

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 13 日現在

機関番号：32667

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24792117

研究課題名(和文) 応力解析を援用した FRC インプラントの設計・開発

研究課題名(英文) Stress and strain analysis of the bone-implant interface: A comparison of fiber reinforced composite and titanium implants utilizing 3D finite element study

研究代表者

新谷 明一 (Shinya, Akikazu)

日本歯科大学・生命歯学部・講師

研究者番号：60440054

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000 円、(間接経費) 990,000 円

研究成果の概要(和文)：グラスファイバー補強コンポジットレジジンインプラントの設計を目的とし、FRC 歯科用インプラント(FRC)と従来から用いられているチタン歯科用インプラント(チタン)の3D-FEモデルを製作し、荷重変形挙動の応力シミュレーションを実施した。結果、両者ともにインプラント頸部周囲骨に高い応力の集中が認められ、ひずみ分布ではチタンで認められた高い領域が、FRCでは認められなかった。また、水平方向の荷重に対しては、FRC、チタンともに骨内に認められた応力およびひずみの分布に大きな差は認められなかったものの、FRCではアバットメントでの大きな変位が認められた。

研究成果の概要(英文)：This study analyzed stress and strain mediated by two different implant materials, titanium (Ti) and experimental fiber reinforced composite (FRC) on the implant and on the bone tissue surrounding the implant. 3D finite element models constructed from a mandibular bone and an implant were subjected to a load of 50 N in vertical and horizontal directions. Maximum stress concentrations were located around the implant on the rim of the cortical bone in implants materials, Ti and overall stresses decrease toward the Ti implant apex. In the FRC implant, a stress value of 0.6-2.0 MPa was detected not only on the screw threads, but also on the implant surface between the threads. Clear differences were observed in the strain distribution between the materials. The vertical load stress range of the FRC implant was close to the stress level for optimal bone growth. Furthermore, the stress at the bone around the FRC implant was more evenly distributed than that with Ti implant.

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：グラスファイバー補強コンポジットレジジン FRC FEM 国際研究者交流 Finland 国際情報交換 Belgium Implant

1. 研究開始当初の背景

現在、歯科医療に対する国民の興味は保険診療に代表される対費用的なものから、自費診療にカテゴライズされる、より審美性と生体親和性の高い医療へと変化している。欧米社会では、国民健康保険などの医療支援がある国は少なく、医療費は個人負担が一般的である。しかし、それが国民の健康に対する意識を金銭的な面より向上させることにもなっている。その中で、日本においても歯科医療は従来からの虫歯治療とそれによって生じる硬組織の実質欠損を補う補綴治療とに対する患者ニーズの変化がみられる。具体的には多くの国民が、金銭的に高額な材料を使用し、より審美的で生体親和性の高い材料を求め、疾患への対処のみならず、美容的な処置を希望する傾向にある。また、近年増加傾向にあるアレルギーの問題に対しても歯科材料を改善・改良し、より多くの国民が安心して受けられる歯科医療の構築が急務である。新しい材料の誕生：そのような潮流の中で、安定した予後が予想でき、さらに高い審美性を再現可能な材料としてコンポジットレジン系材料がある。これは、レジンマトリックス中に無機材料であるフィラーを様々な状態にして混ぜることで、高い安全性と審美性を両立した材料であり、そのフィラーの種類や混合率で様々な特性を付加できるという、無限の可能性を有した材料である。しかし、すべての欠損補綴に對できるとは考えづらく、入れ歯やブリッジ、インプラントなど比較的大きな装置に应用する場合には、何らかによる補強が必要となる。その補強材に必要な要素には生体親和性が高く、コンポジットレジンの審美性を阻害しないで、接着することなどがあげられる。これらのことを考慮すると、最近ではガラス繊維（グラスファイバー）による補強（FRC）が有効であるという報告が多くみられる。工業界でレジンの補強材料として多く用いられるグラスファイバーはガラスであるため生体親和性が高いと同時に軽量で高強度である。また、古くから工業界で研究されているため、グラスファイバーとレジンとのなじみや接着に関する基礎的研究も多く、歯科材料への応用は比較的容易であると考えられる。

より安全で幅広い臨床応用に必要な“補強材”：工業界でFRCが誕生したときのキャッチフレーズは「鉄より強くアルミより軽い」であった。なかでも、初期段階よりグラスファイバーが多く用いられた。なぜならば、ガラスは板状の場合は脆くて弱い、細い繊維状に加工することによってその強さを上げることができるからである。つまり、ガラスのような脆性材料は、キズが破壊につながるのである。そこで、ガラスを小さくしたり細くしたりすることで、亀裂の影響が小さくなり、単位断面積辺りの強度を大きくすることができる。歯科界での初期の研究はいまから40年前にも遡り、当時はレジン床の補強

などに利用された。現在では、大きな修復装置に対しても、FRCを施すことにより金属フレームを排除できるか思考されている。FRCの研究に関する報告も多くみられ、製作において鑄造の行程がないことから補綴装置の製作が簡便であり、セラミックスと同等の曲げ強さを有し、さらにセラミックスよりも大きなひずみを許容できるという特徴を持つことなどが明らかになった。また、グラスファイバーは透明な色調を持ち、光の透過性に優れていると考えられ、自在な色調再現性を可能とする。しかし、金属と材料特性が大きく異なるファイバーは、適切な材料選択や合理的な設計が達成されなければ、理想的な補強効果が得られず、逆にエラーを招く結果となる。FRCは繊維とマトリックスを組み合わせた材料で、それらは不均質な材料である。その不均質さを上手く利用することで、材料の性質を大きく変えることが可能となり、それぞれの条件に合った材料の設計ができる。しかし、ここで一つ重要な“落とし穴”が存在する。繊維複合材料は、その繊維の種類や量、角度、方向、長さなどによって、その性質が大きく変化する。よって、単純に“補強材”といってもその特性は同じではなく、それぞれに大きな違いが存在する。言い換えれば、“FRC=ファイバー補強”と一般的に大きく括りきれない広い範囲の特性が見られるのであり、その特徴を踏まえて設計に望まない限りは、繊維補強効果の恩恵を受けることは難しい。

2. 研究の目的

本研究では、異方性材料であるグラスファイバー補強コンポジットレジンインプラントの力学的に合理的で個々の患者専用の設計を目的とし、有限要素法（以下、FEM）を用いて構造力学的検討を行った。FRC歯科用インプラント（FRC）と従来から用いられているチタン歯科用インプラント（チタン）の3D-FEモデルを製作し、荷重変形挙動の応力シミュレーションを実施した。

3. 研究の方法

まず、予備実験としてFRCの材料特性を三方向の材料特性の計測、解析対象と想定する部位のCT撮影と3DCTデータの構築を行った。予備実験から得られた3DCTデータを三次元可視化プログラム“ミミックス”にて画像データに変換し、そのデータを要素分割プログラム“アンシス ICEM”へとインポートしたのち、メッシングを行い有限要素モデルと作成した。その後、汎用有限要素法解析プログラム“アンシス”にデータを読み込ませ、それぞれの材料に適切な材料特性を設定し、それぞれFRCとTiによって構成されたインプラントを有する2つの3D FEモデルを完成させた。両者のモデルに対して、50Nのインプラントに対して垂直方向からと水平方向からの荷重を設定し、応力解析を行った。結果は応力分布とひずみ分布とでその分布状況を評価し、FRCとTiの骨における力の分布

を評価した(図1)。

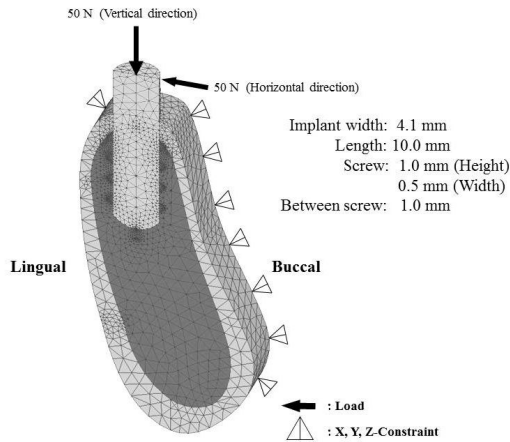


図1 3D FEモデルと境界条件

4. 研究成果

骨に生じた力学的挙動はチタンとFRCともにインプラント頸部の緻密骨に高い応力の集中が認められた(図2)。

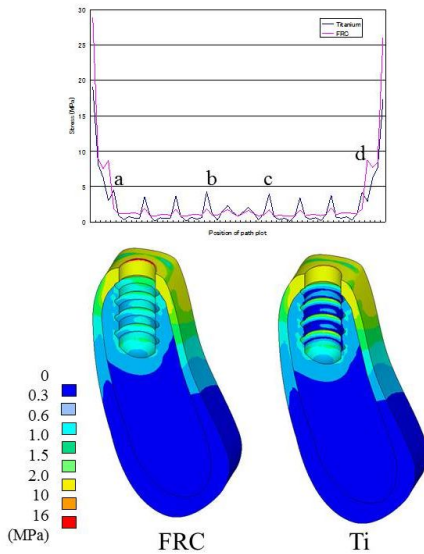


図2 垂直荷重時の応力分布とその値

チタンでは応力と同じ部位に高い分布を示したひずみが、FRCではインプラント体ネジ部に移行しており、インプラント周囲骨に高いひずみの集中は認められなかった(図3)。

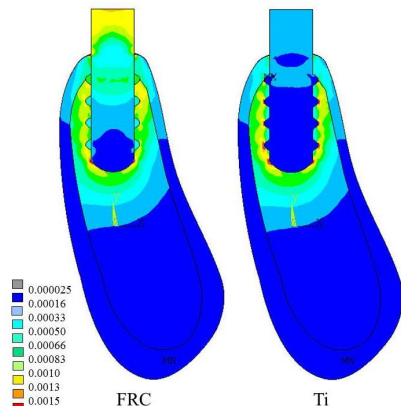


図3 垂直荷重時のひずみ分布

インプラントに対して水平方向の荷重に対しては、FRC、チタンともに骨内に認められた応力およびひずみの分布に大きな差は認められなかったものの、FRCではアバットメントでの大きな変位が認められた(図4, 5)。

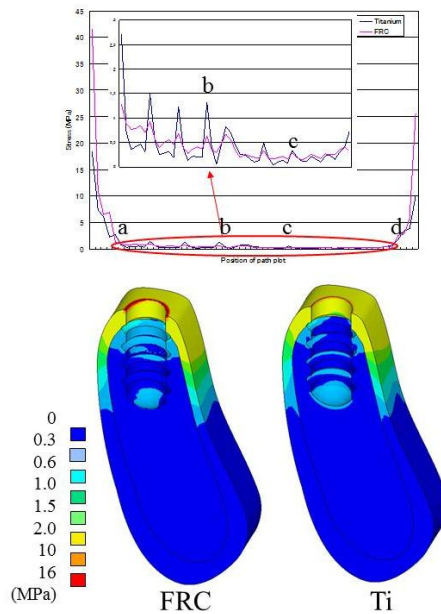


図4 水平荷重時の応力分布とその値

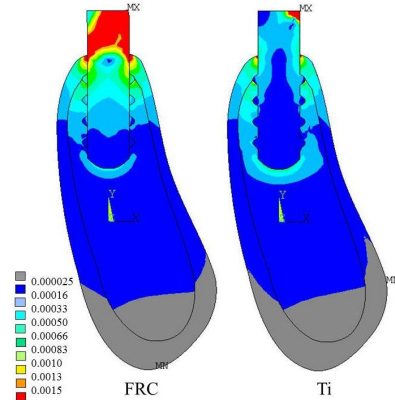


図5 水平荷重時のひずみ分布

また、骨の固さが異なる条件においても、すべての条件で同様の傾向が認められた。上記の結果から、固く密度の高い骨ではチタンが力学的に優位な状態となり、柔らかく密度の低い骨に対しては緩慢な力学的状態が認められたFRCが優位ではないかと考えられ、FRCは従来から用いられているチタンに対して異なる力学的状況を生じさせる可能性を有すると考える。よって、現在ではインプラント治療に際し、材料の選択肢はチタン一つであったが、患者の骨の状況によってはより有効な選択肢の一つになりえるともいえる。超高齢社会を迎えた現在、インプラント治療の必要性は高齢者に対しても求められていくと考えられる。高齢者においてはその骨密度の低下が懸念されているが、従来で

は悪い条件とされてきた柔らかい骨に対して、本研究の結果が新しい治療オプションとなることを期待する。

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 2 件)

1. Akikazu Shinya, Soichi Kuroda, Hiroki Hase, Kenichi Shimizu, Daiichiro Yokoyama, Lippo Lassila, Akiyoshi Shinya, Pekka Vallittu. Stress distribution of bone around FRC implant vs. titanium implant. 2nd Meeting of the international association for dental research asia pacific region. 2013; program and abstract book #158:48.

2. 新谷明一. 接着を活かす歯冠修復メタルフリー補綴装置接着の留意点. 平成 25 年度第 32 回日本接着歯学会学術大会. 平成 25 年 12 月 1 日(日). 接着歯学 2013; 31:90

〔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〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

新谷明一 (Shinya Akikazu)
日本歯科大学, 生命歯学部, 講師
研究者番号: 60440054

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: