

Les déminéralisations amélares en orthodontie

Utilisation raisonnée du fluor dans la prévention et le traitement

Mots-clés: déminéralisation, tâches blanches, traitement orthodontique, prévention

A. BAHOUIM¹
L. BAHIJJE²
F. ZAOUI³

¹ Professeur assistant en orthopédie dento-faciale à la faculté de médecine dentaire de Rabat et à l'hôpital militaire d'instruction Mohamed V de Rabat;

CES A en technologie des biomatériaux utilisés en art dentaire;
 CES B en orthopédie dento-faciale

² Professeur assistant au service d'orthopédie dento-faciale de la Faculté de médecine dentaire de Rabat

³ Professeur de l'enseignement supérieur et chef du service d'orthopédie dento-faciale de la Faculté de médecine dentaire de Rabat



Correspondance

A. Bahouim

Iskane 7, Appartement 6,
 Guich des oudayas, Temara, Maroc
 E-mail: a_bahouim@yahoo.fr

Image en haut: Accumulation sévère de plaque chez un patient non coopérant, entraînant l'apparition de white spots sur la majorité des faces vestibulaires.

Résumé La formation des lésions opaques blanches autour des attaches orthodontiques fixes est une complication fâcheuse pendant et après un traitement orthodontique fixe. La littérature a démontré que cette problématique est assez répandue. L'efficacité d'une bonne hygiène buccale pendant le traitement ortho-

dontique fixe revêt un intérêt capital au même titre que l'application de topiques fluorés afin d'éviter l'installation de ces lésions. Devant l'apparition des tâches blanches, plusieurs traitements palliatifs conservateurs peuvent être suggérés.

Introduction

Les lésions opaques blanches ou *white spots* qui surviennent autour des attachements orthodontiques constituent une complication assez fréquente et disgracieuse au cours d'un traitement orthodontique fixe, où le résultat thérapeutique se situe dans un contexte esthétique.

Les attaches orthodontiques et les résines de collage favorisent la rétention de plaque au niveau des surfaces lisses généralement non atteintes par la carie (ØGAARD 2008). De ce fait, l'hygiène orale est rendue plus difficile, et cette difficulté à obtenir une

élimination totale de la plaque bactérienne peut engendrer un déséquilibre du processus de déminéralisation-reminéralisation, qui va conduire à l'apparition de zones de dissolution de l'émail ou *white spots* (CHANG ET COLL. 1997).

Plusieurs études (CHATTERJEE & KLEINBERG 1979; SCHEIE ET COLL. 1984) ont montré que le traitement orthodontique favorise un changement dans l'écologie buccale en faveur d'une augmentation des sites rétentifs aux streptocoques mutans et d'une diminution du pH. Tout ceci expliquerait l'incidence élevée de la carie chez les porteurs d'appareils orthodontiques par rapport aux non-appareillés (ZACHRISSON & ZACHRISSON 1971).



Fig. 1 Accumulation sévère de plaque (A) chez un patient non coopérant, entraînant l'apparition de white spots sur la majorité des faces vestibulaires (B).

Etant conscient des risques de décalcification secondaires aux traitements orthodontiques, un protocole de prévention est nécessaire tout en respectant la biofonctionnalité et la biosécurité des alliages orthodontiques utilisés.

Les white spots chez la population orthodontique

Devant la grande fréquence de ces déminéralisations, plusieurs études ont été réalisées afin de mettre en évidence les divers facteurs qui pourraient l'influencer.

Cliniquement, la formation des tâches blanches autour des attaches orthodontiques peut se produire dès la 4^e semaine après le début d'un traitement orthodontique en l'absence d'application fluorée; ce qui représente la période séparant deux rendez-vous (ØGAARD ET COLL. 1988). Il s'agit donc d'un processus très rapide qu'il faut prendre au sérieux.

La prévalence des white spots (ws) est très variable selon les auteurs; elle peut aller de 4,9% (GORELICK ET COLL. 1982) à 84% (MIZRAHI 1982). TUFEKCI ET COLL. 2011 ont trouvé une prévalence de 38% six mois après le début du traitement orthodontique, et de 46% douze mois après, contre 11% pour les patients qui viennent d'être appareillés. Cette moyenne se rapproche de celle de BOERSMA ET COLL. 2005 qui ont trouvé des zones de déminéralisation en moyenne chez 30% des patients examinés, avec une fréquence plus élevée chez les hommes. Les zones de prédilection de ces ws sont généralement les premières molaires, les incisives latérales supérieures et les canines inférieures (ØGAARD 2008).

Dans une étude portant sur deux groupes d'adolescents et de jeunes adultes, KUKLEVA ET COLL. (2002) ont étudié l'influence de l'âge sur la prévalence de ces déminéralisations. Ils ont démontré que les préadolescents (8-11ans) présenteraient un risque plus important de développer les ws dans les régions adjacentes aux brackets, certainement à cause de la résistance plus faible des tissus dentaires à la carie et du manque de coopération rencontré plus fréquemment chez cette tranche d'âge.

En général, ces lésions sont petites et limitées à des fines bandes autour de la base des brackets ou dans l'espace séparant l'attache orthodontique de la gencive marginale. Ceci n'exclut pas que dans certains cas, les lésions sont si importantes qu'elles imposent un débagueage immédiat pour permettre une hygiène correcte et la restauration de la dent.

Mécanismes de développement des ws

L'apparition des white spots au cours d'un traitement orthodontique fixe est due à une mise en place d'un environnement

cariogène stimulé, en grande partie, par la présence d'attaches fixes.

Changement de l'écologie buccale

GWINNETT & CEEN 1979 ont montré que les attaches orthodontiques fixes entraînent une augmentation rapide du volume de plaque bactérienne (fig.1). CHATTERJEE & KLEINBERG (1979) ont remarqué une diminution du pH de cette plaque en comparaison avec celle des patients non porteurs d'appareils orthodontiques.

ARNEBERG ET COLL. (1979) ont étudié la variation du pH de la plaque bactérienne en fonction des sites dentaires et ils ont noté que le taux le plus bas (jusqu'à 4) se situait au niveau des incisives supérieures; ceci peut s'expliquer par le faible flux salivaire dans ces localisations, ce qui favoriserait une rétention prolongée des acides de la plaque (fig. 2).

D'autant plus qu'on note un changement dans l'écologie buccale en faveur d'une augmentation des sites rétentifs aux *streptococcus mutans*. SHEIE ET COLL. (1984) ont observé chez les porteurs d'appareillages orthodontiques un taux de *streptococcus mutans* plus élevé dans la plaque ainsi que dans la salive, entraînant ainsi une augmentation du risque carieux. Ces bactéries, productrices d'acides organiques en présence de carbohydrates fermentescibles, sont responsables de l'apparition des lésions carieuses. Le sucre donc joue un rôle important dans la transformation de cette plaque en plaque cariogène (ØGAARD 2008).

Difficulté de l'hygiène buccale

La coopération des patients avec le maintien d'une hygiène orale rigoureuse ainsi que l'usage de topiques fluorés sont des éléments cruciaux dans la prévention des white spots. Cependant, il existe un certain nombre d'appareillages dont la conception peut favoriser le risque d'accumulation de plaque en dépit de la bonne volonté des patients pour assurer une bonne hygiène.



Fig. 2 La réduction du flux salivaire chez le respirateur buccal favorise l'apparition des white spots au cours du traitement orthodontique.

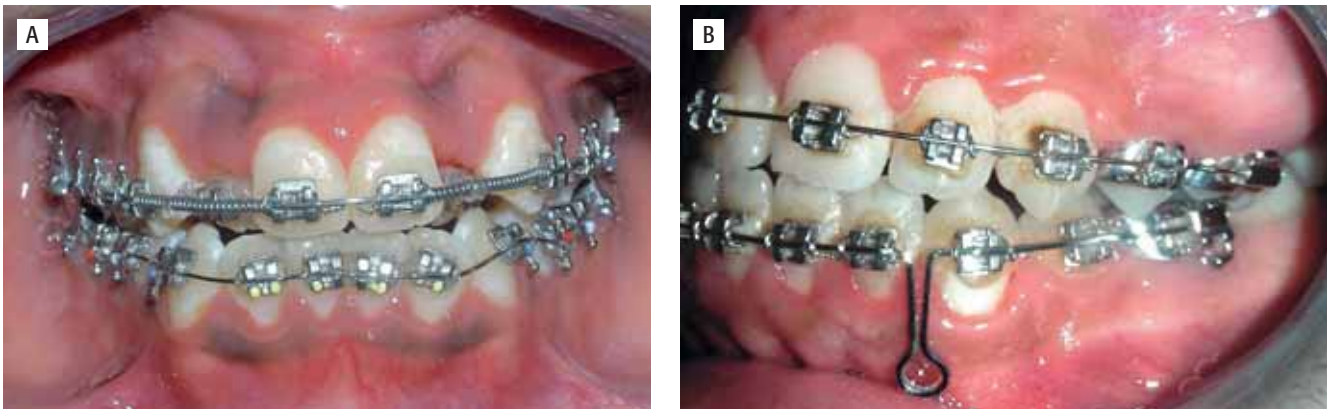


Fig. 3 L'usage de dispositifs orthodontiques compliqués favorise la rétention de plaque et par conséquent l'apparition de white spots. (A) usage de ressort; (B) usage d'arc à boucles.

Ainsi, certains appareils compliqués comme les arcs à boucles, les ressorts (fig. 3), certains correcteurs de classe II ou le disjoncteur créent des surfaces difficilement nettoyables avec les moyens d'hygiène conventionnels. De plus, les ligatures élastomériques et l'excès de produits de collage autour des attaches créent des poches où les bactéries peuvent se multiplier. Ainsi, l'utilisation des ligatures métalliques ou des brackets autoligaturants serait préférable (SUKONTAPATIPARK ET COLL. 2001).

Devenir des ws après débaguage

Suite à la déminéralisation, la surface de l'émail devient poreuse et absorbe plus rapidement les colorants alimentaires, créant ainsi des tâches disgracieuses (ØGAARD 2008). Le devenir de ces tâches après dépose de l'appareil orthodontique dépend de l'ampleur de la lésion initiale.

WILLMOT (2004) a mesuré l'évolution de ces white spots après traitement orthodontique. Il a montré que la taille de ces déminéralisations postorthodontiques diminuait durant les six mois suivant la dépose des attaches, approximativement de la moitié par rapport à la taille d'origine. L'utilisation de dentifrice à base de fluor ou de rinçage fluoré durant cette période ne semble pas influencer les résultats.

ØGAARD (2001) a étudié l'évolution des tâches blanches six ans après la fin du traitement orthodontique. Il a montré une persistance de 25% pour les tâches les plus sévères et une régression de 75% pour les tâches de petite taille. Cette régression est plus attribuée à l'abrasion de surface générée par le brossage qu'à la reminéralisation.

Traitements visant à réduire les white spots

Bien que les orthodontistes aient depuis longtemps reconnu le problème de déminéralisation, cela reste un effet secondaire gênant majeur pour une spécialité dont le but est d'améliorer l'esthétique faciale et dentaire. C'est pourquoi l'idéal serait de pouvoir prévenir leur apparition. Cependant, devant des tâches déjà installées, l'application de concentrés fluorés au secteur prémolomolaire et la microabrasion au secteur incisivocanin peuvent donner des résultats acceptables surtout pour les petites atteintes de surface.

La reminéralisation de surface par les concentrés fluorés

L'application de vernis fluoré est indiquée pour la reminéralisation des ws au secteur prémolomolaire. En effet, l'application d'une teneur élevée en fluor stoppe complètement la progres-

sion du processus carieux, mais la lésion garde non seulement sa taille initiale, elle devient en plus de couleur brunâtre (fig. 4), résultat inapproprié au secteur antérieur où l'esthétique prime (WILLMOT 2008).

Les bains de bouche à faible teneur en fluor (50 ppm) et le chewing gum fluoré pourraient aussi être recommandés pour favoriser la reminéralisation des lésions de faible étendue (LEE LINTON 1996).

La microabrasion

La microabrasion est un traitement chimique (avec de l'acide chlorhydrique à 18%) et mécanique qui consiste à supprimer une certaine quantité d'émail de surface. Elle est destinée à éliminer les colorations situées dans la zone superficielle de l'émail et au même titre son usage a été élargi aux white spots post traitement orthodontique (WELBURY & CARTER 1993, CROLL & BULLOCK 1994).

MURPHY ET COLL. 2007 ont quantifié les changements de surface après micro abrasion chez huit patients débagués avec de multiples surfaces de déminéralisation. L'étude a montré une réduction significative de l'étendu et de l'aspect inesthétique des surfaces de déminéralisation après traitement (fig. 5).

La microabrasion s'est avérée être une approche efficace pour l'amélioration esthétique des lésions déminéralisées postorthodontiques.



Fig. 4 Coloration brunâtre disgracieuse après reminéralisation des white spots par l'utilisation du vernis fluoré.

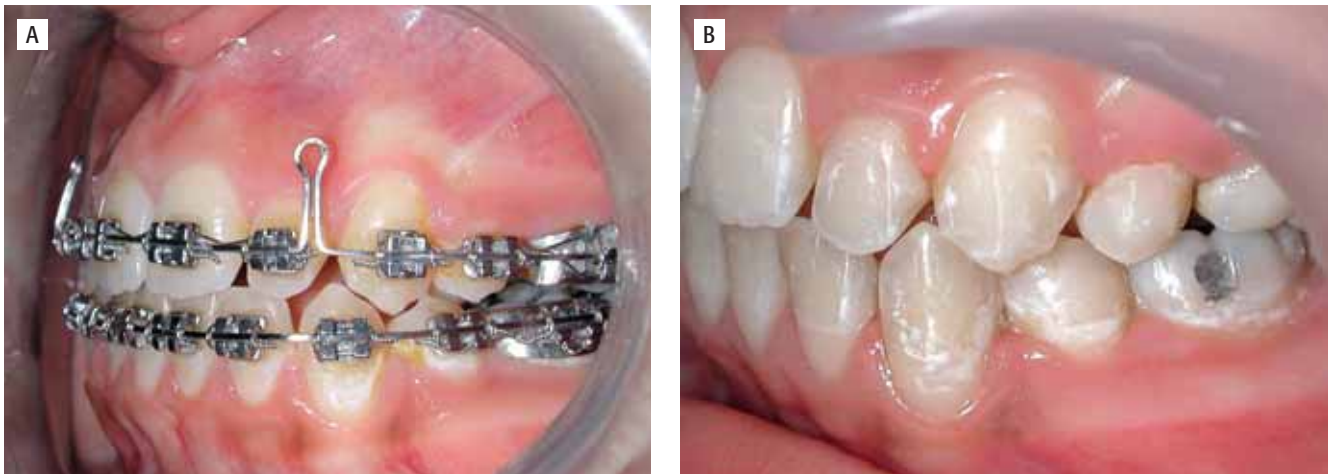


Fig. 5 (A) apparition de white spots de petites tailles au niveau des 33 et 35; (B) Réduction de ces taches par microabrasion en fin de traitement.

La CPP-ACP: Tooth Mousse/MI Plus Paste

Le potentiel de la caséine phosphopeptide – phosphate de calcium amorphe ou CPP-ACP, une dérivée d'une protéine de lait – à renforcer la reminéralisation et à inhiber la déminéralisation des tissus durs des dents a été observé par de nombreuses études *in vitro* et *in vivo* (YAMAGUCHI ET COLL, 2007).

Ce potentiel s'explique par l'habilité de la caséine phosphopeptide (CCP) à stabiliser les ions de calcium et de phosphate en se liant au phosphate de calcium amorphe (ACP), formant ainsi les complexes CPP-ACP. Ces derniers constituent un réservoir de calcium et de phosphate au niveau de la plaque et des surfaces dentaires. En milieu acide, ces complexes vont relarguer les ions calcium et phosphates pour maintenir une saturation en minéraux, réduisant ainsi la déminéralisation et favorisant la reminéralisation de l'émail (IJIJIMA ET COLL. 2004).

Même s'il a été démontré que l'émail reminéralisé par les complexes CPP-ACP est relativement plus acidorésistant qu'un émail non traité, l'étude de DING ET COLL. EN 2009 a montré que ce traitement ne compromettrait pas la force du collage des brackets.

Les complexes CPP-ACP sont retrouvés sous différentes présentations dont les plus utilisées et testées chez l'homme sont: la gomme sans sucre (Trident avec Recaldent extraCARE), le lait crème dentaire (GC Tooth Mousse, les MI Paste et MI Paste Plus) et les produits laitiers (lait de Meiji Recaldent).

La revue systématique avec méta-analyse par YENGOPAL & MICKENAUTSCH (2009) a conclu que «*les résultats des essais cliniques in situ montrent un effet de reminéralisation à court terme du CPP-ACP. En plus, les résultats prometteurs des Essais Cliniques Randomisés in vivo suggèrent un effet préventif contre la carie dentaire après utilisation du CPP-ACP à long terme.*».

Prévention des ws

La meilleure stratégie préventive pour éviter l'apparition des tâches blanches semble être une évaluation des facteurs de risque avant le début de traitement orthodontique, couplée avec la prescription de bains de bouches fluorés et l'élimination de tous les facteurs de rétention de plaque, un renforcement régulier de l'hygiène orale, et des conseils diététiques tout au long du traitement.

Élimination des facteurs de rétention de plaque

La prévention de la déminéralisation au niveau des attaches orthodontiques repose avant tout sur:

- l'éducation et la motivation du patient à une hygiène bucco-dentaire rigoureuse;
- l'élimination des excès de colle ou de ciment avant la prise afin qu'ils ne constituent pas un facteur iatrogène de rétention de plaque bactérienne.

Application topique des fluorures

Plusieurs modes d'application peuvent être mis en œuvre:

- Le dentifrice fluoré est la base pour toute prévention contre la carie. La concentration de fluor chez les porteurs d'appareil orthodontique ne doit pas être inférieure à 0,1% (ØGAARD 2008). Cependant, le potentiel cariostatique des dentifrices fluorés est insuffisant pour arrêter le développement des tâches blanches chez la majorité des patients suivis en orthodontie.
- Les bains de bouche fluorés: plusieurs études (GEIGER 1992; PETERSSON 2000) ont montré que leur utilisation entraîne une diminution du nombre des déminéralisations quelle que soit le protocole d'utilisation:
 - à faible dose (0,05% en fluor) pour application quotidienne,
 - ou à forte dose (0,2% en fluor) pour application hebdomadaire.

Cependant, la coopération active des patients reste indispensable. Ainsi GEIGER ET COLL. (1992) ont montré que seulement 50% des patients suivaient correctement le traitement dans le cadre d'un rinçage fluoré.

En vue de ce qui a précédé, d'autres alternatives se sont développées pour une application au cabinet dentaire:

- Les colles relarguant du fluor sont efficaces pour diminuer la déminéralisation autour des attaches orthodontiques (TODD ET COLL. 1999). Cependant, leur force de collage insuffisante et leur faible libération de fluor limiteraient leur utilisation. Les ciments verres ionomères hybrides seraient plus efficaces, cependant, ils ne peuvent protéger qu'une surface limitée de l'émail exposée autour des brackets, et les patients ayant une hygiène insuffisante peuvent développer des zones de décalcification entre la base du bracket et la gencive marginale.
- Les vernis fluorés contenant du fluor pourraient être utilisés en prévention afin d'inhiber la déminéralisation autour des attaches orthodontiques, particulièrement chez les patients peu coopérants ayant une hygiène insuffisante et qui, seuls, ne réaliseraient pas régulièrement les rinçages fluorés prescrits. BRYANT ET COLL. (1985) préconisent l'application du vernis sept

jours avant le collage des attaches: l'émail peut ainsi capter le fluor sans que cela ne perturbe l'adhérence.

Fluor et alliages en nickel-titane

De nombreuses études ont montré que l'utilisation de fluor topique augmente le potentiel de reminéralisation de l'émail, et l'utilisation de bains de bouche fluorés a été maintes fois recommandée lors de traitements orthodontiques (BENSON ET COLL. 2005).

Les alliages à base de titane, très largement utilisés durant les premières phases du traitement orthodontique pour leurs propriétés de superélasticité et de mémoire de forme, sont censés être assez résistants à la corrosion. Mais des études récentes ont montré qu'en présence de fluor, ces alliages se corrodent (YOKOYAMA ET COLL. 2004, KRISHNAN ET COLL. 2011) et subissent une diminution de leurs propriétés mécaniques (bio-fonctionnement) et biologiques (biosécurité).

Le titane perd sa résistance à la corrosion dans des solutions contenant du fluor utilisé en prévention contre la carie, surtout au-delà du seuil de 0,5%. En effet, les bactéries de la plaque dentaire produisent de l'acide acétique qui, en réagissant avec le fluor, forme de l'acide fluorhydrique HF très corrosif, qui inhibe les bactéries et dégrade le titane en détruisant sa couche de passivation TiO₂ (AHN ET COLL. 2006).

Conclusion

L'un des principaux soucis de l'orthodontiste est de retrouver une surface amélaire *adintegratum* après la dépose des attaches. C'est pour cela qu'il doit s'entourer de toutes les précautions nécessaires pour y arriver. Bien que l'utilisation du fluor per-

mette une réduction importante de l'incidence et de la sévérité des lésions de type white spots (caries initiales) surtout chez les patients ayant un risque carieux élevé, l'orthodontiste doit savoir que les agents prophylactiques fluorés affectent les propriétés mécaniques et biologiques des fils en NiTi.

De ce fait, une adaptation du protocole classique de prévention des ws chez les porteurs d'appareils orthodontiques peut être conseillée:

- une bonne éducation à l'hygiène buccodentaire afin de favoriser l'élimination mécanique de la plaque bactérienne;
- la prescription de bain de bouche à faible teneur en fluor ou à base de chlorhexidine durant les premières phases du traitement (qui peuvent durer 6 à 8 mois) caractérisées par l'utilisation des fils en NiTi;
- enfin un retour à la prescription classique de fluor à dose adapté, surtout en présence d'un risque carieux élevé, au cours des dernières phases thérapeutiques utilisant d'autres alliages comme l'acier inoxydable ou le TMA.

Abstract

The development of the white spot demineralization associated with fixed appliance orthodontic treatment is a significant clinical problem. Several studies have reported a significant increase in the prevalence and severity of demineralization after orthodontic therapy. Orthodontists should be proactive and take active responsibility to prevent the development of WSL by educating their patients about the importance of maintaining an excellent dietary compliance and oral hygiene regime. In front of the appearance of the white tasks, several preserving palliative treatments can be suggested.

Bibliographie

- AHN S J, LIM B S, LEE Y K, NAHM D S: Quantitative determination of adhesion patterns of cariogenic streptococci to various orthodontic adhesives. *Angle Orthod* 76: 869-875 (2006)
- ARNEBERG P, GIERTSEN E, EMBERLAND H, OGAARD B: Intra-oral variations in total plaque fluoride related to plaque pH. A study in orthodontic patients. *Caries Res* 31: 451-456 (1997)
- BENSON P E, SHAH A A, MILLETT D T, DYER F, PARKIN N, VINE R S: Fluorides, orthodontics and demineralization: a systematic review. *J Orthod* 32(2): 102-114 (2005)
- BOERSMA J G, VAN DER VEEN M H, LAGERWEIJ M D, BOKHOUT B, PRAHL-ANDERSEN B: Caries prevalence measured with QLF after treatment with fixed orthodontic appliances: influencing factors. *Caries Res* 39: 41-47 (2005)
- BRYANT S, RETIEF D H, BRADLEY JR E L, DENYS F R: The effect of topical fluoride treatment on enamel fluoride uptake and the tensile bond strength of an orthodontic bonding resin. *Am J Orthod* 87: 294-302 (1985)
- CHANG H S, WALSH L J, FREER T J: Enamel demineralization during orthodontic treatment. *Aetiology and prevention*. *Dent J* 42: 322-327 (1997)
- CHATTERJEE R, KLEINBERG I: Effect of orthodontic band placement on the chemical composition of human incisor tooth plaque. *Arch Oral Biol* 24: 97-100 (1979)
- ROLL T P, BULLOCK G A: Enamel microabrasion for removal of smooth surface decalcification lesions. *J Clin Orthod* 28: 365-370 (1994)
- GEIGER A M, GORELICK L, GWINNETT A J, BENSON B J: Reducing white spot lesions in orthodontic populations with fluoride rinsing. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 101: 403-407 (1992)
- GORELICK L, GEIGER A, GWINNETT A J: Incidence of white spot formation after bonding and banding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 81: 93-98 (1982)
- GWINNETT A J, CEEN R F: Plaque distribution on bonded brackets: a scanning microscope study. *Am J Orthod* 75: 67-77 (1979)
- IJUMA Y, CAI F, SHEN P, WALKER G, REYNOLDS C, REYNOLDS E C: Acid resistance of enamel sub-surface lesions remineralized by a sugar-free chewing gum containing casein phosphopeptides-amorphous calcium phosphate. *Caries Res* 2004; *Caries Res* 38: 551-556 (2004)
- KRISHNAN V, KRISHNAN A, REMYA R, RAVIKUMAR K K, NAIR S A, SHIBLI S M, VARMA H K, SUKUMARAN K, KUMAR K J: Development and evaluation of two PVD-coated β -titanium orthodontic arch-wires for fluoride-induced corrosion protection. *Acta Biomater*. 7(4): 1913-1927 (2011)
- KUKLEVA M P, SHETKOVA D G, BEEV V H: Comparative age study of the risk of demineralization during orthodontic treatment with brackets. *Folia Med* 44: 56-59 (2002)
- LEE LINTON J: Quantitative measurements of remineralization of incipient caries. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 104: 590-597 (1996)
- MIZRAHI E: Enamel demineralization following orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 82: 62-67 (1982)
- MURPHY T C, WILLMOT D R, RODD H D: Management of post-orthodontic demineralized white lesions with microabrasion: a quantitative assessment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 131: 27-33 (2007)
- ØGAARD B, LARSSON E, HENRIKSSON T, BIRKHED D, BISHARA S E: Effects of combined application of antimicrobial and a fluoride varnishes in orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 120: 28-35 (2001)

- ØGAARD B, RØLLA G, ARENDS J:** Orthodontic appliances and enamel demineralization. Part 1. Lesion development. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 94: 68–73 (1988)
- ØGAARD B:** White Spot Lesions During Orthodontic Treatment: Mechanisms and Fluoride Preventive Aspects. *Seminars in Orthodontics* 14: 183–193 (2008)
- PETERSSON L G:** Prävention: Mundgesundheit, Vision und Herausforderung für den praktizierenden Arzt. *Réalités Cliniques* 11: 375–390 (2000)
- SCHEIE A A, ARNEBERG P, KROGSTAD O:** Effect of orthodontic treatment on prevalence of *Streptococcus mutans* in plaque and saliva. *Scand J Dent Res* 92: 211–217 (1984)
- SUKONTAPATIPARK W, EL-AGROUDI M A, SELLISETH N J, THUNOLD K, SELVIG K A:** Bacterial colonization associated with fixed orthodontic appliances. A scanning electron microscopy study. *Eur J Orthod* 23: 475–484 (2001)
- TODD M A, STALEY R N, KANELIS M J, DONLY K J, WEFEL J S:** Effect of a fluoride varnish on demineralization adjacent to orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 116: 159–167 (1999)
- TUFEKCI E, DIXON J S, GUNSOLLEY J C, LINDAUER S J:** Prevalence of white spot lesions during orthodontic treatment with fixed appliances. *Angle Orthod.* 81(2): 206–210 (2011)
- WELBURY R R, CARTER N E:** The hydrochloric acid-pumice microabrasion technique in the treatment of postorthodontic decalcification. *Br J Orthod* 20: 181–185 (1993)
- WILLMOT D:** White Spot Lesions after Orthodontic Treatment. *Semin Orthod* 14: 209–219 (2008)
- WILLMOT D R:** White lesions after orthodontic treatment: does low fluoride make a difference? *J Orthod* 31: 235–242 (2004)
- XIAOJUN D, JING L, XUEHUA G, HONG R, YOUCHENG Y, ZHANGYU G, SUN J:** Effects of CPP-ACP paste on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Angle Ortodontist* 79(5): 945–950 (2009)
- YAMAGUCHI K, MIYAZAKI M, TAKAMIZAWA T, INAGE H, KUROKAWA H:** Ultrasonic determination of the effect of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate paste on the demineralization of bovine dentin. *Caries Res* 41: 204–207 (2007)
- YENGOPAL V, MICKENAUSCH S:** Caries preventive effect of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate (CPP-ACP): a meta-analysis. *Acta Odontologica Scandinavica* 67: 321–332 (2009)
- YOKOYAMA K, KANEKO K, MIYAMOTO Y, ASAOKA K, SAKAI J, NAGUMO M:** Fracture associated with hydrogen absorption of sustained tensile-loaded titanium in acid and neutral fluoride solutions. *J Biomed Mater Res A.* 68(1): 150–158 (2004)
- ZACHRISSON B U, ZACHRISSON S:** Caries incidence and oral hygiene during orthodontic treatment. *Scand J Dent Res* 79: 394–401 (1971)