivo de Ricucci et Langeland [15], la cicatrisation péri-apicale est optimale lorsque le traitement endodontique se limite à la constriction apicale ou en amont de celle-ci. En effet la constriction apicale est la zone la plus étroite (figure 3) avant l'élargissement cémentaire dans le sens corono-apical, de ce fait une instrumentation endodontique à ce niveau entraîne une lésion traumatique minimale et permet à la partie cémentaire et apicale de cicatriser. Cependant, compte tenu de sa localisation et de sa morphologie très variable, son échelle microscopique et son éventuelle absence, la constriction apicale ne peut être retenue comme une limite de préparation clinique.

Celle-ci doit pourtant être définie de façon systématique, reproductible et fiable pour à son tour définir la longueur de travail, garante d'un traitement canalaire propice à l'homéostasie péri-apicale.

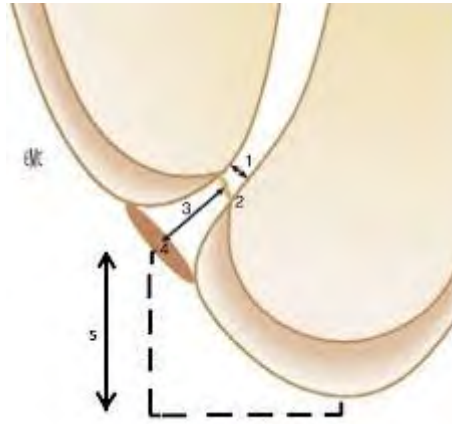


Figure 3. Schéma de la région apicale d'après Kuttler

1.constriction apicale; 2.JCD; 3.distance entre le foramen apical et la JCD; 4.foramen apical; 5.distance entre l'apex et le foramen apical

3. La longueur de travail

3.1 Définition

Elle s'exprime en millimètre et représente la distance entre un repère coronaire fiable et reproductible (bord libre ou sommet de cuspidé) et le point de terminaison de la mise en forme et obturation du traitement endodontique, appelé "limite apicale de préparation".

Il est primordial de la respecter car un traitement endodontique allant au-delà de cette LT entraînera systématiquement une inflammation iatrogène du périapex. A contrario, si le traitement est trop court, la portion canalaire non instrumentée et donc potentiellement contaminée, sera susceptible de déclencher une infection ou de l'entretenir dans le cas d'une dent septique ou avec une lésion périapicale pré-existante.

3.2 Limite apicale de préparation

La limite apicale de préparation, à l'inverse du repère coronaire, n'est pas une structure anatomique tangible et reproductible car elle devrait être définie par la constriction apicale qui est la limite idéale de préparation. Or celle-ci n'est pas cliniquement détectable. Cependant, grâce à de nombreuses études empiriques, la distance entre le foramen apical et la constriction apicale est estimée à 0,5 mm pour un sujet jeune et 0,8 mm chez le sujet plus âgé [1]. Ainsi on en déduit une distance moyenne de 0,5 à 1 mm entre la constriction apicale et le foramen apical. Ceci justifie la limite thérapeutique de préparation à 1 mm de l'apex radiographique, théoriquement concordant avec le foramen apical, au même titre que l'apex anatomique. [16]

3.3 Techniques de détermination

Les méthodes de détermination de la longueur de travail se classent selon 3 catégories : des techniques empiriques manuelles aux solutions plus modernes basées sur les technologies radiographiques ou électroniques.

3.3.1. Les méthodes empiriques

La méthode tactile repose entièrement sur l'appréciation sensorielle du praticien lors du passage de la lime dans le canal. Celle-ci va exercer un frottement plus important au niveau du resserrement de la constriction apicale. Cette technique est très peu utilisée car elle n'est fructueuse que pour les strictures apicales uniques et intactes de phénomènes de résorption. Il faut également avoir évasé auparavant la partie coronaire du canal pour éliminer les frictions de la lime sur les parois canalaires de cette zone. D'autre part, la sensibilité tactile du praticien, même développée, n'est pas fiable et reproductible. En effet, selon une étude de Seidberg et Bruce, même les praticiens expérimentés ne réussissent à détecter la constriction apicale que dans 60% des cas. [17]

Une méthode plus anecdotique mais qui peut être intéressante est celle de la pointe de papier. Elle est basée sur la prémisse que le canal est toujours sec, le péri-apex toujours

humide et que la constriction apicale se situe exactement entre ces deux zones. Son indication se restreint aux apex ouverts ou immatures où ces conditions anatomiques sont plus probables [18]. On pourrait ainsi, au moyen d'une pointe de papier, détecter le foramen apical et en déduire la CA, lorsque son extrémité se trouve humidifiée après mise en forme mécanisée.

3.3.2. La technique radiographique

Encore utilisée dans un cadre pédagogique, elle représente la méthode reproductible la plus ancienne. Nous retrouvons classiquement trois clichés radiographiques au cours du protocole endodontique, comme il est préconisé par la Haute Autorité de Santé.

La première, dite "pré-opératoire", permet d'étudier l'état initial de la dent, sa morphologie canalaire et d'établir un diagnostic. On utilise ensuite le logiciel radiologique ou une grille millimétrée radio-opaque pour estimer une LT approximative qui servira de référence pour le cathétérisme.

La seconde radiographie, dite "per-opératoire", permet de valider la LT. Elle s'effectue avec une lime, généralement K15, "en place" dans le canal et s'arrêtant à 1 mm du vertex radiographique. Il est le point de référence à cause de l'impossibilité de détecter radiographiquement la constriction apicale ou la JCD. Le stop en caoutchouc de la lime, situé au repère coronaire, doit également être visible sur le cliché. On peut réaliser une radiographie avant obturation, dite "cône en place", pour s'assurer que la mise en forme respecte la LT.

Le dernier cliché, dit "post-opératoire", permet d'objectiver l'obturation définitive et sert de référence pour le suivi du patient [19].

La fiabilité de cette méthode repose sur l'absence de distorsions (modification des formes) et de déformations (modification des dimensions). La technique des plans parallèles ou "long cône" en adjonction avec un angulateur permet de limiter ces phénomènes.

Malgré ses principes anatomiques et géométriques reproductibles et fondés, cette technique est incertaine. D'une part, à cause de la représentation bidimensionnelle et non tridimensionnelle de la dent, responsable de superpositions de structures anatomiques. D'autre part, à cause du manque de définition qui ne permet pas de

visualiser précisément la position de l'extrémité de la lime par rapport à l'apex radiographique.

Nous pouvons également citer l'irradiation répétée du patient, l'aspect chronophage et les difficultés opératoires (réflexe nauséux, parallélisme imparfait entre le film et la dent) comme autres sources d'erreurs et donc d'incertitude.

3.3.3. La méthode électronique

Elle a été mise au point par Sunada [20] en 1962. Il a ainsi inventé le localisateur électronique d'apex. Cette méthode est actuellement la plus utilisée par les praticiens et la plus développée par les industriels.

Cette méthode est finalement une version assistée de la méthode tactile. En effet, contrairement à la méthode radiographique, le LEA ne permet pas de mesurer directement la LT mais simplement de détecter une structure anatomique, la fin de la constriction apicale et le début du foramen apical. Le praticien doit ensuite lui-même reporter la mesure de la lime sur une règle ou une jauge endodontique (diminuée généralement de 1 mm pour obtenir la LT). Le gain de temps et le confort du protocole ont motivé un développement considérable de cet appareil.

II. Le localisateur électronique d'apex

1. Classification par principe de fonctionnement

Les LEA sont souvent classés par génération dans la littérature. Cette approche imprécise ne se base que sur la chronologie de développement des LEA et ne permet pas de les différencier rigoureusement entre eux. Ainsi il est plus judicieux de les classer selon leurs principes de fonctionnement. Nous allons ici citer les principaux.

1.1. LEA basés sur la résistance

Comme dit précédemment, le premier LEA, aussi dit de "première génération", fut élaboré par Sunada qui s'est lui-même appuyé sur les travaux de Custer (1918) et Suzuki (1942). Ces deux derniers ont respectivement découvert que :

- la résistance, à savoir l'aptitude d'un matériau à s'opposer au passage d'un courant électrique, des tissus périapicaux est nettement inférieure à celle du canal radiculaire vide, à savoir dépulpé [21]
- la résistance électrique entre le ligament parodontal et la muqueuse orale est invariablement de $6,5 \text{ k}\Omega$ quel que soit le type de dent, la forme et diamètre de l'apex et l'âge du patient. [22]

Ainsi la zone périapicale se démarque de la zone canalaire par sa résistance de façon systématique et fiable. En effet, le courant passe du canal dépulpé constitué d'éléments isolants (air, dentine et cément) au périapex qui est lui constitué de tissus conjonctifs conducteurs. La résistance du courant va par conséquent chuter entre ces deux milieux. Le principe des LEA de première génération est donc de mesurer la résistance d'un courant continu dans un circuit électrique (figure 4) composé d'un générateur de courant, d'une électrode au contact de la muqueuse buccale et une électrode au contact d'une lime explorant le canal. Ce circuit se ferme dès que la pointe de la lime a passé la

constriction apicale, se trouve dans le foramen apical et donc le péri-apex conducteur. La résistance sera alors $6,5\text{ k}\Omega$.

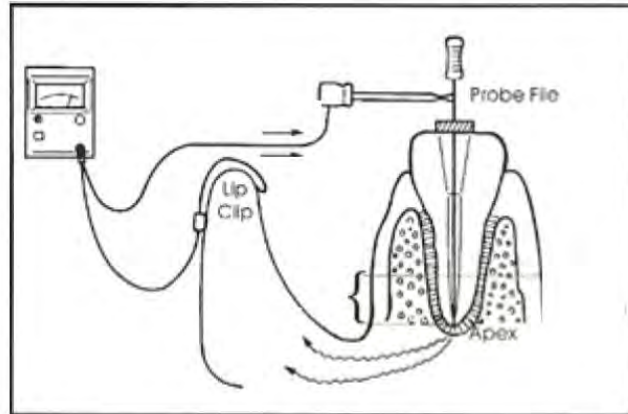


Figure 4: Schéma du circuit électrique formé par le LEA

Cependant, cette mesure était souvent faussée par la persistance fréquente d'éléments conducteurs dans le canal, à savoir les électrolytes des fluides biologiques (sang et pus) et de la solution d'irrigation NaOCl qui déclenchaient une chute de la résistance. Ainsi ces LEA ne fonctionnaient que dans les canaux parfaitement secs. Par ailleurs, il a été noté dans la littérature que le courant continu pouvait induire des douleurs [23]. C'est pour ces raisons que ce premier modèle de LEA a été retravaillé.

1.2. LEA basés sur l'impédance

1.2.1 Impédance unique

Afin de diminuer l'influence des électrolytes (fluides biologiques et solution d'irrigation) et de rendre le protocole indolore [24], le courant continu est remplacé par un courant alternatif. Par conséquent le paramètre électrique mesuré n'est plus la résistance mais son équivalent du courant alternatif, l'impédance.

Par ailleurs, d'autres modifications ont été apportées telles que la gaine isolante pour la lime exploratrice (Endocater®) ou l'étalonnage de l'impédance au niveau du parodonte sulculaire (SonoExplorer®). Cependant leur mise en œuvre clinique difficile (déchirure

de la gaine à l'insertion canalaire, étalonnage individuel chronophage à chaque traitement [25]) a motivé le développement de nouveaux appareils.

1.2.2 Impédances multiples

En 1994 Kobayashi met au point le "ratio method", principe fondateur de ce qui est considéré comme la troisième génération de LEA. Cette méthode consiste à calculer le quotient des impédances de deux fréquences de courant alternatifs sensiblement différentes selon la formule :

$$\text{Ratio} = \text{impédance haute } f_q / \text{impédance basse } f_q$$

(avec f_q : fréquence)

Equation 1. Formule du "ratio method"

Lors de l'exploration canalaire, ce quotient conserve une valeur proche de 1 tant que le bout de la lime est dans le canal. Lorsque celui-ci dépasse la constriction apicale, cette valeur chute brutalement car l'impédance de la haute fréquence diminue plus vite que celle de la basse fréquence.

L'utilisation d'un quotient permet de détecter la différence majeure entre les deux impédances au niveau du péri-apex qui est très conducteur contrairement aux électrolytes. Ceux-ci, par conséquent, ne modifient que de façon mineure les impédances et donc le quotient. Ainsi cette méthode permet de limiter l'effet perturbateur des électrolytes [26].

Par la suite de nombreux autres modèles de LEA se basent sur ce principe du ratio method mais incorporent une multitude de fréquences.

Enfin les derniers modèles mesurent les fréquences de façon individuelle et non simultanée (réduction de bruit) et prennent en compte d'autres propriétés électriques telles que la conductance et la capacité du courant alternatif [25].

2. Protocole clinique

Une fois que le champ opératoire est mis en place et que le cathétérisme est fait, nous pouvons mettre en œuvre le LEA.

Une première électrode en forme de crochet est appendue à la commissure labiale controlatérale à la dent à traiter et une seconde électrode, également en forme de crochet, est clipsée entre le stop en caoutchouc et le manche de la lime exploratrice.

Il est préférable que le diamètre de pointe de la lime exploratrice se rapproche le plus possible de celui du foramen apical pour obtenir une mesure précise et fiable. Ainsi il convient d'apprécier la largeur du canal et du foramen apical à chaque fois et de ne pas systématiquement utiliser une lime K 15 si une lime plus large peut passer. [27] [28]

Cette lime est ensuite insérée dans le canal et progresse dedans jusqu'à ce qu'un signal sonore ("bip" continu) et/ou visuel sur l'interface du LEA (affichage du message "apex") se déclenche, indiquant la présence de la lime dans le foramen apical. Le stop de la lime est ajusté au niveau du repère coronaire de la dent et la lime est reportée sur une jauge pour mesurer la distance entre le bout de la lime et le stop.

Cette première mesure correspond à la distance entre le repère coronaire et le foramen apical. Il faut retirer 0,5 mm à cette mesure pour "être à la constriction apicale" puis encore 0,5 mm pour avoir une LT respectueuse de cette constriction apicale.

Il est conseillé de vérifier la mesure canalaire au moins une fois pour s'assurer de sa reproductibilité.

De nombreux LEA possèdent une interface graduée ayant pour but d'estimer la distance entre le bout de la lime et le foramen apical afin de simplifier la prise de mesure. Cependant, il est reconnu que ces estimations sont souvent erronées et que le seul signal à prendre en compte est celui indiquant l'atteinte du foramen apical [29].

3. Les limites

Lors de la mise en œuvre du LEA, certains paramètres cliniques peuvent perturber la conduction du courant électrique et fausser la mesure de la LT. [30]

Parmi les paramètres qui bloquent la conduction du courant nous pouvons retrouver :

- la calcification pathologique ou physiologique du canal;
- la présence de matériau d'obturation endodontique lors des retraitements;
- la présence de débris dentinaires lors du cathétérisme;
- l'absence totale d'humidité canalaire.

À l'inverse, certains paramètres vont induire une conduction du courant et donc une fermeture prématurée du circuit électrique, résultant en une sous-estimation de la LT. Ceux-ci incluent :

- un apex trop large (immature ou résorbé);
- l'utilisation d'une lime de diamètre de pointe trop faible;
- les restaurations corono-radiculaires métalliques (amalgames, cônes d'argent,...);
- le tissu carieux;
- les perforations;
- les fluides biologiques (sang, pus, salive);
- les électrolytes de la solution d'irrigation de NaOCl.

III. L'hypochlorite de sodium

1. Présentation

L'hypochlorite de sodium est actuellement reconnu comme l'irrigant de référence. Ceci s'explique tant par ses propriétés chimiques et mécaniques que par son accessibilité financière et protocolaire.

1.1. Concentrations

L'hypochlorite de sodium à usage endodontique se présente sous forme de solution aqueuse de concentration variable selon les différentes recommandations nationales. Initialement, la concentration conventionnelle était de 0,5%, puis celle-ci a été augmentée progressivement lorsque plusieurs études ont révélé que l'efficacité du NaOCl était proportionnelle à sa concentration [31]. Ainsi les teneurs en NaOCl sont proches de 2,6% pour les pays de l'Union Européenne et 5% pour les Etats-Unis et Canada.

1.2. Protocole et conservation

La solution d'irrigation étant utilisée tout au long du traitement endodontique, il est nécessaire que son mode d'emploi soit simple et rapide. Ainsi, elle est le plus souvent utilisée à température ambiante et délivrée au moyen d'une seringue à déflexion latérale.

Les propriétés bactéricides peuvent toutefois être améliorées par l'activation, à savoir l'augmentation de la température par agitation physique des molécules de NaOCl. Cette activation peut se faire mécaniquement au moyen de systèmes soniques et ultrasoniques qui sont composés d'une pièce à main et d'un embout activateur, ou bien manuellement par agitation verticale d'un cône de gutta. [32]

Enfin, plusieurs facteurs sont garants de la stabilité de l'hypochlorite de sodium, à savoir :

- son pH ;
- sa concentration ;
- sa température ;
- la présence d'ions métalliques ;
- l'exposition à l'air et la lumière.

Il convient ainsi de conserver l'hypochlorite de sodium dans un récipient opaque, non métallique à l'abri de la chaleur. [33]

2. Propriétés

2.1 Chimiques et antiseptiques

L'hypochlorite de sodium permet d'atteindre l'un des objectifs primordiaux de l'irrigation, à savoir la désinfection microbienne du système endocanalair. Cette dernière est possible grâce à la décomposition de la molécule de NaOCl en ion Na⁺ et en acide hypochloreux (HClO) en présence d'eau.[34] L'acide hypochloreux dissout les éléments organiques tels que le tissu pulpaire nécrosé et les bactéries en perturbant leur métabolisme cellulaire. [35]

2.2 Mécaniques

L'irrigation permet également d'augmenter la performance des instruments de mise en forme (limes manuelles et mécanisées). En effet, elle optimise leur capacité de coupe, réduit le taux de friction contre les parois dentinaires et refroidit le milieu canalaire. D'autre part, elle facilite la progression des instruments dans le canal en faisant remonter les débris dentinaires grâce au courant hydraulique créé par la force d'éjection de la seringue à déflexion latérale. [34]

3. Risque clinique

Les propriétés cytotoxiques de l'hypochlorite de sodium peuvent être délétères lorsque qu'il est expulsé dans la zone péri-apicale lors d'un phénomène de dépassement.[36]
Celui-ci peut survenir lorsque :

- la LT est surestimée ;
- la constriction apicale est sur-préparée ou inexistante ;
- le foramen apical est très perméable car immature ou résorbé suite à une infection ;
- la pression d'éjection dans la seringue est trop importante.

Les symptômes les plus courants sont :

- douleurs intenses de type brûlures ;
- œdèmes importants des tissus mous environnants ;
- hémorragie canalaire ;
- ecchymoses, hématomes, infection secondaire ;
- trismus si la dent causale est mandibulaire et postérieure

La conduite à tenir inclut :

- le rinçage du canal dentaire au sérum physiologique ;
- la prescription d'antalgiques opiacés ;
- la prescription d'antibiotiques et de corticoïdes ;
- l'information et le suivi du patient.

Ainsi, les solutions d'hypochlorite de sodium plus concentrées permettent un assainissement canalaire plus rapide mais induisent des lésions tissulaires plus sévères en cas de dépassement [37].

IV. Etude

1. Introduction

La détermination correcte de la LT est primordiale afin de limiter les dépassements iatrogènes de solution d'irrigation. Or la fiabilité des LEA utilisés pour déterminer la LT peut être influencée négativement par la présence de solution d'irrigation dans le canal. Ceci est dû à la conductivité des électrolytes Na^+ et HClO provoquant un "faux contact". Nous avons ainsi comparé au cours de cette étude, la performance de deux LEA, à savoir le Locapex 6® (LPX6) de Ionyx et le miniRoot ZX® (MRZX) de Morita, en présence de trois solutions d'irrigation de concentration différentes en NaOCl. Notre objectif sera d'évaluer si les différentes concentrations en NaOCl influencent la fiabilité des deux LEA.

2. Matériel et méthode

2.1 Matériel

2.1.1. Matériel étudié

Nous avons sélectionné dix dents monoradiculées de type incisive centrale, latérale, canine et prémolaire, ne présentant aucun traitement prothétique, traitement endodontique ni obturation coronaire, conservées dans de l'eau après extraction. Leurs apex ont également été vérifiés à la loupe binoculaire.



Figure 5. Dents utilisées pour l'expérience

Concernant les solutions de NaOCl, nous avons utilisé :

- la solution de Dakin® (CPF, Melun, France) pour la solution NaOCl de 0,5%,
- une solution fille de 2,6% de NaOCl obtenue d'une solution mère 9,6% NaOCl (Nectra, Nîmes, France) diluée dans de l'eau à un ratio 27/73,
- une solution fille de 5% de NaOCl obtenue d'une solution mère 9,6% NaOCl diluée dans de l'eau à un ratio 52/48.



Figure 6. Matériel pour dilution et solution mère de 9,6%

2.1.2. Matériel de mesure et d'exploration endodontique

- Localisateur d'apex électronique miniRoot ZX® (Morita, Osaka, Japon) et le Locapex 6® (Ionyx, Bordeaux, France) pour les mesures de LT électroniques
- stéréomicroscope optique Leica Wild M3B, Wetzlar, Allemagne
- Lime K 8 et 10
- une règle millimétrée endodontique
- fraise congé 012 et turbine
- seringue d'irrigation à déflexion latérale

2.1.3. Dispositif d'étude

- Bac en plastique
- Sel
- Alginate et eau

2.2 Méthode

2.2.1. Préparation et première mesure visuelle

Nous avons procédé pour chaque dent à :

- un nettoyage externe sonore au Soniflex®,
- un aplanissement du bord libre ou de la cuspide pour obtenir un repère stable,
- un aménagement de voie d'accès,
- une perméabilisation du canal avec lime 8 (pour éviter toute déformation de la CA).



Figure 7. Aménagement de voie d'accès

Nous avons ensuite effectué une première mesure visuelle de la LT sous stéréomicroscope grossissement x16.

Cette LT correspond à la distance entre le repère coronaire aplani et la pointe de la lime 8 affleurant le foramen apical. Cette mesure est bloquée par le stop en caoutchouc et reportée sur la règle endodontique et lue sous stéréomicroscope. Elle constitue la LT de référence.

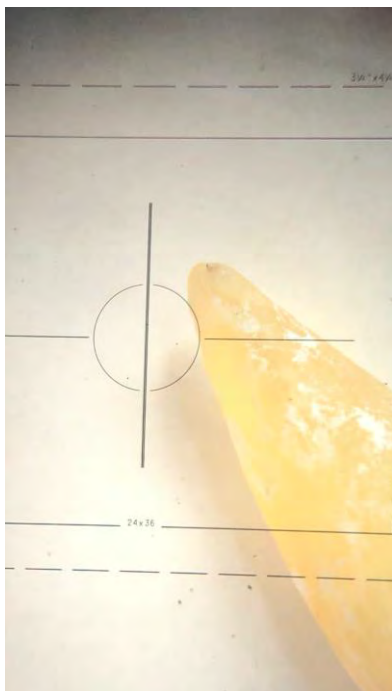


Figure 8. Vue sous stéréomicroscope (grossissement x16) de la pointe de la lime affleurant le foramen apical



Figure 9. Lecture sous microscope de la LT

2.2.2. Dispositif d'étude

Nous avons utilisé une boîte en plastique remplie d'un mélange d'alginate et de sel (2g) pour créer un milieu suffisamment conducteur et solide pour servir de support aux dents.

Les crochets buccaux des deux LEA sont également implantés dans le support d'alginate.



Figure 10. Dispositif d'étude

2.2.3. Mesures électroniques

Les solutions d'irrigation ont été utilisées par ordre de concentration croissante et non aléatoirement pour éviter une contamination des solutions moins concentrées par celles qui sont plus concentrées, induisant une augmentation de leur concentration.

Pour chaque concentration le protocole est le suivant :

- irrigation du canal avec 1ml de solution d'irrigation,
- léger séchage avec soufflette et pointe de papier 15 pour incisives mandibulaires et 25 pour les autres dents au niveau de la voie d'accès,
- mesure de LT au moyen d'une lime K 10,
- ajustage du stop de la lime lorsque le LEA indique "apex" sur son interface.



Figure 11. Exploration canalaire et mesure de LT avec une lime K 10



Figure 12. Affichage "apex" sur le Locapex 6® (gauche) et sur le miniRoot ZX® (droite)

- la mesure de LT est reportée sur la règle et la valeur est lue sous microscope,
- la mesure de LT est répétée deux fois pour chaque LEA dans un ordre défini au hasard (tableau 1) et on effectue une irrigation complémentaire de 0,5 mL et un séchage avec soufflette et pointe de papier entre chaque mesure de LT pour une même dent.

Une fois que le protocole pour la solution de 0,5% est terminé, nous procédons à un rinçage rigoureux de chaque canal dentaire avec 10 mL d'eau afin d'éviter une potentielle augmentation de concentration de la solution suivante. Nous répétons le protocole pour les solutions NaOCl de 2,6% et 5%.



Figure 13. Rinçage canalaire à l'eau avec une seringue 10mL

Dent	Solution NaOCl 0,5%	Solution NaOCl 2,6%	Solution NaOCl 5%
1	I I M M	M I I M	M I I M
2	M M I I	M M I I	I M M I
3	I M I M	M I I M	I I M M
4	I M I M	M M I I	M M I I
5	I M I M	M M I I	I M I M
6	M M I I	M M I I	M I I M
7	M I M I	I I M M	M I M I
8	I M I M	M M I I	I I M M
9	M I M I	M I M I	M M I I
10	M M I I	I I M M	M M I I

Légende: M = MRZX I= LPX6

Tableau 1. Ordre aléatoire d'utilisation des LEA

Enfin, après avoir effectué toutes les mesures électroniques, nous avons extrait les dents du support alginate et effectué une dernière mesure visuelle de LT avec la même méthode que pour la mesure visuelle initiale.

3. Résultats

3.1 Mesures initiales

Le tableau suivant résume les différentes mesures obtenues lors de l'étude :

Méthode de mesure/ [NaOCl]	Visuelle		MRZX						LPX6					
	V 1	V 2	0,5%	0,5%	2,6%	2,6%	5,0%	5,0%	0,5%	0,5%	2,6%	2,6%	5,0%	5,0%
1	22	21,6	22	21,9	22	21,5	21,9	21,9	22	21,9	22,1	22	22,5	22
2	24	24	24	24	24	23,4	24	24	24	24	24	23,9	24,1	24,2
3	22	22	22,1	22	22	22,1	22,1	22,5	22,1	22	22,5	22	22,5	22,5
4	22,1	22,1	21,9	21,9	22	21,9	21,8	21,8	21,9	22	22,2	22,2	23	23
5	22,1	22,1	22,9	23	22,8	22,3	22,4	22,7	22,5	23	22,4	22,5	22,4	22,4
6	21	21	20,9	20,9	20,9	20,6	21	20,9	21	21	20,9	20,9	21,4	21,6
7	19	19	19	19	19	19	18,9	18,9	19	19	18,8	18,9	19,2	19,1
8	20,1	20	20	20	19,9	20,1	20	20	19,9	19,9	19,3	19,5	20	20
9	23,5	23,5	23,8	23,5	23,2	23,2	22,9	23	23,6	23,5	23,4	23,4	23,9	24
10	22	22	22,4	22,7	22	22,3	22,1	22,1	22,2	22,1	22,9	22,8	22,7	22,7

Légende : [NaOCl] = concentration en hypochlorite de sodium dans la solution d'irrigation

V1 = première mesure visuelle avant rinçage avec la solution d'irrigation

V2 = deuxième mesure visuelle après rinçage avec la solution d'irrigation

Tableau 2 : Mesures initiales en millimètres

3.2 Etude statistique indépendante des concentrations

Le tableau suivant permet de définir la longueur de travail moyenne mesurée avec chaque méthode sans tenir compte des différentes concentrations d'hypochlorite de sodium :

Méthode/ paramètre	Nombre	Moyenne
Visuelle	20	21,755 +/- 0,321
MRZX	60	21,783 +/- 0,185
LPX6	60	21,940 +/- 0,197

Tableau 3 : Longueur de travail moyenne mesurée avec chaque méthode

Nous avons ensuite effectué une analyse de la variance (tableau 4). À l'issue de celle-ci, nous avons obtenu une p-value supérieure à 0,05 soit 5%. Ainsi les LT mesurées ne sont pas statistiquement différentes et notre échantillon peut être qualifié comme homogène. Cela signifie que les sujets étudiés (les canaux dentaires) sont comparables.

	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de p
Type mesure	0,931	0,466	0,8076

Tableau 4 : analyse de la variance (ANOVA)

Nous effectuons ensuite un test PLSD de Fisher avec un niveau de significativité à 5% :

	Valeur p	Significativité
Visuelle, MRZX	0,9408	NS
Visuelle, LPX6	0,6279	NS
MRZX, LPX6	0,5617	NS

Tableau 5 : Test PLSD de Fisher

Les p-values sont toutes supérieures à 5%, ce qui signifie que les LT sont statistiquement identiques et qu'il n'y a aucune différence dans la valeur des LT quelle que soit la méthode de mesure.

3.3 Etudes statistiques selon les concentrations

Nous avons ensuite étudié séparément l'influence des concentrations d'hypochlorite de sodium sur la mesure des LT pour chaque LEA.

3.3.1 Locapex 6®

Le tableau suivant résume la valeur moyenne des LT mesurées avec le LPX6 selon les différentes concentrations d'hypochlorite de sodium.

Concentration/ paramètre	Nombre	Moyenne
0,5%	20	21,830 +/- 0,334
2,6%	20	21,830 +/- 0,359
5,0%	20	22,160 +/- 0,345

Tableau 6 : Valeurs de LT mesurées avec le LPX6 selon les différentes concentrations d'hypochlorite de sodium

Comme précédemment, nous avons effectué un test ANOVA pour calculer la variance de ces valeurs de LT :

	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de p
Concentration NaOCl	1,452	0,726	0,7397

Tableau 7 : Test de variance (ANOVA) pour le LPX6

La valeur de p étant supérieure à 5%, il n'existe pas de différence statistiquement significative entre les LT mesurées par le LPX6.

Nous avons ensuite procédé à un test PLSD de Fisher avec un niveau de significativité de 5% :

Concentration / paramètre	Valeur de p	Significativité
0,5%, 2,6%	>0,9999	NS
0,5%, 5,0%	0,5028	NS
2,6%, 5,0%	0,5028	NS

Tableau 8 : Test PLSD de Fisher pour le LPX6

Les LT mesurées avec le LPX6 sont statistiquement identiques (p-value>0,05%) quelle que soit la concentration de NaOCl de la solution d'irrigation.

3.3.2 MinirootZX®

Le tableau suivant résume la valeur moyenne des LT mesurées avec le MRZX selon les différentes concentrations d'hypochlorite de sodium.

Concentration/ paramètre	Nombre	Moyenne
0,5%	20	21,895 +/- 0,341
2,6%	20	21,710 +/- 0,314
5,0%	20	22,745 +/- 0,320

Tableau 9 : Valeurs de LT mesurées avec le MRZX selon les différentes concentrations d'hypochlorite de sodium

Comme précédemment, nous avons effectué un test ANOVA pour calculer la variance de ces valeurs de LT :

	Somme des carrés	Carré moyen	Valeur de p
Concentration NaOCl	0,366	0,193	0,9129

Tableau 10 : Test de variance (ANOVA) pour le MRZX

La valeur de p étant supérieure à 5%, il n'existe pas de différence statistiquement significative entre les LT mesurées par le MRZX.

Nous avons ensuite procédé à un test PLSD de Fisher avec un niveau de significativité de 5% :

Concentration/ paramètre	Valeur de p	Significativité
0,5%, 2,6%	0,6890	NS
0,5%, 5,0%	0,7455	NS
2,6%, 5,0%	0,9396	NS

Tableau 11 : Test PLSD de Fisher pour le MRZX

Les p-value étant toutes supérieures à 5%, il n'y aucune différence statistique entre les LT mesurées à 0,5%, 2,6% et 5,0% d'hypochlorite de sodium.

3.4 Tableau d'exactitude

Intervalle d'erreur en valeur absolue	MRZX			LPX6		
	≤ 0,5mm	≤ 0,7mm	≤1mm	≤0,5mm	≤0,7mm	≤1mm
NaOCl 0,5% %	17/20 85	18/20 90	20/20 100	19/20 95	19/20 95	20/20 100
NaOCl 2,5% %	18/20 90	20/20 100	20/20 100	16/20 80	17/20 85	20/20 100
NaOCl 5% %	18/20 90	20/20 100	20/20 100	15/20 75	18/20 90	20/20 100
Toutes concentrations confondues %	53/60 88	58/60 97	60/60 100	50/60 83	54/60 90	60/60 100

Tableau 12 : Exactitudes des LEA

Ce tableau affiche le taux d'exactitude des deux LEA en fonction de la concentration en NaOCl et général, à différents intervalles d'erreur. Le MRXZ et le LPX6 détectent le foramen apical dans 88% et 83% des cas à ± 0,5mm, respectivement quelle que soit la concentration. Ces taux atteignent 97% et 90% pour l'intervalle ± 0,7mm. Lorsque nous prenons en compte les concentrations en NaOCl, les taux d'exactitude du MRZX semblent davantage homogènes, notamment pour l'intervalle ± 0,5mm où il atteint 90% pour NaOCl 2,5% et NaOCl 5%, que le LPX6 qui voit ce taux diminuer de 95% à 75% respectivement.

4. Discussion

L'analyse statistique montre que les valeurs de LT mesurées sont identiques pour les deux LEA et pour les trois concentrations en NaOCl. Ainsi la concentration en NaOCl n'influe pas sur la fiabilité des deux LEA et le LPX6 est aussi fiable que le MRZX. Ceci signifie que nous pouvons nous permettre d'utiliser une solution d'irrigation plus concentrée, donc plus efficace sans augmenter le risque de fausser la mesure du LEA et donc de dépassement iatrogène.

Le MiniRootZX® de Morita est la version miniature du Root ZX® de Morita. Nous pouvons ainsi attendre des propriétés et performances identiques entre ces deux LEA. Le Root ZX® a été rigoureusement étudié et reconnu comme le "gold standard" au niveau international. Le tableau suivant résume les nombreuses études menées sur ce LEA.

Investigator	Variable tested	Accuracy (%)	Compared with	Sample (n)
Clinical accuracy in permanent teeth in vitro				
Czerw et al. (1995)	Accuracy in vitro	100 (± 0.5 mm)	Tooth length	30
White et al. (1996)	Accuracy in vitro	84 (± 0.5 mm)	Tooth length	51
Ounsi & Naaman (1999)	Accuracy in vitro	85 (± 0.5 mm)	Tooth length	39
Accuracy in the presence of irrigants				
Shabahang et al. (1996)	Accuracy in vivo	96 (± 0.5 mm)	Extracted tooth length	26
McGinty et al. (1996)	Irrigants and accuracy in vitro	No difference between irrigants	Tooth length	16

Weiger et al. (1999)	Irrigants and accuracy in vitro- NaOCl	85 (± 0.5 mm)	Tooth length	41
Jenkins et al. (2001)	Various irrigants and accuracy in vitro	No difference	Tooth length	30
Meares & Steiman (2002)	Accuracy with NaOCl in vitro	83 (± 0.5 mm) No difference	Tooth length	40
Clinical accuracy in permanent teeth in vivo				
Vajrabhaya & Tepmongkol (1997)	Accuracy in vivo	100 (± 0.5 mm)	Extracted tooth length	20
Pagavino et al. (1998)	Accuracy in vivo- SEM	83 (± 0.5 mm) 100 (± 1.0 mm)	Extracted tooth length	29
Dunlap et al. (1998)	Accuracy vital versus necrotic in vivo	82 (± 0.5 mm)	Extracted tooth length	34
McDonald et al. (1999)	Accuracy in vivo	95 (± 0.5 mm)	Extracted tooth length	20
Welk et al. (2003)	Accuracy in vivo	91 (± 0.5 mm) Minor diameter	Extracted tooth length	32
Clinical accuracy in primary teeth				
Katz et al. (1996)	Accuracy in primary teeth -in vitro	100 (± 0.5 mm)	Extracted tooth length	20
Mente et al. (2002)	Accuracy in resorbed primary teeth -in vitro	98 (± 1.0 mm)	Tooth length	24
Kielbassa et al. (2003)	Accuracy in primary teeth -in vivo	64 (± 1.0 mm)	Extracted tooth length	71

Tableau 12 : Études menées sur le Root ZX® de Morita d'après la méta-analyse de M.P.J Gordon et N.P Chandler en 2004 [1]

Le second LEA choisi appartient au groupe français Ionyx (Bordeaux) et possède une reconnaissance plus modeste que le MRZX. Son principe de fonctionnement est le “*ratio method*” appliqué à une multitude de fréquences et est donc similaire à celui du Root ZX® et du MiniRootZX®. En effet, ceux-ci utilisent le ratio method appliqué à deux fréquences.

Cette étude a ainsi permis de comparer ces deux LEA et de montrer que le LPX6, davantage “bon marché”, présente des résultats très satisfaisants.

Parmi les études citées dans le tableau 12, certaines se sont intéressées à la performance du Root ZX® en présence de différentes substances. Jenkins & al. [38] ont étudié le NaOCl à 5,25%, les anesthésiques locaux, l’EDTA, le RC Prep®, le peroxyde d’hydrogène à 3%, la solution saline à 0,9% et la chlorhexidine à 0,12%. Seules les LT mesurées en présence de NaOCl à 5,25% étaient significativement différentes des LT de références. Ceci est en accord avec les résultats de Khattak & al. [39] and [40] Demiryürek & al. qui ont étudié la performance du Root ZX in vitro et du Propex in vivo respectivement en présence de NaOCl à 2,5 %, de chlorhexidine à 0,12% et d’une solution saline à 0,9%. Il semblerait donc que le NaOCl à 2,5 % perturbe davantage les LEA que la chlorhexidine à 0,12%. Ceci semble en accord avec la diminution du taux d’exactitude (à $\pm 0,5\text{mm}$) du LPX6 en fonction de la concentration de NaOCl. En effet, celui-ci passe de 95% à NaOCl 0,5% à 75% à NaOCl 5,25%. Au contraire, ce taux d’exactitude à $\pm 0,5\text{mm}$ passe de 85% à 90% respectivement pour le MRZX. Meares & Steimann [41] trouvent des résultats comparables avec une exactitude à $\pm 0,5 \text{ mm}$ qui évolue de 83% à 85% en présence de NaOCl à 2,125% et 5,25% respectivement. Les travaux de Venturi & al. [42] menés sur le Root ZX et le Apex Finder ont également conclu que le Root ZX était plus précis dans les canaux irrigués avec un NaOCl à 5% que dans les canaux secs. La divergence des résultats de ces études pourrait être due au nombre important des substances évaluées ainsi qu’à la répétition des mesures dans les mêmes échantillons. En effet, avec l’étude de Jenkins & al. [38], chaque mesure a été triplée pour chacune des sept substances et par dents (30) tout en utilisant une lime relativement large (lime R-Flex® de #20). Ceci aurait pu engendrer une modification de l’état, du diamètre, du contenu des canaux et des apex. Une autre source de divergence peut être le modèle expérimental. Meares & Steimann et Venturi & al. ont immergé leurs dents dans une solution saline à 0,9% alors que Jenkins & al se sont inspirés de Donnelly & al. [43] et ont utilisé un bloc en gélatine

préparée avec une solution saline à 0,9%. Le modèle expérimental (bloc constitué d'alginate et de sel) dans cette étude est quant à lui inspiré des travaux de Chen & al. [44], Guerreiro-Tanomaru & al. [45] et Katz & al. [46] portant sur la comparaison des modèles d'étude in vitro pour les LEA. Ils concluent que l'alginate est le matériau de choix car il assure un contact maximal avec la racine dentaire et donc la conductivité dans le milieu et offre un ancrage stable aux différents éléments expérimentaux (sonde labiale et dents notamment) à l'inverse de la solution saline seule.

Ces études accordent souvent un intervalle d'erreur aux mesures électroniques de LT. Ceci a pour conséquence "d'exagérer" l'exactitude des LEA de façon importante étant donné que le degré de variation entre les mesures électroniques et visuelles est de l'ordre du millimètre. En effet, sans marge d'erreur, le taux de concordance pour le MRZX est de 31% et de 21% pour le LPX6. Si l'intervalle de $\pm 0,5$ mm est appliqué, ce taux atteint à 88% et 83% respectivement. Ainsi la performance des deux LEA est similaire. Ce degré de variation est indétectable et donc négligeable en pratique clinique, c'est pour cela que certains auteurs parlent de "*clinical accuracy*" ("exactitude *clinique*"). [47]

L'intervalle d'erreur est souvent de $\pm 0,5$ mm. (tableau 12) Shabahang & al. [47] la définissent comme "the strictest clinical tolerance" ("la tolérance clinique la plus stricte") et ajoutent qu'elle peut être élargie à ± 1 mm à cause de variabilité de la configuration apicale dont l'alignement du foramen apical avec le vertex. Ainsi, en élargissant cette marge d'erreur à $\pm 0,7$ mm, ce qui reste cliniquement acceptable, le taux d'exactitude pour le LPX6 en présence de NaOCl à 5,25% remonte de 15% et atteint les 90%. Cette variation de $\pm 0,7$ mm pourrait correspondre à la distance entre la constriction apicale et le foramen apical. En effet, celle-ci est comprise entre 0,5mm et 0,8mm d'après Gordon & Chandler. [1]

Par ailleurs, toutes les LT mesurées au cours de cette étude restent dans l'intervalle d'erreur ± 1 mm. Ceci est encourageant car, d'après Piasecki & al. [48] Ricucci & Langeland [15], les variations au-delà de cet intervalle augmentent le risque d'estimation erronées de LT. On peut noter par ailleurs que le taux d'exactitude général à $\pm 0,5$ mm sans tenir compte des concentrations (83% pour LPX6 et 88% pour MRZX) est comparable au taux retrouvé dans l'étude de Meares & Steimann (83%).

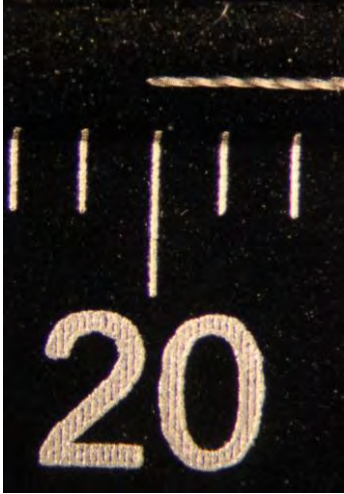
Les solutions ont été utilisées par ordre croissant de concentration en NaOCl. Le cas contraire (ordre inverse) aurait contribué à une augmentation de concentration de la solution à 2,5% par contamination et réduit l'écart entre les deux solutions et donc atténuant l'éventuel impact des concentrations.

La LT de référence est souvent une mesure visuelle sous grossissement microscope et se fait en amont [38][42] des mesures électroniques ou en aval [47]. Nous avons effectué les deux pour observer une modification éventuelle de la LT après plusieurs passages de lime. En effet, le risque d'agrandir ou de déporter le foramen apical augmente avec chaque passage de lime. Dans notre expérience, seulement deux dents (numéro 1 et 8) sur dix présentent des mesures visuelles V1 et V2 différentes avec V1 supérieure à V2. Les autres sont identiques au dixième de millimètre près. La dent numéro 8 présente une variation relativement faible de 0,1 mm. La dent numéro 1 cependant, présente un raccourcissement de LT plus conséquent (0,4 mm). Ceci peut s'expliquer par le redressement de l'axe canalaire dans sa portion apicale, phénomène davantage prépondérant avec l'utilisation de lime manuelles en acier.[49][50]

Enfin, le repère apical le plus courant pour cette mesure visuelle est l'affleurement du foramen apical par la pointe d'une lime manuelle. En effet, celui-ci est plus simple à mettre en évidence que la constriction apicale par exemple.

Par ailleurs, la taille de notre échantillon (10 dents) reste cohérente avec celle des études listées dans le tableau précédent (16 à 71 dents) en dupliquant chacune de nos mesures. Par ailleurs, nous avons respecté le caractère moradiculé des dents typiquement incluses dans ces études. (tableau 12)

Enfin, l'utilisation d'une réglette millimétrée peut induire un degré de précision moindre que celui des études citées dans le tableau précédent. Pour pallier à cela, nous avons lu la réglette sous loupe binoculaire comme dans l'étude de Bernades & al. [51] Par ailleurs, la plupart des cliniciens utilisent des instruments de précision identique (de l'ordre du millimètre), nous pouvons donc présumer que nos résultats sont cliniquement exploitables.



*Figure 14. Vue de la lecture de la règle avec loupe
binoculaire grossissement x16*

Conclusion

La fiabilité des localisateurs d'apex selon les différentes circonstances cliniques est un élément primordial dans le protocole endodontique. En effet, celle-ci est garante du respect et donc de la cicatrisation de l'espace péri apical par les instruments de mise en forme et la solution d'irrigation. Celle-ci est le plus souvent composée d'un mélange d'eau et de NaOCl, dont la concentration est directement proportionnelle à la rapidité de désinfection.

Nous avons étudié la fiabilité de deux LEA, le miniRootZX® de Morita et le Locapex6® de Ionyx, en fonction de trois concentrations de NaOCl (0,5%, 2,5%, 5,0%). Le premier LEA est une version plus récente du Root ZX®, considéré comme le gold standard par de nombreux auteurs, et le second provient d'un fabricant français de renommée plus modeste. Les deux LEA utilisent cependant le même principe de fonctionnement : le ratio method. L'analyse statistique a démontré qu'il n'y avait pas de différences significatives entre les LT mesurées quelle que soit la concentration et le LEA utilisé. Ces résultats sont favorables à l'emploi, d'une part, de solutions d'irrigation plus concentrées permettant une désinfection plus rapide et d'autre part, de LEA financièrement plus accessibles. La durée et le coût des protocoles endodontiques s'en trouvent ainsi optimisés.

Le Directeur de thèse et président du jury,

Pr Franck Diemer



Bibliographie

1. Gordon M. P. J, Chandler N. P Electronic Apex Locators. *International Endodontic Journal* 2004; **37**, no. 7: 425–37
2. Real D.G, Davidowicz H, Moura-Netto C, Zenkner C, Pagliarin C.M.L, Barletta F.B, De Moura A.AM. Accuracy of Working Length Determination Using 3 Electronic Apex Locators and Direct Digital Radiography. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 2011; **111**, no. 3 : 44–49
3. Baume LJ, Fiore-Donno G. Vues nouvelles sur le diagnostic différentiel des pulpopathies. *Médecine et Hygiène (Genève)* 1962; **20** : 543-571
4. Rowe A. H. R, and Ford T. R. Pitt. The Assessment of Pulpal Vitality. *International Endodontic Journal* 1990; **23**, no. 4 : 77–83
5. Piette et Goldberg. La dent, le normal et le pathologique. De Boeck Université; 2001.
6. Featherstone, John D. B The science and practice of caries prevention. *The Journal of the American Dental Association* 2000; **131**, no. 7: 887–99
- 7 . Vickerman M. M, Brossard K.A, Funk D. B, Jesionowski A.M, Gill S.R. Phylogenetic Analysis of Bacterial and Archaeal Species in Symptomatic and Asymptomatic Endodontic Infections. *Journal of Medical Microbiology* 2007; **56**, no. 1: 110–18
8. Berkovitz B. K. B, Holland G. R, Moxham B. J. Color Atlas & Textbook of Oral Anatomy, Histology, and Embryology. Mosby Year Book; 1992.
9. Kuttler Y. Microscopic Investigation of Root Apexes. *The Journal of the American Dental Association* 1955; **50**, no. 5 : 544–52

10. Gutierrez Jh, Aguayo P. Apical Foraminal Openings in Human Teeth. Number and Location. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics* 1995; **79**, no. 6 : 769–77
11. Grove CJ. The value of the dentinocemental junction in pulp canal surgery. *Journal Dental Research* 1931
12. Ricucci D. Apical Limit of Root Canal Instrumentation and Obturation, Part 1. Literature Review. *International Endodontic Journal* 1998; **31**, no. 6 : 384–93
13. Dummer P. M. H, McGinn J. H, Rees D. G. The Position and Topography of the Apical Canal Constriction and Apical Foramen. *International Endodontic Journal* 1984; **17**, no. 4 : 192–98
14. Stock C. Endodontics--Position of the Apical Seal. *British Dental Journal* 1994; **176**, no. 9 : 329
15. Ricucci D, Langeland K. Apical Limit of Root Canal Instrumentation and Obturation, Part 2. A Histological Study. *International Endodontic Journal* 1998; **31**, no. 6 : 394–409
16. Katz A, Tamse A, Kaufman A. Y. Tooth Length Determination: A Review. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 1991; **72**, no. 2 : 238–42
17. Seidberg, B. H, Alibrandi B.V, Fine H, Logue B. Clinical Investigation of Measuring Working Lengths of Root Canals with an Electronic Device and with Digital-Tactile Sense. *The Journal of the American Dental Association* 1975; **90**, no. 2 : 379–87
18. Rosenberg D.B. The paper point technique, Part 1. *Dentistry Today* 2003; no. 22 : pp. 62–67
19. HAS. Traitement endodontique. Rapport d'évaluation technologique. Haute Autorité de Santé 2008.

20. Sunada I. New Method for Measuring the Length of the Root Canal. *Journal of Dental Research* 1962; **41**, no. 2 : 375–87
21. Custer L. E. Exact Methods of Locating the Apical Foramen. *The Journal of the National Dental Association* 1918; **5**, no. 8, : 815–19
22. Suzuki K. Experimental study on iontophoresis. *Journal of the Japanese Stomatological Association* 1942; **16** : 411–29
23. Kim E, Lee S.J. Electronic Apex Locator. *Dental Clinics of North America* 2004; **48**, no. 1 : 35–54
24. Nekoofar M. H, Ghandi M.M, Hayes S.J, Dummer P. M. H. The Fundamental Operating Principles of Electronic Root Canal Length Measurement Devices. *International Endodontic Journal* 2006; **39**, no. 8 : 595-609
25. Ali R, Okechukwu N. C, Brunton P, Nattress B. An Overview of Electronic Apex Locators: Part 2. *British Dental Journal* 2013; **214**, no. 5 : 227–28
26. Kobayashi C, Suda H. New Electronic Canal Measuring Device Based on the Ratio Method. *Journal of Endodontics* 1994; **20**, no. 3 : 111–14
27. Herrera M, Ábalos C, Planas A.J, Llamas R. Influence of Apical Constriction Diameter on Root ZX Apex Locator Precision. *Journal of Endodontics* 2007; **33**, no. 8 : 995–98
28. Akisue E, Gratieri S.D, Barletta F.B, Caldeira C.L, Grazziotin-Soares R, Gavini G. Not All Electronic Foramen Locators Are Accurate in Teeth with Enlarged Apical Foramina: An In Vitro Comparison of 5 Brands. *Journal of Endodontics* 2014; **40**, no. 1 : 109–12
29. Ounsi H. F, Naaman A. In Vitro Evaluation of the Reliability of the Root ZX Electronic Apex Locator. *International Endodontic Journal* 1999; **32**, no. 2 : 120-3

30. Gurgel M, Vallaey K, Basso A, Diemer F. Le Localisateur d'apex Utilisation Clinique. *Clinic* 2008; **29**
31. Stojcic S, Zivkovic S, Qian W, Zhang H, Haapasalo M. Tissue Dissolution by Sodium Hypochlorite: Effect of Concentration, Temperature, Agitation, and Surfactant. *Journal of Endodontics* 2010; **36**, no. 9 : 1558-62
32. Dakkaki J, Benkirane I, Karami M, El Ouazzani A. Désinfection endodontique : Principes et méthodologie. Le courrier du dentiste [en ligne] 19 Novembre 2013.
33. Clarkson R.M, Moule A.J. Sodium Hypochlorite and Its Use as an Endodontic Irrigant. *Australian Dental Journal* 1998; **43**, no. 4 : 250-56
34. Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Gao Y. Irrigation in Endodontics. *British Dental Journal* 2014; **216**, no. 6 : 299-303
35. McKenna S.M, Davies K.J.A. The Inhibition of Bacterial Growth by Hypochlorous Acid. Possible Role in the Bactericidal Activity of Phagocytes. *Biochemical Journal* 1988; **254**, no. 3 : 685-92
36. Hülsmann M, Hahn W. Complications during root canal irrigation literature review and case reports. *International Endodontic Journal* 2000; **33** : 186-193
37. Stojcic S, Zivkovic S, Qian W, Zhang H, Haapasalo M. Tissue Dissolution by Sodium Hypochlorite: Effect of Concentration, Temperature, Agitation, and Surfactant. *Journal of Endodontics* 2010; **36**, no. 9 : 1558-62
38. Jenkins J.A, Walker III W.A, Schindler W.G, Flores C.M. An In Vitro Evaluation of the Accuracy of the Root ZX in the Presence of Various Irrigants. *Journal of Endodontics* 2001; **27**, no. 3 : 209-11
39. Khattak O, Raidullah E, Francis M.L. A Comparative Assessment of the Accuracy of Electronic Apex Locator (Root ZX) in the Presence of Commonly Used Irrigating Solutions. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry* 2014; **6** no. 1 : 41-46
40. Demiryürek E, Inan U, Aydin U. In Vivo Evaluation of ProPex Electronic Apex Locator *Journal of Endodontics* 2007; vol. **33** : 974-77

41. Meares W.A, Steiman H.R. The Influence of Sodium Hypochlorite Irrigation on the Accuracy of the Root ZX Electronic Apex Locator. *Journal of Endodontics* 2002; **28**, no. 8 : 595–98
42. Venturi M, Breschi L. A Comparison between Two Electronic Apex Locators: An Ex Vivo Investigation *International Endodontic Journal* 2007; **40**, no. 5 : 362–73
43. Donnelly JC. A simplified model to demonstrate the operation of electronic root canal measuring devices. *Journal of Endodontics* 1993; **19** : 579–80
44. Katz A, Tamse A, Kaufman AY. Tooth length determination: a review. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology* 1991 **72** : 239–42
45. Chen E, Kaing S, Mohan H, Ting S.Y, Wu J, Parashos P. An Ex Vivo Comparison of Electronic Apex Locator Teaching Models. *Journal of Endodontics* 2011; **37**, no. 8 : 1147–51
46. Guerreiro-Tanomaru J.M, Croti H.R, Silva G.F, Faria G, Tanomaru-Filho M. Tooth embedding medium influences the accuracy of electronic apex locator. *Acta Odontológica Latinoamericana* 2012; **25**, no. 2 : 214-217
47. Shabahang S, Goon W.W.Y, Gluskin A.H. An in Vivo Evaluation of Root ZX Electronic Apex Locator. *Journal of Endodontics* 1996; **22**, no. 11 : 616–18
48. Piasecki L, José Dos Reis P, Jussiani E.I, Andrello A.C. A Micro-Computed Tomographic Evaluation of the Accuracy of 3 Electronic Apex Locators in Curved Canals of Mandibular Molars. *Journal of Endodontics* 2018; **44**, no. 12 : 1872–77
49. Berutti E, Chiandussi G, Paolino D.S, Scotti N, Cantatore G, Castellucci A, Pasqualini D. Effect of Canal Length and Curvature on Working Length Alteration with WaveOne Reciprocating Files. *Journal of Endodontics* 2011; **37**, no. 12 : 1687–90

50. Farber JP, Bernstein M. The effect of instrumentation on root canal length as measured with an electronic device. *Journal of Endodontics* 1983; **9**, no. 3 : 114–5

51. Bernardes R.A, Duarte M.A.H, Vasconcelos B.C, Moraes I.G, Bernardineli N, Garcia R.B, Baldi J.V, Victorino F.R, Bramante C.M. Evaluation of Precision of Length Determination with 3 Electronic Apex Locators: Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator, and RomiAPEX D-30. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics* 2007; **104** : 91-94

Proposition d'article :

Effect of sodium hypochlorite concentration on electronic apex locator reliability : Mini Root ZX® vs Locapex 6®

Plews Emma, Diemer Franck

Abstract :

Introduction: Electronic apex locators detect the apical foramen and thus ensure the integrity of the periapical zone during an endodontic procedure. Several factors such as sodium hypochlorite concentration in irrigation can affect their reliability. The aim of this ex vivo study is to measure the performance of two electronic apex locators in the presence of three irrigants with different sodium hypochlorite concentrations.

Method: Two EAL, the Mini Root ZX® (J. Morita Co, Kyoto, Japan) and the Locapex 6® (Ionyx, Bordeaux, France) were used to locate the apical foramen in 10 extracted single-rooted teeth in the presence of 0.5% , 2.5% and 5% sodium hypochlorite. Visual working lengths were also determined using a microscope, before and after the electronic measurements were made. The performance of both EAL was studied by comparing electronic working lengths determined with each EAL in the presence of the various irrigants to the visual ones. The two visual working lengths were also compared with one another. A multiple way ANOVA and PLSD Fisher's test with an α risk fixed at 5% were conducted.

Results : In all three groups, there were no statistical differences between working lengths determined by both EALs and their visual control measurements. When a ± 0.5 mm margin is applied, the Mini Root ZX® and the Locapex 6® presented an accuracy of 88% and 83%, respectively.

Conclusion : Sodium hypochlorite concentration in irrigants doesn't affect the accuracy and thus reliability of both the Mini Root ZX® and the Locapex 6®.

Introduction:

Correct determination of working length (WL) is instrumental to ensure the integrity of the periapical area during an endodontic procedure. Working length is defined as the distance between a coronal reference point and the apical point, consensually defined by

the apical constriction, at which canal preparation and obturation should terminate.[1][2]. Electronic apex locators (EAL) have become very reliable in detecting the apical foramen and have become a common part of endodontic protocols. However, their reliability has also been known to be adversely affected by irrigation.[3][4][5][6] The most common irrigant is a dilution of sodium hypochlorite in water. When in contact with the latter, the former breaks down into particles of Na⁺ and HClO[7] which are highly conductive and capable of generating faulty contacts and thus faulty readings in EALs. This can lead to erroneous WLs and the iatrogenic injection of irrigant beyond the apical foramen, causing very serious injuries and compromising periapical healing.[8]

The clinical concentration of sodium hypochlorite in irrigants has changed over time, as it has been demonstrated in some studies [9][10][11] that its bactericidal action was proportional to its concentration. However, higher concentrations of sodium hypochlorite also cause more severe tissular lesions.

The aim of this ex vivo study is to assess the impact of three different sodium hypochlorite concentrations (0.5%, 2.5% and 5%) on two electronic apex locators : Mini Root ZX® (J. Morita Co, Kyoto, Japan) and the Locapex 6® (Ionyx, Bordeaux, France).

Materials and Method:

Ten extracted single-rooted teeth with mature apices were selected and preserved in water at 20°C until use. All teeth were exempt from apical resorptions, metallic restorations, prosthetic and endodontic treatments. For each tooth, the cusp or incisal edge was flattened with a 12mm cylindrical diamond burr (Komet, Paris, France) mounted on a high-speed handpiece to create a stable and reliable coronal reference point. The access cavity was then made with a 10mm spherical diamond burr (Komet, Paris, France). A size 8 K-file was used to explore the canal and determine the initial visual working length (V1) by advancing the file until the tip was tangential to the major foramen under a stereomicroscope (Leica Wild M3B, Wetzlar, Germany) at x16 magnification. The silicon stop was then adjusted to the coronal reference point and the V1 was measured using an endodontic ruler under x16 microscope magnification, allowing for 0,1mm precision.

The teeth, as well as the labial clips for each EAL, were then embedded in a plastic container filled with a mixture of alginate (Zelgan® Dentsply Sirona, Versailles, France), water and 2g of salt. Three irrigants were made and divided into three groups according to their sodium hypochlorite concentration: Irrigant 1 with 0.5% NaOCl (Dakin® CPF, Melun, France), Irrigant 2 with 2.5% NaOCl and Irrigant 3 with 5% NaOCl. An original solution of 9.6% NaOCl (Nectra, Nîmes, France) was diluted with water at a 27/73 ratio for Irrigant 2 and a 52/48 for Irrigant 3. The irrigants were then used by order of lowest to highest concentration in NaOCl so as to avoid concentration modifications through cross-contamination. For each group, the dental canal was flushed with 1ml of irrigant with a syringe with a lateral perforation needle, then gently dried in the coronal part with an air spray and size 25 paper points (Pierre Roland Mérignac, France), depending on canal size. Electronic measurements were then made with both EALs which were used in computer-randomized order. Thus two measurements were made for each tooth, which amounted to 4 electronic WL (EWL) measurements per tooth (2 by each EAL). An additional 0.5ml irrigation and air spray and paper points drying process was renewed between each electronic WL measurement. Each EAL was used according to the manufacturer's instructions. That is to say, the size 10 K-file was advanced until the "APEX" signal flashed on the screen in the case of the Locapex 6® (LPX6) and the first red bar next to the "APEX" signal flashed in the case of the Mini Root ZX® (MRZX). Similarly to the visual WL measurements, the silicon stop was adjusted to the coronal reference point of the tooth and the EWL measured on the endodontic ruler. Once all the teeth had been flushed with Irrigant 1, each tooth was flushed with 10 ml of water to avoid an increase in concentration of Irrigant 2. The same process was repeated with Irrigant 3. After all electronic measurements were made, the teeth were flushed with 10ml of water, dried with paper points and extracted from the alginate-filled plastic container. A final visual working length (V2) was measured in the same way as the initial visual WL (V1).

Data Analysis:

The statistical analysis was performed with statview5.0 (SAS Institute, Orange, CA, USA). V1 and V2 measurements were compared to LPX6 and MRZX electronic working length measurements, regardless of NaOCl concentration, using a multiple way ANOVA test the

Fisher test) to assess the comparability of both methods (visual and electronic). The V1 and V2 of each tooth were also compared to assess the preservation of the apical foramen. It appears in Table 1 that two teeth (n°1 and n°8) have a discrepancy in this regard. The Fisher test was then used to study the influence of NaOCl concentration on each EAL separately. For all tests the α risk was set at 5%.

Results :

WL measured visually (initial and final) and electronically (MRZX and LPX6) were not statistically different as the p-value of the ANOVA test was 0.8076. Therefore, the test subjects (root canals) are deemed comparable and form a homogenous group. We used a PLSD Fisher test with a 5% significance rate to compare each method one another (cf table 1). There was no statistical difference ($P>0.05$), suggesting that all measured WL are broadly similar regardless of method (visual or electronic).

Table 1. Fisher PLSD Test

	p-value	Significance
Visual, MRZX	0.9408	NS
Visual, LPX6	0.6279	NS
MRZX, LPX6	0.5617	NS

For both the Locapex 6 and the Mini Root ZX there is no significant difference between the measured WL (table 2) when NaOCl concentrations are taken into account, when a PLSD Fisher test is applied. Similarly, the ANOVA test for each EAL shows that there is no significant difference between all the measured WL.

Table 2. WL accounting for NaOCl concentration for Locapex 6 and MRZX

EAL	PLSD Fisher p-value			ANOVA p-value
	0.5%, 2.6%	0.5%, 5.0%	2.6%, 5.0%	
LPX6	>0.9999	0.5028	0.5028	0.7397
MRZX	0.689	0.7455	0.9396	0.9129

Mini Root ZX and Locapex 6 can find the major foramen in 88% and 83% of the time (table 3) with a margin of error of ± 0.5 mm, regardless of concentrations. When this margin is increased to ± 0.7 mm, the accuracy rates reach 97% for MRZX and 90% for LPX6 (table 3).

When considering NaOCl concentration, Locapex 6 seems less accurate as concentration increases, the precision rate dropping from 80% with irrigant 2 to 75% with irrigant 3. On the other hand, Mini Root ZX seems to be more stable, with a constant 90% precision rate with 2.5% and 5% NaOCl.

Table 3. LPX6 and MRZX working length compared to visual WL with ± 0.5 mm and ± 1 mm

Absolute length discrepancy in mm	MRZX			LPX6		
	$\leq 0,5$ mm	$\leq 0,7$ mm	≤ 1 mm	$\leq 0,5$ mm	$\leq 0,7$ mm	≤ 1 mm
Irrigant 1	17/20 85%	18/20 90%	20/20 100%	19/20 95%	19/20 95%	20/20 100%
Irrigant 2	18/20 90%	20/20 100%	20/20 100%	16/20 80%	17/20 85%	20/20 100%
Irrigant 3	18/20 90%	20/20 100%	20/20 100%	15/20 75%	18/20 90%	20/20 100%
All concentrations	53/60 88%	58/60 97%	60/60 100%	50/60 83%	54/60 90%	60/60 100%

Discussion :

The results of this study conclude that NaOCl concentration in irrigation doesn't seem to adversely affect the reliability of Mini Root ZX nor Locapex 6, indicating that stronger irrigants could be used without increasing the risk of iatrogenic injection beyond the apical foramen. The first EAL used in this study serves as a reference. Indeed, Mini Root ZX being a miniature version of the Root ZX (J. Morita Co, Kyoto, Japan), the two EALs can be expected to have identical properties and performances. The Root ZX is considered by many authors to be a reference and has been studied extensively. Chandler and Gordon [12] thoroughly listed the studies pertaining to the Root ZX's properties in their 2004 review. Amongst these, some have studied the performance of

the Root ZX in the presence of liquids. Jenkins & al. [13] used 5.25% NaOCl, local anesthetics (2% lidocaine), EDTA, RC Prep, Peridex (0.12% chlorhexidine) and 3% hydrogen peroxide. They found that statistically significant differences were only found with 5.25% NaOCl which is in agreement with more recent research by Khattak & al. [14] and Demiryürek & al.'s [15] in vitro and in vivo studies, respectively, on EAL performance (Root ZX and Propex respectively) in the presence of 2.5% NaOCl, 0.2% chlorhexidine (CHX) and 0.9% sodium chloride (NaCl). The only statistically significant differences were also only found with NaOCl. It seems that in comparison to 0.2% CHX, 2.5% and 5.25% NaOCl can cause significant functional disturbances in different EALs in both in vivo and in vitro conditions. This seems to be congruent with the LPX6 accuracy rate ($\pm 0.5\text{mm}$) proportionally decreasing with NaOCl concentration in our study (95%, 80%, 75% for irrigant 1, 2, and 3 respectively).

Inversely, the accuracy rate to $\pm 0.5\text{mm}$ for MRZX seems to increase with concentration, going from 85% (irrigant 1) to 90% (irrigant 2 and 3). This disagrees with the studies previously mentioned but is in accord with Meares & Steimann's work which studied the performance of Root ZX in the presence of 2.125% and 5.25% NaOCl.[16] Indeed, the accuracy rate to $\pm 0.5\text{mm}$ increased from 83% with 2.125% NaOCl to 85% with 5.25% NaOCl. The overall accuracy rate regardless of concentration to $\pm 0.5\text{mm}$ (83%) was also comparable to the ones in this study (83% for LPX6 and 88% for MRZX). Finally, no statistically significant adverse effect was found either. Venturi's study also found Root ZX to be more accurate in highly conductive conditions (5.25% NaOCl) than low ones (dry canals).[5] This discrepancy might be due to the fact that many different liquids were tested many times in Jenkins & al.'s study.[13] Indeed, each measurement was triplicated for each liquid and tooth (30) using a relatively large file (#20 Flex-R file). This could have modified the shape, diameter and condition of the canals and apices. Another explanation might be linked to the experimental model which could affect conductive properties. Indeed Meares & Steimann [16] and Venturi [5] immersed their teeth in 0.9% NaCl whereas Jenkins & al. used a gelatine model inspired by Donnelly's work.[17] In this study an alginate model was chosen as, according to Kaufman [18], Chen & al. [19] and Guerreiro-Tanomaru & al's [20] work, it allows for optimal stability and conductivity as well as being cost efficient and practical.

The $\pm 0.5\text{mm}$ margin of error is standard [16][21][22][23]. According to Shabahang & al.[24], this margin of error is defined as “the strictest clinical tolerance” but can be increased to $\pm 1\text{ mm}$ because of the highly variable shape of the apical zone.

By increasing this $\pm 0.5\text{mm}$ error margin to $\pm 0.7\text{mm}$ which remains clinically acceptable, the accuracy rate for LPX6 in irrigant 3 increases by a considerable 15%, making it 90% accurate in 5.25% NaOCl. This $\pm 0.7\text{ mm}$ variation could be interpreted as the distance between the apical constriction and the apical foramen, which has been reported by Kuttler [25], Dummer & al. [26] and Stein & Corcoran [27], to fluctuate between 0,5mm in younger subjects to 0,8mm in older subjects. Furthermore, all measurements (both EAL and all concentrations included) are within $\pm 1\text{mm}$ which is considered to be the maximal tolerance interval. Measurements exceeding it will lead to incorrect WL estimations. [28][29][28]

The chronology of WL measurement methods (visual and electronic) can affect the accuracy of the control visual measurement as each file passing can widen and move the apical foramen, which is usually the apical reference point. Pre and post electronic visual measurements were taken in this study (V1 and V2) and a discrepancy was observed in two teeth (number 1 and 8) with V1 greater than V2 in both cases. This can be explained by the straightening and thus shortening of the root canal which is especially prevalent when using steel files. [30] [31]

Similarly to other studies [16][32][24], the apical foramen was chosen as the apical reference point. It is a more reliable anatomical landmark and can be easily detected by the tip of a file under microscopic magnification unlike the apical constriction which is highly variable and sometimes inexistent. [33][34]

The 1 mm precision endodontic ruler used in this study is less precise than other tools found in some studies such as 0.1-mm precision digital calipers [23] or computer-based measuring systems [35]. It was therefore read under a stereomicroscope at x16 magnification so that a 0.1 mm precise measurement could be obtained, similarly to Bernades & al.’study.[32] It can also be noted that the endodontic ruler is a very common measuring method in dental practice and can thus be deemed sufficiently precise from a clinical point of view.



Figure 1. Endodontic ruler reading under a stereomicroscope at x16 magnification

Conclusion: No NaOCl concentration-related adverse effect was demonstrated in this study and thus both MRZX and LPX6 are reliable in highly concentrated NaOCl, especially when a $\pm 0.7\text{mm}$ interval is applied for the latter. Although this correlates with previous studies, these remain sparse and further research with additional parameters such as preflaring or EAL integrated endodontic motors, should be conducted to improve these findings.

References :

1. Glossary of endodontic terms, 8th edition. Chicago : American Association of Endodontist; 2012
2. Ricucci D. Apical Limit of Root Canal Instrumentation and Obturation, Part 1. Literature Review. *International Endodontic Journal* 1998; **31**, no. 6 : 384–93
3. Gurgel M, Vallaey K, Basso A, Diemer F. Le Localisateur d'apex Utilisation Clinique. *Clinic* 2008; **29**
4. Kobayashi C, Suda H. New Electronic Canal Measuring Device Based on the Ratio Method. *Journal of Endodontics* 1994; **20**, no. 3 : 111–14
5. Venturi M, Breschi L. A Comparison between Two Electronic Apex Locators: An Ex Vivo Investigation *International Endodontic Journal* 2007; **40**, no. 5 : 362–73
6. Ali R, Okechukwu N. C, Brunton P, Nattress B. An Overview of Electronic Apex Locators: Part 2. *British Dental Journal* 2013; **214**, no. 5 : 227–28
7. Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Gao Y. Irrigation in Endodontics. *British Dental Journal* 2014; **216**, no. 6 : 299–303
8. Hülsmann M, Hahn W. Complications during root canal irrigation literature review and case reports. *International Endodontic Journal* 2000; **33** : 186–193
9. Stojicic S, Zivkovic S, Qian W, Zhang H, Haapasalo M. Tissue Dissolution by Sodium Hypochlorite: Effect of Concentration, Temperature, Agitation, and Surfactant. *Journal of Endodontics* 2010; **36**, no. 9 : 1558–62
10. Iandolo A, Dagna A, Poggio C, Capar I, Amato A, Abdellatif D. Evaluation of the Actual Chlorine Concentration and the Required Time for Pulp Dissolution Using Different Sodium Hypochlorite Irrigating Solutions *Journal of Conservative Dentistry* 2019; **22**, no. 2 : 108
11. Baumgartner J.C, Cuenin P.R. Efficacy of Several Concentrations of Sodium Hypochlorite for Root Canal Irrigation. *Journal of Endodontics* 1992; **18**, no. 12 : 605–12
12. Gordon M. P. J, Chandler N. P. Electronic Apex Locators. *International Endodontic Journal* 2004; **37**, no. 7: 425–37

13. Jenkins J.A, Walker III W.A, Schindler W.G, Flores C.M. An In Vitro Evaluation of the Accuracy of the Root ZX in the Presence of Various Irrigants. *Journal of Endodontics* 2001; **27**, no. 3 : 209–11
14. Khattak O, Raidullah E, Francis M.L. A Comparative Assessment of the Accuracy of Electronic Apex Locator (Root ZX) in the Presence of Commonly Used Irrigating Solutions. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry* 2014; **6** no. 1 : 41-46
15. Demiryürek E, Inan U, Aydin U. In Vivo Evaluation of ProPex Electronic Apex Locator *Journal of Endodontics* 2007; vol. **33** : 974–77
16. Meares W.A, Steiman H.R. The Influence of Sodium Hypochlorite Irrigation on the Accuracy of the Root ZX Electronic Apex Locator. *Journal of Endodontics* 2002; **28**, no. 8 : 595–98
17. Donnelly JC. A simplified model to demonstrate the operation of electronic root canal measuring devices. *Journal of Endodontics* 1993; **19** : 579–80
18. Katz A, Tamse A, Kaufman AY. Tooth length determination: a review. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology* 1991 **72** : 239–42
19. Chen E, Kaing S, Mohan H, Ting S.Y, Wu J, Parashos P. An Ex Vivo Comparison of Electronic Apex Locator Teaching Models. *Journal of Endodontics* 2011; **37**, no. 8 : 1147–51
20. Guerreiro-Tanomaru J.M, Croti H.R, Silva G.F, Faria G, Tanomaru-Filho M. Tooth embedding medium influences the accuracy of electronic apex locator. *Acta Odontológica Latinoamericana* 2012; **25**, no. 2 : 214-217
21. Herrera M, Ábalos C, Lucena C, Jiménez-Planas A, Llamas R. Critical Diameter of Apical Foramen and of File Size Using the Root ZX Apex Locator: An In Vitro Study *Journal of Endodontics* 2011; **37**, no. 9 : 1306–09
22. Akisue E, Gratieri S.D, Barletta F.B, Caldeira C.L, Grazziotin-Soares R, Gavini G. Not All Electronic Foramen Locators Are Accurate in Teeth with Enlarged Apical Foramina: An In Vitro Comparison of 5 Brands. *Journal of Endodontics* 2014; **40**, no. 1 :
23. Duran-Sindreu F, Gomes S, Stöber E, Mercadé M, Jané L, Roig M. In Vivo Evaluation of the IPex and Root ZX Electronic Apex Locators Using Various Irrigants *International Endodontic Journal* 2013; vol. **46**, no. 8 : 769–74
24. Shabahang S, Goon W.W.Y, Gluskin A.H. An in Vivo Evaluation of Root ZX Electronic Apex Locator. *Journal of Endodontics* 1996; **22**, no. 11 : 616–18

25. Kuttler Y. Microscopic Investigation of Root Apexes. *The Journal of the American Dental Association* 1955; **50**, no. 5 : 544–52
26. Dummer P. M. H, McGinn J. H, Rees D. G. The Position and Topography of the Apical Canal Constriction and Apical Foramen. *International Endodontic Journal* 1984; **17**, no. 4 : 192–98
27. Stein TJ, Corcoran JF Anatomy of the root apex and its histologic changes with age. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 1990; **69** : 238–42
28. Piasecki L, José Dos Reis P, Jussiani E.I, Andrello A.C. A Micro-Computed Tomographic Evaluation of the Accuracy of 3 Electronic Apex Locators in Curved Canals of Mandibular Molars. *Journal of Endodontics* 2018; **44**, no. 12 : 1872–77
29. Ricucci D, Langeland K. Apical Limit of Root Canal Instrumentation and Obturation, Part 2. A Histological Study. *International Endodontic Journal* 1998; **31**, no. 6 : 394–409
30. Berutti E, Chiandussi G, Paolino D.S, Scotti N, Cantatore G, Castellucci A, Pasqualini D. Effect of Canal Length and Curvature on Working Length Alteration with WaveOne Reciprocating Files. *Journal of Endodontics* 2011; **37**, no. 12 : 1687–90
31. Farber JP, Bernstein M. The effect of instrumentation on root canal length as measured with an electronic device. *Journal of Endodontics* 1983; **9**, no. 3 : 114–5
32. Bernardes R.A, Duarte M.A.H, Vasconcelos B.C, Moraes I.G, Bernardineli N, Garcia R.B, Baldi J.V, Victorino F.R, Bramante C.M. Evaluation of Precision of Length Determination with 3 Electronic Apex Locators: Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator, and RomiAPEX D-30. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics* 2007; **104** : 91-94
33. Grove CJ. The value of the dentinocemental junction in pulp canal surgery. *Journal Dental Research* 1931
34. Stock C. Endodontics--Position of the Apical Seal. *British Dental Journal* 1994; **176**, no. 9 : 329
35. Somma F, Castagnola R, Lajolo C, Holtzman L.P, Marigo L. In Vivo Accuracy of Three Electronic Root Canal Length Measurement Devices: Dentaport ZX, Raypex 5 and ProPex II. *International Endodontic Journal* 2012; **45**, no. 6 : 552–56

Impact de la concentration en hypochlorite de sodium sur la fiabilité des localisateurs d'apex : Mini Root ZX® vs Locapex 6®

RESUME EN FRANCAIS : Les localisateurs d'apex électroniques détectent le foramen apical et favorisent ainsi le respect de l'espace péri-apical lors du traitement endodontique. Leur fiabilité peut être influencée par certains facteurs tels que la concentration en NaOCl de la solution d'irrigation. Nous étudions au cours de cette thèse la performance de deux localisateurs électroniques d'apex en présence de trois solutions d'irrigation de concentrations différentes. Pour ce faire, des mesures électroniques et visuelles ont été effectuées sur 10 dents monoradiculées.

Effect of sodium hypochlorite concentration on electronic apex locator reliability: Mini Root ZX® vs Locapex 6®

SUMMARY: Electronic apex locators detect the apical foramen and thus ensure the integrity of the periapical area during an endodontic procedure. Several factors, such as NaOCl concentration in irrigation, can affect their reliability. The performance of two electronic apex locators in the presence of three irrigants with different NaOCl concentrations were studied in this thesis. Visual and electronic measures were made on 10 single-rooted teeth.

DISCIPLINE ADMINISTRATIVE : CHIRURGIE DENTAIRE-O.C.ENDODONTIE

MOTS-CLÉS : Endodontie, localisateurs électroniques d'apex, hypochlorite de sodium, concentration

INTITULE ET ADRESSE DE L'UFR OU DU LABORATOIRE :

Université Toulouse III-Paul Sabatier
Faculté de chirurgie dentaire
3 chemin des Maraîchers
31062 Toulouse Cedex

Directeur de thèse : Professeur Franck Diemer