



<http://portaildoc.univ-lyon1.fr>

Creative commons : Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale -  
Pas de Modification 2.0 France (CC BY-NC-ND 2.0)



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr>

**Université Claude Bernard Lyon 1**  
**Faculté d'Odontologie**

**Année 2022-2023**

**Mémoire pour l'A.E.U. d'Endodontie**

**Mohamed Riad Samy MAHLOUS**  
Né le 30-01-1989 à Hussein Dey ALGER

**APEXIFICATION**



Université Claude Bernard Lyon 1  
Faculté d'Odontologie

Année **2022-2023**

Mémoire pour l'**A.E.U. d'Endodontie**

**Mohamed Riad Samy MAHLOUS**  
Né le 30-01-1989 à Hussein Dey ALGER

**APEXIFICATION**

# SOMMAIRE

Introduction :.....	04
1-Rappels anatomiques :.....	05
2 - PHYSIOLOGIE DE LA DENT PERMANENTE IMMATURE :.....	05
3 - APEXIFICATION :.....	06
3.1 - Définition :.....	06
3.2 - Indications :.....	06
3.2.1 - Anamnèse :.....	06
3.2.2 - Examen clinique :.....	06
3.2.3 - Examen radiographique :.....	07
3.2.4 - Problématique :.....	07
3.2.5 - Objectifs :.....	07
4 - L'APEXIFICATION au Ca(OH) <sub>2</sub> :.....	08
4.1 - L'objectif :.....	08
4.2 - Protocole clinique :.....	08
4.2.1 - Première séance :.....	08
4.2.2 - Séances intermédiaires :.....	10
4.2.3 - Dernière séance :.....	11
4.3 - Les avantages de la thérapeutique :.....	11
4.4 - Les inconvénients :.....	11
5 - L'APEXIFICATION AU MTA :.....	12
5.1- MTA :.....	12
5.2 - Le MTA dans les ciments dentaires :.....	13

<b>5.3 - Propriétés du MTA :</b>	<b>14</b>
<b>5.4 - Protocole clinique :</b>	<b>14</b>
<b>5.4.1 - première séance :</b>	<b>14</b>
<b>5.4.2 - deuxième séance :</b>	<b>16</b>
<b>6 - LA REVASCULARISATION :</b>	<b>19</b>
<b>6.1 - Principe :</b>	<b>20</b>
<b>6.2 - Protocole clinique :</b>	<b>20</b>
<b>6.2.1 - 1ère séance :</b>	<b>20</b>
<b>6.2.2 - 2eme séance :</b>	<b>21</b>
<b>6.3 - Résultats :</b>	<b>22</b>
<b>7 - APEXIFICATION OU REVITALISATION :</b>	<b>22</b>
<b>7.1-Critères de choix :</b>	<b>22</b>
<b>7.1.1 - Le Gradient thérapeutique en endodontie :</b>	<b>22</b>
<b>7.1.2 - La Biomécanique de la dent :</b>	<b>23</b>
<b>7.1.3 - L'étiologie de la nécrose pulpaire :</b>	<b>23</b>
<b>7.1.4 - La Compliance du patient :</b>	<b>23</b>
<b>CONCLUSION :</b>	<b>24</b>

## Introduction :

Le traitement endodontique d'une dent permanente immature est problématique, essentiellement pour des raisons techniques. Car au fond, les objectifs à atteindre sont toujours les mêmes.

Apexogénèse, Apexification, revascularisation... autant de techniques opératoires souvent citées pour traiter la dent immature. Mais de quoi s'agit-il exactement ?

Une confusion est souvent faite entre Apexogénèse et Apexification. Pourtant, elles n'ont rien à voir.

Apexogénèse est un processus biologique qui est responsable de la formation de l'apex de la dent.

C'est donc un processus biologique, physiologique, du développement initial de la dent. Cette apexogénèse est assurée par les cellules souches de la pulpe qui se différencient (autrement dit, se transforment) en odontoblastes pour fabriquer de la dentine.

L'édification radiculaire se poursuit sur une certaine longueur. Puis, cette longueur atteinte, une inflexion s'opère pour procéder à la fermeture apicale de la racine. C'est ce processus que l'on appelle APEXOGÉNÈSE.

On voit donc bien que cela n'a rien à voir avec une thérapeutique. Contrairement à l'APEXIFICATION.

Pour s'opérer, il faut que la pulpe soit vivante. En présence d'une pathologie carieuse ou d'une exposition traumatique, la pulpotomie partielle ou totale (ou cervicale) peuvent être mises en œuvre dans le but de conserver la pulpe vivante, et permettre ainsi à l'apexogénèse de se mettre en place.

C'est pour cela que l'on devrait parler, dans l'absolu, de « thérapeutiques permettant l'apexogénèse » et non pas de traitement d'apexogénèse qui sur le plan sémantique ne veut pas dire grand-chose.

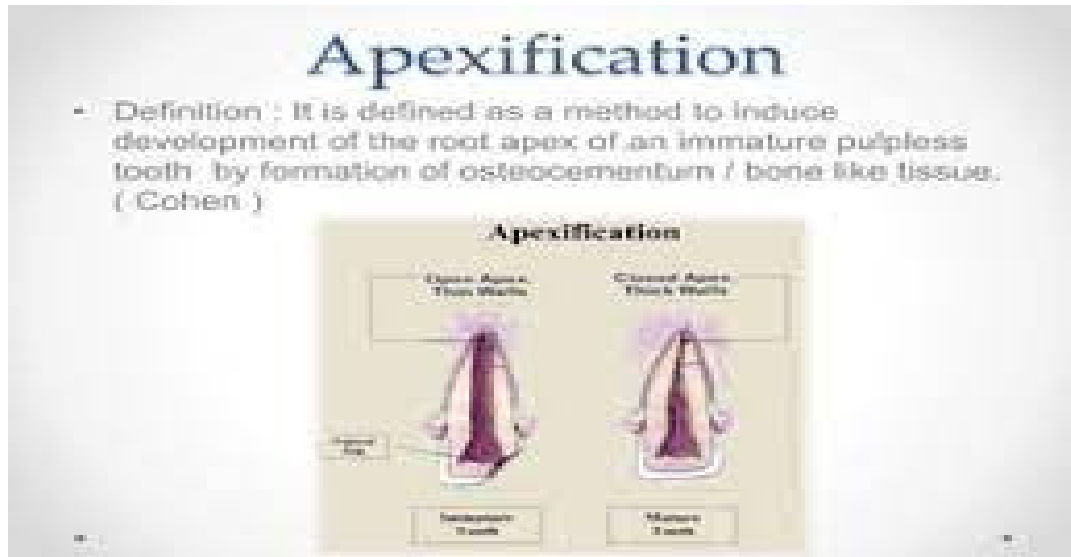
A un stade plus avancé des pathologies, la pulpe peut se nécroser. Il n'y a donc plus de cellules susceptibles de poursuivre le développement de la dent. La racine reste donc dans un état « immature » – racine courte, parois fines et surtout diamètre foraminaux (si tant est que l'on puisse parler de foramen à ce stade) très large. Et parce que ce foramen est très large, les procédures conventionnelles utilisées en endodontie ne sont pas applicables. On comprend bien dans un cas comme celui-ci qu'obtenir une conicité est illusoire et que la compaction verticale de gutta percha est impossible.



## 1-Rappels anatomiques :

Thérapeutique endodontique effectuée sur une racine à apex ouvert et à pulpe nécrosée, du fait d'une évolution incomplète, d'un événement iatrogène ou d'une résorption.

Elle vise à induire l'édification d'une barrière apicale minéralisée afin de permettre l'obturation définitive du réseau canalaire confinée dans l'espace canalaire (Collège national des enseignants en odontologie conservatrice et endodontie, 2010)

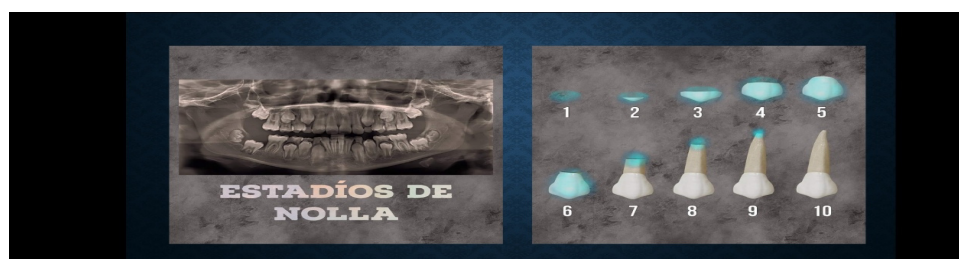


## 2 - PHYSIOLOGIE DE LA DENT PERMANENTE IMMATURE :

- L'édification radiculaire (radiculogénèse ou rhizagénèse) est notamment sous la dépendance de la gaine de Hertwig et des interactions épithélio-mésenchymateuses.

- L'éruption de la dent permanente survient alors que la dent est encore immature (Stade 8 de la classification du développement des dents permanentes de C.M. Nolla (1960) ).

- Selon la classification de Nolla, l'édification radiculaire débute au stade 6 et se poursuit jusqu'au stade 10 qui représente la fermeture apicale.





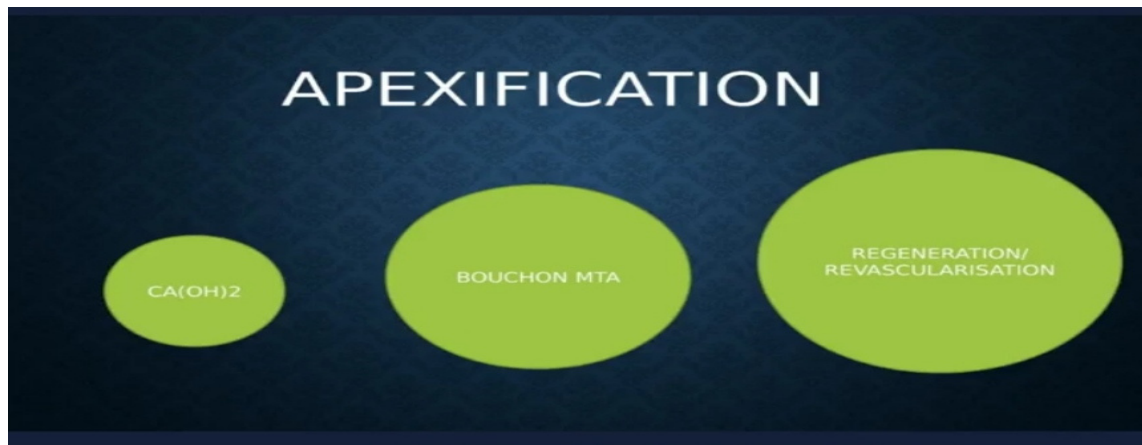
C'est dans ces cas que l'on met en œuvre une procédure d'apexification. L'objectif est de fermer le canal dans son tiers apical autrement qu'avec de la gutta percha.

Cette barrière peut être obtenue de différentes façons :

Soit en induisant une fermeture biologique minéralisée.

Soit en créant un bouchon apical avec un matériau approprié.

Soit la technique de revascularisation ou régénération.



### **3 - APEXIFICATION :**

#### **3.1 - Définition :**

Les thérapeutiques d'apexification sont limitées aux dents immatures à pulpe nécrosée. La nécrose pulpaire a pour conséquence un arrêt de l'édification radiculaire.

#### **3.2 - Indications :**

Le diagnostic de nécrose pulpaire repose sur le recueil de plusieurs données.

##### **3.2.1 - Anamnèse :**

Antécédents de symptomatologie (douleurs aiguës), tuméfaction, apparition d'un ostium fistulaire.

##### **3.2.2 - Examen clinique :**

- L'objectivation d'un changement de couleur de la couronne de la dent.
- La présence d'une voussure vestibulaire ou d'un ostium fistulaire.
- Le test de sensibilité pulpaire négatif.
- Le test de percussion peut être positif.

### 3.2.3 - Examen radiographique :

- Dent immature : stades 7, 8, 9 selon la classification de Nolla.
- Présence possible d'une lésion apicale.
- Un critère de certitude est de comparer le degré de maturation apicale avec la dent Controlatérale.

### 3.2.4 - Problématique :

Les difficultés de la situation clinique :

- 1 - L'orifice apical est souvent aussi large que l'entrée canalaire : ce qui accroît nettement le risque d'extrusion du matériel d'obturation dans la zone périapicale.
- 2- L'étanchéité apicale va être difficile à obtenir, pas de scellement apical.
- 3 - Les parois fines canalaires sont fragiles et plus susceptibles à la fracture.

### 3.2.5 - Objectifs :

- Elimination du foyer infectieux.
- Permettre une obturation étanche et pérenne du système endodontique.
- Renforcement des structures résiduelles.

## Analysis of clinical studies related to apexification techniques

### ABSTRACT

**Aim** The aim of this study was to gather all the clinical studies regarding apexification and artificial apical barrier techniques, point out the possible differences of the clinical procedures and investigate how these are changing over time.

**Materials and methods** An electronic search was carried out in PubMed, covering the period from March 1968 to July 2015. More articles were retrieved by hand-searching or by the reference section of the included articles. Specific criteria were set in order to determine the relevance of each study.

**Results** One hundred and thirty eight articles were included, 53% of them concerned apexification with MTA plug. Long term apexification studies demonstrated 13% for a single change of the intracanal medicament and 85% for two or more. In 13% of the studies concerning artificial apical plug, the procedure included a single visit. Calcium hydroxide was left in the root canal for 3–12 months in 59% of the long term apexification studies, for 12–24 in 42% and for 24 months or more in 10%.

**Conclusion** Both techniques can lead to favourable clinical outcomes. There is a tendency for the artificial apical barrier apexification over the years, which usually includes the use of intracanal medicament for a short time.

**Keywords** Apexification; Calcium hydroxide; MTA; Open apex.

A. Agrafioti, D.G. Giannakoulas\*, C.G. Filippatos, E.G. Kontakiotis

Department of Endodontics, School of Dentistry, National and Kapodistrian University of Athens, Athens, Greece

\*School of Dentistry, National and Kapodistrian University of Athens, Athens, Greece

email: agrafiot@dent.uoa.gr

DOI: 10.23804/ejpd.2017.18.04.03

## **4 - L'APEXIFICATION au Ca(OH)<sub>2</sub> :**

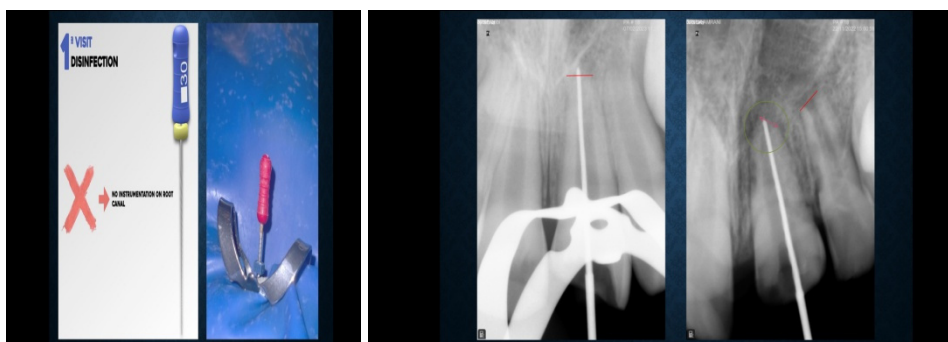
### **4.1 - L'objectif :**

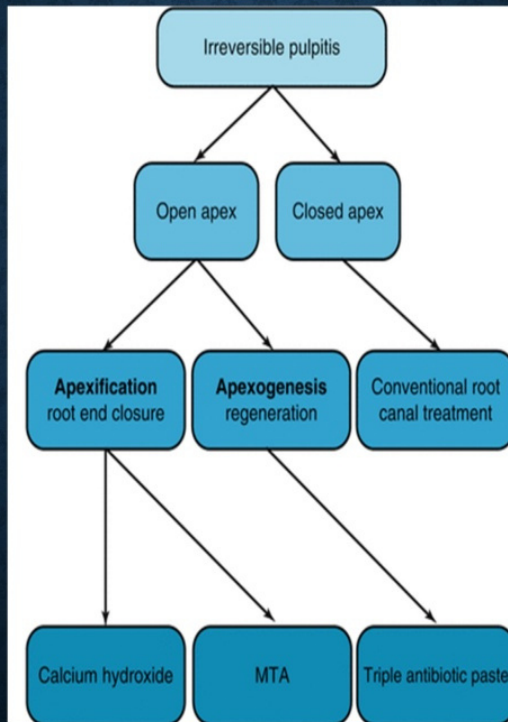
L'objectif est de stimuler les cellules parodontales à former une barrière minéralisée en plaçant et renouvelant de l'hydroxyde de calcium dans le canal de la dent à traiter. Après plusieurs mois et plusieurs renouvellement tous les trois mois, on obtient, dans les cas les plus favorables, une fermeture du canal avec une barrière plus ou moins épaisse. Une fois le canal est fermé au niveau apical, on obture avec de la gutta percha, ou utilise les différentes techniques d'obturation tel la condensation hydraulique, thermocompactage, verticale à chaud.

### **4.2 - Protocole clinique :**

#### **4.2.1 - Première séance :**

- Anesthésie, pose et désinfection du champ opératoire.
- Cavité d'accès puis détermination de la longueur de travail.
- Le canal est nettoyé et désinfecté.
- Mise en place du matériaux intra-canaire au Ca(OH)<sub>2</sub> (consistance crémeuse).
- Les excès d'humidité sont séchés avec des cônes de papier.
- Restauration coronaire temporaire type ciment verre ionomère.
- Radiographie rétro-alvéolaire (doit objectiver la mise en place uniforme du Ca(OH)<sub>2</sub>).





Review > J Formos Med Assoc. 2016 Jul;115(7):523-30. doi: 10.1016/j.jfma.2016.01.010.  
Epub 2016 Feb 22.

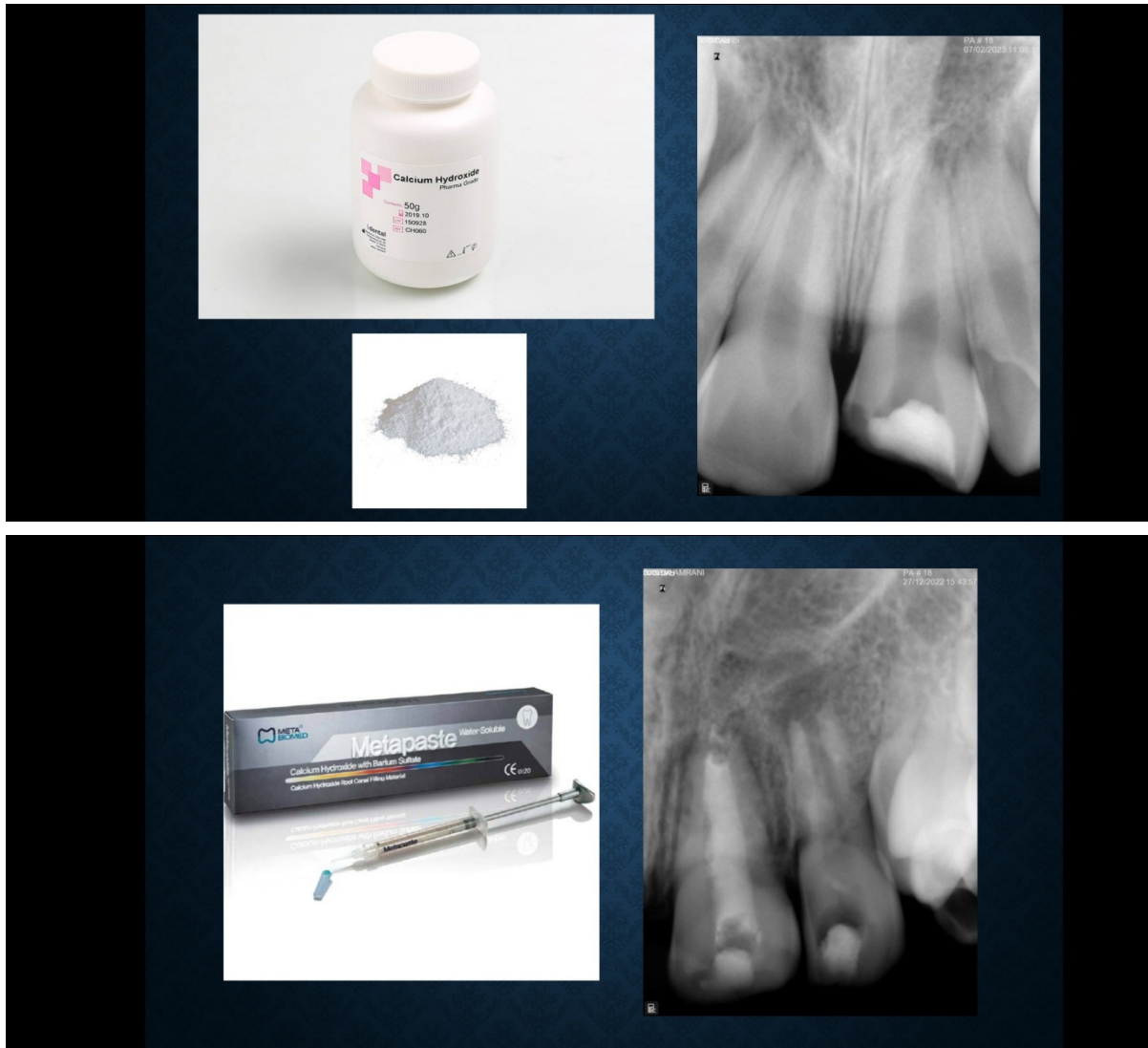
### Comparison of mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide for apexification of immature permanent teeth: A systematic review and meta-analysis

Jia-Cheng Lin <sup>1</sup>, Jia-Xuan Lu <sup>1</sup>, Qian Zeng <sup>1</sup>, Wei Zhao <sup>1</sup>, Wen-Qing Li <sup>1</sup>, Jun-Qi Ling <sup>2</sup>

Affiliations + expand

PMID: 26911724 DOI: 10.1016/j.jfma.2016.01.010

**Conclusion:** While both materials provide similar success rates, the shorter treatment time with MTA may translate into higher overall success rates because of better patient compliance.



#### **4.2.2 - Séances intermédiaires :**

- Le patient est revu tous les 3 mois.
- Une radiographie rétro-alvéolaire est réalisée systématiquement afin de savoir si le  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  intra-canalair s'est dissout et nécessite un renouvellement et si une barrière apicale est formée.
- Il n'existe pas vraiment de consensus sur le renouvellement du  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  : certains auteurs considèrent qu'il faut renouveler systématiquement le  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  tous les 3 mois, d'autres qu'il faut le renouveler seulement si la dissolution est objectivée sur la radiographie.

#### 4.2.3 - Dernière séance :

- En cas d'objectivation d'une barrière minéralisée apicale (radiographiquement et Cliniquement) :
- Anesthésie; pose du champ opératoire, désinfection, dépose du matériau de restauration Temporaire.
- Irrigation et élimination du  $\text{Ca(OH)}_2$  intra-canalair
- La qualité de la barrière apicale est ensuite testée par pression douce d'un instrument Manuel.
- L'obturation canalair peut ensuite être envisagée.

#### 4.3 - Les avantages de la thérapeutique :

sont les suivants :

- le taux de succès thérapeutique est en moyenne de 95% (Bakland 2012).
- Le  $\text{Ca(OH)}_2$  est un matériau peu cher.
- Cette thérapeutique nécessite un nombre de séances important (tous les 3 mois) ce qui nécessite une certaine compliance du patient.
- La durée moyenne de la thérapeutique augmenterait en présence d'une lésion périapicale ou d'une symptomatologie préopératoires.

#### 4.4 - Les inconvénients :

- Longue durée.
- Mauvaise compliance de la part du patient.
- L'absence de la restauration coronaire définitive augmente le risque de perte de la restauration temporaire et de réinfection du réseau canalair.
- Enfin le risque de fracture radiculaire est majoré à cause de la diminution des propriétés mécaniques de la dentine ayant été en contact prolongé avec du  $\text{Ca(OH)}_2$ .

**Induire une fermeture biologique.**

- Longue durée
- Mauvaise compliance de la part du patient
- Risque de fracture radiculaire

Comparative Study > Dent Traumatol. 2006 Jun;22(3):154-6.  
doi: 10.1111/j.1600-9657.2006.00419.x

**Comparison of fracture resistance in root canals of immature sheep teeth after filling with calcium hydroxide or MTA**

Jens Ove Andreasen <sup>1</sup>, Erik Christian Munksgaard, Leif K Bakland

The slide features two radiographic images of teeth on the right side. The top image shows a root canal filled with a material. The bottom image shows a similar root canal, but with a green circle highlighting a fracture line extending from the root canal area down the length of the root.

## 5 - L'APEXIFICATION AU MTA :

### 5.1- MTA :

Le MTA a été développé en 1993 à l'Université Loma Linda en Californie (School of Dentistry, Department of Endodontics) par M.Torabinejad et coll., et breveté en 1995. Après de nombreux essais précliniques, le MTA a été approuvé en 1997 aux USA par la Food and Drug Administration (FDA) pour une utilisation chez l'homme. La commercialisation a été réalisée en 1998 sous le nom protégé de ProRoot MTA (Tulsa Dental Products, aujourd'hui Dentsply Tulsa Dental Specialities, Tulsa/Oklahoma, USA).

Le MTA d'origine avait une couleur grise et a été produit jusqu'en 2002. Dès 2001, un MTA blanc a été produit et commercialisé par la même société. Comme la réussite clinique du MTA s'est manifestée rapidement, de nombreux produits d'imitation ont été commercialisés dans le monde entier au cours des années suivantes.

Cependant, il est important de signaler ici que la plupart des études en expérimentation animale et des essais cliniques ont été réalisés avec le produit original.

Au fil des années, le matériel dentaire a évolué, éliminant et incorporant de nouveaux matériaux. C'est le cas du ciment MTA (son acronyme en anglais correspond à "agrégat de trioxyde minéral"). Le trioxyde minéral est un matériau indiqué pour les obturations rétrogrades, dans l'application des apicectomies et comme barrière isolante qui permet la restauration d'une dent lorsqu'une communication avec le parodonte a été établie avant les traitements stomatologiques.



## 5.2 - Le MTA dans les ciments dentaires :

L'utilisation du MTA en endodontie a augmenté, car il favorise la formation osseuse et facilite la régénération du ligament parodontal sans provoquer d'inflammation. Grâce à ses propriétés, l'agrégat de trioxyde minéral (MTA), est utilisé comme matériau pour rendre étanches les voies de communication entre le système canalaire et les tissus périradiculaires. De plus, il a des effets antibactériens et une faible résistance à la compression, ce qui en fait un produit idéal pour une utilisation en endodontie.

Ce matériau non résorbable, étanche en milieu humide, représente un matériau de choix pour l'apexification et l'obturation des dents permanentes immatures.

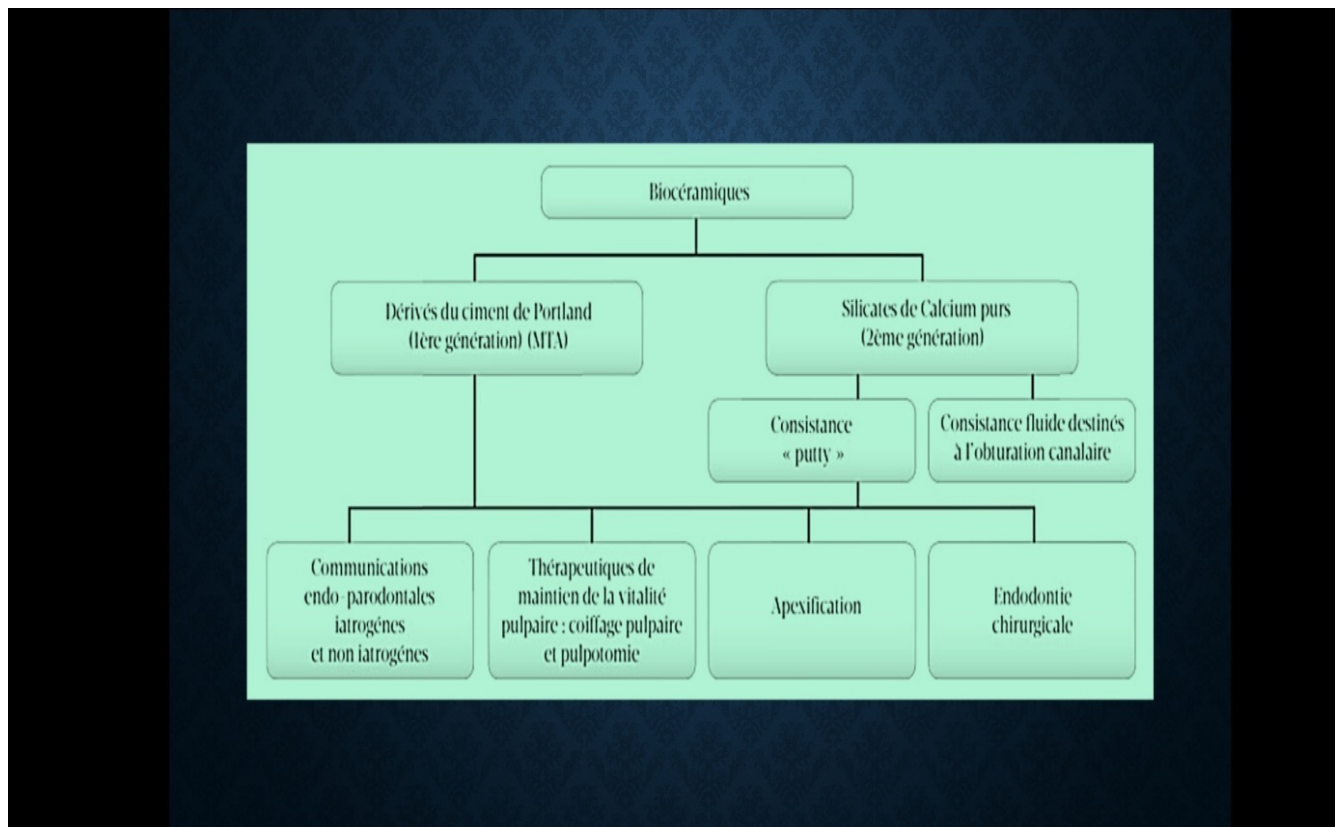
**Mettre en place un bouchon apical:**

- Gain de temps
- Renforcement de la dent

Randomized Controlled Trial > Int Endod J. 2007 Mar;40(3):186-97.  
doi: 10.1111/j.1365-2591.2007.01214.x

**The use of mineral trioxide aggregate in one-visit apexification treatment: a prospective study**

S Simon<sup>1</sup>, F Rilliard, A Berdal, P Machtou





### 5.3 - Propriétés du MTA :

- le temps de prise est de 3 ou 4 heures.
- Faible solubilité.
- PH basique ( 12,5).
- Bonne radio-opacité.
- Etanchéité excellente.
- Propriétés anti bactériennes.
- Propriétés anti-inflammatoires.
- Matériau biocompatible et bioactif.

**Classification des ciments hydrauliques : selon leur composition chimique**

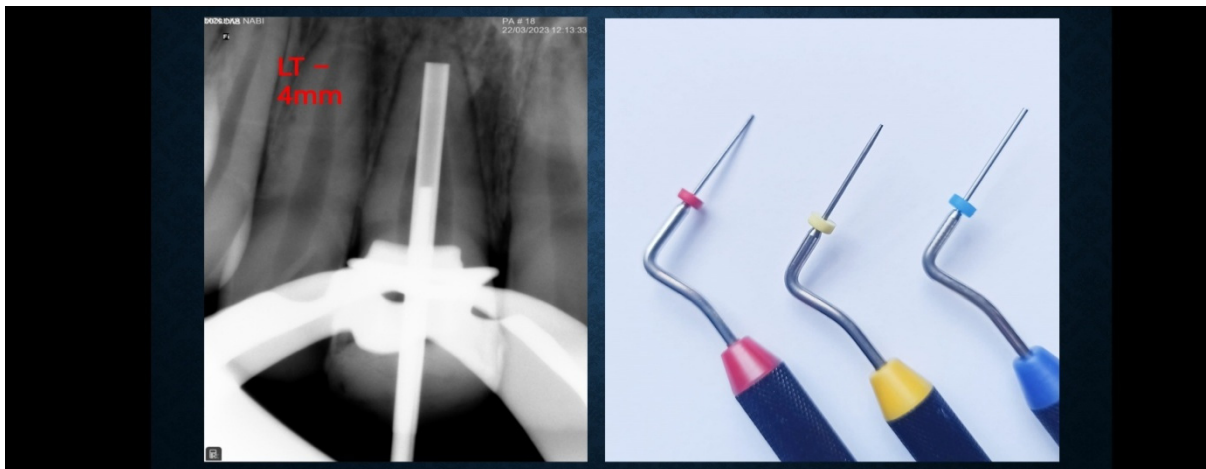
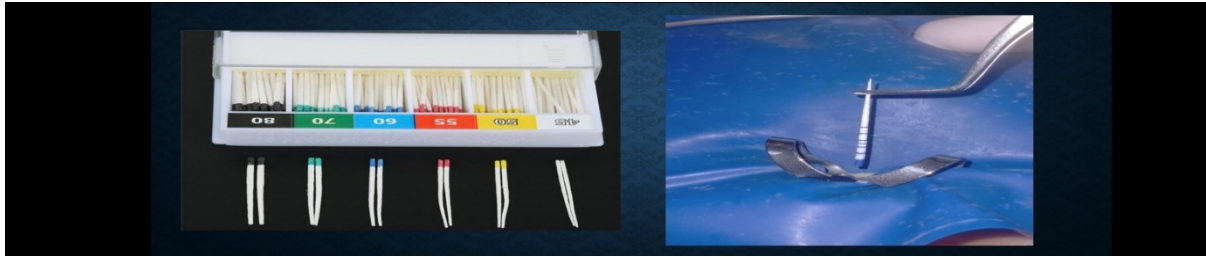
TYPE	CIMENT	RADIO-OPACIFIANT	ADDITIFS	ENVIRONNEMENT AQUEUX	EX.
1	de Portland	✓ ou ✗	✗	✓	ProRoot MTA (Dentsply)
2	de Portland	✓	✓	✓	MTA Angelus (Angelus)
3	de Portland	✓	✓	✗	Theracal (Bisco)
4	Tricalcium/ Dicalcium silicate	✓	✓	✓	Biodentine (Septodont)
5	Tricalcium/ Dicalcium silicate	✓	✓	✗	Totalfil (FKG)

Camilleri (2020)

### 5.4 - Protocole clinique :

#### 5.4.1 - première séance :

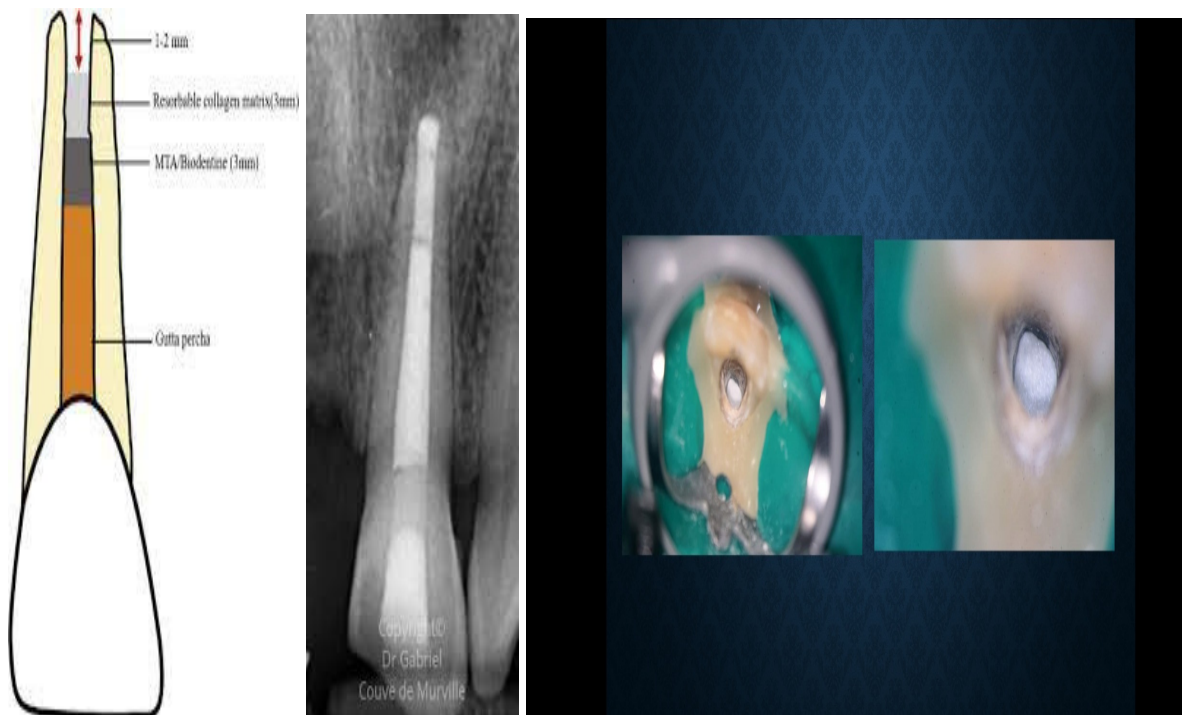
- Les premières étapes sont identiques à l'apexification au  $\text{Ca(OH)}_2$ .  
Selon le diamètre.
- Le canal est séché avec des cônes de papier adapté
- Essayage d'un fouloir de condensation verticale : celui-ci doit pouvoir être amené au plus près de la zone apicale.
- Le MTA est spatulé et est amené à la zone apicale grâce au MTA Gun sous forme de palet.
- Plusieurs apports de MTA sont nécessaires jusqu'à obtention d'un bouchon apical d'une hauteur de 4-5 mm.
- utiliser un fouloir endodontique adapté au diamètre du canal à LT- 4mm
- Une radiographie rétro-alvéolaire permet d'objectiver le bouchon apical.
- Une boulette de coton stérile imbibée de sérum physiologique est amenée au contact du MTA et une restauration coronaire temporaire est mise en place.

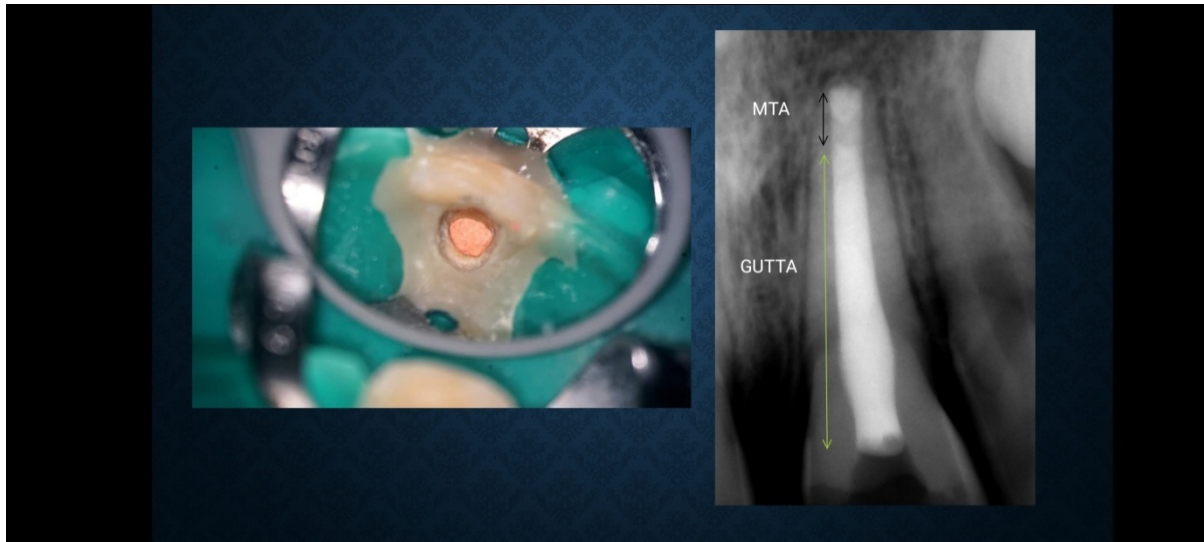


#### **5.4.2 - deuxième séance :**

- Après réaction de prise du MTA (qui doit être vérifiée avec une lime ou une sonde).
- Le système canalaire est obturé par la gutta percha compactée.
- L'avantage de cette thérapeutique est qu'elle ne nécessite que 2 séances (permettant ainsi la réalisation d'une restauration coronaire définitive plus rapide).
- Le taux de succès est en moyenne de 89% (entre 77 et 100% selon les études) (Backland 2012). Par contre, elle impose l'utilisation d'aides optiques.

Cette thérapeutique ne permet pas de renforcer les structures radiculaires donc le risque élevé de fracture persiste.





Le MTA peut être remplacé par de la Biodentine dont l'avantage est la réalisation d'un traitement d'apexification en une seule séance (temps de prise : 12 minutes). L'inconvénient est qu'il existe très peu de recul clinique sur les résultats obtenus avec ce matériau et il est pas radio opaque donc risque de dépassement et manque de précision pour la formation de cette barrière minéral.

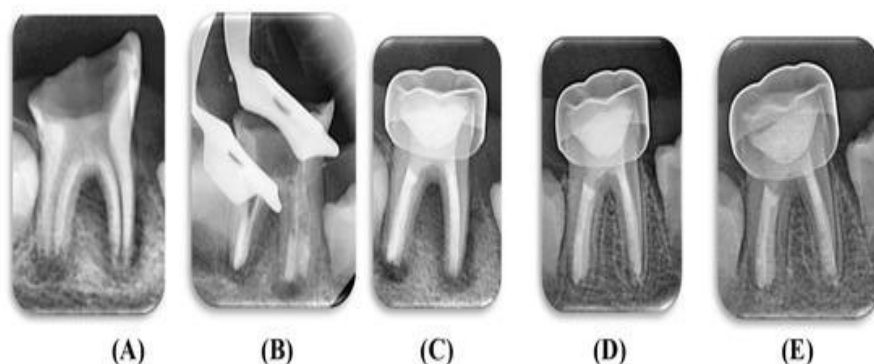


## Comparison of MTA versus Biodentine in Apexification Procedure for Nonvital Immature First Permanent Molars: A Randomized Clinical Trial

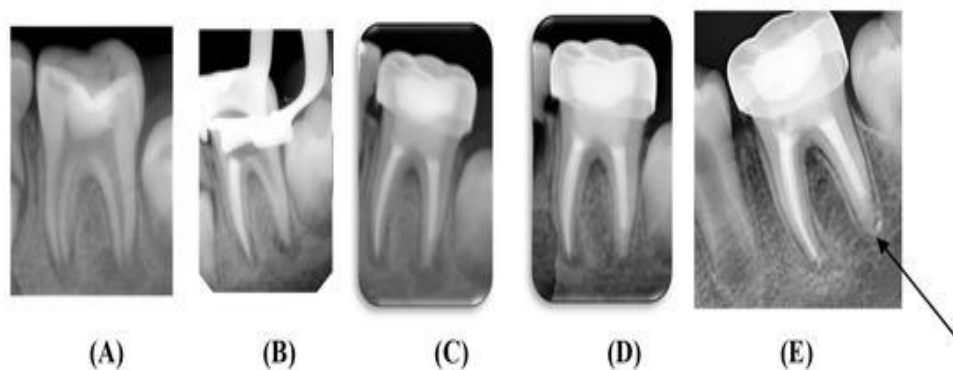
Received: 7 February 2022 / Revised: 6 March 2022 / Accepted: 10 March 2022 /

Published: 14 March 2022

(This article belongs to the Collection *Advance in Pediatric Dentistry*)



### Apexification au MTA



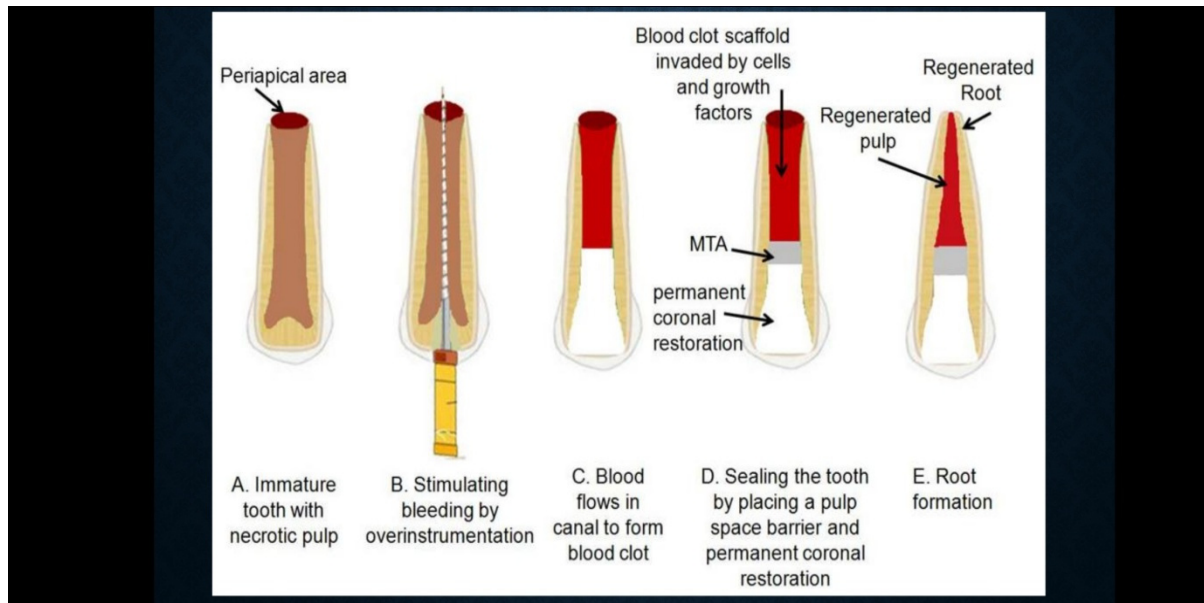
### Apexification au biodentine

### Conclusions :

The results of this research indicate that following the proposed protocol of treatment led to recovery in all cases of the research. Biodentine had similar results in terms of apical lesion healing and clinical recovery compared to MTA; hence, it can be used as an apical plug to treat immature permanent molars with apical lesions in a single visit, especially in uncooperative children, as well as enable treatment under general anesthesia or deep sedation because of the shorter treatment time provided.

## 6 - LA REVASCULARISATION :

Une alternative à l'apexification au  $\text{Ca(OH)}_2$  et au MTA a progressivement fait son apparition. Cette technique basée sur l'ingénierie tissulaire montre de très bons résultats cliniques.



La revascularisation canalaire désigne un procédé régénératif, indiqué pour le traitement des dents à pulpe nécrosée et à apex ouvert.

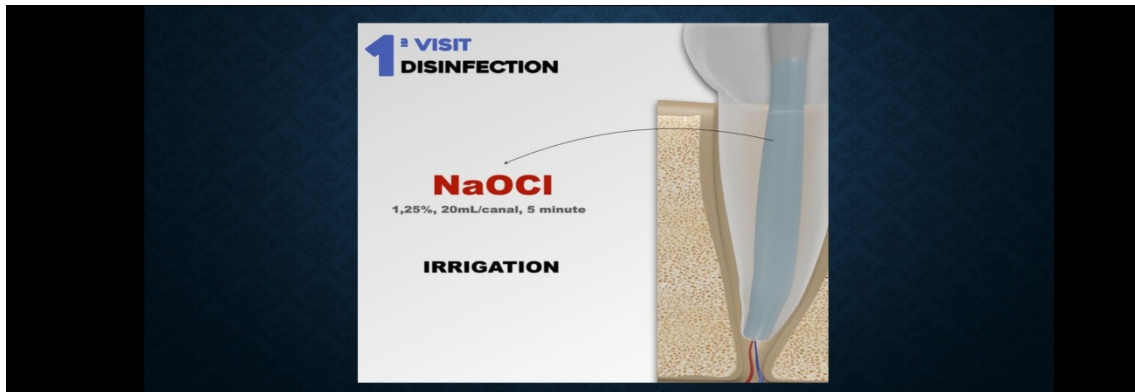
Ce procédé basé sur l'obtention d'une asepsie canalaire (grâce à la mise en place dans le canal d'une pâte d'antibiotiques), puis l'induction et le coiffage d'un caillot sanguin intracanal, a pour but de provoquer la néoformation de tissu minéralisé radicaire

. La revascularisation fait partie des nouvelles thérapeutiques alternatives au traitement classique par apexification.

. Elle repose sur le recrutement de cellules souches ; la niche la plus probable serait la papille apicale.

## **6.1 - Principe :**

Après avoir réalisé l'accès au système canalaire ainsi que sa désinfection, la réalisation d'un saignement intra-canalairé provoqué apportera notamment des facteurs de croissance ainsi que des cellules souches. Ces éléments biologiques induisent la régénération d'un tissu au sein du canal préalablement infecté et vide de tout contenu. Idéalement, cette revitalisation permettrait de relancer la radicologénèse et l'apexogénèse.

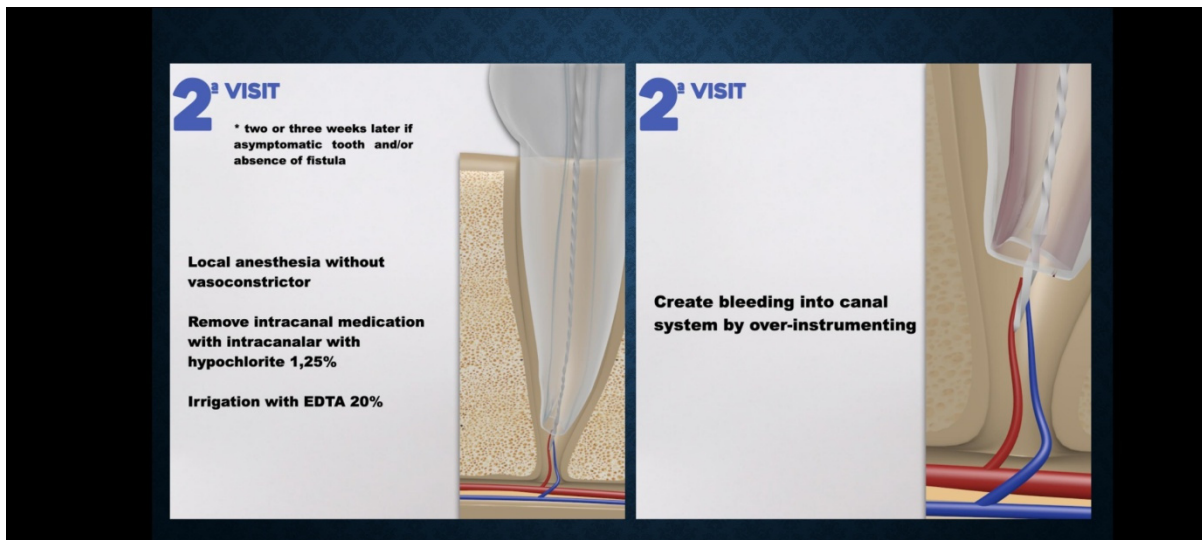


## **6.2 - Protocole clinique :**

La revascularisation se fait en 2 temps :

### **6.2.1 - 1<sup>ère</sup> séance :**

- Anesthésie.
- isolation et désinfection du champ opératoire.
- cavité d'accès irrigation à l'hypochlorite de sodium (1,25-1.5 %)
- irrigation sérum physiologique.
- séchage.
- irrigation à l'EDTA (17 %)
- séchage.
- mise en place CaOH<sub>2</sub> intra-canalairé.
- obturation coronaire temporaire.

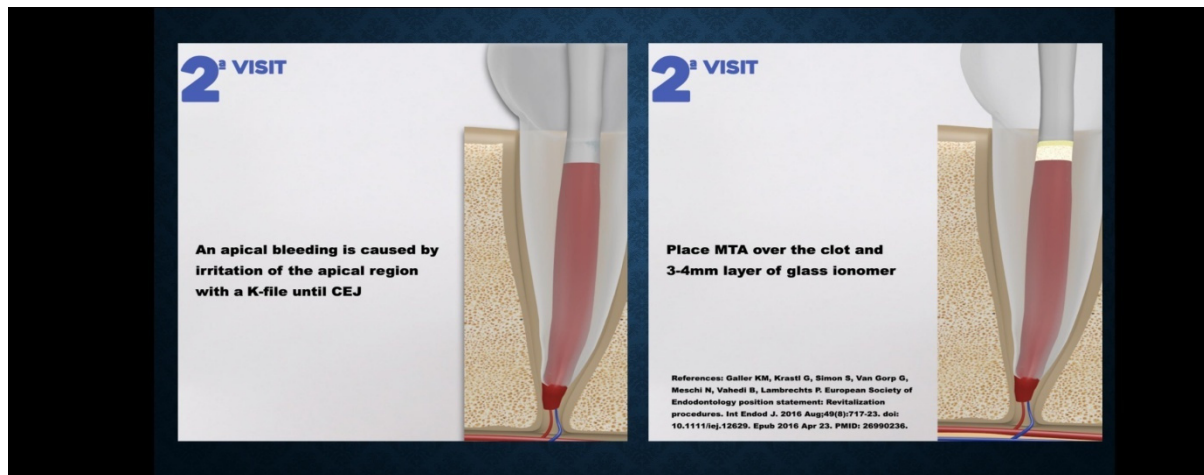


**6.2.2 - 2eme séance :**

(2 à 4 semaines plus tard)

- Anesthésie sans vasoconstricteur.
- isolation et désinfection du champ opératoire
- dépose de l'obturation coronaire temporaire et de la médication intra-canalair (CaOH<sub>2</sub>)
- irrigation EDTA (17 %)
- Irrigation sérum physiologique
- Séchage.
- Obturation canalaire par saignement intra-canalair provoqué, jusqu'à 2 mm sous la jonction émail-cément
- Mise en place d'une matrice collagénique
- Mise en place d'un ciment silicate hydraulique obturation coronaire





### **6.3 - Résultats :**

La revitalisation a un taux de succès de 91 % de guérison apicale, avec l'obtention dans 76% des cas d'une fermeture apicale et dans 80 % des cas d'une augmentation de la longueur et de l'épaisseur radiculaires (Tong, 2017).

#### **Regenerative Endodontic Procedures for the Treatment of Necrotic Mature Teeth with Apical Periodontitis: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials**

Antonios Glynis et al. J Endod. 2021 Jun

**Conclusions:** Based on moderate-quality evidence, REPs appear as a viable treatment alternative for mature necrotic teeth with periapical lesions at present. Furthermore, well-designed RCTs might also provide confirmatory evidence in this respect while also framing a backbone for standardization of the therapeutic protocol of REPs.

## **7 - APEXIFICATION OU REVITALISATION :**

### **7.1-Critères de choix :**

#### **7.1.1 - Le Gradient thérapeutique en endodontie :**

En cas d'échec, le retraitement de la revitalisation semble tout à fait envisageable, contrairement à celui de l'apexification, pour lequel l'apport d'un plug apical de matériau biocéramique rend très difficile voire impossible la réintervention. Dans une logique de gradient thérapeutique, il serait intéressant de procéder en première intention à la technique la moins invasive, soit la revitalisation.

### **7.1.2 - La Biomécanique de la dent :**

Cvek en 1992 montrait que le risque de fracture des dents permanentes immatures nécrosées était lié à l'insuffisance de leur croissance radiculaire.

La poursuite de celle-ci permettra alors de retrouver une biomécanique proche de celle d'une dent permanente mature.

Seule la revitalisation permet d'espérer cette apexogénèse. Récemment, Belli démontre au moyen d'une étude par élément fini, que la réalisation d'une technique de revitalisation était immédiatement plus intéressante biomécaniquement qu'une technique d'apexification (Belli, 2017).

### **7.1.3 - L'étiologie de la nécrose pulpaire :**

D'après Lin et coll (2017), l'origine traumatique de la nécrose pulpaire de la DPI (comparée à dens evaginatus) a des conséquences négatives concernant les résultats de revitalisation (comparée à l'apexification) en termes de qualité de l'apexogénèse.

### **7.1.4 - La Compliance du patient :**

Une technique de revitalisation nécessite au moins 2 séances de traitement, avec un suivi clinique et radiographique régulier. En cas de compliance/motivation insuffisante du patient, l'apexification en 1 séance pourrait se justifier comme une technique de premier choix.

## **8 - CONCLUSION :**

Les thérapeutiques d'apexogénèse sont limitées aux dents immatures à pulpe vivante, Elles regroupent le coiffage pulpaire direct, la pulpotomie partielle ou totale.

Les thérapeutiques d'apexification sont limitées aux dents immatures à pulpe nécrosée Elles regroupent les techniques d'apexification au Ca(OH)<sub>2</sub> ou au MT A.

Ces dernières tendent à devenir le traitement de choix. ; le traitement par revascularisation canalaire tend à représenter une alternative thérapeutique intéressante.

Le but des thérapeutiques de la dent immature est d'assurer la pérennité de l'organe dentaire avec idéalement une stimulation du processus d'édification radiculaire. Les thérapeutiques d'apexogénèse et d'apexification présentent des pronostics intéressants à condition que les bonnes indications soient posées et que les protocoles soient respectés.

L'apexification et la revitalisation, bien que fondamentalement différentes, ont pour objectif commun le traitement de la dent permanente immature infectée et présentent chacune un très bon taux de succès. Il ne semble pas y avoir à ce jour de critère de choix absolu ni de bonne ou de mauvaise décision thérapeutique à prendre tant que celle-ci est justifiée par certaines pistes d'orientation. Le gradient thérapeutique endodontique, le comportement biomécanique de la dent, l'étiologie de la nécrose pulpaire, la compliance du patient semblent pour le moment être les seuls éléments à prendre en considération pour choisir une approche thérapeutique plutôt qu'une autre.

## BIBLIOGRAPHIE

- 1 - **Antonios Glynis et al.** Regenerative Endodontic Procedures for the Treatment of Necrotic Mature Teeth with Apical Periodontitis: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *J Endod.* 2021 Jun.
- 2 - **Abbas, A.; Kethineni, B.; Puppala, R.; Birapu, U.C.; Raghavendra, K.J.; Reddy, P.** Efficacy of Mineral Trioxide Aggregate and Biodentine as Apical Barriers in Immature Permanent Teeth: A Microbiological Study. *Int. J. Clin. Pediatr. Dent.* 2020, 13, 656–662.
- 3 - **A. Agrafioti, D.G. Giannakoulas\*, C.G. Filippatos, E.G.** Kontakiotis Department of Endodontics, School of Dentistry, National and Kapodistrian University of Athens, Athens, Greece \*School of Dentistry, National and Kapodistrian University of Athens, Athens, Greece DOI: 10.23804/ejpd.2017.18.04.0
- 4 - **AL-HIYASAT AS, BARRI ESHI-NUSAIR KM, AL-OMAR! MA** The radiographic outcomes of direct pulp-capping procedures performed by dental students: a retrospective study. *J Am Dent Assoc.* 2006 Dec; 137(12) :1699-705.
- 5 - **ANDREASEN JO, FARIK B, MUNKSGAARD EC.** Long-term calcium hydroxide as a root canal dressing may increase risk of root fracture. *Dent Traumatol.* 2002 Jun; 18(3): 134-7.
- 6 - **A. Agrafioti, D.G. Giannakoulas\*, C.G. Filippatos, E.G.** Kontakiotis Department of Endodontics, School of Dentistry, National and Kapodistrian University of Athens, Athens, Greece \*School of Dentistry, National and Kapodistrian University of Athens, Athens, Greece DOI: 10.23804/ejpd.2017.18.04.0
- 7 - **BAKLAND LK. ANDREASEN JO** Will mineral trioxide aggregate replace calcium hydroxide in treating pulpal and periodontal Healing complications subséquent ta dental trauma ? a review. *Dent Traumatol.* 2012 Feb;28(1):25-32.
- 8 - **Belli, S., Eraslan, O., & Eskitaşcıoğlu, G.** (2018). Effect of Different Treatment Options on Biomechanics of Immature Teeth: A Finite Element Stress Analysis Study. *Journal of endodontics*, 44(3), 475-479.
- 9 - **Camilleri, J.** Current Classification of Bioceramic Materials in Endodontics. In *Bioceramic Materials in Clinical Endodontics*; Springer: Cham, Switzerland, 2020; pp.
- 10 - **COLLÈGE NATIONAL DES ENSEIGNANTS EN ODONTOLOGIE CONSERVATRICE ET ENDODONTIE.** Dictionnaire francophone des termes d'odontologie conservatrice. 2ème édition, Espace id Ed (Paris), 2010.

11 - **CVEK M**. Prognosis of luxated non-vital incisors treated with calcium hydroxide and filled with gutta-percha. A retrospective clinical study. *Endod Dent Traumatol*. 1992;8(2):45-55.

12 - **CVEK M, CLEATON-JONES PE, AUSTIN JC, ANDREASEN JO**. Pulp reactions to exposure after experimental crown fractures or grinding in adult monkeys. *J Endod*. 1982 Sep;8(9) :391-7.

13 - **FRAYSSE ET COLL** . Recommandations de la SFOP sur les thérapeutiques pulpaires des dents permanents immatures, n°1 volume 2 2007.

14 - **FUKS AB, COSACK A, KLEIN H, EIDELMAN, E**. Partial pulpotomy as a treatment alternative for exposed pulps in crown-fractured permanent incisors. *Endod Dent Traumatol*. 1987 Jun;3 (3):100-2.

15 - **GELBIER MJ, WINTER GB**. Traumatized incisors treated by vital pulpotomy: a retrospective study. *Br Dent J*. 1988 May 2 1; 1 64(10): 319-23. Erratum in *Br Dent J* 1988 Jun 1 1; 1 64(1 1):361.

16 - **GRAHAM L, COOPER PR, CASSIDY N, NOR JE, SLOAN AJ, SMITH AJ**. The effect of calcium hydroxide on solubilisation of bio-active dentine matrix components. *Biomaterials*. 2006 May; 27(14):2865-73.

17 - **HAUTE AUTORITE DE SANTE**. (2008), **ANDEM** (1996). Rapports d'évaluation technologique sur le traitement et retraitement endodontiques. (<http://www.has-sante.fr>).

18 - **I FI NAULIN C**, Traumatismes dentaires du diagnostic au traitement, CDP Ed, JPIO, 2005.

19 - **M Y-H Chen<sup>1</sup>, K-L Chen, C-A Chen, F Tayebaty, P A Rosenberg, L M Lin**  
Department of Endodontics, Chi Mei Medical Center, Yong Kang and Liouying, Tainan, Taiwan Responses of immature permanent teeth with infected necrotic pulp tissue and apical periodontitis/abscess to revascularization procedures 2012 Mar;45(3):294-305.

20 - **NAIR PNR, DUNCAN H F, PITT FORD TR, LUDER HU**. Histologica/, ultrastructural and quantitative investigations on the response of healthy human pulps to experimental capping with Mineral Trioxide Aggregate: a randomized controlled trial. 2008. *int Endod J*. 2009 May;42(5):422-44.

21 - **RAFTER M**. Apexification: a review. *Dent Traumatol* 2005, 21(1):1-8.

22 - **RAVN JJ.** Follow-up study of permanent incisors with complicated crown fractures after acute trauma. *Scand J Dent Res.* 1982 Oct;90(5):363-72.

23 - **SIMON, S, RILLIARD, F, BERDAL, A MACHTOU, p** the use of mineral trioxide aggregate in one-visit apexification treatment: a prospective study, *Int Endod J.* 2007 Mar;40(3):186-97

24 - **Harbert, H.** (1996). One-step apexification without calcium hydroxide. *J Endod*, 22(12), 690–692.

25 - **Simon, S., Rilliard, F., Berdal, A., & Machtou, P.** (2007). The use of mineral trioxide aggregate in one-visit apexification treatment: a prospective study. *Int Endod J*, 40(3), 186–197.

26 - **Tong, H. J., Rajan, S., Bhujel, Kang,J., Duggal, M., & Nazzal, H.(2017).** Regenerative Endodontic Therapy in the Management of NonVital Immature Permanent Teeth : A Systematic Review—Outcome Evaluation and Meta-analysis. *Journal of endodontics*, 21(7), 349-353.

27 - **Torabinejad, M., Hong, C. U., McDonald, F., & Ford, T. P.** (1995). Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *Journal of endodontics*, 21(7), 349-353.

28 - **Torabinejad, M., Nosrat, A., Verma, P., & Udochukwu, O.** (2017). Regenerative Endodontic Treatment or Mineral Trioxide Aggregate Apical Plug in Teeth with Necrotic Pulp and Open Apices: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of endodontics*, 43(11), 1806-1820.

29 - **Torabinejad, M.; Chivian, N.** Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *J. Endod.* 1999, 25, 197–205.

