



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	The minimization of diameter and length of dental implants according to bone quality using finite element analysis and optimized calculation. [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	上田, 奈々
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(歯学)
Dissertation Number	甲第11244号
Issue Date	2014-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/56123
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Nana_Ueda_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士（歯学） 氏名 上田 奈々

審査担当者 主査 教授 横山 敦郎
副査 教授 鄭 漢忠
副査 准教授 石川 誠

学 位 論 文 題 名

The minimization of diameter and length of dental implants according to bone quality using finite element analysis and optimized calculation.

（有限要素解析と最適化計算による

骨質に応じたインプラント体の直径と長さの最小化）

審査は、主査、副査が一堂に会し、論文提出者が論文内容の要旨を説明しながら、その内容について審査担当者が口頭試問を行った。以下に提出論文の要旨と審査の内容を述べる。

論文要旨

インプラント治療では、骨量と骨質に応じた治療方針や設計が求められ、骨量と骨質に関する評価は重要である。現在、骨質の分類には Leckholm & Zarb の分類や Misch の分類などが用いられているが、その生体力学的根拠や臨床応用に関しては十分に明らかになっていない。本研究においては、Frost の Mechanostat theory を基にインプラント体周囲骨に生じるひずみを定量的に評価し、有限要素解析と最適化計算を用いて種々の骨質において骨に生じるひずみを抑制しながらインプラント体のサイズの最小化を図り、力学的観点からインプラント体の選択基準について検討した。

三次元有限要素（FE）モデルは、第一大臼歯相当部の下顎骨体、チタン製インプラント体、金合金製上部構造から構成され、咬合面中央を荷重点として、垂直荷重と頬側方向から斜め 15 度の側方荷重の 2 種類の荷重条件(60N)を設定した。各々の荷重条件について、皮質骨の厚さ、海綿骨のヤング率、インプラント体の直径、長さの各変数をラテン超方格により割り当てた 500 種類の FE モデルについて解析を行い、骨の最大ひずみと各変数との関係について応答曲面を作成した。応答曲面を基に骨のひずみを Mechanostat theory により生体力学的に適正とされる最大値(3000 microstrain)に近づけるように最適化計算を行い、各骨質の条件において力学的に適正なインプラント体の最小サイズを算出した。

側方荷重でひずみは大きくなり、海綿骨のヤング率が小さい場合はインプラント体先端部周囲の海綿骨に、大きい場合はインプラント体頸部付近の皮質骨に最大ひずみ

が生じた。皮質骨が薄く海綿骨のヤング率が小さいほどひずみは大きかった。各骨質において最大ひずみが生じる位置が変化する境界のヤング率の値が存在した。ひずみが 3000 microstrain を超える骨質の条件でも、インプラント体の長さや径を変えることにより適正範囲のひずみに抑えることが可能であり、その効果は直径のほうが大きかった。海綿骨のヤング率が約 0.5GPa 以上の場合では、小さい径や長さのインプラント体を使用してもひずみは適正範囲内に抑えられた。側方荷重において、最大ひずみがインプラント体の先端周囲に生じたことから、骨のひずみを抑制するには、インプラント体先端部の形状最適化等が有効であることが示唆された。

骨に生じるひずみの定量的評価により生体力学的に適切かつ最小と考えられるインプラント体のサイズを骨質に応じて提示することが可能であり、インプラント体の直径や長さの変更はひずみ低減に有効であり、皮質骨が薄くかつ海綿骨のヤング率が小さい場合以外は適切な直径と長さのインプラント体を選択することにより、力学的に適正な範囲のひずみに抑えることができることが明らかとなった。また、疎な骨質ではインプラント体先端に生じるひずみを低減することにより適応が広がる可能性が示された。

審査の内容

審査における各委員からの主な質問は以下の通りであった。

1. 有限要素解析、応答曲面、最適化計算などの研究方法の詳細および本研究へ応用することの妥当性について
2. モデルの作製方法について
3. 荷重条件、特に側方荷重の方向の妥当性について
4. 研究計画の立案と条件の設定について
5. 海綿骨の状態が厳しい場合のインプラント体のデザインについて
6. 臨床応用への具体的な方策について（CT からのモデル作製について）
7. 本研究を遂行するに際して最も苦労した点について

これらの質問に対して、学位申請者から明快な説明と回答が得られたとともに、本研究から考察された臨床的な示唆、さらに今後の研究に対する展望が示された。

有限要素解析と最適化計算を用いることにより、多様な骨質において骨に生じるひずみを抑制しながらインプラント体のサイズの最小化を図るとともに生体力学的な観点からその選択基準を提示したことは、今後のインプラント臨床の発展に寄与するものと思われ、その内容は高く評価された。よって学位申請者は博士（歯学）の学位授与に値するものと判定した。