

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月31日現在

機関番号：14401
 研究種目：基盤研究(C)
 研究期間：2009～2011
 課題番号：21592494
 研究課題名（和文） 骨梁細線化モデルを用いたインプラント周囲骨における波の伝播に関する研究
 研究課題名（英文） The wave propagation in the bone surrounding dental implants using the thinning model of trabecular bone.
 研究代表者
 若林 一道（KAZUMICHI WAKABAYASHI）
 大阪大学・歯学部附属病院・助教
 研究者番号：50432547

研究成果の概要（和文）：本研究では骨の細線化モデルを作成し、インプラント周囲において刺激がどのように伝播するかを解析することにより、インプラント頸部の骨吸収に関する新たな知見を獲得することを目的とした。インプラント体、上部構造、豚骨をマイクロCTにて計測し、インプラント STL データおよび骨梁モデルを作成した後、有限要素解析ソフトにて荷重の変化に伴う応力値および分布について検討した結果、インプラントに負荷をかけた際には、インプラント頸部の皮質骨および骨梁に応力が発生し、その後、荷重が減少するにつれて、骨梁部分の応力の集中が減少し、最終的には皮質骨周囲にのみ応力の集中が認められるものと考えられた。

研究成果の概要（英文）：

The purpose of this study is to find the knowledge of the bone resorption around the implant neck by analyzing the wave propagation in the thinning model of trabecular bone. After measuring the pig bone, the implant body and supra-structure by micro-focus x-ray CT, and making the STL data of the implant and 3D model of trabecular bone, and the change of stress of bone was analyzed by finite-element analysis. In the result, on putting the load to the implant, the stress was recognized in the cortical bone and trabecular bone, and as the decrease of the load, the stress of trabecular bone was decreased, and finally only in the cortical bon the stress was recognized.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・補綴系歯学

キーワード：インプラント、骨梁、伝播

1. 研究開始当初の背景

一般的に、埋入されたインプラント体はアバットメントを連結し、上部構造を装着することによって、周囲骨レベルがインプラント体の第一スレッド付近まで約1.5mm程度低下し、その結果としてインプラント周囲軟組織のレベルも低下するとされている。その原因のひとつは力学的要因によるものであり、もうひとつは生物学的要因によるものであると想定される。生体力学的見地から、機能時に加わる咬合力はインプラント頸部周囲骨に応力の集中を引き起こし、その結果として周囲骨レベルが低下するものという考えがある。これまでインプラント周囲における応力についてはひずみゲージを用いた実験や、有限要素モデルによる研究が多く行われている。これらの研究ではインプラント頸部において応力が集中するという報告がなされ、これがインプラント周囲の骨吸収の原因の一つであるという報告も多く認められる。しかしながら、通常上下の歯牙は主に咀嚼時に接触されるため、持続的に荷重が負荷されているとは限らない。また、多くの研究では皮質骨および海綿骨の弾性係数はことなるが様の物質としてみなされており、骨梁構造を考慮した研究は認められない。そこで、我々はインプラントの応力解析に骨梁モデルを用い、さらに波の伝播シミュレーションモデルを用いることで、歯と歯の接触時の衝撃により負荷がどのように伝播されるかについて注目した。本方法を用いることにより、静的な応力の分析ではなく、時間とともにそしてどの部位まで衝撃が伝播するかを定量的にかつ視覚的に検討することができる。そこで本研究では、骨の細線化モデルを作成し、インプラント周囲において刺激がどのように伝播するかをシミュレーションすることにより、インプラント頸部の骨吸収に関する新たな知見を獲得することを目的とし、研究を行う。

2. 研究の目的

本研究では、骨梁の細線化モデルを作成し、インプラント周囲において刺激がどのように伝播するかをシミュレーションすることにより、インプラント頸部の骨吸収に関する新たな知見を獲得することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 豚の椎骨を炭酸ナトリウム 1%水溶液で沸騰させないようにしてボイルした後、乾燥し、試料を作成した。作成した乾燥骨をマイ

クロフォーカス X 線 CT (SMX-100CT-SV3、島津製作所) にて 0.033mm の解像度にて撮影した。そして三次元ボリュームレンダリングソフトウェア (VG スタジオ MAX2.0、Volume Graphics) を用い volume rendering 法により三次元画像の再構築を行った。

(2) 顎骨に図 1 のデザインのインプラント体が埋入されることを想定し、三次元有限要素モデルを作製した。はじめに、実際に臨床で使用されているインプラント体およびアバットメント(ノーベルバイオケア)を用い、その上に歯冠補綴装置を製作した模型を作成した。



図 1. 使用したインプラント体

(3) モデルの作成と解析

作成した模型を、マイクロフォーカス X 線 CT (SMX225CT、島津製作所) にて撮影し、VG スタジオ MAX1.2 (ボリュームグラフィックス) にて STL データに変換した。また顎骨はマイクロフォーカス X 線 CT にて撮影し得られた DICOM データを用いた。

これらのデータを Mechanical Finder ver. 6.0 (計算力学研究センター) に取り込み、三次元有限要素モデルを作成した。

これらのモデルの歯冠部に 200N、160N、120N、80N、40N の荷重を負荷し、インプラント体、アバットメント、インプラント頸部周囲骨に加わる応力の解析を行った。

4. 研究成果

(1) マイクロフォーカス X 線 CT を用いて撮影することにより、皮質骨および海綿骨の骨梁構造を明瞭に抽出し、骨の内部構造を三次元的に捉えることができた。本研究により、インプラント周囲における刺激の伝播シミュレーションを行うための骨梁構造を有する 3 次元モデルを作成することができた (図 2)。



図 2. 三次元構築した骨梁モデル

(2)モデルの作成と解析

作成した模型をマイクロフォーカスX線CTにて撮影することにより、明瞭な三次元有限要素モデルを作成することができた。作成したモデルを図3、4に示す。

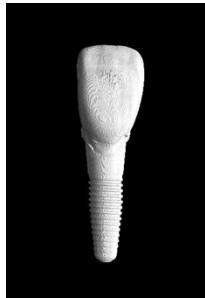
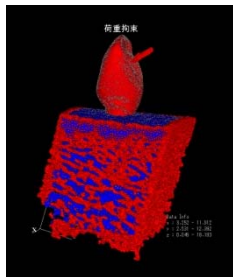


図3. 三次元構築したインプラント体

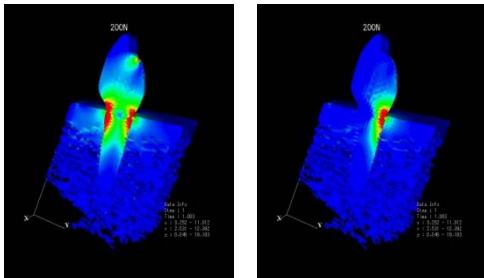


節点数 : 358261
ソリッド数 : 1387581

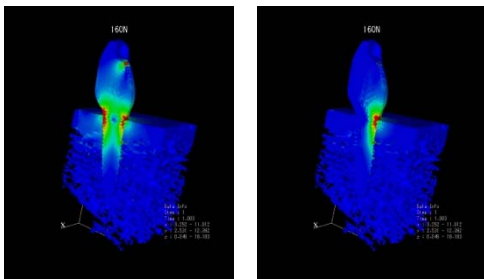
図4. 作成した有限要素モデル

(3)応力の集中はインプラント体とアバットメントのジョイント部からインプラント体の歯冠側約1/3までの周囲に生じた。

200N



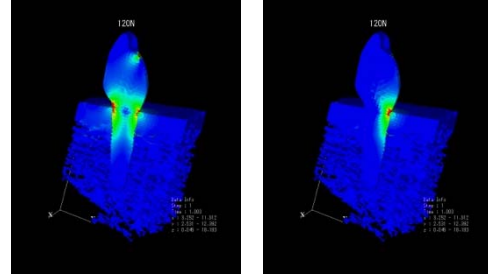
160N



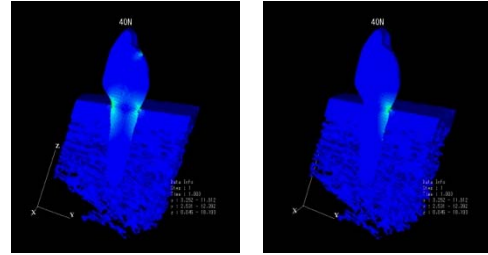
フォンミーゼス相当応力

最大主応力

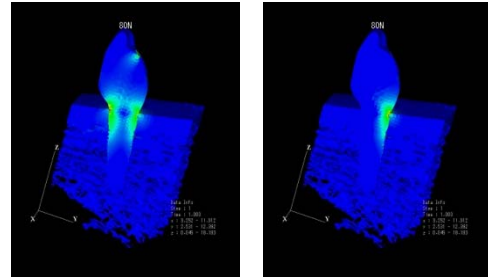
120N



80N



40N



フォンミーゼス相当応力

最大主応力

図5. 有限要素解析の結果

200N の負荷をかけたモデルではインプラント周囲の皮質骨および骨梁に応力の集中が認められた。そして、160N、120N、80N、40N と荷重が減少するにつれて皮質骨周囲および骨梁部分の応力が徐々に減少していく傾向が認められたが、主には皮質骨周囲に応力の集中が認められ、骨梁部分の応力は徐々に認められなくなった (図5)。よってインプラントに負荷をかけた際には、インプラント頸部の皮質骨および骨梁に応力が発生し、その後、荷重が減少するにつれて、骨梁部分の応力の集中が減少し、最終的には皮質骨周囲にのみ応力の集中が認められるものと考えられた。

埋入されたインプラント体はアバットメントを連結し、上部構造を装着することによって、周囲骨レベルがインプラント体の第一スレッド付近まで約1.5mm程度低下し、その結果としてインプラント周囲軟組織のレベルも低下するとされている。

その原因は力学的要因と生物学的要因に

よるものであると想定されている。審美的インプラント治療において、インプラント頸部骨吸収を防止することは、長期にわたる審美的維持にとって非常に重要な課題である。しかしながら、力学的要因に関してしか通常上下の歯牙は主に咀嚼時に接触されるため、持続的に荷重が負荷されているとは限らない。また、多くの研究では皮質骨および海綿骨の弾性係数はことなるが、一様の物質としてみなされており、骨梁構造を考慮した研究は認められない。通常、咬合時の持続的な負荷とともにタッピングのような瞬間的な負荷がかかった場合、骨にはインパルス波が発生するものと考えられ、このインパルス波が骨に対する刺激として何らかの影響を及ぼしているものと考えられる。

本研究ではマイクロ CT を用いることにより、明瞭な骨梁構造を計測することができたが、有限要素解析を行う際、明瞭な骨梁構造を構築すると、要素数が極めて大きくなり、有限要素解析を行うことができなかつたため、解析モデル全体の要素数を 150 万以下とし、モデルを作成したため、有限要素モデルにおける骨梁構造が若干不明瞭となつてしまった。今後の検討としては、骨梁の厚さと量をふまえ、骨梁構造を重視した単純化モデルを作成し、検討を行うことも必要であるものと考えられた。

応力の伝播として荷重が時間的に減衰していくものと仮定し、200N から 40N に減少した際の応力分布の変化を経路とし擬似的に応力の伝わる経路としたが、今後はインパルス波を与え、様々な波長を持つ刺激を入力することで外部刺激に対する骨の反応を明らかにしたいと考えている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 8 件)

- ① Nakamura T: Science and clinical aspects of current dental ceramic materials, 7th World Congress of International Federation of Esthetic Dentistry, November 2-5, 2011, Rio de Janeiro, Brazil.
- ② 中野 環: 臨床の疑問に答える CAD/CAM による上部構造を製作する際の注意点は?、第 41 回公益社団法人日本口腔インプラント学会・学術大会、2011 年 9 月 18 日、愛知。
- ③ 山西康文、山口 哲、中野 環、今里 聡、矢谷博文: アバットメント連結様式の差

異がアバットメントスクリーンと周囲骨に及ぼす力学的影響の解析 第 41 回公益社団法人日本口腔インプラント学会・学術大会、2011 年 9 月 17 日、名古屋。

- ④ Wakabayashi K, Nakamura T: Current dental ceramics and their clinical applications. 2nd Biennial Aesthetic Dental Congress of South Asian Academy of Aesthetic Dentistry, May 28-29, 2011, Colombo, Sri Lanka.
- ⑤ 中村隆志: 最新のオールセラミックレストレーション、第 120 回日本補綴歯科学会学術大会ジョイントシンポジウム「CAD/CAM から Digital Dentistry へーコンピュータを応用した歯科治療の最前線」、2011 年 5 月 20-22 日、広島。
- ⑥ 若林一道、宇佐美博文、中村隆志、矢谷博文: ハイスピードカメラを用いたオールセラミッククラウン破折時の動的挙動分析 第 2 回日本歯科 CAD/CAM 学会学術大会、2011 年 4 月 2・3 日、東京。
- ⑦ 若林一道、中村隆志、大山龍男、赤尾剛、岡本 啓、矢谷博文、ハイスピードカメラを用いたオールセラミッククラウン破折時の動的挙動分析、第 21 回日本歯科審美学会学術大会、2010 年 10 月 27-29 日、岩手。
- ⑧ 中野 環、審美的なインプラント治療について、Nobel Biocare Symposium Asia-Pacific、2010 年 8 月 21 日、東京。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

若林 一道 (WAKABAYASHI KAZUMICHI)
大阪大学・歯学部附属病院・助教
研究者番号: 50432547

(2) 研究分担者

中村 隆志 (NAKAMURA TAKASHI)
大阪大学・歯学研究科・准教授
研究者番号: 20198211

中野 環 (NAKANO TAMAKI)
大阪大学・歯学研究科・助教
研究者番号: 40379079

(3) 連携研究者

矢谷 博文 (YATANI HIROFUMI)
大阪大学・大学院歯学研究科・教授
研究者番号: 80174530

荘村 泰治 (SOHMURA TAIJI)
大阪大学・大学院歯学研究科・教授

研究者番号：10154692
(2010年3月31日まで参画)

中野 貴由 (NAKANO TAKAYOSHI)
大阪大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号：30243182