

## 学位研究紹介

## インプラントのデザインと骨質がインプラント周囲骨の応力に及ぼす影響 —三次元有限要素解析—

### Influence of Implant Design and Bone Quality on Stress Distribution in Bone around Implant -A Three-Dimensional Finite Element Analysis-

新潟大学歯学部歯科補綴学第2講座  
多田伸一郎

Department of Fixed Prosthodontics  
Faculty of Dentistry, Niigata University  
Shinichiro Tada

#### 目 的

インプラント治療の長期的予知性を得るために重要な要件の一つは、骨吸収との関連が報告されているインプラント周囲骨の学力的負担を軽減・均等化することである。しかしながら、インプラント周囲骨への応力分散はインプラント体、上部構造、患者側の多様な因子に左右され、そのために明確な指針をたてるのが困難とされてきた。そこで、多くの臨床報告においてインプラントの成功・失敗に関係するとされている骨質、インプラントの形態と長さに着目し、三次元有限要素解析により、これら因子がインプラント周囲骨の応力分散に与える影響について比較検討を行った。

#### 方 法

下顎骨臼歯部にインプラントが単独植立されたモデルを想定した。下顎骨モデルは海綿骨周囲を1.3 mmの厚さの皮質骨が取り囲み、高さ23.4 mm、頬舌幅9.0 mm、近遠心幅12.8 mmとした。インプラントは4種類の長さ(9.2, 10.8, 12.4, 14.0 mm)のスレッドタイプおよびシリンダータイプとした。チタンインプラント及び皮質骨のヤング率をそれぞれ102, 13 GPaとし、海綿骨のそれに9.5, 5.5, 1.3, 0.69 GPaを与えて異なる骨密度のモデル(Bone 1~4)を創製した。インプラントアバットメント上面中央部に垂直および頬側方向の静的荷重をそれぞれ与え、汎用有限要素プログラムANSYS Rev5.5.2(ANSYS, Inc.)を用いて解析した。皮質骨とインプラ

ント内、および海綿骨内は、それぞれ相当応力と相当ひずみによって評価した。

#### 結 果 と 考 察

皮質骨内の応力は垂直・頬側荷重時とも、全てのモデルにおいてインプラント頸部付近に集中した。

海綿骨部では垂直荷重時、骨密度の高いBone 1, 2のモデルのほとんどでひずみはインプラント頸部付近に集中したが、骨密度の低いBone 3, 4およびBone 2の短いインプラントを用いた場合には、シリンダータイプとスレッドタイプの間でひずみ分布に差が現れた。つまり、前者はインプラント底部周囲にひずみが集中したのに対して、後者はすべてのネジ山頂部付近にひずみが均等に分散し、インプラント底部周囲のひずみが軽減した。

一方、頬側荷重では、Bone 4で最短のシリンダータイプの場合を除いて、海綿骨のひずみは上部に集中しており、スレッドタイプとシリンダータイプの間でひずみの分布に差は認められなかった。

骨密度の異なるモデルについて比較すると、垂直・頬側荷重どちらの場合にも、海綿骨の密度が低いほど、皮質骨部の最大応力及び海綿骨部の最大ひずみが大きくなった。

スレッドタイプとシリンダータイプを比較すると、皮質骨内の最大応力の差は5%以内と小さかった。海綿骨部については、垂直荷重時、Bone 1, 2モデルにおいては両者の最大ひずみの差はほとんど認められなかったが、Bone 3, 4モデルではシリンダータイプのそれがスレッドタイプのその約1.5倍となった。これは、スレッド骨界面の出入りが垂直に抵抗し、垂直力を側方に分散させることに起因している。一方、頬側荷重時にはひずみが上部に偏り、両者の間で海綿骨内での最大ひずみに明確な差は認められなかった。

インプラントの長さの影響については、垂直荷重時のBone 3, 4モデルの場合、最長インプラントに対して最短モデルでは海綿骨内の最大ひずみが約25%上昇したことから、海綿骨の骨密度が低いほど、垂直荷重時、長さの影響が大きいことが推測される。一方、頬側荷重時は長さによる影響がほとんど認められなかった。

また、インプラント体の内部応力に関しては頬側荷重時、第1スレッドの底において高い応力を認めたことから、頬側荷重に対してはシリンダータイプと比較してスレッドタイプが不利であることが示唆された。

今回の実験より以下のような結論が導かれた。

1. 密度の低い骨では海綿骨内のひずみの増加と同時

にインプラント頬部皮質骨の応力集中も認められたため、長期的な予知性を得るためには骨質の診断の重要性が示唆された。

2. 海綿骨の密度が低い場合、スレッドタイプのインプラントを用いることで、特に垂直方向の荷重に対して海綿骨内のひずみの軽減がはかられたため、密度の低い骨にはスクリュータイプのインプラントを選択することが望ましいと考える。
3. 密度の低い海綿骨の場合、より長いインプラントを用いたモデルにおいて応力及びひずみの軽減がはかられたため、骨の許容できる範囲でより長いインプラントを用いることが望ましいと考えられる。

文 献

- 1) Lekholm U, Zarb GA. Patient selection and preparation. In: Brånemark PL, Zarb GA, Albrektsson T. Tissue-integrated prostheses: osseointegration in clinical dentistry. Chicago: Quintessnce 1985:199-209.
- 2) Albrektsson T, Johansson C, Sennerby L. Biological aspects of implant dentistry: osseointegration. Periodontology 2000 1994;4:58-73.
- 3) Rho JY, Ashman RB, Turner CH. Young's modulus of trabecular and cortical bone material. Ultrasonic and microtensile measurements. J Biomech 1993;26: 111-119.

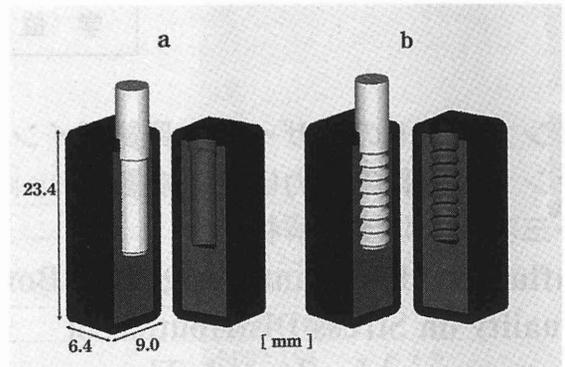


図1 実験に用いたモデルの頬舌断。aはシリンダータイプ、bはスレッドタイプのモデルを示す。

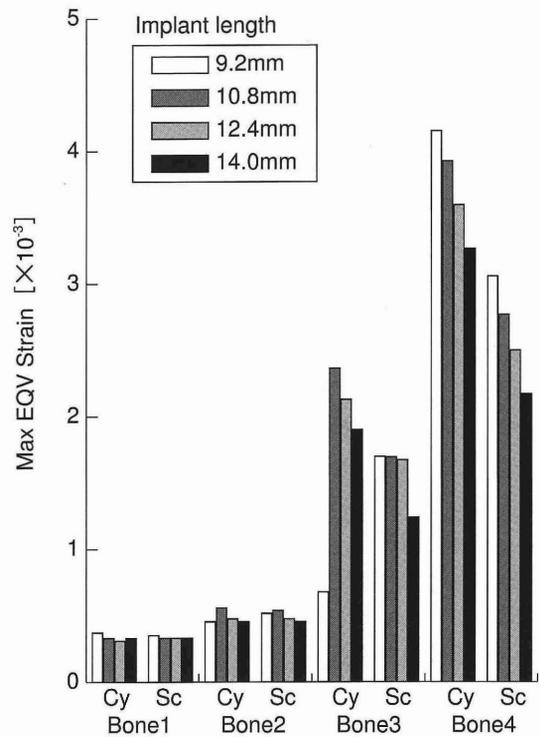


図2 垂直荷重時の海綿骨内の最大ひずみグラフ。(Cy:シリンダータイプ, Sc:スレッドタイプ)