

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 13 日現在

機関番号：17102

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2014～2015

課題番号：26893195

研究課題名(和文) マイクロギャップの位置と荷重負荷量の違いがインプラント周囲骨の動態に及ぼす影響

研究課題名(英文) Effect of post-osseointegration loading magnitude and position of microgap on the dynamics of peri-implant bone: a finite element analysis and in vivo study

研究代表者

松崎 達哉 (MATSUZAKI, TATSUYA)

九州大学・大学病院・その他

研究者番号：70736694

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円

研究成果の概要(和文)：雄性ニホンシロウサギの左右脛骨にインプラント体を埋入し各インプラント体に荷重負荷を行った。実験群は荷重負荷しないコントロール群の他に20N群，40N群，60N群の計4群とした。組織標本を作製し形態計測学的検討を行った。また，ウサギ脛骨のCTデータから3DFEMモデルを作成し骨内応力や骨内ひずみについて解析を行った。

長管骨に埋入したインプラントにおいては，インプラント周囲骨は過大な応力に対する生体反応として補償的な骨量の増加を行うことが示唆された。しかしさらに大きな荷重が負荷された場合には骨の増加が起こらなかったことより，この反応には応力あるいはひずみによる閾値が存在する可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：Methods: An FEM model was created using DICOM data of rabbit tibia. For the animal study, implants were inserted into rabbit tibia and, after osseointegration, were subjected to lateral cyclic loading of 20N, 40N or 60N. Results: Bone-implant contact was significantly higher in both 40N and 60N groups. Bone abutment contact (BAC) was extraordinarily observed in all experimental groups. Bone height was higher than the implant platform level at higher levels of loading (60 N). Among the three experimental groups, those receiving 40 N loading had the highest bone height and BAC. Larger BAC values were observed on the compressive side than the tensile side. Significance: Peri-implant bone formation was enhanced with increased loading, with bone formation predominantly on the compressive side. BAC was highest in the 40 N group, implying existence of a loading threshold for peri-implant bone formation and resorption.

研究分野：歯科補綴学

キーワード：インプラント メカノバイオロジー 骨動態

1. 研究開始当初の背景

(1) 過大な応力負荷によるインプラント周囲骨の吸収

歯科インプラントの失敗の原因の一つとして、過大な応力負荷によるインプラント周囲骨の吸収が知られている。この現象は、「骨にはメカニカルストレスを感知して骨量を調節し、骨強度との平衡状態を保つ生理的フィードバック機構がある」という Frost の Mechanostat theory により説明されているが、これは主にメカニカルストレスによる骨添加に関する理論であり、骨吸収については十分には説明できていない。

(2) マイクロギャップの存在

また、インプラント上部構造に咬合力などの応力が負荷されることによってインプラント体-補綴装置界面に微妙な空隙(マイクロギャップ)が生じる。このマイクロギャップの開きが嫌気性細菌の温床となりインプラント周囲の歯肉や骨の炎症・吸収をもたらしているとされている文献が散見される。

2. 研究の目的

本研究では先項で述べた「骨にはメカニカルストレスを感知して骨量を調節し、骨強度との平衡状態を保つ生理的フィードバック機構がある」という Frost の Mechanostat theory に基づき、**インプラントへの機能負荷開始後、十分なオッセオインテグレーションが得られていたとしても、インプラント体およびインプラント周囲骨内に過度の応力(オーバーロード)が負荷されることで一定の閾値を境として骨の補償的な増量あるいは骨吸収が誘発される**という仮説を立てた。この仮説を検証するために、オッセオインテグレーションが得られるまで待機したインプラントに機能的荷重負荷を行い、その荷重の大きさの違いがインプラント周囲骨の動態(形成, 吸収)に与える影響を明らかにすることを目的とした。加えて、異なる連結様式(エクスターナル・インターナルジョイント)のインプラント体においてはマイクロギャップの違いにより同等の応力が負荷された場合においても骨吸収量の違いに影響の有無を調査することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) FEM

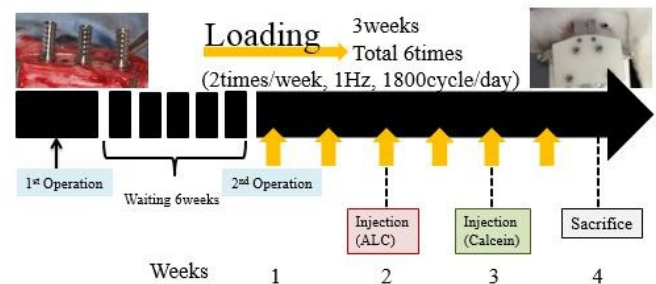
ラビット脛骨の CT の DICOM データを元に 3DFEM モデルを作成し、20N、40N、60N 負荷時の骨内応力の分布、最大応力値および最大ひずみを解析した。解析にあたり、使用するインプラント体は Nobel Seedy shorty 4.0 × 7.0mm とし、CAD にて形態を再現した。インプラント体を骨データに規定の深さまで埋入し、一定のポジションからそれぞれ

20N、40N、60N の荷重を負荷した際の骨内応力について計測した。

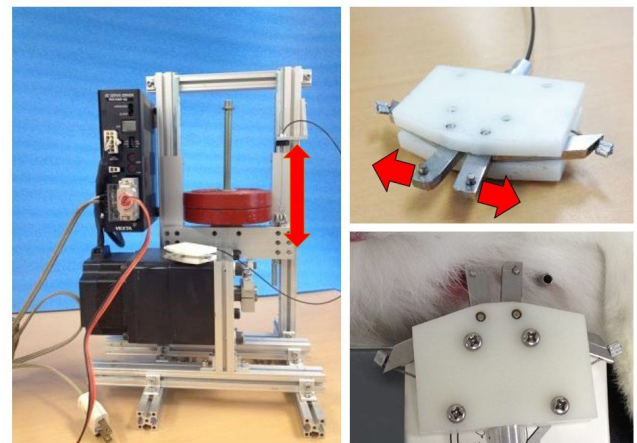
(2) 動物実験

本実験はすべて九州大学動物実験倫理委員会の承認(承認番号 A25-190-0)のもとに行った。

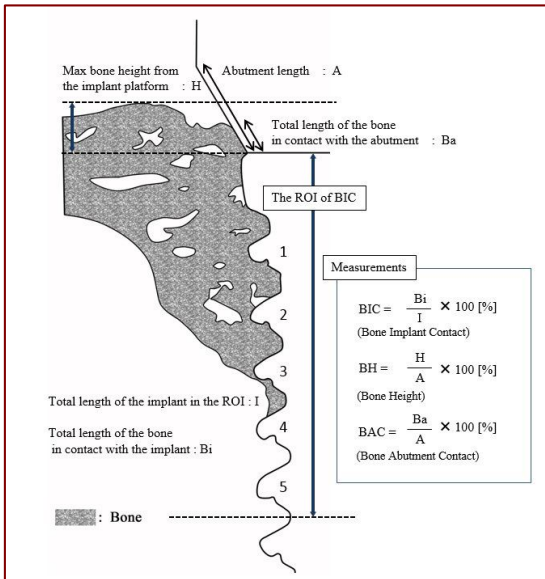
本実験では、7 カ月齢、平均体重 3.7 kg(3.2 kg-4.0 kg)の雄性ニホンシロウサギを用いた。左右脛骨にそれぞれ 3 本ずつのインプラント体(Nobel Seedy shorty、GC Setio plus)を埋入し、1 本をコントロール、隣り合う 2 本を荷重群とした。実験のタイムテーブルを以下に示す。



荷重装置については九州大学工学部と共同開発した以下の荷重装置を用いた。



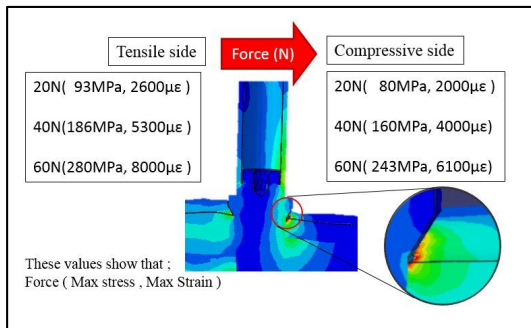
この装置では、1Hz の荷重をおもりの重さ分荷重することが可能で先端はインプラント体に挿入することで外に開くような力がかかる。同装置を用いてウサギ脛骨に埋入したインプラント体に規定の荷重を負荷した。荷重はそれぞれ 20N、40N、60N とし、3週、6回の荷重負荷の後に試料を計測した。計測項目を以下に示す。



4. 研究成果

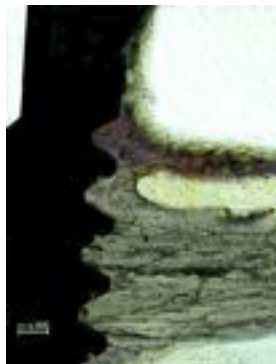
(1) FEM

すべての群において応力はインプラント体ネック部付近の皮質骨に集中しており,最大応力値,最大ひずみは
 20N 負荷で 93MPa, 2600 $\mu\epsilon$,
 40N 負荷で 186MPa, 5300 $\mu\epsilon$,
 60N 負荷で 280MPa, 8000 $\mu\epsilon$
 であった. 3 群の計算の詳細を以下の画像に示す.



(2) 動物実験

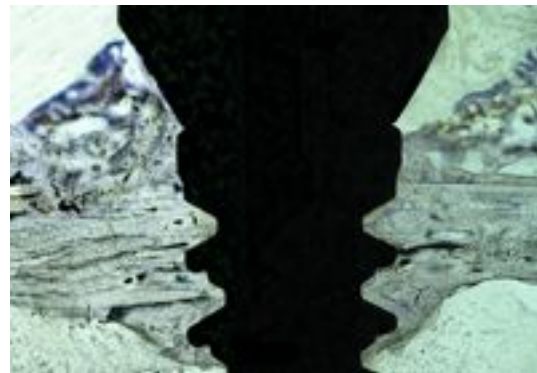
20N 群、40N 群、60N 群それぞれにおいてコントロール群と比較してインプラント周囲骨の増加を認めた。代表的な切片を以下に示す。



コントロール群



20N 群



40N 群



60N 群

BIC および BH については 40N 群および 60N 群で有意に高い値を示し、BAC については引張側、圧迫側でそれぞれの群内比較で圧迫側が有意に高い値を示した。なお、インプラント体の違いによる骨量の変化は今回の実験の範囲内においては認めなかった。

このことから、骨動態には Frost の Mechanostat Theory で述べられているよう

に、骨内応力やひずみによる骨動態の閾値が存在する可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計2件)

1. Matsuzaki T, Ayukawa Y, Matsushita Y, Sakai N, Yamamoto M, Masuzaki T, Haraguchi T, Koyano K, Effect of post-osseointegration loading magnitude on the dynamics of peri-implant bone: a finite element analysis and *in vivo* study Medical & Biological Engineering & Computing(in submit)(査読あり)

2. 松崎達哉, 松下恭之, 古谷野潔. 総説: オーバーロードとインプラント治療の偶発症 日本補綴歯科学会誌 Vol. 7(2015) No. 4 p.305-313 (査読あり)

[学会発表](計 0件)

6. 研究組織

(1)研究代表者

松崎 達哉 (TATSUYA MATSUZAKI)

九州大学・大学病院・医員

研究者番号：70736694