

氏名	安東 史子
学位の種類	博士（歯学）
学位授与番号	第 201 号
学位授与の日付	2015 年 3 月 12 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当（論文提出によるもの）
学位論文題目	インプラントのチタン製アバットメントスクリューの破折危険因子に関する検討
指導教員	（主） 教授 黒岩昭弘
論文審査委員	主査 教授 八上公利 副査 教授 高橋直之 副査 准教授 影山徹

## 学位論文の内容の要旨

### 【目的】

チタン製インプラントは今日では欠損補綴治療の 1 つとして、信頼され普及し取り入れられてきている。インプラント治療は、プラークコントロールや咬合調整等の定期的なメンテナンスの継続が長期安定につながると考えられているが、長期間の使用に伴い偶発症が報告されている。申請者らは、上部構造装着後 5 年経過したインプラント補綴装置におけるアバットメントスクリューの頭部と首部の間での破折を経験した。アバットメントスクリュー破折の原因として、上部構造の適合不良、スクリューの緩みによる可動性の発現、強い咬合力などが考えられるとの報告はあるが詳細な原因について客観的に確証されていない。またインプラントが存在する口腔内環境は、常に唾液に囲まれており飲食物によって温度や pH が変動することによる腐食の可能性も考えられるが、その関連性も明らかではない。そこで申請者らは、チタン合金製アバットメントスクリュー破折の原因および詳細な物理的因子や環境因子について、破折したアバットメントスクリュー破断面の観察、三次元非線形有限要素法による応力解析、および口腔内環境に類似させた腐食反応実験を行った。

### 【材料と方法】

1. 破断面の観察および元素分析：走査型電子顕微鏡を用いてアバットメントスクリューの破断面の SEM 画像の観察とエネルギー分散型 X 線分析（EDS）による元素分析を行った。
2. 三次元非線形有限要素法による応力解析：破折インプラントと同一のインプラントを樹脂包埋し正中線にて切断し寸法を測定して解析モデルを作製した。解析には ANSYS Ver. 13 を使用して非線形解析を行った。
3. 口腔内類似環境下における腐食反応：アバットメントスクリューと同じ組成である、Ti-6Al-4V のチタン合金板に耐力相当の曲げ応力を負荷し、Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 水溶液、生理的食塩水に浸漬し 37℃ 恒温槽内において腐食試験を行った。標準試料として無負荷板の Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 水溶液の浸漬も行った。1 週間、2 週間、3 週間、4 週間浸漬後の試験片の SEM 観察と EDS による元素分析を行った。

## 【結果】

1. 破断面の観察および元素分析：破断面には腐食孔と疲労破壊の様相が認められ、表面にはSなどの付着物が検出された。
2. 三次元非線形有限要素法による応力解析：インプラントの上部構造物辺縁隆線部に垂直方向へ応力を負荷させた場合に、アバットメントスクリュー破折部位と同一部位に応力集中が認められた。
3. 口腔内類似環境下における腐食反応：すべての試験片で孔食などの腐食所見はみられなかった。浸漬4週間後の応力を負荷した試験片中央部と端部には、膜状の付着物が観察されたがSは検出されなかった。

## 【考察】

本症例は天然歯である下顎左側第1小臼歯が頬側に転位しており、下顎左側第2小臼歯の咬合面近心頬側にファセットが認められる。これらのことから、左側側方運動時に下顎左側第2小臼歯に過度に咬合力の負担が繰り返し負荷され破折に至ったと考えられる。破折したアバットメントスクリューの破断面に孔食が見られ、またEDS分析でSが存在した。三次元非線形有限要素解析の結果は、上部構造物の辺縁隆線部に垂直方向へ応力を負荷させた場合、アバットメントスクリュー頭部への応力が集中することが明らかになり、これが破折の原因と考えられた。また本症例で使用しているアバットメントスクリューの座面部の形状は、頭部の下丸みと呼ばれる形状が付与されておらず、応力が集中しやすい形となっており、その形態も破折原因の一つであると考えられた。本研究の腐食実験では、明らかな孔食および応力腐食割れ所見はなく、Sも検出されなかったことより、破折面の孔食原因は硫化物によるものと予想されたが、その原因を特定することはできなかった。応力腐食割れが起こるための条件は「材料」・「環境」・「応力」の三要素が重複する特定の条件で発生することより、本腐食実験ではこの三要素の特定の条件が揃わなかったのではないかと考え、腐食については今後さらなる検討が必要であるとしている。

## 学位論文審査の結果の要旨

審査の結果、以下のように評価された。

1. 本研究の特徴はチタン合金製アバットメントスクリュー破折の原因および詳細な物理的因子や環境因子について検索したものであり、補綴学の臨床に貢献する意義のある研究である。
2. チタン合金製アバットメントスクリュー破折の原因は腐食を伴った疲労破壊であると考えられた。また、上部構造の辺縁部へ咬合力に対し、インプラントの構造に問題があることが指摘された。破折面の孔食原因は、硫化物によるものと予想されたが、その原因を特定することはできなかった。以上の知見は、インプラントの破折の原因にたいして重要な知見を提供するものである。
3. 本研究は、歯科インプラントの临床上最も多い事故の発生原因について、詳細に検証されたものである。実例の破断面の観察は1例と少ないが、同症例の条件をもとにコンピューターシミュレーションによる応力解析により、現行のインプラントシステムの構造欠点を見出した功績は高く評価される。In vitroの腐食実験では、実

際の応力負荷を加えながら腐食させるというユニークな手法が行われた。残念ながら原因を特定できる結果は得られなかったが、臨床的貢献度は高いと評価する。

以上、本研究論文審査を合格と判定した。

### 学力の確認の結果の要旨

1. 申請者は、本研究の目的、方法、結果、結論について非常に明確に説明できた。
2. 論文内容について、主査および副査より①孔食と腐食のでき方について、②アバットメントスクリューに対する応力と咬合面形状について、③症例の咬合力と破折の因果関係とその対策について、④咬合様式とアバットメントスクリューへの応力について、⑤インプラントおよびアバットメントスクリューの構造と機能について、⑥腐食実験の検証方法について、質問がなされ、申請者はいずれについても論理的、明確に回答した。
3. 研究の将来性についても、腐食原因物質のさらなる解明が必要であること、利用安全性の高いインプラントの開発が必要であることなど、高い見識を持っていた。
4. 補綴学の観点より、口腔環境とインプラントとの咬合学や材料学の専門分野の知識を十分に有していた。

以上より、学位申請者は博士(歯学)としての十分な学力を有していると認め、最終試験を合格と判定した。