

THÉRAPEUTIQUES DENTINO-PULPAIRES : REVUE DE LA LITTÉRATURE SUR LA CONSERVATION DE LA VITALITÉ PULPAIRE, LA NÉOFORMATION DENTINAIRE ET LA SENSIBILITÉ POST-OPÉRAIRE

DENTIN-PULP THERAPEUTIC: A REVIEW OF THE LITERATURE ON THE PRESERVATION OF PULP VITALITY, DENTIN NEOFORMATION AND POST-OPERATIVE SENSITIVITY

Auteurs

SECK A¹,
NDIAYE D¹,
KABORE WAD²,
DIENE MNG¹,
EL RHARBAOUI A³,
BANE K¹

Services

1- Service d'Odontologie
Conservatrice- Endodontie
Université Cheikh Anta Diop
Dakar. BP 5005 Dakar- Fann,
Sénégal.
2- Unité de Formation et de
Recherche en Sciences de la
Santé (UFR/SDS), Université
de Ouagadougou 03 BP 7021
Ouagadougou 03, Burkina Faso
3- Chirurgien Dentiste,
Casablanca (Maroc)

Correspondance

SECK Anta
BP 5005 Dakar-Fann, Sénégal
Phone: 00221775419566
Email: antasss@hotmail.com

RÉSUMÉ

Introduction : L'objectif de cette revue de la littérature était de faire le point sur trois critères d'évaluation des thérapeutiques dentino-pulpaire : la conservation de la vitalité de la pulpe, la néoformation de dentine, et la sensibilité post-opératoire après restauration coronaire.

Méthode : La recherche documentaire a été faite par interrogation des bases de données bibliographies Hinari et Medline au cours du mois de janvier 2017. Des moteurs de recherche de l'internet ont été utilisés comme des sources d'informations complémentaires, et cette recherche a été limitée aux publications en langue anglaise ou française parues au cours des dix dernières années.

Résultats : Onze articles ont été utilisés dans la rédaction de cet argumentaire. Concernant la conservation de la vitalité pulpaire et la néoformation de pont dentinaire, toutes les études sélectionnées militaient en faveur de l'utilisation du MTA et de la Biodentine pour obtenir les meilleurs résultats. Pour la dernière rubrique, les principales causes qui étaient évoquées dans l'apparition d'une douleur post-opératoire étaient le traumatisme pulpaire, la préparation de la dent, les matériaux de scellement utilisés et l'infiltration bactérienne.

Conclusion : Ainsi, le MTA et la Biodentine ont donné des résultats satisfaisants lors des thérapeutiques de conservation de la vitalité pulpaire.

Mots-clés : Coiffage pulpaire direct, Coiffage pulpaire indirect, Hydroxyde de Calcium, MTA, Biodentine

ABSTRACT

Introduction: The objective of this review was to take stock of the current endodontic literature on three evaluation criteria for dentin-pulp therapy: preservation of pulp vitality, dentine neoformation, and postoperative sensitivity after surgery. coronary restoration.

Method: The documentary search was done by querying the HINARI and Medline bibliography data bases during the month of January 2017. Internet search engines were used as additional sources of information, and this search was limited publications in English or French published in the last ten years.

Results: Eleven articles were used in the writing of this argument. Regarding the preservation of pulpal vitality and dentine bridge neoformation, all of the selected studies argue in favor of the use of MTA and Biodentine for the best results. For the last section, the main causes that were evoked in the occurrence of postoperative pain were pulpal trauma, tooth preparation, sealing materials used and bacterial infiltration.

Conclusion: In the course of this bibliographic study, it appears that MTA and Biodentine offer very good results in dentin-pulp therapy.

Keywords: Direct pulp capping, Indirect pulp capping, Calcium hydroxyde, MTA, Biodentine

INTRODUCTION

Le coiffage pulpaire consiste à « recouvrir les tissus dentino-pulpaire par un biomatériau placé au contact d'une plaie pulpaire (coiffage pulpaire direct) ou de la dentine (coiffage pulpaire indirect) afin d'obtenir la cicatrisation dentino-pulpaire et/ou l'oblitération de la pulpe exposée par un pont dentinaire néoformé »^[1]. Il permet de conserver la pulpe vitale ainsi que le potentiel dentinogénétique de la dent. S'il a connu des échecs dans le passé, les résultats se sont améliorés avec l'évolution des matériaux, des techniques et des connaissances du complexe dentino-pulpaire.

Aujourd'hui, il existe de nombreux matériaux de coiffage pulpaire. Certains, présents depuis plus de 50 ans, tels l'hydroxyde de calcium ou l'oxyde de zinc eugénol, ont fait leurs preuves. D'autres, plus récents, tels la Biodentine ou le Minéral Trioxyde Agrégat (MTA), présentent des résultats prometteurs^[2,3].

Ainsi, le chirurgien-dentiste dispose d'un nombre important de matériaux pouvant répondre à de multiples indications. Afin de choisir le bon matériau pour la bonne indication, il convient de connaître les propriétés et les indications de chacun. L'intérêt actuel des biomatériaux dans la cicatrisation pulpaire est un défi thérapeutique dans la nouvelle approche de l'odontologie conservatrice. C'est dans ce cadre que cette étude a été réalisée avec pour objectif de faire le point sur les trois critères d'évaluation des thérapeutiques de la dent pulpée : la conservation de la vitalité pulpaire, la néoformation de dentine, et la sensibilité post opératoire après restauration coronaire.

MÉTHODE

Nous avons effectué une revue de la littérature endodontique.

Recherche documentaire

Elle a été faite par interrogation des bases de données bibliographiques Hinari et Medline (*National Library of Medicine*, Etats-Unis) entre 2007 à 2017. Des moteurs de recherche de l'internet (Google Scholar, Pubmed) ont été utilisés comme des sources d'informations complémentaires. La stratégie d'interrogation des bases Medline précise les termes de recherche utilisés pour chaque sujet ou type d'étude ainsi que la période de recherche. Ce sont soit ceux issus d'un thesaurus (descripteurs du MeSH pour Medline) ou ceux du titre ou du résumé (mots clés). Les mots clés utilisés étaient : pulp capping, calcium hydroxyde, MTA, Biodentine. Ils pouvaient être combinés à l'aide des opérateurs booléens «Et», «Ou», «Sauf» Par contre, la recherche avec Hinari n'avait pas donné autant de précisions.

La recherche a été limitée aux publications en langue anglaise ou française parues de 2007 à 2017. L'examen des références citées dans les articles analysés a permis de sélectionner des articles non identifiés lors de l'interrogation des différentes sources d'information.

Sélection des articles

Après lecture des titres et des résumés d'études, les articles potentiellement pertinents ont été examinés. Les articles dont la méthodologie était correcte ont été analysés. Les études sur la conservation de la vitalité pulpaire, la vitesse de formation du pont dentinaire, ou la sensibilité post-opératoire ont été sélectionnées (Figure 1).

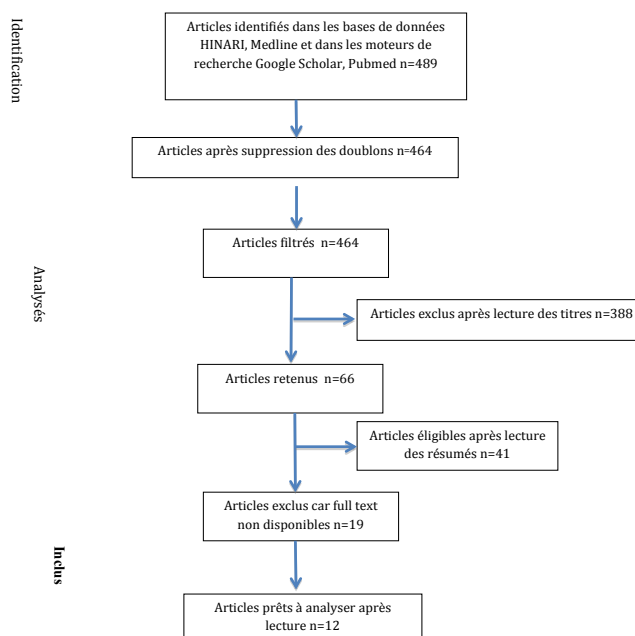


Figure 1 : Diagramme de flux

RÉSULTATS

Les douze articles retenus dans cette analyse sont présentés sous forme de tableau.

Numéro	Auteur, Année,	Type d'étude	Taille de l'échantillon	Objectifs	Temps de suivi	Résultats
1	Akhlaghi N. et al. 2015	Revue de la littérature	18 dents à 1075 dents	Le but de cet article était de passer en revue les résultats de diverses techniques de thérapeutiques de vitalité pulpaire, notamment le coiffage pulpaire indirect (CPI), le coiffage pulpaire direct (CPD), la pulpotomie partielle (PP) et la pulpotomie complète (PC) sur des dents permanentes.	6 semaines au minimum à 10 ans au maximum	Le taux de succès du coiffage indirect avec Ca (OH) 2 sur les dents permanentes est de 93% et 63% après 3 et 10 ans, respectivement. En ce qui concerne une nouvelle étude, le MTA semble être plus efficace que Ca (OH) 2 6 mois après le coiffage indirect de la pulpe
2	Asgary Saeed 2014	Séries de cas	94 dents permanentes	Evaluer les résultats Cliniques et radiographiques des différentes Thérapeutiques de vitalité pulpaire (CPD, CPI, PP, PC) sur dents permanentes symptomatiques	1 an 3 mois	Les résultats ont révélé que seul le traitement d'une dent a échoué, tandis que 93 dents étaient vitales et sans symptôme, avec un taux de réussite très élevé de 98,9%. Le cas qui a échoué était dans le groupe de coiffage pulpaire directe
3	Nowicka A et al. 2013	Étude clinique et histologique	28 dents	Comparer la réponse du complexe pulpo-dentinaire sur des dents humaines après coiffage direct avec du ciment à base de silicate tricalcique et du MTA.	6 semaines	La majorité des échantillons ont montré une formation complète de pont dentinaire et une absence de réponse inflammatoire de la pulpe. On a constaté que des couches de cellules odontoblastes et analogues à des odontoblastes bien disposées formaient une dentine tubulaire sous l'ostéodentine. L'analyse statistique n'a montré aucune différence significative entre les groupes expérimentaux Biodentine et MTA au cours de la période d'observation

4	Jalan AL et al. 2017	Etude clinique et histologique	40 prémolaires	Comparer la réponse de la pulpe humaine à l'hydroxyde de calcium et à la biodentine dans les thérapeutiques de coiffage direct	45 jours	Les ponts dentinaires recouverts de Biodentine étaient significativement plus épais ($P < 0,0001$) et plus continus ($P = 0,0001$) avec moins d'inflammation pulpaire ($P = 0,0044$) par rapport à Dycal. Sur la base des résultats de cette étude, la biodentine peut être suggérée comme matériau de choix pour la procédure de coiffage direct de la pulpe à la place de Dycal. Cependant, de nouvelles études in vivo de suivi à long terme chez l'homme sur l'homme utilisant Biodentine sur des dents pulpaires exposées avec précaution sont nécessaires pour en tirer une conclusion définitive
5	Pérard M 2013	Etude histologique		L'objectif principal de cette étude était d'évaluer les effets biologiques d'un nouveau substitut de la dentine à base de Ca_2SiO_5 (Biodentine™) destiné coiffage pulpaire, sur des cellules pseudo-odontoblastiques (MDPC-23) et pulpaires (Od-21). L'objectif secondaire était d'évaluer les effets du Biodentine et des agrégats de trioxyde minéral (MTA) sur l'expression des gènes dans les sphéroïdes en culture.	7 jours	Les cellules MDPC-23 cultivées en présence de MTA présentaient des niveaux de viabilité supérieurs à ceux cultivées en présence de Biodentine et de cellules témoins au jour 7 ($p = 0,0065$ et $p = 0,0126$, respectivement). Pour les cellules Od-21, les taux de prolifération au jour 7 étaient significativement plus faibles en présence de biodentine ou de MTA que pour les témoins ($p < 0,0001$). Les niveaux d'expression de Colla1 étaient légèrement inférieurs dans les cellules cultivées en présence de MTA par rapport à celles cultivées en présence de biodentine et dans les cellules témoins. La biodentine et le MTA peuvent modifier la prolifération des lignées cellulaires de la pulpe. La similitude observée entre la biodentine et le MTA valide l'indication de coiffage direct de la pulpe revendiquée par les fabricants.
6	Leye Benoist 2012	Essai clinique randomisé	60 dents	Évaluer l'efficacité de l'agrégat de trioxyde minéral (MTA) utilisé comme matériau indirect de coiffage de la pulpe dans les molaires et les prémolaires.	3 mois à 6 mois	à 3 mois, les taux de succès cliniques du MTA et de l'hydroxyde de calcium étaient respectivement de 93% et 73% ($p = 0,02$). À 6 mois, le taux de réussite avec le MTA était de 89,6% et demeurait stable à 73% avec l'hydroxyde de calcium ($p = 0,63$). L'épaisseur résiduelle initiale moyenne de la dentine était de 0,23 mm et augmentait de 0,121 mm avec le MTA et de 0,136 mm avec l'hydroxyde de calcium à 3 mois. À 6 mois, il y avait une augmentation de 0,235 mm avec le MTA et de 0,221 mm avec l'hydroxyde de calcium.
7	Swarup SJ 2014	Etude histologique	30 prémolaires	Comparer la réponse de la pulpe humaine exposée au Nano-Hydroxyapatite, à l'agrégat de trioxyde minéral et à l'hydroxyde de calcium	15, 30 jours	Nano-Hydroxyapatite et MTA ont produit des ponts de dentine continus. Le pont dentinaire formé dans le groupe MTA présentait un motif régulier de tubules dentinaires, mais aucun tubule n'a été observé dans le groupe nano-Hydroxyapatite. Un pont dentinaire n'a pas été observé dans le groupe Dycal pendant la période de 15 jours dans la majorité de l'échantillon et, après 30 jours, on a observé un pont dentinaire qui était à la fois continu

8	Linu S et al. 2017	Etude pilote retrospective	30 patients	Evaluer les séquelles du recouvrement du coiffage direct de la pulpe (DPC) en utilisant un agrégat de trioxyde minéral (MTA) et du Biodentine sur des dents permanentes matures	1, 3, 6, 12, 18 mois	Quatre cas (2 de MTA et de Biodentine) ont été perdus de vue. Les groupes MTA et Biodentine ont montré des taux de réussite respectifs de 84,6% et 92,3%, avec un taux de réussite global de 88,5%. Des ponts dentinaires visibles sur le plan radiographique ont été observés dans 69,2% (9/13) et 61,5% (8/13) des cas traités avec du MTA et du Biodentine, respectivement. Les cas réalisés avec MTA ont montré une coloration coronaire à l'examen. Des calcifications diffuses de la chambre pulpaire ont été observées dans 1 cas (7,7%) avec MTA et 3 (23,1%) avec Biodentine.
9	Costa CA 2011	Etude clinique : évaluation histologique	34 prémolaires	Evaluer la biocompatibilité in vivo de Vitrebond Plus Light Cure Glass Ionomer Liner/Base (VBP) et au ciment à l'hydroxyde de calcium (Dycal -DY - Dentsply) dans des cavités profondes préparées sur des dents saines.	7, 30, 60 jours	L'épaisseur moyenne restante de la dentine dans les échantillons revêtus de VBP, ou Dycal variait de 342,3 à 436,1 µm et aucune différence statistiquement significative n'a été observée entre les matériaux ou les périodes (ANOVA à deux voies, p > 0,05). La comparaison des deux matériaux testés histologiquement à chaque période a montré des résultats statistiquement similaires (Kruskal - Wallis, p > 0,05).
10	Hegde S et al. 2017	Etude clinique	24 molaires permanentes matures	Evaluer la réponse clinique du complexe pulpe-dentinaire près coiffage pulpaire direct avec MTA et la Biodentine	3 semaines, 3 mois et 6 mois	Sur une période de 6 mois, le MTA et la Biodentine ont montré des taux de réussite de 91,7% et 83,3%, respectivement, sur la base des symptômes subjectifs, des tests de sensibilité de la pulpe et de l'aspect radiographique.
11	Kundzina R et al. 2017	Etude clinique	70 patients	Comparer l'efficacité du agrégat de trioxyde minéral (MTA) à l'hydroxyde de calcium (CH) dans les coiffages pulpaire directs sur des molaires adultes présentant une carie avec exposition pulpaire.	1 semaine, 12, 24, 36 mois	A 36 mois, l'analyse de survie de Kaplan - Meier a montré un taux d'estimation cumulé de 85% pour le groupe MTA et de 52% pour le groupe CH (P = 0,006). Il n'y avait pas d'association significative entre le matériau de coiffage et la douleur postopératoire. L'agrégat de trioxyde minéral a été plus efficace que l'Hydroxyde de calcium.

DISCUSSION

Les résultats de ces études sont analysés en fonction du type de matériau de coiffage utilisé. Les trois matériaux les plus utilisés dans la littérature sont l'hydroxyde de calcium, le MTA et la Biodentine [4, 5, 6].

L'ensemble des résultats publiés sur le sujet, aussi bien à 3 mois et à 6 mois, ont montré que le MTA et la Biodentine sont meilleurs que l'hydroxyde de calcium pour la conservation de la vitalité pulpaire. En effet, une étude comparative entre le MTA et l'hydroxyde de calcium [7] avait montré qu'à 3 et 6 mois, les meilleurs résultats sont obtenus avec la technique utilisant le MTA comme matériau de coiffage. Cette étude, réalisée à Dakar avait montré, à 3 mois, un taux de succès au MTA de 93,1% contre 73,3% pour l'hydroxyde de calcium. Cette différence, sta-

tistiquement significative, montre que le MTA est plus efficace que l'hydroxyde de calcium. Les bons résultats du MTA (supérieurs à 93%) sont également confirmés par Hegde et al. [5] qui dans leur étude portant sur le coiffage pulpaire direct chez 24 molaires, ont trouvé un taux de succès de 91,7% sur la base de critères radiographiques, de symptômes subjectifs et d'un test au froid.

A 6 mois, le taux de réussite n'a toujours pas varié pour les coiffages réalisés avec l'hydroxyde de calcium d'après l'étude de Lély-Benoist et al. [7]. Par contre, pour les coiffages avec le MTA, un échec supplémentaire a été enregistré. Ainsi, d'après les auteurs de cette étude, la période critique pour les coiffages semble être les 3 premiers mois d'autant plus que l'échec supplémentaire avec le MTA pourrait être lié à la perte de la restauration

provisoire au CVI survenue après le contrôle du 3^{ème} mois et non signalée par le patient.

Les résultats obtenus sur la conservation de la vitalité pulpaire sur le plan clinique ont été corroborés par d'autres études qui ont été menées aussi sur le plan histologique. En effet, Pérard et al. [8] ont réalisé une étude *in vitro*, comparant la biocompatibilité de Biodentine™ et du MTA. Cette étude porte sur plusieurs lignées cellulaires : des pseudo-odontoblastes (MDPC-23) et des cellules pulpaires (Od-21). Pour la lignée MDPC-23, les cellules en contact avec le MTA montrent un taux de survie plus important que les cellules en présence de Biodentine™ et de même que les cellules du groupe témoin. Pour la lignée Od-21, à sept jours, le taux de prolifération des cellules est inférieur pour le MTA et Biodentine™, par rapport au groupe témoin. De plus, l'expression de Collagène promoteur de la sécrétion de matrice extracellulaire, a été mesurée. Il montre un taux plus faible dans les cultures cellulaires en présence de MTA. Les similitudes observées entre Biodentine™ et le MTA valident leur efficacité dans la conservation de la vitalité pulpaire.

L'ensemble de ces études sur la conservation de la vitalité militent en faveur de l'utilisation du MTA et de la Biodentine™ pour obtenir les meilleurs résultats. Cependant, avec le peu de recul obtenu sur la Biodentine™, cette dernière doit faire l'objet d'investigations dans le temps.

Comme dans le cas de la conservation de la vitalité pulpaire, l'évaluation de la néoformation de dentine se fait en fonction du matériau de coiffage utilisé. Les études retenues ont montré que le MTA et la Biodentine™ offrent actuellement les meilleurs résultats [9]. Avant l'avènement de nouveaux matériaux de coiffage (MTA, Biodentine™), l'hydroxyde de calcium a pendant longtemps été considéré comme le produit de choix pour le coiffage pulpaire direct. Les autres produits de l'époque, l'eugénate et le ciment verre ionomère surtout, étaient réservés au coiffage pulpaire indirect. En

effet, en 2011, Costa CA et al. [10] ont étudié *in vivo* les réponses pulpaires après coiffage à l'hydroxyde de calcium et au ciment verre ionomère sur plusieurs patients. Il découlait de cette étude que l'hydroxyde de calcium était le biomatériau qui garantissait le plus la survie des odontoblastes et la formation de pont dentinaire. Ces résultats justifiaient l'utilisation fréquente des ciments verres ionomères dans le coiffage indirect. Ces ciments jouent un rôle primordial dans la limitation de la prolifération bactérienne. Les ciments verres ionomères provoquent une irritation au contact de la pulpe, ce qui limite la formation d'un pont dentinaire et justifie leur interdiction pour le coiffage direct. Après l'apparition d'autres matériaux de coiffage pulpaire (MTA, Biodentine), des études ont été réalisées pour tester l'efficacité de ces nouveaux produits, mais aussi pour les comparer avec l'hydroxyde calcium. Nowicka et al. (2013) [11] ont étudié la réponse de la pulpe humaine lors d'un traitement par coiffage pulpaire direct, au MTA et à la Biodentine™. Cette étude *in vivo*, a été réalisée, sur des dents humaines, dont l'extraction était prévue pour cause orthodontique. La pulpe de ces dents a été exposée mécaniquement, puis coiffée à l'aide du MTA, de la Biodentine™ ou laissée en l'état pour le groupe de contrôle. Six semaines plus tard, ces dents ont été extraites, fixées à l'aide d'une coloration hématoxyline-éosine et observées au microscope. Les auteurs ont alors noté la présence d'un pont de dentine complètement formé et l'absence d'inflammation pulpaire dans les deux cas. Malgré le faible nombre de dents testées (n=28), aucune différence notable n'a été constatée lors de la période d'observation entre les deux produits utilisés. La Biodentine™ comme le MTA présentent un meilleur résultat lors du coiffage pulpaire direct d'après ces auteurs. De plus, la Biodentine™ présente une résistance à la flexion bien supérieure à celle du MTA ou de l'hydroxyde de calcium. Cette supériorité rend la Biodentine™ compatible avec une restauration en secteur occlusal.

Les études de Asgary de Jalan et de Swarup [12,13,14] ont montré que les ponts dentinaires formés avec de la Biodentine ou du MTA était significativement plus épais et plus continus avec moins d'inflammation pulpaire par rapport à l'hydroxyde de calcium.

Après de toutes ces observations, il convient de dire que le MTA et la Biodentine sont particulièrement adaptés pour les coiffages pulpaire directs et indirects dans le cadre de la néoformation de dentine. Malgré les résultats moins bons observés avec l'hydroxyde de calcium, il constitue toujours un matériau d'actualité. Cependant, du fait des résultats retrouvés dans la littérature et du pronostic moins favorable en cas de coiffages pulpaire directs, l'utilisation de ce dernier doit être limitée aux lésions profondes, mais n'atteignant pas le tissu pulpaire. L'eugénate et le ciment verre ionomère constituent encore des matériaux qui peuvent être utilisés dans les cavités peu profondes ; leur coût faible fait d'eux des produits particulièrement adaptés au contexte de pays en développement.

Les résultats de l'ensemble des études sélectionnées n'ont pas décrit les sensibilités post-opératoires à la suite d'un coiffage pulpaire direct ou indirect. Les auteurs ont surtout mentionné les sensibilités post-opératoires à la suite d'une reconstitution coronaire.

L'interprétation la plus largement acceptée pour expliquer la sensibilité d'une dent, que cette sensibilité soit sur une surface radiculaire exposée ou sous une restauration, est celle de la théorie hydrodynamique de la douleur décrite par Brannstrom en 1972 [15]. Selon cette théorie, tout stimulus appliqué sur une dent peut causer le mouvement du fluide à l'intérieur des tubuli dentinaires et ainsi déclencher une réponse douloureuse de la part des fibres nerveuses. Il convient donc de comprendre qu'à la base des odontoblastes, dont les extensions s'étendent dans les tubuli, il y a un récepteur barométrique. Les mouvements du fluide à l'intérieur des tubuli causent un changement de pression ressenti par ces barorécepteurs qui trans-

mettent cette information au nerf. Ce dernier réagit en déclenchant une réponse douloureuse. Les dents préparées en prévision d'une restauration indirecte et qui présentent une cavité large et profonde sont particulièrement à risque de développer une hypersensibilité, et ce pour plusieurs raisons.

Quatre principales causes sont évoquées dans l'apparition d'une douleur post-opératoire. La première cause est le traumatisme pulpaire qui constitue la première cause de sensibilité dentinaire suite au scellement d'une restauration. La production de chaleur lors de la taille de la dent, qui peut être causée par l'utilisation d'une fraise usée ou/et l'usage d'un jet d'eau réduit sur la turbine, ou les vibrations d'une fraise présentant un balourd, ou une pression excessive sur les instruments ou encore des préparations trop agressives sont autant d'éléments pouvant perturber la couche odontoblastique et entraîner des conséquences pulpaire négatives [16].

CONCLUSION

Au terme de cette étude, il apparaît que l'ensemble des travaux sélectionnés montrent que le MTA et la Biodentine offrent de très bons résultats dans les thérapeutiques dentino-pulpaire. Les tests de sensibilité pulpaire sont en général réalisés juste après le traitement, à trois et à six mois. Le test le plus souvent utilisé est le test électrique ; des tests thermiques sont parfois utilisés. L'évaluation de la néoformation de dentine se fait en fonction du matériau de coiffage utilisé. Les résultats de l'ensemble des études sélectionnées n'ont pas décrit la sensibilité post-opératoire à la suite d'un coiffage pulpaire direct ou indirect. Les auteurs ont surtout mentionné les sensibilités post-opératoires à la suite d'une reconstitution coronaire.

Par ailleurs, les progrès importants des biotechnologies et de l'ingénierie tissulaire permettent d'imaginer de nouvelles applications thérapeutiques sur le complexe pulpo-dentinaire, telles que l'application de molécules biologiques et de facteurs de

croissance pour la régénération pulpaire et dentinaire, ou encore la revascularisation pulpaire. Ainsi une nouvelle ère plus biologique a démarré et représentera probablement les coiffages et l'endodontie de demain.

RÉFÉRENCES

- 1- COLLÈGE NATIONAL DES ENSEIGNANTS EN ODONTOLOGIE CONSERVATRICE. Dictionnaire francophone des termes d'odontologie conservatrice. C.N.E.O.C. Paris: SNPMD;2010.
- 2- GOMES-FILHO JE, DE FARIA MD, BERNABE PF, NERY MJ, OTOBONIFILHO JA, DEZAN J, NIOR E, DE MORAES COSTA MM, CANNON M. Mineral trioxide aggregate but not light-cure mineral trioxide aggregate stimulated mineralization. *J Endod* 2008;34(1):62-65.
- 3- SIMON S, COOPER P, BERDAL A, MACHTOU P, SMITH AJ. Biologie pulpaire: comprendre pour appliquer au quotidien. *Rev Odont Stomat* 2008;37:209-235.
- 4- KUNDZINA R, STANGVALTAITE L, ERIKSEN HM, KEROSUO E. Capping carious exposure in adults : a randomisez controlled aggregate versus calcium hydroxide. *Int Endod J* 2017;50(10):924-932.
- 5- HEGDE S, SOWMYA B, MATHEW S, BHANDI SH, NAGARAJA S, DINESH K. Clinical evaluation of mineral trioxyde aggregate and biodentine as direct pulp capping agents in carious teeth. *J Conserv Dent* 2017;20(2)91-95.
- 6- AKHLAGHI N, KHADEMI A. Outcomes of vital pulp therapy in permanent teeth with different medicaments based on review of the literature. *Dent Res J* 2015;12(5)406-17.
- 7- LEYE BENOIST F, GAYE NDIAYE F, KANE AW, BENOIST HM, FARGE P. Evaluation of mineral trioxide aggregate (MTA) versus calcium hydroxide cement (Dycal®) in the formation of a dentine bridge: a randomised controlled trial. *Int J Dent* 2012 ;62(1):33-39.
- 8- PÉRARD M, LE CLERC J, WATRIN T, MEARY F, PÉREZ F, TRICOT DS. Spheroid model study comparing the biocompatibility of Biodentine and MTA. *Sci Mater Med* 2013;24(6):1527-1534.
- 9- LINU S, LEKSHMI MS, VARUNKUMAR VS, SAM JOSEPH VG. Treatment outcome following direct pulp capping using bioceramic materials in mature permanent teeth with carious exposure: A pilot retrospective study. *J Endod* 2017;43(10):1635-1639.
- 10- COSTA CA, RIBEIRO AP, GIRO EM, RANDALL RC, HEBLING J. Pulp response after application of tzo resin modified glass ionomer cements (RMGICs) in deep cavities of prepared human teeth. *Dent Mater* 2011;27(7)158-70.
- 11- NOWICKA A, LIPSKI M, PARAFINIUK M, SPORNIAK-TUTAK K, LICHOTA D, KOSIERKIEWICZ A. Response of human dental pulp capped with biodentine and mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2013;39(6):743-747.
- 12- ASGARY S, FAZLYAB M, SABBAGH S, EGHBAL MJ. Outcomes of different vital pulp therapy techniques on symptomatic permanent teeth: a case series. *Iran Endod J* 2014;9(4):295-300.
- 13- JALAN AL, WARHADPANDE MM, DAKSHINDAS DM. A comparison of human dental pulp response to calcium hydroxide and biodentine as direct pulp capping agents. *J Conserv Dent* 2017;20(2) :129-133.
- 14- SWARUP SJ, RAO A, BAOZ K, SRIKANT N, SHENOY R. Pulpal response to nanohydroxiapatite, mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide when used as a direct pulp capping agent: an vivo study. *J Clin Pediatr Dent* 2014 ;38(3):201-6.
- 15- BRANNSTROM M, ASTROM A. The hydrodynamics of the dentin; its possible relation ship to dentinal pain. *Int Dent J* 1972; 22:219-227.
- 16- GOODIS HE, SCHEIN B, STAUFFER P. Temperature changed measured in vivo at the dentino enamel junction and pulpo-dentin junction during cavity preparation in the Macaca fascicularis monkey. *J Endod* 1988;14:336-339.