

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 4 日現在

機関番号：14401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25861887

研究課題名(和文) 光学印象と応力解析を用いたインプラント上部構造デジタルデザインシステムの開発

研究課題名(英文) Development of digital design system for implant superstructure using optical impression and stress analysis

研究代表者

小野 真司 (Shinji, Ono)

大阪大学・歯学部附属病院・医員

研究者番号：50573739

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、歯科インプラント治療における印象採得(型取り)から上部構造(被せ物)の製作までを全てデジタル化し、CAD/CAMシステムに解析結果を反映させることを目的とした。平成25年度は、上部構造の形態を決定してCAD/CAMシステムに転送し、上部構造を製作するシステムの開発を行った。また、ショートインプラントに関して有限要素法にて応力解析を行った。さらに、平成26年度は、インプラント間の距離の違いや一回法および二回法インプラントの違いによる応力分布について解析を行った。本研究の解析結果と現在報告されている臨床成績とを比較することで、より有益なプロトコルの確立が示唆された。

研究成果の概要(英文)：The objective of this research is to digitize all manufacturing process of dental implant treatment and reflect the analysis result of this study to the CAD / CAM system.

We transferred a superstructure shape to CAD / CAM system and developed a system of making the superstructure in 2015. And also, stress distribution of short implants was evaluated using finite element analysis.

Furthermore, we analyzed the effects of different inter-implant distances and the difference between bone level and tissue level implants on stress distribution in the peri-implant bone and the implant components in 2016. To compare the results of this research with the clinical performance, establishing a more useful protocol was suggested.

研究分野：歯科補綴

キーワード：インプラント 光学印象 有限要素法

1. 研究開始当初の背景

現在の歯科治療において、インプラント治療は欠損補綴法の一つとして広く普及してきており、歯科材料特性や治療技術の向上により、非常に高いレベルでの審美修復治療が可能となってきた。

また、患者の審美的要求が高まっていることに加えて、CAD/CAM 技術の歯科への応用、セラミック材料特性の向上により、「メタルフリー」の補綴装置が主流となりつつあり、インプラントに関してもアバットメントや上部構造にジルコニアを使用する機会が増えてきている。

しかし、現在のインプラント治療における上部構造製作の問題点としては、長時間のチェアタイムとラボタイム、煩雑な技工操作などがあり、インプラント治療の術後トラブルとしては、インプラント体頸部の骨吸収、アバットメントや上部構造のチッピングや破折などがある。

そこで、光学印象システムを開発することによって、チェアタイムとラボタイムの大幅短縮、煩雑な技工操作の省略、高精度の印象採得を可能とし、アバットメント形態のデザインの違いがインプラント周囲骨の応力分布に与える影響を解明することによって、機能時のインプラント周囲骨の応力分布を術前にシミュレーション可能となり、インプラント体周囲骨への過大な応力分布や補綴装置の破折リスクを回避した上部構造形態の設計が可能となる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、個々の患者に対して、コンピュータ上でシミュレーションを行うことにより、これまでになかった力学的・生物学的に理想となるインプラント上部構造形態を設計し、製作することが可能なシステムの開発を行うこととした。

3. 研究の方法

光学印象システムにより得られたインプラント体の位置姿勢に対する、三次元有限要素法での応力解析シミュレーションとインプラント上部構造設計を行うソフトウェアの開発を行い、応力解析シミュレーションにより設計したインプラント上部構造データを用いて、上部構造を製作する CAD/CAM システムの開発と、製作した上部構造の適合精度の検証を行う。続いて in vitro における応力解析シミュレーションの解析精度の検証を行ったのちに in vivo での応用の検証を行う。また、骨量の不足している症例に対して使用することが多くなってきているショートインプラントに関して、有限要素法にて応力解析を行い、周囲骨およびコンポーネントに分布する応力について検討した。

- 1) 三次元有限要素解析ソフトを用いて、長さが 6 mm と 13 mm のレギュラー幅径インプラント体と、長さ 6 mm のワイド幅径インプラント体のモデルを作製し、これらを上顎臼歯部欠損において、垂直的な骨量がある症例と不足した症例を想定した骨モデルに埋入した。後者において長さ 13 mm のインプラント体は上顎洞底挙上術後に埋入されているものとした。補綴装置に 150 N を負荷し、三次元有限要素解析を行った後、インプラント体頸部皮質骨での最大主応力の分布体積を比較することで、単独歯欠損においてインプラント体の長さやショートインプラントの幅径の違いが、また複数歯欠損においてインプラント体の長さやショートインプラントの幅径、埋入本数と補綴設計の違いがインプラント体頸部皮質骨に及ぼす力学的影響について検証した。
- 2) 三次元 CAD ソフト (SolidWorks2013 (DS SolidWorks Corp., USA)) を用いて、Internal connection (以下 IC)、External connection (以下 EC)、Conical connection (以下 CC) の三種類の解析モデルを作製した。上顎前歯部を想定した骨モデルにインプラント間の距離が 3 mm となるように 2 本のインプラントを埋入し、アバットメントに連結冠を装着した。連結冠の口蓋側から、歯軸に対して 45 度の角度で 176 N の静荷重を与えた。三次元有限要素法を用いて、アバットメント連結様式の差異が周囲骨とアバットメントに及ぼす力学的影響を比較検討した。

4. 研究成果

本研究は、これまでに研究代表者が開発した「インプラント光学印象システム」と、「三次元有限要素法による応力解析」を用いて、個々の患者に対して力学的・生物学的に理想となるインプラント上部構造を設計し、製作する「デジタルデザインシステム」を開発することを目的とした。本研究により、インプラント治療における印象採得から上部構造製作までを全てデジタル化できることに加えて、CAD/CAM システムに応力解析結果を反映させることができる。

平成 25 年度は、先の実験で開発したソフトウェアを用いて、アバットメントおよび上部構造の形態を決定し、シミュレーションにより設計した現有の CAD/CAM システムに転送し、製作するシステムの開発を行った。

また、骨量の不足している症例に対して使用することが多くなってきているショートインプラントに関して、有限要素法にて応力解析を行い、周囲骨およびコンポーネントに分布する応力について検討した。

- 1) ショートインプラントは、バイコルチカル獲得、またインプラント幅径の増加によりインプラント体顎部皮質骨への応力分布を減少させた。複数歯欠損においては、ショートインプラントは、欠損歯数と同数埋入し、上部構造を連結冠にて補綴することによりインプラント体顎部皮質骨への応力分布を減少させた。さらにインプラント幅径を増加させると、上部構造をブリッジにて補綴してもインプラント体顎部皮質骨への応力分布への影響は小さかった。以上より、上顎臼歯単独歯欠損においてショートインプラントを用いる際は、バイコルチカル獲得が可能であれば使用を回避する必要がないこと、骨幅が十分にあれば、幅径の大きいインプラント体を用いることが力学的により望ましいことが示唆された。上顎臼歯複数歯欠損においては、レギュラー幅径ショートインプラントを用いる場合、欠損歯数と同数をバイコルチカルを獲得して埋入し、上部構造を連結冠にて補綴することが力学的に望ましく、インプラント幅径の増加が可能であれば、ブリッジにて補綴することも力学的に有用である可能性が示唆された。

さらに、平成 26 年度は、応力解析モデルを増やし、インプラント-インプラント間の距離の違いによる応力分布や、一回法インプラントと二回法インプラントの違いによる応力分布について解析を行った。

- 2) インプラント間の歯槽骨に対する最大主応力とマイクロムーブメントは共に CC が最小値を示した。CC は補綴装置の構成要素で応力が分散されるため、骨まで到達する応力が減少すると考えられる。また、CC はインプラント-アバットメント間の滑りに抵抗する応力が働くため、マイクロムーブメントが減少すると考えられる。本研究結果から、上顎前歯部領域に 2 本の隣接するインプラントを埋入する際、インプラント間の歯槽骨の維持には CC が力学的に最適なアバットメントの連結様式である可能性が示唆された。

解析結果のみから、臨床での使用方法を決定することは、本実験では困難であるが、現在臨床において良好な成績を残している使用方法と比較することで、新たな使用方法の可能性も示唆された。これらの結果は、国内外の学術大会において成果発表を行い、有意義なディスカッションを行うことができた。今後も模型実験や臨床例を蓄積していく予定である。

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 4 件)

松岡隆、中野環、山西康文、小野真司、矢谷博文、上顎前歯部においてアバットメント連結様式が隣接するインプラント間の歯槽骨に及ぼす力学的影響、第 44 回日本口腔インプラント学会、2014 年 09 月 13 日、東京

森脇大善、中野環、山口哲、小野真司、矢谷博文、上顎臼歯部複数歯欠損におけるショートインプラントの埋入本数と補綴設計の違いが周囲骨に及ぼす力学的影響、第 44 回日本口腔インプラント学会、2014 年 09 月 13 日、東京

Hiroyoshi Moriwaki, Tamaki Nakano, Satoshi Yamaguchi, Yasufumi Yamanishi, Shinji Ono, Yasuyoshi Kobayashi, Satoshi Imazato, Hirofumi Yatani, Comparison of short implant with bicortical anchorage and 13mm length implant with sinus augmentation on bone stress distribution in maxilla. EA0 23rd Annual Scientific Meeting, 2014 年 09 月 26 日、ローマ(イタリア)

Takashi Matsuoka, Tamaki Nakano, Satoshi Yamaguchi, Yasufumi Yamanishi, Shinji Ono, Hirofumi Yatani, Effects of implant-abutment connection type on inter-implant stress and abutment micromovements: in silico study. Indonesia Japan Prosthodontic Society Joint Meeting 2014, 2014 年 10 月 31 日、バリ(インドネシア)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小野 真司 (大阪大学・歯学部附属病院・医
員)

研究者番号 : 50573739

(2)研究分担者
()

研究者番号 :

(3)連携研究者
()

研究者番号 :