

氏名 伊藤茂樹  
学位の種類 博士(歯学)  
学位授与番号 岩医大院歯博第240号  
学位授与の日付 平成20年3月11日  
学位論文題目 Longitudinal Observation of Thin Hydroxyapatite Layers Formed on Anodic Oxide Titanium Implants after Hydrothermal Treatment in a Rat Maxilla Model  
(ラット上顎骨における陽極酸化と水熱処理によりチタンインプラント表面に形成されたハイドロキシアパタイト結晶の経時的観察)

## 論文内容の要旨

### I 研究目的

口腔インプラント埋入後の治癒期間短縮や骨質の劣る部位での適応症例拡大を目的に、チタンを基盤とした種々の表面性状を有するインプラントが臨床で使用されている。当講座では、純チタン表面を放電陽極酸化処理し、さらに水熱処理を行うことでハイドロキシアパタイト(HA)を析出させる表面処理法(SA処理)について検討してきた。その結果、SA処理インプラントでは初期骨形成能が高く、インプラント治療への有用性が認められた。さらに、骨芽細胞培養モデルを用いて分析した結果、HA結晶は変化することなく骨芽細胞分化能を高め石灰化を促進させていることが明らかとなった。

そこで本研究では、HA結晶の生体内での挙動を検証することを目的として、ラット上顎骨内にSA処理インプラントを埋入し、陽極酸化膜上に形成されたHA結晶について解析した。

### II 研究方法

実験試料には、純チタンピン(JIS2種, 1.0mm×2.0mm, 一部平面加工)を $\beta$ -グリセロリン酸ナトリウム(0.01 mol/l)と酢酸カルシウム(0.15 mol/l)からなる電解質溶液中で放電陽極酸化処理後、水熱処理を施したものをを用いた(SA処理インプラント)。Wistar系ラット(雄性, 8週齢)の上顎骨に14, 21, 28日間埋入後に摘出し、HA結晶について走査型電子顕微鏡(SEM)による形態観察、電子プローブX線微小部分分析装置(EPMA)によるHA結晶を構成するCaとPの分布・濃度、X線光電子分光分析装置(XPS)によるCaとPの結合エネルギーについて分析した。

### III 研究成績

埋入14, 21, 28日後のHA皮膜中のHA結晶について分析した結果、SEM観察ではHA結晶形態は埋入前と同様に六方晶系を呈する単結晶であり変化は認めなかった。EPMA分析ではHA結晶を構成するCaとPの分布状態は埋入前と同様に確認され、またHA結晶中に含まれるCaとPの濃度にも変化が認められなかった。XPS分析では、ワイドスキャンによりP2p, C1s, Ti2p, Ca2p, O1sが認められ、ナローズキャンにおいてはCa2p<sub>3/2</sub>, P2pの結合エネルギーのスペクトルは埋入前と同様のピーク値が確認された。

### IV 考察及び結論

本研究では陽極酸化膜上に形成されたHA結晶は、ラット上顎骨内埋入14, 21, 28日後においてもHA結晶形態、HA結晶を構成するCaとPの分布状態と濃度、HA結晶内部のCaとPの結合エネルギーに変化は認められなかった。この理由としてはSA処理により析出したHA結晶は結晶性の高い六方晶系を呈する単結晶によるものと考えられ、これまでの骨芽細胞培養モデルにおいてHA結晶が変化することなく骨基質形成を促進させることに加え、生体内においても変化することなく形態学的・化学的に安定した状態で骨伝導能を発揮し、骨形成を促進させ

る因子の一つであると考えられた。

## 論文審査の結果の要旨

論文審査担当者

主査 教授 石 橋 寛 二 (歯科補綴学第二講座)

副査 教授 野 坂 洋一郎 (口腔解剖学第一講座)

副査 教授 荒 木 吉 馬 (歯科理工学講座)

純チタンを陽極酸化処理し、さらに水熱処理を行うことで骨伝導能を有する六方晶系のハイドロキシアパタイト (HA) を析出させる表面処理方法 (SA 処理) は、初期骨形成能が高く、インプラント治療への有用性が認められている。また、骨芽細胞培養モデルを用いた分析から、この結晶は変化することなく骨芽細胞分化能を高め石灰化を促進させていることが明らかとなった。

しかし、生体内において HA 結晶の形状や性状がどのように骨伝導能を発揮しているのかはいまだ明らかにされていない。その点に着目し、本研究ではラット上顎骨内に SA 処理チタンインプラントを埋入し、陽極酸化膜上に形成された HA 結晶の形態、HA 結晶を構成する Ca と P の分布状態・強度および内部結合エネルギーについて解析を行っている。

その結果、ラット上顎骨内埋入後においても HA 結晶の形態、HA を構成する Ca と P の分布状態・強度に変化は認められなかった。また HA 結晶内部の Ca と P の結合エネルギー状態にも変化が認められなかった。

このように、SA 処理により析出した結晶性の高い六方晶系を呈する単結晶は、極性を有することで生体内体液の Ca と P イオンの吸着現象の促進化、陽極酸化膜のぬれ性の向上など、種々の骨伝導能を促進させることが認められた。すなわち、この単結晶は生体内において変化することなく形態学的・化学的に安定した状態で骨伝導能を発揮し、骨形成を促進させる因子の一つであると考えられた。このことは、早期のオッセオインテグレーション獲得と骨質の劣る部位への適応範囲拡大を目指した口腔インプラントの表面処理方法として高く評価されるものである。

## 試験・試問の結果の要旨

本研究の臨床的意義ならびに六方晶系を呈する単結晶の骨伝導能について試問したところ適切な解答が得られた。また、実験方法と得られた結果に対する考察も的確であり、本論文は学位に値するものと評価できる。