

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 13 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25462980

研究課題名(和文) HA高速噴射による除去加工と成膜加工を利用したインプラント周囲炎治療法の提案

研究課題名(英文) Treatment of peri-implantitis by blasting Hydroxiapatite particles

研究代表者

赤塚 亮 (Akatsuka, Ryo)

東北大学・歯学研究科(研究院)・助教

研究者番号：10586514

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：パウダージェットデポジション(PJD)法とは、セラミックスパウダーの高速衝突付着現象を利用した金属基板上へのセラミックス成膜方法である。今回提案するPJD法を応用したインプラント周囲炎治療では、チタン表面の除去加工とチタン表面への付着加工をおこし、治癒を促進することを目的とする。酸化チタン-ハイドロキシアパタイト(TiO₂-HA)膜の評価を行ったところ、TiO₂-HA膜は均一で緊密に生成され、基盤界面との間にギャップは認められなかった。ビッカース硬さはエナメル質と同等であり、また接着強度は歯質に対するコンポジットレジンの接着強度と同等であり、サーマルサイクル前後でも有意差は認められなかった。

研究成果の概要(英文)：Powder jet depositions (PJD) is a precise mechanical coating technique that uses ultrafine particles accelerated to several hundred meters per second by a jet flow of a carrier gas to fabricate functional surfaces with high efficiency. PJD is performed at room temperature and atmospheric pressure, which enables it to be used with HA particles for the creation of HA films. The TiO₂-HA particles in the deposited film were densely packed, the maximum and average film thickness were about 56μm and 28μm, respectively. There were no significant differences in the maximum and average thickness before and after thermal cycling. Vickers hardness was 371.39±20.68 and bonding strength was 14.78±4.44. There were also no significant differences in the hardness and the bonding strength before and after thermal cycling. The thickness, hardness and bonding strength of TiO₂-HA films were almost equal to that of HA films created by PJD process.

研究分野：歯科補綴学

キーワード：パウダージェットデポジション ハイドロキシアパタイト

1. 研究開始当初の背景

パウダージェットデポジション (PJD) 法とは、東北大学大学院歯学研究科の佐々木啓一、工学研究科の厨川常元らが開発した精密加工分野で広く用いられているアブレイシブジェット加工 (除去加工) を発展させたもので、セラミックスパウダーの高速衝突付着現象を利用した金属基板上へのセラミックス成膜方法である。この PJD 法を応用し、常温常圧下で HA パウダーをチタン上に高速で吹きつけ、接着材を介することなく直接 HA 膜が形成されることが明らかになった。近年、歯科用インプラントは予知性の高い治療法として広く普及しつつあるが、一方、インプラント周囲炎によるインプラント撤去や、撤去は免れたものの歯槽骨吸収によるインプラント露出により、機能的だけでなく審美的にも著しく問題を生じるケースが増加傾向にある。インプラント周囲炎の発症率は 28-56% とされており、インプラント普及拡大に伴い、今後さらなる増加が予想される。現在、インプラント周囲炎に対して各種の処置法が提案されているが、決定的なりカバリー法は世界的に未だ確立されていないのが現状である。

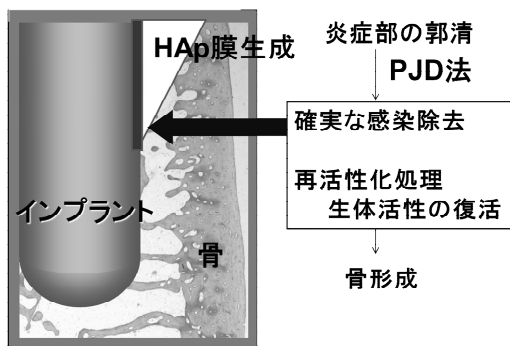
現在のインプラント周囲炎治療では、以下の臨床上の大きな問題点がある。

- ・感染したインプラント表面の除染時に、ポリッシングパウダーや器具の構成元素の残留し、再骨結合を阻害する。
- ・上皮細胞の侵入や周囲組織の炎症などによりインプラント表面の生体活性が失われたままである。

2. 研究の目的

今回提案する PJD 法を応用したインプラント周囲炎治療では、

- ・チタン表面の除去加工：HA パウダーを用いたアブレーションによる確実な感染除去を行い、骨再結合のベースを整える。
- ・チタン表面への付着加工：インプラントチタン表面に HA 膜を成膜し、バイオインテグレーション (HA と骨が化学的にダイレクトに結合) を誘導、生体内再活性化をおこし、治癒を促進する。



これまでインプラント周囲炎治療の類似の方法として、重炭酸ナトリウムパウダーを用いた Air Abrasion による手法があるが、パウダー構成元素の残留による再骨結合阻害の問題や、生体内再活性化を起こすまで全く至っていない。表面を HA コーティングされたインプラント (HA インプラント) は一般的に実用化されている。本研究では、汚染されたインプラントを口腔内で直接 HA コーティングしてリカバリーする方法を提案しており、これまでの治療法に一切みられない新しいコンセプトである。

PJD 法は、口腔内にて HA コーティングを行える唯一の方法であり、申請者らのグループのみが行える手法である。

本研究成果をもとに、インプラントを撤去することなく生体内でインプラント表面の再活性化し、再生的な低侵襲性リカバリー法が確立されれば、患者の身体的・心理的・経済的負担は小さくなり、多くの患者の利益向上が期待できる。

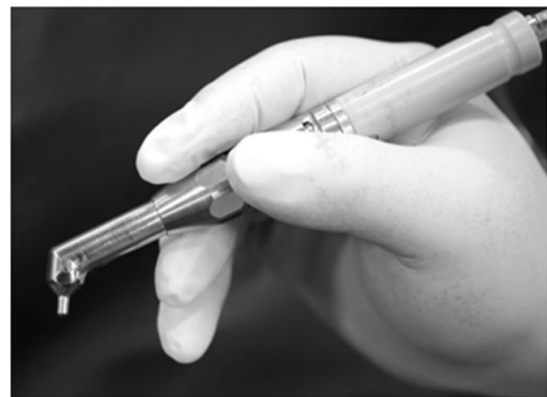
PJD 法を用いた室温大気圧環境下における成膜技術はオンリーワンの技術であり、その技術を用いた新しいインプラント・骨間の新しい高機能インターフェイス創成、並びにそれを用いた歯科治療の概念は国内外に例を見ない全く新しいものである。

3. 研究の方法

PJD 法によるチタン表面への HA 膜の成膜

(1) HA 膜の噴射条件の検討

HA パウダーは、コンプレッサーにより圧縮された空気と混合され、ノズルから噴射される。ガスのオンオフはパソコンで制御された高速電磁弁により行う。PJD 装置では、デジタル的にパウダー供給量を制御することにより、パウダーの噴射を定量化できる。下図に示したハンドピース型 PJD 装置を用いて、噴射条件を検討する。



検討パラメータ

噴射加速圧、パウダー供給圧、ノズル・インプラント間距離、ノズル走査速度

(2) HA パウダーの合成

HA パウダーの組成を自在に調節し、パウダーを連続的に合成する手法により、チタンに最適な融合性を示す最適設計についての検

討を行う。また、適切な粒径、形態、硬度の HA パウダーを設計する。

(3) 成膜条件の評価

デジタルカメラ写真, 非接触型 3 次元形状測定器機による形状観察, 材料試験機によるビッカース硬度, 接着強度を測定する。

4. 研究成果

(1) HA 膜の噴射条件の検討

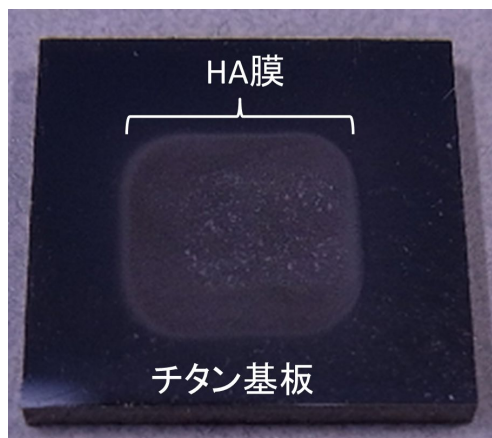
予備実験より, 噴射加速圧 0.5MPa, パウダー供給圧 0MPa, ノズル・インプラント間距離 1-5mm, ノズル走査速度 5mm/sec が成膜に適していることが確認されたため, その後の成膜実験に関しては, 本条件を用いて行うこととした。

(2) HA パウダーの合成

チタン基盤との親和性を考慮し, 酸化チタンを混合した平均粒径 $3.0 \pm 1.0 \mu\text{m}$ の HA パウダー (TiO₂-HA パウダー) を合成し, 成膜に使用した。

(3) 成膜条件の評価

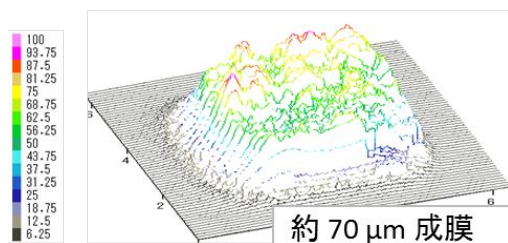
デジタルカメラ写真



チタン基盤表面に均一な HA 膜の生成が確認できた。

非接触型 3 次元形状測定器機

HA膜の3次元像



チタン基盤表面に均一な HA 膜の生成されており, 約 70 μm の高さが確認できた。

ビッカース硬度

	TiO ₂ -HA films	Enamel substrate
Before thermal cycling test	371.3 (20.7)	366.3 (25.3)
After thermal cycling test	365.6 (27.5)	-

TiO₂-HA 膜のビッカース硬度はエナメル質基盤表面の硬度と有意差がなく, サーマルサイクル試験前後においても有意差は認められなかった。

接着強度

Before thermal cycling test	15.7 (1.5)
After thermal cycling test	15.5 (3.8)

TiO₂-HA 膜の接着強度は, サーマルサイクル試験前後においても有意差は認められなかった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 2 件)

・ Akatsuka R, Izumita K, Nishiyama A, Kayaba C, Kadota S, Hoshi T, Ikeda K, Kuriyagawa T, Sasaki K. Exploratory Trial to Evaluate the Hydroxyapatite Layer Formed by a New Dental Treatment System. Open Journal of Stomatology. 査読有り. 2015.5(12):281-6. DOI:10.4236/ojst.2015.512034

・ Akatsuka R, Matsumura K, Noji M, Kuriyagawa T, Sasaki K. Evaluation of thermal stress in hydroxyapatite film fabricated by powder jet deposition. 査読有り. Eur J Oral Sci.2013.121(5):504-7. doi: 10.1111/eos.12076.

[学会発表](計 6 件)

・ Izumita K, Akatsuka R, Tomie A, Kuji C, Kuriyagawa T, Sasaki K. Evaluation in Hydroxyapatite Film Containing TiO₂ Particles Fabricated by Powder Jet Deposition. The 6th International Symposium for Interface Oral Health Science. 2016/1/18,19. Gonryou Kaikan(Miyagi・Sendai)

・ Izumita K, Akatsuka R, Tomie A, Kuji C, Kuriyagawa T, Sasaki K. Evaluation of Hydroxyapatite Film Containing TiO2 Particles by Powder Jet Deposition After Artificial Aging. The 4th Denal Implantology and Biomaterial Academic Symposium in West Coast of Taiwan Straits The 3rd Sino - Japan Dental Science Symposium. 2015/11/24,25. Fujian(China)

・ Izumita K, Akatsuka R, Tomie A, Kuji C, Kuriyagawa T, Sasaki K. Evaluation of Hydroxyapatite Film Containing TiO2 Particles by Powder Jet Deposition. 10th International Workshop on Biomaterials in Interface Science. 2015/8/4-5. Baden-yah Soho(Miyagi・Zao)

・ Izumita K, Akatsuka R, Matsumura K, Sasaki K, Kuriyagawa T, Sasaki K. Preclinical Evaluation of Hydroxyapatite Films by Powder Jet Deposition. The 62nd Annual Meeting of Japanese Association for Dental Research. 2014/12/4-5. KKR Hotel Osaka(Osaka・Osaka)

・ Izumita K, Akatsuka R, Matsumura K, Sasaki K, Kuriyagawa T, Sasaki K. Preclinical Trial of Powder Jet Deposition Method for Safety Testing and Verification Testing in Dog. Indonesian Prosthodontic Society and Japan Prosthodontic Society Joint Meeting. 2014/10/30-11/1. Bali(Indonesia)

・赤塚亮, PJD法の新規歯科治療への応用. 次世代バイオマテリアル研究会. 2014/1/16. 東北大学大学院歯学研究科(宮城・仙台)

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

赤塚 亮 (AKATSUKA RYO)
東北大学・歯学研究科(研究院)・助教
研究者番号：10586514

(2)研究分担者

佐々木 啓一 (SASAKI KEIICHI)
東北大学・歯学研究科(研究院)・教授
研究者番号：30178644

厨川 常元 (KURIYAGAWA TUNEMOTO)
東北大学・医工学研究科(研究院)・教授
研究者番号：90170092

依田 信裕 (YODA NOBUHIRO)
東北大学・歯学研究科(研究院)・助教
研究者番号：20451601

野地 美代子 (NOJI MIYOKO)
東北大学・歯学研究科(研究院)・大学院
非常勤講師
研究者番号：70431583
平成27年10月22日に削除

(3)連携研究者

()

研究者番号：