

平成 21 年 12 月 28 日現在

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2007-2008

課題番号：19592221

研究課題名 (和文) ブリッジ支台歯の歯根破折防止のための補綴物に関する力学的検討

研究課題名 (英文) Study on dynamics in the prevention of root fractures in abutment teeth of the fixed partial denture

研究代表者

小林 國彦 (KOBAYASHI KUNIHICO)

北海道大学・北海道大学病院・講師

20142739

研究成果の概要：研究代表者がこれまで単独冠において歯根破折防止に有効であることを示してきた補綴方法をブリッジの支台歯に適用した場合の有効性について 3次元有限要素法を用いて検討することを目的に行った。3次元有限要素法では3次元モデルをいかに実態に忠実に作成するかが、解析の精度を上げるために必要である。本研究において、モデル化が困難な複根歯モデルをマイクロCT画像から作成する方法を確立した。今後の力学的解析にとって非常に有効と考えられる。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,700,000	810,000	3,510,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：歯冠補綴学、接着歯学

科研費の分科・細目：歯学・補綴理工系歯学

キーワード：ブリッジ、無髄歯、歯根破折、接着性レジン、支台歯形態

1. 研究開始当初の背景

頻度として有髄歯よりも無髄歯に見られることが多い歯根破折は、結果として保存が難しく抜歯になることが多いため、古くから問題とされてきた。その原因として、歯根象牙質とこれに装着したメタルコアの弾性係数の違いによる歯根への応力集中があげられている。研究代表者はこの弾性係数に着目

して、歯に加わる唯一の外力である咬合力を歯冠補綴物の中で分散、緩和して歯根に応力集中が起こりにくい支台歯形態と歯冠補綴物について検討を行ってきた。従来の歯冠補綴は接着性のない合着材によって装着するため、嵌合効力を得る目的で支台歯形態が決められていた。しかし、接着性レジンの登場によって、補綴物は嵌合効力がなくとも、接

着によって強固に支台歯に装着できるようになった。そこで、これまでの歯科用合金を中心とした支台築造、歯冠補綴ではなく、象牙質に近い弾性を持ったコンポジットレジンを多用することによって、咬合力の分散を図る独自のシステムを考案した。抜去歯を使用したシミュレーション実験の後、1999年度の科学研究費補助金を得て、より自由度の高い解析が可能な3次元有限要素法を用いる研究を開始した。その結果、小白歯において単独歯の場合、従来の補綴法よりも歯根に加わる応力が小さくなることを明らかにした。この実験系ではその後、ポストの必要性の是非、ポストの素材として、どのような弾性が求められるか等についても継続的に研究を進め、成果を発表してきた。

そこで、これらの研究をベースに、次のステップとして、より歯根破折の頻度が高いとされているブリッジの支台歯についての検討を行くことになった。しかし、1999年に導入したワークステーション、解析ソフトウェアでは処理能力が低く、単独冠が限界であったため、本研究の申請を行うに至った。

2. 研究の目的

これまで研究代表者が研究してきた歯冠歯質がほとんど失われた支台歯に対する新規歯冠補綴法を元に、臼歯部ブリッジにおける歯根破折を防止するために有効な支台歯形態、補綴物の構造・使用材料などを3次元有限要素法による応力解析を用いて理論的に明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 3次元モデルの作成

マイクロCT画像をもとに上顎犬歯、第2小臼歯を支台歯としたブリッジの3次元モデルを作成する。モデル作成技法が確立し、応力解析が終了したら、他部位のブリッジのモデルを作成する。支台歯は歯冠部の大半が欠損した残根状の支台歯とし、これに以下の補綴方法を設定する。

①従来型補綴法：メタルコア、レジンコアと全部被覆冠の組み合わせ

②新規歯冠補綴法1：咬合面を3歯連続の断面がT字型の厚さ1.5mmの金属とし、その下部をコンポジットレジンで作製する。既製ポストとして、ステンレススチールやファイバーポストを用いる。構造的にはいわゆるポストクラウンの形状をとっている。

③新規歯冠補綴法2：全体をコンポジットレジンで作製し、既製ポスト、補強用ファイバーを併用する。

(2) 3次元有限要素法による応力解析

3次元モデルに対して、咀嚼、ブラキシズムを想定した荷重を加えたときの支台歯における応力の分布を観察する。特に根管内の集中応力に着目して、各種歯冠補綴方法について比較、検討し、最適な材料定数なども検討する。

4. 研究成果

(1) 3次元モデルの作成

3次元有限要素法のシミュレーション精度を向上させる要件として、第1に精巧な3次元モデルの作成があげられる。本研究課題申請時の有限要素法ソフトウェアは従来から研究代表者が使用してきたANSYSであった。しかし、補助金交付が決まった11月の時点では、ANSYSの価格設定が変わり、導入が不可能となった。そこで、同様のソフトウェアを検討し、歯学の研究分野でもよく使われているMarcを導入することとなった。



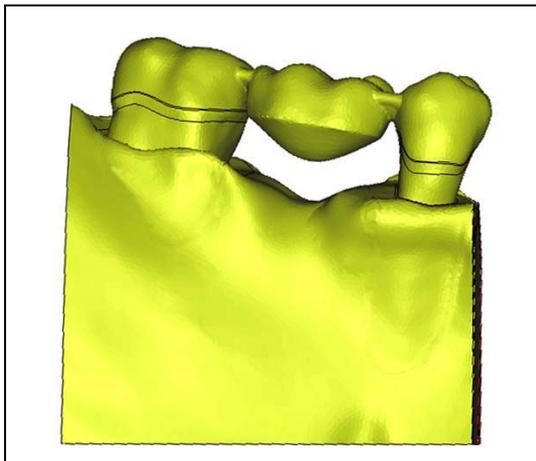
図1. Ansysにおける3次元モデル

以前の研究では、ANSYSはCAD機能が充実しており、モデル作成にはマイクロCT画像から座標をプロットし、これをコマンド入力の後、ブーリアン演算などを用いて、モデルを作成していた(図1)。今回の研究計画でも同様の方法でモデルを作成する予定であった。しかし、新規に導入したMarcは有限要素法解析の機能が非常に進化しているが、CADについては他のCAD専門のソフトウェア上で作成したモデルをインポートして使用することを前提とするものであった。そこで、3次元CADソフトウェアであるAutodesk Inventorを導入し、同様の座標データを使用してモデルの作成を試みた。しかし、このソフトウェアは機能的には高度のものを持っているが、工業製品の設計を目的としており、

歯槽骨を含めた歯の構造を座標データを用いてソリッドモデルに構成するのは非常に困難であった。

そこで、次に3次元モデル作成・編集ソフトウェアの Mimics に注目した。このソフトウェアはCT画像を読み込み、CT値をもとにモデル作成するもので、外科手術のシミュレーションなどに用いられている。Marcとのインターフェイスはないが、Marcと同じメーカーの3次元有限要素法ソフトウェア Nastran のファイルに変換した後に Marc に取り込むことができる。

当初の計画では複根歯の再現は難しいため、図1に示したようなモデルで上顎犬歯と第2小臼歯を支台歯としたブリッジモデルを作成する予定であったが、Mimics を用いることによって、より複雑な形態を精巧に再現することが可能となった。このため、臨床的に頻度の高い下顎第2小臼歯と第2大臼歯を支台としたブリッジに予定を変更した。Mimics 購入は不可能であるため、今回は Mimics を用いたモデル作成サービスを利用した。そのため、モデルはこの欠損形態のみである。



2. Mimics を用いた3次元モデル

モデルは下顎骨を含めたマイクロCTから第2小臼歯、第1、2大臼歯の部分を Mimics 上に読み込み、第1大臼歯をポンティックの形態に処理し、欠損部の骨形態を造形した。支台歯についてはエナメル質、象牙質、歯髄腔が再現されているため、この画像を編集して歯冠部の大半が欠損した残根状の支台歯とし、3種類の補綴方法を設定した。作業の効率化を図るために、3種類の補綴方法は基本的なモデルを1種類作成し、有限要素法解析の際に、材料定数を変えることによって対応できるようにした。(図2)。

Mimics を用いることによって今後、解析モデル作成の自由度が向上することが明らかになった。先にも述べたが、有限要素法解析

のようなシミュレーション実験ではモデルの精度が非常に重要な位置をしめるため、当初予定していたモデルよりも格段に精度が高いモデル作成ができたことは本研究における大きな成果である。本研究を更に発展させるために Mimics を中心とした科学研究費補助金の申請を行っている。

(2) 有限要素法解析

Mimics で作成した3次元モデルは Nastran のファイル形式で Marc に取り込まれる。しかし、そのまま取り込んでも、節点の重複やソリッド化などの問題が種々有り、修正を行ってきた。

当初は Ansys を用いてブリッジにおける新規歯冠補綴法と従来法の応力解析を行い、新規歯冠補綴法の有効性について検討する予定であった。しかし、機種変更により、3次元モデルの作成、モデルの Marc への取り込みまでにとどまった。今後継続発展させていく予定である。

新規補綴方法については現在、賛否両論があるが、国内外の接着歯学に関係する研究者の中では、大いに期待されている。今後、単独歯に関して行ってきた実験のように、応力解析によって歯根に加わる応力が軽減される新規歯冠補綴法がブリッジにおいても有効であることが明らかになれば、臨床応用にもつながる。そしてこれは歯の保存ということに大きく貢献することと考えている。

また、モデル作成と応力解析の方法を確立することによって、CT撮影は必要となるが、実際の臨床のケースにおいて補綴設計の支援システムになると考えられる。

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)

有限要素法解析が終了次第発表予定。

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計0件)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

○取得状況(計0件)

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小林 國彦 (KOBAYASHI KUNIHICO)
北海道大学・北海道大学病院・講師
研究者番号：20142739

(2) 研究分担者

黒江 敏史 (KUROE TOSHIHUMI)
北海道大学・北海道大学病院・助教
研究者番号：10333618

(3) 連携研究者

なし