

COMPARAISON ENTRE L'HYDROXYDE DE CALCIUM ET LE MINÉRAL TRIOXYDE AGGREGATE EN ODONTOLOGIE CONSERVATRICE-ENDODONTIE.

Partie I

KARAMI M⁽¹⁾, MAYOU R⁽¹⁾, DOUMARI B⁽²⁾, BOUSHIB L⁽¹⁾,
BENKIRAN I⁽¹⁾.

1) Département d'Odontologie Conservatrice-Endodontie, Faculté de
Médecine Dentaire de Casablanca, Maroc.

2) Centre de Consultation et de Traitement Dentaire CCTD Ibn Rochd-
Casablanca, Maroc.

E-mail : karamimalika@yahoo.fr

E-mail : docteur.rachida@gmail.com

E-mail : bouchradoumari@gmail.com

E-mail : latifaboushib88@gmail.com

E-mail : imanebenkiran@yahoo.fr

RÉSUMÉ:

La recherche de nouveaux matériaux est toujours nécessaire dans le domaine de la science dentaire, afin de maintenir l'intégrité et la santé dentaire et parodontale. L'hydroxyde de calcium ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) a été découvert au début du 20^{ème} siècle, dans les années 20. Depuis 1993, le Minéral Trioxyde Aggregate (MTA) a fait l'objet de nombreuses recherches et publications. Une revue de littérature comparative a été entreprise afin d'examiner les publications s'intéressant à ces deux matériaux. Les études, comparant le MTA et le $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en tant qu'agent d'apexogénèse, se sont intéressés à plusieurs paramètres comme les mécanismes d'action et la qualité des ponts calcifiés, alors que les études comparant ces matériaux, en tant qu'agent d'apexification, se sont intéressés à l'évaluation de la cicatrisation des lésions apicales et la réparation péri-apicale ainsi que l'évaluation de la qualité de la barrière apicale calcifiée. L'Hydroxyde de Calcium et le MTA sont, à l'heure actuelle, complémentaires et souvent indissociables dans les traitements par apexogénèse et par apexification des dents nécrosées avec et sans lésions apicales.

Mot clés : Hydroxyde de Calcium, MTA, Apexification, Apexogénèse, Ponts calcifiés, Barrière apicale.

ABSTRACT : COMPARISON BETWEEN CALCIUM HYDROXIDE AND AGGREGATE MINERAL TRIOXIDE IN CONSERVATIVE ODONTOLOGY-ENDODONTICS. PART I.

The search for new materials is still necessary in the field of dental science, in order to maintain dental and periodontal integrity and health. Calcium hydroxide $\text{Ca}(\text{OH})_2$ was discovered in the early 20th century, in the 1920s. Since 1993, the Mineral Trioxide Aggregate MTA has been the subject of numerous researches and publications. A comparative literature review was undertaken in order to examine the publications interested in these two materials. The studies, comparing MTA and $\text{Ca}(\text{OH})_2$ as an apexogenesis agent, focused on several parameters such as the mechanisms of action and the quality of calcified bridges, while the studies comparing these materials as an apexification agent, were interested in the evaluation of the healing of apical lesions and periapical repair as well as the evaluation of the quality of the calcified apical barrier. Calcium Hydroxide and MTA are, at present, complementary and often inseparable in treatments by apexogenesis and by apexification of necrotic teeth with and without apical lesions.

Key words: Calcium hydroxide, MTA, Apexification, Apexogenesis, Calcified bridges, Apical barrier.

INTRODUCTION

La recherche de nouveaux matériaux est toujours nécessaire dans le domaine de la science dentaire, afin de maintenir l'intégrité et la santé dentaire et parodontale.

L'hydroxyde de calcium $\text{Ca}(\text{OH})_2$, encore appelé chaux hydratée, chaux délitée ou chaux éteinte a été découvert au début du 20^{ème} siècle, dans les années 20.

Depuis 1993, un nouveau matériau, le Minéral Trioxyde Aggrégat (MTA), a fait l'objet de nombreuses recherches et publications montrant des résultats fiables et reproductifs dans le coiffage du tissu pulpaire vivant et dans le scellement apical par un « bouchon ».

Parmi les champs d'application communs au $\text{Ca}(\text{OH})_2$ et au MTA, on cite :

- Les traitements par apexogénèse.
- Les traitements par apexification.

Ces matériaux sont-ils concurrents ou complémentaires ?

Une revue de littérature comparative a été donc entreprise afin d'examiner les publications traitant cette question.

MATERIEL ET METHODES

1. Recherche documentaire

Les références bibliographiques ont été obtenues par trois moyens :

- Interrogation de la base des données Medline (PUBMED).
- Consultation des sommaires des journaux de référence en endodontie, à savoir Dentistry Today, Journal of Oral Science, Clinic, Inf Dent, J Can Dent Assoc, Encycl Med Chir, International Endodontic Journal.
- Utilisation des liens permettant l'accès à la bibliographie des articles sélectionnés.

2. Critères d'inclusion

La recherche s'est limitée aux articles en langue française ou anglaise publiés entre 1990 et 2017, avec l'exclusion des autres.

RESULTAT

1. Traitement par apexogénèse

Une apexogénèse est définie comme la formation physiologique de l'extrémité radiculaire. Tous les efforts doivent être déployés pour conserver la vitalité de la pulpe radiculaire des dents à apex ouvert. Ainsi, le développement de la racine et la fermeture apicale par le mécanisme cellulaire physiologique s'ensuivent tout naturellement [1].

La démarche thérapeutique est influencée par la durée de l'exposition pulpaire jusqu'au traitement, l'étendue de la dénudation pulpaire, le stade de maturation radiculaire et l'état pulpaire [1,2].

Les critères de succès du traitement par apexogénèse sont la formation d'un pont dentinaire, l'absence de signes ou de symptômes postopératoires tels que la sensibilité, la douleur ou la tuméfaction, l'absence de signes radiologiques de résorption interne ou externe, l'absence de calcifications canalaire ou de radio-clarté péri-apicale postopératoire et l'achèvement du développement radiculaire [1].

Les études ayant comparé le $\text{Ca}(\text{OH})_2$ et le MTA, en tant qu'agent d'apexogénèse ont montré des résultats différents. Le tableau I regroupe quelques unes.

2. Traitement par apexification

L'apexification est une méthode permettant l'induction d'une barrière calcifiée dans une racine à apex ouvert ou l'achèvement du développement apical de la racine partiellement formée d'une dent nécrosée [1,7,8].

Historiquement, un traitement par apexification a d'abord été induit par des applications successives de l'hydroxyde de calcium, suivies d'une obturation étanche du canal par compactage de la gutta percha [1,9].

Récemment, des barrières apicales ont été proposées comme alternatives à l'apexification au $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Le MTA est le matériau le plus populaire pour cet objectif. Il a été suggéré pour créer un bouchon apical immédiat et prévenir l'extrusion des matériaux d'obturation canalaire [1,10-12].

Les critères de succès de l'apexification sont la fermeture apicale par une barrière évaluée cliniquement et radiologiquement, l'absence de signes cliniques postopératoires telles que la douleur ou la tuméfaction, l'absence de signes radiologiques de résorption interne ou externe, de pathologie latérale, de fracture radiculaire, ou de pathologie péri-radriculaire et la régénération des tissus ostéo-cémentaires [2].

Le tableau II regroupe quelques études d'apexification réalisées respectivement au $\text{Ca}(\text{OH})_2$ et au MTA [13].

DISCUSSION

Les études, comparant le MTA et le $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en tant qu'agent d'apexogénèse, se sont intéressées à plusieurs paramètres.

1. Mécanismes d'action

Similaires pour les deux matériaux au contact du tissu pulpaire exposé.

Certains auteurs ont démontré que le MTA et le $\text{Ca}(\text{OH})_2$ solubilisent des facteurs de croissance séquestrés dans la dentine durant le développement dentaire [13]. Ces facteurs libérés et d'autres molécules bio-actives de signalisation cellulaire, pourraient cheminer à travers les tubuli vers le parenchyme pulpaire, et recruter les cellules pulpaires indifférenciées conduisant à la production de pont minéralisé par la formation :

1.1. D'une dentine réactionnelle

Si les odontoblastes et les cellules de la couche de Höhl sont encore vivantes et biologiquement actives.

1.2. D'une dentine réparatrice

Elle est sécrétée par des «néodontoblastes» en réponse à une effraction pulpaire [14].

Le mécanisme de l'induction de formation de tissu dur par le $\text{Ca}(\text{OH})_2$ et le MTA est respectivement schématisé dans les figures 1 et 2.

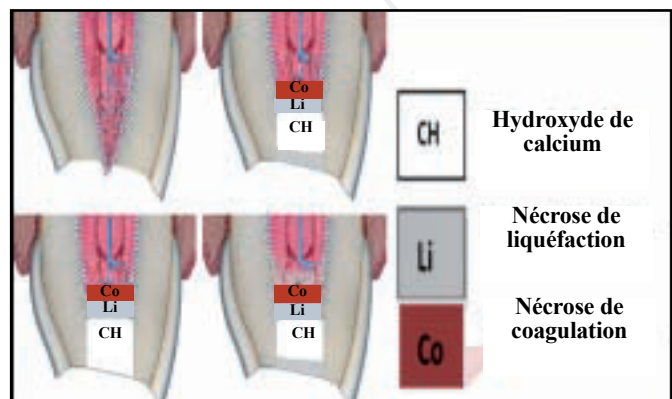


Figure 1. Mécanisme d'induction de la formation de tissu dur par l'hydroxyde de calcium [13].

En raison de son PH élevé sur la dentine, le $\text{Ca}(\text{OH})_2$ induit la libération des signaux de cicatrisation (les facteurs de croissance), prévient la pénétration bactérienne dans le site amputé et génère une zone de nécrose de liquéfaction et une zone de nécrose de coagulation [13], d'environ 1mm d'épaisseur dans le cas du

Tableau I. Etudes comparant le MTA et le Ca(OH)_2 en terme d'apexogénèse.

Etudes	Auteur	Année	Résultats Echantillons traités par le Ca(OH) ₂	Echantillons traités par le MTA	
Coiffage pulpaire	Etude sur des singes comparant le MTA gris et le Ca(OH) ₂ .	Pitt Ford et al [in3]	1996	-Formation de pont dentinaire dans le tiers des échantillons. -Inflammation tissulaire sévère.	-Formation de pont dentinaire continu et épais à 5 mois chez tous les échantillons. -Inflammation tissulaire minime.
	Etude clinique, sur des dents de sagesse avec apex mature, utilisant le MTA gris (Evaluation à 6 mois).	Aeinehchi M et al [in3]	2002	A 6 mois : -Formation de pont dentinaire de 0.15mm. -Nécrose du tissu pulpaire adjacent au Ca(OH) ₂ .	A 6 mois : -Formation de pont dentinaire de 0.43mm avec une couche odontoblastique quasi-régulière. -Absence d'inflammation tissulaire.
	Etude sur des dents de chiens (Evaluation au 90e j).	Queiroz et al [4]	2005	-Formation d'un pont dentinaire épais et homogène avec une couche odontoblastique normale, et absence d'inflammation pulpaire.	Même résultat
	Etude clinique sur des prémolaires permanentes.	Accorinte et al [5]	2008	A 30 jours: -Formation de pont dentinaire dans 60% des échantillons. A 60 jours : -Formation de pont dentinaire dans 90% des échantillons.	A 30 jours : - Formation de pont dentinaire dans tous les échantillons. A 60 jours : - Formation de pont dentinaire dans tous les échantillons.
Pulpotomie	Etude clinique, sur des prémolaires devant être extraites pour des raisons orthodontiques, utilisant le MTA blanc. (Evaluation à 4 et à 8 semaines).	Chacko et al [in3]	2006	-Inflammation pulpaire modérée. -Formation de pont dentinaire non homogène et discontinu.	-Inflammation pulpaire minime. -Formation de pont dentinaire homogène et continu.
	Etude clinique sur 50 enfants, présentant au moins deux dents permanentes immatures.	El Meligy et Avery [6]	2006	Taux de réussite de 86,7%	Taux de réussite de 100%

Tableau II. Taux de réussite du traitement par apexification au Ca(OH)_2 et au MTA [13].

Matériau	Nom de l'opérateur	Année	Taux de réussite (%)
Ca(OH)_2	Kerekes et coll.	1980	94
	Vojinovic	1981	98
	Mackie et coll.	1988	96
	Yates	1988	77
	Merglova	2001	94
	Cvek	1992	96
MTA	El Meligy et Avery	2006	100
	Pradhan et coll	2006	100
	Pace et coll	2007	91
	Simon et coll	2007	81
	Sarris et coll	2008	77
	Holden et coll	2008	85
	Witherspoon et coll	2008	92
	Moore et coll	2011	96



Figure 2. Mécanisme d'induction de la formation de pont dentinaire par le MTA [13].

MTA: Minéral Trioxyde Aggregate.
Co: Nécrose de coagulation.

Ca(OH)_2 à prise lente. Dans le cas de Ca(OH)_2 à prise rapide (DYCAL), la zone de liquéfaction est très étroite ou absente. La zone de coagulation semble être un initiateur de la cicatrisation qui se caractérise par des foyers de calcifications sphériques qui fusionnent pour former une zone de calcification, et à proximité de celle-ci, le collagène se forme. Ainsi, un tissu semblable à l'os est déposé contenant des cellules et un réseau vasculaire. Après environ 2 à 3 semaines, de nouvelles cellules odontoblastiques apparaissent sous le pont de tissu dur et une dentine normale commence à se former.

Le MTA favorise, par son PH élevé, la libération des signaux de communication (les facteurs de croissance) et sa liaison chimique avec la dentine (une couche d'hydroxy-apatite) qui prévient ou réduit la pénétration bactérienne au site d'amputation pulpaire.

Le MTA induit une zone de nécrose de coagulation étroite, à côté de cette zone, une dentinogénèse de réparation est initiée. Par la suite, un pont dentinaire est formé d'une manière plus rapide et avec peu de canalicules vasculaires par rapport à l'hydroxyde de calcium [13].

2. Ponts calcifiés

Les ponts minéralisés formés par le MTA étaient plus cohérents et plus épais. Selon une étude de Asgary S et al. [15], comparant le MTA et le $\text{Ca}(\text{OH})_2$, en tant qu'agent de coiffage pulpaire.

Une autre étude de Reston et al. [16], a révélé que la plupart des échantillons du $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ont présenté un pont dentinaire de localisation périphérique avec structure amorphe (non tubulaire) caractérisée par des précipitations de grosses granulations de calcium associées à un dépôt de matrice dentinaire désorganisée (figures 3 et 4), alors que les échantillons du MTA ont présenté des barrières centropériphériques (formation de barrières complètes), tubulaires ou mixtes (figures 5, 6, 7) [16].

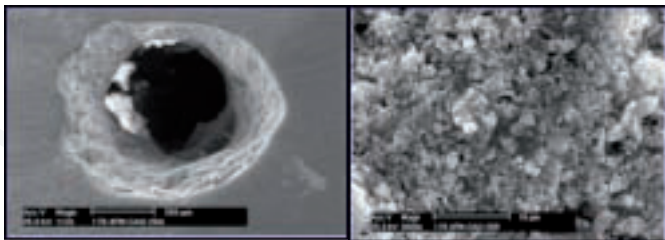


Figure 3. Morphologie d'une barrière de tissu dur de structure amorphe induite par le $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sous MEB. [16].

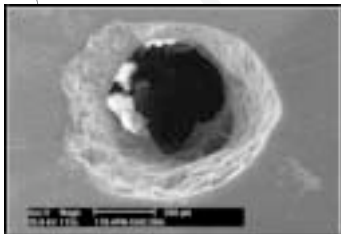


Figure 4. Localisation périphérique de barrière en tissu dur induite par l'hydroxyde de calcium sous MEB [16].

Figure 5. Morphologie d'une barrière de tissu dur de structure mixte induite par le MTA sous MEB [16].

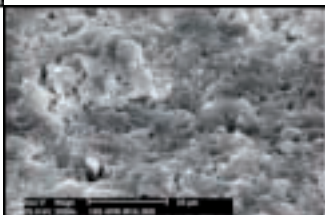
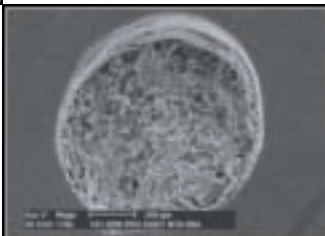


Figure 6. Morphologie d'une barrière de tissu dur de structure tubulaire induite par le MT sous MEB [16].



Figure 7. Localisation centro-périphérique barrière en tissu dur induite par le MTA sous MEB [16].



Ainsi, Reston E.G et al. [16] ont supposé que la différence principale dans la formation de barrière minéralisée, qui est directement associée à l'activité cellulaire de la pulpe et l'organisation matricielle extracellulaire, est due à l'irritation pulpaire lié probablement au pH élevé de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ et à sa libération intensive et continue des ions calcium et hydroxydes lorsqu'il est placé au contact du tissu pulpaire. Par contre, le pH du MTA après sa préparation est moins élevé aboutissant à un effet caustique initial discret sur la pulpe. De plus, la réaction de prise de ce matériau pourrait limiter la libération continue des ions toxiques au tissu pulpaire [16].

Une bonne étanchéité, une faible solubilité, une stabilité à long terme, une meilleure résistance à la pénétration bactérienne, faible niveaux d'inflammation et de nécrose pulpaire, ont été observés, pour le MTA par rapport au $\text{Ca}(\text{OH})_2$ [17].

Les études, comparant le MTA et le $\text{Ca}(\text{OH})_2$, en tant que matériaux d'apexification, ont indiqué que le MTA peut être considéré comme une alternative au $\text{Ca}(\text{OH})_2$, pour plusieurs raisons dont on cite :

3. Taux de succès de l'apexification

Approximativement 79-96% avec le $\text{Ca}(\text{OH})_2$ et 81-100% avec le MTA [8].

4. Durée du traitement

3 mois jusqu'à un an avec le $\text{Ca}(\text{OH})_2$ contre seulement 3 séances avec le MTA [18, 19].

5. Risque de fracture radiculaire

5.1. Avec le $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Des auteurs ont démontré, qu'à partir de 30 jours de traitement intracanalaires à l'hydroxyde de calcium, le risque de fracture augmente [20, 21]. Une autre étude *in vitro* réalisée sur des incisives maxillaires humaines, a révélé une diminution de la résistance à la fracture dentinaire de 43,9% à 3 mois [21].

Il a été suggéré qu'en raison de son pH hautement alcalin, le $\text{Ca}(\text{OH})_2$ peut causer la dessiccation des protéines dentinaires conduisant ainsi à l'affaiblissement de la structure de la dent et prédisposant ces dents aux fractures [22].

5.2. Avec le MTA

Dans la littérature, il y a peu d'études sur l'effet du MTA sur la fragilité de la dentine radiculaire.

Des auteurs ont montré une réduction de la résistance dentinaire de 33% [23], alors que d'autres ont montré que la résistance à la fracture radiculaire des dents traitées au MTA a diminué de 20% à 30 jours, et de 18% après 12 mois [23].

Andreasen et al. 2006 ont réalisé une étude *in vitro* qui a montré que l'apexification au MTA avec ou sans phase préalable de médication intracanalaires à l'hydroxyde de calcium n'entraîne aucune diminution de la résistance à la fracture [21].

6. Le caractère hydrophile

Le MTA est un matériau de choix en présence d'humidité, cette propriété est importante au niveau des dents nécrosées avec des lésions péri-apicales où l'on retrouve l'écoulement des exsudats de l'apex [22].

7. Le risque d'infiltration à travers l'apex

Des rapports de cas ont démontré que les résidus de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ réduisent la force de liaison des ciments de scellement canalaire à la dentine radiculaire, aboutissant à une augmentation d'infiltration à travers l'apex. Une élimination complète du $\text{Ca}(\text{OH})_2$ s'avère donc nécessaire avant l'obturation canalaire définitive [24].

8. Cicatrisation des lésions apicales

Plus rapide avec le MTA par rapport au $\text{Ca}(\text{OH})_2$: [25].

9. Réparation péri-apicale

Une étude ayant réalisé une analyse microscopique sur des singes en comparant le $\text{Ca}(\text{OH})_2$ et le MTA comme matériaux d'obturation de dents réimplantées n'a montré aucune différence significative entre les deux matériaux.

Les mêmes résultats ont été rapportés chez l'homme [26]. Leur rôle dans la régénération tissulaire apicale, par néoformation du ciment, de l'os et du ligament parodontal, a été prouvé par plusieurs études.

10. Barrière apicale calcifiée

Sachant que le MTA hydraté est composé de l'hydroxyde de calcium, il a été supposé que la réparation et la formation de la barrière apicale par les deux matériaux pourraient se produire par le même mécanisme [27].

10.1. Avec le $\text{Ca}(\text{OH})_2$

L'obtention d'une barrière apicale est nécessaire pour servir d'assise au matériau d'obturation canalaire [28]. La barrière formée est souvent incomplète et poreuse, elle nécessite une exploration prudente avec une lime de petit diamètre, ou de préférence avec un cône de gutta percha pour éviter son effondrement [29].

Dans un cas clinique d'apexification au $\text{Ca}(\text{OH})_2$, réalisé au Centre de consultations et de traitements dentaires (CCTD) à Casablanca, sur une incisive latérale droite présentant un apex béant [29]. Le développement d'un nouveau tissu apical avec un contour externe régulier et arrondi a été remarqué sur la radiographie rétro-alvéolaire (figures 8 et 9).



Figure 8. Apex béant sur la 12 [29].

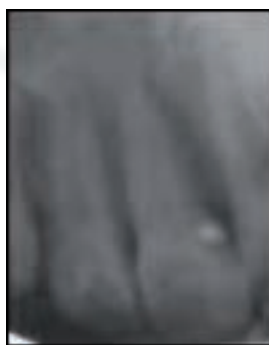


Figure 9. Formation d'une barrière calcifiée après un an de renouvellement du $\text{Ca}(\text{OH})_2$ [28].

Il faut noter que la technique d'apexification faisant appel à l'hydroxyde de calcium est connue dans un premier temps pour sa capacité à former une barrière qui est le plus souvent formée par un tissu semblable au ciment, mais le tissu formé est si irrégulier que l'on ne peut pas parler que de tissu minéralisé. La barrière réalise un pont plus ou moins étanche qui se forme là où le développement de la dent s'est arrêté après nécrose. On peut dire que cette barrière apicale ne scelle pas totalement le canal, mais permet de réaliser une obturation à la gutta percha qui évitera la pénétration bactérienne. Techniquement, il faut environ 6 à 18 mois pour obtenir une barrière apicale qui peut être testée cliniquement et visualisée radiologiquement [18].

10.2. Avec le MTA

La fermeture apicale biologique est obtenue plus tard après l'obturation canalaire définitive, contrairement au traitement par apexification au $\text{Ca}(\text{OH})_2$ [28].

Dans un cas clinique d'apexification par la technique de bouchon apical au MTA, un suivi de 5 ans et 9 mois a montré la néoformation d'une barrière cémentaire apicale au niveau de la 11, une étanchéité et une épaisseur de qualité de cette barrière ont été percues à l'aide d'un cône beam (Figures 10, 11 et 12) [26].



Figure 10. (A): Fistule au niveau du vestibule en regard de la 11 dyschromiée.

(B): Radiographie de l'ancienne obturation endodontique insuffisante et non dense de la 11 [26].

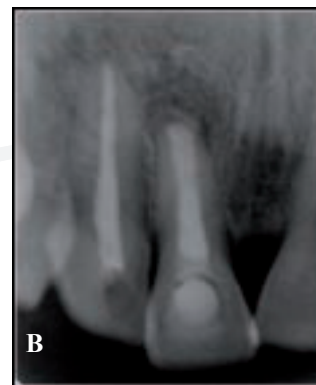


Figure 11. (A): Mise en place d'un bouchon de ProRoot® MTA de 5mm.

(B): Examen radiographique après obturation canalaire montrant la fermeture de la barrière apicale [26].

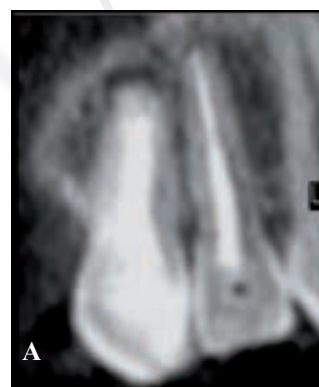


Figure 12. Examen radiographique au Cone Beam CT réalisé après 5 ans et 9 mois de suivi confirmant la néoformation de la barrière étanche en regard de la dent concernée [26].

(A): Coupe verticale vestibulo-linguale.

(B): Coupe sagittale mésio-distale. Réalisées en Janvier 2011.

Selon une étude réalisée par Felipe et al. 2006 [27], évaluant l'effet du MTA sur l'apexification et la guérison péri-apicale des dents avec formation radiculaire incomplète, il a été remarqué que les barrières formées présentent différentes épaisseurs et formes. La barrière présente deux couches continues, distinctes, sans limites entre elles :

- La couche externe, vers le ligament parodontal, irrégulière, plus compact avec peu de cellules incluses.

La couche la plus interne, en face du MTA, irrégulière et expose fréquemment des lacunes avec des inclusions tissulaires et cellulaires [27].

Selon les articles consultés, nous avons remarqué l'utilisation du MTA et l'hydroxyde de calcium en tant que deux matériaux complémentaires dans des applications thérapeutiques différentes, y compris le traitement par apexification.

L'utilisation d'une médication temporaire au $\text{Ca}(\text{OH})_2$ est indiquée en cas d'un traitement endodontique nécessitant plusieurs séances car une recolonisation bactérienne se produira vraisemblablement, dans un canal laissé «vide» en inter séance.

Dans un cas clinique (figures 13, 14, 15 et 16) de traitement par apexification au MTA, réalisé au CCTD à Casablanca, sur deux incisives centrales immatures expulsées et réimplantées, passant par une médication intra-canalair au $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Une régénération tissulaire manifestée par la formation d'une barrière cémentaire au contact du MTA a été obtenue [30].

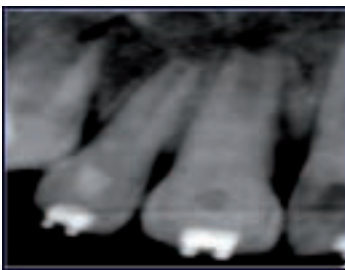


Figure 13. Radio pré-opératoire : Edification radiculaire incomplète. (Karami et Benkiran. CCTD de Casablanca) [30].



Figure 14. Séance d'hydroxyde de calcium (Karami et Benkiran. CCTD de Casablanca) [30].

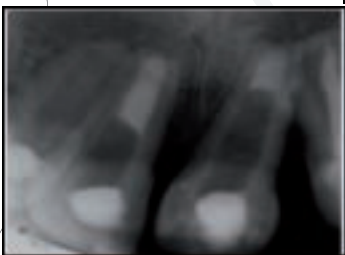


Figure 15. Bouchon de MTA sur les deux incisives (Karami et Benkiran. CCTD de Casablanca) [30].



Figure 16. Formation d'une barrière cémentaire calcifiée au contact du MTA. (Karami et Benkiran. CCTD de Casablanca) [30].

Dans une étude de Felipe et al. 2006 comparant l'apexification au MTA avec et sans phase préalable d'hydroxyde de calcium, il a été remarqué que le MTA est situé au-delà de la limite apicale des échantillons du groupe où l'hydroxyde de calcium a été utilisé en interséance. Ceci a été expliqué par la dissolution des tissus foraminaux qui pourrait être induite par le $\text{Ca}(\text{OH})_2$ [27]. Cependant, lorsque l'auteur compare l'apexification au MTA avec et sans désinfection au $\text{Ca}(\text{OH})_2$, il a été montré que l'utilisation de l'hydroxyde de calcium n'était pas nécessaire pour que l'apexification se produise [27]. D'ailleurs, d'autres travaux

ont montré que la réparation apicale se produit en dépit de la présence des micro-organismes. Les auteurs ont démontré sur des coupes histologiques, que les micro-organismes qui sont présents dans les lacunes de Howship du ciment résorbé, dans les canaux secondaires et sur les parois des canaux, meurent après le traitement et l'obturation canalair [31].

En outre, Stefopoulos et al. [32] ont trouvé que l'hydroxyde de calcium affecte négativement la capacité d'étanchéité d'un MTA blanc apical. Même si la capacité de scellement du MTA gris n'a pas été influencée par le prétraitement à l'hydroxyde de calcium. Ils ont donc supposé que l'hydroxyde de calcium interfère mécaniquement ou réagit chimiquement avec le MTA, et cette réaction chimique peut être plus importante dans le MTA blanc en raison d'une composition différente de MTA gris [32]. D'autre part, une étude de Bidar et al. n'a montré aucune différence significative de l'effet de l'hydroxyde de calcium à court ou long terme sur la capacité de scellement de MTA par rapport au groupe témoin [33].

Les différences de ces résultats peuvent être liées aux différentes méthodes d'évaluation [34].

CONCLUSION

L'Hydroxyde de Calcium et le MTA trouvent donc leurs indications dans les traitements par apexogénèse et par apexification des dents nécrosées avec et sans lésions apicales. Il semble cependant, en se référant à la littérature, que le MTA s'avère supérieur dans l'obtention d'une barrière apicale immédiate. L'hydroxyde de calcium se révèle quant à lui indispensable en présence de phénomènes infectieux et inflammatoires. Par conséquent, ces matériaux sont, à l'heure actuelle, complémentaires et souvent indissociables [35].

DATE D'ENVOI DE L'ARTICLE : 28/07/2019.

DATE D'ACCEPTATION : 08/02/2020.

DATE DE PUBLICATION : 22/06/2020.

RÉFÉRENCES

1. Charland R, Aubre N, Salvail P, Mackay P, Shoghikian E, Gagnon S, & al. Traumatismes des dents antérieures permanentes- Onzième partie : traitements de l'exposition pulpaire traumatique. Journal de l'Ordre des Dentistes du Québec. 2007; 44: 449-459.
2. Clinical Affairs Committee. Pulp Therapy Subcommittee. Guideline on Pulp Therapy for Primary and Immature Permanent Teeth. American Academy of Pediatric Dentistry. 2011-2012; 33(6): 212-19.
3. Roberts HW, Toth JM, Berzins DW, Charlton DG. Mineral trioxide aggregate material use in endodontic treatment: a review of the literature. Dent Mater. 2008; 24: 149-64.
4. Queiroz AMD, Assed S, Leonardo MR, Nelson-Filho P, Silva LABD. MTA and calcium hydroxide for pulp capping. J Appl Oral Sci 2005; 13(2): 126-30.
5. Accorinte ML R, Holland R, Reis A, Bortoluzzi MC, Murata SS, Dezan E, & al. Evaluation of Mineral Trioxide Aggregate and Calcium Hydroxide Cement as Pulp-capping Agents in Human Teeth. J Endod. 2008; 34(1): 1- 6.
6. El Meligy O, Avery DR. Comparison of Mineral Trioxide Aggregate and Calcium Hydroxide as Pulpotomy Agents in Young Permanent Teeth (Apexogenesis). Pediatr Dent. 2006; 28: 399-404.
7. Kumar GV, Hegde RS, Moogi P. Retention of calcium hydroxide at apical one third of root canal for apexification and continued root development – A clinical case report. Journal of International Oral Health. 2010; 2: 79-84.

8. Kumar R, Patil S, Hoshing U, Medha A, Mahaparale R. MTA Apical Plug and Clinical Application of Anatomic Post and Core for Coronal Restoration: A Case Report. *Iran Endod J.* 2011; 6(2): 90-94.
9. Beslot-Neveu A, Bonte E, Baune B, Serreau R, Aissat F, & al. Mineral trioxide aggregate versus calcium hydroxide in apexification of non vital immature teeth: Study protocol for a randomized controlled trial. *Trials.* 2011; 12: 174-182.
10. Beslot A, Lasfargues JJ. Mineral Trioxide Aggregate MTA: Matériau d'apexification ?. *Inf Dent.* 2004; 86(35): 2263-2273.
11. Güneş B, Aydinbelge HA. Mineral trioxide aggregate apical plug method for the treatment of nonvital immature permanent maxillary incisors: Three case reports. *J Conserv Dent.* 2012; 15(1): 73-76.
12. Villette G. Traitement d'une dent traumatisée: cas clinique de revascularisation. *Inf Dent.* 2010; 25: 2-6.
13. Bakland LK, Andreasen JO. Will mineral trioxide aggregate replace calcium hydroxide in treating pulpal and periodontal healing complications subsequent to dental trauma? A review. *Dental Traumatology.* 2012; 28(1): 25-32.
14. El Arrouf N, Sakout M, Abdallaoui F. protection pulpo-dentinaire et adhésion : évolution des concepts biologiques et implications cliniques en pratique quotidienne. *Rev Odont Stomat.* 2010; 39: 112-33.
15. Asgary S, Parirokh M, Eghbal MJ, Ghoddusi J, Eskandari-zadeh A. SEM evaluation of neodentinal bridging after direct pulp protection with mineral trioxide aggregate. *Avril 2006.*
16. Reston EG, de Souza Costa CA. Scanning electron microscopy evaluation of the hard tissue barrier after pulp capping with calcium hydroxide, mineral trioxide aggregate (MTA) or ProRoot MTA. *Aust Endod J.* 2009; 35(2):78-84.
17. Da Rosa V, Cocco AR, Da Silva TM, Luana C. Dias Galarc MA, Da Silva AF, Evandro Piva. Current trends and future perspectives of dental pulp capping materials: A systematic review *Journal of Biomedical Materials Research b: Applied Biomaterials Month.* 2017; vol 00b, issue 00.
18. Cochet IB, Cochet JY. Apexification. *Inf Dent.* 2004;12:45-748.
19. Lehmann N. Traitement de dents nécrosées à apex ouvert avec du MTA : Étude clinique rétrospective dans un cabinet d'endodontie de 1999 à 2008. *Clinic.* 2009; (30): 35-45.
20. Khayat B, Michonneau JC. Economie tissulaire en micro chirurgie endodontique. *Rev Odont Stomat.* 2008; 37: 275-286.
21. Machtou P, Martin D. Risques liés à l'utilisation d'hydroxyde de calcium sur le long terme. *Inf Dent.* 2008; 16: 813-816.
22. Duggal M, Tong HJ, Al-Ansary M, Twat W, Day PF, Nazzal H. Interventions for the endodontic management of non-vital traumatised immature permanent anterior teeth in children and adolescents: a systematic review of the evidence and guidelines of the European Academy of Paediatric Dentistry. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2017; 18: 139-151.
23. Sahebi S, Nabavizadeh M, Dolatkah V, Jamshidi D. Short Term Effect of Calcium Hydroxide, Mineral Trioxide Aggregate and Calcium-Enriched Mixture Cement on the Strength of Bovine Root Dentin. *Iran Endod J.* 2012; 7(2): 68-73.
24. Arslan H, Topcuoglu HS, Karatas E, Barutcgil C, Aladag H, Topcu KM. Effect of the smear layer in the removal of calcium hydroxide from root canal walls. *J Conserv Dent.* 2012 Apr-Jun; 15(2): 113-117.
25. Paul ML, Mazumdar D, Vyavahare NK, Baranwal AK. Healing of the periapical lesion in posterior teeth with mineral trioxide aggregate using orthograde technique - Two case reports. *Contemp Clin Dent.* 2012; 3(2): S264-S268.
26. Karami M, Benkirane I, El Ouazzani A. Formation de néocément au contact du MTA: à propos d'un cas de dent Immature. *Clinic.* 2012; 33: 303-307.
27. Felipe WT, Felipe MCS, Rocha MJC. The effect of mineral trioxide aggregate on the apexification and periapical healing of teeth with incomplete root formation. *International Endodontic Journal.* 2006; 39: 2-9.
28. Simon S, Rilliard F, Berdal A, Machtou P. The use of mineral trioxide aggregate in one-visit apexification treatment: a prospective study. *International Endodontic Journal.* 2007; 40: 186-197.
29. Karami M, Benkirane I, Aljalil Z, El Ouazzani A. L'étanchéité apicale au niveau des dents à apex ouverts : les solutions alternatives au traitement chirurgical. *Journal de l'Ordre des Dentistes du Québec.* 2007; 44: 297-305.
30. Karami M, Benkirane I, El Ouazzani A. Formation de néocément au contact du MTA : à propos d'un cas de dent immature. *Editions CdP. Presse. Clinic.* 01/06/2012; 33, 6.
31. Dudeja P, Dudeja K, Srivastava D, Grover S. Microorganisms in periradicular tissues: Do they exist ? A perennial controversy. *Journal of Oral and Maxillofacial Pathology.* 2015; 19(3): 356.
32. Stefopoulos S, Tsatsas DV, Kerezoudis NP, Eliades G. Comparative *in vitro* study of the sealing efficiency of white vs grey ProRoot mineral trioxide aggregate formulas as apical barriers. *Dental Traumatology.* 2008; 24(2): 207-13.
33. Bidar M, Disfani R, Gharagozloo S, Akbari M, Rouhani A. The effect of calcium hydroxide on the short and long-term sealing properties of MTA apical barrier. *Iran Endod J.* 2011; 6(1): 6-10.
34. Nabavizadeh MR, Moazzami F, Bahmani M, Mirhadi H. The Effect of Intracanal Medicaments on Microleakage of Mineral Trioxide Aggregate Apical Plugs *Iranian Endodontic Journal.* 2017; 12(3): 329-333.
35. Goupy L. Risques liés à l'utilisation d'hydroxyde de calcium sur le long terme l'information dentaire n° 16 - 16 avril 2008.