

UNIVERSITE DE NANTES
UNITÉ DE FORMATION ET DE RECHERCHE D'ODONTOLOGIE

Année : 2011

N° :

**ACCIDENTS PER-OPÉRATOIRES IATROGÈNES EN
ENDODONTIE ORTHOGRADE**

THÈSE POUR LE DIPLOME DÉTAT DE
DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

*Présentée
et soutenue publiquement par*

GUYADER Valérie
25/06/1985

le mardi 6 décembre devant le jury ci-dessous

Président M. LABOUX
Assesseur Mme ENKEL

Directeurs de thèse : Mme ARMENGOL et M. GAUDIN

GUYADER (Valérie).-Accidents per-opérateurs en endodontie orthograde
-97f. ;ill. ; tabl. ; 104 ref. ; 30 cm. (Thèse : Chir. Dent. ; Nantes ; 2011)

RESUME

De nombreux accidents sont susceptibles de survenir lors de la mise en forme et de l'obturation canalaire. La description de chaque complication est suivie de données épidémiologiques, d'une proposition de prise en charge et de moyens de prévention. L'aspect-médico-légal est enfin abordé.

RUBRIQUE DE CLASSEMENT : Endodontie

MOTS CLE MESH

Endodontie – Endodontics

Accidents – Accidents

Mise en forme canalaire - Root canal shaping

Obturation canalaire – Root obturation

JURY

Président: Professeur Laboux O.

Assesseur: Docteur Enkel B.

Co-Directeur: Docteur Armengol V.

Co-Directeur: Docteur Gaudin A.

ADRESSE DE L'AUTEUR

TABLE DES MATIERES

Introduction.....	4
1. Accidents liés à l'absence de champ opératoire.....	5
1.1. Ingestion et inhalation.....	5
1.1.1. Définitions et conséquences des ingestions et inhalations.....	5
1.1.2. Données épidémiologiques.....	7
1.1.3. Prise en charge des ingestions.....	8
1.1.4. Prise en charge des inhalations.....	9
1.1.5. Prévention des ingestions et inhalations par la mise en place d'un champ opératoire.....	9
1.2. Les accidents de contamination.....	11
1.2.1. Les différents types de contamination.....	11
1.2.2. Conséquences de ces contaminations.....	12
1.2.3. Épidémiologie de ces contaminations.....	12
1.2.4. Prévention des accidents de contamination.....	13
1.2.4.1. Mesures d'ergonomie.....	13
1.2.4.1.1. Agencement du plateau d'endodontie.....	13
1.2.4.1.2. Gestes à risque, manipulation d'objets tranchants...14	
1.2.4.2. Mesures d'asepsie.....	14
2. Accidents de mise en forme.....	15
2.1. Obstacles causés par une fracture instrumentale.....	15
2.1.1. Définitions d'une fracture instrumentale.....	15
2.1.2. Données épidémiologiques.....	16
2.1.3. Pronostic et prise en charge de la fracture instrumentale.....	17
2.1.3.1. Tentative de By-Pass.....	18
2.1.3.2. Tentative de retrait de l'instrument.....	18
2.1.4. Prévention des fractures instrumentales.....	20
2.2. Perforation du plancher et des parois camérales.....	22
2.2.1. Définition et diagnostic d'une perforation.....	22
2.2.2. Données épidémiologiques.....	23
2.2.3. Conséquences d'une perforation.....	23
2.2.4. Prise en charge des perforations du plancher.....	23
2.2.4.1. L'hémostase.....	24
2.2.4.2. La fermeture définitive.....	24
2.2.4.2.1. Prise en charge orthograde et obturation avec un ciment de scellement.....	24
2.2.4.2.1.1. Le MTA.....	25
2.2.4.2.1.2. La Biodentine.....	26
2.2.4.2.2. Prise en charge chirurgicale d'une perforation.....	27
2.2.5. Prévention des perforations.....	27
2.2.5.1. Analyse de la radiographie pré-opératoire.....	27
2.2.5.2. Réalisation d'une cavité d'accès adéquate.....	27
2.2.5.3. Apport des aides optiques.....	28

2.3. Non-respect de la trajectoire canalaire	29
2.3.1. Butées et faux canaux.....	29
2.3.1.1. Définition.....	29
2.3.1.2. Données épidémiologiques.....	31
2.3.1.3. Prise en charge des butées.....	32
2.3.2. Strippings.....	33
2.3.2.1. Définition d'un stripping.....	33
2.3.2.2. Données épidémiologiques.....	34
2.3.2.3. Prise en charge des strippings.....	35
2.3.3. Zippings.....	36
2.3.3.1. Définition d'un zipping.....	36
2.3.3.2. Prise en charge d'un zipping.....	37
2.3.4. Déchirure du foramen apical.....	38
2.3.4.1. Définition d'une déchirure du foramen apical.....	38
2.3.4.2. Prise en charge d'une déchirure du foramen apical.....	38
2.3.5. Prévention des déviations de la trajectoire canalaire.....	40
3. Accidents d'origine allergique et médicamenteuse	42
3.1. Dépassement d'irrigants	42
3.1.1. Signes cliniques.....	42
3.1.2. Données épidémiologiques.....	43
3.1.3. Prise en charge médicale et chirurgicale des dépassements avec les irrigants.....	44
3.1.4. Prévention des accidents d'injection dans les tissus péri-apicaux.....	46
3.1.4.1. Précautions lors de l'irrigation.....	46
3.1.4.2. Les différents systèmes d'irrigation intra-canalaire.....	47
3.2. Accidents liés à l'usage de produits à base d'arsenic	48
3.2.1. Signes cliniques.....	48
3.2.2. Conduite à tenir face à une complication liée à l'usage de produits à base d'arsenic.....	49
3.2.3. Recommandations vis-à-vis des produits à base d'arsenic.....	50
3.3. Réactions allergiques au latex et à l'hypochlorite de sodium	50
3.3.1. Symptômes au latex et à l'hypochlorite de sodium.....	51
3.3.2. Conduite à tenir en urgence et pour la suite des soins.....	51
3.3.3. Prévention des réactions allergiques.....	52
4. Accidents lors de l'obturation	53
4.1. Accidents lors du séchage canalaire : emphysème sous-cutané	53
4.1.1. Définition.....	53
4.1.2. Symptômes et conséquences des emphysèmes.....	53
4.1.3. Prise en charge des emphysèmes sous-cutané.....	54
4.1.4. Prévention des emphysèmes.....	55
4.2. Dépassement du matériel d'obturation	56
4.2.1. Sur-extension et sur-obturation.....	56

4.2.1.1. Définition et conséquences d'une sur-extension et d'une sur-obturation.....	56
4.2.1.2. Données épidémiologiques.....	57
4.2.1.3. Prise en charge d'une sur-obturation.....	58
4.2.1.4. Prise en charge d'une sur-extension.....	58
4.2.1.5. Prévention des sur-obturations et des sur-extensions.....	58
4.2.2. Dépassement dans les structures anatomiques proches.....	59
4.2.2.1. Dans le sinus et les fosses nasales.....	59
4.2.2.1.1. Les rappels anatomiques.....	59
4.2.2.1.2. Les signes cliniques et les conséquences d'une extrusion dans le sinus de matériel d'obturation.....	60
4.2.2.1.3. Prise en charge d'une extrusion de matériel d'obturation dans le sinus.....	61
4.2.2.2. Extrusion de matériel d'obturation dans le nerf alvéolaire inférieur et le foramen mentonnier.....	61
4.2.2.2.1. Rappels anatomiques.....	61
4.2.2.2.2. Les différentes causes de lésion du nerf mandibulaire.....	62
4.2.2.2.3. Les signes cliniques d'une lésion du nerf mandibulaire.....	62
4.2.2.2.4. Prise en charge des extrusions de matériel d'obturation dans le canal mandibulaire.....	63
4.2.2.2.5. Prévention d'une extrusion de matériel d'obturation dans les structures anatomiques.....	64
4.3. Effet de la chaleur sur les tissus dentaires et péri-dentaires.....	65
4.4. Fractures radiculaire verticales.....	68
4.4.1. Détection et données épidémiologiques.....	68
4.4.2. Les principales causes de fractures radiculaire verticales.....	69
4.4.3. Prévention des fractures radiculaire verticales.....	70
5. Aspect médico-légal.....	71
Conclusion.....	73

Introduction

L'endodontie orthograde concerne le traitement des canaux radiculaires en utilisant un abord occlusal. L'acte endodontique regroupe une succession d'étapes au cours desquelles des incidents ou accidents peuvent survenir. Ces événements fortuits et non souhaités sont potentiellement dommageables pour le patient. Le but de ce travail est de présenter chaque type d'accident:

- -les accidents liés à l'absence de champ opératoire
- -les accidents de mise en forme
- -les accidents d'origine allergique et médicamenteuse
- -les accidents lors de l'obturation

Les données épidémiologiques, leur symptomatologie, leur prise en charge et surtout leur prévention sont également abordées. Enfin, nous finirons par les aspects médico-légaux. L'aléa thérapeutique est possible malgré le respect des critères de qualité de soin. Le patient doit impérativement être informé de la survenue d'une complication et des alternatives thérapeutiques possibles.

1. Accidents liés à l'absence de champ opératoire

1.1. Ingestion et inhalation

1.1.1. Définitions et conséquences des ingestions et inhalations

Lorsqu'un instrument tombe dans la cavité buccale, il peut être ingéré ou inhalé. Les limes, les aiguilles, les seringues d'irrigation, les clamps font partie des corps étrangers ingérés ou inhalés (54,61,91). Certains patients possèdent un risque accru d'ingestion ou d'inhalation. Il est important d'identifier ces patients lors de l'anamnèse. Ce sont :

- Les patients détenus,
- Les patients présentant des maladies psychiatriques,
- Les patients séniles ou avec un retard mental,
- Les patients nerveux ou hyperactifs,
- Les patients avec un réflexe extrême de vomissement

Selon ZITZMANN (102), des facteurs de prédisposition comme les médicaments, l'alcool, les drogues ou le vécu en captivité sont associés à un risque augmenté d'ingestion.

Lors de l'ingestion, l'instrument passe de la cavité buccale au tube digestif, notamment l'œsophage et l'estomac. Le passage dans le tractus gastro-intestinal se fait asymptomatiquement, mais parfois, l'instrument s'impacte dans le tube digestif (61,62,102). Il peut également se produire une perforation, dont les signes cliniques sont des douleurs et une hémoculture positive. La forme des limes endodontiques augmente le risque de perforation (61). Une perforation entraîne ensuite des péritonites, des septicémies et des granulomes avec la fuite du contenu stomacal (61,62,87,103).

Lors de l'inhalation, l'instrument passe de la cavité buccale au tractus respiratoire. L'inhalation d'un instrument est une urgence vitale (61). L'instrument se localise préférentiellement dans le lobe inférieur du poumon droit chez les adultes, à cause de l'anatomie verticale de l'arbre bronchique droit (61,62). Chez les enfants, il se situe davantage dans la bronche souche gauche (62). Une toux irritante et vigoureuse, des râles bronchiques intenses et une dyspnée sont les signes cliniques immédiats de l'inhalation (61,62,87,102). Les complications rapides sont l'étouffement aigu, l'arrêt respiratoire par asphyxie voire

l'arrêt cardiaque (102). La complication qui survient tardivement est l'infection qui se caractérise par des saignements, une inflammation bronchique intense, des réactions granulomateuses voire un abcès pulmonaire (62,87). Une septicémie est également possible. L'intervention chirurgicale peut entraîner la perte de ce lobe.

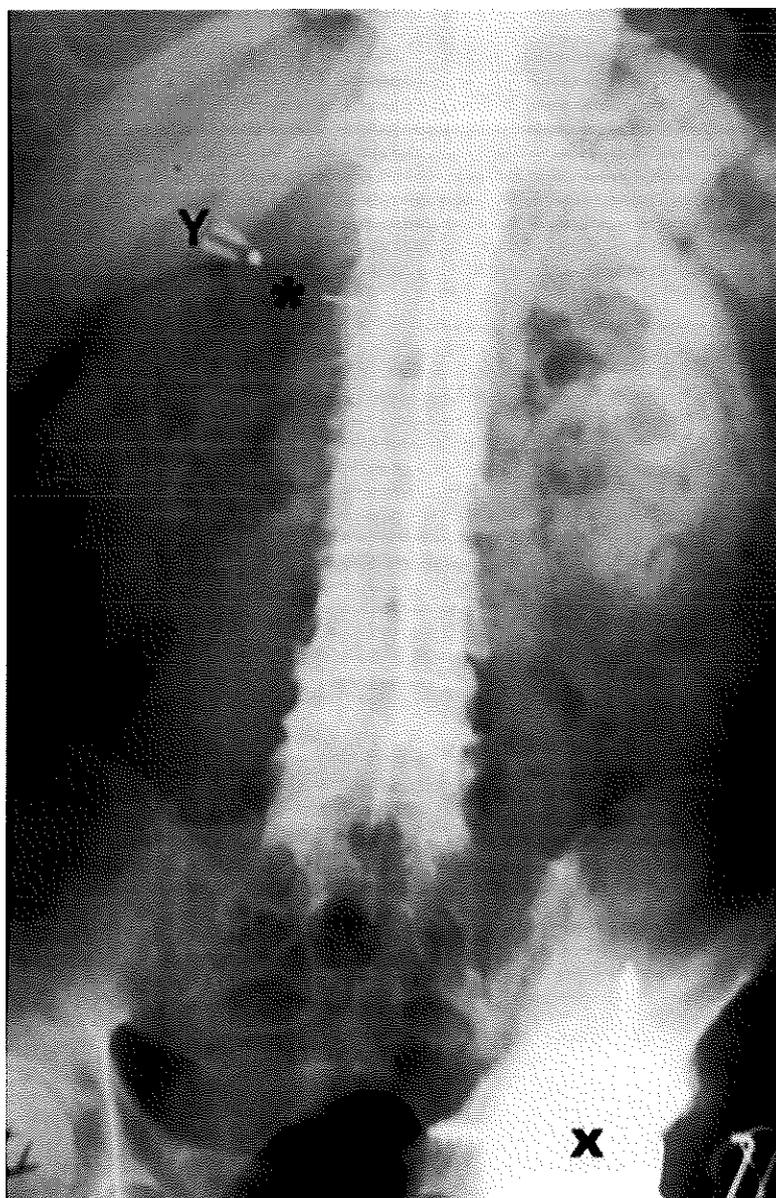


Figure N°1: *radiographie abdominale antéro-postérieure prise après ingestion d'un instrument endodontique, KUO et CHEN, 2008 (61).*

1.1.2. Données épidémiologiques

La fréquence des ingestions et des inhalations d'instruments endodontiques reste assez faible. D'après KUO (61), ces accidents iatrogènes surviennent de façon significative plus fréquemment sur les dents mandibulaires postérieures que sur les dents maxillaires postérieures. Les corps étrangers atteignent le tube digestif dans 87% des cas, et le tractus respiratoire dans 13% des cas.

L'étude menée à Marseille par SUSINI *et al.* en 2007 (91) s'appuie sur les données recueillies par deux grandes compagnies d'assurances françaises pendant 11 ans. L'incidence des ingestions serait de 0,12 et celle des inhalations de 0,001 .

Cette étude s'intéresse aux divers éléments ingérés ou inhalés. Parmi tous les corps étrangers d'origine dentaire, les instruments endodontiques ne représentent que 2,2% des inhalations et 18% des ingestions. Ces chiffres sont nettement inférieurs à ceux de la prothèse, où le pourcentage des instruments ingérés s'élève à 29%. Ces faibles taux s'expliqueraient par le fait que les praticiens sont conscients du risque d'ingestion et d'inhalation et se montreraient davantage vigilants. Une autre explication proviendrait de l'usage de la rotation continue. En effet, les instruments sont fixés à un contre-angle.

Selon cette même étude, tous les cas d'inhalation nécessitent une hospitalisation, tandis que l'ingestion n'entraîne d'hospitalisation dans seulement 36% des cas.

Enfin, les résultats des compagnies d'assurances ont montré qu'il n'y a pas de réduction de la fréquence des accidents d'ingestions et d'inhalations des instruments endodontiques au fur et à mesure des années. Cependant, aucun décès n'a été reporté.

Ce genre d'étude n'a été effectué qu'en France et des études similaires dans les autres pays seraient intéressantes.

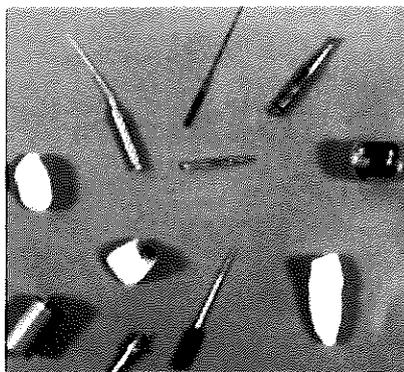


Figure N°2: photographie d'éléments déjà ingérés ou inhalés, SUSINI *et al.*, 2007 (91).

1.1.3. Prise en charge des ingestions

-Dès qu'un corps étranger est ingéré, le dentiste doit immédiatement en informer le patient et le mettre en position « anti-Trendelenburg », c'est-à-dire la partie supérieure du corps soulevée à 20-30° de l'horizontale (102).

-Le patient doit ensuite tousser fortement pour expulser l'objet. Si l'objet reste coincé dans l'oropharynx, la manœuvre de Heimlich doit être effectuée (102).

-Appeler le SAMU pour contacter le médecin régulateur du fait de l'urgence.

-Deux incidences sagittales et latérales de radiographie du thorax doivent être prises afin de situer l'objet dans l'œsophage ou la trachée (54,61,62,87,102).

-Le patient est ensuite transféré à l'hôpital pour une endoscopie en urgence (61,62,87). En fonction de la forme de l'objet, le spécialiste choisit un embout flexible ou rigide pour l'exploration de l'œsophage, de l'estomac et du duodénum (102). Cette endoscopie rapide augmente les chances de retrait de l'instrument et évite l'intervention chirurgicale, plus invasive.

-Si l'élément a traversé le duodénum, le transit dans le reste des voies digestives prendra quelques jours ou semaines. Une surveillance attentive ainsi qu'un suivi radiologique à intervalles hebdomadaires pour contrôler la position du corps étranger sont impératifs (54). Un régime riche en fibres est recommandé (61,62). La prise de médicaments laxatifs est déconseillée car elle augmente les contractions péristaltiques de l'intestin et augmente le risque de perforation. Le patient doit aussi examiner ses matières fécales (54,61,62).

-Si l'objet reste coincé et ne peut pas être atteint par rectoscopie ou colonoscopie, une intervention chirurgicale peut être nécessaire (62). Une douleur abdominale, des hémocultures positives, ou une hémorragie dans la cavité péritonéale révèlent soit une perforation intestinale, soit une impaction ou une obstruction (62). Une intervention chirurgicale est dès lors requise.

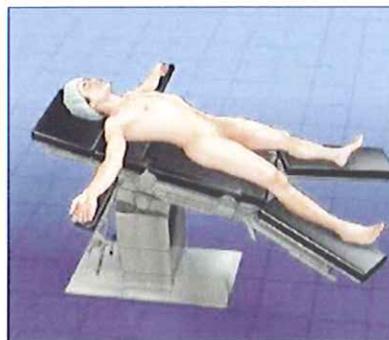


Figure N°3: schéma de la position anti-Trendelenbourg.

1.1.4. Prise en charge des inhalations

Le passage de l'instrument dans le tractus respiratoire est une urgence vitale. Le praticien doit là aussi immédiatement en avvertir le patient. Tant qu'il ne peut pas discerner l'ingestion de l'inhalation, il applique au début les mêmes recommandations:

- Mettre le patient en position « anti-Trendelenburg ».
- Faire tousser le patient.
- En cas d'échec d'expulsion, effectuer la manœuvre de Heimlich.
- Appeler le SAMU et hospitaliser le patient (91).
- Prendre deux incidences radiologiques du thorax pour situer l'objet au niveau trachéal ou oesophagien. Un tomogramme par ordinateur ou un diagnostic par bronchoscopie est le cas échéant nécessaire pour la détection d'objets transparents aux rayons. Une radiographie du thorax en expiration permet de voir un déplacement du médiastin vers le côté opposé. Plus l'objet est petit, plus il risque de se loger dans les parties distales de l'arbre trachéo-bronchique. Un bronchoscope très fin et des fibres optiques sont utilisés dans ces cas.
- Un lavage bronchial peut extraire un corps étranger permettant d'éviter la thoracotomie avec ouverture du lobe qui est la dernière alternative.
- La rapidité de la prise en charge prévient de nombreuses complications inflammatoires et infectieuses (62,102).

1.1.5. Prévention des ingestions et inhalations par la mise en place d'un champ opératoire

Différentes solutions s'offrent au praticien afin d'éviter les accidents d'ingestion et d'inhalation. La digue reste cependant le meilleur rempart face au risque d'ingestion et d'inhalation:

- « Isolite i2 » de la marque « Isolite System » est un système qui fournit un éclairage, une aspiration et isole la cavité buccale de l'oropharynx. Elle permet aussi de maintenir la bouche ouverte. Ce système protégerait aussi des ingestions. Une étude a été réalisée au Japon en 2009 par NORO *et al.* (77). Elle recueille les avis des dentistes et des patients quant aux critères de confort, de sécurité et d'ergonomie. D'après les résultats des questionnaires, le système ne paraît pas adapté à la forme de la cavité buccale de la population japonaise. De plus, les performances d'aspirations seraient faibles, si bien que des liquides passeraient dans le pharynx. La mauvaise

adaptation du système à la cavité buccale permettrait à de petits objets de passer au travers. Ce matériel récent doit s'améliorer en termes de confort, de qualité d'aspiration et d'adaptation à l'anatomie buccale.

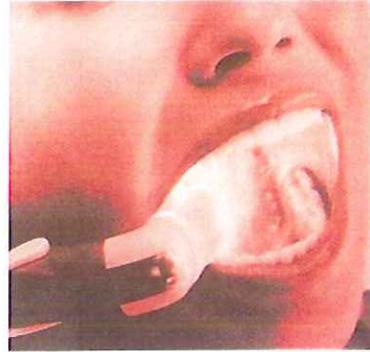
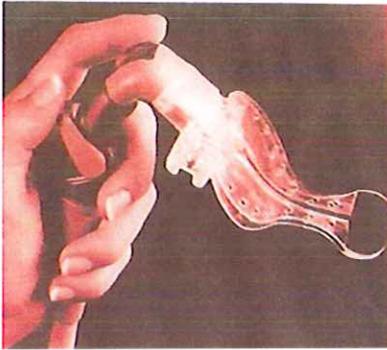


Figure N°4: photographie du système "Isolite plus" de la marque "Isolite system", *NORO (77)*.

-La digue : (3,15,16,19,54,61,62,87,91) les ingestions et les inhalations peuvent être prévenues par l'usage de la digue. Ses avantages sont nombreux :

-Simplicité d'utilisation.

-Rapidité de pose, liée à l'expérience du praticien.

-Confort et sécurité du patient : elle rétracte les tissus mous, protège du risque d'ingestion /inhalation. Elle facilite le travail à quatre mains, maintient la cavité buccale ouverte.

-Environnement de travail aseptique : siccité du champ opératoire et protection du risque infectieux. Une isolation correcte avec la digue prévient d'une ré-infection du système canalaire.

-Soins conformes aux recommandations médico-légales, d'après les textes issus du consensus de la Société européenne d'Endodontie (31) et de la Haute Autorité de Santé (47).



Figure N°5: *photographie d'une pose de digue sur la dent n°46.*

1.2. Les accidents de contamination

1.2.1. Les différents types de contamination

Des millions de germes pathogènes véhiculés par chaque patient contaminent quotidiennement le cabinet dentaire. Le principal souci est d'éviter la contamination croisée, qui résulte de la contamination d'une personne avec les germes d'une autre personne. Il est donc nécessaire de protéger le praticien, l'assistante, mais aussi le prothésiste.

La contamination peut se faire :

-Par voie sanguine.

-Par voie cutanéomuqueuse.

-Par voie aéroportée : elle est liée à l'aérosol septique et aux gouttelettes dispersées autour du fauteuil. Il y a trois sources de contamination aéroportée :

- La salive et l'environnement buccal.
- L'instrumentation dentaire.
- Le tractus respiratoire.

Nous nous limiterons à la contamination aéroportée qui concerne particulièrement la pratique dentaire. En endodontie, la production d'aérosol est minime car elle se limite à l'usage de la

turbine ou des ultrasons pour la réalisation de la cavité d'accès et la relocalisation des entrées canalaires (12,13).

1.2.2. Conséquences de ces contaminations

Du fait de l'importance de la charge bactérienne, l'eau de l'unit dentaire serait impropre à la consommation en comparaison avec les standards d'eau potable au Japon, en Europe et Etats-Unis. L'eau est en effet considérée comme potable en dessous de 500 Colony Form Unit/ mL. Or, les units peuvent contenir plus de 200 000 Unités Formant Colonies/mL (13,44,60).

En plus de l'importance de la charge bactérienne, certaines bactéries pathogènes opportunistes seraient présentes dans l'aérosol de l'instrumentation dentaire. Elles seraient responsables de syndromes pseudo-grippaux, de pneumonies et de sur-infections (44,60).

1.2.3. Épidémiologie de ces contaminations

De nombreuses études ont été réalisées afin de déterminer quel soin dentaire engendre le plus d'aérosol. D'après une étude basée sur une méthode d'analyse bactérienne, les résultats ont montré que ce sont les ultrasons qui génèrent le plus d'aérosol, puis la turbine, l'aéropolisseur et l'embout air-eau. Le risque de contamination varie en fonction de l'instrument utilisé. Mais cette étude donne une idée davantage quantitative que qualitative de la contamination bactérienne. De plus, aucune analyse de la croissance virale n'a été effectuée (44).

Selon PANKHURST en 2007 (78), malgré le nombre limité de publications incluant un faible nombre de patients, le risque de développer une infection iatrogène apparaît comme minime. Deux patients atteints de cancer ont développé des abcès gingivaux liés à *pseudomonas aeruginosas*. Concernant la légionellose, un seul cas mortel a été reporté chez un dentiste. Pour *Mycobactérium non tuberculosis*, peu d'études ont évalué son risque sanitaire au cabinet dentaire. Il n'existe donc aucune preuve définitive de risque infectieux majeur lié aux conduits d'eau de l'unit et à l'aérosol.

1.2.4. Prévention des accidents de contamination

La prévention des accidents de contamination aéroportée passe par des mesures d'ergonomie et d'asepsie. Selon VERCHERE (96), l'ergonomie est « l'étude des conditions et des moyens de travail ». L'asepsie est « l'ensemble des procédés destinés à prévenir l'introduction et le développement des germes infectieux ». L'asepsie et l'ergonomie sont indissociables.

1.2.4.1. Mesures d'ergonomie (12,13)

L'organisation des rendez-vous favorise un gain de temps. Le plateau d'endodontie doit être correctement agencé afin de minimiser les gestes à risque et ainsi de diminuer le risque de contamination par voie sanguine. L'acte endodontique doit être lui-même bien codifié.

1.2.4.1.1. Agencement du plateau d'endodontie

La multiplicité des instruments endodontiques rend obligatoire un système de rangement. Un plateau pré-préparé permet de regrouper tous les instruments nécessaires à l'acte opératoire, diagnostic et/ou thérapeutique. L'objectif est de diminuer les mouvements parasites engendrant des déplacements bactériens et de réduire le nombre d'instruments.

Tout le matériel nécessaire doit être disponible sur la tablette de travail et prêt à l'emploi. Le matériel usagé doit être éliminé après chaque temps opératoire.



Figure N°6: *photographies du matériel nécessaire lors de l'étape de la pose du champ opératoire.*

1.2.4.1.2. Gestes à risque, manipulation d'objets tranchants

En endodontie, l'utilisation d'instruments pointus augmente le risque de piqûre. Ils doivent donc être manipulés délicatement car ils sont potentiellement infectés. Les aiguilles usagées et les limes endodontiques abîmées doivent être jetées dans des conteneurs à parois rigides.

1.2.4.2. Mesures d'asepsie (13,44)

Il est impossible de déterminer le potentiel infectieux de l'aérosol presque invisible. Mais la probabilité que ses particules contiennent des virus, du sang et des bactéries demeure forte (44). Dans l'éventualité d'une propagation de micro-organismes, plusieurs mesures d'hygiène sont à prendre. Une seule mesure ne suffit pas. C'est davantage la combinaison des mesures d'hygiène qui permet d'abaisser le risque à un taux minimal (13). En endodontie, d'après HARREL et MOLINARI (44), l'usage de la digue permettrait d'éliminer 70 à 98,5% de la contamination issue de la cavité buccale. La contamination aéroportée serait limitée au tissu de la dent traitée. Les mesures d'asepsie appliquées en omnipratique sont également valables en endodontie: le port de gants, d'un masque, de lunettes, la réalisation d'un bain de bouche pré-opératoire, l'usage d'une grosse aspiration, de valves d'aspiration rétrograde et de filtres. La mise en place d'un système de filtration et de traitement de l'air et l'usage de désinfectants agissent sur la qualité de l'air et des surfaces de travail (44).

2. Accidents de mise en forme

Certaines complications iatrogènes sont susceptibles de survenir durant la phase de préparation canalaire avec les instruments manuels et mécanisés. Ces complications peuvent être liées à la fracture d'instruments manuels ou mécanisés, au non-respect de l'anatomie de la chambre pulpaire ou de la trajectoire canalaire, comme :

- Des perforations du plancher ou des parois de la chambre pulpaire lors de l'ouverture de la chambre pulpaire.
- Des butées et des faux canaux lors de la préparation canalaire.
- Zipping et déchirure du foramen apical.

2.1. Obstacles causés par une fracture instrumentale

2.1.1. Définitions d'une fracture instrumentale

Un obstacle lié à un fragment d'instrument risque d'empêcher la poursuite du nettoyage et de la mise en forme canalaire. Ce peut être un instrument en acier ou en Nickel-Titane. Le développement des instruments de rotation continue en Nickel Titane a permis d'améliorer la qualité de mise en forme par rapport à l'instrumentation manuelle traditionnelle en acier (20,38). Cependant, le non-respect des indications et des précautions d'usage rend la susceptibilité à la fracture plus fréquente. Sa structure superélastique issue d'un alliage à mémoire de forme passe de la forme austénite à la forme martensite sous l'effet d'une contrainte. Si la contrainte dépasse la limite élastique, il se produit une déformation plastique et la rupture survient. La fatigue cyclique et les contraintes de torsion sont les principales causes de fracture (66).

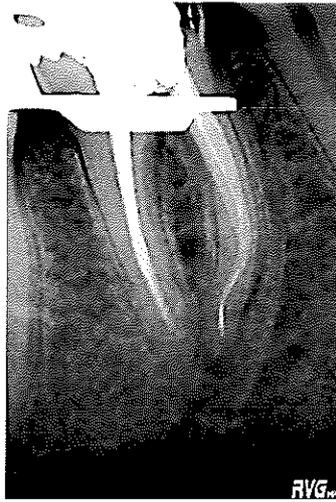


Figure N°7 : radiographie d'une dent n°46 présentant une fracture instrumentale instrument SI Protaper dans le canal mésio-lingual.



Figure N°8: radiographie d'une dent n°16 présentant une fracture dans le canal mésio-vestibulaire d'un instrument SI Protaper.

2.1.2. Données épidémiologiques

Selon PARASHOS en 2004 (79) ou DI FIORE en 2006 (28), la fréquence de fracture instrumentale des instruments de rotation continue serait en moyenne de 1%, les résultats d'études variant de 0,4% à 3,7%. La fréquence de fracture des instruments manuels en acier serait plus élevée, de 1,6% en moyenne avec des résultats variant entre 0,7% et 7,4%. Selon une étude réalisée en Grande-bretagne par MADARATI en 2008 (66), la tentative de retrait de l'instrument fracturé aurait un taux de réussite significativement plus élevé lorsqu'elle est prise en charge par un endodontiste par rapport à un praticien général. La localisation apicale ou coronaire de l'instrument influencerait significativement la décision de retrait (66).

2.1.3. Pronostic et prise en charge de la fracture instrumentale

Le fragment n'influencerait pas directement le pronostic mais indirectement en empêchant le nettoyage et la mise en forme canalaire complète. D'autres éléments interviendraient dans le pronostic (79):

- Le statut péri-apical de départ : des études ont prouvé que la présence d'une image radioclaire apicale pré-opératoire réduit les chances de guérison avec l'instrument fracturé.
- L'état histo-pathologique de la pulpe au départ ou l'infection canalaire préexistante : une dent avec une pulpe nécrosée aura moins de chance de guérison apicale qu'une dent avec une pulpe vivante.
- La possibilité de créer un *By-Pass*.
- Étape du traitement endodontique où a eu lieu la fracture.

Lorsqu'un instrument se fracture dans le canal, le praticien doit choisir entre plusieurs solutions de prise en charge, en fonction:

- Du statut pulpaire initial.
- De la position de l'instrument.
- Du type d'instrument, de la taille du fragment.
- De l'anatomie canalaire, en particulier des courbures.
- De la fragilisation de la dent causée par la perte tissulaire.
- Du moment de survenue de la fracture dans la mise en forme.

L'opérateur choisit entre effectuer un *By-Pass*, tenter de retirer l'instrument ou bien obturer coronairement au fragment. Dans tous les cas, le patient doit être informé de la complication. Des rendez-vous de contrôle périodiques évaluent l'évolution physio-pathologique de la dent. Si la dent reste symptomatique et qu'il y a soit apparition d'une image radioclaire périapicale, soit persistance de l'image préexistante, l'alternative chirurgicale est toujours envisageable : la chirurgie endodontique (résection apicale et préparation-obturation à rétro de l'extrémité radiculaire) voire l'extraction.

2.1.3.1. Tentative de *By-Pass*

L'opérateur doit d'abord tenter une procédure de *By-Pass*. Une lime manuelle passe à côté de l'instrument et une mise forme manuelle est réalisée. L'instrument est laissé en place et aucune tentative de retrait n'est effectuée. Le ciment d'obturation et la gutta-percha emmurent ce fragment.

Si la tentative de by-pass échoue, l'obturation doit se faire coronairement au fragment. Dans tous les cas, l'évolution des symptômes et des signes radiologiques est à surveiller. L'étude réalisée par MADARATI (66) montre que 88,5% des dentistes en Grande-Bretagne laissent l'instrument in-situ. Cette attitude conservatrice s'explique par le risque de perforation radiculaire en cas de tentative de retrait et du pronostic plutôt favorable de la dent, malgré la présence d'un instrument fracturé.

2.1.3.2. Tentative de retrait de l'instrument (79)

L'opérateur doit évaluer la possibilité de retirer le fragment. Si le fragment est situé au-delà d'une courbure ou au tiers apical, il est préférable de ne pas tenter un retrait. Il est important de savoir qu'il n'existe pas de méthode standardisée, sûre et progressive pour retirer un fragment. Un plateau technique adéquat est vivement recommandé, comme l'usage d'un microscope opératoire.

Si le retrait du fragment est possible, et qu'il existe un réel bénéfice en regard du risque de fragilisation de la dent (risque de perforation), il possède le choix entre trois techniques:

1) Utilisation de la méthode conventionnelle: elle consiste d'abord à créer un accès à l'aide de forêts de Gates. Ensuite, des limes K servent à libérer l'instrument qui est enfoncé dans la dentine. Cette intervention s'effectue sous microscope opératoire.

2) Utilisation du kit de Masseran: la méthode de Masseran utilise plusieurs instruments (MicroMega, Besançon, France). Un espace autour de la partie coronaire du fragment est créé avec les fraises de trépan. Deux tailles d'extracteurs (avec des diamètres externes de 1,2 et 1,5mm) sont insérées dans l'espace créé pour bloquer la partie coronaire du fragment. Cette technique a des indications particulières, c'est-à-dire des canaux plutôt droits, avec des fragments accessibles. Le risque de perforation dans les canaux courbes est augmenté selon

certain auteurs (YOLDAS, cité par GENCOGLU) avec ce système. Cette technique s'utiliserait plus fréquemment chez les praticiens généraux (66).



Figure N°9: image du kit complet de Masseran.

3) Utilisation des ultrasons et des microtubes sous microscope opératoire (38): la méthode qui emploie les ultrasons nécessite d'abord de créer un accès en ligne droite avec des forêts de Gates puis avec des embouts ultrasonores (ProUltra ENDO Tips, Dentsply® Tulsa Dental, Tulsa, Oklahoma) montés sur une pièce à main. Ensuite, d'autres embouts diamantés servent à exposer l'instrument. Enfin, des embouts en Nickel-Titane sont appliqués pour faire vibrer et retirer le fragment. L'avantage de cette technique est l'économie tissulaire. Cette technique s'emploie davantage chez les endodontistes que la technique de Masseran (66).



Figure N°10: image du piézzotome ProUltra ENDO de Dentsply® avec les embouts ultrasonores.

L'intervention est considérée comme réussie quand le fragment a été retiré en totalité ou que l'instrument a été entièrement by-passé sans avoir perforé la racine.

Selon une étude réalisée en 2009 à Istanbul par GENCOGLU (38), le taux de réussite de retrait d'un fragment serait supérieur avec les ultrasons et la méthode conventionnelle qu'avec la technique de Masseran. Ce résultat se retrouve aussi dans l'étude de MADARATI où la majorité des praticiens généraux et endodontistes ont recours aux ultrasons. La localisation au

tiers apical du fragment présenterait moins de chances de réussite de retrait qu'une situation au tiers coronaire. La fréquence d'intervention diminue significativement au tiers apical (66).

2.1.4. Prévention des fractures instrumentales

La fracture instrumentale peut être évitée par la détection d'une atteinte structurale de l'instrument. Ces changements micro-structuraux sont cependant invisibles à l'œil nu (20).

Plusieurs solutions sont possibles (38,79):

- Les fabricants suggèrent d'éliminer les instruments après un certain nombre de cycles.
- Les experts en endodontie proposent de remplacer les instruments ayant servi dans des canaux courbes, calcifiés ou très fins.
- Éviter de soumettre les instruments NiTi à des contraintes excessives à cause des forces de torsion et de flexion.
- Utiliser des instruments moins susceptibles à la fracture : lorsque le diamètre et la conicité augmentent, le torque généré augmente et la résistance à la fracture diminue. Un instrument avec des arêtes coupantes importantes ou une conicité variable a un niveau de torque plus élevé et devient plus fragile vis-à-vis de la fracture.
- Évaluer le degré et le rayon de la courbure canalaire à la radiographie pré-opératoire.
- Instrumenter précautionneusement ces canaux.
- Respecter la séquence instrumentale.
- Réaliser une cavité d'accès correcte avec l'élimination des triangles dentinaires à l'entrée des canaux.
- Travailler de préférence suivant la technique du « Crown-Down », élargir d'abord le tiers coronaire à l'aide d'instruments larges avant d'instrumenter les tiers moyens et apicaux avec des instruments plus fins et fragiles.
- Une récapitulation du canal avec des limes manuelles à 15/100 permet de le sécuriser.
- Travailler avec une vitesse et un torque faibles : entre 300 et 600 rpm et à moins de 3 N/cm mais cela dépend de l'instrument utilisé et du système.
- Irriguer fréquemment et copieusement afin de retirer la boue dentinaire. Lubrifier généreusement les instruments.
- Travailler avec des mouvements de brossage pariétaux de faible amplitude et des légers mouvements de pompage apicaux. Ne pas appliquer de forces verticales.

- Si l'opérateur est inexpérimenté, il est préférable qu'il s'entraîne préalablement sur des molaires extraites car la sensation tactile est primordiale. L'expérience de l'opérateur est un facteur essentiel dans la survenue des fractures instrumentales.
- Une étude *in vitro* réalisée en 2010 par CHANG *et al.* (20) s'est intéressée aux méthodes non-destructives d'évaluation de la fatigue cyclique des instruments en utilisant l'impédance électrique des instruments NiTi. La technique ne donne pas d'information précise sur les défauts ponctuels, mais plutôt une estimation globale de l'état d'usure lié à la fatigue cyclique de l'instrument. Cette méthode non invasive et fiable pourrait s'intégrer dans la pratique quotidienne.

2.2. Perforation du plancher et des parois camérales

2.2.1. Définition et diagnostic d'une perforation

La perforation du plancher d'une dent pluriradiculée est une brèche dans la zone inter-radiculaire dans l'espace du ligament parodontal. Selon BEER (10), elle représente par ordre de fréquence la deuxième cause des échecs en endodontie et provient de plusieurs facteurs, notamment iatrogènes. Les perforations iatrogènes résultent d'une manipulation instrumentale impropre ou de préparations radiculaire excessives. Elles surviennent lors de la cavité d'accès, de la mise en forme canalaire, des logements de tenon ou d'une tentative de retrait d'un instrument fracturé.

La complexité de l'anatomie canalaire, les minéralisations, les courbures radiculaire prononcées favorisent leur survenue. Leur traitement reste compliqué surtout dans les zones postérieures ou dans les zones de furcation radiculaire (21,51).

Les signes cliniques sont dominés par la présence d'un saignement persistant et abondant. Une douleur peut être ressentie s'il n'y a pas d'anesthésie.

L'insertion d'une pointe papier dans le canal une fois séché montre la présence de sang. Si le sang est situé à l'extrémité de la pointe papier, cela indique une sur-préparation. Du sang sur les côtés indique une fissure ou une perforation latérale. Le saignement n'est pourtant pas retrouvé systématiquement. Un localisateur d'apex peut se révéler extrêmement utile afin d'identifier une petite perforation (de la taille d'un instrument endodontique).

Après l'insertion d'une lime K précurvée, une radiographie est prise pour estimer la distance d'un repère coronaire fixe. La direction de l'encoche du stop en caoutchouc précise la position tridimensionnelle de la perforation (10).



Figure N°11: *image d'une perforation du plancher lors de la réalisation de la cavité d'accès.*

2.2.2. Données épidémiologiques

Les perforations recensées dans la littérature ne concernent que les perforations radiculaires résultant d'un stripping et non les perforations du plancher liées à une cavité d'accès inadéquate (30,55,56,89).

2.2.3. Conséquences d'une perforation

La perforation provoque une réponse inflammatoire qui peut entraîner une perte irréversible du système d'attache parodontal, du ligament et de l'os cortical. Parfois, l'extraction de la dent causale s'avère nécessaire.

Selon BEER (10), le pronostic dépend de :

- La taille de la perforation.
- La localisation de la perforation. Les chances de réussite sont d'autant plus grandes que la perforation est éloignée de l'apex.
- La capacité du dentiste à empêcher la contamination bactérienne: les conditions d'asepsie (digue) et surtout le délai de fermeture de la perforation.

3 à 10% des perforations se situent au niveau de la zone de furcation (10). On distingue différentes localisations :

- Au niveau de la crête alvéolaire : elle peut être située coronairement ou apicalement au sulcus gingival. Ces perforations communiquent avec le milieu buccal et entraînent une perte d'attache. Leur taux de réussite est faible.
- Au niveau de l'entrée canalaire : Elle se produit lors de la relocalisation canalaire, de la recherche de canaux oblitérés ou de la préparation de logements de tenon.

2.2.4. Prise en charge des perforations du plancher

Le traitement doit être réalisé dans les meilleurs délais afin de favoriser les chances de guérison. Le praticien effectue tout d'abord le traitement endodontique. Ensuite il referme cette perforation en choisissant entre une prise en charge par voie orthograde et/ou un abord chirurgical. Un traitement chirurgical entraîne potentiellement une perte du système d'attache

(74). Le traitement de choix consiste donc en l'apposition d'un ciment biocompatible pour fermer la communication entre le site de la perforation et le sulcus gingival.

2.2.4.1. L'hémostase (10)

Une perforation s'accompagne en général d'une hémorragie.

Le praticien doit d'abord l'arrêter en plaçant un coton stérile imbibé d'une solution d'adrénaline (1:80 000).

La lésion est visualisée avec des aides optiques (loupes binoculaires, microscope opératoire).

Une légère mise en forme peut être faite avec une lime ultrasonore, afin de faciliter l'application du matériau.

L'utilisation de collagène favorise l'hémostase qui doit être maîtrisée en cinq minutes.

Biocompatible, le collagène soutient la néoformation tissulaire et se résorbe complètement en 10 à 14 jours. Il peut être laissé dans les plaies osseuses car sa résorption est suivie d'une néoformation osseuse. Le praticien en applique alors dans la perforation à l'aide d'un fouloir. Une barrière visible doit se former entourant la cavité. La barrière collagénique favorise la prise des agents de scellements.

Il est possible également d'utiliser de l'hydroxyde de calcium en interséance afin de réduire le saignement et l'inflammation avant la pose du ciment d'obturation.

2.2.4.2. La fermeture définitive

La fermeture de la perforation peut se faire par voie orthograde ou par voie chirurgicale à l'aide d'un ciment.

2.2.4.2.1. Prise en charge orthograde et obturation avec un ciment de scellement

De nombreux matériaux ont été proposés pour la réparation des perforations radiculaires et de furcation. L'amalgame a été utilisé mais actuellement, il ne répond plus aux critères de qualité des ciments d'obturation. Le Mineral Trioxide Aggregate a fait l'objet de nombreuses études et apparaît comme le matériau de choix pour la réparation endodontique. D'autres matériaux comme le Sulfate de Calcium, l'IRM et le Super EBA ont servi dans la réparation des perforations mais ne correspondent plus à cette indication. De nouveaux ciments apparaissent dans le commerce comme la Biodentine®.

Les principales qualités que doivent posséder les ciments sont : la biocompatibilité, l'étanchéité, la facilité de manipulation. Mais aucun matériau idéal répondant à toutes ces qualifications n'a encore été trouvé.

2.2.4.2.1.1. Le MTA (10,17)

Le Mineral Trioxyde Aggregate (MTA) a été introduit entre 1992 et 1993 à l'université de Loma Linda par TORABINEJAD *et al.* comme ciment de scellement de chirurgie endodontique.

Le MTA dérive du ciment de Portland (Type I). Il se compose de :

- 37,5% de silicate tricalcique
- 37,5% d'aluminate tricalcique
- 19,4% d'oxyde bismuth
- 5% de sulfate de calcium
- 0,6% d'oxyde de calcium, de silice cristalline, de sulfate de potassium, et de sulfate de sodium.

Il se présente sous la forme de fines particules hydrophiles qui forment un gel colloïdal en présence d'eau ou d'humidité. Ce ciment a un temps de prise long (de 2 à 4H) et un pH alcalin (12,5 environ). Le ratio est $\frac{3}{4}$ de poudre pour $\frac{1}{4}$ d'eau. La différence de couleur entre le MTA blanc et le MTA gris provient de la faible quantité de fer présent dans le MTA blanc. Peu de différences existent entre les ciments MTA et les autres ciments dérivés du ciment de Portland excepté l'oxyde de bismuth présent dans les MTA (90).

Le MTA favorise la régénération tissulaire au contact de la pulpe ou des tissus péri-radicaux. Le MTA a la capacité de former de l'hydroxapatite en contact avec les fluides tissulaires.

Le MTA s'utilise surtout en tant que matériel de réparation endodontique. De nombreuses études montrent sa supériorité par rapport aux autres ciments (IRM, Super EBA).

Malgré cette supériorité du MTA, sa manipulation reste difficile à cause de:

- La difficulté à réguler l'humidité durant le mélange et l'application.
- Le manque de résistance au compactage.
- L'impossibilité de nettoyer avec un jet d'eau la zone d'application sans enlever le produit.
- Le temps de prise assez long (2 à 4H).
- Une mauvaise résistance à la compression.

2.2.4.2.1.2. La Biodentine (Septodont®) (22)

La Biodentine® est un matériau qui se présente sous forme de poudre et de liquide. La poudre se compose de:

-(CaO)₃ SiO₂: + de 70%

-CaCO₃: + de 10%

-ZrO₂: 5% apporte la propriété radiopaque

A la différence du MTA®, il n'y a pas d'alumino-silicate. Le liquide contient de l'eau et plus de 15% de chlorure de calcium, qui sert à diminuer le temps de prise. Ce dernier se situe entre 9 et 12 minutes.

La Biodentine® s'apparente à un béton de haute pureté, dont les propriétés mécaniques sont proches de celles de la dentine. Sa manipulation se révélerait plus aisée que celle des ciments à base de silicate de calcium.

Une étude est en cours afin de valider les indications cliniques suivantes: coiffage pulpaire direct, perforation, résorption externe, obturation à retro, pulpotomie, apexification.

Une étude menée sur les propriétés mécaniques par PRADELLE (cité par COLON) démontre une très bonne microdureté, une porosité faible et une étanchéité correcte. L'usage de systèmes automordançants (SAM 1 ou 2) améliorerait l'étanchéité de l'interface entre la structure dentaire et le système adhésif. Cependant, les études qui ont analysé les propriétés de ce nouveau produit proviennent de la section Recherche et Développement du laboratoire Septodont®. D'autres études et davantage de recul clinique sont nécessaires.

Ciments Critères	MTA	IRM	Super EBA	Biodentine
Cytotoxicité	-	++	+	-
Etanchéité	++	+	++	++
Biocompatibilité	+++	+	++	+++
Action anti-bactérienne	Positif sur les bactéries anaérobies facultatives	Inférieure à celle du MTA	Positif sur les bactéries aérobies et anaérobies facultatives	Actif sur les souches bactériennes sensibles au pH élevé.

Tableau n°1: récapitulatif de comparaison des propriétés des différents ciments CASELLA 2006 (17).

2.2.4.2.2. Prise en charge chirurgicale des perforations (74,100)

Quand un saignement excessif ou un accès difficile compliquent la prise en charge orthograde, une intervention chirurgicale est indiquée.

Une incision muqueuse vestibulaire horizontale est réalisée quelques millimètres en dessous de la zone de furcation.

Un lambeau d'épaisseur totale est soulevé et un accès visuel direct aux racines est dégagé. La zone inter-radiculaire est nettoyée et le tissu de granulation est enlevé à l'aide de curettes parodontales.

La perforation est identifiée et très légèrement mise en forme. La perforation est refermée à l'aide de MTA le plus souvent, associé ou non à une membrane (qui peut être résorbable ou non).

2.2.5. Prévention des perforations

La cavité d'accès représente l'une des phases les plus importantes du traitement endodontique (16,86). Elle peut être facilitée par les aides optiques.

2.2.5.1. Analyse de la radiographie pré-opératoire

Une étude de la radiographie pré-opératoire ainsi qu'une analyse des caractéristiques du système canalaire doivent être réalisées (16,31): Longueur, axe, et degré de courbure de chacun des canaux, ramification ou division des canaux principaux, détection d'éventuels canaux latéraux, recherche d'un éventuel phénomène pathologique.

2.2.5.2. Réalisation d'une cavité d'accès adéquate (16,86)

Une radiographie de type «bitewing» fournit probablement une vue plus claire de la relation entre le plancher pulpaire et l'anatomie externe qu'une radiographie périapicale.

Le plancher de la chambre pulpaire est toujours d'une couleur plus foncée que la dentine environnante. Les entrées canalaires sont localisées soit à la jonction mur/plancher ou bien à la jonction de deux murs caméraux. La dentine de réparation est de couleur plus claire que le plancher pulpaire et obstrue souvent les entrées canalaires. Elle peut être enlevée à l'aide de fraises à basse vitesse, d'ultrasons ou bien d'un petit excavateur.

2.2.5.3. Apport des aides optiques (24,25,73)

Il existe différents systèmes optiques : loupes, télé-loupes et microscope opératoire. Actuellement, le microscope opératoire est utilisé par la plupart des endodontistes. L'usage grandissant des instruments de micro-chirurgie ainsi que celui des systèmes de grossissement et d'éclairage ont amélioré la capacité du clinicien à traiter des zones difficiles du système canalaire. Les aides optiques améliorent la distinction entre les teintes de dentine, les isthmes inter-canalaire, le volume du plancher, et la localisation d'éventuels canaux accessoires. Au premier tiers coronaire, elles permettent de mettre en évidence les bifurcations hautes des canaux divergents. Au tiers moyen, les courbures sont détectables. Les foramina apicaux sont également visibles sur les canaux droits.

L'analyse de la littérature conclut à des résultats nuancés sur les aides optiques. En effet, une étude COCHRANE réalisée en 2009 (25) par DEL FABBRO et une revue systématique de la littérature publiée en 2010 (24) avaient pour but d'analyser si l'usage des systèmes de grossissement était lié à une amélioration des résultats cliniques et radiologiques. Aucune conclusion objective n'a été tirée d'après les résultats. Des essais cliniques RCT devraient être réalisés pour déterminer une réelle différence entre les résultats de traitements effectués avec ou sans aide visuelle pour les traitements endodontiques orthogrades ou rétrogrades.

2.3. Non respect de la trajectoire canalaire

2.3.1. Butées et faux canaux

2.3.1.1. Définition

Une butée provient de la déviation de la courbure canalaire originelle sans communication avec le ligament parodontal. L'instrument se bloque à un endroit précis puis s'engage dans une paroi canalaire et donne un «faux canal» (49,92). Une butée empêche une préparation atteignant la longueur de travail, ce qui entraîne une instrumentation, une désinfection et une obturation incomplètes (4,53). En conséquence, une butée altère le pronostic à long terme et augmente le risque d'échec du traitement. Les principales erreurs iatrogéniques liées à la butée sont (42,49,53,92):

- Une cavité d'accès inadéquate.
- Une perte de contrôle de l'instrument.
- Une mauvaise estimation de la direction du canal.
- Une erreur dans la détermination de la longueur de travail.
- L'usage d'instruments droits en acier dans des portions canalaires extrêmement courbes ou d'instruments trop larges dans un canal étroit.
- Une pression ou une contrainte excessive appliquée sur l'instrument.
- Un non-respect de la séquence instrumentale.
- Une tentative de retrait d'instruments fracturés ou de matériel d'obturation lors d'un retraitement canalaire.
- Une tentative de préparation de canaux calcifiés ou de canaux comportant des aberrations anatomiques.

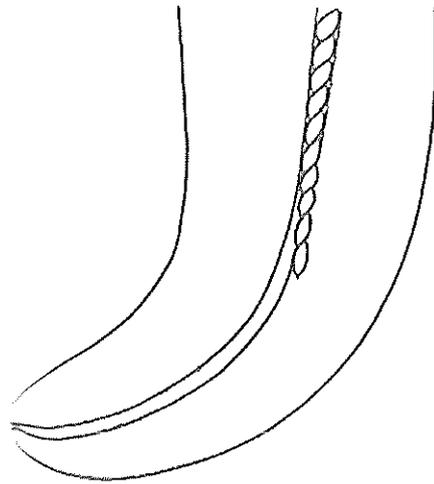


Figure N°12: *schéma d'une butée, GUTMANN (42)*

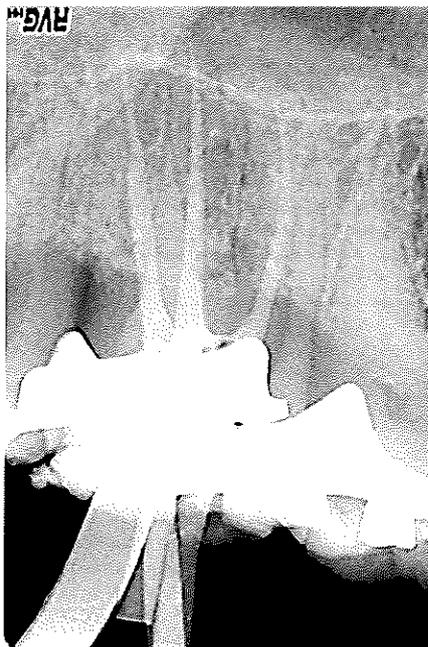


Figure N°13: *radiographie d'une butée sur une dent n°17.*

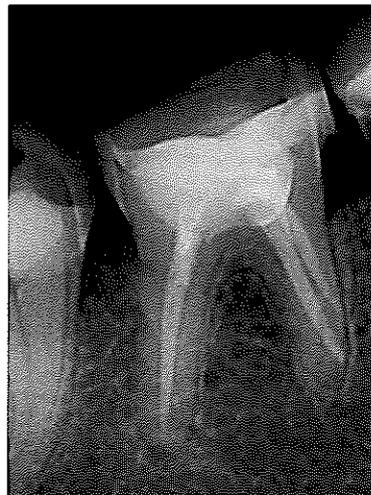


Figure N°14: *radiographie d'une dent n° 46 présentant deux faux canaux mésiaux.*

2.3.1.2. Données épidémiologiques

Noms des auteurs	année	Pourcentage de butées	Facteurs influençant la butée	Echantillon	Pays
Stadler	1986	10%	-usage des râcleurs -courbure canalaire	Étudiants	Suède
Greene et Krell	1990	46%	-Courbure canalaire supérieure à 20° -numéro de la dent	Etudiants de troisième année	USA
Kapalas et Lambrianidis	2000	51,5%	-Expérience -Courbure canalaire -Retraitement -Step-back -Médication d'interséance (CaOH ₂) -canaux ML, MV et DV	Etudiants et endodontistes	Grèce
Kfir et Rosenberg	2003	-step-back 6% -crown-down:0%	-Step-back -Expérience	Etudiants	Israël
Eleftheriadis et lambrianidis	2005	-step-back: 38,9%	-Dents postérieures -Deuxièmes molaires -Courbure canalaire	Etudiants	Grèce
Khabbaz et Protogerou	2010	-step-back: 54,8%	-Dents postérieures, pluriradiculées	Etudiants de quatrième et de cinquième année	Grèce

Tableau n°2: récapitulatif des résultats d'études sur les butées.

Peu de données sont disponibles concernant la fréquence de formation des butées et ses facteurs cliniques associés. Divers facteurs sont à l'origine des butées:

- L'expérience et la courbure canalaire sont des facteurs essentiels (30,40,53,55,89).
- La localisation des canaux (40,53,55).
- Le numéro de la dent (30,55).
- Les secteurs postérieurs (30,55).
- La technique de mise en forme (54,89)

2.3.1.3. Prise en charge des butées

La première étape consiste à reconnaître la butée (53). Un resserrement en un point et une perte de la sensation tactile sont souvent ressentis (49). L'instrument semble frotter contre un mur solide (92). Une radiographie perpendiculaire à la zone doit être prise. Une fois identifiée, la négociation de la butée nécessite de la patience et de la détermination. L'instrument manuel doit être précourbé sur les deux derniers millimètres et explorer le canal sur la paroi opposée à la butée. Cet instrument est considéré comme un chercheur de chemin (92). Si une résistance est ressentie, l'instrument doit être retiré, tourné et ré-avancé. L'instrument doit être poussé et non tourné à la longueur de travail (92). Les limes C+® sont reconnues pour leur capacité à négocier les calcifications et augmenter la sensation tactile (49). Leur conicité accrue et leur pointe coupante facilite l'engagement dans la dentine. S'il n'y a pas de déviation de la lumière canalaire, l'instrument n'a pas besoin d'être précourbé. Une fois la lime placée apicalement à la butée, des petits mouvements en poussée et en tirée sont effectués apicalement au défaut. Lorsque la butée est négociée, la longueur de travail est déterminée et la mise en forme est effectuée. Toutes les butées ne peuvent pas être supprimées. Il faut évaluer le rapport bénéfice/risque afin de préserver plus de dentine (49).

Si la butée est passée, une obturation conventionnelle est possible.

Si la butée persiste, une médication temporaire intra-canalaire est posée avant d'effectuer l'obturation définitive lors de la séance ultérieure. La désinfection adéquate et la guérison d'une éventuelle image apicale sont évaluées dans une période de 6 à 12 mois. Si la guérison n'a pas lieu, une solution chirurgicale peut être envisagée: chirurgie péri-apicale, amputation radiculaire, extraction (49).

Dans tous les cas, l'information et le suivi du patient quant aux signes cliniques sont indispensables.

2.3.2. Strippings

2.3.2.1. Définition d'un stripping (4,10,17,23,42,50,67)

Il résulte de l'usage incorrect d'instruments rigides dans des canaux courbes qui entraînent une perte de substance excessive de la paroi concave de la courbure. Si l'épaisseur du mur canalaire est fine, une perforation peut survenir entre la lumière canalaire et le parodonte profond. Le stripping se produit généralement au niveau des racines mésiales des molaires mandibulaires et au niveau des racines palatines des prémolaires maxillaires. Il revêt des aspects variés et est plus difficile à traiter que les perforations camérales. Le pronostic est en général mauvais mais dépend de plusieurs facteurs:

- La position le long de la racine.
- L'obturation ou non du canal.
- L'éventuelle contamination bactérienne (4).
- L'atteinte parodontale (4).

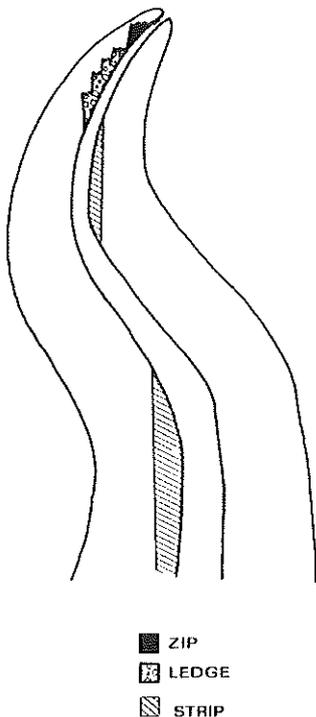


Figure N°15: schéma d'un stripping, d'un zipping et d'une butée, GUTMANN (42).

2.3.2.3. Données épidémiologiques (23,30,50,55,56,67)

Auteurs	Année	Pourcentage de stripping	Facteurs influençant les strippings	Pays	échantillon
Kfir et Rosenberg	2003	-technique step-back: 7% de perforations radiculaires	-Technique opératoire -Dents postérieures	Israël	étudiants
Eleftheriadis et Iambrianidis	2005	-technique du step-back: 2,7% de perforation radiculaire	-Degré de courbure canalaire	Grèce	étudiants
Khabbaz et Protogerou	2010	-step-back sur les dents postérieures: 11,8% de perforation radiculaire	-Localisation de la dent -Expérience	Grèce	Etudiants de quatrième et de cinquième année

Tableau n°3: récapitulatif des études sur la détection des erreurs iatrogènes.

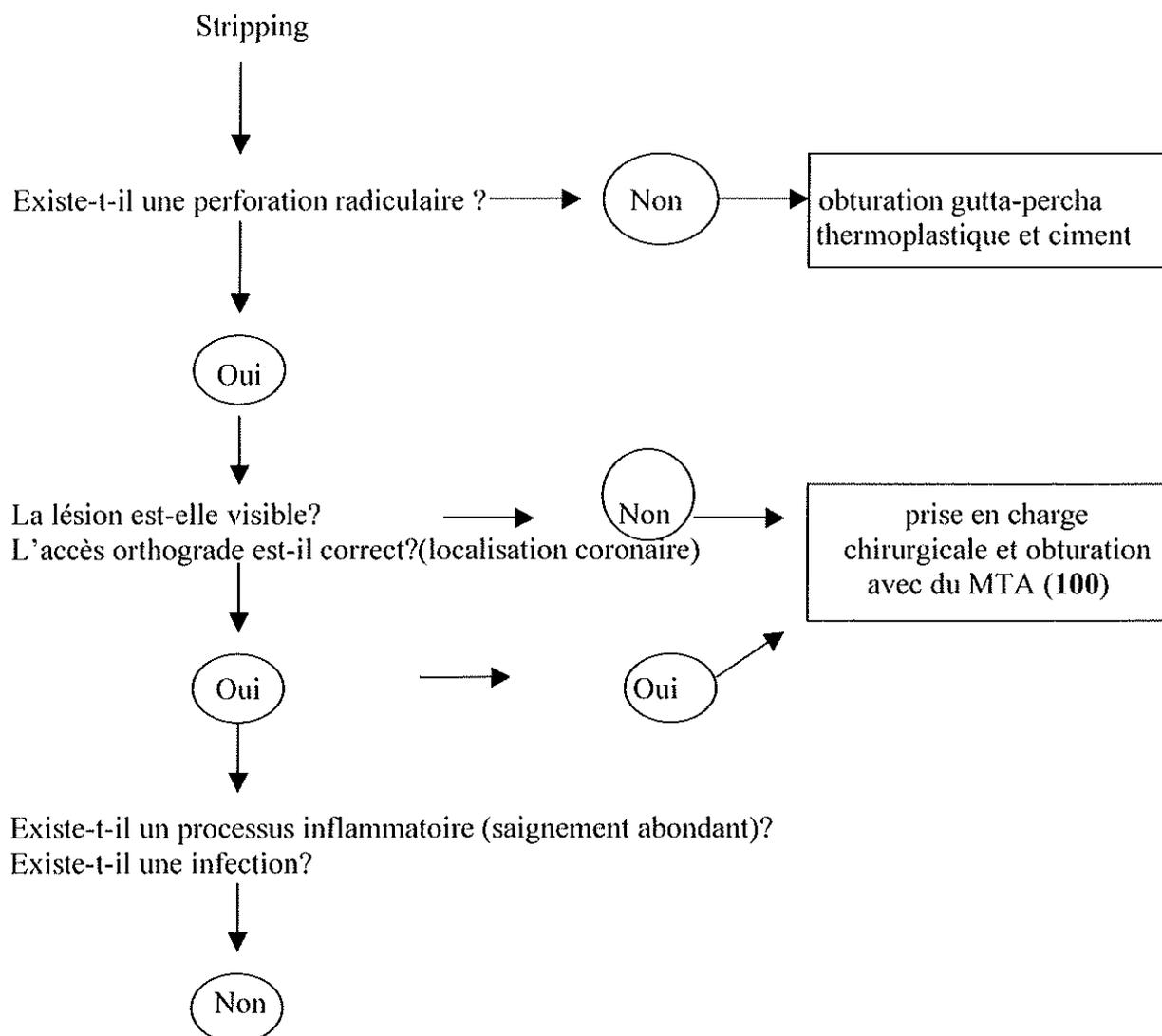
Ces études mettent en évidence plusieurs facteurs favorisant la survenue des strippings:

- La technique employée: le step-back serait davantage à l'origine d'erreurs iatrogènes que la technique du Crown-Down bien que les deux techniques puissent être associées lors d'une préparation canalaire : le Crown-Down en début de préparation et le Step-Back en fin (30,50,55,56).
- La localisation de la dent: les dents postérieures seraient plus susceptibles aux perforations par stripping (56).
- L'expérience de l'opérateur (30,55,56).

L'influence de la technique dans la survenue de perforations par stripping est illustrée par des études in-vitro sur des molaires extraites. L'étude de JAVABERI en 2007 (50), celle de COUNTIHNO en 2008 (23) et celle de MAHRAN en 2008 (67) soulignent l'amélioration apportée par les instruments NiTi. Ces derniers resteraient centrés dans la trajectoire canalaire. Selon JAVABERI et MAHRAN, les forêts de Gates® retireraient significativement plus de dentine en distal que les Protaper® ou que les Heroshaper® (50). Les forêts de Gates seraient relativement inflexibles et ne travailleraient que dans les portions coronaires et apicales (67). Cependant la quantité totale de dentine enlevée serait plus importante avec les

Protaper® (50). Cette perte de substance importante pourrait modifier la pérennité de la dent sur l'arcade.

2.3.2.4. Prise en charge des strippings



Prise en charge par voie orthograde
et obturation de la perforation avec du MTA (10,17,90)

Figure N°16: arbre décisionnel pour le traitement des strippings.

Une interséance d'hydroxyde de calcium est recommandée, car elle diminue le saignement et le processus inflammatoire. Il est préférable d'utiliser alors du MTA gris car d'après une étude menée par STEFOPOULOS en 2008 (90), l'hydroxyde de calcium interférerait avec la prise du MTA blanc.

2.3.3. Zipping

2.3.3.1. Définition d'un zipping

Un zipping correspond à une déportation du tiers apical du canal. Ce phénomène s'observe dans des canaux qui ont été redressés dans le tiers apical vers la partie convexe de la courbe. À l'inverse au tiers coronaire, davantage de dentine est ôtée de la partie interne ou concave (10). La région foraminale délicate adopte une forme de sablier, d'ellipse ou de goutte d'eau. Une zone irrégulière se crée, appelée épaulement ou zip, situé coronairement à la matrice apicale. Au-dessus de cet épaulement se trouve un rétrécissement canalaire ou coudure "elbow formation"(4,42). Les principales raisons du zipping sont un manque de précourbure des instruments, l'usage d'instruments rotatifs en acier dans des canaux courbes et d'instruments manuels rigides de gros diamètre (4). La matrice apicale n'est donc pas parfaite, à cause de l'épaulement canalaire qui empêche la continuité de la conicité corono-apicale du canal. Dans la plupart des cas, le matériel d'obturation s'arrête au niveau de l'épaulement, laissant une zone non obturée apicalement à celui-ci (notamment dans les techniques de condensation latérale à la gutta-percha) (10).



Figure N°17: schéma d'un zipping, GUTMANN (42).

2.3.3.2. Prise en charge des zippings

Lorsqu'il y a un zipping, la méthode de «l'évasement inversé» ou technique de «l'anticourbure» est préconisée (42). Elle comporte 4 aspects:

- Une instrumentation minimale est réalisée à l'apex. Cette technique instrumentale prévient toute suppression excessive de matériel dentaire dans les zones potentiellement à risque.
- La portion coronaire est ensuite élargie. Ceci permet d'améliorer l'efficacité de l'irrigation.
- L'apex est instrumenté. La sensation tactile de l'apex sera augmentée si les contraintes coronaires sont ôtées. Les instruments qui négocient la courbure doivent avoir un diamètre relativement petit. Ils doivent obligatoirement être précourbés afin de passer l'épaule.
- Un évasement apical est effectué pour retrouver la matrice. Une pression est appliquée sur la lime dans la direction opposée à la courbure canalaire et à l'invagination.

Pour l'obturation, les techniques utilisant de la gutta-percha chaude sont à utiliser de préférence: la condensation verticale ou l'usage de la gutta-percha thermoplastique reste la meilleure alternative pour condenser dans la partie apicale sans utiliser une quantité excessive de ciment (10,42). Si une perforation microscopique existe au tiers apical, l'hydroxyde de calcium sera moins irritant pour les tissus qu'un ciment à base d'oxyde de zinc selon GUTMANN (42). C'est pourquoi un ciment de scellement canalaire à base d'hydroxyde de calcium peut s'avérer pertinent.

Si l'épaule empêche la condensation optimale à l'apex, cet épaule devient alors la matrice apicale. La condensation de l'obturation se fera contre l'épaule et le patient sera suivi en contrôle périodiquement. Tout signe ou symptôme d'échec de traitement endodontique nécessitera une intervention chirurgicale (42).

2.3.4. Déchirure du foramen apical

2.3.4.1. Définition d'une déchirure du foramen apical

La déchirure du foramen apical résulte d'une préparation canalaire inadéquate, appelée sur-instrumentation (4,21,42). C'est une préparation excessive au-delà de la constriction apicale. Il se produit alors une atteinte du ligament parodontal et de l'os alvéolaire. Les débris, contaminés ou non et les copeaux de dentine se retrouvent dans le péri-apex empêchant la guérison (4). La perte de la constriction apicale crée un apex ouvert avec un risque augmenté de sur-obturation, d'un scellement apical incomplet, de douleurs et d'inconfort pour le patient (42).

2.3.4.2. Prise en charge d'une déchirure du foramen apical (4,33,34,71,90)

Lorsque la constriction apicale est perdue, une nouvelle matrice doit être établie au niveau de la portion apicale. Plusieurs méthodes se distinguent afin de retrouver cette matrice apicale :

- Une apexification à l'aide d'hydroxyde de calcium. L'usage d'hydroxyde de calcium afin de recréer une barrière apicale tissulaire reste la solution la plus courante. Elle nécessite cependant plusieurs visites sur une période de 5 à 20 mois. L'hydroxyde de calcium fragiliserait la structure en dissolvant les composés acides de la dentine et augmenterait la susceptibilité à la fracture. Son élimination complète reste difficile dans la région apicale (33). La dent est restaurée provisoirement par une reconstitution coronaire dont les propriétés mécaniques et l'étanchéité sont moindres. La réussite du traitement dépend de la compliance du patient et de la résistance de la dent à la fracture. Une étude réalisée en 2005 par FELIPPE (33) sur des dents de chiens a observé les effets du renouvellement de l'hydroxyde de calcium sur la guérison des tissus péri-apicaux. Les résultats illustrent qu'un renouvellement mensuel diminue les chances d'apexification mais diminue également le processus inflammatoire.
- L'apexification avec du MTA demande une ou deux séances, ce qui est moins contraignant pour le patient (90). Une étude menée par FELIPPE en 2006 (34) sur des dents de chiens, apporte des résultats démontrant que la présence d'hydroxyde de calcium serait associée à une extrusion de MTA. Une étude réalisée en 2008 par

STEFANOPOULOS (90) en Grèce s'intéresse à l'influence de l'hydroxyde de calcium sur le MTA. Les résultats ont montré que la plupart des dents présentaient des résidus d'hydroxyde de calcium, empêchant l'extrusion de MTA contrairement à ce qui a été démontré dans l'étude de FELIPPE (34). Une réaction chimique se produirait entre le MTA blanc (sans trioxyde de fer) et l'hydroxyde de calcium et inhiberait la prise du ciment (90). D'après une étude rétrospective menée par MENTE en 2009 (71), la présence d'une parodontite apicale avant le traitement diminue significativement les chances de guérison. L'extrusion de MTA avec un foramen apical ouvert n'affecte pas la guérison (90).

- Une préparation manuelle favoriserait la création d'une matrice avec un diamètre deux à trois fois plus large que la première matrice pour que les instruments butent à cette position. Puisque la préparation canalaire se continue apicalement au stop, des débris dentinaires devraient se placer au niveau de l'apex pour éviter un éventuel dépassement de gutta-percha et/ou de ciment lors de la condensation. Ces débris dentinaires sont issus de la préparation et de l'élargissement au tiers coronaire et moyen avec une lime de Hedstrom dans un canal sec. Ces débris sont ensuite compactés à la longueur de travail avec une pointe papier ou un plugger fin. Cette solution reste très délicate à effectuer dans les canaux courbes. Une attention particulière doit être apportée, afin de ne pas provoquer de perforation ou de butée. Cette manœuvre est controversée et son efficacité reste à prouver selon ALLIËT (4).

2.3.5. Prévention des déviations de la trajectoire canalaire

Quelques éléments permettent de prévenir les déviations de la trajectoire canalaire :

- Expérience de l'opérateur : Les personnes inexpérimentées seraient davantage sujettes aux perforations radiculaires et aux butées (30,49,55).
- Localisation de la dent : les dents postérieures, particulièrement les molaires, sont davantage sujettes aux déviations de trajectoire en raison de la difficulté d'accès et de la courbure des racines (30,53).
- Analyse précise de la morphologie canalaire sur la radiographie pré-opératoire (10,21,49).
- La cavité d'accès doit être correctement effectuée, les contraintes supprimées. (50,51).
- La longueur de travail doit être correctement évaluée (49,53). Selon la SOCIÉTÉ EUROPÉENNE D'ENDODONTIE (31), la méthode de détermination de la longueur de travail peut s'effectuer radiologiquement et électroniquement. Le localisateur situe précisément le niveau de la constriction apicale. Ce résultat doit être normalement confronté à la radiographie. Le diamètre de la lime doit être suffisamment gros pour être vu sur la radiographie. Selon la HAUTE AUTORITÉ DE SANTÉ (47), plusieurs radiographies per-opératoires sont parfois nécessaires comme pour un contrôle de l'ajustage du maître cône. Des repères coronaires fiables s'établissent par :
 - Une réduction occlusale avant la détermination de la longueur de travail et la préparation (86).
 - L'utilisation d'endostops stables placés perpendiculairement à l'axe de l'instrument.
 - Vérification régulière de l'intégrité de la matrice apicale à l'aide d'une radiographie, d'une pointe papier ou de limes.
 - L'hydroxyde de calcium serait à modérer surtout dans le tiers apical, où l'accumulation des débris pose des problèmes pour retrouver la longueur de travail (53).
- Une irrigation régulière à l'hypochlorite de sodium permet de lubrifier le canal et d'éliminer la boue dentinaire. L'EDTA ramollit la dentine, mais facilite la formation de la butée si la pression sur l'instrument est trop forte. Son utilisation doit être prudente (49).
- Importance de la technique instrumentale (55) : la rotation continue avec les instruments Nickel-Titane diminue la survenue de stripping par rapport à la technique du step-back.

Selon MAHRAN (67), la marque Protaper® générerait moins de stripping que la marque Heroshaper® ou que les forêts de Gates®. La rotation continue serait donc à préférer pour les traitements canaux habituels. Les forêts de Gates® sont utiles dans la préparation du tiers coronaire et doivent être manipulés précautionneusement, le mouvement de brossage se faisant sur la paroi de sécurité. Cependant, des limes manuelles doivent préalablement toujours explorer le canal avant le passage des instruments rotatifs. Elles peuvent aussi s'avérer nécessaire pour mettre en forme une courbure ou « sécuriser un canal » (86). La négociation des courbures doit se faire avec une force minimale. La lime devrait toujours travailler en brossage pariétal, avec de légers mouvements de poussée-retrait. Le respect de la procédure de Step-Back et de la technique des forces équilibrées permettent de diminuer la survenue des butées (49). L'ouverture du foramen devrait être modérée, et un nombre limité de passages à la longueur de travail devrait être effectué.

3. Accidents d'origine allergique et médicamenteuse

De nombreux produits sont utilisés lors d'un traitement endodontique pour leur efficacité antibactérienne ou nécrosante. La toxicité de ces produits est à l'origine de plusieurs accidents lorsqu'ils entrent en contact avec les tissus péri-dentaires. Des réactions allergiques liées à la présence de latex s'observent également.

3.1. Dépassements d'irrigants

L'hypochlorite de sodium est reconnu pour son efficacité contre un large spectre de micro-organismes. Mais sa toxicité sur les tissus vivants a été démontrée in-vitro. Lorsque l'hypochlorite de sodium entre en contact avec les tissus, cela entraîne une hémolyse ainsi qu'une ulcération.

3.1.1. Signes cliniques

Les signes cliniques suite à une injection d'hypochlorite de sodium dans les tissus péri-apicaux sont:

- Douleur intense et immédiate survenant entre deux et six minutes qui s'étend des tissus péri-apicaux de la dent concernée jusqu'à l'œil. (5,29,39,41,43,48,58,68,75)
- Augmentation de la perméabilité des vaisseaux, hémorragie interstitielle (5,41,48,58,68).
- Oedème des tissus mous adjacents (5,29,39,43,48,58,68,75).
- Tuméfaction génienne haute mais aussi palpébrale si les dents maxillaires sont concernées (5,43,68,75).
- Nécrose de la muqueuse palatine pour les dents maxillaires (43,75).
- Tuméfaction mentonnière et labiale au niveau des dents antérieures mandibulaires (29,39).
- Tuméfaction muqueuse intra-orale au niveau du sulcus des dents adjacentes, extension possible à l'hémi-face s'accompagnant d'une nécrose de la muqueuse intra-orale (29,39).

- Goût de chlore et irritation de la gorge si l'injection s'est produite dans le sinus maxillaire (5,48,69).
- Infection au bout de quelques semaines entraînant la nécrose pulpaire des dents adjacentes (39).
- Les signes cliniques inconstants sont une baisse de l'acuité visuelle, une sensation de brûlure, un trismus, une diminution de la sensibilité discriminative un ptosis labial, des paresthésies et anesthésies réversibles ou non, un œdème pharyngé et une brûlure oesophagienne (5,29,43,48,68,75).

Une projection accidentelle d'hypochlorite de sodium dans les yeux se traduit par une douleur immédiate, un larmoiement intense, une sensation de brûlure ainsi qu'un érythème. L'hypochlorite de sodium provoque en effet une perte des cellules épithéliales de la couche externe de la cornée (48).



Figure N°18: *photo d'une injection accidentelle d'hypochlorite de sodium dans les tissus mous à la place d'une solution anesthésique, MOTTA (75).*

3.1.2. Données épidémiologiques

Une étude rétrospective menée en 2008 par KLEIER (58) s'est interrogée sur les différents facteurs qui contribuent à l'extrusion d'hypochlorite de sodium. Une enquête épidémiologique a été réalisée aux Etats-Unis parmi les membres d'une association

d'endodontistes sous forme de questionnaire électronique. Le taux de réponse ne s'élève qu'à 44%. Le questionnaire révèle que plus de la moitié des personnes interrogées ont déjà rencontré une complication lors de l'irrigation, et 38% en ont eu plusieurs.

L'étude insiste sur la rareté de ces accidents. Des explications nuancent les facteurs causals cités. Les accidents d'extrusions surviendraient plus fréquemment chez les femmes, dans le secteur postérieur et au maxillaire car les thérapeutiques endodontiques sont plus fréquentes. Les accidents surviendraient de même davantage sur les dents nécrosées à cause de l'inflammation radiculaire qui entraîne une résorption apicale et osseuse. Une concentration plus élevée d'hypochlorite de sodium induit une plus grande toxicité sur les tissus en cas d'extrusion. En somme, l'étude met en avant d'autres facteurs intervenant dans la survenue d'accidents d'extrusion d'hypochlorite de sodium que celui de la technique de l'opérateur.

3.1.3. Prise en charge médicale et chirurgicale des dépassements d'irrigants

Plusieurs propositions de prise en charge des accidents d'injection d'hypochlorite de sodium dans le péri-apex sont avancées. Certains points restent controversés comme l'irrigation avec du sérum physiologique, la prescription d'antibiotiques et de corticoïdes.

- Une fois que l'accident d'injection d'hypochlorite de sodium est identifié, le praticien doit rester calme et informer le patient sur les causes et la nature de la complication. Le traitement endodontique doit être instantanément arrêté (5,43, 48,68).
- Une irrigation immédiate avec un sérum physiologique permettrait de diminuer l'irritation des tissus mous en diluant l'hypochlorite de sodium. Mais aucune preuve n'existe que l'irrigation au sérum physiologique n'enlève l'hypochlorite de sodium des tissus péri-apicaux (5,39,41,58,68). Certains affirment que l'irrigation avec du sérum physiologique favoriserait une avancée d'hypochlorite de sodium dans les tissus plus profonds.
- L'hémorragie ne doit pas être stoppée car elle permet à l'irrigant de s'évacuer hors des tissus. L'excès d'hypochlorite de sodium peut être aspiré à l'aide d'une seringue vide ou avec des pointes de papiers (5).

- L'œdème est minimisé en appliquant des poches de glace pendant les 24 premières heures à intervalles de 15 minutes (29,41,68).
- Au bout de 24H, il est préférable d'appliquer des compresses chaudes et humides et d'effectuer des bains de bouche (29,41,48,68).
- Il est recommandé de rincer de nouveau au bout d'une semaine à l'aide d'une solution normale saline dans le but d'améliorer la circulation de la zone affectée.
- Afin de diminuer la douleur, une anesthésie loco-régionale est effectuée. Des antalgiques type paracétamol sont prescrits pendant 3 à 7 jours. Les anti-inflammatoires non-stéroïdiens sont à éviter (29,68).
- La prescription d'antibiotiques est controversée : selon certains auteurs, une antibioprofylaxie de type Amoxicilline (1,5G/jour) pendant 7 à 10 jours permettrait d'éviter une infection secondaire ou bien une extension de l'infection primaire. Selon d'autres auteurs, cette antibioprofylaxie n'est pas systématique mais plutôt en fonction du risque d'infection (29,41,48,58,75).
- Une corticothérapie est également controversée : une injection intra-musculaire de corticoïdes (100mg de prednisolone ou d'hydrocortisone pendant 2 à 3 jours) diminuerait la réponse inflammatoire locale qui favorise la diffusion de l'hypochlorite de sodium dans les tissus (5). Il n'existe cependant pas d'étude clinique démontrant son efficacité (5,29,41,48,58,68,75).
- Une surveillance journalière voire une hospitalisation sont quelquefois nécessaires.
- Le patient doit être rassuré vis-à-vis de la lenteur de la résolution de la réaction inflammatoire. Des instructions orales et écrites sont données au patient.
- Si l'atteinte est sévère et qu'elle s'accompagne d'une détresse respiratoire, il est préférable de contacter les urgences (41,68).
- Si une atteinte neurologique est décrite, le patient devrait être référé à des médecins spécialistes (5).
- Le traitement endodontique est reporté. L'irrigation s'effectue avec de la chlorhexidine ou du sérum physiologique (39,48).
- L'indication d'extraction ou d'intervention chirurgicale n'est en général pas indiquée. Un débridement chirurgical sous anesthésie générale ne s'impose que si la quantité de tissu nécrotique est importante (39,46).

Une projection accidentelle d'hypochlorite de sodium dans les yeux oblige à un rinçage immédiat des yeux à l'aide d'un sérum physiologique ou sinon d'eau courante. Une consultation chez un ophtalmologiste est conseillée pour un examen approfondi et un éventuel traitement (29,48).



Figure N°19: *photo d'une complication lors de l'irrigation à l'hypochlorite de sodium HÜLSMANN (48).*

3.1.4. Prévention des accidents d'injection dans les tissus péri-apicaux

3.1.4.1. Précautions lors de l'irrigation

Des recommandations sont données par la SOCIETE EUROPEENNE D'ENDODONTIE (31): « la solution d'irrigation devrait avoir des propriétés désinfectantes et de dissolution des tissus organiques, sans irriter les tissus péri-apicaux. Elle devrait être délivrée en quantité abondante le plus profondément possible sans risque d'extrusion au-delà du foramen. Cela peut être réalisé avec une seringue, en s'assurant que la solution s'échappe librement dans la chambre pulpaire et n'est pas délivrée avec une force excessive. La solution peut être délivrée avec un système sonore ou ultrasonique ». D'autres précautions sont également à prendre lors de l'irrigation:

- Identifier les situations à risque d'extrusion:
Les apex largement ouverts (5,68).

Les apex sur-instrumentés (dû à une détermination incorrecte de la longueur de travail) (5,41,48,68).

Les résorptions radiculaires (5).

Un blocage de l'aiguille dans le canal (39,41,68,75).

- L'hypochlorite de sodium se présente parfois sous forme de carpules que l'on peut confondre avec de l'anesthésique. Plusieurs accidents d'injection d'hypochlorite de sodium à la place d'une solution anesthésique ont été reportés. Une autre présentation et une attention accrue de l'opérateur aident à ne plus rencontrer ces erreurs (39,75).
- L'irrigation d'hypochlorite de sodium doit s'effectuer avec une faible pression avec des mouvements d'entrées et de sortie. Un reflux doit s'observer dans le canal (29,48,75).
- Les vêtements, les yeux du patient et de l'opérateur doivent être protégés (29,48).
- Une aiguille à ouverture latérale est préférentiellement choisie (29,68).
- La longueur de travail est éventuellement marquée sur les seringues. La seringue se place entre 1 et 3 mm de la longueur de travail (68).

3.1.4.2. Les différents systèmes d'irrigations intra-canalaires

Plusieurs systèmes permettent de délivrer une irrigation de manière sûre. Une étude in-vitro menée en 2009 par DESAI et HIMEL (26) a recréé des conditions à risque d'extrusion afin de comparer l'EndoVac® (avec sa micro et macro canule), l'Endoactivator®, le Max I probe®, l'Ultrasonique Irrigation Needle® (UN), et le Rinsendo®. Les résultats ont montré que l'EndoVac® avec ses micro et macro-canules ne provoquent pas d'extrusion. Mais aucune différence significative n'a pu être mise en évidence entre l'EndoVac® et l'Endoactivator®. Le Rinsendo® extruderait davantage. L'EndoVac® apparaît donc efficace en terme de sécurité et de volume irrigué, bien que peu d'irrigant ait circulé à travers la micro-canule.

Une étude menée en 2009 par KABALAN (52) a comparé le Rinsendo®, l'EndoVac® et la seringue conventionnelle. Les résultats ont montré que le Rinsendo® et la seringue ont été plus efficaces que l'EndoVac®. Ceci est en contradiction avec les autres études. Le

Rinsendo® a provoqué plus d'extrusion. La seringue conventionnelle fournit des résultats variables en fonction des études.

Une étude réalisée en 2010 par MITCHELL (72) compare l'extrusion d'hypochlorite de sodium avec le système EndoVac® en utilisant les aiguilles iso ou les aiguilles EndoVac® (microcanules). Les aiguilles Iso ont extrudé significativement plus d'irrigants que les aiguilles EndoVac®. Des études approfondies sont nécessaires sur le volume d'irrigant atteignant l'apex avec l'Endovac® et son système de pression négative comme l'effet de la micro-canule sur la boue dentinaire au tiers apical.

3.2. Accidents liés à l'usage de produits à base d'arsenic

L'arsenic a longtemps été utilisé pour le traitement des pulpes inflammées. L'arsenic et ses composés sont considérés comme carcinogènes depuis 1980. Leur toxicité au contact des tissus mous et des tissus durs peut causer des dommages sévères sur les tissus parodontaux et l'os alvéolaire du fait de leur grande distribution dans les tissus. Leur usage a diminué au profit de méthodes d'anesthésie plus sécuritaires. De nouveaux cas d'ostéonécrose d'origine arsénicale continuent pourtant d'être reportés.

3.2.1. Signes cliniques (7,45)

Les signes cliniques se manifestent au maxillaire par une douleur insomnante, violente, en regard de la joue et irradiant vers l'œil (7,45). Une tuméfaction buccale apparaît ensuite pour s'étendre sur la joue et l'œil (7). La gencive, inflammée et douloureuse, est détruite en palatin et vestibulaire (45). L'os est de couleur grise et mis à nu. Une sensation de liquide qui s'écoule dans la cavité buccale est liée à un abcès (7). Une halitose persiste (45). Des polypes sinusiens peuvent se développer. Des cas de fistule bucco-sinusienne sont possibles en fonction de la distance par rapport au plancher sinusien (7,45).

À la mandibule (7), une douleur constante est également présente. Un trismus et une paresthésie peuvent survenir. Une tuméfaction génienne s'étend jusqu'à la lèvre. La gencive se nécrose si bien que l'os est à nu. L'atteinte osseuse se traduit sous forme de séquestres osseux

ou bien d'alvéolite. L'examen radiologique montre une ligne radiopaque entourant une zone radioclaire.



Figure N°20: *photographie du défaut osseux après élimination de la zone de nécrose, YAVUZ (99).*

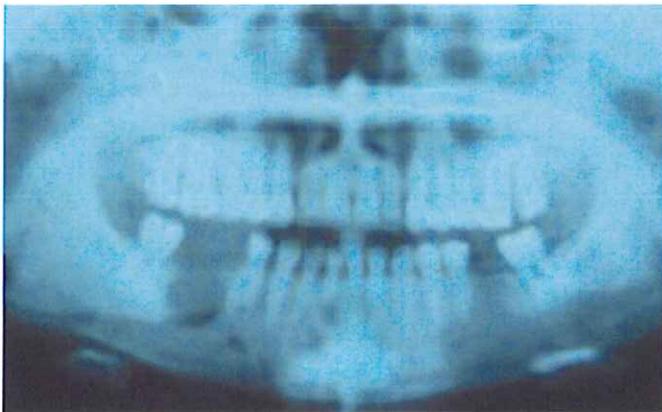


Figure N°21: *radiographie panoramique du défaut osseux volumineux après élimination de la zone de nécrose, YAVUZ (99).*

3.2.2. Conduite à tenir face à une complication liée à l'usage de produits à base d'arsenic

- Une prescription d'analgiques s'avère indispensable.
- Des antibiotiques per os ou en intra-veineux sont prescrits pendant 10 jours: clindamycine ou amoxicilline et acide clavulanique (7,45).
- La séquestrectomie et l'avulsion des dents causales sous anesthésie locale (parfois sous sédation consciente en fonction de l'importance de la quantité de

tissu à enlever) est l'option de traitement dans les cas de nécrose osseuse. Une alimentation molle est ensuite recommandée (7,45).

- Si une fistule bucco-sinusienne survient, une seconde intervention la refermera par un lambeau trapézoïdal avec 2 incisions à 45° en mésial et en distal de la fistule. Le sinus est irrigué avec de la chlorhexidine à travers la fistule quotidiennement voire 2 fois/jour (45).
- Dans tous les cas d'ostéonécrose, une surveillance de la guérison des tissus durs et mous est importante : la perte osseuse expose au risque de fracture de la mandibule. Elle rend parfois nécessaire une greffe osseuse (45).

3.2.3. Recommandations vis-à-vis des produits à base d'arsenic

L'utilisation de l'arsenic et de ses composés en endodontie n'est plus conforme aux données acquises de la science (7,45). Son utilisation est formellement proscrite. Son mécanisme d'action exact n'est pas connu. Selon YAVUZ (99), son utilisation doit se limiter aux traitements des tumeurs solides, myélomes multiples et des leucémies aiguës.

3.3. Réactions allergiques au latex et à l'hypochlorite de sodium

La prévalence et la sévérité des allergies au latex sont en constante augmentation. Selon BURKE, l'incidence a augmenté de 9,7% parmi les patients et selon SPINA, de 6% parmi les professionnels dentaires (cités par DIAS DE ANDRADE (27)). Les dérivés du caoutchouc font partie des agents les plus sensibilisants au contact. Trois types de réaction existent: une dermatite de contact irritante, une dermatite de contact allergique (atopie) et une réaction immédiate de type 1 (choc anaphylactique) (59). Il existe des prédispositions d'hypersensibilités au latex concernant le personnel soignant, les personnes ayant plusieurs antécédents chirurgicaux et celles ayant des allergies alimentaires croisées (48).

Peu de cas de réactions allergiques à l'hypochlorite de sodium ont été détectés (48). Un cas clinique d'hypersensibilité à l'hypochlorite de sodium a été reporté en 1989 par KAUFMANN et KEILA (cité par HÜLSMANN (48)). Le patient était déjà conscient de son

allergie avant le traitement endodontique. Un second cas d'allergie a été reporté en 1994 par CALISTAN mais le patient ne connaissait pas son allergie à l'hypochlorite de sodium (cité par HÜLSMANN (48)).

3.3.1. Symptômes des réactions allergiques au latex et à l'hypochlorite de sodium

Les signes de l'hypersensibilité retardée englobent un prurit sur la zone de contact au bout de quelques minutes. Plusieurs contacts avec l'agent sensibilisant entraînent un érythème, un œdème intra et extra-oral, une sensation de brûlure, voire une dyspnée et un œdème lingual qui se développent plusieurs heures après (48).

Les signes cliniques de l'hypersensibilité immédiate de type I sont nettement amplifiés. Il s'agit d'un choc anaphylactique qui est une véritable urgence vitale. Ils comprennent un prurit, un érythème et un œdème se développant plusieurs minutes après. Un urticaire peut survenir de même qu'une tachycardie, une sudation et une exophtalmie. L'œdème s'étend à la face, au cou, au thorax et à la lèvre inférieure (œdème de Quincke). Le patient peut ainsi perdre connaissance (48).

3.3.2. Conduite à tenir en urgence et pour la suite des soins

Le patient reçoit de l'oxygène et des corticoïdes par voie intra-veineuse (100mg d'hydrocortisone hémisuccinate) (27). Le patient est préférentiellement allongé, les jambes relevées. Il est ensuite placé sous surveillance pendant quelques heures afin de vérifier le retour des fonctions vitales en situation normale. Les oedèmes doivent avoir disparu.

Des antihistaminiques sont administrés par voie intra-veineuse. Des antibiotiques sont également prescrits.

Si une allergie est suspectée, le praticien se met en relation avec le médecin traitant. Celui-ci posera un diagnostic définitif grâce à un test allergique type patch-test ou prick-test (60).

Il est important de vérifier que le cabinet dentaire est équipé en cas d'urgence comme les chocs anaphylactiques : possibilité de réaliser une injection par voie intra-veineuse d'épinéphrine, par voie sous-cutanée de stéroïdes et présence de masques à oxygène.

3.3.3. Prévention des réactions allergiques

Devant l'augmentation de la prévalence des allergies, le praticien effectue un interrogatoire complet, afin de déceler une éventuelle allergie ou une allergie croisée (27). Il peut confier le patient à un allergologue afin de vérifier que l'allergie est présente. Une fois l'allergie identifiée, il prend les mesures qui visent à écarter la présence du produit dans la salle de soin. Un environnement sans latex est rigoureusement mis en place pour les rendez-vous suivants (59):

- Les patients sont les premiers de la journée afin d'éviter la présence d'allergène dans la salle de soins.
- Des gants en nitrile, en styrène, en butadiène styrène ou en butadiène styrène sont choisis de préférence. Une attention particulière doit être portée au talc qui est aussi un agent sensibilisant.
- La digue est en polyéthylène ou en polyvinylchloride.

Pour la suite des soins, l'irrigation se fait soit au Solvidont® soit au peroxyde d'hydrogène ou bien à l'eau stérile (48). La responsabilité du praticien est engagée (27,59) en cas de complication allergique.

4. Accidents lors de l'obturation

4.1. Emphysèmes sous-cutanés

4.1.1. Définition

Un emphysème sous-cutané survient lorsque le canal est séché avec de l'air comprimé. Une présence anormale d'air sous pression est retrouvée dans les tissus péri-radicaux et parfois à l'intérieur des fascias. Une irrigation à base de peroxyde d'hydrogène entraîne aussi un emphysème car il produit de l'oxygène au contact du sang et des protéines tissulaires. Ces produits gazeux expulsent les débris tissulaires au-delà du foramen. Ce type d'accident reste toutefois rare (46).

4.1.2. Symptômes et conséquences des emphysèmes

L'air passe à travers la mandibule vers les tissus mous par «effet de valve». Un crépitement, une douleur de courte durée, une tuméfaction, une sensation d'inconfort liée à la distension des tissus sont les principaux symptômes (46,80,88). Le trismus est un signe inconstant (88). Des signes cliniques se révèlent plus tardivement : œdème facial étendu jusqu'à la zone cervicale (80,88).

Au début, l'air reste dans l'espace tissulaire jusqu'à sa résorption. Ceci donne une sensation de ballonnement ou de distension des tissus. Il ressort ensuite selon le chemin de son introduction ne causant pas de dommage. Mais cet air peut aussi se déplacer jusqu'à un vaisseau sanguin d'un volume important et causer une embolie pulmonaire ou cérébrale (8,88). Des perturbations auditives, un collapsus de l'artère rétinienne, des lésions du nerf optique, un pneumothorax, un pneumopéritoine font partie des complications graves (88).

La région de la face touchée par l'emphysème risque de diffuser l'air vers les fascias anatomiques de la face et du cou (péri-orbitaire, submandibulaire, sublingual, parotidienne, masséterine, carotidienne, latéro-pharyngée, rétro-pharyngée et ptérygomandibulaire). Si l'œdème se situe dans une autre zone, il s'agit d'un diagnostic différentiel comme une réaction allergique, un hématome ou bien un œdème angio-neurotique (8).

4.1.3. Prise en charge des emphysèmes sous-cutanés

- Le traitement endodontique est interrompu (8).
- L'opérateur rassure le patient (8).
- Il tente ensuite d'identifier la cause de l'accident comme une perforation de l'apex ou d'un mur canalaire (8).
- Si des irrigants tels que l'hypochlorite de sodium ou le peroxyde d'hydrogène sont impliqués, il est conseillé de rincer délicatement l'entrée canalaire avec une solution physiologique (8).
- Si le patient ressent une douleur, une anesthésie locale peut être effectuée dans la zone touchée.
- Si un œdème apparaît dans une zone non concernée par les fascias, le praticien doit penser davantage à une réaction allergique ou à un angiodème et traiter le patient en conséquence (8).
- Comme l'introduction d'air comprimé comprend potentiellement des micro-organismes, une prophylaxie antibiotique comme de la pénicilline pendant 5 à 7 jours par voie intraveineuse se justifie (8,80,88).
- Des corticoïdes et antihistaminiques peuvent être donnés afin de lutter contre l'inflammation (80).
- Une prescription d'antalgiques couvre la période depuis le début des douleurs jusqu'à leur cessation quelques jours plus tard (8,88).
- Si le patient semble souffrir de dyspnée ou de dysphagie, une prise en charge médicale d'urgence doit être considérée. Le patient est placé en observation jusqu'à la disparition complète des symptômes (8,80).
- Le médecin effectue une radiographie cérébrale, thoracique et cervicale ou un scanner afin d'objectiver l'emphysème. Un test microbiologique permet d'éliminer une hypothèse infectieuse (80,88).

4.1.4. Prévention des emphysèmes sous-cutanés

Certaines mesures contribuent à éviter cette complication:

- L'usage d'une digue est recommandé (8).
- L'irrigation est amenée passivement dans le canal (8).
- Le contenu de la seringue est délivré délicatement (8).
- Une aspiration de gros volume et des cônes papier sont préconisés pour le séchage canalaire (8).
- De l'air comprimé ne doit jamais être utilisé directement dans la cavité d'accès lors de la thérapeutique endodontique (8,88).

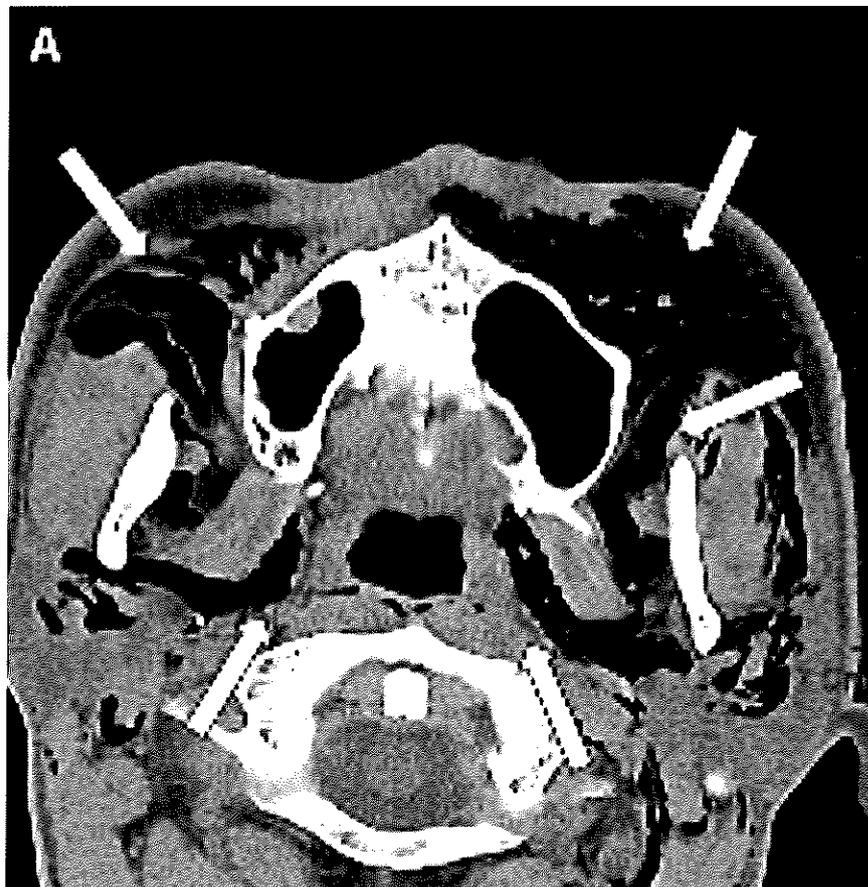


Figure N°22: scanner montrant une présence d'air dans les tissus mous de la région génienne et rétro-pharyngée et périmandibulaire, SMATT (88)

4.2. Dépassement du matériel d'obturation

4.2.1. Sur-extension et sur-obturation

4.2.1.1. Définition et conséquences d'une sur-extension et d'une sur-obturation

Selon la SOCIETE EUROPEENNE D'ENDODONTIE (31), le canal préparé doit être entièrement obturé. L'obturation doit être contenue dans le canal. Aucun espace ne devrait exister entre l'obturation et le mur canalaire. L'obturation doit préférentiellement se situer entre 0 et 2 mm de l'apex radiographique.

Une sur-obturation est une obturation complète dans les trois dimensions de l'espace canalaire avec un surplus de matériau ayant extrudé au-delà du canal (21,42).

Lors d'une sur-extension, des zones vides existent entre les murs canalaires et le matériel d'obturation et un surplus de matériel est extrudé au-delà de l'apex (21,42).

Ces dépassements provoquent une irritation mécanique et chimique. Les signes cliniques comprennent une douleur post-opératoire modérée à intense très localisée qui disparaît progressivement. L'extrusion de gutta-percha s'accompagne d'une inflammation et d'un ralentissement de la guérison histologique selon AESAERT (2). Un tissu de granulation peut apparaître autour du corps étranger, formant une encapsulation fibreuse. Une réaction cellulaire inflammatoire culmine après 7 jours pour s'atténuer au bout 120 jours.

D'après AESAERT (2), cette réaction inflammatoire varierait selon les techniques d'obturation et les marques: la gutta-percha du système Ultrafil® entraîne une réaction inflammatoire avec une encapsulation fibreuse, tandis que celle du système Obtura® provoque une plus forte réaction accompagnée d'un œdème et de la présence de cellules inflammatoires 120 jours après l'obturation.

Le dépassement de ciment au-delà de l'apex entraîne potentiellement une irritation des tissus péri-apicaux (21). Une hypersensibilité locale ou systémique, des capacités mutagènes voire carcinogènes sont supposées. Leur nocivité s'exerce tant que le ciment n'a pas entièrement durci. Leur solubilité rend possible la libération de substances toxiques sur une longue période. Les ciments ne sont cependant pas responsables d'une hypersensibilité retardée ou d'une réaction allergique (2).

D'après COHEN (21), les principales causes d'extrusion de matériel au-delà de la constriction ou latéralement aux murs canalaires sont :

- Une résorption radiculaire non détectée.
- Des erreurs procédurales lors de la mise en forme: zipping et stripping, sur-instrumentation.
- Une pression excessive lors de la condensation.
- Une quantité excessive de ciment.
- Une utilisation d'un maître-cône de trop petit diamètre.
- Une introduction trop profonde de l'instrument à condenser (spreader).

4.2.1.2. Données épidémiologiques

D'après GUTMANN (42), la technique du tuteur enrobé de gutta-percha est à l'origine d'une plus grande fréquence d'extrusion (cité par ABARCA (1)). Une étude réalisée par ABARCA en 2001 (1) compare la technique du thermafil et celle de la condensation latérale à froid en termes d'extrusion sur 22 molaires mandibulaires extraites après une préparation mécanisée. Les résultats n'ont pas mis en évidence de différence significative d'extrusion entre les deux techniques. L'usage d'une faible quantité de ciment est suggéré dans cette étude. Les autres études qui ont mis en évidence une différence ont employé une préparation manuelle en step-back. L'extrusion de Thermafil se révèle plus fréquente avec des apex ouverts.

Une méta-analyse réalisée en 2007 par PENG (82) s'est intéressée aux différences entre les techniques d'obturation à la gutta-percha chaude et celle de la condensation latérale à froid. La méta-analyse n'a retenu que seulement 10 études in-vivo. Les résultats ont montré que la prévalence des sur-extensions était significativement plus élevée avec les techniques de gutta-percha chaude qu'avec la technique de condensation latérale à froid.

Une analyse systématique de la littérature menée par NG en 2008 (76) compare le taux de réussite des retraitements endodontiques en fonction de la longueur de travail. Les obturations à une longueur comprise entre 0 et 2mm de l'apex affichent un meilleur taux de réussite (94%). Les obturations à moins de 2mm de l'apex ou au-delà de l'apex possèdent un taux de réussite inférieur (respectivement 68% et 76%) du fait d'une possible prolifération microbienne ou d'une réaction inflammatoire. Cette tendance se confirme avec ou sans atteinte apicale pré-opératoire.

4.2.1.3. Prise en charge d'une sur-obturation

Le fait de placer une petite quantité de matériel d'obturation en dehors du canal n'est pas en somme un élément alarmant (2,31). Dans la plupart des cas, les tissus péri-radicaux guériront et le patient n'aura pas de symptôme. Une prise en charge symptomatique s'impose en cas de douleur (21). Le retraitement endodontique reste possible pour la technique de condensation latérale à froid mais pas pour celle de la condensation verticale de gutta-percha thermoplastique. Certains auteurs citent cette situation comme une indication de chirurgie péri-apicale, mais une intervention immédiate n'est pas justifiée. Si des signes d'inflammation péri-radicaux sont détectés, une chirurgie péri-apicale peut alors être indiquée.

4.2.1.4. Prise en charge d'une sur-extension

- Le matériel d'obturation est entièrement retiré et l'étape d'obturation endodontique voire la mise en forme sont ré-effectuées. Le but est de retrouver une matrice apicale.
- Des anti-inflammatoires stéroïdiens et des antibiotiques sont administrés per-os. Cette prescription se poursuit en post-opératoire pendant une semaine (21,42).
- Une surveillance clinique et radiologique vérifie la guérison des tissus (21,42).
- Si le matériel d'obturation ne peut être totalement enlevé, la décision est prise d'entreprendre une chirurgie périapicale voire l'avulsion de la dent et le retrait du matériel extrudé (31,42).

4.2.1.5. Prévention des sur-extensions et des sur-obturations

- Tous les instruments devraient être utilisés seulement à l'intérieur du système canalaire et en position coronaire à la jonction cémento-dentinaire. La longueur de travail se situe entre 1 et 1,5 mm de l'apex anatomique avec de la dentine saine (42).
- Une évaluation radiographique pré-opératoire permet de repérer les éléments anatomiques ou pathologiques. Dans les cas de résorption péri-radicaux, l'instrumentation doit se terminer à 1-2mm de la résorption (31,42).
- L'essayage du maître cône ou du tuteur plastique permet de vérifier l'ajustage correct : une rétention apicale, empiètement de la plupart de l'espace canalaire.
- La SOCIÉTÉ EUROPÉENNE D'ENDODONTIE (31) recommande une radiographie avec le maître-cône en place pour vérifier l'adaptation à la longueur de travail.

- La condensation doit se faire avec une force modérée et une quantité faible de ciment est requise (1,42).
- Une radiographie post-opératoire immédiate permet de vérifier la qualité de l'obturation (31).

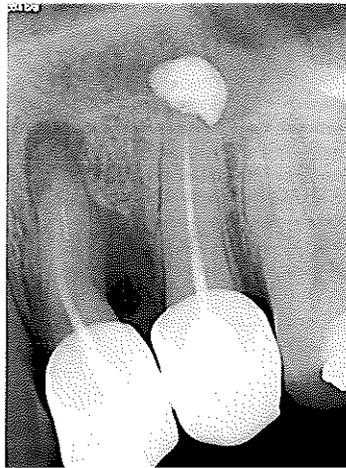


Figure N°23: radiographie d'un dépassement volumineux de pâte d'obturation sur la dent n°25 indiquant une sur-extension.

4.2.2. Dépassement dans les structures anatomiques proches

4.2.2.1. Dans le sinus et les fosses nasales

4.2.2.1.1. Les rappels anatomiques

Selon AESAERT (2), il existe une proximité anatomique entre les racines des dents maxillaires et le sinus qui favorise la survenue des extrusions:

-Les racines vestibulaires des premières molaires maxillaires se situent à une distance de 0,5 mm du sinus maxillaire. Cette distance est inférieure à 0,5mm dans 1/3 des cas. Il existe une relation directe avec le sinus dans 13% des cas.

-La racine palatine des premières molaires maxillaires se trouve à une distance inférieure à 0,5mm du sinus dans 40% des cas. Une relation directe avec le sinus se trouve dans 20% des cas.

-Les apex des deuxièmes molaires sont encore plus étroitement en contact avec le sinus, ce qui augmente le risque d'extrusion de matériel d'obturation.

4.2.2.1.2. Les signes cliniques et les conséquences d'une extrusion dans le sinus de matériel d'obturation

Les signes cliniques se traduisent par une douleur sévère irradiant dans la région trigéminal. Parfois aucune douleur n'est reportée (9). La création d'une masse inorganique contenant de l'oxyde de zinc devient difficile à évacuer pour l'épithélium respiratoire. Le principal risque à moyen et à long terme est l'aspergillose sinusienne qui est une mycose sinusienne provenant d'un micro-organisme, *Aspergillus Fumigatus* (2). Cette maladie proviendrait dans 89,2% des cas d'un traitement canalaire d'après MENSİ (70). Les ciments à base d'oxyde de zinc et d'eugénol sont toxiques car leur présence favorise le développement du micro-organisme. La cortisone comprise dans l'Endométhasone aide aussi à sa croissance. D'après HAUMANN (46), les concrétions radiopaques dans le sinus maxillaire à l'origine des aspergilloses sinusiennes sont liées à un acte iatrogène dans plus de 50% des cas. La durée moyenne entre le traitement endodontique et la déclaration de la maladie est de 4 ans selon MENSİ (70). L'aspergillose entraîne une sinusite inflammatoire chronique qui empêche la clairance sinusienne (9). Elle peut parfois entraîner des tumeurs malignes.

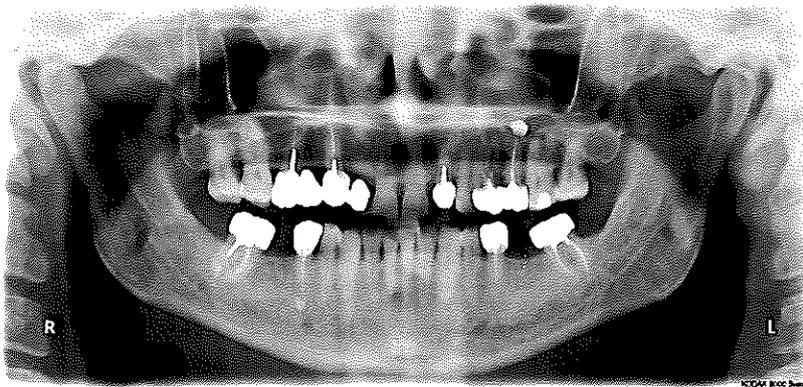


Figure N°24: volumineux dépassement de pâte d'obturation de la dent n°25 dans le sinus ayant entraîné une symptomatologie sinusienne.

4.2.2.1.3. Prise en charge d'une extrusion de matériel d'obturation dans le sinus

Si du matériel d'obturation est extrudé dans le sinus, le patient est référé à un médecin oto-rhino-laryngologue afin d'objectiver et de quantifier le matériel extrudé. Une prise en charge de la douleur et du risque infectieux s'effectue par des antalgiques et une antibioprophyllaxie comme de l'amoxicilline (46). En cas d'abstention chirurgicale, une surveillance de la lésion au long cours est organisée sur plusieurs années (46). L'intervention chirurgicale ne s'effectue qu'en cas de sinusite chronique. Le matériel extrudé dans le sinus est retiré par un abord vestibulaire afin de prévenir le développement d'une aspergillose (9). Le sinus est également irrigué. Le retraitement endodontique voire l'extraction de la dent causale ainsi que des tissus mous lésés sont nécessaires dans les cas réfractaires (46).

4.2.2.2. Extrusion de matériel d'obturation dans le nerf alvéolaire et le foramen mentonnier

4.2.2.2.1. Rappels anatomiques

Le nerf alvéolaire inférieur est le plus gros rameau de division du nerf mandibulaire (V3) sensitivomoteur. Son trajet intra-cortical accolé à l'artère alvéolaire inférieure décrit une courbe à concavité inférieure sous les molaires dont il cède des rameaux sensitifs. Puis il se redresse vers le haut et le dehors pour s'achever au foramen mentonnier (37).

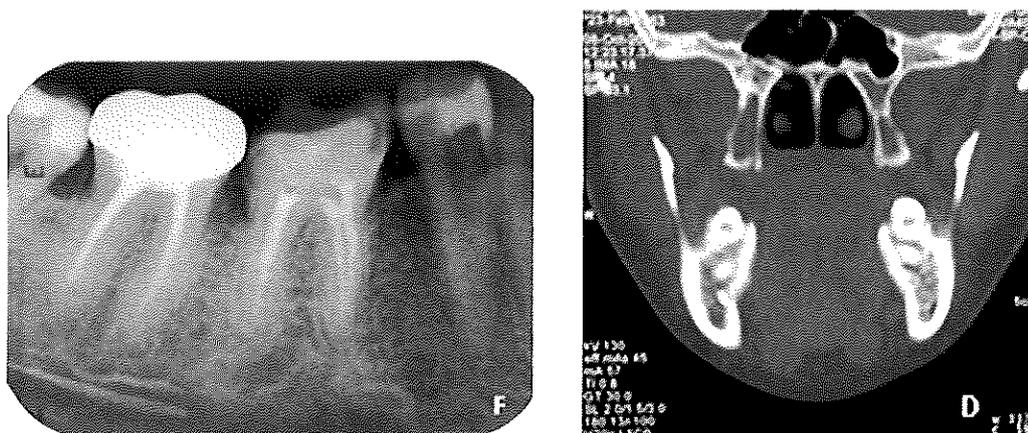


Figure N°25: Radiographie rétroalvéolaire péri-apicale et image scannographique de la dent N°37 présentant un dépassement de pâte d'obturation dans le canal mandibulaire, FROES (35).

4.2.2.2. Les différentes causes de lésion du nerf mandibulaire

-Une lésion thermique est possible lors des dépassements avec les techniques d'obturation de la gutta-percha chauffée. Une augmentation de la température de 10 C° peut entraîner une nécrose osseuse et fragiliser davantage les structures adjacentes notamment nerveuses (2,14,32).

-Une irritation mécanique se produit lorsque la gutta-percha comprime les fibres nerveuses du nerf alvéolaire inférieur. Elle comprime également l'artère ce qui entraîne une ischémie partielle ou totale. Cette ischémie endommage les tissus nerveux : cellules de la gaine de Schwann, capillaires du tissu nerveux (32). La résorption par phagocytose du ciment de scellement limite cependant l'action compressive (2,32,35,83).

-Une lésion chimique est également possible par dépassement de ciment de scellement. Tous les ciments seraient potentiellement toxiques à différents degrés (83). L'extrusion de ciment peut provoquer une réaction inflammatoire péri-apicale et par conséquent une inflammation du nerf mandibulaire. Les lésions chimiques auraient alors des effets plus délétères (2,35).

4.2.2.2.3. Les signes cliniques d'une lésion du nerf mandibulaire

Une extrusion de gutta-percha thermoplastique lors d'une thérapie endodontique sur les molaires mandibulaires se manifeste par:

-Une douleur intense (14,35)

-Une modification de la sensibilité tactile: hypoesthésie, hyperesthésie, paresthésie voire anesthésie (2,14,21,32,35,83). Ceci concerne la lèvre inférieure, le menton, le vestibule et la langue. Cette baisse de la sensibilité discriminative s'évalue par des tests neurologiques. Une sensation d'engourdissement et de fourmillement intermittent sont reportés (14,83). Une perte complète de la sensibilité est également possible. La lésion peut aussi être irréversible et entraîner une paralysie. La pénétration du ciment à l'intérieur des fascicules nerveux n'entraîne parfois aucune symptomatologie. Cette paresthésie s'estompera lors de l'élimination du facteur irritant. La paresthésie occasionnée dépend de:

-La quantité de matériel extrusé ou de la surface totale sur laquelle le nerf est irrité (32).

-La résorbabilité du matériau: les ciments de scellement à base d'oxyde de zinc-eugénol et d'hydroxyde de calcium se résorbent plus facilement que les ciments à base de résine (35).

-De la neurotoxicité du matériau: les ciments à base de formaldéhyde (AH 26 avant sa prise complète), le N2 de Sargenti ou l'Endométhasone sont extrêmement toxiques (21,32,83). L'Endométhasone entraîne une nécrose osseuse empêchant une guérison des structures adjacentes (9,32). Une plus grande incidence de dysesthésies est reportée pour les extrusions de ciments par rapport aux extrusions de gutta-percha

-Une limitation de l'ouverture buccale a été aussi décrite.

-Une période « lucide » a été décrite chez certains patients (83): il s'agit d'une période entre 24H et 36H après la suppression des effets de l'anesthésie locale pendant laquelle le patient n'éprouve aucun symptôme. Au-delà de cette période débutent des douleurs. Cet effet se rencontre lorsque des ciments moins toxiques sont employés.

4.2.2.2.4. Prise en charge des extrusions de matériel d'obturation dans le canal mandibulaire

Il n'existe pas de consensus sur un protocole de traitement en cas d'extrusion de ciment dans le nerf alvéolaire inférieur. Face à une douleur immédiate et intense lors de l'obturation, le clinicien doit penser à une extrusion de matériel au-delà du système canalaire. Le traitement endodontique doit être stoppé et une radiographie prise afin d'évaluer l'éventuel dépassement (35,83). Une fois que la complication a été identifiée, les canaux sont désobturés et une prise en charge symptomatique comprend la prescription d'anti-inflammatoires non stéroïdiens ou stéroïdiens (14,32,35,83)

-Diclofénac (50 mg, 3fois/jour pendant 5 jours) ou Naproxen (500mg une fois/jour pendant 5 jours).

-Une irrigation avec du sérum physiologique combinée à de la vitamine B12 et de l'adénosine diphosphate ont été décrits (35).

Bien que non toxique, la gutta-percha doit être éliminée le plus rapidement possible, car elle entraîne des troubles de la sensibilité. La chirurgie s'avère parfois très bénéfique car elle améliore le potentiel de re-perfusion du nerf comprimé et augmente la capacité de guérison. La décision d'intervenir chirurgicalement prend en considération les bénéfices escomptés de l'acte en regard des dommages éventuels liés à un traumatisme nerveux lors de l'intervention (14,32,35,83). Elle n'est pas systématique mais doit être effectuée au plus tôt si l'indication est posée. Une évolution défavorable des tests neurologiques rend nécessaire une intervention

sous anesthésie générale. Elle consiste en un accès à travers le vestibule. Une fenêtre de corticale externe est découpée. Le nerf alvéolaire inférieur est identifié et délicatement sorti de la lingula sans traction du paquet vasculo-nerveux. Le matériel extrudé autour de l'apex est retiré, une apicectomie ou une extraction est réalisée (32,83). La cavité est ensuite débridée, irriguée et la lésion refermée en remplaçant la fenêtre corticale. Une vis stabilise l'ensemble.

Si du ciment est extrudé dans le canal mandibulaire, il est possible de ne pas intervenir chirurgicalement. Si le traitement symptomatique annihile la douleur, il est préférable d'éviter les dommages neurologiques possibles liés à une intervention chirurgicale (35). La paresthésie est liée à l'irritation chimique du ciment et non à la compression du nerf. Une surveillance accrue grâce à des tests neurologiques contrôle la régression de la paresthésie (14). Une radiographie panoramique et rétro-alvéolaire des structures péri-apicales confirment la résorption du corps étranger. Si les symptômes d'engourdissement persistent, le praticien devrait adresser le patient sans délai à un chirurgien maxillo-facial (14,83).

4.2.2.2.5. Prévention des extrusions de matériel d'obturation dans les structures anatomiques

La prévention des extrusions dans les structures anatomiques est similaire à la prévention des sur-extensions et des sur-obturations. D'autres éléments spécifiques sont à rajouter :

- Les techniques de compaction thermomécanique sont critiquées pour le manque de contrôle de la longueur et le risque de fracture du compacteur (21,32). Les cônes de gutta-percha doivent être condensés d'abord à froid avant qu'une condensation thermomécanique ne soit appliquée à une distance minimale de 4-5mm de l'apex (32).
- La manipulation du lentulo doit être précautionneuse et une petite quantité de ciment doit être employée (1,35).
- Les ciments à base d'oxyde de zinc et d'eugénol, particulièrement ceux qui contiennent du paraformaldéhyde ne devraient pas être employés pour l'obturation des dents maxillaires postérieures.

4.3. Effet de la chaleur sur les tissus dentaires et péri-dentaires

Les techniques de condensation de gutta-percha à chaud favorisent l'obtention d'une masse de gutta-percha homogène. Cependant, la chaleur dégagée serait à l'origine de lésions des tissus parodontaux adjacents, telles que des résorptions, des ankyloses, une destruction du ligament alvéolo-dentaire (6,11,63,64,65,85). D'après AESAERT (2), il ressort d'une étude in-vivo qu'une exposition à une température de 47C° pendant cinq minutes ou de 50 C° pendant une minute entraîne des ostéonécroses ou des lésions osseuses. Une élévation de 10C° de la température corporelle dénaturerait les protéines de l'os (11,63,85). Les différentes études soulignent les facteurs influençant le dégagement de chaleur:

- Il existe une différence entre les études in-vivo et les études in-vitro. In-vivo, la température se maintient moins longtemps car la vascularisation parodontale refroidit les tissus (6,63,65,84,85,95).
- La gutta-percha est un mauvais conducteur thermique. Une grande différence de température réside entre la gutta-percha près du pistolet et celle introduite à l'intérieur des canaux (6,63,84,85).
- La dentine est également un mauvais conducteur thermique si bien qu'il existe une grosse différence de température entre celle à l'intérieur des racines et celle à l'extérieur des racines. La chaleur dégagée se révèle plus forte dans les canaux larges ou lorsque les parois dentinaires sont minces. La morphologie de la racine et l'épaisseur des murs résiduels sont des facteurs essentiels (63,65,95,103).
- La durée d'exposition des tissus à la chaleur influence la guérison tissulaire (18,103).
- Le rinçage final à l'hypochlorite de sodium ou à l'EDTA, l'adjonction d'un ciment, l'utilisation d'un fouloir, contribuent à abaisser la température à l'intérieur de la racine (6,11,95,103).
- La vitesse de rotation du thermocompacteur (Mac Spadden) doit être maîtrisée (64,84).

Auteur	Année	Type d'étude	Méthode d'obturation	Effet de la chaleur	Facteurs influençant
Barkhordar	1990	Comparaison in-vitro entre plusieurs systèmes d'obturation	Ultrafil Obtura Condensation verticale	-Pas de dommage tissulaire	-Présence de ciment -Pas de corrélation entre l'épaisseur des murs dentinaires et l'augmentation de température
Saunders	1990 part I et II	Comparaison in-vitro de la réponse histologique entre la condensation latérale à froid et la compaction thermomécanique	Condensation latérale à froid et compaction thermomécanique	-Risque mineur mais présence de résorption et d'ankylose pour la compaction thermomécanique	-Importance de contrôles cliniques au long terme -Influence de la vascularisation dans le refroidissement tissulaire
Castelli	1991	Comparaison in-vivo entre l'Endotec® et la condensation verticale à chaud	Endotec®: gutta-percha chaude condensée par ultrasons comparée à la condensation verticale à chaud	Réaction inflammatoire mineure qui régresse avec le temps	Bonne tolérance mais l'Endotec® expose plus longtemps à la chaleur que la condensation verticale à chaud
Lee	1998	Comparaison in-vitro entre plusieurs systèmes d'obturation et plusieurs dents	-Système B -Touch'n heat -Plugger chauffé à la flamme	-Augmentation supérieure à 10C° pour le plugger -Augmentation forte pour les incisives mandibulaires	-Influence de l'épaisseur des murs dentinaires
Behnia	2001	Comparaison in-vitro entre différents canaux pour le système Thermafil+ système®	Thermafil+ système®	-Augmentation inférieure à 5C° -Pas d'altération des structures possibles	-Présence de ciment -Pas d'influence de la morphologie dentaire
Venturi	2002	Étude in-vitro de dents humaines obturées au système B Heat Source	Système B Heat source	-Température plus élevée en cervical qu'à l'apex -Absence de corrélation entre les données du fabricant et les résultats de l'étude	-Importance de l'épaisseur des murs dentinaires, des dimensions des racines résiduelles et de la circulation sanguine péri-radulaire

Lipski	2005	Comparaison in-vitro entre plusieurs systèmes d'obturation	-Mac Spadden -Microscal	-Complications possibles pour le Mac spadden	-Influence de la vitesse de rotation sur l'échauffement tissulaire
Lipski	2006	Comparaison entre incisives maxillaires et mandibulaires pour une technique d'obturation	Injection de gutta-percha chaude (ObturaII)	-augmentation très forte pour les incisives mandibulaires	-Influence de l'épaisseur des murs dentinaires
Zhou	2010	Etude in-vitro de la chaleur dégagée pour les dents pluri-radiculées	Système B pour le tiers apical et ObturaII pour le tiers moyen et coronaire	-Augmentation significative au niveau de la zone de furcation	-Influence de la durée de l'échauffement, de l'épaisseur de dentine,

Tableau n°4: résultats d'études sur l'effet de la chaleur sur les tissus péri-radiculaires.

4.4. Les fractures radiculaires verticales

4.4.1. Détection et données épidémiologiques

La fracture radiculaire verticale est une fracture orientée longitudinalement à la racine partant de l'apex et se propageant coronairement (93,97). Un stress interne se propage à la surface externe complète de la dent et entraîne une fracture. La prévalence des fractures radiculaires verticales est de 11 à 20% parmi les dents extraites traitées endodontiquement (93). Une analyse des causes des dents extraites menée par ZADIK en 2008 (101) a démontré que les fractures radiculaires verticales intervenaient dans 8,8% des causes d'extraction. D'après MEISTER (69), la durée moyenne entre l'obturation et le diagnostic est de 3 ans et 3 mois. La détection radiologique immédiate n'est pas possible car les tissus mous mettent du temps à proliférer entre les segments radiculaires (2,93). L'extraction de la dent reste la seule alternative (69,93,101). Le diagnostic de fracture radiculaire verticale reste difficile à cause de la particularité des signes cliniques. Il n'existe pas de signe pathognomonique mais davantage une association de signes (69,93,94). Les signes cliniques suivants aident à identifier les fractures radiculaires verticales :

- Les premiers signes surviennent lors de l'obturation où des suintements entravent le séchage canalaire. Le suintement persiste lors d'un éventuel retraitement endodontique sur la zone de la fracture (69,93).
- Un craquement peut être senti ou entendu durant l'obturation de condensation latérale à froid (2,69,93,97).
- Une douleur moyenne qui s'apparente à un inconfort se retrouve chez plusieurs patients. Cette douleur est dans certains cas absente, ou bien très vive. Une sensibilité à la percussion se retrouve quelquefois (69,93).
- Une image radio-claire apicale en halô ou latérale, une perte osseuse vestibulaire et un élargissement ligamentaire (voire une lyse angulaire) persistent malgré un retraitement endodontique. Un sondage parodontal positif confirme une atteinte parodontale. La poche parodontale s'étend parfois jusqu'à la moitié de la racine. Une récession tissulaire marginale accompagne la perte d'attache (69,93).
- Un abcès et des fistules récurrentes sont des signes cliniques tardifs (69,93).

- Le diagnostic définitif est posé lors des techniques chirurgicales où le trait de fracture est visible. L'extraction est alors indiquée.

4.4.2. Les principales causes de fractures radiculaires verticales

-Une sur-préparation est une cause potentielle de fracture radiculaire verticale (69,93). Il existe un lien entre l'élargissement canalaire et les fractures radiculaires verticales d'après WILCOX (97). Un élargissement excessif serait à l'origine d'une fragilisation excessive de la dent (93). L'élargissement provoquerait des lignes de fissure et parfois une fracture. L'insertion en profondeur du finger-spreader engendre un stress concentré en un site, qui augmente avec l'élargissement canalaire et le diamètre du finger-spreader. Une étude comparative entre trois marques d'instruments NiTi, Protaper, Profile, et Lightspeed LSX a montré que la distribution et l'intensité des contraintes diffèrent suivant la forme de l'instrument utilisé. Le système Protaper délivrerait davantage de contraintes sur les parties apicales et augmenterait la susceptibilité à la fracture radiculaire verticale (57). Une autre étude menée par PATSANDRA (81) n'a pas réussi à mettre en évidence une différence significative de fragilisation de la structure dentaire entre une préparation manuelle et une préparation en rotation continue. Par contre, la thérapie endodontique n'augmente pas en soi le risque de fracture radiculaire verticale (2). En effet, le module d'élasticité serait inchangé entre une dent vitale et une dent traitée endodontiquement.

-Une force verticale excessive pendant la condensation latérale à froid (93). La force la plus faible pouvant entraîner une fracture serait selon AESAERT (2) de 1,1 KG sur une incisive inférieure et de 1,5 KG pour TAMSE (93). Mais, cela dépend selon lui de la forme de la préparation, de la forme du spreader, et du nombre de cônes accessoires.

- L'essai d'un tenon, l'insertion d'un inlay-core. Selon FUSS en 2001, la présence d'un tenon se retrouve dans 61,7% des cas de fractures radiculaires verticales (36).

-Les forces occlusales et les restaurations définitives mal adaptées. Le bruxisme et les forces masticatoires intenses débouchent potentiellement plus tard sur des fractures radiculaires complètes (2,97).

-Les personnes âgées possèdent des dents plus fragiles avec l'âge. Leurs dents seraient plus cassantes, donc plus susceptibles à la fracture (2,93).

4.4.3. Prévention des fractures radiculaires verticales

Afin de prévenir ces fractures radiculaires, plusieurs facteurs sont à prendre en compte:

- Une préparation canalaire conique induirait une meilleure répartition des forces (2,93).
- Une pression modérée doit être appliquée lors de la condensation latérale à froid, c'est-à-dire inférieure à 1,5KG (93).
- Les spreaders et les fouloirs sont à choisir préalablement. Un stop en caoutchouc doit leur être ajouté. Les spreaders à faible conicité exercent des pressions plus faibles sur les murs canaux (97).
- Le réchauffement de la gutta-percha réduit l'accumulation des forces.
- ZADIK (101) souligne l'importance d'une restauration coronaire définitive prothétique via une couronne dans une étude sur l'analyse des facteurs liés à l'extraction des dents traitées endodontiquement.

5. Aspects médico-légaux (21,79)

Le respect des recommandations sur les critères de qualité des traitements endodontiques profite au patient, mais aussi au praticien. En effet, cela réduit le risque de litige pour négligence professionnelle. La pratique endodontique correcte ne nécessite pas un traitement parfait, mais correspond à une connaissance et une technicité raisonnable exercée par un chirurgien-dentiste dans des conditions de diagnostic et de traitement normales. La faute professionnelle ou mauvaise pratique se définit comme une violation des recommandations de soins. Elle se produit lorsque le chirurgien-dentiste ne possède pas les connaissances ni la capacité suffisante afin d'agir prudemment, ou bien, lorsque qu'un chirurgien-dentiste, en dépit des connaissances et de l'expérience pratique agit de manière imprudente.

Si une faute professionnelle est avérée, la responsabilité civile et administrative du praticien est encourue.

Le suivi des standards de soin n'écarte pas l'aléa thérapeutique. Ce dernier se définit comme « un accident médical survenu sans responsabilité d'un professionnel ou d'un établissement de santé ».

Plusieurs éléments permettent de répondre aux standards de soins.

-Tous les actes, remarques orales ou écrites doivent être datés et enregistrés sur le dossier médical.

- Un questionnaire médical pré-opératoire doit être mené, afin de préciser les antécédents généraux mais aussi locaux. L'historique de la dent, la radiographie péri-apicale, l'examen parodontal orientent le diagnostic. Un diagnostic doit être posé.

-Une information claire doit être donnée au patient sur les risques et les bénéfices de la thérapeutique. Le refus de consentement du patient quant à la thérapeutique doit également être enregistré sur le dossier médical. Le patient est alors averti des conséquences en cas de non-traitement de la dent. L'information est fournie oralement et notée sur le dossier médical pendant toute la durée du traitement, notamment en cas de complication iatrogène.

-Lorsque l'anatomie ou la trajectoire canalaire ne sont pas respectées (perforation, butée, stripping, zipping, déchirure du foramen), le patient doit être informé des conséquences délétères possibles de l'acte, et des solutions thérapeutiques envisageables : surveillance périodique, intervention chirurgicale, avulsion, d'après l'article L1142-4 Code de Santé Publique.

- De même pour la fracture instrumentale, le patient est conseillé sur les alternatives thérapeutiques afin de pouvoir décider entre une prise en charge par un spécialiste, une surveillance périodique ou bien une résection apicale (79).
- L'ingestion ou l'inhalation d'un instrument doit être évitée par la pose d'une digue. Une reconstitution pré-endodontique permet la pose d'un clamp sur une dent délabrée. Si un tel accident survient, le praticien en informe le patient, assure le suivi médical et prend en charge les frais médicaux associés.
- Une légère sur-obturation ne constitue pas une faute professionnelle au contraire d'une volumineuse sur-extension. Une information sur des possibles douleurs post-opératoires est apportée au patient en cas de dépassement du matériel d'obturation dans les tissus péri-apicaux. Si la sur-obturation reste limitée, l'information risque davantage d'alarmer le patient. La sur-obturation est cependant notée sur le dossier médical.
- Le paiement et la prise en charge sont clarifiés avant d'engager le traitement. Si le traitement devient plus cher que prévu initialement, les raisons de ce changement sont expliquées.
- La qualité de la relation patient-praticien dépend de la qualité de la communication. Une écoute attentive mais dirigée améliore la compréhension de la requête du patient. Les questions fermées sont évitées.
- L'acte endodontique ne peut pas être garanti à cause de l'aléa thérapeutique qui plane sur les résultats de cet acte. Il n'y a donc pas d'obligation de résultat.

Conclusion

La thérapeutique endodontique est la combinaison d'une préparation chimique et mécanique de l'espace canalaire afin de faciliter le placement d'une obturation qui scelle de manière étanche le système canalaire dans son intégralité.

Ce traitement demeure délicat pour plusieurs raisons :

- Le manque de visibilité en particulier dans les secteurs postérieurs où seules les entrées canalaires se distinguent.
- La difficulté d'accès aux canaux des dents des secteurs postérieurs à cause de leur angulation et de l'ouverture buccale.
- La variabilité de l'anatomie dentaire.
- La fragilité, la petitesse et la spécificité de l'instrumentation.

La formation, la connaissance et l'expérience du praticien s'avèrent alors essentielles. Ce dernier doit aussi savoir déléguer si l'acte lui paraît difficile.

La prévention des complications per-opératoires commence par l'appréhension pré-opératoire des éventuelles difficultés anatomiques (analyse de la radiologie pré-opératoire) et des difficultés pathologiques (analyse du statut pulpaire pré-opératoire). L'information fournie par la radiographie reste néanmoins incomplète à cause de l'image bidimensionnelle qu'elle produit. Des aléas thérapeutiques sont toujours possibles en dépit des précautions prises. Si tel est le cas, l'opérateur doit d'abord en informer le patient, maîtriser la conduite à tenir et enfin assurer le suivi du traitement.

Malgré tout, les résultats des données épidémiologiques soulignent la rareté de l'incidence de la plupart de ces complications mais également le manque de données.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1. ABARCA AM, BUSTOS A et NAVIA M.**
A comparison of apical sealing and extrusion between thermafil and lateral condensation techniques.
J Endod 2001;27(11):670-672.
- 2. AESAERT G.**
Risques iatrogènes lors de l'obturation du système canalaire.
Rev Belge Med Dent 2000;55(2):104-123.
- 3. AHMAD IA.**
Rubber dam for endodontic treatment.
Int Endod J 2009;42(11):963-972.
- 4. ÄLLIET P et BERGHMANS J.**
Pièges à éviter lors du nettoyage et de la mise en forme de la cavité pulpaire.
Rev Belge Med Dent 1999;54(4):282-308.
- 5. BALDWIN VE, JARAD FD, BALMER C et coll.**
Inadvertent injection of sodium hypochlorite into the periradicular tissues during root canal treatment.
Dent Update 2009;36(1):14-19.
- 6. BARKHORDAR RA, GOODIS HE, WATANABE L et coll.**
Evaluation of temperature rise on the outer surface of teeth during root canal obturation technique.
Quintessence 1990;21(7):585-588.
- 7. BATAINEH ABD, AL-OMARI MAO et OWAIS AL.**
Arsenical necrosis of the jaws.
Int Endod J 1997;30(4):283-287.
- 8. BATTURM DE et GUTMANN JL.**
Implications, prevention and management of subcutaneous emphysema during endodontic treatment.
Endod Dent Traumatol 1995;11:109-114.
- 9. BATUR YB et ERSEV H.**
Five year follow-up of a root canal filling material in the maxillary sinus: a case report
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2008;106:e54-e56.
- 10. BEER R et BAUMANN MA.**
Atlas de poche d'endodontie.
Paris: Medecine Science Flammarion, 2008 :110-116-117-203-205.

- 11. BEHNIA A et MCDONALD NJ.**
In vitro infrared thermographic assessment of root surface temperatures generated by the thermafil plus system.
J Endod 2001;**27**(3):203-205.
- 12. BINHAS E.**
Le plateau de travail.
Inf Dent 1995;**77**(41):2541-2548.
- 13. BINHAS E et MACHTOU P.**
Guide pratique du contrôle de l'infection dentaire.
Paris: CDP,1991.
- 14. BLANAS N, KIENLE F et SANDOR GKB.**
Inferior alveolar nerve injury caused by thermoplastic gutta-percha overextension.
J Can Dent Assoc 2004;**70**(6):384-387.
- 15. BUYHA B, CHONG BS et PATEL S.**
Rubber dam in clinical practice.
Lond Engl 2008;**2**:131-141.
- 16. CAROTTE P.**
Endodontics: Part 6. Rubber dam and access cavities.
Br Dent J 2004;**197**(9):527-534.
- 17. CASELLA G et FERLITO S.**
The use of mineral trioxide aggregate in endodontics.
Minerva Stomatol 2006;**55**(3):123-143.
- 18. CASTELLI WA, CAFFESSE RG, PAMEIJER CH et coll.**
Periodontium response to a root canal condensing device (Endotec).
Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1991;**71**(3):333-337.
- 19. CHANDRA A.**
Discuss the factors that affect the outcome of endodontic treatment.
Aust Dent J 2009;**35**(2):98-107.
- 20. CHANG YZ, LIU MC, PAI CA et coll.**
Application of non-destructive impedance-based monitoring technique for cyclic fatigue evaluation of endodontic Nickel-Titanium rotary instruments.
Med Eng Phys 2011;**33**(5): 604-609.
- 21. COHEN S et BURNS RC.**
Pathways of the pulp.6ème ed.
Edition Mosby-year book,1994.

- 22. COLON P et GOLBERG M.**
Biodentine™: “vers une dentine synthétique en capsule?”
Cercle Dent Rev Prat Hos Univ 2010;**42**: 1-11.
- 23. COUNTINHO-FILHO T, DE-DEUS G, GURGLE-FILHO ED et coll.**
Evaluation of the risk of a stripping perforation with gates-glidden drills: serial versus crown-down sequences.
Braz Oral Res 2008;**22**(1):18-24.
- 24. DEL FABBRO M et TASCHIERI S.**
Endodontic therapy using magnification devices: a systematic review.
J Dent 2010;**38**(4):269-275.
- 25. DEL FABBRO M, TASCHIERI S, LODI G et coll.**
Magnification devices for endodontic therapy (Review).
Aust Dent J 2009;**54**(4):394-395.
- 26. DESAI P et VAN HIMEL V.**
Comparative safety of various intracanal irrigation systems.
J Endod 2009;**35**(4):545-549.
- 27. DIAS DE ANDRADE E, RANALI J, VOLPATA MC et coll.**
Allergic reaction after rubber dam placement.
J Endod 2000;**26**(2):182-183.
- 28. DI FIORE PM.**
A dosen ways to prevent nickel-titanium rotary instrument fracture.
J Am Dent Assoc 2007;**138** (2):196-200.
- 29. DOHERTY MAH, THOMAS MBM et DUMMER PMH.**
Sodium hypochlorite accident-a complication of poor access cavity design.
Dent Update 2009;**36**(1):7-12.
- 30. ELEFThERiADiS Gi et LAMBRIANiDiS TP.**
Technical quality of root canal treatment and detection of iatrogenic errors in an undergraduate dental clinic.
Int Endod J 2005;**38**(10):725-734.
- 31. EUROPEAN SOCIETY OF ENDODONTOLOGY.**
Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology.
Int Endod J 2006;**39**(12):921-930.
- 32. FANIBUNDA K, WITHWORTH J et STEELE J.**
The management of thermomechanically compacted gutta-percha in the inferior dental canal.
Br Dent J 1998;**184**(7):330-332.

- 33. FELIPPE MSC, FELIPPE WT, MARQUES MM et coll.**
The effect of renewal of calcium hydroxide paste on the apexification and periapical healing of teeth with incomplete root formation.
Int Endod J 2005;**38**(7):436-442.
- 34. FELIPPE WT, FELIPPE MSC et ROCHA JC.**
The effect of Mineral Trioxide Aggregate on the apexification and periapical healing of teeth with incomplete root formation.
Int Endod J 2006;**39**(1):2-9.
- 35. FROES FGB, MIRANDA AMMA, ABAD EDC et coll.**
Non-surgical management of paresthesia and pain associated with endodontic sealer extrusion into the mandibular canal.
Aust Endod J 2009;**35**(3):183-186.
- 36. FUSS Z, LUSTIG J, KATZ A et coll.**
An evaluation of endodontically treated vertical root fractured teeth: impact of operative procedures.
J Endod 2001;**27**(1):46-48.
- 37. GAUDY JF, CHARRIER JL, BILWEIS C et coll**
Anatomie clinique. Collection JPIO. 2ème ed.
Paris:CdP, 2008.
- 38. GENCOGLU N et HELVACIOGLU D.**
Comparison of the different techniques to remove fractured endodontic instruments from root canal systems.
Eur J Dent 2009;**3**:90-94.
- 39. GERNHARDT CR, EPPENDORF K, KOSLOWSKI A et coll.**
Toxicity of concentrated sodium hypochlorite used as an endodontic irrigant.
Int Endod J 2004;**37**(4):272-280.
- 40. GREENE KJ et KRELL KV.**
Clinical factors associated with ledged canals in maxillary and mandibular molars.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1990;**70**(4):490-497.
- 41. GURSOY UK, BOSTANCI V et KOSGER HH.**
Palatal mucosa necrosis because of accidental sodium hypochlorite injection instead of anaesthetic solution.
Int Endod J 2006;**39**(2):157-161.
- 42. GUTMANN JL, DUMSHA TC et coll.**
Problem solving in endodontics: prevention, identification et management.
St Louis: Mosby Year Book 1992.

- 43. HALES JJ, JACKSON CR, EVERETT AP et coll.**
Treatment protocol for the management of a sodium hypochlorite accident during endodontic therapy.
Gen Dent 2001;**49**(3):278-281.
- 44. HARREL SK et MOLINARI J.**
Aerosols and splatter in dentistry: A brief review of the literature and infection control implications.
J Am Dent Assoc 2004;**135**(4):429-437.
- 45. HASAN G, IMAD MS, CEM S et coll.**
Management of arsenic trioxide necrosis in the maxilla.
J Endod 2004;**30**(10):732-736.
- 46. HAUMANN CHJ, CHANDLER NP et TONG DC.**
Endodontic implications of the maxillary sinus: a review
Int Endod J 2002;**35**(2): 127-141.
- 47. HAUTE AUTORITÉ DE SANTÉ.**
Traitement endodontique. Texte court du rapport d'évaluation technologique, septembre 2008.
<http://www.has-sante.fr>
- 48. HÜLSMANN M et HAHN W.**
Complications during root canal irrigation-literature review and case reports.
Int Endod J 2000;**33**(3):186-193.
- 49. JAFARZADEH H et ABOTT PV.**
Ledge formation: review of a great challenge in endodontics.
J Endod 2007;**33**(10):1155-1162.
- 50. JAVABERI HH et JAVABERI HGA.**
A comparison of three NiTi rotary instruments in apical transportation.
J Endod 2007;**33**(3):284-286.
- 51. JOHNSON BR.**
Endodontic access.
Gen Dent (special endodontic section) 2009;**57**(6):570-577.
- 52. KABALAN M, NAAMAN A et NEHME W.**
Comparaison in Vitro de trois systèmes d'irrigation:Endovac®, Rinsendo® et seringue pour l'élimination des débris intracanaux.
J Endod 2009;**35**(4):545-549.
- 53. KAPALAS A et LAMBRIANIDIS T.**
Factors associated with root canal ledging during instrumentation.
Endod Dent Traumatol 2000;**16**(5):229-231.

- 54. KAUFMANN AY.**
Accidental ingestion of an endodontic instrument.
Quintessence 1978;**9**(5):83-84.
- 55. KFIR A, ROSENBERG E, ZUCKERMANN O et coll.**
Comparison of procedural errors during root canal preparation completed by junior dental students in patients using an « 8-step method » versus « serial step back technique ».
Int Endod J 2003;**36**(1):49-53.
- 56. KHABBAZ MG, PROTOGEROU E et DOUKA E.**
Radiographic quality of root fillings performed by undergraduate students.
Int Endod J 2010;**43**(6):499-508.
- 57. KIM HC, LEE MH, YUM J et coll.**
Potential relationship between design of Nickel-Titanium rotary instrument and vertical root fracture.
J Endod 2010;**36**(7):1195-1198.
- 58. KLEIER DJ, AVERBACH RE et MEDHIPOUR O.**
The Sodium Hypochlorite accident: Experience of diplomates of the American Board of Endodontics.
J Endod 2008;**34**(11):1346-1350.
- 59. KOSTI E et LAMBRIANIDIS T.**
Endodontic treatment in case of allergic reaction to rubber dam.
J Endod 2002;**8**(11):787-789.
- 60. KUMAR S, ATRAY D, PAIWAL D et coll.**
Dental unit waterlines : sources of contamination and cross-infection.
J Hosp Infect 2010;**74**(2) :99-111.
- 61. KUOS C et CHEN YL.**
Accidental swallowing of an endodontic file.
Int Endod J 2008;**41**(7):617-622.
- 62. LAMBRIANIDIS T et BELTES P.**
Accidental of swallowing endodontic instruments.
Endod Dent Traumatol 1996;**12**(6):301-304.
- 63. LEE FS, VAN CURA JE et BEGOLE E.**
A comparison of root surface temperatures using different obturation heat sources.
J Endod 1998;**24**(9):617-620.
- 64. LIPSKI M.**
Root surface temperature rises in vitro during root canal obturation Using Hybrid and microseal Techniques.
J Endod 2005;**31**(4):297-300.

- 65. LIPSKI M.**
In vitro infrared thermographic assessment of root surface temperatures generated by high-temperature thermoplasticized injectable Gutta-percha Obturation Technique.
J Endod 2006;**32**(5):438-440.
- 66. MADARATI AA, WATTS DC et coll.**
Opinions and attitudes of endodontists and general dental practitioners in the UK towards intra-canal fracture of endodontic instruments. Part 2.
Int Endod J 2008;**41**(12):1079–1087.
- 67. MAHRAN AH et ABO EL-FOTOUHH MM.**
Comparison of Effects of protaper, heroshaper, and glidden gates burs on cervical dentin thickness and root canal volume by using multislice computed tomography.
J Endod 2008;**34**(10):1219-1222.
- 68. MEDHIPOUR O, KLEIER DJ et AVERBACH RE.**
Anatomy of sodium hypochlorite accident.
Compend 2007;**28**(10):544-550.
- 69. MEISTER F, LOMMEL TJ et GERSTEIN H.**
Diagnosis and possible causes of vertical root fractures.
Oral Surg 1980;**49**(3):243-253.
- 70. MENSI M, PICCIONI M, MARSILI F et coll.**
Risk of maxillary fungus ball in patients with endodontic treatment on maxillary teeth: a case control-study.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2007;**103**(3):433-436.
- 71. MENTE J, HAGE N, PFEFFERLE T et coll.**
Mineral Trioxide Aggregate apical plugs in teeth with open apical Foramina: a retrospective analysis of treatment outcome.
J Endod 2009;**35**(10):1354-1358.
- 72. MITCHELL RP, YANG SE et BAUMGARTNER JC.**
Comparison of apical extrusion of NaOCl using the endovac or needle irrigation of root canals.
J Endod 2010;**36**(2):338-341.
- 73. MOSHONOV J, MICHAELI E et NAHLIELI O.**
Endoscopic root treatment.
Quintessence 2009;**40**(9):739-744.
- 74. MOTAMEDI MHK.**
Surgical management of root iatrogenic perforation following endodontic therapy.
NY State Dent J 2006;**72**(5):40-41.

75. MOTTA MV, CHAVES-MENDONCA MAL, STIRTON CG et coll.

Accidental injection with sodium hypochlorite: report of a case.
Int Endod J 2009;**42**(2):175-182.

76. NG Y-L, MANN V et GULABIVALA K.

Outcome of secondary root canal treatment: a systematic review of the literature.
Int Endod J 2008;**41**(12):1026-1046.

77. NORO A, KAMEYAMA A et coll.

Clinical usefulness of "Isolite plus" for oral environment of Japanese people.
Bull Tokyo Dent Coll 2009; **50**(3): 149-155.

78. PANKHURST CL et COULTER WA.

Do contaminated dental unit waterlines pose a risk of infection?
J Dent 2007;**35**(9):712-720.

79. PARASHOS P et MESSER HH.

Rotary NiTi instrument fracture and its consequences.
J Endod 2006;**32**(11):1031-1043.

80. PARKAR A, MEDHURST C, IRBASH M et coll.

Periorbital oedema and surgical emphysema, an unusual complication of a dental procedure: a case report.
Cases J 2009;**2**:8108.

81. PATSANDRA PSL, PALAMARA JE et MESSER HH.

Fracture strength of tooth roots following canal preparation by hand and rotary instrumentation.
J Endod 2005;**31**(7):529-532.

82. PENG L, YE L, TAN H et coll.

Outcome of root canal obturation by warm gutta-percha versus cold lateral condensation: A meta-analysis.
J Endod 2007;**33**(2):106-109.

83. POGREL A.

Damage to the inferior alveolar nerve as a result of root canal therapy.
J Am Dent Assoc 2007;**138**(1):65-69.

84. SAUNDERS EM.

In vivo findings associated with heat generation during thermomechanical compaction of gutta-percha. Part I. Temperature levels at the external surface of the root.
Int Endod J 1990a;**23**(5):263-267.

85. SAUNDERS EM.

In vivo findings associated with heat generation during thermomechanical compaction of gutta-percha. Part II. Histological response to temperature elevation on the external surface of the root. *Int Endod J* 1990b;**23**(5):268-274.

86. SIMON S.

Endodontie. Volume 1:traitements.Collection Memento. Paris : CDP, 2008.

87. SINGH M, PEPPER T, KIANI H et coll.

Lost file?
Br Dent J 2008;**205**(12):638-639.

88. SMATT Y, BROWAEYS H, GENAY A et coll.

Iatrogenic pneumomediastinum and facial emphysema after endodontic treatment.
Br J Oral Maxillofac Surg 2003;**42**(2):160-162.

89. STADLER LE, WENBERG ALF et coll.

Instrumentation of the curved canal using filing or reaming technique-a clinical study of technical complications.
Swed Dent J 1986;10:37-43.

90. STEFOPOULOS S, TSASTAAS DV, KEREZOUDIS NP et coll.

Comparative in vitro Study of sealing ability efficiency of white versus grey Pro Root MTA formulas as apical barrier.
Dent Traumatol 2008;**24**(2):207-213.

91. SUSINI G, POMMEL L et CAMPS J.

Accidental ingestion of root canal instruments and other dental foreign bodies in a French population.
Int Endod J 2007;**40**(8):585-589.

92. TAINTOR JF, VALLE G et BIESTERFIELD RC.

Prevention and treatment of root canal ledges.
Dent Surv 1980;**56**(4):48-56.

93. TAMSE A.

Iatrogenic vertical root fractures in endodontically treated teeth.
Endod Dent Traumatol 1988;**4**(5):190-196.

94. TESIS I, ROSEN E, TAMSE A et coll.

Diagnosis of vertical root fractures in endodontically treated teeth based on clinical and radiographic indices: a systematic review.
J Endod 2010;**36**(9):1455-1458.

- 95. VENTURI M, PASQUANTONIO G, FALCONI M et coll.**
Temperature change within gutta-percha induced by the system-B Heat Source.
Int Endod J 2002;**35**(9):740-746.
- 96. VERCHERE L et VERCHERE M.**
Dictionnaire d'odonto-stomatologie français-anglais.
Paris : CILF, 2004.
- 97. WILCOX LR, ROSKELLEY C et SUTTON T.**
The relationship of root canal enlargement to finger-spreader induced vertical root fracture.
J Endod 1997;**23**(8):533-534.
- 98. WITTON R, HENTHORN K, ETHUNANDAN M et coll.**
Neurological complications following extrusion of sodium hypochlorite solution during root canal treatment.
Int Endod J 2005;**38**(11):843-848.
- 99. YAVUZ MS, SIMSEK KAYA G, YALCIN E et coll.**
Mandibular bone necrosis caused by the use of arsenic paste during endodontic treatment: 2 cases report.
Int Endod J 2008;**41**(7):633-637.
- 100. YILDIRIM G et DALCI K.**
Treatment of lateral root perforation with mineral trioxide aggregate: a case report.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2006;**102**(5):e55-e58.
- 101. ZADIK Y, SANDLER V, BECHOR R et coll.**
Analysis of factors related to extraction of endodontically treated teeth.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2008;**106**(5):31-35.
- 102. ZITZMANN NU, FRIED R et coll.**
Ingestion et inhalation de corps étrangers.
Schweiz Monatsschr Zahnmed 2000;**110**(6):628-632.
- 103. ZHOU X, CHEN Y, WEI X et coll.**
Heat transfers to periodontal tissues and gutta-percha during thermoplasticized root canal obturation in a finite element analysis model.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2010;**110**(2):257-263.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure n°1: radiographie abdominale antéro-postérieure prise après ingestion d'un instrument endodontique.

Figure n°2: photographie d'éléments déjà ingérés ou inhalés.

Figure N°3: schéma de la position anti-Trendelenbourg

<http://www.google.fr/search?hl=fr&client=firefox-a&hs=dmR&rls=org.mozilla:fr:official&q=position+anti-trendelenbourg>

Figure n°4: photographie du système "Isolite plus" de la marque "Isolite System".

Figure n°5: photographie d'une pose de digue sur la dent n°46.

Figure n°6: photographies du matériel nécessaire lors de l'étape de la pose du champ opératoire.

Figure n°7 : radiographie d'une dent n°46 présentant une fracture instrumentale instrument S1 Protaper dans le canal mésio-lingual.

Figure n°8: radiographie d'une dent n°16 présentant une fracture dans le canal mésio-vestibulaire d'un instrument S1 Protaper.

Figure n°9: image du kit complet de Masseran.

<http://www.micro-mega.com/anglais/produits/masseran/index.php>

Figure n°10: image du piézzotome ProUltra ENDO de Dentsply® avec les embouts ultrasonores.

<http://www.dentsply.co.uk/Products/Endodontics/Ultrasonics/ProUltra-Endodontics.aspx>

Figure N°11: image d'une perforation du plancher lors de la réalisation de la cavité d'accès.

<http://www.google.fr/search?q=pulp+floor+perforation+repair>

Figure N°12: image d'une butée.

Figure N°13: radiographie d'une butée sur une dent n°17.

Figure N°14: radiographie d'une dent n° 46 présentant deux faux canaux mésiaux.

Figure N°15: schéma d'un stripping, d'un zipping et d'une butée.

Figure N°16: arbre décisionnel pour le traitement des strippings.

Figure N°17: schéma d'un zipping.

Figure N°18: photo d'une injection accidentelle d'hypochlorite de sodium dans les tissus mous à la place d'une solution anesthésique.

Figure N°19: photo d'une complication lors de l'irrigation à l'hypochlorite de sodium.

Figure N°20: photographie du défaut osseux après élimination de la zone de nécrose.

Figure N°21: radiographie panoramique du défaut osseux volumineux après élimination de la zone de nécrose.

Figure N°22: scanner montrant une présence d'air dans les tissus mous de la région génienne et rétro-pharyngée et pérимандibulaire.

Figure N°23: radiographie d'un dépassement volumineux de pâte d'obturation sur la dent n°25 indiquant une sur-extension.

Figure N°24: radiographie panoramique montrant un volumineux dépassement de pâte d'obturation de la dent n°25 dans le sinus ayant entraîné une symptomatologie sinusienne.

Figure N°25: Radiographie rétroalvéolaire péri-apicale et image scannographique de la dent N°37 présentant un dépassement de pâte d'obturation dans le canal mandibulaire.

TABLE DES TABLEAUX

Tableau n°1: récapitulatif de comparaison des propriétés des différents ciments.

Tableau n°2: récapitulatif des résultats d'études sur les butées

Tableau n°3: récapitulatif des études sur la détection des erreurs iatrogènes.

Tableau n°4: résultats d'études sur l'effet de la chaleur sur les tissus péri-radiculaires.