

令和 5 年 6 月 15 日現在

機関番号：12602

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2022

課題番号：17K17155

研究課題名(和文) 単一構造型FRCを用いた新しい支台築造方法の開発

研究課題名(英文) Novel abutment post-core construction using single-structure FRC

研究代表者

永田 浩司(Nagata, Kohji)

東京医科歯科大学・歯学部・非常勤講師

研究者番号：00793043

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：従来型ガラス繊維補強型コンポジットレジン(FRC)は歯牙に負担の少ない歯台築造方法として広く臨床で応用されているが、機械的強度が不足しておりその適応症が限られている。本研究では、新たに開発された単一構造FRCを用いて、歯根破折のリスクを最小限とし、且つ支台装置自体の破壊抵抗性に優れた支台築造方法を開発することを目的とする。

支台築造を行なった3次元有限要素歯根モデルを構築し、様々な支台築造デザイン、周囲歯槽骨レベルを変化させ、築造体および残存歯質応力分布の変化を比較検討した。診断および治療計画に有限要素解析を併用することで、歯根破折に対する抵抗性を考慮した築造設計が可能となると考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

歯根破折は抜歯診断に至る主な原因の一つであり、根管治療後の支台築造は、歯根破折に最も影響する治療過程である。単一構造FRCを用いた歯台築造方法により、従来よりも機械的強度が不足を補い、限られていた適応症の拡大が望まれる。これにより、これまで保存が困難で抜歯が余儀なくされた支台歯、特に残存歯質が少なく、さらに骨吸収が進んだ弱体化した支台歯においても、有限要素法を用いた解析を併用して補綴設計を行うことで、歯根破折のリスクを最小限とし、補綴治療の長期予後に貢献できる可能性がある。

研究成果の概要(英文)：The applications of single-structure fiber-reinforced composite (FRC) in restorative dentistry have not been well reported. The purpose of this study was to investigate single-structured FRC post-core constructions that minimize the risk of root fracture and have excellent fracture resistance of the post-core itself.

We constructed three-dimensional finite element abutment tooth models with some types of post-core constructions. By changing various post-core designs and surrounding alveolar bone levels, stress distribution changes in fiber posts and roots were compared and examined. Post-core constructions using a single-structured FRC may contribute to more effective prosthetic treatment by combining planning and design with finite element analysis.

研究分野：補綴歯科学

キーワード：ガラス繊維補強型コンポジットレジン 支台築造 有限要素解析 単一構造FRC

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

歯科治療の発展及び予防歯科の普及に伴い、歯牙喪失に至るケースは劇的に減少してきている。う蝕治療や歯周病治療を適切に施された歯において、歯の喪失理由で最も多いものは歯髄処置を施された歯の歯根破折と報告されている。失活歯髄歯の支台築造方法に関しては様々な議論がなされているが、未だ系統だった歯台築造方法は確立されていない。

接着技術の発展による従来型ガラス繊維補強型コンポジットレジン(FRC)の支台築造の台頭に伴い、金属鑄造築造体と比較すると歯根破折は減少した。これは、支台築造体の弾性率が象牙質に近似していることに起因すると考えられている。しかしながら、従来型 FRC はコンポジットレジンとガラス繊維束の複合体であり、従来型 FRC 内部で破壊が起こり、歯根破折を避けることができるものの、築造体としての機械的な所要性質を満たすことはできず、支台築造に用いられる適応症は限られていた。

単一構造型 FRC は従来型 FRC 材料の欠点である複合材料であるという点を完全に払拭するものである。本研究では2種類の単一構造型 FRC を用い、ガラス繊維を均質に埋入したコンポジットレジンブロックを製作し、それを CAD/CAM により築造体を製作する方法 (a-FRC) と、ショートガラス繊維補強型コンポジットレジン(s-FRC)を用いた築造体の製作も試みることにする。単一構造型 FRC を支台装置に用いることで、従来の複合型の FRC の欠点を克服した支台築造体強度を確保した上で、歯根破折のリスクを抑えることが可能であると考えた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、新たに開発された単一構造 FRC を用いて、歯牙に優しく且つ機械的強度に優れた支台築造方法を開発し、根管治療後の歯牙に対する補綴治療にパラダイムシフトを起こすことである。

3. 研究の方法

(1) 有限要素解析を用いた支台築造および歯根の応力分布

支台築造を行なった3次元有限要素歯根モデルを構築し、様々な支台築造デザイン、周囲歯槽骨レベルを変化させることで、荷重時のファイバーポストおよび残存歯質に生じる応力分布を算出し、比較検討した。支台歯は残存歯質が少なく長期予後が困難な漏斗状根管を想定し、フェルールの有無、ポストの長さ、周囲骨吸収の異なるモデルとし、支台築造材料は FRC 補強のないコア用レジンと2種類の単一構造型 FRC を想定した弾性率を採用した^{1,2}。

(2) 単一構造 FRC を用いた歯冠修復装置の破壊挙動の評価

2種類の単一構造 FRC を用いて製作した部歯冠修復物に静的荷重試験を行い、その破壊挙動を評価することとした。歯冠修復物の材料はコンポジットレジンとセラミック、単一構造 FRC より製作した。破壊荷重と破壊モードを記録し、破壊に至るまでの荷重曲線を分析した(図2)。

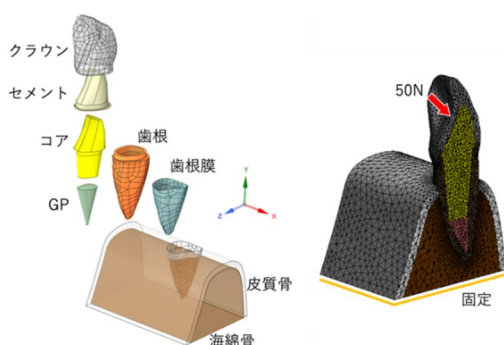


図1 有限要素解析モデル (a) と荷重条件

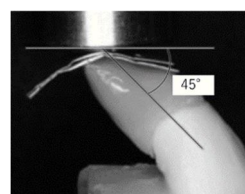


図2 破壊試験

4. 研究成果

(1) 有限要素解析を用いた支台築造および歯根の応力分布

・ポスト長さの比較〔骨吸収少ない場合〕

骨吸収が少なく、歯根 2/3 以上が骨内に埋まっている場合、ポストが長い方が口蓋側歯根面の種応力の集中は少なく抑えられるが、短くても明らかな違いは認めなかった。一方で、フェルールがない場合、築造体付近の歯根面および築造体に著しい応力集中を認めた(図3)。

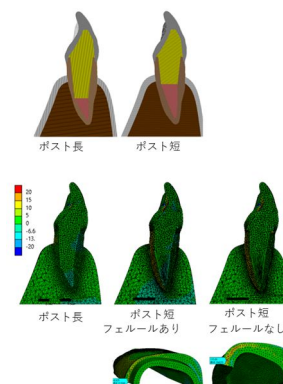


図3 異なるポスト長とフェルールの有無の比較

・ポスト長さの比較〔骨吸収大きい場合〕

骨吸収が少なく、骨内に埋まっている歯根の長さが歯根 1/2 以下の場合、ポストが短く皮質骨上面レベルの方が、皮質骨よりも下方に伸びた長いポストよりも歯根面の応力集中が少なかった。これは予想と反する結果であったが、ポスト先端の残存歯質が薄かったこと、ポストで補強されている部位とされていない部位の境界の位置と皮質骨との関係が密接にかかわっているものと考えられた（図 4）。

・支台築造体の比較

象牙質よりも弾性率の低い non-FRC から弾性率の高い a-FRC と高くなるにつれて、主応力はコアに集中し、接する象牙質の主応力は減少した。一方で、コアの裏打ちがない歯質への応力集中は増加する傾向があった。前述同様、ポストで補強されている部位とされていない部位の境界の位置と皮質骨との関係が密接にかかわっているものと考えられた（図 5）。

有限要素解析で得られる応力値の解釈として、弾性率の高い物質に応力集中が起こされやすく、高い弾性率を有する aFRC の応力集中が高くなるのは当然であるが、値だけでなく材料の破壊強度を考慮する必要がある。また、残存歯質と骨レベルの量に応じて応力の集中は異なるため、各支台歯に応じて適切な築造デザインや材料が異なることを示している。よって、診断および治療計画に有限要素解析を併用することで、歯根破折に対する抵抗性を考慮した築造設計が可能となることが示唆された。

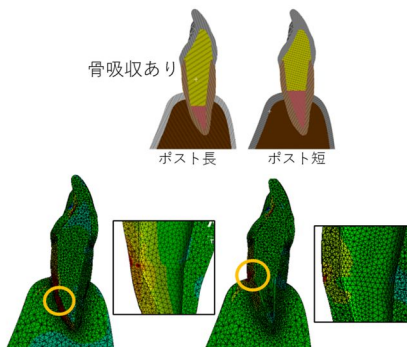


図 4 骨吸収時の異なるポスト長での比較

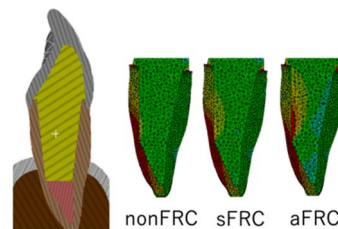


図 5 異なる築造体での比較

(2) 単一構造 FRC を用いた歯冠修復装置の破壊挙動の評価

sFRC を用いた修復物は CAD/CAM 用単一構造 aFRC を用いた修復物よりも高い破壊抵抗性を示した。また、コンポジットレジンやセラミックで製作された修復物では脆性的な破壊を示したのに対して、単一構造 FRC 修復では局所的な粉砕破壊も認められた（図 6）。

本研究で用いた aFRC は比較的長いガラスファイバーを用いるものの切削加工で切断させるのに対し、sFRC のガラスファイバーは短いものの、手作業での築盛により繊維配向が修復物表面と並行になることにより、より高い破壊耐性を示したと考えられた³⁾。

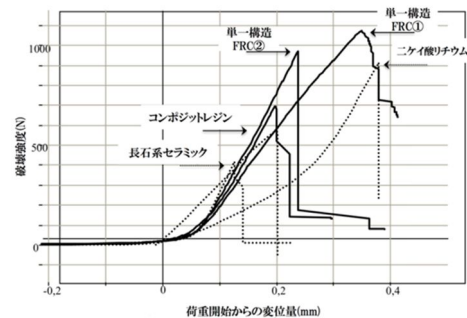


図 6 荷重 歪み曲線

これらのファイバー特有の破壊挙動を有限要素解析で再現することは困難である。しかしながら、残存歯質、支持骨、築造体、修復材料、セメントという複合材料の設計において、基礎的なデータの蓄積により、歯根破折に対する抵抗性を考慮した築造設計の最適化が可能となることが考えられる。

5. 文献

- 1) Garoushi S, Säilynoja E, Vallittu PK, Lassila L. Physical properties and depth of cure of a new short fiber reinforced composite. Dent Mater 2013; 29: 835-41.
- 2) Yoshii S, Garoushi S, Kitamura C, Vallittu PK, Lassila LV. Evaluation of New Hollow Sleeve Composites for Direct Post-Core Construction. Materials (Basel, Switzerland) 2021; 14.
- 3) Nagata K, Garoushi SK, Vallittu PK, Wakabayashi N, Takahashi H, Lassila LVJ. Fracture behavior of single-structure fiber-reinforced composite restorations. Acta biomaterialia odontologica Scandinavica 2016; 2: 118-24.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 UCHIKURA Keiichiro, MURAKAMI Natsuko, YAMAZAKI Toshiki, LYU Huaxin, NAGATA Kohji, ONA Masahiro, IWASAKI Naohiko, TAKAHASHI Hidekazu, WAKABAYASHI Noriyuki	4. 巻 41
2. 論文標題 Fracture resistance of CAD/CAM restorative materials in mismatched removable partial denture rests: An <i>in vitro&/i>; experimental and finite element analysis	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Dental Materials Journal	6. 最初と最後の頁 466 ~ 472
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4012/dmj.2021-224	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 永田浩司
2. 発表標題 インプラント治療時の戦略的抜歯 既存補綴装置の改変と追加埋入の考え方
3. 学会等名 日本補綴歯科学会第131回学術大会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 内倉慶一朗, 村上奈津子, 山崎俊輝, 呂 華馨, 永田浩司, 岩崎直彦, 高橋英和, 若林則幸.
2. 発表標題 レストシートを付与したCAD/CAM用歯冠修復材料の破折抵抗性の分析
3. 学会等名 日本歯科理工学会 秋期第78回学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 内倉慶一朗, 村上奈津子, 山崎俊輝, 永田浩司, 小奈正弘, 岩崎直彦, 高橋英和, 若林則幸
2. 発表標題 レストの接触状態がCAD/CAM材料の破折挙動に与える影響
3. 学会等名 第74 回日本歯科理工学会学術講演会, 長崎大学文京キャンパス
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------