

氏名(本籍) : 藤川 亮

学位の種類 : 博士(歯学) 学位記番号 : 歯博第572号

学位授与年月日 : 平成23年3月25日 学位授与の要件 : 学位規則第4条第1項該当

研究科・専攻 : 東北大学大学院歯学研究科(博士課程) 歯科学専攻

学位論文題目 : 電子サイクロトン共鳴プラズマ酸化により作製された酸化チタン被膜の機械的性質及び生体適合性に関する研究

論文審査委員 : (主査) 教授 佐々木 啓一
教授 鈴木 治 教授 笹野 泰之

論文内容要旨

【目的】チタン・チタン合金のナノ・マイクロサイズにおける表面構造の変化がそのオッセオインテグレーション能に関与していることは広く知られている。表面構造の付与方法として電子サイクロトン共鳴(Electron Cyclotron Resonance : ECR)プラズマ酸化があり、他のプラズマに比べて高密度・高活性であるためチタン基板上へ低温・短時間による酸化被膜の作製が可能であり、成膜条件の変化により表面構造が調節され、石灰化能へも影響を与えることがわかっている。本研究では、チタン基板の ECR プラズマ酸化により生成された酸化被膜の材料学的性質を探るとともに石灰化能との関連を調べ、生体内埋入に向けた ECR プラズマ酸化の最適条件を明らかとしたうえで、決定した最適条件における骨芽細胞の増殖能、及び分化能を検証した。

【方法】基板は CP チタン第 2 種を用い、本学金属材料研究所所有の ECR プラズマ酸化装置を用いて、酸化圧力： $5.0 \times 10^{-3} \sim 9.4 \times 10^{-4}$ Pa, 酸化時間：5～120 分、酸化温度：室温～600°C と条件を変化させて酸化被膜を生成した。酸化被膜接着強度は引っ張り剥離強度測定試験により、また濡れ性は接触角測定装置を使用して測定した。酸化被膜の構造解析および組織観察には X 線回折、電界放出型走査型電子顕微鏡、三次元非接触装置、オージェ電子分光分析装置、エネルギー分散型 X 線分析装置を用いて測定し、リン酸カルシウム化合物析出量は石灰化面上、熱酸化チタン基板上、および ECR プラズマ酸化被膜上へ骨芽細胞様細胞 (ST2) 細胞を播種し、その細胞増殖能 (WST8 assay)、及び細胞分化能 (ALP 活性) を調べた。

【結果及び考察】 ECR プラズマ酸化条件の変化により酸化被膜の表面構造や性状を調節することでその表面粗さ、酸化被膜厚さ、濡れ性および酸化被膜-チタン基板間の接着強さ等機械的性質が同時に調節され、それら機械的性質が酸化被膜の石灰化能へも影響を与えることが示唆された。生体内埋入を前提とした ECR プラズマ酸化の最適条件が酸化圧力 0.015 Pa, 酸化時間 30 分、酸化温度 300°C であることが示され、決定した最適条件下で生成された酸化被膜は表面粗さがナノサイズのため、酸化被膜上での骨芽細胞増殖能は大きく減じるこ

とはないが、初期の細胞分化活性マーカーである ALP 活性は著しく増大することも明らかとなった。これらから ECR プラズマ酸化による低温短時間での酸化被膜の生成は、生体活性向上に寄与しうる表面改質法であることが示唆された。

【結論】 ECR プラズマ酸化被膜は生体内で材料学的に安定であり、細胞活性を向上しうる表面改質方法であることが明らかになった。

審 査 結 果 要 旨

歯科インプラント治療は、チタンのオッセオインテグレーション能に依存し発展したと言っても過言ではない。現在では早期のオッセオインテグレーション獲得を目指し、チタン・チタン合金の表面改質が図られている。特にナノ・マイクロサイズにおける表面構造の変化がそのオッセオインテグレーション能に関与していることは広く知られている。

本研究は、電子サイクロトロン共鳴 (Electron Cyclotron Resonance : ECR) プラズマ酸化による酸化被膜形成によってチタン表面へナノ・マイクロ構造を付与し、その生体応用に向けての至適条件を検討したものである。すなわち、ECR プラズマ酸化は他のプラズマに比べて高密度・高活性であるため、チタン基板上へ低温・短時間による酸化被膜の作製が可能であり、成膜条件の変化により表面構造が調節され、石灰化能へも影響を与える。そこで本研究では、チタン基板の ECR プラズマ酸化により生成された酸化被膜の材料学的性質を探るとともに石灰化能との関連を調べ、生体内埋入に向けた ECR プラズマ酸化の最適条件を明らかとしたうえで、決定した最適条件における骨芽細胞の増殖能、及び分化能を検証している。

ECR プラズマ酸化条件の変化により、酸化被膜の表面構造や性状を調節することでその表面粗さ・酸化被膜厚さ・濡れ性および酸化被膜-チタン基板間の接着強さ等機械的性質が同時に調節され、それら機械的性質が酸化被膜の石灰化能へも影響を与えることが示された。生体内埋入を前提とした ECR プラズマ酸化の最適条件は、酸化圧力 0.015Pa, 酸化時間 30 分, 酸化温度 300°C であることが示され、決定した最適条件下で生成された酸化被膜は表面粗さがナノサイズのため、酸化被膜上での骨芽細胞増殖能は大きく減じることはないが、初期の細胞分化活性マーカーである ALP 活性は著しく増大することが明らかとなった。これらから ECR プラズマ酸化による低温-短時間での酸化被膜の生成は、生体活性向上に寄与しうる表面改質法であることが示唆された。

すなわち本論文は、ECR プラズマ酸化被膜が生体内で材料学的に安定であり、また細胞活性を向上しうる表面改質方法であることを示したものである。これら本論文の知見は、歯科インプラント学的、歯科生体材料学的に大きな意義を有するものであり、インプラント補綴歯科臨床の発展に大きな貢献をするものである。よって、本論文は博士 (歯学) の学位に相応しい論文と判断するものである。