

UNIVERSITÉ TOULOUSE III – PAUL SABATIER
FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE

ANNÉE : 2016

Thèse n°2016-TOU3-3019

THÈSE

Pour le
DIPLÔME D'ÉTAT EN CHIRURGIE DENTAIRE
Présentée et soutenue publiquement
Par

Sarah APERS

Le 25 mars 2016

DIAPHANISATION DE DENTS HUMAINES :
SYNTHÈSE DE PROTOCOLES ET ESSAIS

Directeur de thèse : Professeur Franck DIEMER

JURY

Président
Assesseur
Assesseur
Assesseur

Professeur Franck DIEMER
Docteur Sabine JONJOT
Docteur Marie GURGEL-GEORGELIN
Docteur Jacques AZUELOS



ANNÉE : 2016

Thèse n°2016-TOU3-3019

THÈSE

Pour le
POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT EN CHIRURGIE DENTAIRE
Présentée et soutenue publiquement
Par

Sarah APERS

Le 25 mars 2016

DIAPHANISATION DE DENTS HUMAINES :
SYNTHÈSE DE PROTOCOLES ET ESSAIS

Directeur de thèse : Professeur Franck DIEMER

JURY

Président
Assesseur
Assesseur
Assesseur

Professeur Franck DIEMER
Docteur Sabine JONJOT
Docteur Marie GURGEL-GEORGELIN
Docteur Jacques AZUELOS

Faculté de Chirurgie Dentaire



UNIVERSITÉ
TOULOUSE III
PAUL SABATIER
Université
de Toulouse
FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE

→ DIRECTION

DOYEN

Mr Philippe POMAR

ASSESSEUR DU DOYEN

Mme Sabine JONIOT

CHARGÉS DE MISSION

Mr Karim NASR
Mme Emmanuelle NOIRRIT-ESCLASSAN

PRÉSIDENTE DU COMITÉ SCIENTIFIQUE

Mme Anne-Marie GRIMOUD

RESPONSABLE ADMINISTRATIF

Mme Marie-Christine MORICE

→ HONORARIAT

DOYENS HONORAIRES

Mr Jean LAGARRIGUE †
Mr Jean-Philippe LODTER
Mr Gérard PALOUDIER
Mr Michel SIXOU
Mr Henri SOULET

→ ÉMÉRITAT

Mme Geneviève GRÉGOIRE
Mr Gérard PALOUDIER

→ PERSONNEL ENSEIGNANT

56.01 PÉDODONTIE

Chef de la sous-section :

Professeur d'Université :
Maîtres de Conférences :
Assistants :
Adjoints d'Enseignement :

Mme BAILLEUL-FORESTIER

Mme BAILLEUL-FORESTIER, Mr VAYSSE
Mme NOIRRIT-ESCLASSAN
Mme DARIES, Mr MARTY
Mr DOMINÉ

56.02 ORTHOPÉDIE DENTO-FACIALE

Chef de la sous-section :

Maîtres de Conférences :
Assistants :
Assistant Associé
Adjoints d'Enseignement :

Mr BARON

Mr BARON, Mme LODTER, Mme MARCHAL-SIXOU, Mr ROTENBERG,
Mme GABAY-FARUCH, Mme YAN-VERGNES
Mr TOURÉ
Mme MECHRAOUI, Mr MIQUEL

56.03 PRÉVENTION, ÉPIDÉMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ, ODONTOLOGIE LÉGALE

Chef de la sous-section :

Professeur d'Université :
Maître de Conférences :
Assistant :
Adjoints d'Enseignement :

Mr HAMEL

Mme NABET, Mr PALOUDIER, Mr SIXOU
Mr HAMEL, Mr VERGNES
Mlle BARON
Mr DURAND, Mr PARAYRE

57.01 PARODONTOLOGIE***Chef de la sous-section :*** ***Mr BARTHET***

Maîtres de Conférences : Mr BARTHET, Mme DALICIEUX-LAURENCIN

Assistants : Mr RIMBERT, Mme VINEL

Adjoints d'Enseignement : Mr CALVO, Mr LAFFORGUE, Mr SANCIER

57.02 CHIRURGIE BUCCALE, PATHOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE, ANESTHÉSIOLOGIE ET RÉANIMATION***Chef de la sous-section :*** ***Mr COURTOIS***

Professeur d'Université : Mr DURAN

Maîtres de Conférences : Mr CAMPAN, Mr COURTOIS, Mme COUSTY

Assistants : Mme CROS, Mr EL KESRI, Mme GAROBY-SALOM

Adjoints d'Enseignement : Mr FAUXPOINT, Mr L'HOMME, Mme LABADIE

57.03 SCIENCES BIOLOGIQUES (BIOCHIMIE, IMMUNOLOGIE, HISTOLOGIE, EMBRYOLOGIE, GÉNÉTIQUE, ANATOMIE PATHOLOGIQUE, BACTÉRIOLOGIE, PHARMACOLOGIE)***Chef de la sous-section :*** ***Mr POULET***

Professeurs d'Université : Mr KEMOUN

Maîtres de Conférences : Mme GRIMOUD, Mr POULET

Assistants : Mr BARRAGUÉ, Mme DUBOSC, Mr LEMAITRE,

Adjoints d'Enseignement : Mr BLASCO-BAQUE, Mr SIGNAT, Mme VALERA

58.01 ODONTOLOGIE CONSERVATRICE, ENDODONTIE***Chef de la sous-section :*** ***Mr DIEMER***

Professeurs d'Université : Mr DIEMER

Maîtres de Conférences : Mr GUIGNES, Mme GURGEL-GEORGELIN, Mme MARET-COMTESSE

Assistants : Mr BONIN, Mr BUORO, Mme DUEYMES, Mr MICHETTI, Mme RAPP

Assistant Associé : Mr HAMDAN

Adjoints d'Enseignement : Mr BALGUERIE, Mr ELBEZE, Mr MALLET

58.02 PROTHÈSES (PROTHÈSE CONJOINTE, PROTHÈSE ADJOINTE PARTIELLE, PROTHÈSE COMPLÈTE, PROTHÈSE MAXILLO-FACIALE)***Chef de la sous-section :*** ***Mr CHAMPION***

Professeurs d'Université : Mr ARMAND, Mr POMAR

Maîtres de Conférences : Mr BLANDIN, Mr CHAMPION, Mr ESCLASSAN, Mme VIGARIOS

Assistants : Mr CHABRERON, Mr GALIBOURG, Mr KNAFO, Mme SELVA, Mme ROSCA

Adjoints d'Enseignement : Mr BOGHANIM, Mr DESTRUHAUT, Mr FLORENTIN, Mr FOLCH, Mr GHRENASSIA, Mme LACOSTE-FERRE, Mr POGEANT, Mr RAYNALDY, Mr GINESTE

58.03 SCIENCES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES, OCCLUSODONTIQUES, BIOMATÉRIAUX, BIOPHYSIQUE, RADIOLOGIE***Chef de la sous-section :*** ***Mme JONIOT***

Professeur d'Université : Mme GRÉGOIRE

Maîtres de Conférences : Mme JONIOT, Mr NASR

Assistants : Mr CANIVET, Mme GARNIER, Mr MONSARRAT

Adjoints d'Enseignement : Mr AHMED, Mme BAYLE-DELANNÉE, Mr ETIENNE, Mme MAGNE, Mr TREIL, Mr VERGÉ

*L'université Paul Sabatier déclare n'être pas responsable des opinions émises par les candidats.
(Délibération en date du 12 Mai 1891).*

Mise à jour au 01 FEVRIER 2016

Remerciements

A mes parents : Je vous dois tout. Vous avez fait de moi ce que je suis. C'est vous qui m'avez transmis la force et le courage, la ténacité pour obtenir ce que l'on veut. *Le plus dur c'est de ne pas savoir, quand on sait, on fonce.*

Je sais aussi c'est que vous m'avez apporté toute l'attention et la tendresse qu'on peut espérer. Vous avez toujours cru en moi et je me suis toujours sentie portée par votre amour.

Merci, je vous aime.

Aux trop nombreux absents, vous veillez sur moi, je sens votre soutien et je ne serais pas tout à fait moi sans vous, je vous dois beaucoup, merci.

A ma grand-mère : Merci pour les bougies à Sainte Rita (cause perdue, moi ?), pour ce soutien indéfectible, l'amour que tu me portes. J'espère être à la hauteur et avoir reçu en héritage ta force et ton courage. Loin des yeux mais très près du cœur.

A mon frère : Tellement d'amour entre nous, je sens ta confiance et ton soutien derrière chacune des étapes de ma vie, merci. Ta famille et toi êtes ma famille, je vous aime.

Françoise, Denis, Eric, Alain, Yvette, Cédric, Mickaël : la famille, le socle de ma vie. Vous êtes là, chaque moment en famille est précieux, merci beaucoup.

A Thibault : Merci pour ton soutien, merci de me supporter, moi et ma tête dans les nuages. Merci de faire partie de ma vie. Tu me pousses à être toujours meilleure. Merci pour tout ce que tu m'as fait découvrir, des montagnes, des rivières, des plages vides d'hiver. On en a déjà fait des choses en 4ans ! Je suis impatiente de voir ce que nous réservent les années à venir.. Je t'aime.

A Jennyfer : Ma meilleure amie depuis ce premier jour de CM1 ! Merci pour toutes ces années d'amitié et pour cette P1 de reine. Tu es un pilier de ma vie depuis longtemps. Ma poule, tu sais très bien que je ne serais pas là sans toi. Je sais que cette amitié est sans faille et éternelle ! Merci pour tout !

A Nina : Il y a des gens comme ça que tu peux ne pas voir pendant quelques temps et les retrouver comme si tu les avais quittés la veille.. On est proche quelque soit la distance. Merci pour ces années folles de coloc', les sorties, les ouvertures de volets, le soleil radieux, les soirées mémés sous le bled.. Ma plus vieille copine <3
Et si nos vies foirent, on se retrouve, hein ?

A Anaïs : Nous, on n'a pas appris à se connaître, on s'est reconnues. A la première minute, je l'ai su, qu'on serait fantastiques et j'avais raison !! Un regard (avec ou sans strabisme) et on se comprend. C'est chiant pour les fringues, d'aimer tout le temps les mêmes choses mais tellement génial pour le reste. Merci pour les années de binôme. Merci de toujours suivre quand je lance une chanson, merci d'aimer les sushis autant que moi, de comprendre mes indécisions, de m'écouter répéter les mêmes choses et surtout, de toujours porter mes affaires dans ton sac de plage !

A Pauline : Incroyable que toi, cette pile électrique puisse être aussi émotive que moi (j'espère bien te tirer la larmichette à ma récitation du serment !) Tout chez toi me vend du rêve, tes cheveux toujours parfaits, tes péripéties quotidiennes, ton inépuisable motivation pour tout, ton portefeuille mille fois perdu et mille et une fois retrouvé, tes « je-me-suis-levée-à-moins-3 »... Sous tes airs tête-en-l'air, merci de faire partie des vraies amies sur qui je compte.

A Solène : Ma Soso, tout est tellement simple avec toi et c'est un bonheur ! Sauf quelques fins de soirée peut-être ? Vivement notre voyage, vivement plein de petites soirées, plein de macarons pralinés, de vin moelleux et j'en passe...Je suis hyper fière de te compter parmi les vraies amies et je sais qu'on peut compter l'une sur l'autre (et je ne dis pas ça pour que tu continues les week end au Tuco et aux Lecques, non, non..)

Les filles, vous avez façonné toutes mes années de fac, que même en rêves, je n'aurai pas imaginées aussi bien ! Je veux qu'on continue à se casser la voix sur Tragédie, Kmaro et Larusso, qu'on continue à visiter les villes d'Europe et d'ailleurs, qu'on se raconte nos bonheurs (et nos malheurs) C'est niais mais tant pis, merci d'être vous, merci d'être nous quatre, rien n'aurait été pareil sans vous et que ça dure.. Je vous aime à la folie !

Les garçons, j'ai l'impression de me revoir au conseil improvisé sous les parasols...

Thierry, attention que tu peux être chiant mais autant que tu me fais rire (t'aurais préféré que je dise beau, je sais..) Sans blague, même si j'attends encore les burgers maison, tu es un vrai ami.

Gregou, le plus gentil, Yague, le plus séducteur (mais chuuut !), Lolo, le plus discret, Maxime, le ptit dernier arrivé. Merci pour tous ces moments ensemble, vous avez embelli mes jours et toutes ces années. J'ai beaucoup de chance de faire partie d'un si bon groupe d'amis, ça change la vie !

Merci aux vieux de la vieille, les amis de toujours, Justine et Benoît. Vous savez à quel point vous comptez..

« Ce qui rend les amitiés indissolubles et double leur charme est un sentiment qui manque à l'amour : la certitude. »

Merci aussi à ceux que je ne ferai que citer mais qui ont compté, Jean-Marc et Gisèle, Phillippe et Betty « Surtout, ne choisis pas dentaire, c'est horrible ce métier ! », Louise et Didier, sans qui je serai sûrement prof d'histoire ou perdue en psycho.., Pascal et Zora, merci pour votre soutien et toutes ces années..

Merci à Marie Paule du laboratoire de Biomatériaux et à Rami pour la confection de la boîte à photos.

A notre président du Jury,

Monsieur le Professeur DIEMER Franck

- Professeur des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie
- Responsable de la sous-section d'Odontologie Conservatrice, Endodontie
- 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,
- Habilitation à diriger des recherches (H.D.R.),
- Vice- Président de la Société Française d'Endodontie
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier

Pour m'avoir fait l'honneur de diriger ce travail de la proposition du sujet à
l'aboutissement de cette thèse,

Pour votre investissement et le temps que vous y avez consacré,

Pour vos encouragements et votre gentillesse,

Voyez en ce travail l'expression de mes remerciements les plus sincères et de mon plus
profond respect.

A notre Jury,

Madame le Docteur JONIOT Sabine,

-Maître de Conférences des Universités, Praticien hospitalier d'Odontologie,
Responsable de la sous-section<<Sciences Anatomiques et physiologiques,
Occlusodontiques, Biomatériaux, Biophysique, radiologie>>,>

-Docteur en Chirurgie Dentaire,

-Docteur d'Etat en Odontologie,

-Habilitation à diriger des recherches (HDR),

-Lauréate de l'Université Paul Sabatier.

Vous nous faites l'honneur de participer à ce jury et nous vous en remercions.

Nous vous remercions aussi pour votre gentillesse et votre disponibilité.

En espérant que ce travail aura suscité votre intérêt,

Voyez en ce travail l'expression de notre profond respect.

A notre jury,

Madame le Docteur GURGEL-GEORGELIN Marie.

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Doctorat d'Université – Université d'Auvergne-Clermont I,
- Ancienne Interne des Hôpitaux,
- D.E.A. MASS Lyon III,
- Maîtrise des Sciences Biologiques et Médicales

Nous vous remercions d'avoir gentiment accepté de siéger dans ce jury.
Nous sommes reconnaissants de votre investissement et de votre collaboration à ce
travail.

Puissiez-vous trouver dans ce travail l'expression de notre sincère gratitude.

A notre Jury,

Monsieur le Docteur AZUELOS Jacques

- Diplôme universitaire de prothèse complète
- Diplôme universitaire d'odontologie légale et éthique
- Attaché hospitalier
- Docteur en Chirurgie-Dentaire

C'est pour nous un honneur que vous ayez accepté de siéger à notre jury.
Nous vous remercions très sincèrement pour votre pédagogie et votre disponibilité.
Nous apprécions autant votre travail consciencieux que votre gentillesse.
Veuillez trouver en ce travail le témoignage de notre profonde reconnaissance et de
notre sincère amitié.

| |
|---------------------------|
| Table des matières |
|---------------------------|

| | |
|---|---------------|
| Introduction | 15 |
| I -Revue des protocoles de diaphanisation existants | 16 |
| 1) Les protocoles classiques de diaphanisation..... | 16 |
| 1.1 <u>Protocoles</u> | 16 |
| 1.1.1 Traitement des dents et stockage / Elimination des tissus mous..... | 16 |
| 1.1.2 Déminéralisation..... | 17 |
| 1.1.3 Déshydratation | 18 |
| 1.1.4 Diaphanisation | 18 |
| 1.1.5 L'utilisation de colorants | 19 |
| 1.2 <u>Critiques / Discussions à propos des résultats</u> | 20 |
| 2) Les protocoles modernes de diaphanisation | 24 |
| 2.1- <u>Augusto Malentacca : a new technique to make transparent teeth without decalcifying : description of the methodology and micro-assessment. 2014</u> | 24 |
| 2.1.1 Stockage et traitement des dents..... | 24 |
| 2.1.2 Première coloration..... | 25 |
| 2.1.3 Première coupe..... | 25 |
| 2.1.4 Seconde coloration..... | 25 |
| 2.1.5 Seconde coupe..... | 25 |
| 2.1.6 Déshydratation | 26 |
| 2.1.7 Diaphanisation | 26 |
| 2.1.8 Préparation à l'observation..... | 27 |
| 2.1.9 Résultats obtenus..... | 27 |
| 2.1.10 Discussions..... | 28 |
| 2.2- <u>Craig Barrington : Clearing a tooth to expose internal anatomy, 2015</u> | 29 |
| 2.2.1 Stockage et traitement des dents..... | 29 |
| 2.2.2 Séchage | 29 |
| 2.2.3 Décalcification | 29 |
| 2.2.4. Déshydratation | 29 |
| 2.2.5 Diaphanisation | 30 |
| 2.2.6 Stockage | 30 |
| 2.2.7 Discussions | 31 |

| | |
|---|----|
| 2.3- <u>WebConférence Craig Barrington du 7 Novembre 2015 : The study of root canal anatomy through extracted tooth forensics</u> | 32 |
| 2.3.1 Les dents traitées endodontiquement, fraîchement extraites et non stockées | |
| 2.3.2 Les dents sans traitement endodontique, fraîches et non stockées | 33 |

II – Expérimentations..... 35

| | |
|--|----|
| 1) Premiers essais : avant la conférence de Craig Barrington | 35 |
| 1.1 Matériel | 35 |
| 1.2 Protocole appliqué..... | 35 |
| 1.3 Observations..... | 36 |
| 1.4 Discussions / Conclusions | 37 |
| 2) Deuxième essai : après la conférence de Craig Barrington | 38 |
| 2.1 Matériel..... | 38 |
| 2.2 Protocole..... | 38 |
| 2.3 Observations..... | 39 |
| 2.4 Discussions / Conclusions | 40 |
| 3) Troisième essai | 41 |
| 3.1 Matériel | 41 |
| 3.2 Protocole..... | 41 |
| 3.3 Observations..... | 43 |
| 3.4 Discussions / Conclusions | 44 |
| 4) Quatrième essai..... | 46 |
| 4.1 Matériel | 46 |
| 4.2 Protocole..... | 46 |
| 4.3 Observations..... | 48 |
| 4.4 Discussions / Conclusions | 49 |
| 5) Point sur la technique d'observation et de photographie..... | 51 |
| 6) Cinquième essai..... | 52 |
| 6.1 Observations..... | 53 |
| 6.2 Discussions/ Conclusions | 53 |
| 7) Après plusieurs semaines dans le méthyl salicylate | 54 |

| | |
|---|-----------|
| 8) Sixième essai..... | 55 |
| 8.1 Matériel..... | 55 |
| 8.2 Protocole..... | 55 |
| 8.3 Observations..... | 55 |
| 8.4 Discussions / Conclusions..... | 56 |
| 9) Septième essai..... | 57 |
| 9.1 Matériel..... | 57 |
| 9.2 Protocole..... | 58 |
| 9.3 Observations..... | 58 |
| 9.4 Discussions / Conclusions..... | 59 |
| 10) Impact du poids initial de la dent et sur la transparence finale..... | 59 |
| 11) Compréhension des échecs..... | 61 |
| 11.1 Etude avant l'extraction de la dent..... | 61 |
| 11.2 Protocole pour dent devitalisée, à la recherche des échecs..... | 63 |
| 11.3 Observations..... | 63 |
| Conclusion..... | 66 |
| Annexe..... | 67 |
| Bibliographie..... | 68 |
| Table des illustrations..... | 70 |

Introduction

L'endodontie est une discipline complexe qui nécessite de bien connaître et comprendre l'anatomie dentaire et canalaire.

De nombreux outils sont disponibles pour évaluer cette anatomie et le travail endodontique des praticiens.

La radiographie la plus utilisée au cabinet dentaire est en deux dimensions (orthopantomogramme, radiographie intra buccale). L'anatomie peut aussi être visualisée en trois dimensions grâce à la tomographie volumique à faisceau conique ou au Micro CT Scan qui permettent une reconstitution numérique de cette anatomie.

Au delà de ces représentations numériques qui restent virtuelles, il serait intéressant d'aboutir à des modèles permettant aux chercheurs et aux praticiens de comparer leurs sensations tactiles et visuelles grâce à la diaphanisation de dents naturelles. Ainsi, il serait possible de regarder directement l'anatomie canalaire avec ses plus fines particularités d'une part, et d'autre part, nous pourrions observer le travail des instruments endodontiques, du cathétérisme à l'obturation, dans des dents naturelles rendues transparentes. Ces modèles permettraient de s'affranchir des simulateurs plastiques, peu révélateurs de l'anatomie canalaire réelle.

Dans ce sens, il serait aussi intéressant pour les praticiens de disposer d'un protocole simple et efficace de diaphanisation. Il permettrait de visualiser directement les raisons de l'échec sur des dents extraites afin d'en comprendre les causes et de les expliquer au patient.

Nous effectuerons dans un premier temps une revue des protocoles de diaphanisation existants en dissociant les protocoles classiques, d'autres plus modernes. Dans un second temps, nous testerons différents protocoles de diaphanisation permettant de répondre à nos objectifs.

I -Revue des protocoles de diaphanisation existants

1) Les protocoles classiques de diaphanisation

1.1 Protocoles

L'ensemble des protocoles aboutit à un modèle « anatomique » de dents, permettant d'observer l'anatomie interne. Cependant, les propriétés physiques des dents sont considérablement modifiées, ne permettant pas leur utilisation comme modèle de travail ex vivo.

Il est possible de dégager un protocole commun de la littérature.

Il débute par la collecte de dents fraîchement extraites stockées dans un milieu de conservation.

Le processus repose ensuite sur une technique en 3 temps :

- étape de déminéralisation à l'aide d'acide,
- étape de déshydratation par bain d'alcool de concentration croissante,
- étape de diaphanisation.

1.1.1 Traitement des dents et stockage / Elimination des tissus mous

Les dents extraites sélectionnées sont généralement en bon état.

Elles sont lavées à l'eau puis débarrassées des tissus mous le plus souvent par un bain d'hypochlorite à concentration variable, complété par une action mécanique de nettoyage avec brosse, curette ou bain ultrasonique.

En fonction des protocoles, la dent est soit conservée intacte (Weng et al. 2009; Aracena et al. 2012), soit il est réalisé une cavité d'accès (Parekh, Shah, et Joshi 2011; Singh et Pawar 2015; Maralingannavar, 2010) plus ou moins avec un évasement des entrées canalaires au forêts de Gates (Yoshioka et al. 2004) ou voie d'accès et passage de

limes fines (Rosler 2015; Dwivedi et al. 2014; Neelakantan, Subbarao, et Subbarao 2010; Venturi et al. 2003; Chang et al. 2013; De Castro et al. 2013)

En attendant le début de l'étude, les dents sont stockées dans de l'eau, une solution saline ou du formalin.

1.1.2 Déminéralisation

Plusieurs solutions sont utilisées pour déminéraliser les dents.

Classiquement, l'acide nitrique entre 5 et 10%, l'acide formique entre 5 et 20% et l'acide chlorhydrique entre 5 et 10% sont retrouvés dans la littérature. Les temps d'application sont très variables selon les études.

Parfois, plusieurs acides sont combinés : Acide formique, acide chlorhydrique et citrate de sodium (Venturi et al. 2003)

Selon Dwivedi et al. (2014), l'acide formique donne un encrassement du canal que ne cause pas l'acide nitrique. L'acide nitrique, quant à lui donne une dyscoloration jaune à la dent. Concernant la transparence des échantillons, les meilleurs résultats sont obtenus par la combinaison de l'acide nitrique avec le salicylate de méthyle.

L'acide acétique complète parfois cette étape de déminéralisation pour améliorer la qualité de la matrice dentaire grâce à sa capacité à fixer les composés organiques. (Chang et al. 2013; Venturi et al. 2003)

D'après Barrington, 2015 : le choix du type de solution dépend de la décalcification voulue par le praticien. La force de la solution détermine de temps de décalcification.

Une solution d'acide fort décalcifiera vite mais tellement vite que ça pourrait excéder la profondeur de décalcification désirée et inévitablement endommager la dent. Dans ce cas, l'acide fort peut être dilué.

Si la solution est trop faible, la décalcification pourrait ne jamais atteindre le niveau désiré ce qui pourrait gêner la diaphanisation de la dent.

1.1.3 Déshydratation

Elle est systématiquement réalisée par des bains d'alcool de concentration croissante, le plus souvent jusqu'à un bain d'alcool pur.

1.1.4 Diaphanisation

Un objet réfléchit le moins de lumière et est donc totalement transparent lorsque il est entouré d'un milieu dont l'indice de réfraction est identique au sien. Le résultat de l'égalisation des deux indices de réfraction correspond à la transparence maximale.

Il existe plusieurs agents diaphanisants mais le plus utilisé est le salicylate de méthyle dont l'indice de réfraction est le plus proche de celui de la dentine déminéralisée.

On peut retrouver aussi le silicone 710, Dow Corning™ (Robertson et Leeb 1982) reconnu plus toxique.

| | Indice de réfraction |
|------------------------------------|-------------------------|
| Dentine (Meng et Yao, 2015) | 1.540 +/- 0.0013 |
| Salicylate de méthyle | 1.5343 |
| Silicone 710 | 1.48-1.495 |
| Eugénol | 1.5405 |
| Xylène | 1.5054 |
| Benzène | 1.501 |
| <i>Huile de santal*</i> | <i>1.50-1.51</i> |
| <i>Huile d'anis*</i> | <i>1.54-1.56</i> |

*non cités dans la littérature

Dans l'étude comparative de Shivapathasundharam et al. (2000), l'eugénol est préféré aux autres agents diaphanisants (Xylène, Benzène, Salicylate de méthyle).

Rosler propose en 2010 de laisser les racines 2 heures dans du xylène afin d'augmenter la dureté des échantillons avant de les immerger dans le méthyl salicylate.

Plus récemment, selon Dwivedi et Al (2014), l'eugénol donne des échantillons plus flous, plus jaunes et moins transparents malgré une bonne définition de l'anatomie canalaire. Ici, le salicylate de méthyle est préféré à l'eugénol.

1.1.5 L'utilisation de colorants

Elle n'est pas systématique mais fréquente et peut, selon les protocoles, intervenir à différentes étapes.

Les colorants utilisés sont : l'encre de Chine, majoritairement, le bleu de méthylène ou l'éosine.

Pour colorer le système canalaire, la dent peut être entièrement immergée dans un bain de colorant (Weng et al. 2009)(Neelakantan, Subbarao, et Subbarao 2010) ou le colorant peut être injecté à la seringue dans le système canalaire (Rosler 2015)(Yamamoto et al. 2001)(Parekh, Shah, et Joshi 2011).

Pour faciliter la pénétration du colorant, une pompe à pression négative peut être positionnée à l'apex pour aspirer le colorant (Yoshioka et al. 2004)(Singh et Pawar 2015).

De même, le placement des échantillons en caisson hyperbare après un bain dans le colorant permet une meilleure pénétration du colorant même sans cavité d'accès (Weng et al. 2009)(Neelakantan, Subbarao et Subbarao 2010).

Le système canalaire est complexe et le colorant tend à ne pas totalement infiltrer les petits canaux. Pour résoudre ce problème, Yoshioka préconise l'évasement des entrées canalaires aux forêts de Gates.

La pénétration du colorant est inversement proportionnelle à son poids moléculaire.

| Colorant | Poids moléculaire |
|-------------------|--------------------------|
| Eosine | 647.92g.mol |
| Bleu de méthylène | 319.85g.mol |
| Bleu d'aniline | 799.81g.mol |

Il est possible de tirer un protocole général de l'ensemble de ces protocoles :

Les dents utilisées sont en bon état et fraîchement extraites, elles sont stockées en milieu humide jusqu'à utilisation. Souvent, les tissus mous adhérents à la dent sont retirés mécaniquement ou chimiquement.

Ensuite, les dents sont décalcifiées avec un acide ou un mélange d'acides.

Elles sont déshydratées par des bains d'alcool croissant puis diaphanisées le plus souvent grâce au salicylate de méthyle.

Elles sont stockées dans le liquide diaphanisant jusqu'à utilisation.

Des colorants sont souvent utilisés à différentes étapes du protocole pour mieux pouvoir visualiser l'anatomie canalaire.

1.2 Critiques / Discussions à propos des résultats

Les résultats obtenus sont très variables.

Les résultats peuvent ne pas être à la mesure de ceux escomptés comme dans l'étude de Aracena et al. (2012). Ici, seulement les apex sont légèrement diaphanisés.



Figure 1 : Molaire avant et après diaphanisation par Aracena

De même avec Singh et Pawar (2015) où la coloration de la dentine est trop proche de celle du réseau canalaire, on peine donc à dissocier les deux.

C'est comme si le colorant avait trop agité sur la dentine.



Figure 2 : Molaire diaphanisée par Singh et Pawar

A l'inverse, certaines études proposent des résultats plus concluants.

Dwivedi et al. (2014) obtiennent de jolis résultats et une belle transparence même si l'anatomie reste floue : le réseau secondaire ou les canaux accessoires ne peuvent être observés.



Figure 3 : Incisive et molaire diaphanisées par Dwivedi et al.

De même chez Maralingannavar (2010).

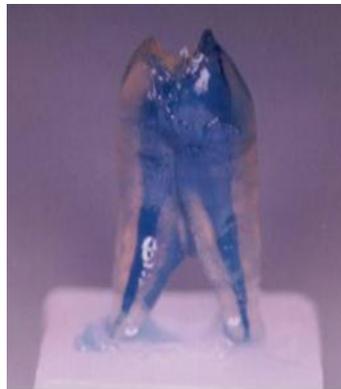


Figure 4 : Prémolaire diaphanisée par Maralingannavar

Avec Weng et al. (2009), l'anatomie canalaire se précise : les communication inter-canales et la complexité du réseau canalaire sont bien visibles. La dentine ne se confond pas avec la pulpe qui est ici colorée à l'encre de Chine.



Figure 5 : Molaires et incisive diaphanisées par Weng et al

Venturi et al. (2003) présente aussi des résultats très intéressants avec un bon discernement de la dentine, du réseau canalaire et aussi une très grande précision du réseau accessoire, des deltas apicaux.

On peut observer ici l'obturation du canal principal mais pas des canaux accessoires.

Ces très bons résultats permettent à l'endodontiste de progresser en visualisant les bons et mauvais points d'une obturation, à postériori.

Ils permettent aussi de se rendre compte de l'importance de la désinfection de ce réseau secondaire, celui-ci n'étant pas obturé, ou seulement avec du ciment.

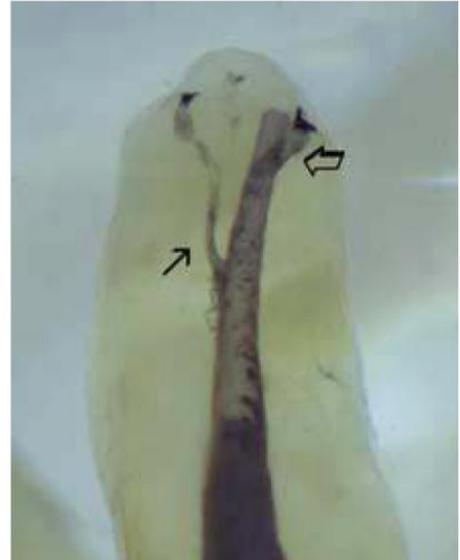


Figure 6 : Apex diaphanisé par Venturi

L'ensemble de ces protocoles, nécessitant une décalcification importante, aboutit à des dents diaphanisées mais molles, tendres et élastiques. Elles sont donc utiles pour apprécier l'anatomie canalaire mais inexploitable pour étudier mécaniquement ces échantillons. La dureté de la dentine et de l'émail est considérablement amoindrie par les étapes du protocole ce qui ne permet pas aux dents rendues transparentes d'être exploitées comme outil pédagogique et didactique en tant que simulateur.

Un protocole a cependant réussi à améliorer en partie ces inconvénients.

En effet, Yamamoto et Al. (2001) imprègnent les dents dans de la résine après un protocole classique pour que les échantillons puissent être manipulés à main nue, sans les déformer du fait de leur flexibilité.

La résine permet de conserver la transparence de la dent et donc l'anatomie canalaire peut être étudiée plus facilement que si l'échantillon devait être maintenu en solution.

Cependant, dans cette étude, les échantillons ne peuvent toujours pas servir à tester l'instrumentation endodontique dans des conditions semblables au réel car ce sont des dents « molles » qui ont été moulées dans une coque de résine.



Figure 7 : Prémolaire diaphanisée et incluse dans la résine, par Yamamoto

Il peut être conclut que l'ensemble des protocoles cités dans cette première partie aboutit à une diaphanisation des dents plus ou moins optimale en fonction des protocoles et ils répondent à l'objectif de l'étude de l'anatomie canalaire.

Malgré certaines variations, ces protocoles sont semblables et s'appuient sur une démarche commune ancienne, à savoir, stockage en milieu liquide, déminéralisation, déshydratation à l'alcool et stockage en milieu diaphanisant, avec utilisation fréquente de colorants.

Un tableau réunit l'ensemble des protocoles en annexe.

De nouveaux auteurs ont bouleversés ces acquis avec des protocoles différents qui aboutissent à de meilleurs résultats d'un point de vue physique d'une part et anatomique d'autre part.

2) Les protocoles modernes de diaphanisation

A l'heure actuelle, la littérature ne mentionne que peu de références concernant des protocoles permettant de diaphaniser les dents en tentant de garder leurs propriétés mécaniques originelles. C'est pourtant dans cette voie que pourrait s'orienter la recherche maintenant que la diaphanisation avec déminéralisation importante est maîtrisée.

Deux auteurs ont repris ces protocoles et tenté de les faire évoluer afin d'améliorer les résultats obtenus.

2.1- Augusto Malentacca : a new technique to make transparent teeth without decalcifying : description of the methodology and micro-assessment. 2014

2.1.1 Stockage et traitement des dents

Le point principal de cette technique est de garder la dent hydratée avant de commencer le protocole.

Les dents fraîchement extraites doivent être stockées dans l'eau et ensuite lavées dans une solution de peroxyde d'hydrogène à 10%.

Le tissu adhérent à la surface radiculaire est retiré avec une curette, puis la dent est rincée. La dent doit être stockée dans 2% de formalin-98% de glycérol jusqu'à utilisation.

La dent est retirée de la solution et l'excès de glycérol est ensuite éliminé avec du papier ou du microfibre pour qu'aucune fibre ne reste sur la dent. Elle est ensuite recouverte d'alcool à 30% dans une boîte de Petri avant d'être brossée et rincée à l'eau courante.

2.1.2 Première coloration

La chambre pulpaire est ouverte, la pulpe complètement retirée et la dent est immergée dans une solution de bleu d'aniline à 0,5% pendant 10 minutes.

2.1.3 Première coupe

A ce stade, il faut inspecter l'anatomie superficielle au microscope pour déterminer dans quel plan sectionner la dent. En effet, le but est de laisser une fine épaisseur de dentine (2mm) entre la surface et le canal. Les canaux présentant souvent des courbes dans 2 plans différents, la coupe doit être courbe pour respecter l'axe des canaux. Le fraisage se fait avec une fraise ou une disque diamanté sous spray.

2.1.4 Seconde coloration

La dent est immergée dans l'eau distillée puis colorée ; ici avec la mixture modifiée de Mallory. Chaque jour, la dent est rincée à l'eau distillée et la pénétration du colorant dans le canal est évaluée.

Le temps de coloration est variable et dépend de la technique, de l'épaisseur de la section et de l'âge du patient duquel la dent a été extraite.

Les dents des patients jeunes requièrent entre 1 et 3 jours de coloration et ne doivent pas être laissées plus longtemps dans le colorant sous peine de voir le colorant pénétrer trop profondément dans la dentine. Les dents plus âgées nécessitent un temps de coloration plus long.

2.1.5 Seconde coupe

La section est rincée à l'eau distillée.

Une coupe à la fraise diamantée fine sous spray est réalisée jusqu'à une épaisseur totale de 2-3mm, ensuite la dent est polie avec des disques abrasifs sur contre angle : c'est la phase la plus délicate du processus.

Si la section touche le canal, l'échantillon ne peut être utilisé ; c'est pourquoi il est recommandé de travailler sous microscope.

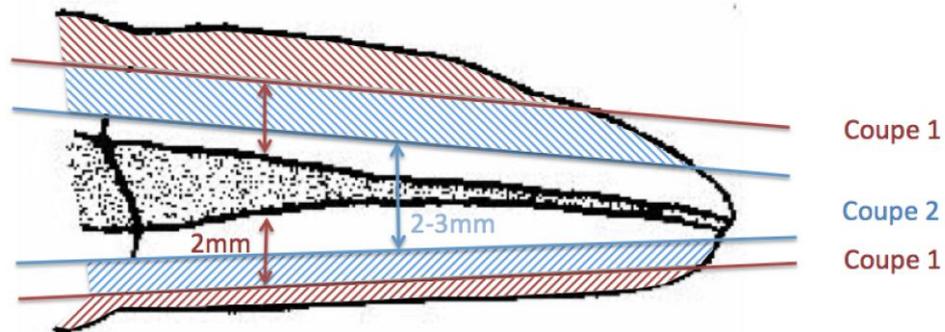


Figure 8 : Schéma illustrant les deux étapes de coupes de Malentacca

2.1.6 Déshydratation

La section est rincée à l'eau courante avant d'être immergée dans des bains d'alcool croissant (30-50-80-96,6-100%) 5 minutes chaque jusqu'à ce que la dentine commence à perdre son opacité.

Le tissu pulpaire coloré devient rouge foncé-marron.

A ce stade, les dents sont transférées dans une boîte de Petri d'alcool pur pour mieux observer l'anatomie au microscope.

2.1.7 Diaphanisation

Les coupes sont transférées dans du méthyl benzoate pour 2-3 jours au cours desquels l'huile va remplacer les petites bulles d'air dans les canaux dentinaires, ce qui crée la transparence.

Si la dent n'a pas atteint le niveau souhaité, elle peut être laissée plus longtemps dans la solution.

Une fois la transparence voulue obtenue, les coupes sont placées dans du xylène (sous hotte). Ceci rappelle le protocole de Rosler (2010) qui utilise aussi le xylène avant le méthyl salicylate pour augmenter la dureté des dents des protocoles classiques.

2.1.8 Préparation à l'observation

Les coupes sont plongées dans un bain d'alcool pur, séchées légèrement puis fixées à la lame.

Elles sont ensuite intégrées dans une résine synthétique ou de la cyanoacrylate en faisant attention de ne pas inclure l'orifice canalaire et le foramen apical.

Quand la colle a durci, la coupe est couverte de vaseline pour éviter la déshydratation.

La dent est maintenant utilisable.

2.1.9 Résultats obtenus

Le ciment radiculaire apparaît rouge-marron.

On obtient une jolie transparence de la dentine qui permet de bien observer l'anatomie canalaire ainsi que le travail des instruments (a, b, c, d, e) et l'obturation (f)

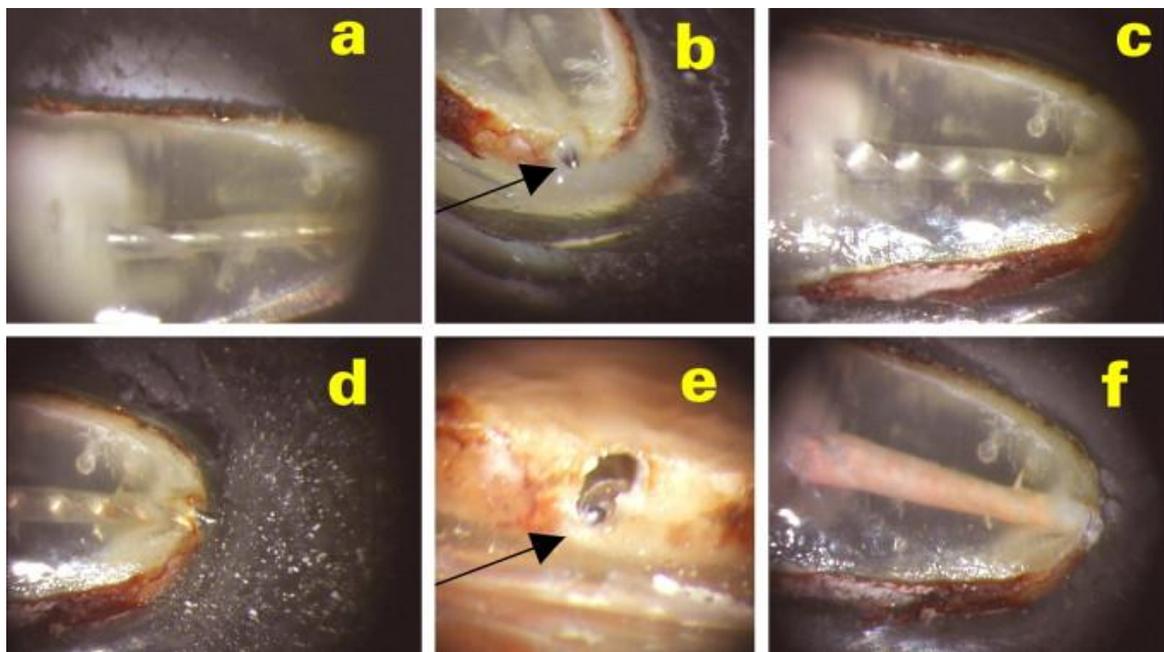


Figure 9 : Section de dent diaphanisée par Malentacca, travail des instruments et obturation

2.1.10 Discussions

Avantages :

Il n'y a pas de décalcification : l'indice de Vickers d'une dent traitée avec cette technique est statistiquement plus faible qu'une dent non traitée (dureté moyenne de la dentine : 64,54) mais les valeurs sont plus hautes que pour les dents diaphanisées par la technique classique, qui ne peuvent même pas être testées tellement elles sont tendres et élastiques.

En comparaison, la dureté moyenne de la dentine témoin est égale à 74,73.

Les dents diaphanisées par la technique classique sont le plus souvent observées avec un stéréo microscope alors qu'avec cette technique, elles peuvent être observées avec un microscope opératoire ou une loupe, ce qui est bien plus simple pour un dentiste.

Ici, une comparaison peut être faite entre les sensations tactiles et visuelles du praticien que ce soit pour les étapes de pénétration, mise en forme ou obturation. Ce type de modèle permet d'expliquer certaines situations cliniques et les problèmes rencontrés durant un traitement endodontique (butée, fausse route, bouchon, etc.)

D'après les conclusions de l'étude, ce type d'échantillon permettrait donc d'atteindre tous les objectifs recherchés : on peut aussi bien observer l'anatomie canalaire que travailler sur la dent dans des conditions proche du travail du praticien en bouche.

Des vidéos peuvent être réalisées à but didactique (Tchorz et Al 2013).

Inconvénients :

Certains sont donnés dans l'article : un microscope opératoire ou une loupe sont nécessaires, une courbe d'apprentissage existe pour maîtriser la technique et le protocole total est chronophage, environ 30 minutes par échantillon.

De plus, il n'y a pas de valeur de la dureté du groupe diaphanisé par la technique classique ce qui ne permet pas de bien se rendre compte de la différence avec le groupe témoin et le groupe diaphanisé par la technique classique. Il est donc plus difficile d'apprécier le principal avantage de cette technique.

Aussi, il subsiste une déshydratation plus courte mais existante quand même.

2.2- Craig Barrington : Clearing a tooth to expose internal anatomy, 2015

2.2.1 Stockage et traitement des dents

Idéalement, juste après extraction, les dents sont mises à sécher pour 24 heures. Les dents ne doivent pas être débarrassées de leur tissu parodontal résiduel ou du sang. Il utilise des dents fraîchement extraites ou stockées de manière à respecter l'anatomie interne : il propose de congeler les dents et de les laisser décongeler en temps voulu à température ambiante à défaut de pouvoir utiliser des dents fraîchement extraites.

2.2.2 Séchage

Séchage des dents à l'air ambiant. La vitesse de séchage dépend des conditions environnementales comme la température, l'humidité, la pression ou la structure interne et le contenu de la chambre pulpaire.

Classiquement, le séchage dure environ 24 heures sous conditions normales, la vitesse peut être accélérée avec un sèche-cheveux ou un four.

2.2.3 Décalcification

Une solution Decalcifier Solution 2® est utilisée pendant 36 heures. La dent doit être souvent vérifiée pour déterminer son niveau de décalcification.

2.2.4 Déshydratation

Le but de cette étape est d'éliminer le plus possible d'eau de l'échantillon. Ici, le déshydratant ne doit pas contenir d'alcool. C'est la différence majeure avec tous les autres protocoles.

On peut utiliser du sulfate de magnésium, du gel de silice, de la litière de chat, du kieselguhr (roche siliceuse) ou du chlorure de calcium.

La déshydratation dure entre 2 et 8 heures.

L'échantillon doit être débarrassé de tous les résidus du produit utilisé avant de passer à l'étape suivante.

2.2.5 Diaphanisation

L'agent de diaphanisation utilisé est classiquement le méthyl salicylate car c'est le produit qui a l'indice de réfraction le plus proche de celui de la dentine.

La dent doit être exposée à l'agent diaphanisant entre 5 minutes et 48 heures et doit être surveillée par photographie à intervalle régulier pour visualiser l'anatomie interne à mesure que la diaphanisation progresse.

Contrairement aux étapes de déshydratation et décalcification, si l'échantillon est laissé trop longtemps dans l'agent de diaphanisation, cela ne l'abimera pas.

2.2.6 Stockage

La dent est maintenant exploitable. Elle doit être stockée de façon à maintenir ses propriétés.

Elle doit rester dans le produit utilisé pour la diaphanisation indéfiniment pour maintenir sa transparence, sans quoi elle retournerait vers l'opacité.

Il n'y a pas d'utilisation de colorants d'où une plus grande rapidité, simplicité et une meilleure conservation de l'anatomie interne.

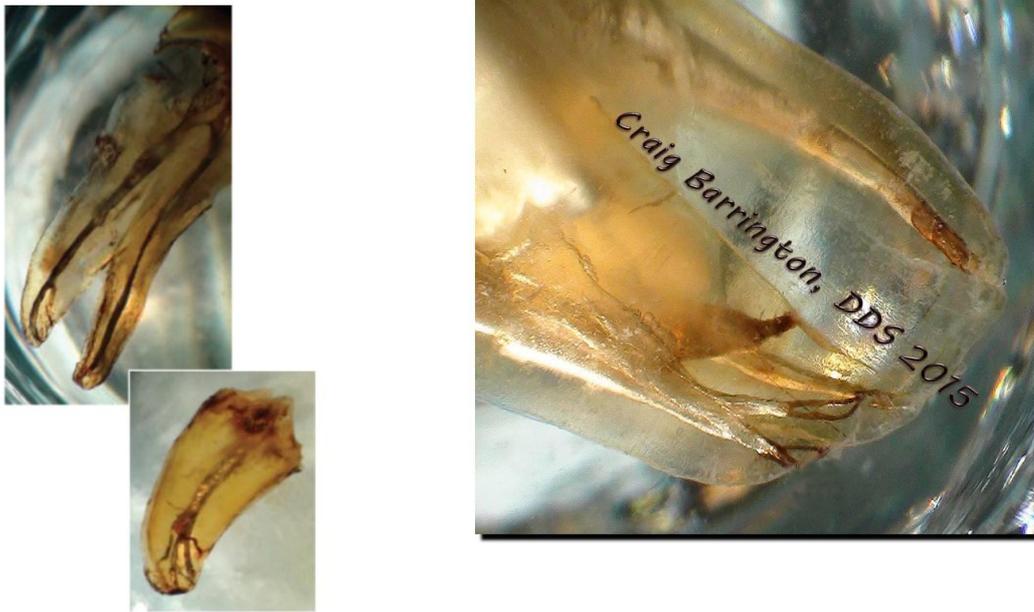


Figure 10 : Apex de molaire diaphanisés par Barrington

2.2.7 Discussions

Avantages : Nous observons correctement l'anatomie interne, ainsi que les obturations.

La précision et la définition des différents éléments anatomiques sont appréciables.

Les échantillons gardent une teinte comparable à celle de la dent naturelle, grâce à l'absence de colorants dans le protocole, ce qui rend l'observation agréable.

Ce protocole ne préconise pas de coupe de la dent, ce qui évite une étape qui semble difficile à réaliser. De plus, la dent reste entière, donc l'anatomie en 3 dimensions est bien appréciée.

Le protocole paraît simple, rapide.

Inconvénients : La technique est-elle plus difficile à maîtriser qu'elle n'en a l'air ?

Barrington utilise-t-il le Decalcifier Solution ou l'acide chlorhydrique entre 5 et 7% ? Il manque de précisions concernant ce point : il parle d'abord de l'acide chlorhydrique comme étant idéal puis uniquement du Decalcifier Solution...

Ces deux acides donnent-ils les mêmes résultats ?

De plus, nous n'avons pas trouvé ce Decalcifier Solution 2 dans un premier temps et avons commandé le Super Decalcifier 2 de Polysciences (Allemagne), est-ce identique au Decalcifier Cité par Barrington ?

2.3- WebConférence Craig Barrington du 7 Novembre 2015 : The study of root canal anatomy through extracted tooth forensics

La conférence se place en complément des informations données dans l'article « Clearing a tooth to expose internal anatomy » Endodontic Practice US 2015.

Dans l'article, Craig Barrington était flou sur l'utilisation du Decalcifier Solution® ou de l'acide chlorhydrique, il disait effectuer le protocole avec le Decalcifier® mais citait l'acide chlorhydrique à 7% comme acide permettant d'obtenir les meilleurs résultats.

Nous avons pu éclaircir ce point directement avec lui lors de la conférence : il a utilisé dans le passé le Decalcifier® mais il trouvait ce produit beaucoup trop cher, il s'est donc contenté de l'acide chlorhydrique du commerce et il a constaté des résultats comparables. Il n'utilise donc plus le Decalcifier®. Il dilue l'acide chlorhydrique vendu à 33% pour obtenir du 7%.

Cette conférence nous apprend aussi que le Dr Barrington traite de façon différente les dents extraites traitées endodontiquement et les autres.

2.3.1 Les dents traitées endodontiquement, fraîchement extraites et non stockées

Le protocole de diaphanisation de ces dents se rapproche des protocoles classiques rendant les dents molles.

En effet, les dents sont d'abord déminéralisées dans un bain d'acide pendant 12 à 18 heures (Decalcifier Solution 2® ou acide chlorhydrique entre 5 et 7%).

Elles sont ensuite déshydratées dans un bain d'alcool pendant 2 à 4 heures avant d'être plongées dans une huile qui peut être du méthyl salicylate ; la diaphanisation intervient alors au bout de 5 minutes à 3 jours.

Il est donc important de retenir que, non seulement il faut utiliser les dents fraîchement extraites, mais aussi qu'elles soient non traitées endodontiquement pour pouvoir espérer tester des instruments endodontiques dans ces dents.

2.3.2 Les dents sans traitement endodontique, fraîches et non stockées

Les étapes du protocole restent globalement identiques à celles citées dans l'article ("Clearing a tooth to expose internal anatomy" Endodontic Practice US 2015). Il apporte cependant des modifications dans les temps d'application des différents produits.

Ici, le bain d'acide chlorhydrique dure entre 12 et 24 heures, il précise plutôt 12 heures pour une incisive et 24 heures pour une molaire.

Après le bain d'acide, il plonge les dents dans un bain d'eau désionisée pendant environ 2 heures. Il explique que cette eau permet de déminéraliser un tout petit peu plus les dents, de les rendre plus belles à l'observation car elle permet le décollement du desmodonte.

Puis les dents sont placées dans un agent séchant non alcoolique pendant 2 à 12 heures et enfin dans le méthyl salicylate pour diaphanisation.

Il précise qu'il utilise environ 40ml d'acide pour la déminéralisation de 2 molaires (ou un volume équivalent en incisive, canine, prémolaire). Au delà de 2 molaires, le risque qu'une ou plusieurs dents n'atteignent pas le résultat escompté est majoré.

Il insiste grandement sur l'importance d'avoir des dents fraîchement extraites et de ne pas les traiter, ni les toucher.

Craig Barrington prouve à l'aide de plusieurs photos que les dents fraîchement extraites vivantes lors de l'extraction donnent des résultats bien meilleurs que les dents nécrosées. Le maintien du flux sanguin jusqu'à l'extraction et le traitement rapide des dents permet l'observation de l'anatomie de façon plus précise, le contraste entre la dentine et le réseau canalaire est meilleur.

En poussant le raisonnement, une dent ayant subi une effraction pulpaire en regard de la corne pulpaire mésiale (Fig.11) donnera, après diaphanisation, de bien meilleurs résultats au niveau de sa racine distale (Fig.13) que mésiale (Fig.12).

Par extension, moins la dent est lésée à l'extraction, meilleur sera le résultat.

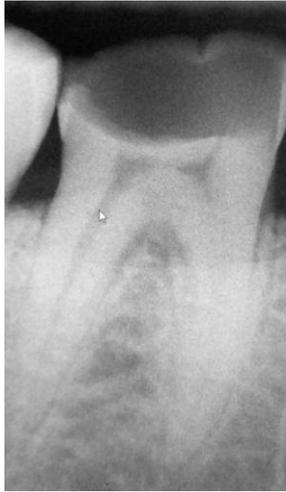


Figure 11 : Radiographie de molaire avec exposition pulpaire distale



Figure 12 : Photographie de la racine mésiale après diaphanisation



Figure 13 : Photographie de la racine distale après diaphanisation

Il explique aussi qu'une façon d'obtenir de meilleurs résultats serait de « stresser » les dents. Autrement dit, il les soumet à de rapides changements de température, par exemple, une dent froide dans un liquide chaud.

Aussi, si le liquide diaphanisant s'immisce complètement dans les canaux, ils deviennent complètement invisibles car leur indice de réfraction est égal au milieu qui les entoure. Pour remédier à ce problème, il est possible d'injecter de l'air dans les canaux, c'est l'air qui créera le contraste avec le milieu environnant et qui permettra l'observation anatomique.

II – Expérimentations

Au vu des résultats obtenus par les différents auteurs, nous pensons que le protocole à tester en priorité est celui de Barrington.

Nous nous sommes concentrés sur les protocoles modernes pensant qu'ils permettent de garder les dents dures, toujours dans le but de pouvoir tester les instruments endodontiques à l'intérieur. Les choix étaient alors restreints : le protocole de Malentacca paraît plus long, fastidieux surtout pour les coupes des dents et nécessite idéalement un microscope opératoire, contrairement à celui de Barrington qui nous semble plus simple et dont les résultats présentés sont très intéressants.

L'ensemble de ces expérimentations a été réalisé au sein du pôle recherche odontologie de l'Université Paul Sabatier.

1) Premiers essais : avant la conférence de Craig Barrington

1.1 Matériel

Dents stockées dans sérum physiologique depuis des mois à température ambiante

Acide chlorhydrique 6%

Eau désionisée

Litière de chat

Méthyl salicylate

1.2 Protocole appliqué

Les dents sont d'abord laissées à sécher à température ambiante pendant 24 heures.

Plusieurs flacons sont préparés en séparant les dents présentant les amalgames des dents saines.

Elles sont toutes placées dans de l'acide chlorhydrique à 6% pendant 19 heures.

A cette étape, les dents ont en grande partie perdu leur émail, s'il en reste il s'effrite (Fig. 14). Ce phénomène pourrait laisser penser que le temps de déminéralisation est trop long mais il en est de même sur les photos de Barrington. La dureté des dents est diminuée, les apex sont légèrement flexibles.



Figure 14 : Prémolaire après bain dans l'acide, l'émail s'effrite

Les dents sont mises à sécher dans de la litière de chat. Au bout de 4 heures, elles sont nettoyées de leur poussière à la soufflette et à la brosse à dent souple. Elles sont finalement plongées dans un bain de méthyl salicylate et observées au bout de 24 heures.

1.3 Observations



Figure 15 : Incisive mandibulaire partiellement diaphanisée

Il est possible d'observer un résultat partiel au niveau apical, les deux canaux de l'incisive sont visibles et se rejoignent au niveau du foramen (Fig.15).
Le contenu canalaire apparaît comme rempli d'air, vide de tout contenu organique.



Figure 16 : Molaire diaphanisée

Cette molaire (Fig. 16) montre aussi que le contenu canalaire semble vide, c'est l'air contenu dans les canaux qui nous permet de visualiser partiellement l'anatomie.

1.4 Discussions / Conclusions

Ces premières expériences nous ont permis de confirmer ce que Craig Barrington affirme dans son article et sa conférence à savoir que pour des dents anciennement extraites, le contenu canalaire disparaît laissant place à l'air, que la dent soit vivante ou nécrosée avant extraction. Il faut noter pour la suite des expériences que le temps de séchage dans la litière semble insuffisant, au bout de 4 heures, les dents sont encore humides.

Les résultats obtenus ne sont pas à la hauteur des résultats escomptés sur dents vivantes avant extraction. Il est donc indispensable d'utiliser des dents fraîchement extraites. A défaut, les résultats sont insuffisants.

2) Deuxième essai : après la conférence de Craig Barrington

2.1 Matériel

Dents fraîchement extraites et congelées après extraction

Decalcifier Solution 2® - solution d'acide chlorhydrique et d'eau - Polysciences
(Eppenheim, Germany) : 40ml pour le volume de 2 molaires

Eau désionisée

Litière de chat

Méthyl salicylate

2.2 Protocole

Après extraction, les dents ont été congelées parce que le protocole ne pouvait pas être lancé immédiatement pour des raisons logistiques.

Elles ont été décongelées une dizaine d'heures.

Elles sont plongées dans le Decalcifier® pendant 24 heures pour les molaires et 12 heures pour les prémolaires, canines ou incisives.

Dès les premières secondes d'immersion, des bulles qui se forment à la surface des dents, signe du début de la décalcification (Fig. 17). Ces bulles ne sont plus présentes quand la décalcification est finie.



Figure 17 : Dent en cours de décalcification

Une fois le temps de décalcification atteint, les dents sont plongées dans de l'eau désionisée pendant 2 heures, comme précisé dans la conférence du 7 novembre 2015.

Ensuite, elles sont asséchées dans un agent non alcoolique, ici ce sera de la litière de chat, entre 4 et 8 heures en fonction du volume de la dent.

Finalement, les dents sont trempées dans le méthyl salicylate pour la diaphanisation.

Elles doivent être observées dans les minutes et les heures suivantes, la diaphanisation est très rapide.

2.3 Observations



Figure 18 : Molaire diaphanisée dans du méthylsalicylate

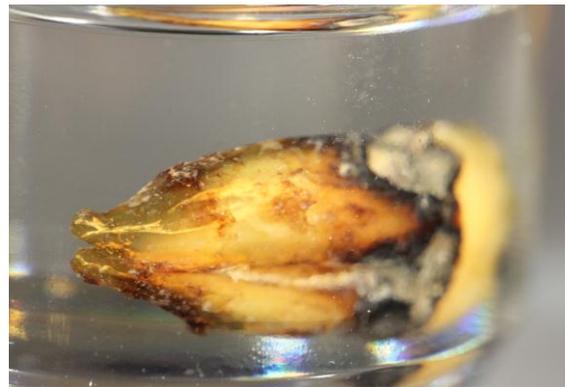


Figure 19 : Molaire mandibulaire diaphanisée après 15minutes



Figure 20: Canine diaphanisée, après 15minutes



Figure 21 : Incisive diaphanisée après 15minutes

2.4 Discussions / Conclusions

On observe des résultats variables en fonction des dents.

La diaphanisation se limite aux racines des molaires mais elle est efficace : l'anatomie canalaire, les isthmes centraux, les deltas apicaux sont facilement observés (Fig. 18-19).

La diaphanisation est plus globale pour les plus petites dents : l'anatomie canalaire et apicale est bien visible (Fig. 20-21)

Quelque soit la dent, il persiste néanmoins un îlot central blanc opaque où la diaphanisation est inexistante et la dent est jaune-brun, peu propice à l'observation.

Le tissu parodontal n'étant pas nettoyé ni après extraction, ni au cours du protocole, il subsiste des taches brunes sur les dents, bien visibles sur les figures 18, 19 et 20.

La dureté de la dent est ici légèrement diminuée par rapport à la même dent avant traitement mais bien meilleure que dans l'essai 1.

La qualité des photos et notre mode d'observation ne permettent pas ici de rendre un résultat optimal. En effet, nous observons avec un éclairage direct, sans contre-éclairage et à travers des flacons ronds ce qui déforme et floute les images.

3) Troisième essai

3.1 Matériel

Dents fraîchement extraites et congelées et une dent fraîchement extraite

Acide chlorhydrique à 7%

Decalcifier Solution 2®

Eau oxygénée 33% 10 volumes

Eau désionisée

Litière de chat

Méthyl salicylate

3.2 Protocole

Les dents congelées sont décongelées une dizaine d'heures avant d'être laissées à sécher. La dent extraite le matin même est laissée à sécher avec les autres.

Pour accélérer le séchage, elles ont été placées sur un lit de litière de chat au soleil, derrière une vitre. (Fig. 22)



Figure 22 : Dents en cours de séchage

Une fois les dents sèches, elles sont séparées en 3 groupes : certaines sont décalcifiées au Decalcifier® comme dans l'essai précédent. D'autres sont décalcifiées par de l'acide chlorhydrique à 7%, les dernières sont plongées dans un mélange d'acide chlorhydrique à 7% et d'eau oxygénée (1/4 du volume total d'eau oxygénée).

Les volumes d'acide nécessaires et les temps d'application cités précédemment sont respectés (à savoir 40ml pour 2 molaires et 24 heures d'application pour les molaires et 12heures pour les prémolaires, canines et incisives).

Pour essayer d'améliorer l'aspect esthétique des dents, elles ont été débarrassées de leur tissu parodontal dans leur partie coronaire et radiculaire sans toucher à la partie apicale.

Les dents sont ensuite plongées pendant 2 heures dans l'eau désionisée (Fig.23) : de gauche à droite, après bain dans l'acide chlorhydrique et l'eau oxygénée, après bain d'acide chlorhydrique et après bain de Decalcifier®.



Figure 23 : dents dans l'eau désionisée

Les dents sont séchées dans la litière de chat pendant 8 heures, en mélangeant régulièrement le flacon dans lequel elles sont contenues pour changer fréquemment les grains de litière en contact avec les dents et ainsi mieux en absorber l'humidité.

Finalement, elles sont immergées dans le méthyl salicylate et observées dans l'heure qui suit.

3.3 Observations



Figure 24 : Molaire diaphanisée, décalcifiée à l'acide chlorhydrique et eau oxygénée



Figure 25 : Prémolaire diaphanisée, décalcifiée à l'acide chlorhydrique et eau oxygénée



Figure 26 : Molaires diaphanisées, décalcifiées à l'acide chlorhydrique



Figure 27 : Molaires diaphanisées, décalcifiées au Decalcifier

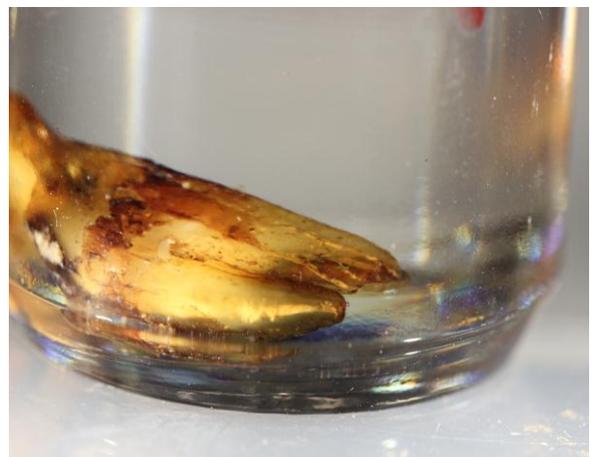




Figure 28 : Molaire fraîche diaphanisée, décalcifiée à l'acide chlorhydrique

3.4 Discussions / Conclusions

Au stade du bain d'eau désionisée, il est possible d'observer un gradient de coloration des dents en fonction de leur décalcifiant. (Fig.23)

Le but d'ajouter de l'eau oxygénée à l'acide chlorhydrique était de contrebalancer l'aspect jauni des dents en fin de protocole ; ce but est atteint, les dents sont très blanches.

Les dents traitées par l'acide chlorhydrique ont gardé leur teinte normale et les dents plongées dans le Decalcifier® sont jaune brun.

Il semble plus facile d'observer et de travailler avec des dents plus claires.

Les dents diaphanisées après décalcification par l'acide chlorhydrique et l'eau oxygénée apparaissent très blanches ce qui les rend plus agréables à observer. Cependant, elles semblent moins déminéralisées que les autres, l'opacité de la dent est importante, seuls les apex sont diaphanisés de manière optimale.

Au moment du mélange de ces deux réactifs, des petites bulles se forment et remontent à la surface, ce qui laisse présager d'une réaction chimique entre les deux qui inhiberait l'action des produits sur les dents.

A l'avenir, il faut envisager de dissocier le bain dans l'acide chlorhydrique, du bain dans l'eau oxygénée.

Les dents diaphanisées après décalcification par l'acide chlorhydrique donnent des résultats décevants, même si c'est la technique privilégiée de Craig Barrington.

Même sur les dents à apex largement ouvert, dans laquelle la pénétration des réactifs devait être maximale, la diaphanisation est médiocre (Fig.26).

Les dents diaphanisées avec le Decalcifier® (Fig.27) donnent des résultats semblables à ceux obtenus dans l'essai 2. Les dents gardent une coloration très brune qui gêne l'observation.

Les apex sont correctement diaphanisés, l'anatomie canalaire et apicale, les isthmes, deltas sont particulièrement visibles.

L'avancée principale dans la réflexion qu'a permis cet essai est montrée par la dent lancée dans le protocole dans les minutes suivant son extraction. En effet, elle montre une très jolie diaphanisation apicale, très proche des résultats obtenus par Craig Barrington (Fig. 28). Elle permet aussi de confirmer et de visualiser qu'un flux sanguin maintenu dans les canaux permet de bien meilleurs résultats, grâce à un meilleur contraste.

Les résultats obtenus jusqu'alors sont convenables pour ce qui est des dents monoradiculées mais insuffisants pour les pluriradiculées.

Si nous voulons obtenir une meilleure diaphanisation, de la totalité de la dent, nous allons devoir faire évoluer ce protocole qui semble atteindre ses limites.

Les pistes envisagées sont : améliorer la déminéralisation en remplaçant l'acide quand il ne forme plus de bulles à la surface des dents, agiter régulièrement l'acide, faire les cavités d'accès dans les dents pour une meilleure pénétration de l'acide et des autres réactifs et perdre l'opacité centrale retrouvée à chaque essai.

4) Quatrième essai

Face aux résultats précédents, force est de constater que nous n'obtenons qu'une diaphanisation partielle des dents, qui conservent une opacité centrale et coronaire importante.

Cette opacité nous semble venir d'un manque de déminéralisation, nous avons donc choisi d'essayer d'obtenir une déminéralisation maximale, quitte à perdre en consistance.

Pour se faire, nous avons combiné plusieurs modifications du protocole :

- nous avons fait les cavités d'accès sur la moitié des dents pour comparer avec des dents intactes,
- nous avons agité l'acide régulièrement,
- nous avons remplacé l'acide à la moitié du temps de déminéralisation.

4.1 Matériel

Dents fraîchement extraites et congelées : 2x2 prémolaires extraites pour raisons orthodontiques et 2 molaires

Decalcifier®

Eau désionisée

Eau oxygénée 33%

Litière de chat

Méthyl salicylate

4.2 Protocole

Les dents ont été laissées à décongeler 12 heures à l'air libre et à température ambiante.

Nous avons aménagé les voies d'accès sur la moitié des dents.

Chaque paire de prémolaires étant extraite du même patient et comme elles subissent le même traitement, nous pourrons comparer la diaphanisation sur une dent avec et sans cavité d'accès de façon optimale.

Les dents sont ensuite plongées dans le Decalcifier® pour 24 heures. L'acide est agité régulièrement et remplacé partiellement à la moitié du temps d'application.

A la sortie du bain d'acide, les dents sont nettoyées de leur tissu parodontal en prenant garde de ne pas toucher à la partie la plus apicale.

Elles sont plongées dans de l'eau désionisée et eau oxygénée ; nous avons ajouté de l'eau oxygénée à cette étape dans le but d'éclaircir les dents, souvent très foncées après le bain dans le Decalcifier®. Un cinquième du volume total a donc été remplacé par l'eau oxygénée.

Après 2 heures, elles sont mises à déshydrater pendant 8 heures dans de la litière de chat, agitée régulièrement pour renouveler les grains en contact avec les dents et mieux les sécher.

A ce stade, il faut noter que les dents sont flexibles, davantage que dans les essais précédents. Elles sont aussi déjà légèrement transparentes (Fig.29).



Figure 29 : Prémolaires avant diaphanisation

4.3 Observations

Les résultats ci-dessous sont observés une dizaine de minutes suivant l'immersion des dents dans le méthyl salicylate.

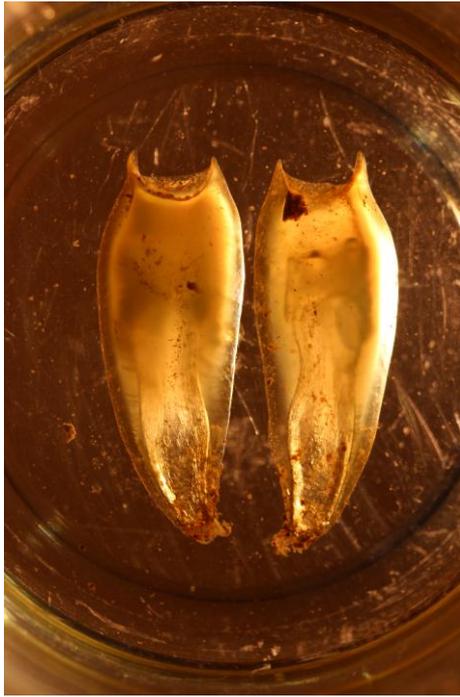


Figure 30 : Prémolaire diaphanisée, sans cavité d'accès à gauche et avec à droite



Figure 31 : Prémolaires diaphanisées sans cavité d'accès à gauche et avec à droite



Figure 32 : Prémolaire avec cavité d'accès diaphanisée



Figure 33 : Molaire diaphanisée



Figure 34 : Molaire diaphanisée

4.4 Discussions / Conclusions

D'abord, il faut préciser que nous avons changé le mode de photographie : l'objectif n'est plus tenu à la main mais fixé et le retro éclairage est utilisé.

Les résultats obtenus sont les meilleurs observés jusqu'à présent au niveau de la transparence.

La teinte obtenue par combinaison du Decalcifier® et de l'eau oxygénée dans le même protocole est satisfaisante et permet une observation optimale en conservant une teinte proche de la dent à l'origine. Il est donc intéressant de retenir cette association dans la suite des expérimentations.

Sur les prémolaires, on peut bien observer les canaux jusqu'à leurs entrées dans la chambre pulpaire et d'autant mieux que les cavités d'accès sont faites ; les chambres et cornes pulpaires sont même visibles sur certaines dents (Fig. 30-31-32).

Le fait d'aménager les cavités d'accès avant le début du protocole n'a jamais été évoqué comme améliorant les résultats dans les études de Barrington cependant la transparence semble améliorée. L'anatomie canalaire, les communications intercanalaires, les courbures et isthmes sont alors nettement visibles.

Sur les molaires, une bonne diaphanisation des racines est obtenue mais moins au niveau de la couronne (Fig.33-34). Il est ainsi possible d'observer que sur la longueur d'un canal le diamètre n'est pas forcément que décroissant mais peut osciller, s'élargir, diminuer puis se réélargir, détail important dans l'objectif d'un traitement endodontique complet (Fig.34).



Figure 35 : Prémolaire diaphanisée et cathétérisme aux limes 15

Malgré ces belles images, quelques points négatifs subsistent en particulier au niveau de la consistance des dents. Comme nous l'avons expliqué précédemment, nous avons tenté une déminéralisation maximale quitte à prendre en rigidité et ce fût le cas. Les dents sont flexibles après le bain dans l'eau désionisée et eau oxygénée, elles redeviennent plus rigides après le séchage avant de redevenir flexibles particulièrement dans le tiers apical dans le méthyl salicylate. Au terme du protocole, nous nous sommes éloignés de la consistance d'une dent naturelle.

Le protocole répond de façon très satisfaisante à une observation anatomique des dents. Cependant, il ne pourra être utilisé pour observer le travail des instruments canaux car les dents sont encore trop souples.

Nous avons pu observer que les dents, après plusieurs semaines dans le méthyl salicylate, n'ont pas perdu leur transparence. L'anatomie canalaire est toujours aussi visible. La consistance des dents reste inchangée, elles sont toujours flexibles.

5) Point sur la technique d'observation et de photographie

Les observations ont commencées sous un éclairage direct, les dents dans des flacons de verres ronds (Fig.36).

Que ce soit pour l'observation ou la photographie, ces conditions étaient loin d'être idéales. D'une part, la dent flottait dans une quantité de liquide relativement importante donc elle était mobile dans ce liquide. D'autre part, le flacon rond déforme la dent, il n'était possible de rendre net à la photographie d'une petite partie de la dent, le reste n'étant pas dans le même plan et donc flou.

Aussi, l'appareil photo était tenu manuellement ce qui augmente le flou.



Figure 36 : Moyen d'observation à travers un flacon

Dans l'essai 3, l'observation dans un récipient plat (ici, un bouchon) avec prise de clichés depuis le haut est essayé et préféré à l'observation dans les flacons (Fig. 28).

A partir de l'essai 4, le mode de photographie s'est amélioré (Fig.37).

L'objectif est fixé, placé au dessus des échantillons à observer et l'éclairage est possible en direct, à rétro ou les deux, ce qui permet d'obtenir des images intéressantes et différentes sous 2 types d'éclairage.

Les figures à partir de l'essai 4 témoignent de cette amélioration. De même, l'évolution est visible entre les figures 49 et 51 où la même dent est photographiée par 2 techniques différentes.



Figure 37 : Moyen d'observation avec rétro éclairage

6) Cinquième essai

Suite à l'essai précédent qui a donné des dents trop flexibles pour une observation du comportement des instruments endodontiques pendant la mise en forme canalaire, nous avons essayé de réduire le temps de déminéralisation au risque de perdre en transparence ; tout ceci dans le but de pouvoir se rapprocher de la consistance d'une dent.

Une molaire, sur laquelle la cavité d'accès a été réalisée au préalable, a été exposée à l'acide du Decalcifier® pendant 19 heures au lieu de 24 heures habituellement puis un protocole identique au quatrième essai a été suivi.

6.1 Observations



Figure 38 : Molaire diaphanisée après cavité d'accès

Nous pouvons observer que nous avons une diaphanisation moyenne, légèrement inférieure à celle obtenue à l'essai 4 (Fig. 38). Grâce à la cavité d'accès, nous avons cependant une meilleure vision de la chambre pulpaire et des canaux radiculaires du côté caméral ce qui permet une vision globale de l'anatomie canalaire.

Nous avons réussi à diminuer le nuage opaque visible sur les autres molaires diaphanisées (Fig. 33-34) grâce à la cavité d'accès qui permet une meilleure pénétration des produits utilisés et du séchage.

6.2 Discussions/ Conclusions

Pour l'observation de l'anatomie, ce résultat peut être considéré comme satisfaisant même avec une déminéralisation moins importante.

Cependant, le but de ce cinquième essai est de savoir si avec un degré de déminéralisation moindre, nous pouvons obtenir une dent de consistance plus proche d'une dent naturelle afin de pouvoir l'exploiter pour tester les instruments endodontiques. Ce but n'est pas atteint même si la dent est un peu moins flexible que dans le quatrième essai, les instruments, même en Ni/Ti, suivent le canal s'il est rectiligne mais perfore la dent à la moindre courbure. Les parois ne sont pas assez solides pour guider l'instrument dans le canal jusqu'au bout.

En conclusion, ce protocole n'est pas satisfaisant pour atteindre l'objectif souhaité.

Bilan : Nous avons peut être commis une erreur en pensant que le protocole de Craig Barrington aboutirait à des dents dures.

Nous pensions que sans déshydratation alcoolique, nous obtiendrions une dent dure mais ce ne fût pas le cas jusqu'à présent. Les dents obtenues sont trop flexibles pour être utilisées comme modèle de dents au même titre que les simulateurs plastiques. Les limes endodontiques, même en Ni/Ti, ne sont pas assez souples et perforent les racines.

7) Après plusieurs semaines dans le méthyl salicylate

Il faut savoir qu'après chaque protocole, les dents ont été gardées dans le méthyl salicylate plusieurs semaines pour pouvoir observer une éventuelle évolution qu'elle soit positive ou négative. Aucune différence significative n'a été constatée entre les observations à quelques heures et les observations à plusieurs jours/semaines pour tous les essais sauf pour l'essai décrit paragraphe 11.

Cet essai décrit paragraphe 11 a été mené en parallèle de l'essai 3 : nous avons diaphanisé une dent traitée endodontiquement avec le protocole décrit par Barrington (I-2.3.1) à savoir déminéralisation, suivie d'une déshydratation alcoolique puis diaphanisation.

Grâce à cet essai, nous nous sommes aperçus au bout de plusieurs semaines dans le méthyl salicylate, que cette dent avait une dureté qui augmentait, ce qui s'oppose à ce qui est obtenu par un protocole pour dent non dévitalisées utilisé dans les essais 3, 4 et 5.

Nous avons donc pensé qu'il serait intéressant de tester ce protocole sur dents non dévitalisées pour voir si on pouvait obtenir une meilleure consistance que dans les essais 3, 4, 5, ce qui nous permettrait peut-être de pouvoir utiliser les instruments endodontiques dans les dents.

D'après les résultats obtenus après plusieurs semaines dans le méthyl salicylate, nous décidons de tester le protocole pour dent traitées endodontiquement de Barrington sur dents non traitées pour voir si nous pouvons obtenir des dents moins flexibles que dans les essais 3, 4 et 5.

8) Sixième essai

8.1 Matériel

Molaires fraîchement extraites, non traitées endodontiquement

Decalcifier®

Alcool 100%

Méthyl salicylate

8.2 Protocole

Les dents ont suivi le protocole pour dents traitées endodontiquement de Barrington.

Pour rappel :

24 heures de séchage à l'air ambiant

12 à 18 heures dans le Decalcifier®, ici 17 heures

2 à 4 heures dans l'alcool pur, ici 4 heures

Bain de méthyl salicylate et observation après 12 heures

8.3 Observations

Les observations ont été faites après un temps relativement long (plusieurs heures) pour permettre d'atteindre la diaphanisation maximale.

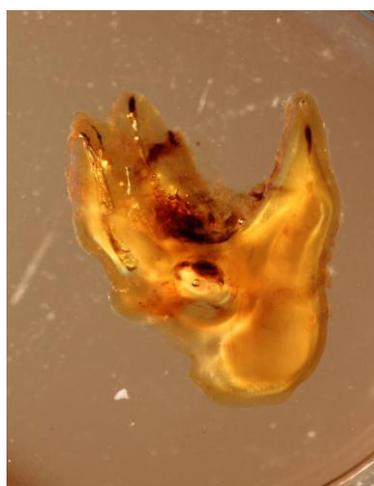


Figure 39 : Molaire maxillaire diaphanisée après 12 heures



Figure 40 : Molaire mandibulaire diaphanisée après 12 heures

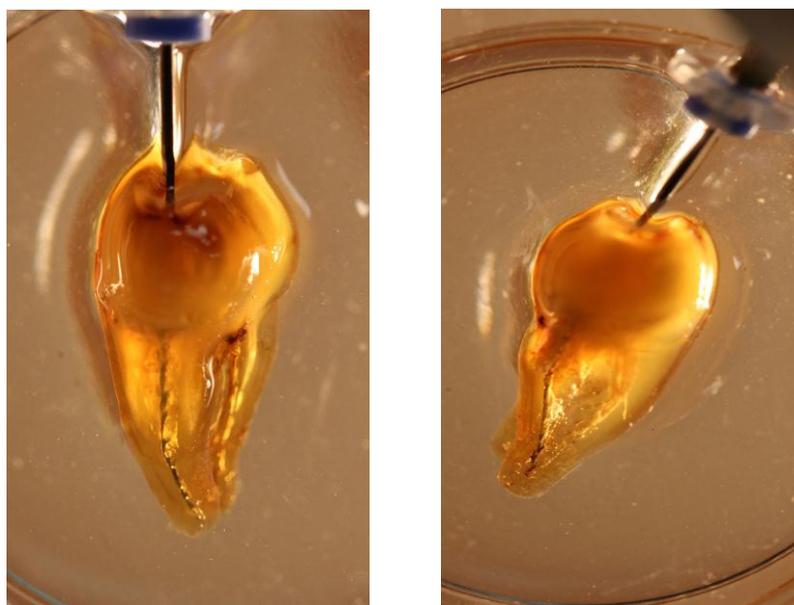


Figure 41 : Molaire mandibulaire diaphanisée, avec instrument Ni/Ti dans les canaux

8.4 Discussions / Conclusions

Les résultats obtenus étaient plus intéressants à l'œil nu qu'en photographie : en effet, la profondeur de champ de l'appareil ne rend net qu'un seul plan de la dent, il faut donc souvent choisir entre les racines d'une molaire, qui sont sur plusieurs plans différents.

Les figures 39 et 40 montrent une bonne diaphanisation des racines, meilleure que dans certains essais précédents (Fig. 33-38). Il persiste un nuage opaque coronaire qui ne gêne pas pour l'exploration endodontique.

Ici, l'eau oxygénée n'a pas été utilisée pour éclaircir les dents mais leur teinte est correcte et compatible avec une bonne observation de l'anatomie et des instruments.

Au niveau consistance globale de la dent, la dureté est considérablement augmentée par rapport aux dents de l'essai 4 et 5 et comparable à celle de l'essai décrit dans le paragraphe 11. Cependant, même s'il est possible de passer des instruments endodontiques dans les canaux et de les observer de manière satisfaisante, les parois canalaires sont trop souples pour contraindre suffisamment l'instrument comme dans une dent naturelle.

Certains instruments acier de petit calibre se plantent dans les parois au passage des courbures.

Même si les résultats, en particulier la dureté, ont été améliorés lors de cet essai, ils ne sont pas suffisants pour l'exploitation de ces dents comme modèles d'études comparable à des dents naturelles.

Il serait intéressant, dans un nouvel essai, de tester ce même protocole en déminéralisant les dents au minimum de ce qui est conseillé par Barrington soit 12 heures, pour voir s'il est possible d'obtenir une déminéralisation suffisante et une dureté encore plus importante.

9) Septième essai

Dans cet essai, le parti a été pris de moins déminéraliser les dents et de fraiser les cavités d'accès sur toutes les dents.

Dans un souci de simplification du protocole à l'avenir, la moitié des dents seront décalcifiées avec de l'acide chlorhydrique à 7%, comme conseillé par Barrington, pour pouvoir comparer les résultats entre les deux acides. L'idéal serait que les résultats soient semblables pour pouvoir utiliser plutôt l'acide chlorhydrique, moins cher et plus facile à trouver que le Decalcifier®.

9.1 Matériel

Dents non traitées, fraîchement extraites

HCl 7% (dilution de l'acide chlorhydrique à 33% du commerce)

Decalcifier®

Alcool éthylique pur

Méthyl salicylate

9.2 Protocole

Les cavités d'accès ont été réalisées dans les dents fraîchement extraites, les amalgames sont retirés.

Elles sont ensuite laissées à sécher à l'air ambiant pendant 24 heures.

La moitié est placée dans le Decalcifier® et l'autre moitié dans l'acide chlorhydrique pendant 12 heures.

Les dents sont ensuite plongées dans l'alcool pur pendant 4 heures, avant d'être plongées dans le méthyl salicylate jusqu'à observation.

9.3 Observations



Figure 42 : Molaire diaphanisée, décalcifiée à l'acide chlorhydrique



Figure 43 : Canine diaphanisée, décalcifiée au Decalcifier



Figure 44 : Lime 15 faisant fausse route

9.4 Discussions / Conclusions

D'abord, il est important de constater qu'il n'y a aucune différence notable entre une déminéralisation au Decalcifier® et à l'acide chlorhydrique 7%, que ce soit au niveau teinte générale, degré de déminéralisation, consistance ou observation générale. Par ce fait, il est possible d'envisager de remplacer le Decalcifier®, difficile à trouver et cher, par de l'acide chlorhydrique vendu dans des magasins spécialisés voire même en grandes surfaces.

Ici, la déminéralisation a duré moins longtemps que dans l'essai 6 pour essayer de gagner en dureté et cela s'en ressent au niveau de la transparence. Comme observé sur les figures 42 et 43, seuls les apex sont correctement diaphanisés, même sur les monoradiculées.

Si la consistance des dents avait été semblable à une dent naturelle, peut-être aurions nous pu nous contenter de cette plus faible diaphanisation qui permet quand même d'observer la région apicale mais ce n'est pas le cas. Comme illustré figure 44, la consistance de la dent est encore trop souple pour guider une lime dans un canal. La pointe se pique dans une paroi et s'y enfonce jusqu'à perforer la racine.

De cet essai, il peut être conclu que malgré une déminéralisation moindre, les dents obtenues sont encore trop flexibles (même si moins que dans les essais 3, 4 et 5) et qu'elles ont beaucoup perdu en transparence du fait d'une plus faible déminéralisation.

10) Impact du poids initial de la dent et sur la transparence finale

L'hypothèse a été émise qu'il pourrait y avoir un lien entre le poids de la dent au démarrage du protocole et le résultat final.

Les dents ont donc été pesées avant le commencer l'essai 7. Elles ont ensuite subi exactement le même protocole quelque soit leur poids.

Grâce à l'expérience acquise aux cours des différents essais, il est possible de classer les dents sur une échelle de diaphanisation, 0 représentant une absence totale de diaphanisation et 5, une diaphanisation complète.

| | Poids | Images obtenues | Degré de diaphanisation |
|-----------|-------|---|-------------------------|
| Molaire 1 | 2g |  | 3/5 |
| Molaire 2 | 1.2g |  | 2/5 |
| Canine | 0.9g |  | 2/5 |
| Incisive | 0.4g |  | 2/5 |

Quelque soit le poids initial, la diaphanisation est insuffisante, l'hypothèse ne peut donc être validée.

En effet, une dent dont le poids de départ est inférieur au quart du poids d'une autre (Molaire 1/Incisive) ne donne pas de meilleurs résultats.

Il semble plutôt que quelque soit le volume et le poids de la dent d'origine, la déminéralisation et la diaphanisation est égale et se mesure à la partir de la surface de la dent.

L'action des différents produits du protocole est visible sur toutes les surfaces exposées à ces réactifs et leurs résultats ne dépendent pas du poids de la dent mais plutôt de son épaisseur. Si l'épaisseur de la dent est inférieure à la capacité d'action des réactifs sur toutes les faces de la dent, alors la dent sera complètement diaphanisée. A contrario, si la dent a une épaisseur supérieure à la capacité d'action des réactifs, alors la dent sera incomplètement diaphanisée.

11) Compréhension des échecs

En parallèle de l'essai 3, nous avons pris le temps de diaphaniser une molaire mandibulaire (37) ayant subi un retraitement et ensuite en échec thérapeutique.

11.1 Etude avant l'extraction de la dent

Au niveau de l'anamnèse, une jeune patiente se présente au centre de soins pour des douleurs secteur 3 après le traitement endodontique d'une dent 2 semaines plus tôt.

D'abord, une fracture radiculaire est suspectée. Dans ce sens, un Cône Beam est effectué. Il ne révèle ni felûre, ni fracture, ni instrument cassé. La lésion radioclaire péri-apicale de la 37 et la symptomatologie orientent le diagnostic vers une parodontite apicale aiguë sur la 37. La patiente est mise sous antibiothérapie.

A la vue du traitement endodontique effectué sur cette dent, il est possible de penser que la pathologie a pour origine un traitement canalaire insuffisant, en particulier dans le canal mésial (Fig.45).

Le retraitement de la dent a donc été décidé.

Le Dr Gurgel-Georgelin, qui a effectué le retraitement, décrit un blocage apical, l'empêchant de progresser dans le canal mésial, d'où un retraitement moins complet.

Les figures 46 et 47 témoignent de cette difficulté de progression.



Figure 45 : Radiographie initiale

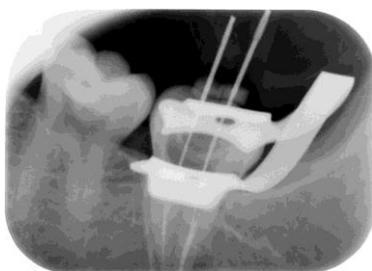


Figure 46 : Radiographie limes en place

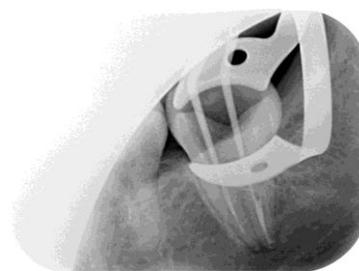


Figure 47 : Radiographie cônes en place



Figure 48 : Radiographie post-retraitement endodontique

Le traitement endodontique, notamment l'irrigation, a été douloureux pour la patiente. Une autre antibiothérapie est alors prescrite.

Après une période asymptomatique de 2 mois, la patiente décrit une nouvelle fois des douleurs fortes.

L'antibiothérapie n'améliorant pas la symptomatologie, l'extraction de la dent est programmée 4 mois après la première consultation.

11.2 Protocole pour dent dévitalisée, à la recherche des échecs

La dent a été récupérée dans les heures qui ont suivi son extraction.

Etant une dent traitée endodontiquement, elle a subi le protocole pour dent traitée de Craig Barrington (pour mémoire : déminéralisation, déshydratation alcoolique et diaphanisation) pour essayer de trouver la cause de l'échec.

11.3 Observations

La diaphanisation obtenue n'est pas très satisfaisante mais elle a suffi à identifier un delta apical dont une partie n'est pas traitée et une fracture instrumentale, éléments pouvant être à l'origine d'un échec thérapeutique. Aucun de ces deux éléments potentiellement à l'origine de l'échec n'était visible radiologiquement (Fig.49).



Figure 49 : Molaire traitée diaphanisée, lime matérialisant le delta apical

La diaphanisation prend donc ici un autre intérêt puisqu'elle permet, via un protocole simple et réalisable par tous, la compréhension par la visualisation de la cause des échecs.

Après plusieurs semaines dans le méthyl salicylate, la même dent a été ré-observée avec un mode d'observation et de photographie différent des premières photos mais semblable à celui utilisé dans le quatrième essai.

En rétro éclairage, nous pouvons très nettement observer l'anatomie canalaire et camérale ici obturés à la gutta percha (Fig. 50).



Figure 50 : Molaire dévitalisée diaphanisée avec le protocole Barrington

Nous avons considérablement gagné en transparence, comme en témoigne la figure 51.

Deux instruments fracturés sont observés, un dans chaque racine, alors qu'un seul était visible lors de la première observation. La présence d'un delta apical non obturé est ici aussi matérialisée par une lime 10 (Fig.51).

Il est important de noter qu'aucun de ces instruments n'était visible à la radiographie intra orale et au Cône Beam.



Figure 51 : Molaire diaphanisée avec le protocole de Barrington

Nous pouvons en conclure que pour ce protocole de Craig Barrington appliqué aux dents devitalisées, il est intéressant d'être patient pour obtenir des résultats optimaux.

Ce protocole représente un moyen simple, rapide, fiable et efficace de visualiser les raisons des échecs, ce qui est intéressant autant pour les praticiens pour leur compréhension personnelle, que d'un point de vue pédagogique pour expliquer les raisons des échecs aux patients.

Dans ce sens, il est important de noter que tous les éléments nécessaires à la mise en place de protocole sont disponibles au cabinet dentaire ; à savoir, de l'acide chlorhydrique, de l'alcool pur et de l'eugénol. L'œil nu suffit pour les observations.

Conclusion

L'endodontie est une discipline complexe qui nécessite patience et compréhension. En ce sens, ce travail s'est attaché à montrer comment exposer la réalité de la complexité du réseau canalaire.

La synthèse des protocoles permettant de diaphaniser les dents a permis de différencier les protocoles classiques, semblables les uns aux autres, de nouveaux qui ouvrent les possibilités pour le travail instrumental sur ces dents.

Deux objectifs ont guidé ce travail : la possibilité de visualiser l'anatomie canalaire et par la suite le travail des instruments, de l'irrigation et de l'obturation du réseau canalaire et ainsi de pouvoir corrélérer les informations tactiles et visuelles du praticien, d'une part ; d'autre part, la diaphanisation de dents ayant entraîné un échec thérapeutique, pour découvrir les étiologies des échecs.

Le premier objectif est partiellement atteint. L'anatomie canalaire est observée de la chambre pulpaire aux apex, d'autant mieux que la dent est fraîchement extraite et que la cavité d'accès est faite. Le retro éclairage facilite grandement l'observation. La complexité anatomique est illustrée par l'observation des communications inter canalaire, des isthmes, des deltas apicaux.

Le second objectif est atteint. Les dents extraites peuvent être rendues transparentes par un chirurgien-dentiste au cabinet avec un matériel facilement accessible. Le chirurgien-dentiste peut ainsi comprendre ses échecs et les expliquer au patient. Ce protocole est simple, rapide, fiable.

En ce qui concerne l'objectif de travail instrumental dans les dents diaphanisées, et ce, quelque soit le protocole appliqué, les dents obtenues sont trop flexibles pour contraindre un instrument comme une dent naturelle le ferait. Les parois sont souples et souvent perforées par les limes. Une absence de déshydratation alcoolique ne suffit pas pour obtenir des dents comparables à des dents naturelles, c'est la déminéralisation qui fait perdre sa consistance à la dent mais c'est aussi elle qui lui donne la transparence ...

Une piste à envisager dans ce sens est l'exploitation du protocole de Malentacca qui ne déminéralise pas les dents mais qui les abrase pour obtenir des coupes fines. Ce protocole paraît plus complexe à réaliser que ceux expérimentés dans cette étude, mais il est peut-être possible de le simplifier, le modifier pour atteindre l'objectif souhaité.

Vu le directeur de thèse et président de jury,
Pr Franck Diemer

Annexe

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
|----|----------------|--|---|--------------------------------------|---|-------------------------------------|---|--|-------------------------|
| 1 | Etude | Traitement des dents | Stockage | Élimination des tissus mous | Colorant | Déminéralisation | Temps de déminéralisation | Déshydratation | Diaphanisation |
| 2 | | | | | | | | | |
| 3 | Rosler 2014 | Voie d'accès et passage lime 10 | | NaOCl 4,2% + bain US 20min | Injection encre dans réseau canalaire en option | Ac nitrique 5% | 3j | Ethanol 60% 8h / 80% 4h / 96,6% 2h + sécher | Xylène 2h pour durcir |
| 4 | | | | | | Lavage 4h | | | puis méthyl salicylate |
| 5 | Dwivedi 2014 | Voie d'accès et passage lime 8 | | | | Ac nitrique 10% | 3-4j | Alcool 80% 1 nuit / 90% 1h / 100% 3*1h | Méthyl salicylate |
| 6 | | | | | | Ac formique 20% | 7-8j | | |
| 7 | | | | | Coloration éosine, bleu de méthylène | Rinçage 4h | | | |
| 8 | Maralingannava | Voie d'accès | Eau / Formalin 10% | Hypo 5.25% 24h | Colo soluble dans alcool | Ac nitrique 10% | 3-4j | Alcool 80% 1 nuit / 90% 1h / 100% 3*1h | Méthyl salicylate |
| 9 | | Accès coronaire bouché à la cire collante | | Rinçage à l'eau | | Rinçage 4h | | | |
| 10 | Omer 2004 | Couronne coupée | Solution saline 10% | Hypo 5% 24h | Coloration encre de Chine | Ac chlorhydrique 10% | 8j : jusqu'à ce que la radio soit satisfaisante | Alcool 95% 36h / 100% 36h | Méthyl salicylate |
| 11 | | | | Rinçage | Pression négative à l'apex | | | | |
| 12 | | | | Séchage 24h | | | | | |
| 13 | Neelakantan 20 | Cavité d'accès et élimination pulpe à la lime | Eau distillée avec thymol iodide crystals | Hypo 2.5% 30min | Bain encre de Chine | Ac nitrique | 28-30h | Alcool croissant 1j | Méthyl salicylate 2j |
| 14 | | Rebouchage cavité d'accès à la résine | | | Caisson hyperbare 0.6MPa 2h | Rinçage 4h | Jusqu'à ce que la radio soit satisfaisante | | |
| 15 | | | | | séchage 12h | | | | |
| 16 | Weng 2009 | Dent laissée intacte | Peroxyde d'hydrogène 3% | Hypo 3.25% 1h | Bain encre de Chine | Ac nitrique | 7j | Ethyl alcool 75-85-95-100% 12h chaque | Méthyl salicylate 2j |
| 17 | | | | lavage 2h | Caisson hyperbare 0.6MPa 2h | lavage / séchage | | | |
| 18 | | | | | Rinçage | | | | |
| 19 | Venturi 2003 | cavité d'accès + lime 6K | | Curette de grassey | | 7% Ac formique | 14j | 25-50-70-90-100% 30min chaque | Méthyl salicylate |
| 20 | | Section de la couronne | | | | 3% ac chlorhydrique | | | |
| 21 | | | | | | 8% citrate de sodium | | | |
| 22 | | | | | | Rinçage 2h + Ac acétique 99% 1 nuit | | | |
| 23 | | | | | | Rinçage | | | |
| 24 | Chang 2013 | Cavité d'accès + lime K10 | | Hypo 5% 12h | colorant | Ac nitrique 5% | | Alcool éthylique 70-90-100% 6h chaque | Méthyl salicylate 24h |
| 25 | | | | Rinçage | | lavage | | | |
| 26 | | | | | | Ac acétique 24h | | | |
| 27 | De Castro 2013 | Cavité d'accès | | | Encre de chine 30-60j | Ac chlorhydrique 5% | | Alcool croissant 1h chacun | Méthyl salicylate |
| 28 | | Ampliation et obturation | | | Lavage 1h puis séchage | | | | |
| 29 | | Cyanoacrylate sur racine | | | | | | | |
| 30 | | Cyanoacrylate enlevé au scalpel après coloration | | | | | | | |
| 31 | Robertson 1982 | | | | | Ac nitrique 5% | 3j | Alcool croissant | Silicone 710 24h |
| 32 | | | | | | Lavage 4h | | acétone | |
| 33 | Parekh 2011 | Voie d'accès | | Hypo 2.5% 48h | Injection d'encre de chine dans la cavité d'accès | Ac nitrique 5% | 3j | Alcool isopropyl 70-80-90-100% 2j | Méthyl salicylate 15min |
| 34 | | | | lavage 2h | | lavage | | | |
| 35 | Yoshioka 2004 | Suppression des couronnes | | | Encre de chine injectée et aspirée depuis l'apex | Ac nitrique 6% | 1j | Alcool concentration croissante | Méthyl salicylate |
| 36 | | Evasement des entrées canalaires au gates | | | | | | | |
| 37 | Aracena 2012 | intacte | | | | Ac Chlorhydrique 7% | 2j | Alcool 70% 5h / 96% 5h / 100% 5h | Méthyl salicylate |
| 38 | Singh 2015 | Cavité d'accès | eau distillée avec Thymol iodide crystals | Hypo 2.5% 30min + scalpel + US | Injection encre de chine + aspiration à l'apex | Ac nitrique 10% | Jusqu'à ce que la radio soit satisfaisante | Méthanol 70-95-100% 1j chaque | Méthyl salicylate |
| 39 | | | | Hypo 2.5% 24h dissous tissu pulpaire | | lavage 4h | | séchage 2h | |
| 40 | | | | US 30min | | séchage 12h | | | |
| 41 | | | | rinçage 2h | | | | | |
| 42 | | | | Séchage sur papier toute la nuit | | | | | |
| 43 | Yamamoto 2001 | KOH 30% à 60° 1h | Formalin 10% | | Injection d'encre à la seringue | Ac formique 5% | Bain d'alcool concentration croissante | Mixture de styrène monomère et résine polyst Méthyl salicylate | |
| 44 | | lavage à l'eau | | | | Lavage | | 1:1/1:2/1:3 chacune 1j | |
| 45 | | Dents coupées à la lame couronne/racine | | | | | | Puis immersion résine pure 0.3% methylether 4-5j | |
| 46 | | extraction tissu pulpaire | | | | | | excès enlevé à la brosse | |
| 47 | | | | | | | | polym 2j | |

Bibliographie

- Aracena, Daniel, Victor Beltrán, Ramón Fuentes, et Eduardo Borie. 2012. « In Vitro Macroscopic and Endoscopic Analysis of Three-Rooted Maxillary Premolars and Two-Rooted Mandibular Premolars in the Same Individual: a Case Report ». *International Journal of Morphology* 30 (1): 19- 24.
- Chang, Seok-Woo, Jong-Ki Lee, Yoon Lee, et Kee-Yeon Kum. 2013. « In-depth morphological study of mesiobuccal root canal systems in maxillary first molars: review ». *Restorative Dentistry & Endodontics* 38 (1): 2- 10.
- Barrington, « Clearing a tooth to expose internal anatomy Endodontic Practice US ». Mars 2015. *Endodontic Practice US*.
- De Castro, Pedro Henrique Duarte França, Juliana Vianna Pereira, Emilio Carlos Sponchiado, André Augusto Franco Marques, et Lucas Da Fonseca Roberti Garcia. 2013. « Evaluation of marginal leakage of different temporary restorative materials in Endodontics ». *Contemporary Clinical Dentistry* 4 (4): 472- 75.
- Dwivedi, Nidhi, Bhavana Gupta, Babusha Tiwari, Vineet Raj, Bina Kashyap, et Shaleen Chandra. 2014. « Transparent Tooth Model: A Study of Root Canal Morphology Using Different Reagents ». *European Journal of General Dentistry* 3 (1): 66.
- Li, Ying, Meng-Yu Zhou, et Wei-Dong Niu. 2009. « [Effect of different decalcification condition on tooth-clearing technique] ». *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi = Huaxi Kouqiang Yixue Zazhi = West China Journal of Stomatology* 27 (1): 13- 15, 19.
- Malentacca, Augusto, et Carlo Lajolo. 2015. « A New Technique to Make Transparent Teeth without Decalcifying: Description of the Methodology and Micro-Hardness Assessment ». *Annals of Anatomy = Anatomischer Anzeiger: Official Organ of the Anatomische Gesellschaft* 197 (janvier): 11- 15.
- Maralingannavar, Mahesh. s. d. « Demonstration of root canal morphology of human permanent teeth using transparent tooth model system ». *International Journal of Contemporary Dentistry; Vol 1, No 3 (2010)*.
- Neelakantan, Prasanna, Chandana Subbarao, et Chandragiri V. Subbarao. 2010. « Comparative Evaluation of Modified Canal Staining and Clearing Technique, Cone-Beam Computed Tomography, Peripheral Quantitative Computed Tomography, Spiral Computed Tomography, and Plain and Contrast Medium-enhanced Digital Radiography in Studying Root Canal Morphology ». *Journal of Endodontics* 36 (9): 1547- 51.
- Omer, O. E., R. M. Al Shalabi, M. Jennings, J. Glennon, et N. M. Claffey. 2004. « A Comparison between Clearing and Radiographic Techniques in the Study of the Root-Canal Anatomy of Maxillary First and Second Molars ». *International Endodontic Journal* 37 (5): 291- 96.

Parekh, Vaishali, Nimisha Shah, et Hardik Joshi. 2011. « Root Canal Morphology and Variations of Mandibular Premolars by Clearing Technique: An in Vitro Study ». *The Journal of Contemporary Dental Practice* 12 (4): 318- 21.

Prasanna Neelakantan, Chandana Subbarao. 2011. « Root and canal morphology of Indian maxillary premolars by a modified root canal staining technique. » *Odontology / the Society of the Nippon Dental University* 99 (1): 18- 21.

Robertson, Don C., et Joel Leeb. 1982. « The Evaluation of a Transparent Tooth Model System for the Evaluation of Endodontically Filled Teeth ». *Journal of Endodontics* 8 (7): 317- 21.

Rosler, Sergio. 2015. « Dents transparentes : un puissant outil didactique » *Roots*, 4, 2010

Singh, Shishir, et Mansing Pawar. 2015. « Root canal morphology of South Asian Indian maxillary molar teeth ». *European Journal of Dentistry* 9 (1): 133- 44.

Tchorz JP, Ganter PA, Woelber JP, Stampf S, Hellwig E, Altenburger MJ. Evaluation of an improved endodontic teaching model: do preclinical exercises have an influence on the technical quality of root canal treatments? *International Endodontic Journal*. 47, 410–415, 2014.

Venturi, M., C. Prati, G. Capelli, M. Falconi, et L. Breschi. 2003. « A Preliminary Analysis of the Morphology of Lateral Canals after Root Canal Filling Using a Tooth-Clearing Technique ». *International Endodontic Journal* 36 (1): 54- 63.

Weng, Xi-Li, Shi-Bin Yu, Shou-Liang Zhao, Han-Guo Wang, Tong Mu, Rong-Yin Tang, et Xue-Dong Zhou. 2009. « Root Canal Morphology of Permanent Maxillary Teeth in the Han Nationality in Chinese Guanzhong Area: A New Modified Root Canal Staining Technique ». *Journal of Endodontics* 35 (5): 651- 56.

Yamamoto, T., T. Domon, S. Takahashi, M. N. Islam, et R. Suzuki. 2001. « A Resin Embedding Method for Transparent Teeth with Ink-Infiltrated Pulp Cavities ». *Annals of Anatomy = Anatomischer Anzeiger: Official Organ of the Anatomische Gesellschaft* 183 (5): 481- 83.

Yoshioka, T, J Villegas, C Kobayashi, et H Suda. 2004. « Radiographic Evaluation of Root Canal Multiplicity in Mandibular First Premolars ». *Journal of Endodontics* 30 (2): 73- 74.

Table des illustrations

Figure 1 : Aracena, Daniel, Victor Beltrán, Ramón Fuentes, et Eduardo Borie. 2012. « In Vitro Macroscopic and Endoscopic Analysis of Three-Rooted Maxillary Premolars and Two-Rooted Mandibular Premolars in the Same Individual: a Case Report ».

International Journal of Morphology 30 (1): 19-24.

Figure 2 : Singh, Shishir, et Mansing Pawar. 2015. « Root canal morphology of South Asian Indian maxillary molar teeth ». *European Journal of Dentistry* 9 (1): 133-44.

Figure 3 : Dwivedi, Nidhi, Bhavana Gupta, Babusha Tiwari, Vineet Raj, Bina Kashyap, et Shaleen Chandra. 2014. « Transparent Tooth Model: A Study of Root Canal Morphology Using Different Reagents ». *European Journal of General Dentistry* 3 (1): 66.

Figure 4 : Maralingannavar, Mahesh. s. d. « Demonstration of root canal morphology of human permanent teeth using transparent tooth model system ». *International Journal of Contemporary Dentistry; Vol 1, No 3 (2010)*.

Figure 5 : Weng, Xi-Li, Shi-Bin Yu, Shou-Liang Zhao, Han-Guo Wang, Tong Mu, Rong-Yin Tang, et Xue-Dong Zhou. 2009. « Root Canal Morphology of Permanent Maxillary Teeth in the Han Nationality in Chinese Guanzhong Area: A New Modified Root Canal Staining Technique ». *Journal of Endodontics* 35 (5): 651-56. doi:10.1016/j.joen.2009.02.010.

Figure 6 : Venturi, M., C. Prati, G. Capelli, M. Falconi, et L. Breschi. 2003. « A Preliminary Analysis of the Morphology of Lateral Canals after Root Canal Filling Using a Tooth-Clearing Technique ». *International Endodontic Journal* 36 (1): 54-63.

Figure 7 : Yamamoto, T., T. Domon, S. Takahashi, M. N. Islam, et R. Suzuki. 2001. « A Resin Embedding Method for Transparent Teeth with Ink-Infiltrated Pulp Cavities ». *Annals of Anatomy = Anatomischer Anzeiger: Official Organ of the Anatomische Gesellschaft* 183 (5): 481-83.

Figure 9 : Malentacca, Augusto, et Carlo Lajolo. 2015. « A New Technique to Make Transparent Teeth without Decalcifying: Description of the Methodology and Micro-Hardness Assessment ». *Annals of Anatomy = Anatomischer Anzeiger: Official Organ of the Anatomische Gesellschaft* 197 (janvier): 11-15.

Figure 10 : Craig Barrington « Clearing a tooth to expose internal anatomy ». Mars 2015. *Endodontic Practice US*

Figures 11, 12, 13 : Conférence de Craig Barrington du 7 Novembre 2015

Figure 8-14 à 44 et 49 à 51 : Photographies personnelles

Figure 45 à 48: Radiographies du centre de soins de Rangueil, Toulouse

Figure 48 à 50: Photographies personnelles

DIAPHANISATION DE DENTS HUMAINES : SYNTHÈSE DE PROTOCOLES ET ESSAIS

RÉSUMÉ :

L'endodontie est une discipline complexe qui demande la compréhension de l'anatomie canalaire. Les outils numériques à la disposition des praticiens ne permettent pas une visualisation directe de celle-ci.

Ce travail a pour objectifs, d'une part, de faire le bilan des protocoles de diaphanisation existants et d'autre part, la diaphanisation de dents humaines pour permettre l'observation de l'anatomie, du travail des instruments endodontiques et la visualisation des causes en cas d'échec thérapeutique.

TITRE EN ANGLAIS :

HUMAN TEETH CLEARING TECHNIQUE : ANALYSIS AND TESTS OF DIFFERENT METHODS

SUMMARY :

Endodontic is a complex discipline that requires an understanding of the root canal anatomy. Digital tools available for dentists do not allow direct visualization of it. This work aims, firstly, to review existing protocols for diaphanization and secondly, the diaphanization of human teeth allowing observation of anatomy, working endodontic instruments and expose causes of treatment failure.

DISCIPLINE ADMINISTRATIVE : Odontologie Conservatrice et Endodontie (58.01)

MOTS-CLÉS : diaphanisation, protocoles, anatomie canalaire, compréhension des échecs

INTITULÉ ET ADRESSE DE L'UFR :

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

DIRECTEUR DE THÈSE :

Professeur Franck Diemer