

ORTHODONTIE

La corrosion bactérienne des alliages orthodontiques en en NiTi dans le milieu buccal

THE BACTERIAL CORROSION OF NITI ALLOY IN THE ORAL ENVIRONMENT

L.BAHIJE*¹, W.RERHRHAYE**¹, N.MERZOUK***², F.ZAOUI***¹

* Spécialiste, **Professeur agrégé, *** Professeur de l'enseignement supérieur

¹ Service Orthopédie Dento-Faciale, ² Service Prothèse Adjointe

Faculté de Médecine Dentaire de Rabat

RÉSUMÉ:

Utilisé dans le traitement orthodontique conventionnel, l'alliage équatmique NiTi est l'alliage orthodontique le plus utilisé du fait de ses propriétés biologiques et mécaniques. Etant dans un milieu électrolytique (salive) et biologique (bactérie), les alliages en NiTi utilisés en orthodontie sont sujets à la dégradation par les phénomènes de corrosion. Ces phénomènes peuvent être accentués par le poly-métallisme buccal. De plus, la grande population de bactéries et de champignons présents en bouche accélère la corrosion des appareillages orthodontiques. D'autre part, le traitement orthodontique peut favoriser la formation d'amas de biofilm acidogène, où le pH peut être très acide. La tendance à la dissolution des métaux devient alors très élevée dans ces zones. Ainsi, le maintien d'une bonne hygiène orale et l'utilisation d'adjuvants de bossage adaptés pendant le traitement orthodontique permet de minimiser la baisse du pH et donc d'améliorer le comportement en corrosion des alliages en NiTi présents en bouche.

MOTS CLES: Corrosion bactérienne – Alliage en NiTi – Milieu buccal

1. INTRODUCTION

Le dispositif orthodontique utilisé dans le traitement de la malocclusion est constitué par divers types de fils, de brackets et de systèmes métalliques (acier inoxydable, alliages nickel-chrome-cobalt, nickel-titane, β -titanium). Ce dispositif destiné à rester au contact du milieu buccal pour un temps plus ou moins long, doit donc être biocompatible et stable.

Le comportement en milieu buccal des biomatériaux utilisés en orthopédie dento-faciale repose sur un mécanisme à double sens : les effets du biomatériau sur le milieu (biocompatibilité) mais également les effets du milieu sur le biomatériau (biodégradation).

La biocompatibilité inclut la résistance à la corrosion et la tolérance des tissus aux alliages utilisés. Elle correspond à l'aptitude d'un biomatériau à remplir pleinement la fonction pour laquelle il a été conçu, sans porter atteinte à la vitalité du milieu biologique dans lequel il est inséré.

La biodégradation est définie comme la dégradation des caractéristiques d'un biomatériau créée par l'environnement biologique dans lequel il fonctionne. L'origine de la dégradation peut être d'ordre électrochimique (corrosion) ou d'ordre biologique, par attaque microbienne, principalement (biocorrosion ou corrosion bactérienne). Le biomatériau ne peut plus remplir sa fonction correctement et il peut devenir dangereux (libération de produits de dégradation).

L'objectif de cet article est de faire une revue systématique de la littérature sur la corrosion bactérienne des alliages en nickel titane et son effet sur le milieu buccal.

2. LA CORROSION DES FILS ORTHODONTIQUES EN MILIEU BUCCAL

La corrosion est définie comme étant le processus d'interaction entre un matériau solide et son environnement chimique, qui provoque une perte de substance du matériau, un changement de ses caractéristiques, ou une perte de son intégrité structurale. Les caractéristiques qui déterminent les conditions de corrosion des matériaux dentaires sont des réactions d'oxydation et de réduction, et de passivation ou formation d'un film passif d'oxyde métallique à la surface du métal [11]. Le métal est alors dit passivé.

Une pièce passivée continue à se dissoudre, mais à une vitesse extrêmement lente, la couche dite « passive » fait un écran. La pièce est donc partiellement protégée de la corrosion. En effet, cette couche de protection n'est pas infaillible; elle est susceptible d'être détruite mécaniquement ou chimiquement. Même sans cette destruction, les films d'oxyde se dissolvent souvent lentement pour ne se reformer (repassivation) que lorsque la surface du métal est exposée à l'oxygène de l'air ou dissous dans la salive.

Les conditions acides et les ions chlorures Cl^- peuvent accélérer le processus de corrosion. De ce fait, un régime riche en sel (chlorure de sodium) et des boissons acides carbonatées fournissent un apport régulier d'agents corrosifs. Les produits fluorés (dentifrice, solutions de rinçage) contribuent également à l'acidité buccale et provoquent une susceptibilité à la corrosion augmentée de certains métaux, en particulier le titane [19].

La résistance à la corrosion du NiTi est plus élevée que celle de l'acier inoxydable, car le film passif d'oxyde de chrome n'est pas aussi stable que celui du dioxyde de titane TiO_2 [3]. Ce phénomène est lié principalement à la quantité de titane dans l'alliage qui forme plusieurs types d'oxydes (TiO_2 , TiO , Ti_2O_5) dont le dioxyde de titane est le plus stable.

3. CORROSION D'ORIGINE MICROBIENNE

La corrosion microbienne a été remarquée depuis des années dans l'industrie [5]. En effet, les microorganismes affectent la corrosion du métal et des alliages immergés dans un environnement aqueux [5]. Sous des conditions similaires, les effets des bactéries dans l'environnement oral sur la corrosion des matériaux métalliques dentaires restent inconnus.

La corrosion microbienne se présente lorsque les déchets acides produits par les bactéries corrodent les surfaces métalliques. Li, et al. [13] pointent la corrosion microbienne comme l'une des formes les plus corrosives des alliages dentaires. La production de métabolites, dont des acides organiques et inorganiques, affectent le pH de la surface ou de l'interface métallique, créent un milieu chimiquement favorable au développement de la corrosion.

L'existence de ces phénomènes dans les brackets se traduit par la formation de cratères au niveau de leurs bases [7]. La large surface développée du fil fournit un environnement favorable à la croissance des bactéries. Toutefois, l'adhérence bactérienne à la surface est la

condition nécessaire au développement de la corrosion microbienne.

4. INCIDENCES CLINIQUES DE LA CORROSION DES FILS

La résistance à la corrosion est d'une importance critique pour les fils orthodontiques car la corrosion peut conduire à une rugosité des surfaces, à un affaiblissement des appareils, et à la libération d'éléments depuis le métal ou l'alliage [8]. Elle peut aussi fortement entamer la résistance à la fatigue du matériau conduisant à la fracture mécanique [17].

4.1. Affaiblissement des appareils

En dépit d'une bonne résistance à la corrosion des NiTi contraints, les études cliniques ont fréquemment recensé des ruptures de fils orthodontiques et des fils sujets à la corrosion de l'environnement buccal [8, 17,22].

L'application topique de fluor sur des arcs orthodontiques en acier inoxydable et en β -titane, réduit significativement les propriétés mécaniques de décharge, donc allonge la durée de traitement orthodontique [21].

L'effet des boissons acides les plus connues sur la résistance au décollement des brackets métalliques in vitro et in vivo est nette : elle diminue de 50 % au bout de trois mois [16].

4.2. Résistance au glissement

La corrosion augmente les forces de frottement entre les interfaces arc-bracket par l'augmentation de la rugosité des surfaces. Il en résulte alors une distribution inappropriée des forces sur l'appareil orthodontique et par conséquent une moindre efficacité du guidage du mouvement dentaire sur l'arcade [15, 14].

4.3. L'usure et la fracture

Les fils NiTi sont plus résistants à l'usure que les fils acier. La fracture des appareils orthodontiques est un phénomène rare, qui peut affecter les résultats cliniques. Des fractures d'arcs en NiTi ont été rapportées après leur placement dans la cavité buccale.

Selon les boissons et aliments consommés, la température varie de 0 à 60°C et le pH varie de 2 à 11. Pour un pH de 6 et quelle que soit la température, il n'y a pas de perte volumétrique de poids de métal. Par contre, pour un pH de 3,5, la perte de poids est importante et augmente fortement si la température passe de 5 à 60°C. En cas de perte trop importante de poids de métal, l'arc fragilisé est alors sujet à la fracture [1].

5. LES EFFETS BIOLOGIQUES DE LA BIODEGRADATION

Le nickel et le chrome sont deux produits presque toujours présents dans la constitution des différentes parties des appareils orthodontiques et peuvent, à une certaine dose, provoquer des troubles dans l'organisme. Ces deux composants retiennent particulièrement l'attention à cause de leur potentiel allergisant (hypersensibilités, dermatites et asthme), toxique et éventuellement cancérigène (pour le nickel).

Les effets in vivo à long terme de l'ensemble de ces matériaux ne sont pas encore exactement évalués et les interactions cellulaires et moléculaires de ces matériaux avec leur hôte sont mal connues. À titre d'exemple, Bentahar, et al. [3] ont observé une augmentation de la concentration de nickel dans la salive et même dans le sang dans trois cas sur cinq, au moment de la dépose à trois mois de l'arc NiTi.

Cependant des études menées en 1993 sur le relargage des ions nickel à partir d'alliages NiTi ont montré in vitro que le taux de relargage de nickel est égal à 13.05 µg/j et reste nettement inférieur à celui ingéré lors d'une alimentation normale; in vivo, le taux sanguin de nickel des patients porteurs d'arcs orthodontiques en alliage NiTi n'est pas significativement plus élevé que celui des sujets témoins [2,4].

Les produits de corrosion ont été impliqués comme cause de douleurs locales ou de gonflements dans la zone de l'appareil orthodontique en l'absence de toute autre infection, ce

qui peut provoquer une infection secondaire. Le relargage d'éléments peut produire des décolorations sur les tissus mous adjacents et des réactions allergiques chez les patients sensibles [6, 12].

La plupart des appareils orthodontiques contiennent du nickel. Ce dernier présente un potentiel élevé de risque de toxicité dans l'environnement humain. Malgré le fait que la quantité de nickel libérée par la corrosion reste en dessous des seuils toxiques, et des quantités ingérées via l'alimentation, la littérature orthodontique est riche de cas rapportés. En effet, les observations cliniques rapportent une hyperplasie gingivale, une desquamation labiale, une chéilite angulaire, un gonflement ou encore une sensation de brûlure au niveau de la muqueuse orale [6, 20].

6. Matériaux alternatifs pour les patients allergiques au nickel

Il est recommandé chez les patients sensibles au nickel d'éviter les arcs NiTi. Les risques et les options doivent être expliqués au patient. Celui-ci devrait être informé qu'il court un risque plus élevé de réponse allergique aux fils NiTi. L'alternative consiste en l'utilisation de matériel sans nickel [18].

Les études [18, 20] ont montré que les patients sensibles au nickel étaient capables de tolérer l'acier inoxydable sans réaction notable.

Parmi les alternatives, les arcs en acier inoxydable multibrins, les arcs composites renforcés en fibre. Des fils en TMA, titane pur et plaqué or, peuvent être utilisés sans risque. Des arcs NiTi modifiés existent également et incluent un revêtement en plastique ou en résine époxy.

7. LES EFFETS SYNERGIQUES DU FLUOR SUR LA BIOCORROSION DES FILS EN NITI :

Les ions fluorures sont très agressifs envers le film de protection d'oxyde de titane (TiO₂) formé sur le titane ou ses alliages. En effet, la corrosion des arcs NiTi augmente dans des environnements fluorés [10,9]. L'utilisation d'agents fluorés topiques avec des fils NiTi

pourrait diminuer les propriétés mécaniques fonctionnelles de décharge des fils et contribuer à prolonger la durée du traitement orthodontique [21].

Le titane perd sa résistance à la corrosion dans des solutions contenant du fluor utilisé en prévention contre la carie. 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 TiO_2 [1].

En conclusion, la vigilance doit rester de mise car certains dentifrices et bains de bouche fluorés peuvent provoquer des phénomènes de corrosion par piqûres sur les éléments à base titane.

CONCLUSION :

L'étude des phénomènes de corrosion est très importante. En effet, les biomatériaux sont en principe biocompatibles. Mais certaines conditions notamment l'adhérence des bactéries sur les fils orthodontiques en NiTi associée à l'utilisation des adjuvants de brossage fluorés peut entraîner l'apparition de phénomènes de corrosion ce qui pourrait avoir des effets secondaires. En effet, la corrosion des alliages en NiTi va engendrer une libération de nickel dans la cavité buccale qui est à l'origine de réactions allergiques chez plusieurs personnes.

Ainsi pour améliorer la résistance à la corrosion des fils orthodontiques en NiTi, il est recommandé de :

- Veiller au maintien d'une bonne hygiène orale pendant le traitement orthodontique pour minimiser la baisse du pH;
- Contrôler la population microbienne en utilisant des adjuvants de brossage (sprays antibactériens et bains de bouche) non fluorés.
- Eviter d'altérer l'état de surface des fils, par une mauvaise manipulation, qui surajoutée à l'usure par la friction, les rend plus vulnérables à la corrosion localisée en milieu acide.

REFERENCES

1. Ahn SJ, Lim BS, Lee YK, Nahm DS. Quantitative determination of adhesion patterns of cariogenic streptococci to various orthodontic adhesives. *Angle Orthod* 2006; 76:869–875
2. Barrett RD, Bishara SE, Quinn JK. Biodegradation of orthodontic appliances. Part I. Biodegradation of nickel and chromium in vitro. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1993; 103:814.
3. Bentahar Z, Bourzgui F, Zertoubi M, EL Adioui-Joundy S, Morgan G. Dégradation électrochimique des matériaux métalliques utilisés en orthodontie. *Int Orthod* 2005; 3:5–17.
4. Bishara SE, Barrett RD, Selim MI. Biodegradation of orthodontic appliances. Part II. Changes in the blood level of nickel. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1993; 103:115–119.81
5. Crolet J.L., la corrosion bactérienne dans l'industrie pétrolière, in *Biodétérioration des matériaux*, ed EDP Sciences, Paris, 1998.
6. Dunlap CL, Vincent SK, Barker BF. Allergic reaction to orthodontic wire: Report of case. *J Am Dent Assoc* 1989; 118:449–450.45
7. Eliades T, Athanasiou AE. In vivo aging of orthodontic alloys: Implications for corrosion potential, nickel release, and biocompatibility. *Angle Orthod* 2002; 72:222–237.
8. Eliades T, Eliades G, Athanasiou AE, Bradley TG. Surface characterization of retrieved niti orthodontic archwires. *Eur J Orthod* 2000; 22:317–326.
9. Huang HH, Lee TH. Electrochemical impedance spectroscopy study of Ti-6Al-4v alloy in artificial saliva with fluoride and/or bovine albumin. *Dent Mater* 2005; 21:749–755.

10. Huang HH. Effects of fluoride concentration and elastic tensile strain on the corrosion resistance of commercially pure titanium. *Biomaterials* 2002; 23:59–63.
11. Jacobs JJ, Gilbert JL, Urban RM. Corrosion of metal orthopaedic implants. *J Bone Joint Surg Am* 1998; 80:268–282.
12. Kerosuo H, Moe G, Kleven E. In vitro release of nickel and chromium from different types of simulated orthodontic appliances. *Angle Orthod* 1995; 65:111–116.
13. Li L, Liu L. Microbial corrosion of dental alloy. *Sheng Wu Yi Xue Gong Cheng Xue Za Zhi* 2004; 21:864–866
14. Matasa CG. Attachment corrosion and its testing. *J Clin Orthod* 1995; 29:16–23.
15. Matasa CG. Microbial attack of orthodontic adhesives. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995; 108:132–141.
16. Oncag G, Tuncer AV, Tosun YS. Acidic soft drinks effects on the shear bond strength of orthodontic brackets and scanning electron microscopy evaluation of the enamel. *Angle Orthod* 2005;75:247–253.
17. Platt JA, Guzman A, Zuccari A, Thornburg DW, Rhodes BF, Oshida Y, et al. Corrosion behavior of 2205 duplex stainless steel. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997; 112:69–79.
18. Rahilly G, Price N. Nickel allergy and orthodontics. *J Orthod* 2003; 30:171–174.
19. Schiff N, Dalard F, Lissac M, Morgon L, Grosgeat B. Corrosion resistance of three orthodontic brackets: A comparative study of three fluoride mouthwashes. *Eur J Orthod* 2005; 27:541–549.
20. Staerkjaer L, Menné T. Nickel allergy and orthodontic treatment. *Eur J Orthod* 1990; 12: 284–289.
21. Walker MP, Ries D, Kula K, Ellis M, Fricke B. Mechanical properties and surface characterization of beta titanium and stainless steel orthodontic wire following topical fluoride treatment. *Angle Orthod*

2007; 77:342–348.

22. Yonekura Y, Endo K, Iijima M, Ohno H, Mizoguchi I. *In vitro* corrosion characteristics of commercially available orthodontic wires. *Dent Mater J* 2004; 23:197–202.

ABSTRACT:

In conventional orthodontic treatment, NiTi alloy, which contains about equi-atomic Ni and Ti, is one of the most common orthodontic wires applied clinically due to its good working and mechanical properties. Alloys exposed to saliva and bacteria which, respectively, electrolytic and biological media, are subject to corrosive breakdown. These phenomena can be exacerbated by oral polymetalism. In addition, the great population of bacteria and fungies present in the mouth accelerates the corrosion of orthodontic appliances. Besides, orthodontic treatment helps the formation of acidogenic biofilm clusters, in which pH can be very acid. The tendency of metals dissolution becomes then very important in these zones. Further more, during orthodontic treatment, patients are frequently advised to use fluoride-containing products to prevent the risk of dental caries. Subsequently, when released fluoride interacts with the oral acids, hydrofluoric acid (HF) is formed. So, the maintenance of a good oral hygiene and the use of adapted tooth brushing additives during the orthodontic treatment helps minimizing the decrease of the pH and therefore improves the corrosion behavior of the NiTi alloy present in the mouth

KEY WORDS: Bacterial corrosion – NiTi – Buccal medium.