

Partial Oxidation of Titanium Nitride Coated Titanium Implant for Improved Osteoconductivity

史, 興嶺

<https://hdl.handle.net/2324/1398333>

出版情報：九州大学, 2013, 博士（学術）, 課程博士
バージョン：
権利関係：やむを得ない事由により本文ファイル非公開（3）



区 分	① 甲 乙
-----	-------

論文題目 Partial Oxidation of Titanium Nitride Coated

Titanium Implant for Improved Osteoconductivity

(窒化チタン被覆チタンの部分酸化による骨伝導性の向上)

氏 名 史 興 嶺

論 文 内 容 の 要 旨

チタン(Ti)歯科インプラントは、歯の機能を回復するための一般的な治療法となっている。しかしながら、インプラント周辺への歯垢の蓄積は、インプラント周囲炎および組織破壊は大きな問題であり、この点では Ti 歯科インプラントは天然歯よりも劣っている。良好な状態でインプラントを維持するには、プラーク除去を日常的に実行する必要がある。しかしながら、Ti 製のインプラント表面は比較的柔らかいため、ブラッシングなどの洗浄中に傷が生じることが問題であった。これらの傷は、インプラントの表面粗さを増大させ、さらには早期のプラーク形成の原因となる。

この問題を解決するために、Ti 製インプラントの表面硬度を向上させる必要がある。窒化チタン (TiN)は Ti と比較して非常に高硬度な金属である。したがって、Ti 製インプラントの表面を TiN コーティングできれば、Ti 製インプラントの表面硬度の劇的な増大が期待される。しかしながら、TiN の欠点は Ti と比較して骨伝導性が非常に弱いことである。これは、Ti 表面には酸化層が形成されているのに対して、TiN 表面ではこのような酸化層が極めて微量であるためである。したがって、TiN 表面に酸化層を形成させることができれば、TiN コーティング Ti の骨伝導性の飛躍的な向上が期待される。本研究では、Ti 表面を TiN コーティング後、TiN 表面を酸化する方法を検討した。また、この酸化処理の際、硬度が減少しない条件を探索した。

本研究では、まず Ti をガス窒化法により TiN コーティングを行い、TiN コーティング Ti を調製した。その後、TiN の部分酸化のために、熱水処理及びオゾン(O₃)処理の有用性を検討した(図 1)。部分酸化した TiN コーティング Ti の硬度などの物理化学特性を評価した。さらにラット骨髄細胞を用いて、TiN コーティング Ti 上での細胞応答を検討した。具体的には、TiN コーティング Ti 表面への細胞の初期接着、増殖、アルカリフォスファターゼ(ALP)活性、骨様結節形成能を評価した。

Ti のビッカース硬さは Hv 113 であったのに対し、ガス窒化法により作製された TiN コーティング Ti のビッカース硬さは Hv 1113 であり、表面硬度の劇的な向上が認められた。

TiN コーティング Ti の部分酸化は、熱水処理および O₃ 処理により行った。X 線光電子分光法 (XPS) 測定の結果より、80℃以上の熱水処理で TiN の最外層の酸化が認められた(図 2)。同様に、O₃ 処理により、TiN の最外層が酸化されていることを確認した(図 2)。また、熱水処理および O₃

処理後、劇的に濡れ性が増大した。しかしながら、100℃以上の温水で処理したサンプルはビッカース硬さの低下および表面形態の変化が認められたため、100℃を熱水処理の最適温度とした。一方、O₃ 処理はビッカース硬さおよび表面形態を維持していた。

熱水処理又はオゾン処理した TiN コーティング Ti へのラット骨髄由来細胞の初期付着、増殖、ALP 活性および骨様結節形成を調査した。コントロールとして TiN コーティング Ti を用いた。酸化処理した TiN コーティング Ti は TiN コーティング Ti と比較して、細胞接着数、増殖活性、ラット骨髄由来細胞からの ALP 産生量、そして ECM の石灰化量（骨様結節形成）が高かった（図 3）。既報を参考にすると、この結果は表面酸化処理による TiN コーティング Ti の親水性向上によるものであると考えられる。

最後に、熱水処理およびオゾン処理は、TiN コーティング Ti インプラントの表面硬度・形態を維持したまま骨伝導性を向上できる方法であると結論づけられる。

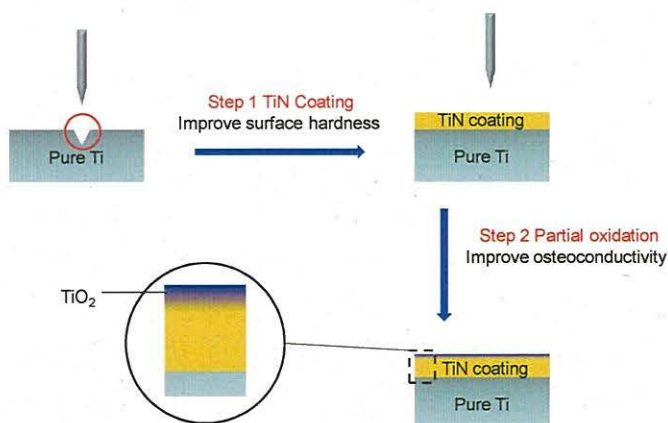


図 1. TiN コーティング Ti の作製方法

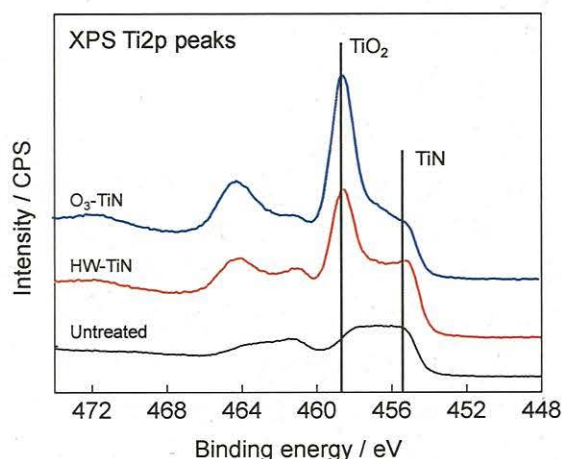


図 2. TiN コーティング Ti の温水処理 (HW-TiN) およびオゾン処理 (O₃-TiN) の XPS 測定の結果

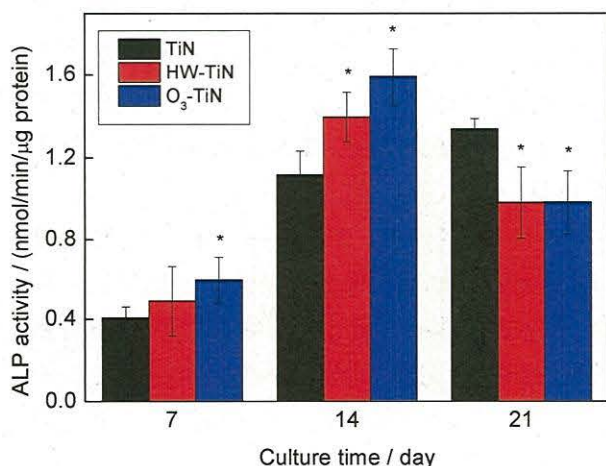


図 3. 種々の TiN 上で培養されたラット骨髄由来細胞の ALP 活性の経時変化
TiN: 未処理の TiN コーティング Ti,
HW-TiN: 温水処理 TiN コーティング Ti,
O₃-TiN: オゾン処理 TiN コーティング Ti。

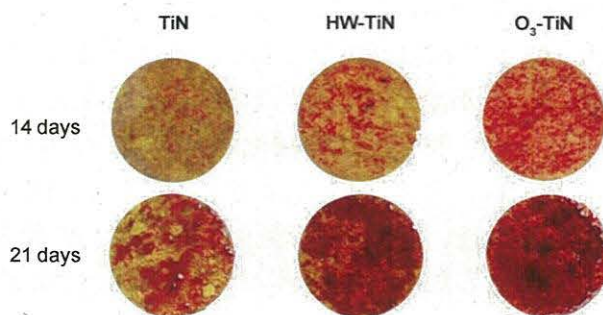


図 4. 種々の TiN 上で培養されたラット骨髄由来細胞の骨様結節形成能の比較