慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	Finite element analysis of the stresses around endosseous implants in various reconstructed mandibular models
Sub Title	再建下顎においてインプラント周辺に発生する応力に関する構造力学的解析
Author	永竿, 智久(Nagasao, Tomohisa)
Publisher	慶應医学会
Publication year	2003
Jtitle	慶應医学 (Journal of the Keio Medical Society). Vol.80, No.2 (2003. 6) ,p.37-
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	号外
Genre	Journal Article
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00069296-20030602-0037

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

Finite element analysis of the stresses around endosseous implants in various reconstructed mandibular models

（再建下顎においてインプラント周辺に発生する応力に関する構造力学的解析）

永　竿　　智　久

内容の要旨

腫瘍切除に伴い下顎骨が切除された場合、微小血管吻合手技を利用した遊離腓骨や、その他の自家骨の移植により再建がなされる場合が多い。さらに、咀嚼機能の再建にはインプラントの打ち込みと、義歯の装着が不可欠となる。インプラント周辺部には、咀嚼にあたり大きな応力が発生し、それが過度である場合種々の合併症を惹起しうる。したがって咀嚼時にインプラント周辺に発生する応力に関しては、歯科領域を中心に比較的早期より研究がなされてきた。しかし再建下顎において同様の検討を行った報告例はかつて認められない。再建下顎のインプラント治療にあたり、発生応力を計算することは、骨吸収・感染などの合併症を回避する上で重要な参考となりうるであろうと考え、本研究を施行した。

実験に使用したモデルはヒト乾燥下顎骨および乾燥腓骨標本のCTスライスデータを基本データとし、コンピューター上で作成した3次元モデルを使用した。切除範囲を7パターンに分類し、そのそれぞれが腓骨により置換されたモデルを作成した。

それぞれのモデルについて、両側の臼歯部と犬歯部にインプラントを埋入し、上部構造にてそれらを連結した。インプラントは左右2本ずつ、使用されるものとし、材質はチタニウムを想定した。これらのモデルの右臼歯部に300Nの垂直咬合圧を加えた条件で、インプラント周辺に発生する応力に関して計算を行った。計算には有限要素解析ソフトウェア（ANSYS5.6）を用いた。評価は4本のインプラントのうち、比較的大きな応力の発生する負荷側の2本に関して重点を置いて行った。その結果負荷側臼歯部周辺においては、全てのモデルにおいて最大ひずみ応力はインプラント孔の後外側に生じたが、その大きさについては、負荷側が腓骨で形成されている場合の方が、下顎骨の場合に比較してより大きな値をとる傾向が認められた。次に、負荷側犬歯部については、負荷側が下顎骨で形成されているモデルにおいては最大ひずみ応力は後外側に発生したが、腓骨上にある場合には前内側に発生し、両者の位置はまったく逆であった。これらの結果より次の事項が考察された。

まず、インプラント周辺のひずみ応力の大きさは、骨皮質の構造的相違に起因する骨皮質との接触面積が少なく、より大きな負荷を分担する必要性があるほど大きな値をとりやすい。

また、下顎骨は負荷作用時における変形は比較的少ないが、腓骨は皮質骨が薄いため“しなる”ように彎曲する傾向がある。よって、これらの骨の上に存在するインプラントも異なった方向から圧力を受け、最大ひずみ応力も全く別の位置に発生する。

これらのコンピューターシミュレーションの解析結果より、インプラントを再建下顎に埋入するに当っては、埋入の方向を変化させたり、皮質骨との接触面積を増加させるなど、通常の下顎骨に対するのとは異なる配慮が、合併症の回避のために必要であると考えられた。

論文審査の要旨

頭頸部悪性腫瘍切除時に下顎骨下顎骨が合併切除された場合鼻症血管吻合手技を利用した自家骨遊離移植による骨再建が必要となる場合が多い。その際咀嚼機能の再建には、チタン製骨接合インプラントの埋入による義歯の装着が必要であるが、インプラント周辺の皮質骨に大きな咬合圧が発生する。そのため症例によっては骨吸収や骨破壊、感染などの合併症をおこす場合がある。

このような合併症を避けるためインプラント周辺のどの部位に、どの程度の咬合圧が発生するかを知る必要がある。歯科領域においては、無歯顎においてインプラント周辺に発生する応力に関する解析的研究が報告されているが、加齢による無歯顎症例で行われており、遊離骨移植による再建下顎は長管骨を移植材料とするため力学的特性は大きく異なってくる。

実験にはヒト乾燥下顎骨および乾燥腓骨標本を用い、CT撮影によるスライスデータを基本とし切除部が腓骨で置換された状態の三次元モデルをコンピュータ上で作成した。このモデルに300Nの垂直咬合圧を加えインプラント周囲に生ずる応力を有限要素解析ソフトウエア（ANSY5.6）で解析した。その結果インプラント周囲のひずみ応力は負荷側が腓骨で形成されている場合のほうが下顎骨で形成された場合より大きな影響を受け、応力を受ける部位も別の位置であることが判明した。これは骨皮質の構造学的相違に起因するものと思われインプラントを再建下顎に埋入するに際しては皮質骨との接触面積を増加させ、埋入の方向を変化させるなど通常の下顎骨とは異なる配慮があることが判明した。

審査においてはまず、本研究により求められたデータが、臨床成績とどの程度一致するのかについての質問があった。これに対し、インプラント周辺に発生する応力を実際に測定した報告が乏しく、その具体的値を得ることは困難であるが、臨床上感染の発端となることの多い部位と、本研究で求めた最大ひずみ応力発生部位は一致する場合が多く、その事実が実験データの正当性を間接的に裏付けていると回答された。

次に、本研究は1個の骨標本より得られたCTデータのみで解析が行われているが、複数の下顎骨標本により、多くの再建下顎モデルを作成し検討がなされることが望ましいとの意見に対し、下顎の形状は指摘されたとおり個人差が多い。普遍的な結論を得るには多くの個体に関して解析を行うべきであり、今後形状タイプの異なる下顎骨を対象として研究を継続してゆくとの回答があった。さらに、本研究では垂直方向負荷のみをかけているが、水平方向負荷に関して考慮する必要があるのではないかとの問に対し、水平方向負荷も垂直方向負荷と同程度に重要であり、本研究の続編として報告中であるとの回答があった。

本研究で得られたデータは咀嚼機能快復のため行う血管柄付き遊離骨移植による下顎骨再建術の際の合併症軽減のために有意義であると評価された。

論文審査担当者　主査　形成外科学　中島　龍夫
整形外科学　戸山　芳昭　　解剖学　相磯　貞和
耳鼻咽喉科学　小川　郁　リハビリテーション医学　千野　直一
学力確認担当者：北島　政樹、戸山　芳昭
審査委員長：戸山　芳昭

試問日：平成15年2月26日