

フッ化物配合歯磨剤の利用はチタン製歯科材料使用者にも推奨すべきである

平成27年5月8日

一般社団法人日本口腔衛生学会 理事長 神原 正樹
同フッ化物応用委員会 委員長 眞木 吉信

人工歯根としてのインプラントならびに歯科矯正装置のワイヤーやブラケットにチタン製歯科材料（以下、チタン材とする）が使用されているものがある。このチタン材使用者が1000 ppm近いフッ化物イオン濃度のフッ化物配合歯磨剤を利用することによって、インプラント周囲炎を引き起こすため、その利用を控えるべきであるという意見があり、この意見を根拠に、フッ化物を配合していない歯磨剤（フッ化物無配合歯磨剤）が製品化され宣伝されている。しかしながらこれらの意見および宣伝には科学的に疑問があることから、一般社団法人日本口腔衛生学会のフッ化物応用委員会（以下、フッ化物応用委員会とする）では、平成26年10月10日に「インプラント専用歯磨剤として発売されたフッ化物無配合歯磨剤に対する見解」をホームページに掲載し、フッ化物配合歯磨剤のう蝕予防のメリットも考慮した上で科学的に判断する必要があることから、後日詳しい情報を提供することとした。

上記を背景に、今回、フッ化物応用委員会で文献のレビューを行った。対象とした学術情報は、主に1995～2014年に国内外の学術雑誌に掲載された関連論文であり、原著が28編、総説が5編の計33編である¹⁻³³。このうち国内誌が8編、英文誌が25編である。なお、商業誌の論説や企業からの解説書は、これらの学術誌情報のいずれかから引用されたものであるため、今回のレビュー対象から除外した。

フッ化物配合歯磨剤のチタン材へのリスクの可能性として取り上げた課題は以下のとおりである。

- 1) チタン材の物理的性質劣化の要因になるか。
- 2) チタン材表面の粗造化と歯垢付着量増加、それに伴うインプラント周囲炎の増加要因になるか。

歯磨剤に配合されるフッ化物がチタン材劣化やインプラント周囲炎をもたらすかを上記学術論文から考察したところ、レビュー以外は総て実験室での研究（*in vitro* 研究）によるものであり、人を対象とした疫学調査でリスクの程度を確認したものはなかった。即ち、リスクの根拠のほとんどが *in vitro* 研究による可能性であることが確認された。これらの *in vitro* 研究では、実験条件が単純化され、人の口腔内でみられる唾液による中和作用や希釈作用を考慮していない場合が多かった。多くの研究が溶液への浸潤実験であり、チタン材表層を腐食するリスクは、フッ化物濃度と酸酸性が高いという条件で増大することが明らかになっている^{1-3, 5-7, 11, 12, 14-22, 24, 25}。特に、酸性条件化ではフッ化物イオン濃度が900ppmで腐食が認められている^{4, 5}。しかし、こうした条件は口腔内では長時間継続するものではないため、*in vitro* の実験結果を実際の口腔に適用することには注意を要する。実際に人がフッ化物配合歯磨剤を利用した場合、フッ化物イオン濃度が1000ppmを超える歯磨剤であっても唾液で希釈され、ブラッシング時の唾液中フッ化物イオン濃度は200～300ppm程度に低下しており²⁶、ブラッシング直後には数十ppmにまで低下していることが示されており^{26, 27}、プラーク中のフッ化物イオン濃度に至っては2ppm以下と極めて低い^{27, 28}。人の口腔内におけるフッ化物濃度やpHを考慮すると、日本で一般に利用されている中性・弱酸性のフッ化物イオン濃度1,000ppm以下のフッ化物配合歯磨剤のインプラント周囲炎のリスクを誇大に危険視することは誤りであろう。

また、これらの *in vitro* 研究においても、歯磨剤に配合されるレベルのフッ化物イオン濃度で、中性・弱酸性条件の場合、フッ化物無配合の対照群との間に、チタン合金に対する腐食や機械的劣化反応に有意な差はみられていない^{1, 3, 5-7, 14-17}。歯磨剤を利用した実験ではないが、200ppmF程度の比較的低い

フッ化物濃度でチタンの腐食が見られた報告があるが¹⁷⁾、これはpHが4未満という条件であり、唾液による緩衝作用を考えると実際の口腔内では現実的ではない。人の唾液には緩衝作用が存在することを考慮すると、フッ化物配合歯磨剤がインプラント周囲炎を引き起こすリスクになるという蓋然性は極めて低いと考察される。ちなみに、チタン合金の種類によっては、酸性条件でもチタンの腐食が認められていない^{29,30)}。

さらに、そもそも歯磨剤の作用が存在していなくても、チタン材は歯ブラシなどの機械的刺激によって摩耗して表面が粗造になったり^{6,8)}、炎症反応でも生じる過酸化水素によって腐食を生じることが指摘されている^{31,32)}。チタン材へのブラッシングと歯磨剤の影響を調べた研究のうち^{6,8-10,13)}、フッ化物を配合していない歯磨剤を比較群で設けた研究においては、無配合歯磨剤利用であってもブラッシングによるチタン材表面の摩耗が認められている^{6,8,13)}。さらに、フッ化物配合と無配合歯磨剤でブラッシングを行った実験では双方でチタン材に摩耗が認められ、その程度に差がないことが報告されており、また、歯磨剤を利用しない場合でもブラッシングによりチタン材の摩耗が認められている⁶⁾。

上記の研究以上に人への影響を推測する上で重要だと考えられる研究として、細菌の付着に関する実験が存在する^{4,5,8)}。フッ化物によるチタン材の腐食は、チタン材表面を粗造にさせて細菌の付着を増加することでインプラント周囲炎のリスクになると考えられている。しかしながら、実際のブラッシング条件に加えて細菌のチタン材への付着程度を調べた実験では、フッ化物配合歯磨剤を用いた場合とコントロール群で細菌の付着量に差がないことが示されている^{4,5)}。さらに、フッ化物配合歯磨剤はむしろチタン材へのミュータンス菌の付着を抑制しているとの研究は注目すべきである⁸⁾。

一方、チタン材への影響とは別に、フッ化物の天然歯への有用性としては、成人や高齢者においても齲蝕の発生予防効果が、数多くの人を対象とした疫学論文により報告されている³³⁾。

以上、今日までの学術知見を総合して判断すると、チタン材を使用しているインプラント装着者や矯正治療患者においても、フッ化物配合歯磨剤の利用を控えるべき科学的根拠は認められなかったことと、学術的根拠の明らかな齲蝕予防効果から、天然歯を有する限り、フッ化物配合歯磨剤の利用はチタン製歯科材料使用者にも推奨すべきである。

<文献>

- 1) 木村英一郎, 野村智義, 溝口尚ほか: フッ化物入りペーストがチタンの耐食性に与える影響. 日本口腔インプラント学会誌 27(1):54-60,2014.
- 2) 五味由季子, 長崎満里子, 三澤絵理ほか: 各種フッ素含有歯磨剤および試作フッ素未含有歯磨剤のチタン表面粗さに与える影響. 日本歯周病学会誌 56(1):49-56,2014.
- 3) Milosev I, Kapun B, Selih VS : The effect of fluoride ions on the corrosion behaviour of Ti metal, and Ti6-Al-7Nb and Ti-6Al-4V alloys in artificial saliva. Acta Chim Slov 60(3):543-555,2013.
- 4) Fais LM, Carmello JC, Spolidorio DMほか: Streptococcus mutans adhesion to titanium after brushing with fluoride and fluoride-free toothpaste simulating 10 years of use. Int J Oral Maxillofac Implants 28(2):463-469,2013.
- 5) 峯裕一, 牧平清超, 今利直也ほか: 市販洗口剤と歯磨剤がチタンの表面性状に与える影響. 日本口腔インプラント学会誌 25(1):22-30,2012.
- 6) Fais LM, Fernandes-Filho RB, Pereira-da-Silva MAほか: Titanium surface topography after brushing with fluoride and fluoride-free toothpaste simulating 10 years of use. J Dent 40(4):265-275,2012.
- 7) Khoury ES, Abboud M, Bassil-Nassif Nほか: Effect of a two-year fluoride decay protection protocol on titanium brackets. Int Orthod 9(4):432-451,2011.
- 8) Barros RN, de Gouvea CV : Prophylactic agents and bacterial adherence to titanium. Clin Oral Implants Res 22(11):1221-1226,2011.
- 9) Sartori R, Correa CB, Marcantonio E, Jr.ほか: Influence of a fluoridated medium with different pHs on commercially pure titanium-based implants. J Prosthodont 18(2):130-134,2009.
- 10) 青木春美, 吉田隆一: チタンおよびチタン合金のフッ化物による変色 フッ素配合歯磨剤と SnF₂、NaF、MFP 水溶液の影響. 日本歯科産業学会誌 22(2):58-68,2008.
- 11) Noguchi T, Takemoto S, Hattori Mほか: Discoloration and dissolution of titanium and titanium alloys with immersion in peroxide- or fluoride-containing solutions. Dent Mater J 27(1):117-123,2008.
- 12) Kang EH, Park SB, Kim HIほか: Corrosion-related changes on Ti-based orthodontic brackets in acetic NaF solutions: surface morphology, microhardness, and element release. Dent Mater J 27(4):555-560,2008.
- 13) 入江修充, 青木春美, 吉田隆一: チタンおよびチタン合金の変色と重量変化 フッ素含有歯磨剤による浸漬試験と刷掃試験の比較. 日本歯科産業学会誌 21(1):14-25,2007.
- 14) 内山敏一, 小林清吾, 田口千恵子ほか: 純チタンおよびチタン合金(Ti-6Al-4V)に及ぼすフッ化物製剤の影響. 口腔衛生学会雑誌 56(2):126-131,2006.
- 15) Matono Y, Nakagawa M, Matsuya Sほか: Corrosion behavior of pure titanium and titanium alloys in various concentrations of Acidulated Phosphate Fluoride (APF) solutions. Dent Mater J 25(1):104-112,2006.
- 16) Nakagawa M, Matsuya S, Udoh K : Corrosion behavior of pure titanium and titanium alloys in fluoride-containing solutions. Dent Mater J 20(4):305-314,2001.
- 17) Nakagawa M, Matsuya S, Shiraishi Tほか: Effect of fluoride concentration and pH on corrosion behavior of titanium for dental use. Journal of dental research 78(9):1568-1572,1999.
- 18) Reclaru L, Meyer JM : Effects of fluorides on titanium and other dental alloys in dentistry.

Biomaterials 19(1-3):85-92,1998.

- 19) 小田豊, 河田英司, 吉成正雄ほか : チタン及びチタン合金の腐食に及ぼすフッ素イオン濃度の影響. 歯科材料・器械 15(4):317-322,1996.
- 20) Toumelin-Chemla F, Rouelle F, Burdairon G : Corrosive properties of fluoride-containing odontologic gels against titanium. J Dent 24(1-2):109-115,1996.
- 21) Kononen MH, Lavonius ET, Kivilahti JK : SEM observations on stress corrosion cracking of commercially pure titanium in a topical fluoride solution. Dent Mater 11(4):269-272,1995.
- 22) Boere G : Influence of fluoride on titanium in an acidic environment measured by polarization resistance technique. J Appl Biomater 6(4):283-288,1995.
- 23) Mombelli A, Muller N, Cionca N : The epidemiology of peri-implantitis. Clin Oral Implants Res 23 Suppl 6:67-76,2012.
- 24) Noguti J, de Oliveira F, Peres RCほか : The role of fluoride on the process of titanium corrosion in oral cavity. Biometals 25(5):859-862,2012.
- 25) Fragou S, Eliades T : Effect of topical fluoride application on titanium alloys: a review of effects and clinical implications. Pediatr Dent 32(2):99-105,2010.
- 26) Afflitto J, Schmid R, Esposito Aほか : Fluoride availability in human saliva after dentifrice use: correlation with anticaries effects in rats. Journal of dental research 71 Spec No:841-845,1992.
- 27) Nordstrom A, Birkhed D : Fluoride retention in proximal plaque and saliva using two NaF dentifrices containing 5,000 and 1,450 ppm F with and without water rinsing. Caries Res 43(1):64-69,2009.
- 28) Duckworth RM, Morgan SN, Burchell CK : Fluoride in plaque following use of dentifrices containing sodium monofluorophosphate. Journal of dental research 68(2):130-133,1989.
- 29) Nakagawa M, Matono Y, Matsuya Sほか : The effect of Pt and Pd alloying additions on the corrosion behavior of titanium in fluoride-containing environments. Biomaterials 26(15):2239-2246,2005.
- 30) Nakagawa M, Matsuya S, Udoh K : Effects of fluoride and dissolved oxygen concentrations on the corrosion behavior of pure titanium and titanium alloys. Dent Mater J 21(2):83-92,2002.
- 31) Pan J, Liao H, Leygraf Cほか : Variation of oxide films on titanium induced by osteoblast-like cell culture and the influence of an H₂O₂ pretreatment. J Biomed Mater Res 40(2):244-256,1998.
- 32) 吉成正雄 : インプラント材料とその表面(その 1) インプラント材としてのチタン. 歯科学報 103(5):313-319,2003.
- 33) Griffin SO, Regnier E, Griffin PMほか : Effectiveness of fluoride in preventing caries in adults. Journal of dental research 86(5):410-415,2007.