

République Algérienne démocratique et populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université de Constantine 3 – Salah Boubnider-

Faculté de médecine

Département de médecine dentaire



Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de

**DOCTEUR EN MEDECINE DENTAIRE**

---

**TRAITEMENT DES DENTS PERMANENTES  
IMMATURES A PULPE NECROSEE PAR  
APEXIFICATION : REVUE SYSTEMATIQUE**

---

Présenté et soutenu publiquement le **12 / 07 / 2023**

**Rédigé et soutenu par :**

- Khiari Dounia Nour El Houda
- Boukhamla Maroua
- Karboua Chahrazed
- Ounis Asma
- Zermane Bochra
- Karfaci Amira

**Jury :**

- Pr Ibtissam Atilia (Encadreur)
- Dr Belaïd Ilhem (Présidente)
- Dr Mehsas Hamou Akram (Assesseur)

**Année universitaire : 2022/2023**

# Table des matières

## Première partie. Revue de la littérature.

Introduction et problématique .....	1
-------------------------------------	---

### Chapitre 01. La dent permanente immature

1	Définition .....	4
2	Particularités de la dent permanente immature.....	4
2.1	Particularités anatomique .....	4
2.1.1	La couronne.....	4
2.1.2	La racine .....	5
2.1.3	La cavité pulpaire.....	5
2.2	Particularités Histologiques .....	5
2.2.1	Email.....	5
2.2.2	Complexe pulpo-dentinaire .....	7
2.2.3	Le ciment .....	9
2.3	Particularités physiologiques .....	11
2.3.1	L'édification radulaire .....	11
2.3.2	La classification de Nolla (1960) .....	11
2.4	Pathologies des dents permanentes immatures.....	13
2.4.1	La maladie carieuse.....	13
2.4.1.1	Définition .....	13
2.4.1.2	Étiopathogénie .....	14
2.4.1.3	Particularités des dents permanentes immatures faces à la maladie carieuse.	15
2.4.1.4	Classification des maladies carieuses.....	16
2.4.2	Les traumatismes.....	20
2.4.2.1	Classification .....	20
2.4.2.2	Particularités de la dent immature face à un traumatisme .....	23

2.5	Particularités liées au diagnostic de la dents permanente immature .....	23
2.5.1	Examen clinique.....	23
2.5.1.1	Approche psychologique chez l'enfant.....	24
2.5.1.2	La relation de soin.....	24
2.5.1.3	Consultation initiales/ anamnèse.....	25
2.5.1.4	Examen exo-buccal.....	26
2.5.1.5	Examen endo-buccal.....	28
2.5.1.6	L'examen des dents.....	28
2.5.2	Examens complémentaires .....	34
2.5.2.1	Radiographie rétrocoronaire .....	34
2.5.2.2	Radiographie rétro-alvéolaire .....	34
2.5.2.3	Radiographie panoramique.....	35
2.5.2.4	Limite de la radiographie .....	36
2.6	Les pathologies pulpaire de la dent permanente immature .....	37
2.6.1	Pulpite réversible (hyperhémie pulpaire) .....	37
2.6.2	Pulpite irréversible symptomatique (aiguë).....	37
2.6.3	Pulpite irréversible asymptomatique (chronique).....	38
2.6.4	Nécrose pulpaire.....	39
2.6.5	Pathologies péri-apicales .....	39

## **Chapitre 02. Les thérapeutiques pulpaire de la dent permanente**

### **immature**

1	Les thérapeutiques pulpaire de la dent permanente immature à pulpe vivante	
	« Apexogenèse » .....	42
1.1	Objectif.....	42
1.2	Les techniques d'apexogenèse.....	42
1.2.1	Définition.....	42
1.2.2	Coiffage pulpaire direct .....	42
1.2.2.1	Les indications .....	43
1.2.3	Pulpotomie partielle .....	43

1.2.3.1	Les indications .....	44
1.2.4	Pulpotomie complète .....	44
1.2.4.1	Indications .....	45
1.2.4.2	Technique opératoire .....	45
1.2.4.3	Suivie post-opératoire .....	46
1.2.4.4	Pronostic.....	46
1.3	Les facteurs de décision clinique .....	46
1.3.1	Les facteurs préopératoires .....	46
1.3.1.1	L'âge du patient .....	46
1.3.1.2	Le statut pulpaire .....	46
1.3.2	Les facteurs peropératoires .....	47
1.3.2.1	L'hémostase.....	47
1.3.2.2	Choix du matériau de coiffage et restauration .....	48
2	Traitement endodontique de la dent permanente immature nécrosée .....	49
2.1	L'apexification .....	50
2.1.1	Définition.....	50
2.1.2	Principes .....	50
2.1.3	Indication .....	51
2.1.4	Contre-indications .....	51
2.1.5	Protocole thérapeutique .....	51
2.1.5.1	Hydroxyde de calcium .....	54
2.1.5.2	MTA .....	55
2.1.5.3	Biodentine.....	56
2.2	La revascularisation .....	58
2.2.1	Présentation .....	58
2.2.2	Définition.....	59
2.2.3	Indication .....	59
2.2.4	Contre-indications .....	60
2.2.5	Principes et mécanisme.....	60

# Chapitre 03. Les biomatériaux utilisés dans l'apexification

1	Introduction.....	63
2	L'hydroxyde de calcium .....	63
2.1	Historique .....	63
2.2	Définition .....	64
2.3	Présentation de l'hydroxyde de calcium .....	64
2.3.1	Présentation magistrale .....	64
2.3.2	Préparation commerciale .....	64
2.3.3	Préparation durcissante.....	65
2.4	Composition de l'hydroxyde de calcium .....	66
2.5	Les propriétés de l'hydroxyde de calcium .....	67
2.5.1	Les propriétés physico-chimiques .....	67
2.5.1.1	La solubilité .....	67
2.5.1.2	PH.....	67
2.5.1.3	La résistance à la compression .....	67
2.5.1.4	La conductibilité thermique.....	67
2.5.1.5	La radio-opacité.....	68
2.5.2	Les propriétés biologiques.....	68
2.5.2.1	La biocompatibilité .....	68
2.5.2.2	Action antiseptique.....	68
2.5.2.3	Action anti-inflammatoire.....	68
2.5.2.4	Action hémostatique.....	69
2.6	Les avantages et les inconvénients de l'hydroxyde de calcium.....	69
2.6.1	Les avantages .....	69
2.6.2	Les inconvénients.....	70
2.7	Les indications .....	70
2.7.1	Médication intracanaire .....	70
2.7.2	Apexification .....	71
2.7.3	Apexogenèse .....	71
2.7.4	La pulpotomie .....	71
2.7.5	Le coiffage pulpaire .....	71

2.7.6	Le traitement de la résorption radiculaire .....	72
2.7.6.1	La résorption radiculaire interne .....	72
2.7.6.2	La résorption radiculaire externe.....	72
3	L'aggregat trioxyde de minérale .....	72
3.1	Historique .....	72
3.2	Définition .....	72
3.3	Présentation du MTA .....	72
3.4	Composition du Mta .....	73
3.5	Les propriétés du MTA.....	74
3.5.1	Les propriétés physico-chimique .....	74
3.5.1.1	La resistance à la compression .....	74
3.5.1.2	PH.....	74
3.5.1.3	La solubilité .....	74
3.5.1.4	Radio-opacité.....	75
3.5.1.5	La stabilité et capacité d'étanchéité .....	75
3.5.2	Les propriétés biologique .....	75
3.5.2.1	Biocompatibilité .....	75
3.5.2.2	Les propriétés antibacterienne .....	76
3.5.2.3	Réaction tissulaire et minéralisation .....	76
3.6	Les avantages et les inconvénients .....	76
3.6.1	Les avantages .....	76
3.6.2	Les inconvénients.....	77
3.7	Les indications .....	77
3.7.1	Le coiffage de la pulpe .....	77
3.7.2	La résorption radiculaire interne et externe.....	77
3.7.3	La réparation de perforation .....	78
3.7.4	L'obturation radiculaire .....	78
3.7.5	Apexification .....	78
3.7.6	Apexogenèse .....	78
4	Biodentine.....	78
4.1	Historique .....	78
4.2	Composition .....	78

4.3	Présentation .....	79
4.4	Propriétés.....	79
4.4.1	Propriétés physico-chimique.....	79
4.4.2	Propriétés biologiques.....	80
4.4.3	Propriétés antibactérienne.....	80
4.5	Indications .....	81
4.5.1	Au niveau coronaire .....	81
4.5.2	Au niveau pulpaire .....	81
4.5.3	Au niveau radiculaire.....	81
4.6	Contre- indications.....	81
4.7	Conclusion.....	81
5	Calcium enriched mixture cement.....	82
5.1	Composition et mécanisme d'action.....	82
5.2	Propriétés physiques.....	83
5.3	Propriété biologique .....	83
5.3.1	Propriétés antibactériennes et antifongiques .....	83
5.3.2	Biocompatibilité .....	84
5.3.3	Microfuite .....	84
5.4	Application clinique .....	85
5.4.1	Coiffage direct de la pulpe .....	85
5.4.2	Pulpotomie.....	85
5.4.3	Obturation apical .....	85
5.4.4	Furcation et perforation .....	85
5.4.5	Résorption.....	86
5.4.6	Traitement endodontique avec ciment CEM .....	86
5.5	Conclusion.....	86

## **Deuxième partie. Revue systématique.**

1	Objectif.....	89
2	Méthodes.....	89
2.1	Type d'étude .....	89
2.2	Période d'étude .....	89
2.3	Stratégie de recherche et base de données .....	89
3	La sélection des articles .....	90

3.1	Les critères d'inclusion .....	90
3.2	Les critères d'exclusion.....	91
4	Résultats .....	91
4.1	La répartition des articles .....	93
4.1.1	La répartition selon le pays où l'étude a été effectuée.....	93
4.1.2	La répartition selon l'année.....	93
4.1.3	La répartition selon le type d'étude .....	94
4.1.4	La répartition selon les critères de comparaison.....	94
5	Discussion.....	95
5.1	Valorisation du travail .....	95
5.2	Les limites d'étude.....	95
5.3	Les critères d'évaluation .....	96
5.3.1	La fermeture apicale .....	96
5.3.2	L'allongement de l'extrémité apicale .....	97
5.3.3	Le succès clinique .....	97
5.3.4	Le succès radiologiques.....	99
5.3.5	Le temps nécessaire pour l'apexification .....	100
5.3.6	Cicatrisation périapicale .....	102
5.3.7	Echecs et complications.....	103
6	Listes des articles incluses dans l'étude .....	104
7	Comparaison des résultats obtenus avec celles d'autres études .....	118
	Conclusion.....	117
	Bibliographie.....	119



# Résumé

## Contexte

Dès son éruption, l'organe dentaire est très vulnérable aux agressions, à cause de l'immaturité et la fragilité de ses structures lui exposants à des maladies carieuses à évolution rapide et aux luxations traumatique.

Cependant, grâce à cette immaturité tissulaire, il possède des propriétés de réparation plus élevées. Ce qui permet de surmonter les difficultés de réalisation d'un traitement endodontique conventionnel et d'obtenir la fermeture apicale par la mise en œuvre des thérapeutiques spécifiques telles que l'apexification qui consiste à l'utilisation des biomatériaux (Hydroxide de Calcuim, Biodentine et MTA) biocompatibles pour permettre la formation d'une barrière apicale.

## Objectif

Cette étude vise à comparer l'efficacité de chaque biomatériau (CaOH<sub>2</sub>, MTA, Biodentine) dans la thérapeutique d'apexification des dents permanentes immatures.

## Méthodes

Il s'agit d'une revue systématique. La collecte des articles a été réalisée sur une période s'étendant de 23 mars à 22 mai 2023, à partir d'une recherche électronique en utilisant les deux sites et base de données PubMed et Google scholar.

Les critères d'inclusion : Les articles accessibles en full text (texte intégral), articles publiés dans les quinze dernières années (de 2008 à 2023) en Anglais ou en français. Les études cliniques, les essais cliniques, les études comparatives, les méta-analyses et les revues systématiques. Les études sur dent humaine ont été également incluses.

Les critères d'exclusion : Les articles non accessibles en full texte, articles de type : rapport de cas, série de cas, étude descriptive, aussi les études sur dent animales ou traitants les techniques de revascularisation, la revitalisation et la régénération.

## **Résultats**

Le nombre initial des articles a été 662. Cependant, après une filtration électronique en appliquant les critères d'inclusion et d'exclusion et une sélection par lecture du contenu, le nombre des articles choisis est de 10 articles.

## **Discussions**

Cette étude a été limitée à la comparaison des trois biomatériaux. En revanche, la majorité des articles inclus ne comparent que deux biomatériaux, avec une rareté des articles intéressés par la Biodentine. Seules les études disponibles en full texte de type revue systématique ou études comparatives ont été incluses dans notre recherche. Tous les articles ont été en anglais, ce qui a rendu difficile leurs analyses vu que notre formation pédagogique est en français.

Les critères utilisés pour évaluer le succès de chaque biomatériau ont été extraits selon le contenu des articles, il y a eu :

- la fermeture apicale :05 articles
- l'allongement de l'extrémité apicale : 1 article
- le succès clinique :7 articles
- le succès radiologique :5 articles
- le temps nécessaire pour l'apexification :5 articles
- la cicatrisation péri-apicale :4 articles
- échecs et complications :1 article

## **Conclusion**

D'après l'analyse des 10 articles selon les critères précédemment cités nous avons conclu que :

Le MTA a montré de meilleurs résultats par rapport à l'Hydroxyde de Calcium, à l'exception d'un seul critère qui est l'allongement de l'extrémité apicale où le résultat obtenu par le CaOH<sub>2</sub> a été supérieur au MTA par l'obtention d'un apex conique.

Concernant le MTA et la Biodentine, notre analyse a montré une similarité entre les deux biomatériaux et ceci concerne tous les critères étudiés à l'exception du critère temps nécessaire pour l'apexification qui s'avère plus long en utilisant le MTA par rapport au Biodentine.

Au final, chaque biomatériau présente des avantages et des inconvénients. Il est éminent que l'emploi de chaque biomatériau doit se faire dans le respect du protocole thérapeutique et des recommandations du fabricant. Néanmoins, ces trois biomatériaux restent complémentaires et indispensables pour bien mener une thérapeutique d'apexification et d'autres études englobant un plus grand nombre d'études s'avèrent nécessaires.

L'évolution dans le domaine des biomatériaux et de l'ingénierie tissulaire a permis le développement d'une thérapeutique autre que l'apexification qui est la revascularisation/revitalisation pulpaire et qui nous a permis d'espérer plus de survie aux cellules et en conséquence des résultats plus percutant pour le traitement de la dent permanente immature.

# Abstract

## Background

As soon as it erupts, the dental organ is very vulnerable to attack, because of the immaturity and the fragility of its structures, exposing it to traumatic luxation and diffuse carious diseases.

However, thanks to this tissue immaturity, it has higher repair properties. Which makes it possible to overcome the difficulties of carrying out a conventional endodontic treatment and to obtain an apical closure by the implementation of specific therapies such as apexification which consists of using biocompatible biomaterials (Calcium Hydroxide, Biodentine and MTA) allowing the formation of an apical barrier.

## Objective

This study aims to compare the effectiveness of each material (CaOH<sub>2</sub>, MTA, Biodentine) in the therapy of apexification of immature permanent teeth.

## Methods

It's a systematic review. The collection of articles was carried out over a period extending from March 23 to May 22, 2023, from an electronic search using the two sites and database PubMed and Google Scholar.

Inclusion criteria: Articles accessible in full text, articles published in the last fifteen years (from 2008 to 2023) in English or French. We include clinical studies, clinical trials, comparative studies, meta-analyses and systematic reviews. Human tooth studies were also included.

Exclusion criteria: Articles not accessible in full text, article types : case report, case series, descriptive study, also studies on animal teeth or dealing with revascularization techniques, revitalization and regeneration.

## Results

The initial number of articles was 662. However, after an electronic filtering by applying the inclusion and exclusion criteria and after a selection by reading the content, the number of articles chosen is 10 articles.

## **Discussion**

This study was limited to the comparison of the three biomaterials. On the other hand, the majority of the articles included compare only two biomaterials, with a rarity of articles interested in Biodentine. Only studies available in full text of the systematic review type or comparative studies were included in our search. All the articles were in English, which made it difficult to analyze them since our pedagogical training is in French.

The criteria used to evaluate the success of each biomaterial were extracted according to the content of the articles, there were:

- apical closure : 05 articles
- lengthening of the apical end : 1 article
- clinical success : 7 articles
- radiological success : 5 articles
- the time required for apexification : 5 articles
- peri-apical healing : 4 articles
- failure and complications : 1 article

## **Conclusion**

According to the analysis of the 10 articles through to the previously mentioned criteria, we concluded that:

MTA showed better results compared to Calcium Hydroxide, with the exception of a single criterion which is the elongation of the apical end where the result obtained by CaOH<sub>2</sub> was superior to MTA by the obtaining a conical apex.

Concerning MTA and biodentine, our analysis showed a similarity between the two biomaterials and this concerns all the criteria studied with the exception of the time criterion necessary for apexification which turns out to be longer using MTA compared to Biodentine.

In the end, each biomaterial has advantages and disadvantages. It is essential that the use of each biomaterial must comply with the therapeutic protocol and the manufacturer's recommendations. Nevertheless, these three biomaterials remain complementary and essential to properly carry out apexification therapy and other studies encompassing a larger number of studies are necessary.

The evolution in the field of biomaterials and tissue engineering has allowed the development of a therapy other than apexification which is pulp revascularization/revitalization

and which has allowed us to hope for more cell survival and consequently more impactful results for the treatment of immature permanent teeth.