



IMPACT DE LA RUGOSITÉ IMPLANTAIRE SUR LE DÉVELOPPEMENT DE LA PERI-IMPLANTITE

IMPACT OF IMPLANT ROUGHNESS ON THE DEVELOPMENT OF PERI-IMPLANTITIS

H. El Ayachi*, R. Hamdoun**, A. Cherkaoui***

*Résidente au service de parodontologie. Centre de consultation et de traitements dentaire de Rabat. Faculté de Médecine Dentaire de Rabat. Université Mohammed V. Email address: elayachihouda@gmail.com.

**Médecin spécialiste en parodontologie Maroc.

***Professeur d'enseignement supérieur au service de parodontologie. Centre de consultation et de traitement dentaire de Rabat. Faculté de Médecine Dentaire de Rabat. Université Mohammed V.

RÉSUMÉ:

Depuis des années, les fabricants d'implants dentaires ont développé de nombreuses techniques de traitement rendant les surfaces plus rugueuses, visant à améliorer l'ostéointégration primaire. Mais si le taux d'échec implantaire précoce semble avoir diminué, le taux de pathologies péri-implantaires reste en augmentation. La rugosité de surface semble avoir joué un rôle décisif dans le développement de la péri-implantite. Ce travail se propose, en s'appuyant sur les données de la littérature, de traiter dans un premier temps les caractéristiques des différentes rugosités de surface de l'implant dentaire, ainsi que leur implication éventuelle dans le développement de péri-implantites.

MOTS CLÉS:

Implant dentaire, rugosité, péri-implantite.

INTRODUCTION:

Depuis le début du 21^{ème} siècle, plusieurs recherches cliniques ont été développées afin d'améliorer la morphologie et la topographie des implants et de bien comprendre la biologie de l'os et des tissus mous dans la perspective d'améliorer le pronostic et la survie des implants. Mais si la prévalence d'échec implantaire précoce semble avoir diminué, le taux de pathologies péri-implantaires reste en augmentation. Récemment la topographie des implants et plus particulièrement la rugosité est considérée comme un facteur de risque important dans la survenue des maladies péri-implantaires [1]. Cependant de nombreux systèmes implantaires avec différentes rugosités sont disponibles sur le marché ce qui rend le choix difficile pour le praticien. C'est pour cette raison qu'il est nécessaire pour celui-ci de connaître la nature de la surface utilisée, ses avantages et ses inconvénients avant de la préconiser pour son patient. Ce travail se propose, en s'appuyant sur les données de la littérature, de montrer la relation de causalité entre la rugosité de la surface implantaire et le risque d'apparition de péri-implantite.

SANTÉ PÉRI-IMPLANTAIRE / PÉRI-IMPLANTITE

Bien que les maladies et conditions péri-implantaires présentent des caractéristiques propres quant au diagnostic et traitement, l'ancienne classification des maladies parodontales de 1999 ne couvrait pas ces affections péri-implantaires. Les maladies péri-implantaires sont reconnues pour la première fois comme une entité à part entière lors du workshop mondial sur la parodontologie qui s'est tenu en 2017, le groupe de travail a présenté 4 catégories à savoir : l'état péri-implantaire sain, les mucosites péri-implantaires, les péri-implantites et les déficiences des tissus mous et durs péri-implantaires (fig1) [2].

ABSTRACT:

Over the years, dental implant manufacturers have developed many treatment techniques that make surfaces rougher to improve primary osseointegration. But while the rate of early implant failure appears to have decreased, the rate of peri-implant pathologies remains increasing. Surface roughness seems to have played a decisive role in the development of peri-implantitis. This work proposes, based on literature data, how to treat the characteristics of the different surface roughness of the implant and their possible involvement in the development of peri-implantitis.

KEY WORDS:

Dental implant, roughness, peri-implantitis.

INTRODUCTION:

Since the beginning of the 21st century, several clinical studies have led to improvement of dental implant designs, implant surface topography and a better understanding of bone and soft tissue biology in the perspective of improving prognosis and survival implants. If the prevalence of early implant failure appears to have decreased, the rate of peri-implantitis continues to increase. Recently the topography of the implants and more particularly the roughness is suggested as an important risk factor in the occurrence of peri-implant diseases [1]. However, many implant systems with different roughness are available on the market which makes the choice difficult for the practitioner. For this reason, that it is necessary for him to know the nature of the surface used, its advantages and disadvantages before recommending it for his patient. This work allows, based on literature data, to show the causal relationship between the roughness of the implant surface and the risk for occurrence of peri-implantitis.

PERI-IMPLANT HEALTH / PERI-IMPLANTITIS

Although peri-implant diseases and conditions have specific characteristics for diagnosis and treatment, the 1999 classification of periodontal diseases did not cover these peri-implant conditions. In 2017, during the world workshop on periodontology, peri-implant diseases was recognized for the first time as a separate entity (fig1) [2].



Maladies et conditions péri-implantaires
Peri-implant diseases and conditions

Santé péri-implantaire
Healthy peri-implant

Mucosite péri-implantaires
Peri-implant mucositis

Péri-implantites
Peri-implantitis

Déficits péri-implantaires des
tissus durs et mous
*Peri-implant deficits of hard
and soft tissues*

Fig 1 : Schémas montrant la santé péri-implantaire ; la mucosité péri-implantaire ; la péri-implantite.
Fig 1: Diagram showing peri-implant health; peri-implant mucositis ; peri-implantitis.

Cliniquement, la santé péri-implantaire est caractérisée par une absence d'inflammation (muqueuse rose et de consistance ferme) et du saignement au sondage. Elle peut exister autour d'implant avec un support osseux normal ou réduit. Cependant la péri-implantite se définit comme une lésion inflammatoire irréversible des tissus, associée à la plaque, entourant un implant endo-osseux avec perte progressive de l'os de soutien. La mucosite péri-implantaire est limitée aux tissus mous alors que la péri-implantite inclut le support osseux (fig2) [2,3].

Clinically, peri-implant health is characterized by an absence of inflammation and bleeding on probing. Peri-implant health can exist around implants with normal or reduced bone support. Peri-implantitis was defined as a plaque-associated pathologic condition occurring in the tissue around dental implants, characterized by inflammation in the peri-implant mucosa and subsequent progressive loss of supporting bone. Peri-implant mucositis is limited to soft tissue while peri-implantitis includes bone support (fig2) [2,3].

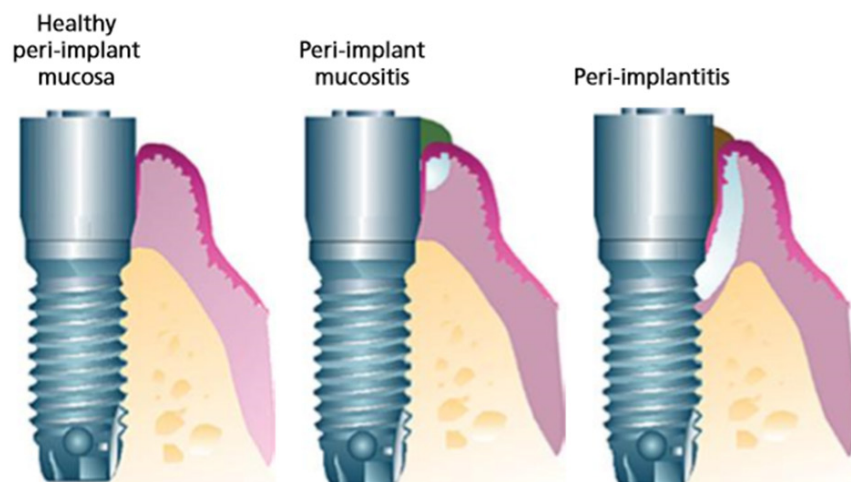


Fig 2 : Classification des maladies et conditions péri-implantaires.
Fig 2: Classification diagram for periodontal and peri-implant diseases and conditions.

La mucosite péri-implantaire précède la péri-implantite, cependant le mécanisme de la pathogénie de cette maladie reste mal connu. La mauvaise hygiène bucco-dentaire, les antécédents de parodontite, la consommation du tabac ainsi que le diabète sont considérées comme des facteurs de risque potentiels dans l'échec de la thérapie implantaire en induisant une inflammation post-opératoire et une perte osseuse marginale autour des implants ostéo-intégrés [4]. La rugosité des surfaces implantaire est également incriminée comme un facteur de risque dans la survenue de la péri-implantite [5]. Le diagnostic de la péri-implantite se base sur la présence des signes cliniques d'inflammation à l'inspection (rougeur, aspect lisse et brillant, gonflement local, consistance molle, suppuration spontanée ou provoquée), d'un saignement au sondage, d'une augmentation de la profondeur de sondage par rapport aux mesures obtenues lors du placement de la suprastructure (profondeur de sondage ≥ 6 mm) et d'une perte osseuse progressive par rapport à

Peri-implant mucositis is assumed to precede peri-implantitis, however the mechanism of the pathogenesis of this disease remains poorly understood. Poor oral hygiene, a history of periodontitis, smoking and diabetes are considered potential risk factors for failure of implant therapy by inducing post-operative inflammation and marginal bone loss [4]. The roughness of the implant surfaces is also incriminated as a risk factor in the occurrence of peri-implantitis [5]. The diagnosis of peri-implantitis is based on the presence of clinical signs of inflammation including redness, edema, mucosal enlargement, bleeding on probing with or without suppuration along with increases in probing depth (probing depth ≥ 6 mm) and changes in the radiographic bone level compared to baseline one year after the placement of the prosthetic restoration on implants. In the absence

l'évaluation radiographique du niveau osseux un an après la mise en place de la reconstruction prothétique sur implants. En absence de radiographies initiales et de profondeurs de sondage il faut chercher une perte osseuse ≥ 3 mm et / ou une augmentation de la profondeur de sondage ≥ 6 mm associées à un saignement abondant pour poser le diagnostic de péri-implantite [2]. Différents protocoles sont indiqués dans le traitement de la péri-implantite. Les thérapeutiques non chirurgicales seules semblent insuffisantes pour traiter les lésions péri-implantaires, tandis que les thérapeutiques chirurgicales permettent l'élimination du biofilm bactérien formé sur la surface de l'implant afin de traiter la lésion. Des données récentes suggèrent que la thérapeutique chirurgicale suivie de la prescription d'antibiotiques et des séances de maintenance régulières peut constituer un traitement efficace des péri-implantites [6]. Cependant Il existe peu d'informations sur les résultats à long terme du traitement de la péri-implantite [7].

RUGOSITÉ DE SURFACE

La rugosité de surface est souvent décrite en termes de Ra (Sa en 3D) qui décrit la rugosité moyenne arithmétique du profil. Les surfaces des implants dentaires sont classées en quatre groupes différents selon leur rugosité. Les surfaces lisses se réfèrent à une valeur Sa inférieure à $0,5 \mu\text{m}$; les surfaces minimalement rugueuses font référence à des valeurs Sa entre $0,5$ et $1,0 \mu\text{m}$; les surfaces moyennement rugueuses se réfèrent à des valeurs Sa comprises entre $1,0$ et $2,0 \mu\text{m}$; et enfin les surfaces rugueuses ont une valeur Sa supérieure à $2,0 \mu\text{m}$ [8]. Les surfaces lisses ne sont pas disponibles en clinique, mais utilisées expérimentalement. Un bref aperçu des différentes rugosités de surface pour certaines marques d'implants est illustré dans le tableau 1.

of initial radiographs and probing depths, the bone loss ≥ 3 mm and / or an increase in sounding depth ≥ 6 mm associated with heavy bleeding allow the diagnosis of peri-implantitis to be made [2]. Different protocols are indicated in the treatment of peri-implantitis. Non-surgical therapies alone appear to be insufficient to treat peri-implant lesions, while surgical therapies allow removal of the bacterial biofilm formed on the surface of the implant to treat the lesion. Recent data suggest that surgical therapy combined with antibiotics and followed by a rigorous oral hygiene program can resolve peri-implantitis [6]. However, there is little information on the long-term results of treatment for peri-implantitis [7].

SURFACE ROUGHNESS

Surface roughness Ra (Sa for 3D) is the arithmetic mean deviation of a profile (Ra) or a surface (Sa). Dental implant surfaces are classified into four different groups according to their surface roughness. Smooth implant surfaces refer to a Sa value of less than $0.5 \mu\text{m}$; minimally rough surfaces refer to Sa values of $0.5\mu\text{m}$ to less than $1.0 \mu\text{m}$; moderately rough surfaces refer to Sa values between $1.0-2.0 \mu\text{m}$; and finally, rough surfaces have a Sa value of more than $2.0 \mu\text{m}$ [8]. Smooth surfaces are not clinically available but used experimentally. A brief overview of various surface roughness for some implant brands is given in Table 1.

Rugosité de surface <i>Surface roughness</i>	Valeur Sa <i>Sa value</i>	Exemple des systèmes implantaires <i>Some implant brands</i>
Lisse <i>Smooth</i>	$< 0.5 \mu\text{m}$	Utilisés expérimentalement <i>Experimental not clinically available</i>
Minimalement rugueuse <i>Minimally rough</i>	$0.5 - 1\mu\text{m}$	Brånemark, Osseotite, Nanotite <i>Brånemark, Osseotite, NanotiteNanotite</i>
Moyennement rugueuse <i>Moderately rough</i>	$> 1 - 2 \mu\text{m}$	SLA, TiUnite, TiOblast <i>SLA, TiUnite, TiOblast</i>
Rugueuse <i>Rough</i>	$> 2 \mu\text{m}$	TPS, Ankylos, Friadent <i>TPS, Ankylos, Friadent</i>

Tab 1 : Valeur Sa correspondante aux différentes rugosités de surface.

Tab 1 : Surface roughness and corresponding Sa Values (μm) and some Implant Brands,

Les principaux acteurs du marché utilisent des surfaces telles que la TiUnite (NobelBiocare) (fig.3), la TiOblast (AtraTech) (fig.4) et la SLA (Straumann) (fig.5).

The main manufacturers present on the market use surfaces such as TiUnite (NobelBiocare) (fig.3), TiOblast (AtraTech) (fig.4) and SLA (Straumann) (fig.5).

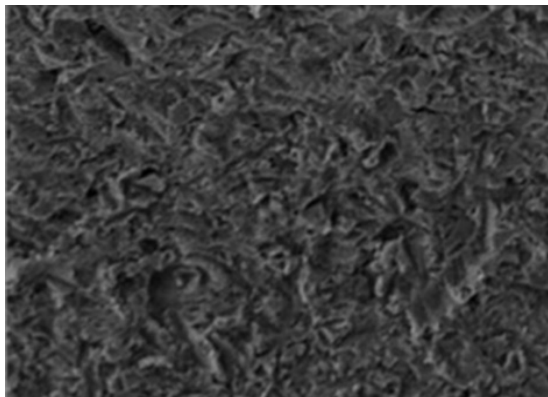


Fig 3 : Surface Tioblast vue au microscope électronique à balayage.

Fig 3: TiOblast surface seen with scanning electron microscope

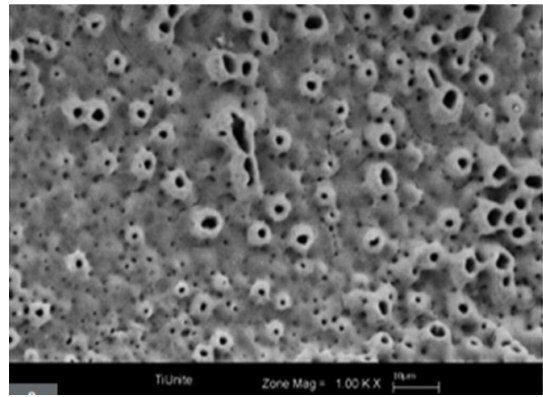


Fig 4 : Surface TiUnite vue au microscope électronique à balayage.

Fig 4: TiUnite surface seen with scanning electron microscope

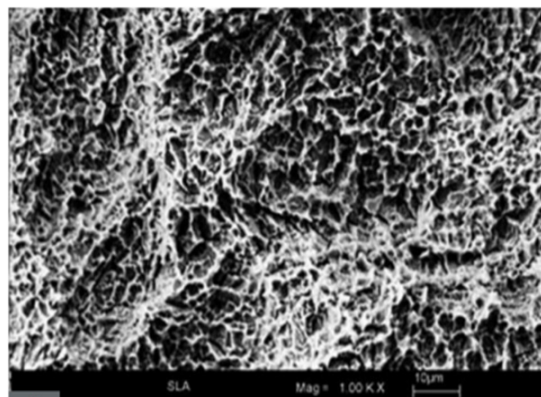


Fig 5 : Surface SLA vue au microscope électronique à balayage.

Fig 5: SLA surface seen with scanning electron microscope

Selon Wennerberg et Albrektsson, (2010) les anciens implants usinés présentaient des surfaces peu rugueuses (0,5 à 1,0 μm), tandis que les implants modernes ont tendance à avoir des surfaces modérément rugueuses (rugosité de surface de 1,0 à 2,0 μm) [9]. Ainsi des meilleurs résultats d'ostéointégration sont obtenus par l'utilisation des surfaces modérément rugueuses avec des valeurs Ra/Sa de 1,0–2,0 μm [7]. Néanmoins, il a été reconnu que les implants avec des surface modifiées par addition ou soustraction permettent la préservation de l'os marginal sans aucune supériorité cliniquement significative d'une surface par rapport à d'autre conception d'implant particulière [10]. L'évolution de l'état de surface des implants dentaire a permis d'une part une meilleure otéointégration ce qui explique le taux élevé de survie des implants, d'autre part un traitement prévisible des situations implantaire difficile telles que l'implantation immédiate et la mise en charge immédiate [11]. Malgré ces progrès cliniques obtenus des implants à surface modifiée actuellement disponibles, certains rapports scientifiques suggèrent que la rugosité de surface peut jouer un rôle décisif dans le développement de la péri-implantite.

According to Wennerberg and Albrektsson, (2010) the old turned implants had a surface roughness of 0.5 to 1.0 μm , which indicates a minimally rough surface, whereas modern implants tend to have a moderately rough surface (surface roughness of 1.0–2.0 μm) [9]. Thus, using moderately rough surfaces with Ra / Sa values of 1.0–2.0 μm has shown better osseointegration results [7]. Nevertheless, it was acknowledged that surface modified implants by addition or subtraction lead to the preservation of marginal bone without any clinically significant superiority for any particular implant surface or design [10]. Implant surface modifications have led to stronger bone responses, which may explain the high implant survival, and have also allowed predictable treatment in multiple treatment indications and more challenging conditions such as immediate placement and immediate loading [11]. Despite the proven clinical benefit of the currently available, surface-modified implants, some scientific reports suggest that surface roughness may play a decisive role in the development of peri-implantitis [1].

RELATION ENTRE RUGOSITÉ DE SURFACE ET ADHÉSION BACTÉRIENNE

La composition du matériau de surface de l'implant, la rugosité et l'énergie libre sont considérées comme les trois principaux facteurs responsables de l'adhésion bactérienne initiale sur les surfaces des implants dentaires [12]. Plusieurs auteurs ont étudié la relation entre la rugosité et l'adhésion bactérienne. L'étude de Pereira da Silva et al. en 2005 a montré que l'adhésion des bactéries étudiées à la surface du titane augmente de façon exponentielle avec l'augmentation de la rugosité de la surface [13]. Lors d'un congrès international, la rugosité de surface d'un implant dentaire est indiquée comme le principal facteur influençant la formation du biofilm bactérien [14]. Cependant, cette conclusion se contredit avec celle d'une étude in vitro montrant que la rugosité est moins importante dans l'adhésion bactérienne que les propriétés physicochimiques des surfaces de titane [15]. Bollen et al. en 1996 ont rapporté aussi que la composition des microorganismes supra et sous-gingivaux à court terme ou à long terme n'est pas influencée par la rugosité lorsque celle-ci est inférieure à 0,2 μm [16]. Une excellente étude in vivo a évalué la formation de biofilm sur des surfaces de titane et de zircone de rugosité et composition variées, l'enquête a conclu que la rugosité de surface avait peu d'influence sur la maturation du biofilm [12]. Les caractéristiques chimiques de la surface, telles que la porosité, la corrosion et la composition des matériaux de surface, influencent également l'adhésion bactérienne à la surface de l'implant. Cependant, ces facteurs sont susceptibles d'être finalement liés à la rugosité de surface ou à l'énergie libre de l'implant. Même si de nombreuses études in vitro ont examiné l'adhésion bactérienne aux surfaces des implants, des investigations cliniques supplémentaires sont encore nécessaires.

LA RUGOSITÉ DE SURFACE PEUT-ELLE CONSTITUER UN FACTEUR DE RISQUE AU DÉVELOPPEMENT DES PÉRI-IMPLANTITES ?

En effet, plusieurs études récentes essayent de répondre à cette question, parmi lesquelles l'étude de Vandeweghe et al. en 2016 qui a indiqué un taux élevé de perte osseuse autour des implants modérément rugueux [11]. Polizzi et ses collaborateurs en 2013 ont comparé rétrospectivement des implants Brånemark usinés avec des surfaces de rugosité minimale à des implants TiUnite moyennement rugueux. Après 10 ans, le taux de survie des implants était de 90,3% et 96,6% respectivement, ce qui explique la diminution de l'échec implantaire de manière significative pour les implants plus rugueux. Cependant la prévalence de la péri-implantite était de 2% avec un rapport de 9/1 pour TiUnite /Brånemark [17]. Renvert et al. en 2012 rapportent un taux d'incidence de la péri-implantite sur un suivi de 13 ans de 32% pour les implants modérément rugueux (Ra 1,1) et 39% pour les implants usinés (Ra 0,9) [18]. En 2016 Doornewaard et son équipe ont trouvé une différence statistiquement significative de perte osseuse entre les différents groupes de rugosité, avec une prévalence plus élevée pour les surfaces rugueuses [5]. Aussi une revue systématique a montré sur une période de 5 ans ou plus une perte osseuse marginale similaire entre les systèmes d'implants dentaires minimalement rugueux et modérément rugueux, alors que les implants maxillaires modérément rugueux ont montré des taux de survie clinique significativement plus élevés que les implants maxillaires minimalement rugueux, en ce qui concerne

RELATIONSHIP BETWEEN SURFACE ROUGHNESS AND BACTERIAL ADHESION

The composition of the implant surface material, roughness and free energy are considered to be the three main factors responsible for initial bacterial adhesion to the surfaces of dental implants [12]. Several authors have studied the relationship between roughness and bacterial adhesion. The study by Pereira da Silva et al. in 2005 showed that attachment of the investigated bacteria to the titanium surface exponentially increased with increasing surface roughness [13]. At an international congress, the surface roughness of a dental implant was indicated to be the primary factor influencing bacterial biofilm formation [14]. However, this conclusion was contradicted in an in vitro study showing that roughness is less important in bacterial adhesion than the physicochemical properties of modifying titanium surfaces [15]. Bollen et al. in 1996 also reported that there was no effect on supra- and subgingival microorganism composition in the short-term or in the long-term when the Ra was < 0.2 μm [16]. An excellent in vivo study evaluated the biofilm formation on titanium and zirconia surfaces of various roughness and composition. The investigation concluded that the surface roughness had little influence on biofilm formation as the biofilm matures [12].

The chemical characteristics of the surface, such as porosity, corrosion and the composition of surface materials, also influence bacterial adhesion to the surface of the implant. However, these factors are likely to be ultimately related to the surface roughness or free energy of the implant. Although many in vitro studies have examined bacterial adhesion to implant surfaces, additional clinical investigations are still required.

HOW CAN IMPLANT SURFACE ROUGHNESS INFLUENCE THE DEVELOPMENT OF PERI-IMPLANTITIS ?

In fact, several recent studies attempt to answer this question, including the study by Vandeweghe et al. in 2016 who indicated a high rate of bone loss around moderately rough implants [11]. Polizzi et al. in 2013 retrospectively compared machined Brånemark implants with minimally rough surfaces to moderately rough TiUnite implants. After 10 years there was a cumulative survival rate of 90.3% and 96.6%, respectively, clearly demonstrating that the clinical survival improved significantly with the rougher implant. There was no statistical difference in bone loss between both surfaces, but peri-implantitis was seen in 2% of the implants whereby the proportion was 9/1 for TiUnite/Machined [17]. Renvert et al. in 2012 reported an incidence rate of peri-implantitis over a 13-year follow-up of 32% for moderately rough implants (Ra 1.1) and 39% for machined implants (Ra 0.9) [18]. In 2016 Doornewaard and co-workers found a statistically significant difference in bone loss between the different roughness groups, with a higher prevalence for rough surfaces [5]. Also, a systematic review showed over a period of 5 years or more similar marginal bone loss between the minimally rough and moderately rough dental implant systems, while the maxillary moderately rough implants showed significantly higher clinical survival rates than

la mandibule, aucune différence de ce genre n'a été remarquée [19]. Dans son étude Lin et al. (2013) suggèrent que les surfaces rugueuses augmentent non seulement la sensibilité aux maladies péri-implantaires, mais réduisent également l'efficacité de traitement de ces maladies [20]. Finalement certaines études récentes rapportent une perte osseuse plus faible avec des surfaces plus rugueuses qu'avec des surfaces lisses, tandis que d'autres suggèrent moins de perte osseuse avec des surfaces d'implants plus lisses à long terme. Des études comparatives standardisées avec un plus grand nombre de surfaces, à plus longs termes et sur de plus grands échantillons sont nécessaires pour conclure définitivement.

CONCLUSION

Les résultats concernant le lien entre la rugosité de surface et l'induction d'une péri-implantite sont relativement contradictoires, mais des recherches solides dans la littérature montrent que la nouvelle génération d'implants dentaires dont la topographie de surface est modérément rugueuse, donne un meilleur résultat en termes de survie des implants comparé à l'ancienne génération. Ces implants modérément rugueux présentent une stabilité clinique avec une perte osseuse marginale minimale et une longue survie allant à 10, 12 et 16 ans de suivi. Cependant le tabagisme, les maladies systémiques et les antécédents de maladie parodontale sont aussi considérés comme des facteurs influençant l'apparition des péri-implantites.

the maxillary minimally rough implants. In the mandible, no such difference was noticed [19].

In his study Lin et al. (2013) suggested that rough surfaces not only increase susceptibility to peri-implant diseases, but also reduce the treatment effectiveness of these diseases [20].

Finally, some recent studies report lower bone loss with rougher surfaces than with smooth surfaces, while other studies suggest less bone loss with smoother implant surfaces in the long run. Standardized comparative studies with a larger number of surfaces, in the longer term and on larger samples are necessary to conclude definitively.

CONCLUSION

The results concerning the relationship between surface roughness and induction of peri-implantitis are relatively contradictory, but there is strong evidence in the literature that the new generation of dental implants whose surface topography is moderately rough, yield a better result in terms of implant survival compared to the first generation. These moderately rough implants exhibit clinical stability with minimal marginal bone loss and long survival ranging from 10, 12 and 16 years of follow-up. However, smoking, systemic diseases and a history of periodontal disease are also considered to be factors influencing the onset of peri-implantitis.

RÉFÉRANCES / REFERENCES:

1. Bruyn HD, Christiaens V, Doornewaard R, et al. Implant surface roughness and patient factors on long-term peri-implant bone loss. *Periodontology* 2000. 2017;73:218-227
2. Caton, J. G., Armitage G., Berglundh, T., Chapple, I. L. C., Jepsen, S., Kornman, K. S., Tonetti, M. S. A new classification scheme for periodontal and peri-implant diseases and conditions - Introduction and key changes from the 1999 classification. *Journal of Periodontology*, 2018 89 (Suppl 1), S1– S8.
3. Lindhe J, Meyle J. Group D of European Workshop on Periodontology. Peri-implant diseases: Consensus Report of the Sixth European Workshop on Periodontology. *J Clin Periodontol*. 2008;35(8)(Suppl):282-285.
4. Chrcanovic BR, Albrektsson T, Wennerberg A. Smoking and dental implants: a systematic review and meta-analysis. *J Dent* 2015; 43: 487–498.
5. Doornewaard R, Christiaens V, De Bruyn H, Jacobsson M, Cosyn J, Vervaeke S, Jacquet W. Long-term effect of surface roughness and patient's factors on crestal bone loss at dental implants. A systematic review and meta-analysis. *Clin Implant Dent Relat Res* 2016.
6. Heitz-Mayfield L. J., Salvi G. E., Mombelli A., Faddy M. & Lang, N. P. Anti-infective surgical therapy of peri-implantitis. A 12month prospective clinical study. *Clinical Oral Implants Research*. 2012 23, 205–210.
7. Albouy J-P, Abrahamsson I, Persson LG, Berglundh T. Implant surface characteristics influence the outcome of treatment of peri-implantitis: an experimental study in dogs. *J Clin Periodontol* 2011; 38: 58–64.
8. Wennerberg A, Albrektsson T. Effects of titanium surface topography on bone integration: a systematic review. *Clin Oral Implants Res* 2009; 20: 172–184.
9. Wennerberg A, Albrektsson T. On implant surfaces: A review of current knowledge and opinions. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2010; 25:63–74.
10. Lang NP, Jepsen S. Implant surfaces and design (Working Group 4). *Clin Oral Implants Res* 2009; 20: 228–231.
11. Vandeweghe S, Ferreira D, Vermeersch L, Mariën M, De Bruyn H. Long-term retrospective follow-up of turned and moderately rough implants in the edentulous jaw. *Clin Oral Implants Res* 2016; 27: 421–426.
12. Al-Ahmad A, Wiedmann-Al-Ahmad M, Faust J, et al. Biofilm formation and composition on different implant materials in vivo. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2010;95(1): 101-109.
13. Pereira da Silva CH, Vidigal GM Jr, de Uzeda M, de Almeida Soares G. Influence of titanium surface roughness on attachment of *Streptococcus sanguis*: an in vitro study. *Implant Dent*. 2005;14(1):88-93.
14. Lang NP, Berglundh T. Working Group 4 of Seventh European Workshop on Periodontology. Periimplant diseases: where are we now? Consensus of the Seventh European Workshop on Periodontology. *J Clin Periodontol*. 2011;38(Suppl 11):178-181.
15. Rodríguez-Hernández AG, Juárez A, Engel E, Gil FJ. *Streptococcus sanguinis* adhesion on titanium rough surfaces: effect of shot-blasting particles. *J Mater Sci Mater Med*. 2011;22(8):1913-1922.
16. Bollen CM, Papaioanno W, Van Eldere J, Schepers E, Quirynen M, van Steenberghe D. The influence of abutment surface roughness on plaque accumulation and peri-implant mucositis. *Clin Oral Implants Res*. 1996;7(3):201-211.
17. Polizzi G, Gualini F, Friberg B. A two-center retrospective analysis of long-term clinical and radiologic data of TiUnite and turned implants placed in the same mouth. *Int J Prosthodont* 2013; 26: 350–358.
18. Renvert S, Lindahl C, Rutger Persson G. The incidence of peri-implantitis for two different implant systems over a period of thirteen years. *J Clin Periodontol* 2012; 39: 1191–1197.
19. Jimbo R, Albrektsson T. Long-term clinical success of minimally and moderately rough oral implants: a review of 71 studies with 5 years or more of follow-up. *Implant Dent* 2015; 24:62–69.
20. Lin H.Y., Liu Y., Wismeijer D., Crielaard W. & Deng D.M. () Effects of oral implant surface roughness on bacterial biofilm formation and treatment efficacy. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants* 2013; 28:1226–1231.