



Title	下顎骨臼歯部の骨梁構造に関するバイオメカニクス
Author(s)	十河, 基文
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/43279">https://hdl.handle.net/11094/43279</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	十 河 基 文
博士の専攻分野の名称	博 士 (歯 学)
学 位 記 番 号	第 16677 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 14 年 3 月 8 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学 位 論 文 名	「下顎骨臼歯部の骨梁構造に関するバイオメカニクス」
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 前田 芳信
	(副査) 教 授 重永 凱男 助教授 石田 武 講 師 中村 隆志

### 論 文 内 容 の 要 旨

#### 【研究目的】

インプラントにおいては、力のコントロールが重要とされている。特に、強い側方力はインプラントや天然歯を支える歯頸部付近の皮質骨の喪失につながるため、咬合接触を診査するとともに歯科用エックス線により当該インプラントならびに対合歯における皮質骨の吸収を観察する必要がある。

一般に、海綿骨は皮質骨よりも骨改造現象が活発で、力学的合理性をもって配列するとされている。そのため、骨に対する力学的環境の変化は、皮質骨の変化に先立ち海綿骨の配列性すなわち骨梁構造の変化に現れると考えられる。

そこで本研究では、インプラントや天然歯の歯頸部付近の皮質骨が吸収を起こす前に、咬合力の変化を骨梁構造の変化で捉えることを目的とし、大きな咬合力を担う下顎骨臼歯部の前頭断面の骨梁構造に関してバイオメカニクスの観点から検討した。

#### 【研究方法】

モデル実験と動物実験を、以下の手順で行った。過去に報告されている下顎骨の骨梁構造と比較をするため、まず天然歯周囲の骨梁構造から検討した。

##### 検討 1. 天然歯モデルにおける有限要素解析ならびに剖検報告との比較：

天然歯に咬合力を負荷した際の、海綿質における応力の伝播経路を求めた。ヒト下顎骨第一大臼歯の前頭断面で、日本人の平均的な形態の二次元有限要素モデルを作成し、垂直ならびに側方から咬合力を負荷して応力解析を行った。海綿質に生じた主応力をベクトル表示することで、応力の伝播経路を求めた。その結果を、下顎骨骨梁構造の剖検報告（増田、1960）と比較した。

##### 検討 2. 天然歯モデルにおける骨梁構築シミュレーションの開発と応用：

応力解析に一定の力学的アルゴリズムを与えることにより、骨梁を構築するコンピュータ・シミュレーション法を開発した。検討 1 と同じ形態の有限要素モデルを一辺  $200 \mu\text{m}$  の小さな正方形の要素で構成した。モデルの海綿質は均質とせず、骨ならびに骨髄という異なる材料特性を持つ 2 種類の要素（以下、骨要素ならびに骨髄要素とする）に分けた。正常な骨状態を想定して骨要素と骨髄要素は 50% の比率に設定し、自然発生的な骨梁構築をシミュレートできるように各要素を海綿質内でランダムに配置した。汎用有限要素プログラムを用いて応力解析を相当応力で評価を行い、低い応力を示す骨要素は骨として不要であると考え、高い応力を示す骨髄要素と交換して骨要素が力学的に必

要な位置に移動するアルゴリズムを与えた。これらの応力解析とアルゴリズムを繰り返すことで、骨梁構築のシミュレーションを行った。シミュレーションの結果を主応力で表現し、検討1と同じく剖検報告と比較した。また、骨要素数を減少させて骨粗鬆症を想定したシミュレーションも行った。

#### 検討3. 検討1、2を用いたインプラント周囲の骨梁構造の類推：

下顎骨に植立されたインプラント周囲において構築される骨梁を、検討1、2の手法を用いて咬合力の違いや骨粗鬆症の状態を想定して類推した。

#### 検討4. イヌ下顎骨にインプラントを植立した動物実験による検討：

検討1、2、3で示した咬合力と骨梁構造の関係を検証するために、同一の形態で、アバットメントの形状により異なる咬合の付与が可能となるインプラントを用いて動物実験を行った。

3頭の成犬に対して、各々の下顎臼歯部にチタン製インプラントを4本植立した。上部構造物は、垂直方向に立ち上がるアバットメントならびに2つの異なる角度付きアバットメントを装着し、コントロールとして顎骨内にスリープ状態のインプラントを1本残した。上部構造による3ヶ月間の負荷期間中には、テトラサイクリンを投与して新生骨のラベリングを行った。屠殺後、顎骨を樹脂包埋して薄切切片を作成した。切片の骨梁部分をマイクロラジオグラムにより抽出し、インプラント長軸を基準として骨梁の方向成分を求めた。また、蛍光顕微鏡により海綿質における切片表層の新生骨の割合を求めた。

#### 【結果・考察】

力学的環境因子の一つである咬合力の負荷方向が、下顎骨の天然歯やインプラント周囲の骨梁構造に与える影響についてバイオメカニクスの観点から検討を行った結果、以下の結論を得た。

- (1)天然歯根周囲の海綿質において、咬合力の伝播経路が明らかとなり、下顎骨臼歯部骨梁パターンの中には咬合力の方向に反映して構築されているものがあることがわかった。また、大腿骨などと同様に、下顎骨においても圧縮骨梁群ならびに引張り骨梁群と呼べる骨梁が存在することが示唆された。
- (2)天然歯根周囲の骨梁構造は、骨の代謝状態に関わらず力学的合理性を持って構築されていることがわかった。また、骨粗鬆症の場合の骨梁パターンでは、脊椎同様に圧縮骨梁は太く引張り骨梁は細くなる傾向が示された。
- (3)インプラント周囲の骨梁パターンについて、咬合力の方向に反映して異なる骨梁パターンを構築することが類推され、また、骨粗鬆症に罹患した骨梁パターンでは正常な骨代謝の骨梁パターンと異なる様相を示すことが推察された。
- (4)インプラント周囲の骨梁は、側方力の成分が大きくなると新生骨が増加する傾向が示し、また咬合力の方向に応じた骨梁が構築されることが証明された。

#### 【結論】

下顎骨臼歯部前頭断面の骨梁構造をバイオメカニクスの観点から考察した結果、咬合力を反映してインプラントや天然歯周囲の骨梁が構築されていることがわかった。また、逆に皮質骨が吸収を起こす前に骨梁構造の状態や変化からインプラントや天然歯に加わる咬合力の方向を含んだ力学的環境の変化を類推できる可能性が示唆された。

#### 論文審査の結果の要旨

天然歯やインプラントの良好な経過を導くには、咬合が重要である。本研究は顎骨の受ける咬合力の負荷方向が周囲の骨梁構造に与える影響についてバイオメカニクスの観点から有限要素モデル、ならびに独自のシミュレーション手法、さらには動物実験により検討を行ったものである。その結果、咬合力の負荷方向に対応して骨梁構造が形成されている可能性が示された。

このことは天然歯やインプラントのメンテナンスにおいて、臨床上の貴重な治療指針を与えるものであり、博士(歯学)の学位を授与するに値するものと認める。