

令和 6 年 5 月 25 日現在

機関番号：17102

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2023

課題番号：19K19097

研究課題名（和文）プラットフォームスイッチングにおける骨吸収抑制因子の解明と最適な臨床応用法の開発

研究課題名（英文）A comparison of the peri-implant bone stress generated by the preload with screw tightening between 'bonded' and 'contact' model.

研究代表者

松崎 麻貴（MATSUZAKI, MAKI）

九州大学・歯学研究院・共同研究員

研究者番号：50757987

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000円

研究成果の概要（和文）：インプラント治療において予知性を下げる最大の理由としてインプラント周囲炎が挙げられる。インプラント周囲骨の吸収には生物学的な要因（細菌感染）の他に、力学的な要因、特にインプラント体への上部構造装着、スクリュー締結後に生じる骨内応力が関与していると言われている。本研究では有限要素法（FEM）によるシミュレーションを行った。インプラントの上部構造をスクリューで締結させた時点で骨内に応力が生じていることが示された。また、骨吸収に対して有利と言われているプラットフォームスイッチングのモデルではシフト量が増えると骨内の応力が減少することが判明し、骨吸収に対して力学的に有利であることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

インプラント治療において問題とされる周囲骨の吸収に、インプラントへの上部構造締結後に生じる骨内応力が関与していると言われている。骨内応力を実測することは困難であるため、本研究では有限要素法（FEM）にてインプラント、スクリュー、上部構造が独立した特殊なモデルを作成し、シミュレーションを行った。スクリューによる上部構造の締結を行った際にかねてより予測されていた、プレロードと呼ばれる骨の内部応力が発生していることが観察できた。このモデルの作成は今後のインプラントにおけるバイオメカニクスにおいて有用な手段となりうると考えられる。

研究成果の概要（英文）：One of the primary reasons for reduced predictability in implant treatment is peri-implantitis. In addition to biological factors (bacterial infection), mechanical factors, particularly stress within the bone that occurs after the attachment of the prosthesis to the implant and the tightening of the screw, are said to be involved in the resorption of peri-implant bone.

Since it is hard to measure stress within the bone directly, this study conducted simulations using the finite element method (FEM). The model, in which the components constituting the implant were created independently, showed that stress within the bone occurs at the point when the superstructure of the implant is tightened. Furthermore, in the model employing platform switching, which is said to be advantageous for reducing bone resorption, it was found that as the amount of shift increased, the stress within the bone decreased, demonstrating that platform switching is mechanically advantageous against bone resorption.

研究分野：歯科補綴学

キーワード：テーパーコネクション インプラント バイオメカニクス

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

インプラント体の直径よりも小さい直径のアバットメントを用いるプラットフォームスイッチング(以下PS)は、インプラント周囲骨吸収抑制の効果がたとされ、種々の報告がなされている(LazzaraとPorter 2006、Annibaliら 2012)。しかしそのメカニズムに関しては力学的(Maeda 2007)あるいは細菌学的(Beckerら 2007)な検討がなされているものの、統一したエビデンスは未だ得られていない。

### 2. 研究の目的

本研究では、骨吸収の原因の一つと考えられているマイクロギャップとPSの関連について検証を行うことにより、PSが骨吸収抑制をもたらす因子を解明し、エビデンスを構築することを目的とした。

### 3. 研究の方法

#### 実験1

3次元有限要素法を用いてプラットフォームスイッチングを用いたアバットメントーインプラントの連結体について解析を行うこととした。従来の同様の研究では、インプラント・アバットメント・アバットメントスクリューを一体とした連続型のモデルでの解析が行われてきたが、本研究では骨吸収を抑制する力学的要因をさらに詳細に解析するために、それぞれのコンポーネントが独立するように、境界条件を接触状態とした3コンポーネント独立型のモデルを作成した。CADデータに関しては、実在するインプラント体、アバットメント、スクリューの製品をレジン包埋にて標本化、顕微鏡やSEMによる観察、実測を行い作成した。

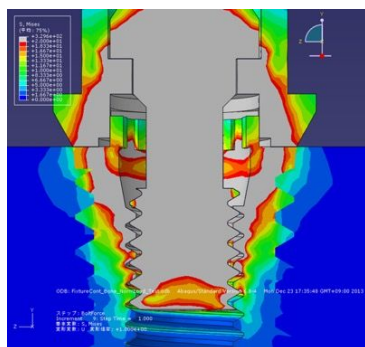
また、アバットメントのプラットフォームシフティングを行い、そのシフト量が内部応力にどのように影響するかを解析した。

#### 実験2

プラットフォームスイッチングの機構を持つインプラント体(Straumann BoneLevel implant)について、テーパコネクションの構造であればインプラント体を開き、骨内応力を上げている可能性が示唆されている。チタンの上部構造の沈み込みをIOSを用いて計測することで、締結トルクの違いによるインプラントアバットメントの沈み込みを計測し、骨内応力に及ぼす影響を解析した。

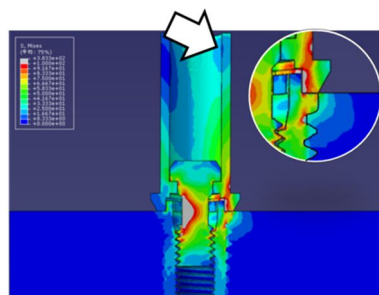
### 4. 研究成果

#### 実験1

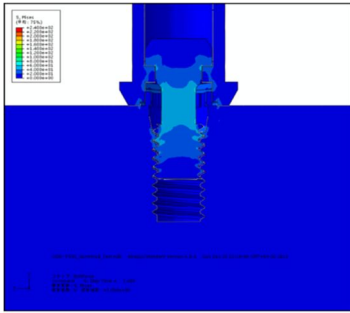


アバットメントスクリュー締結トルクとして35Ncmをアバットメントスクリューに付与した独立型モデルにおけるミーゼス応力の分布を示す。連続型モデルではプレロードを再現できないため、プレロードのみで荷重なしの解析は行っていない。

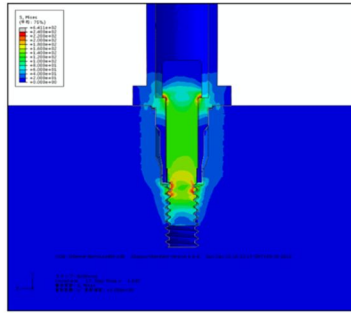
アバットメントスクリュー締結時のプレロードの影響により、インプラント周囲骨にも最大で約8MPaの応力が分布していた。またインプラントコンポーネントの中ではアバットメントスクリューの内部応力が大きくなっていた。



上記状態から咬合力を想定した斜め応力を荷重した際、内部スクリューに大きなひずみが生じ、圧迫された側の骨内はインプラント体からの荷重が伝わり、プレロードとして荷重されていた応力がより大きなものとなった。

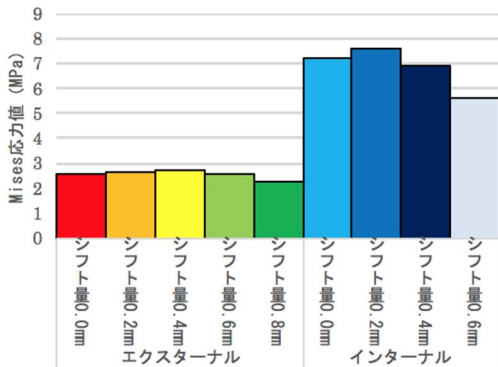


エクスターナル



インターナル

エクスターナルタイプ、インターナルタイプの違いの比較では、内部スクリーが長いインターナルタイプの方がよりスクリーに大きなプレロードが付与されていることが判明した。



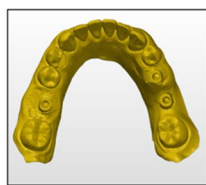
上記2つのエクスターナル、インターナルのモデルにおいて、プラットフォームシフティングのシフト量をそれぞれ0.2mmずつ変更したところ、シフト量が大きくなればなるほど骨内にかかるミーゼス応力は小さくなることが判明した。しかしその一方で内部スクリーにかかる応力も大きくなることが判明した。

本研究においては、

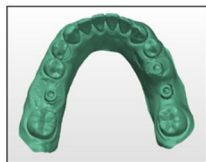
- 1, 独立型のモデルを作成することで、従来のFEMでは見られなかった、スクリー締結時点での骨内へのプレロードを観察することができた。
- 2, 同モデルを使用することで以下に示すFEMにおいて、より正確なコンポーネント内、骨内の応力の分散を解析することができた。
  - 1, エクスターナルとインターナルの比較
  - 2, プラットフォームシフティングのシフト量の違いによるコンポーネント内、骨内の応力の分散。

## 実験 2

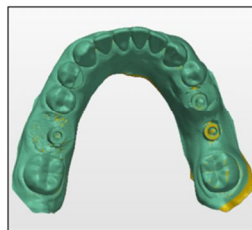
【方法】 ③ 重ね合わせと群間比較



基準データ



測定データ  
(N=5)

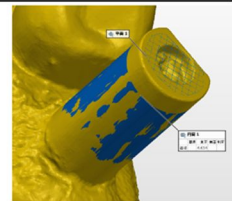


重ね合わせたデータ

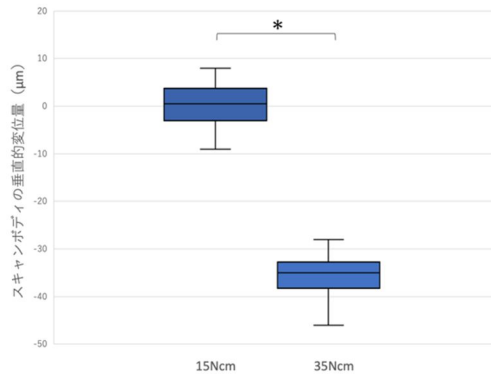
[重ね合わせの手順]  
ベストフィット機能を用いて  
大まかな重ね合わせ



基準として5-6に植立した  
スキャンボディの中心軸と  
Region部上面の平面を用いて  
重ね合わせを補正



基準データと比較して、1.5 Ncm、3.5 Ncm で締結したアバットメントの沈み込みを計測した。



35Ncmでスキャンボディを締結すると、15Ncmで締結したときと比較してスキャンボディが28~46 $\mu$ m (中央値35 $\mu$ m) インプラント軸方向に沈下した。

有意差を認めた。(Mann-WhitneyのU検定)  
\* : P<.001

本実験においては、より大きなトルクで締結することで、よりアバットメントの沈み込みが起こり、インプラント体を開く力がかかるようになり、周囲骨に過大な応力をかけることが判明した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Matsuzaki T, Ayukawa Y, Matsushita Y, Sakai N, Matsuzaki M, Masuzaki T, Haraguchi T, Ogino Y, Koyano K	4. 巻 Oct;63(4)
2. 論文標題 Effect of post-osseointegration loading magnitude on the dynamics of peri-implant bone: a finite element analysis and in vivo study.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J Prosthodont Res	6. 最初と最後の頁 453-459
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.jpor.2018.10.009	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------