

学位研究紹介

インプラント頸部における周囲骨吸収の
生体力学的検討
—三次元有限要素法による応力解析—
Influence of marginal bone resorption
on stress in bone, -A three-dimensional
finite element analysis-

新潟大学大学院医歯学総合研究科口腔生命科学専攻
口腔健康科学講座加齢・高齢者歯科学分野

北村絵里子

Division of Oral Health in Aging and Fixed Prosthodontics,
Department of Oral Health Science, Course for Oral Life Science,
Graduate School of Medical and Dental Sciences, Niigata University

Eriko Kitamura

【目的】

インプラント植立後に生じるわずかな頸部骨吸収は、多くの成功症例に認められる。機能開始約一年後にはインプラントの第1スレッド付近に達し、その後は徐々に安定していくと言われている。動物実験および臨床報告によって過剰な側方力など不適切な咬合力が骨吸収を引き起こすことが知られている。しかし、生体とインプラントの力学的均衡が保たれている場合に生じる骨吸収に関する研究は見当たらない。

そこで、経過良好症例を想定し、頸部骨吸収の深さと幅が骨とインプラントの応力に及ぼす影響を比較検討し、生体力学的観点から骨吸収を考察した。

【方法】

三次元有限要素法プログラム ANSYS Rev5.5 (ANSYS, Inc.) により下顎臼歯部にインプラントを単独植立したモデルを製作した。下顎骨は高さ26 mm、頬舌幅16 mm、近遠心幅36 mmとし、厚さ1.3 mmの皮質骨が海綿骨周囲を取り囲む。インプラントは直径4 mm、長さ10 mmのシリンダー型とした。

骨吸収のないモデル (Base) を基準とし、吸収形態と3段階の吸収深さを組み合わせた8種類の吸収モデルを作製した (図1左、表1)。経過良好症例を想定し、骨欠損部にも歯槽硬線は連続していると仮定した。

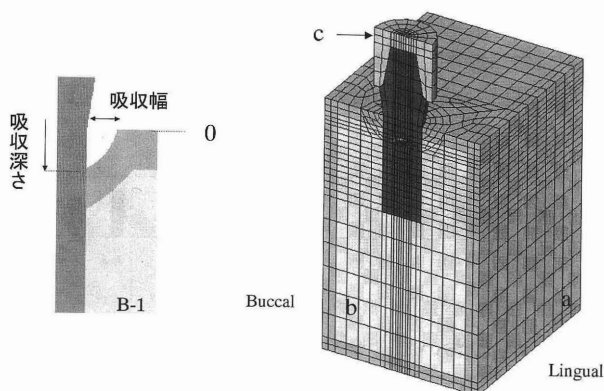


図1 左図はカップ状吸収形態のスキーマ。それぞれの方向に表1で示す値だけ吸収するものと仮定した。右図はBaseモデルでの三次元有限要素解析モデル (Cross sectional view)。それぞれ、a (皮質骨)、b (海綿骨)、c (インプラント体および上部構造) とした。

表1 モデル形態についての説明。B-2とC-2は同じ形態となる。

| モデル | 垂直方向への骨吸収量 (mm) | 水平方向への骨吸収量 (mm) | 骨吸収形態 |
|------|-----------------|-----------------|---|
| Base | 0 | 0 | 骨吸収なし |
| A-1 | 1.3 | 0 | 水平的骨吸収。Baseモデルの皮質骨面と平行に骨レベルを減少させた。 |
| A-2 | 2.6 | 0 | |
| A-3 | 3.9 | 0 | |
| B-1 | 1.3 | 1 | カップ型骨吸収。吸収幅を1mmとし、吸収深さのみを変化させた。 |
| B-2 | 2.6 | 1 | |
| B-3 | 3.9 | 1 | |
| C-1 | 1.3 | 0.5 | カップ型骨吸収。吸収幅を1mmとし、吸収深さのみを変化させた。吸収幅に対応し吸収深さを変化させた。 |
| C-2 | 2.6 | 1 | |
| C-3 | 3.9 | 1.5 | |

インプラントはアバットメントと一体化とした。皮質骨、海綿骨およびインプラントのヤング率はそれぞれ14GPa、3 GPa、110 GPa、またポワソン比は0.3、0.3、0.35と仮定した。咬合面中央に垂直方向へ100N、頬舌側方向へ50Nの静的荷重を加えて解析し (図1左)、皮質骨および海綿骨のVon Mises相当応力を求めた。

【結果】

それぞれの最大相当応力値は表2に示すとおりである。

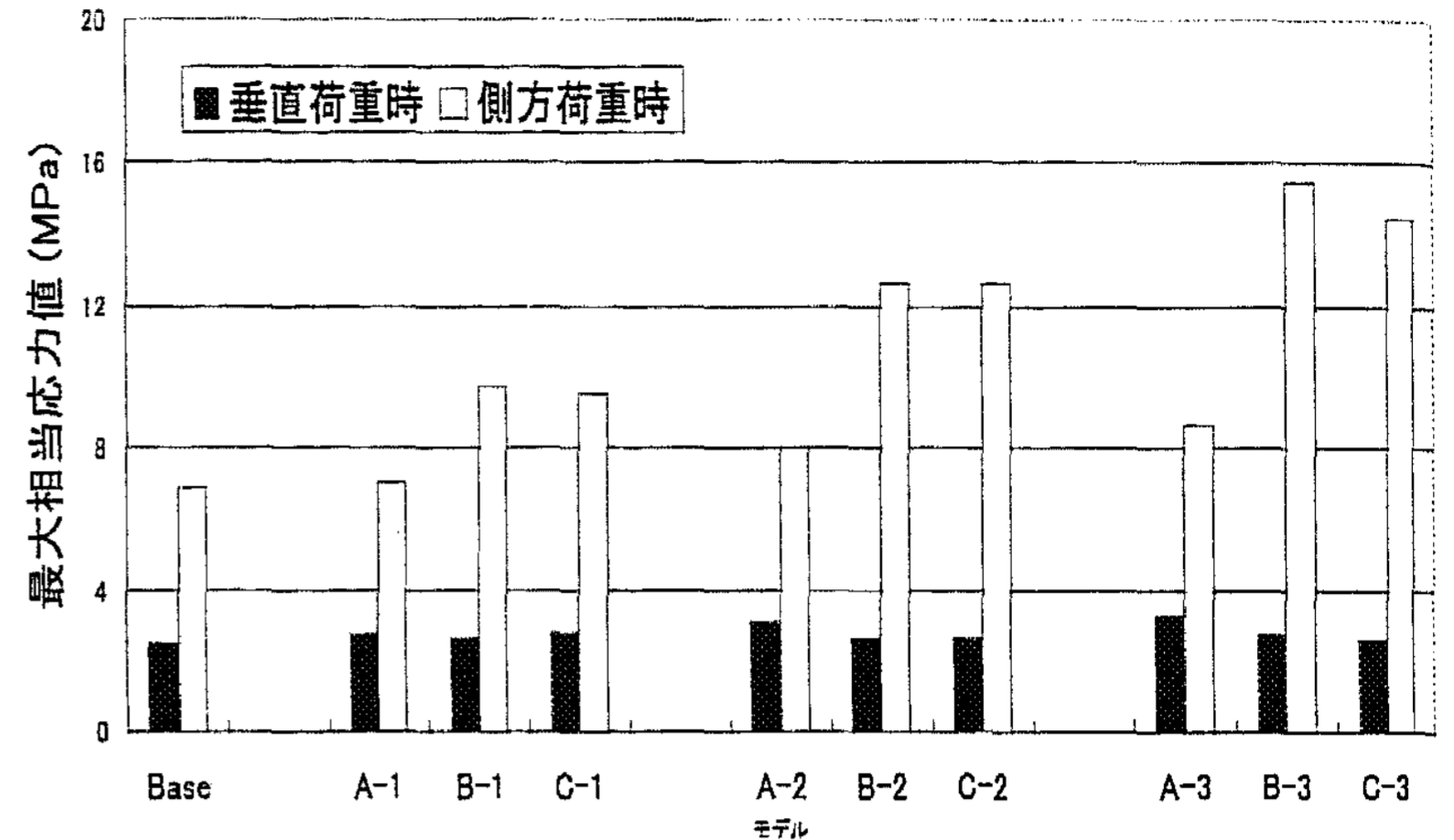
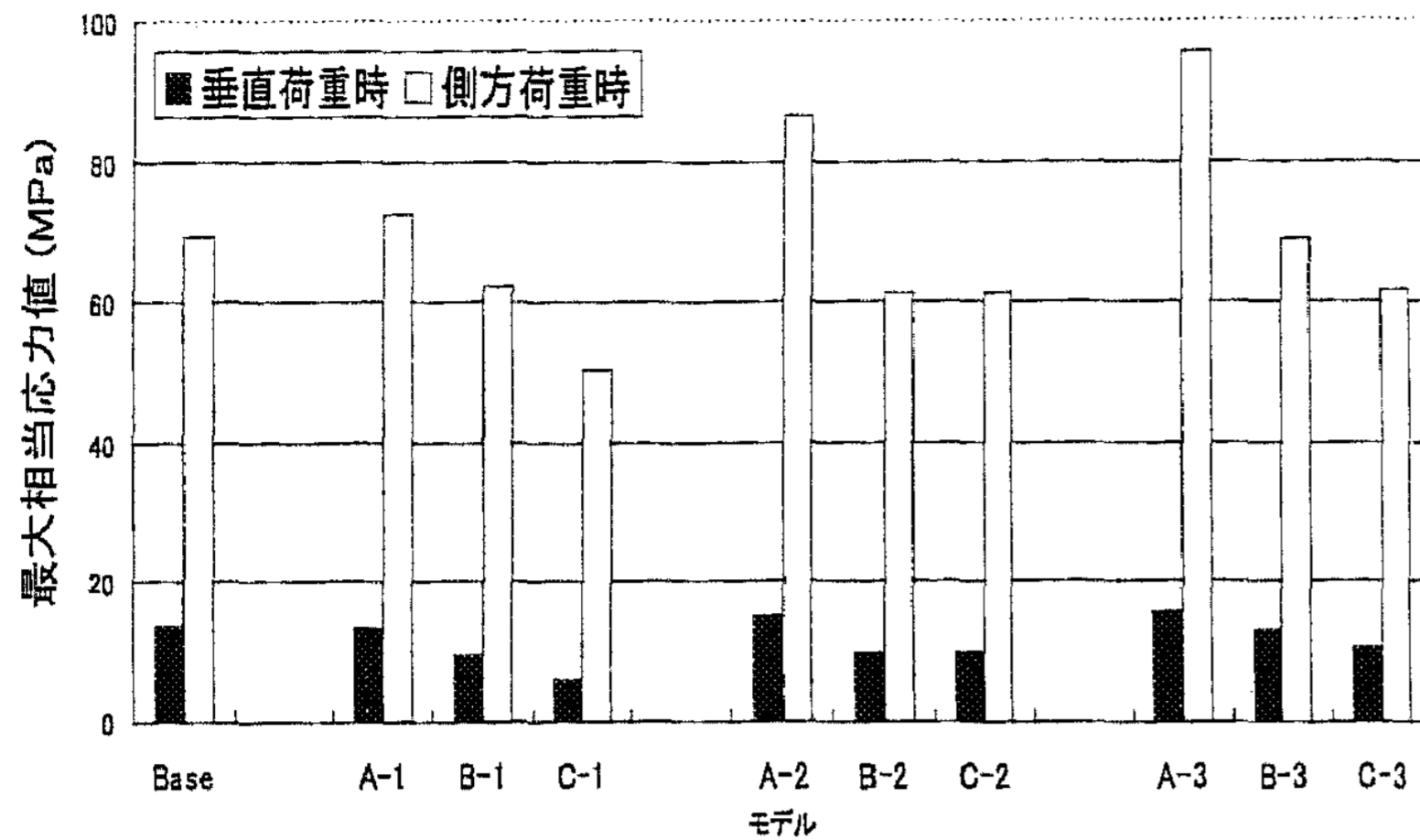
1) 皮質骨での応力分布

垂直荷重において、BaseとAモデルではインプラント頸部周囲骨の上縁に高い応力が集中した。これに対して、BとCモデルの場合、応力は比較的均一に分布した。

側方荷重において、BaseとAモデルはインプラント頸部周囲の頬舌側に高い応力が集中した。しかし、BとCモデルでは全周に渡り比較的低い応力が分散し、応力集中部は近遠心に移動した。

2) 海綿骨での応力分布

表2 皮質骨(左図)および海綿骨(右図)の最大相当応力(MPa)



垂直荷重において、全モデルでの応力はインプラント底部に集中した。しかし、側方荷重において、全モデルのインプラント頸部頬舌側に応力は集中した。

は垂直荷重では広い範囲の海綿骨に分散されたが、側方荷重では局所の海綿骨に集中し、骨吸収の進行と共に増加した。

【考察】

カップ状吸収形態では、両モデルで同様の傾向を示した。骨吸収の進行はインプラントを支持する骨を減少させるため、骨内の応力は高くなる。とくに側方荷重をかけた場合には、インプラントの歯冠歯根比悪化のため、骨吸収の進行に伴う応力の増加が顕著であった。ただし、骨吸収が少ない場合のカップ状吸収形態では、骨吸収が無い場合に比較して、皮質骨内の応力は分散され、最大応力が著しく低下することが判明した。

また、すべてのモデルでインプラント頸部の骨吸収がある場合には皮質骨での応力は軽減されるため、逆に海綿骨における応力は増加した。この海綿骨における応力

【結論】

インプラント周囲骨に生じるある程度のカップ状吸収は、応力集中部位である頸部皮質骨の荷重負担を軽減させるための力学的適応である可能性が示唆された。しかし、側方荷重は海綿骨の応力を増大させるので、骨吸収の進行はインプラントの喪失につながる可能性があると考えられる。

本研究は新潟大学大学院医歯学総合研究科口腔生命科学専攻口腔健康科学講座歯科生体材料学分野の協力により学位研究として行われたものである。