

Ben yelles Ilham^{1,2,3*}, Meziane Warda^{1,4}, Djafour Nassima, Kara Ali Ilhem, Aribi Mourad¹

¹Laboratoire de Biologie moléculaire appliquée et d'immunologie, Université de Tlemcen

²Service d'odontologie conservatrice et Endodontie, CHU Tlemcen

³Laboratoire de recherche Odontologie Conservatrice et Endodontie, Université Ahmed Benbella 1Oran

⁴Laboratoire de Biologie expérimentale & Pharmacologie, Université de Médéa.

* Corresponding authors: benyelles.ilham29@gmail.com, benyelles.ilham@univ-tlemcen.dz, warda_bio@yahoo.fr
Tel :00213550921931

Résumé

Introduction : De nombreuses études ont contribué à l'augmentation de la force de liaison entre l'adhésif et la dent. Toutefois, la perte prématurée de l'adhérence est l'un des problèmes qui affectent encore les restaurations adhésives. Cette perte est causée principalement par la dégradation de la couche hybride à l'interface dentine-adhésif par des Métalloprotéinases Matricielles (MMPs)

Objectif : Evaluer l'effet thérapeutique inhibiteur de la chlorhexidine (CHX), la doxycycline (DOX) et l'indométacine (IND) sur l'activité des MMPs responsables de la dégradation de la couche hybride.

Matériels et méthodes : L'activité enzymatique totale des métalloprotéinases matricielles a été mise en évidence *ex vivo* sur quarante (40) dents humaines permanentes dents saines et des dents cariées, lors d'essais thérapeutiques comparatives à l'aide de chlorhexidine, doxycycline et l'indométacine.

Résultats : Le taux des activités enzymatiques totales des MMPs était significativement plus élevé au niveau des dents cariées traitées par l'indométacine par rapport à celui des dents cariées ou saines traitées par la doxycycline ou la chlorhexidine ($p < 0,01$). Aussi, l'activité totale des MMPs était significativement plus augmentée au niveau des dents contrôles traitées par le sérum physiologique ($p < 0,001$). Par ailleurs, aucune différence significative de l'activité totale des MMPs entre les dents saines, quel que soit le traitement utilisé, n'a été mise en évidence. De même, pour l'activité totale des MMPs entre les dents saines et dents cariées traitées par la doxycycline ($p > 0,05$). À l'inverse, l'activité totale des MMPs était nettement plus élevée au niveau des dents cariées comparées aux dents saines traitées par l'indométacine ou la chlorhexidine (respectivement, $p < 0,01$ et $p < 0,05$).

Conclusions : On retient un meilleur usage thérapeutique de la doxycycline ou de la chlorhexidine dans l'inhibition des Métalloprotéinases et de la dégradation de la couche hybride comparé à celui de l'indométacine dont

Mots clés : Adhésion, Chlorhexidine, Doxycycline, Indométacine, Métalloprotéinases matricielles.

1. Introduction :

L'adhésion à la dentine au cours d'une procédure de collage d'une dent est assurée par imprégnation des fibres de collagène par la résine adhésive, créant ainsi une couche hybride homogène et stable [1], ce qui conditionne le succès de la restauration adhésive à la résine composite à long terme [2].

Fait important, la perte d'adhérence est causée par un certain nombre de facteurs tels que les charges occlusales, la contamination par la salive due à l'isolation insuffisante et une mauvaise utilisation des matériaux adhésifs [3], mais elle est attribuée principalement à la dégradation de la couche hybride à l'interface dentine- adhésif par des enzymes endogènes appelés les métalloprotéinases matricielles (MMP) [4,5,6,7].

Les métalloprotéinases sont une famille d'enzymes protéolytiques [8] capables de dégrader la matrice organique de la dentine déminéralisée [6,9]. Ces endopeptides sont sécrétés et activés lors du processus carieux dans des conditions acides, par des bactéries cariogènes, elles se trouvent aussi en état latent dans la salive, le fluide buccal ou encore endogène au niveau de l'émail et la dentine capable à ce niveau de dégrader le contenu organique [4], [6].

Par ailleurs plusieurs études, ont démontré l'effet de la doxycycline et l'indométacine sur les métalloprotéases responsables des problèmes inflammatoire et articulaire[10], de même l'effet inhibiteur de la chlorhexidine à plusieurs dilutions a aussi été approuvé [11,12].

L'objectif de notre travail est d'évaluer l'efficacité de ces trois solutions inhibitrices dont la chlorhexidine, la doxycycline et l'indométacine sur l'activité des métalloprotéinases responsables de la dégradation de la couche hybride ; ce dans le but d'augmenter l'adhérence et prolonger la durabilité des restaurations adhésives.

Citation: To be added by editorial staff during production.

Academic Editor: First name Last name

Received: date:25/02/2025

Revised: date:13/03/2025

Accepted: date:02/06/2025

Published: date:22/06/2025

Copyright: © 2024 by the authors. Submitted publication under the terms and conditions of the Creative Commons

2. Matériel et méthodes

Study design

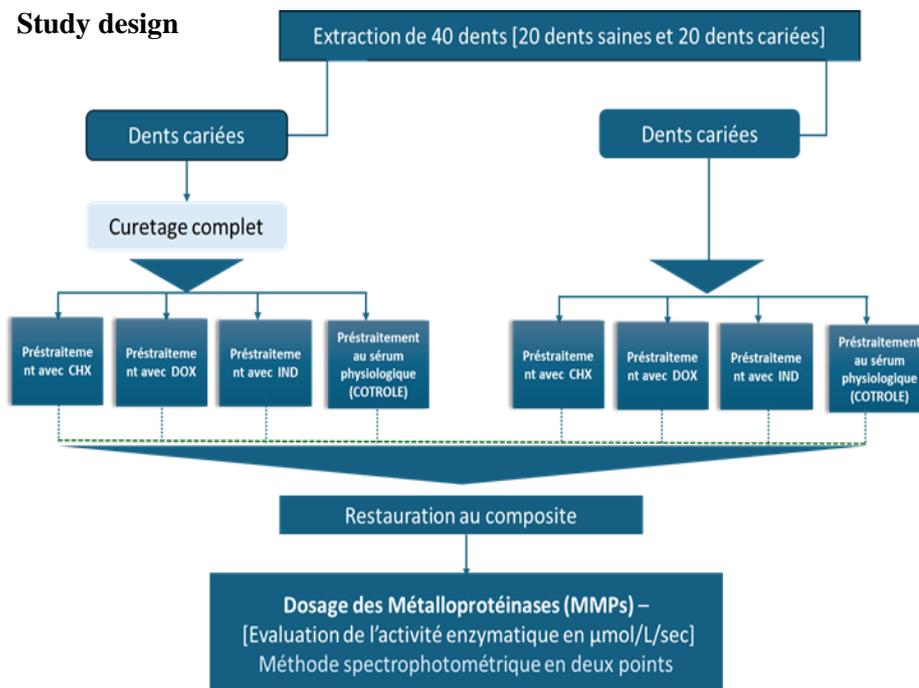


Figure 1 : déroulement de l'étude

Répartition des échantillons

Un nombre total de quarante (40) dents humaines permanentes, dont vingt (20) cariées et vingt (20) saines, ont été récupérées après avulsion par le



praticien pour des raisons de maladie carieuse ou parodontale (Figure 2), faisant suites à un consentement éclairé du patient ; puis nettoyées à la Bétadine et rincées à l'eau oxygénée et enfin placées dans une solution de conservation pour être considérées comme étant les échantillons de la présente étude.



Figure 2. Dents cariées et dents saines après extraction

Les échantillons de dents ont été dispatchés aléatoirement dans les différentes solutions, en formant un total de huit (8) lots contenant cinq (5) dents chacun, distribués sur deux groupes en fonction des dents étudiées, saines ou cariées. Les dents ont été trempées dans 100mL de la solution testée ; ainsi le premier lot dans la doxycycline, le deuxième dans de l'indométacine, le troisième dans la chlorhexidine et le quatrième dans du sérum physiologique en représentant le groupe témoin de l'étude.

Traitement des dents

Chaque dent a été gardée dans la même solution de traitement lors du collage afin de conserver la concentration de départ, puis a été incubée à 37°C. Le traitement des dents cariées, seulement, a été amorcé par un curetage complet de la dentine ramollie au préalable. Cependant, les deux types de dents, saines ou cariées, ont subi une section au niveau cervical, suivi d'un conditionnement avec un agent mordant à 37% pendant 30 secondes au niveau de l'émail et 15 secondes au niveau de la dentine ; cette étape a été suivie par un badigeonnage durant une minute de la solution inhibitrice choisie, l'application de la résine adhésive puis une photopolymérisation de 20 secondes suivie d'une restauration en résine composite et enfin la mise en place de la dent dans sa solution correspondante durant un mois [13].

Mesure de l'activité enzymatique totale des métalloprotéinases

Les taux métalloprotéinases ainsi que leur activité ont été dosées par la mesure de leur cinétique enzymatique. Les vitesses ont été déterminées spectrophotométriquement à l'aide de la technique en deux points et la méthode modifiée de Gornal, à pH de 7-9, la densité optique (D.O) ainsi mesurée à 520 nm [14].

Les activités des MMPs sont exprimées en $\mu\text{mol/L/sec}$. Le dosage a été effectué durant une semaine au niveau du laboratoire de recherche en Biologie moléculaire appliquée et immunologie [BIOMOLIM], université de Tlemcen (figure 1).

Aspect éthique

L'étude a été approuvée par le comité éthique local de la faculté de médecine de Tlemcen, Benaouda Benzerdjeb .

Analyse statistique

Les données collectées ont été traitées à l'aide du logiciel statistique SPSS. La distribution des échantillons a été vérifiée par le test de variance de l'ANOVA et l'analyse des sous-groupes a été réalisée à l'aide d'un test t de Student pour échantillons indépendants. Le seuil de signification a été déterminé à $p < 0,05$.

3. Résultats

Les résultats sont présentés dans les Figures 1 à 6. Le taux des activités enzymatiques totales des MMPs est significativement plus important au niveau des dents cariées traitées par l'indométacine par rapport à celui des dents cariées ou saines traitées par la doxycycline ou la chlorhexidine ($p < 0,01$) (Figure 3 et 4).

En même temps, l'activité totale des MMPs est significativement plus augmentée au niveau des dents contrôles traitées par le sérum physiologique ($p < 0,001$) (Figure 5).

En revanche aucune différence significative de l'activité totale des MMPs n'a été relevée entre les dents saines, quel que soit le traitement utilisé (Figure 3). De même, il n'y a pas de différence significative de l'activité totale des MMPs entre les dents saines et dents cariées traitées par la doxycycline ($p > 0,05$) (Figure 4). L'inverse, l'activité totale des MMPs est nettement plus élevée au niveau des dents cariées comparées aux dents saines traitées par l'indométacine ou la chlorhexidine (respectivement, $p < 0,01$ et $p < 0,05$) (Figures 6 et 7).

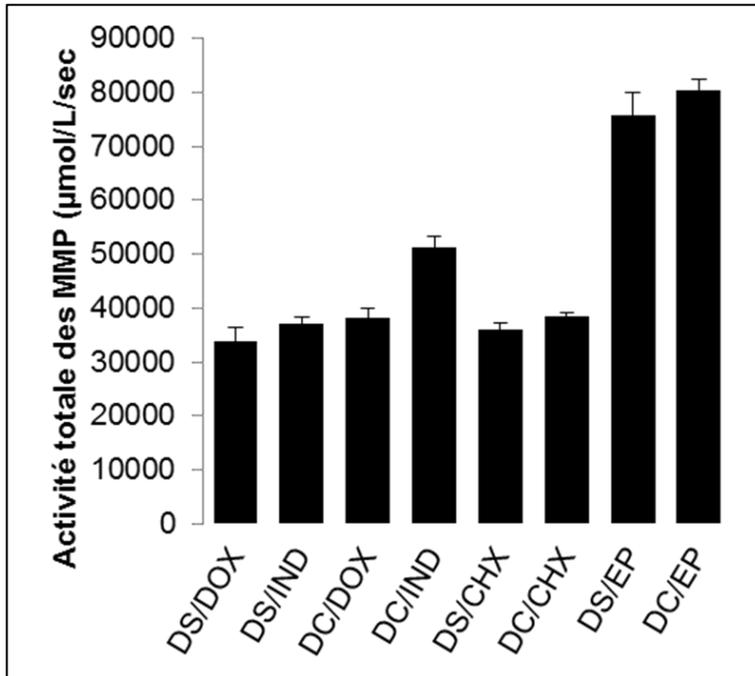


Figure 3. Effet inhibiteur de la Doxycycline, de l'Indométacine et de la Chlorhexidine sur les Métalloprotéinases. CHX : Chlorhexidine, DOX : Doxycycline, IND : Indométacine

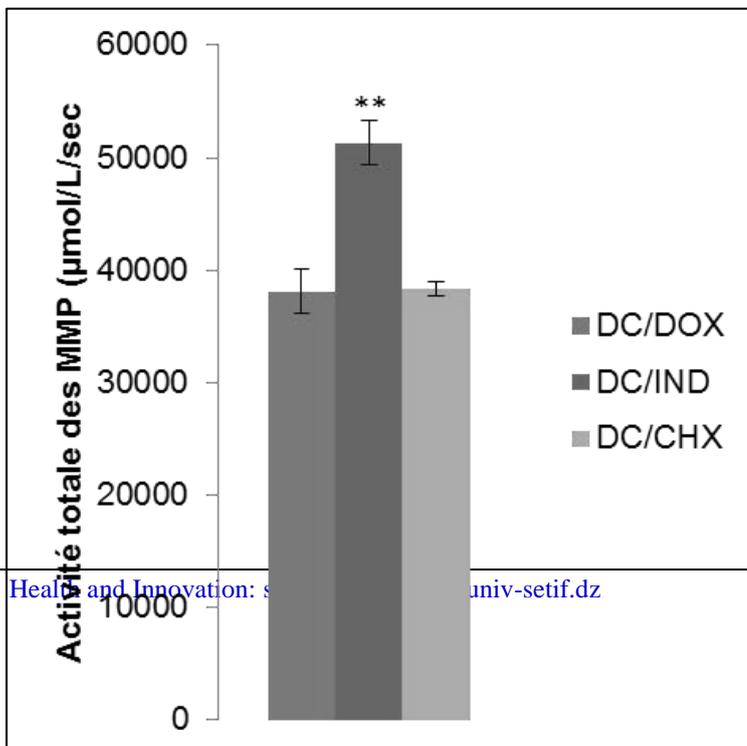


Figure 4 : Effet inhibiteur de la doxycycline, de l'indométacine et de la chlorhexidine sur les Métalloprotéinases au niveau des dents cariées. CHX : chlorhexidine, DC : dent cariée, DOX : doxycycline, IND : indométacine.

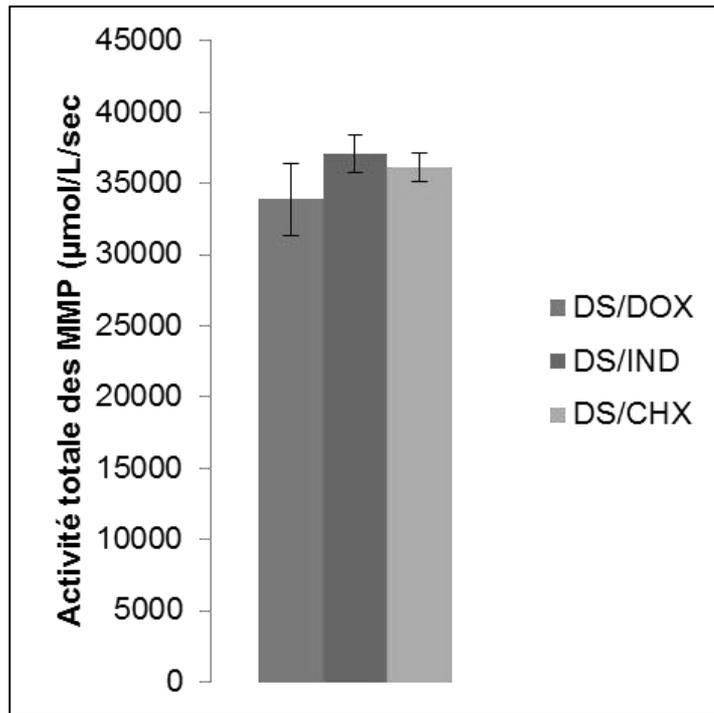


Figure 6 : Effet inhibiteur de la doxycycline, de l'indométacine et de la chlorhexidine sur les Métalloprotéinases au niveau des dents saines. CHX : chlorhexidine, DOX : doxycycline, DS : dent saine, IND : indométacine

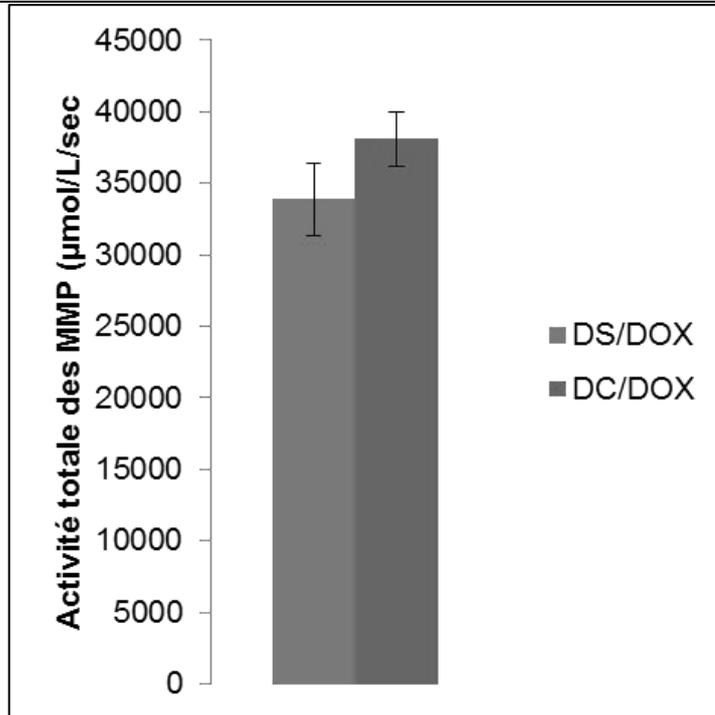


Figure 6 : Effet inhibiteur de la doxycycline sur les Métalloprotéinases au niveau des dents cariées et des dents saines. DOX : doxycycline, DC : dent cariée, DS : dent saine.

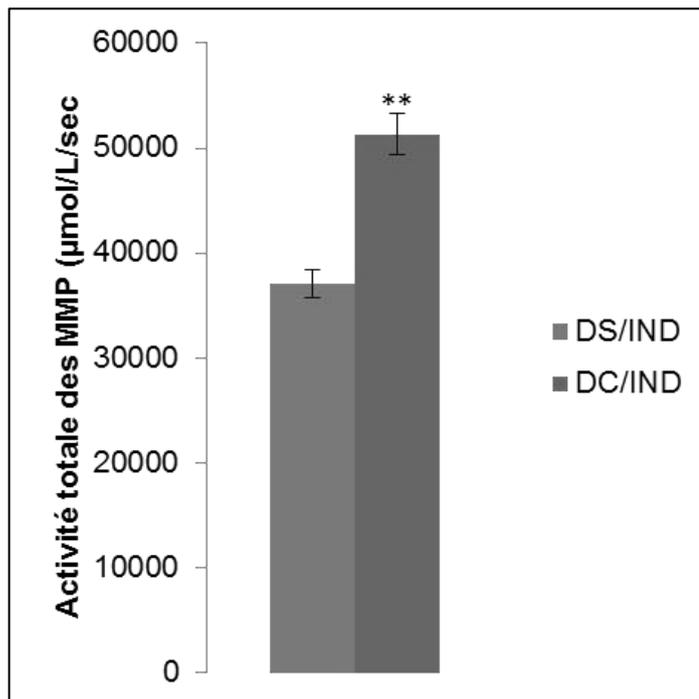


Figure 7 : Effet inhibiteur de l'indométacine sur les Métalloprotéinases au niveau des dents cariées et des dents saines. IND : indométacine, DC : dent cariée, DS : dent saine.

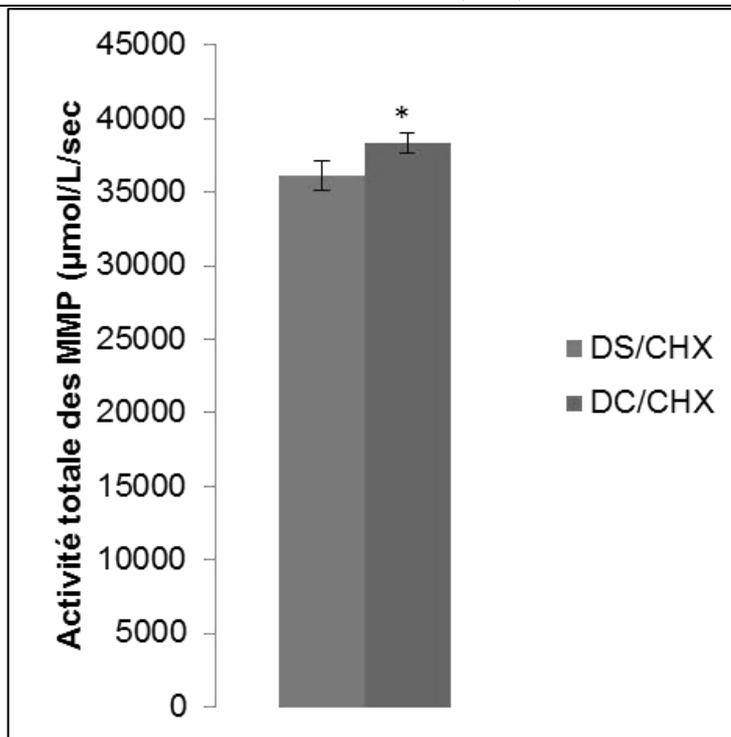


Figure 8 : Effet inhibiteur de la chlorhexidine sur les Métalloprotéinases au niveau des dents cariées et des dents saines. CHX : chlorhexidine, DC : dent cariée, DS : dent saine.

4. Discussion

Les métalloprotéinases matricielles (MMPs) appartiennent à une famille d'enzymes protéolytiques dépendantes du zinc, qui se trouvent dans les tissus dentaires au niveau de l'email, l'enamélysine (MMP-20), mais aussi au niveau de la dentine, qui contient des collagénases (MMP-8), des gélatinases (MMP-2 et -9) et l'enamélysine (MMP-20) [6,11].

Ces enzymes activées au moment de la libération des acides lactiques, sécrétés lors du processus de déminéralisation, par certaines bactéries cariogènes comme les *Streptococcus mutans*, *Streptococcus*, et les *Lactobacilles* à un pH local au-dessous de 4,5, conduisent à une dissolution des cristaux minéraux et la destruction des tissus durs de la dent créant ainsi une cavité carieuse [6, 12,13].

Les MMPs sécrétées en tant que précurseurs inactifs nécessitent une activation pour dégrader les composants de la matrice extra-cellulaire; Elles peuvent être activées *in vitro* par les protéases, telles que la plasmine, la MMP-3, et les Métalloprotéinases tissulaires 1-3 [18]. Une étude a montré qu'il existe une forte corrélation entre les MMPs et l'activité de la cathepsine B dans la salive et démontré que la cathepsine active peut entraîner une augmentation de l'activité des MMPs latentes [19], pareillement, ces enzymes qui se situent au niveau de la dentine, semblent être concentrées au niveau de la jonction email-dentine et dans la pré-dentine. La présence accrue des MMPs le long de la jonction email-dentine peut contribuer à la dénaturation du collagène de la dentine, par les acides bactériens au cours d'un processus dynamique carieux [6,16].

Parallèlement, ces MMPs sont aussi activées après application de l'acide orthophosphorique à l'étape du mordantage à un faible degré d'activation [21], comparé à celui de l'acide sécrété par la bactérie cariogène et ceci mènerait par la suite à la dégradation de la couche hybride d'où l'intérêt d'utiliser des inhibiteurs de MMPs afin d'assurer une meilleure pérennité de la restauration au composite [22].

Il existe quatre inhibiteurs tissulaires de matrice métalloprotéinases (TIMP), qui agissent par interaction avec le site actif zinc ce sont les TIMP-1, -2 et -4 localisées dans les tissus et la circulation sanguine, et les TIMP-3 séquestrées dans la matrice extra-cellulaire, mais leur taux de concentration peut être insuffisant pour bloquer la destruction progressive dans le cas de lésion carieuse active [13,19].

Les MMPs peuvent être activées par des acides organiques ou inorganiques. Si les fibres de collagènes sont exposées au niveau de la couche hybride et ne sont pas protégées par la résine ils peuvent être dégradées par les MMPs actives [24]. Et donc leur inhibition s'avère essentielle pour limiter ce processus de dégradation. De ce fait plusieurs traitements ont été suggérés, comme la curcumine, fluorure de calcium, fluorure diamine d'argent, l'arginine [13], [25], [26], [27]...

Dans notre étude, on a évalué l'efficacité de trois solutions thérapeutiques inhibitrices de MMPs sur des dents cariées et saines.

Nous concluons de la Figure 3 que les trois solutions thérapeutiques, sont effectivement inhibitrices des métalloprotéinases sécrétées au niveau de la dent et que l'indométacine est moins efficace par rapport à la chlorhexidine et la doxycycline dans le groupe des dents cariées comme le montre la Figure 4 ce qui corrobore avec les études de Feitosa en 2015 [28] et celles de Zhou de Ng et de Shen [22, 23, 24].

Ceci pourrait s'expliquer par leur action différente lors de l'inhibition des MMPs car un anti-inflammatoire n'agit pas de la même manière qu'un antibiotique ou un antiseptique.

L'indométacine étant un anti-inflammatoire agit d'une manière indirecte en inhibant la synthèse de PGE2 inhibe ainsi la sécrétion des MMPs9, tandis que la chlorhexidine et la doxycycline ayant un plus large spectre inhibent par chélation du site actif un grand nombre de métalloprotéinases telles les MMPs -1, -2, -3, -7, -8, -9, -12 et -13 [10].

Dans la Figure 3, il n'y a pas de différence significative du taux d'activité enzymatique au niveau des dents saines traitées par les trois solutions inhibitrices, car le taux des MMPs activées est faible comparé au taux rapporté au niveau des dents cariées. Ceci concorde avec la littérature car l'acide lactique secrété par la bactérie cariogène entraîne une activation plus importante des MMPs par rapport à l'acide orthophosphorique utilisé lors de la procédure de collage [6].

Dans la Figure 6, il n'y a pas de différence significative du taux d'activité enzymatique, car la doxycycline agit sur un plus large spectre, que ce soit au niveau des dents saines ou cariées par chélation des ions Zn du site actif.

Enfin, l'indométacine et la chlorhexidine (Figure 7 et 8) inhibent toutes les deux les métalloprotéinases libérées et activées que ce soit par l'acide lactique ou l'acide orthophosphorique mais le taux d'activité enzymatique reste plus élevé au niveau des dents cariées, car il y a plus de MMPs exposées par l'acide lactique nécessitant peut être une concentration plus élevée de la solution thérapeutique ce qui a été discuté en 2021 par Retana [12].

Conclusion

Compte tenu de nos résultats, nous pouvons suggérer l'amélioration de l'adhésion amélo-dentinaire en préservant la couche hybride par l'inhibition des MMPs.

La doxycycline et la chlorhexidine représentent toutes les deux de puissantes solutions inhibitrices de MMPs. Celles-ci, sont activées au moment de la libération de l'acide secrété par les bactéries cariogènes, mais aussi par l'acide orthophosphorique du système adhésif. Par voie de conséquences, la

doxycycline et la chlorhexidine pourraient avoir un rôle fort important à jouer dans la dégradation de la couche hybride et dans la pérennité de l'adhésion. Par contre la doxycycline pourrait être à l'origine de dyschromie dentaire à long terme et que l'utilisation de la chlorhexidine s'avère plus prometteuse.

Déclaration d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêt .

Déclaration de liens d'intérêt :

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêts.

Références bibliographiques

- [1] G. Iliev *et al.*, « Shelf Life and Storage Conditions of Universal Adhesives: A Literature Review », *Polymers*, vol. 13, n° 16, p. 2708, août 2021, doi: 10.3390/polym13162708.
- [2] L. Hardan *et al.*, « Effect of Different Application Modalities on the Bonding Performance of Adhesive Systems to Dentin: A Systematic Review and Meta-Analysis », *Cells*, vol. 12, n° 1, p. 190, janv. 2023, doi: 10.3390/cells12010190.
- [3] J. De Munck *et al.*, « A Critical Review of the Durability of Adhesion to Tooth Tissue: Methods and Results », *J. Dent. Res.*, vol. 84, n° 2, p. 118- 132, févr. 2005, doi: 10.1177/154405910508400204.
- [4] L. Tjäderhane *et al.*, « Strategies to prevent hydrolytic degradation of the hybrid layer—A review », *Dent. Mater.*, vol. 29, n° 10, p. 999- 1011, oct. 2013, doi: 10.1016/j.dental.2013.07.016.
- [5] L. Tjäderhane *et al.*, « Optimizing dentin bond durability: Control of collagen degradation by matrix metalloproteinases and cysteine cathepsins », *Dent. Mater.*, vol. 29, n° 1, p. 116- 135, janv. 2013, doi: 10.1016/j.dental.2012.08.004.
- [6] A. Mazzoni *et al.*, « Role of Dentin MMPs in Caries Progression and Bond Stability », *J. Dent. Res.*, vol. 94, n° 2, p. 241- 251, févr. 2015, doi: 10.1177/0022034514562833.
- [7] A. Frassetto *et al.*, « Mechanisms of degradation of the hybrid layer in adhesive dentistry and therapeutic agents to improve bond durability—A literature review », *Dent. Mater.*, vol. 32, n° 2, p. e41- e53, févr. 2016, doi: 10.1016/j.dental.2015.11.007.
- [8] O. Kollet, A. Das, N. Karamanos, U. Auf Dem Keller, et I. Sagi, « Redefining metalloproteases specificity through network proteolysis », *Trends Mol. Med.*, vol. 30, n° 2, p. 147- 163, févr. 2024, doi: 10.1016/j.molmed.2023.11.001.
- [9] M. A. Jafer *et al.*, « Influence of Human and Bacterial Enzymes on Resin Restorations: A Review », *J. Contemp. Dent. Pract.*, vol. 23, n° 3, p. 371- 377, mars 2022.
- [10] J. R. Baumann, A. M. Stoker, C. C. Bozynski, S. L. Sherman, et J. L. Cook, « An Injectable Containing Morphine, Ropivacaine, Epinephrine, and Ketorolac Is Not Cytotoxic to Articular Cartilage Explants From Degenerative Knees », *Arthrosc. J. Arthrosc. Relat. Surg.*, vol. 38, n° 6, p. 1980- 1995, juin 2022, doi: 10.1016/j.arthro.2021.12.019.
- [11] « MMP-Inhibitory Effect of Chlorhexidine Applied in a Self-etching Adhesive », *J. Adhes. Dent.*, vol. 13, n° 2, p. 111- 115, avr. 2011, doi: 10.3290/j.jad.a18783.
- [12] C. Retana-Lobo, J. M. Guerreiro-Tanomaru, M. Tanomaru-Filho, B. D. Mendes De Souza, et J. Reyes-Carmona, « Sodium Hypochlorite and Chlorhexidine Downregulate MMP Expression on Radicular Dentin », *Med. Princ. Pract.*, vol. 30, n° 5, p. 470- 476, 2021, doi: 10.1159/000517887.
- [13] M. Firouzmandi, M. Mohaghegh, et M. Jafarpisheh, « Effect of silver diamine fluoride on the bond durability of normal and carious dentin », *J. Clin. Exp. Dent.*, p. e468- e473, 2020, doi: 10.4317/jced.56303.
- [14] B. Okutucu, A. Dınçer, Ö. Habib, et F. Zihnioglu, « Comparison of five methods for determination of total plasma protein concentration », *J. Biochem. Biophys. Methods*, vol. 70, n° 5, p. 709- 711, août 2007, doi: 10.1016/j.jbbm.2007.05.009.
- [15] M. Maciejczyk, A. Pietrzykowska, A. Zalewska, M. Knaś, et I. Daniszewska, « The Significance of Matrix Metalloproteinases in Oral Diseases », *Adv. Clin. Exp. Med.*, vol. 25, n° 2, p. 383- 390, sept. 2015, doi: 10.17219/acem/30428.
- [16] L. Tjäderhane, M. A. R. Buzalaf, M. Carrilho, et C. Chaussain, « Matrix Metalloproteinases and Other Matrix Proteinases in Relation to Cariology: The Era of 'Dentin Degradomics' », *Caries Res.*, vol. 49, n° 3, p. 193- 208, 2015, doi: 10.1159/000363582.
- [17] M. Elgezawi *et al.*, « Matrix Metalloproteinases in Dental and Periodontal Tissues and Their Current Inhibitors: Developmental, Degradational and Pathological Aspects », *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 23, n° 16, p. 8929, août 2022, doi: 10.3390/ijms23168929.
- [18] N. Cui, M. Hu, et R. A. Khalil, « Biochemical and Biological Attributes of Matrix Metalloproteinases », in *Progress in Molecular Biology and Translational Science*, vol. 147, Elsevier, 2017, p. 1- 73. doi: 10.1016/bs.pmbts.2017.02.005.

- [19] M. R. Carrilho *et al.*, « Insights into cathepsin-B activity in mature dentin matrix », *Arch. Oral Biol.*, vol. 117, p. 104830, sept. 2020, doi: 10.1016/j.archoralbio.2020.104830.
- [20] C. D. B. Barbosa, I. Monici Silva, J. A. D. Cena, C. M. Stefani, et N. Dame-Teixeira, « Presence of host and bacterial-derived collagenolytic proteases in carious dentin: a systematic review of ex vivo studies », *Front. Cell. Infect. Microbiol.*, vol. 13, p. 1278754, oct. 2023, doi: 10.3389/fcimb.2023.1278754.
- [21] V. Hass *et al.*, « The effect of proanthocyanidin-containing 10% phosphoric acid on bonding properties and MMP inhibition », *Dent. Mater.*, vol. 32, n° 3, p. 468- 475, mars 2016, doi: 10.1016/j.dental.2015.12.007.
- [22] B. M. Fronza, R. R. Braga, et M. Cadenaro, « Dental Adhesives—Surface Modifications of Dentin Structure for Stable Bonding », *Dent. Clin. North Am.*, vol. 66, n° 4, p. 503- 515, oct. 2022, doi: 10.1016/j.cden.2022.05.002.
- [23] H. Nagase, « Metalloproteases », *Curr. Protoc. Protein Sci.*, vol. 24, n° 1, juin 2001, doi: 10.1002/0471140864.ps2104s24.
- [24] A. R. Hannas, J. C. Pereira, J. M. Granjeiro, et L. Tjäderhane, « The role of matrix metalloproteinases in the oral environment », *Acta Odontol. Scand.*, vol. 65, n° 1, p. 1- 13, janv. 2007, doi: 10.1080/00016350600963640.
- [25] S. Mostofi, D. Shanebandi, S. A. Rahmani, et M. Asadi, « Anti-migratory effect of curcumin on A-549 lung cancer cells via epigenetic reprogramming of RECK/ matrix metalloproteinase axis », *Horm. Mol. Biol. Clin. Investig.*, vol. 43, n° 4, p. 455- 461, déc. 2022, doi: 10.1515/hmbci-2021-0100.
- [26] P. Altinci, M. Mutluay, L. Tjäderhane, et A. Tezvergil-Mutluay, « Effect of calcium fluoride on the activity of dentin matrix-bound enzymes », *Arch. Oral Biol.*, vol. 96, p. 162- 168, déc. 2018, doi: 10.1016/j.archoralbio.2018.09.006.
- [27] A. Hakimelahi, R. Sharifi, M. Mahmoodi, et S. M. Kassaei, « The effect of opine on matrix metalloproteinase expression in mice with breast cancer », *Arch. Physiol. Biochem.*, vol. 128, n° 2, p. 501- 506, mars 2022, doi: 10.1080/13813455.2019.1696367.
- [28] S. A. Feitosa *et al.*, « Doxycycline-Encapsulated Nanotube-Modified Dentin Adhesives », *J. Dent. Res.*, vol. 93, n° 12, p. 1270- 1276, déc. 2014, doi: 10.1177/0022034514549997.
- [29] T. Y. K. Ng *et al.*, « Effect of MMP Inhibitors on the Bond Strength of Fibre Posts After Ageing », *Int. Dent. J.*, vol. 73, n° 6, p. 834- 839, déc. 2023, doi: 10.1016/j.identj.2023.04.008.
- [30] J. Shen, H. Xie, Q. Wang, X. Wu, J. Yang, et C. Chen, « Evaluation of the interaction of chlorhexidine and MDP and its effects on the durability of dentin bonding », *Dent. Mater.*, vol. 36, n° 12, p. 1624- 1634, déc. 2020, doi: 10.1016/j.dental.2020.10.006.