

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：12602

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K09973

研究課題名（和文）残存歯質保護を考慮した次世代高強度メタルフリー支台築造の検討

研究課題名（英文）Study of high-strength metal-free foundation restoration considering protection of remaining dentin

研究代表者

駒田 亘（Komada, Wataru）

東京医科歯科大学・大学院医歯学総合研究科・准教授

研究者番号：10447493

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：金属を使用しないコンポジットレジン支台築造では歯の根元に力が集中します。これまでの支台築造にあまり使用されていなかった二ケイ酸リチウムガラスセラミックや新規に開発したジルコニアチューブをコンポジットレジン、グラスファイバーポストと組み合わせて使用することにより、歯の根元に力が集中することを回避し、高い強度を有したメタルフリー支台築造が可能となりました。

研究成果の学術的意義や社会的意義

金属アレルギーの問題、金属価格高騰の問題から金属不使用の歯科治療方法の開発は有用となる。これまで支台築造にあまり使用されてこなかった二ケイ酸リチウムガラスセラミックスやジルコニア（ジルコニアチューブ）を既存のコンポジットレジンやグラスファイバーポストと組み合わせて使用することで、歯頸部応力集中を回避し、高強度メタルフリー支台築造が可能であることを示した。

今後はブリッジの支台歯としての応用も見込まれ、メタルフリー歯科治療の発展に寄与できる。

研究成果の概要（英文）：Endodontically treated teeth restored using resin composites increase the stress concentration at the cervical area.

We investigated two types of foundation restoration methods without metal materials using ceramics and composite resin with improved strength in the cervical area. One method was that teeth with flared root canals could be reinforced by using a combination of a resin composite and lithium disilicate ceramic. Another one was that the zirconia tube reinforcing the cervical area in endodontically treated molars. Two methods were evaluated in model experiments. Reinforcement of flared root canals using a combination of resin composite for the core and lithium disilicate ceramic for the post was superior to resin composite and glass fiber in mechanical properties when restoring the single crown. The zirconia tube significantly reinforced the cervical area in the buccal and lingual roots of an endodontically treated model molar restored using a composite resin core.

研究分野：歯科補綴学

キーワード：支台築造 メタルフリー 漏斗状根管 ジルコニア ニケイ酸リチウムガラスセラミックス

## 1. 研究開始当初の背景

メタルフリー支台築造を行う場合、グラスファイバーポスト、コンポジットレジンを組み合わせた術式が現在では主流となっている。しかしながら残存歯質が少ない症例、特にブリッジの支台歯としてのこの手法を用いる場合、機械的強度に不安を抱えながら補綴治療を行うことがある。先行研究では漏斗状根管をコンポジットレジンで根管壁象牙質を補強した後、鑄造支台築造を行う事で支台歯としての高い機械的強度を生み出すことが出来る事を明らかにしてきた。

本研究ではメタルフリー治療を念頭に置いて金属に置き換わる材料として歯冠修復装置に用いられるジルコニア、二ケイ酸リチウムガラスセラミックに注目した。セラミック単体を築造体として用いるのではなく、セラミック材料とコンポジットレジンとを組み合わせることで残存歯質を保護し、かつ強度を持たせた次世代メタルフリー支台築造術式の確立を目指した。

## 2. 研究の目的

### 1) 研究 1

漏斗状根管に対しコンポジットレジンを用いて根管壁の補強を行い、二ケイ酸リチウムガラスセラミックスを使用した築造体して支台築造を行なった支台歯の破壊抵抗性を明らかにすることを目的とした。

### 2) 研究 2

大きな髓腔を有する大白歯において円筒状のジルコニア（新規開発ジルコニアチューブ）を用いたコンポジットレジン支台築造が歯頸部の応力集中に対する抵抗性を向上させるとの仮説を立て、モデル歯を用いて荷重時のクラウンと歯根の歯頸部の表面ひずみの減少効果を明らかにすることを目的とした。

## 3. 研究の方法

### 1) 研究 1

月齢 30 か月以上の抜去牛歯を下顎小白歯に模倣して加工した歯根を用いた。築造法により 4 種類の実験群に設定した。コンポジットレジンのみによる支台築造 (RC) 群、グラスファイバーポストを併用したコンポジットレジン支台築造 (FRC) 群、二ケイ酸リチウムガラスセラミックスのみによる支台築造 (LD) 群、残存歯質をコンポジットレジンで補強し二ケイ酸リチウムガラスセラミックスを使用した支台築造 (RLD) 群。各実験群の試料数は 10 とした。二ケイ酸リチウムガラスセラミックス支台築造は加圧成形用セラミックスを用いて間接法で作製した。モールドを用いて規格化されたワックスパターンを作製し、加工用焼成炉で加圧形成した。RLD 群については築造用コンポジットレジンを経管内に注入し、分離材を塗布した光透過性アクリル棒 (1.0mm) を経管内中央に挿入し光照射し作製補強した。アクリル棒を撤去した後、ダイヤモンドポイントを用いて築造窩洞形成を行なった。LD 群、RLD 群では二ケイ酸ガラスセラミックス支台築造体はレジンセメントを用いて合着を行なった。ダブルスキャン法を用いてクラウンの設計を行い、クラウンの最小厚みは 0.5 mm、セメントスペースはマージン部から 1 mm 上部まで 0 μm、それより上部は 80 μm と設定した。半焼結体のジルコニアディスクからモノリシックジルコニアクラウンを作製した。

それぞれの実験試料にレジンセメントを用いて合着した。その後、試料を疑似歯根膜として用いたシリコン印象材を介してアクリルレジンに包埋した。万能試験機を使用し、圧子 (直径 2.0mm) で歯軸に対し 45 度の方向から荷重を加えた。下顎小白歯の機能咬頭である頬側咬頭内斜面を荷重点とした。クロスヘッドスピード 1.0 mm/分で破壊が発生するまで荷重を加えた。最大荷重値を測定し、破壊様相の観察を行った。得られた最大荷重値を破壊抵抗値とし、一元配置分散分析および Tukey HSD 法を用いて多重比較を行なった。さらに破壊荷重を従属変数、支台築造体の材料を独立変数に設定し回帰分析を行なった。また、破壊様相の分析には Fisher の直接確率検定を使用した。有意水準は 0.05 とした。

### 2) 研究 2

支台築造窩洞形態が付与された下顎大白歯のメラミン歯をマスターモデルとして、支台築造用コンポジットレジンにて複製してモデル歯とした。ジルコニアチューブは従来型 Tetragonal Zirconia Polycrystal (TZP) の粉末を一軸加圧成形により円柱状に加工し、その後回転切削器具を用いて円筒状にした。1450 °C で 2 時間焼結することで外径 5.0 mm、高さ 5.0 mm、厚さ 0.7 mm のジルコニアチューブを作製した。モデル歯に以下の 3 種類の支台築造を行った。コンポジットレジン支台築造: composite resin core (RC) 群、ファイバーポスト併用コンポジットレジン支台築造: composite resin core with fiber posts (FC) 群

群, ジルコニアチューブ併用コンポジットレジン支台築造: composite resin core with a prefabricated zirconia tube (ZC) 群. 各実験群の試料数は8とした.

ダブルスキャン法を用いてクラウンの設計を行った. クラウンの最小厚みは0.5 mm, セメントスペースはマージン部から1 mm 上部まで0 μm, それより上部は80 μmに設定した. 半焼結体のジルコニアディスクからモノリシックジルコニアクラウンを作製し, レジンセメントを用いて支台築造後のモデル歯に合着した. その後, 4枚の単軸ひずみゲージをクラウンと歯根の頬舌側歯頸部に各1枚を貼付した. シリコン印象材を疑似歯根膜として用いて, モデル歯をアクリルレジンに包埋した.

万能試験機を使用し, 下顎大臼歯の機能咬頭である頬側咬頭内斜面および中心窩に, 咀嚼力を想定した200 Nの静荷重を圧子でクラウン咬合面に垂直に負荷した. 測定したひずみの正の値は歯頸部の表面での引っ張り応力, 負の値は圧縮応力を示す. 得られたデータを荷重点とひずみゲージごとにKruskal-Wallis 検定ならびにMann-WhitneyのU検定(ボンフェローニ法によるP値調整)による群間比較を行った. 有意水準は0.05とした.

#### 4. 研究成果

##### 1) 研究1

RLD群の破壊強度は他の群よりも統計的に有意に高かった. 回帰分析の結果, 築造体の外側部に二ケイ酸リチウムセラミックスを使用した場合では, コンポジットレジンを使用した場合よりも統計的に有意に破壊強度が低く, 内側部に二ケイ酸リチウムセラミックスを使用した場合では, コンポジットレジンを使用した場合よりも統計的に有意に破壊強度が高かった(図1). 破壊様相分析の結果, ほぼ全ての試料で歯根破折が生じた. 全ての群間で統計的な有意差は認められなかった(表1).

漏斗状根管を有する歯において, コンポジットレジンを用いて根管壁を補強して二ケイ酸リチウムセラミックスを用いる支台築造は, コンポジットレジン単独, またはグラスファイバーポストとコンポジットレジンを用いる場合よりも支台歯の破壊抵抗が高いことが明らかになった.

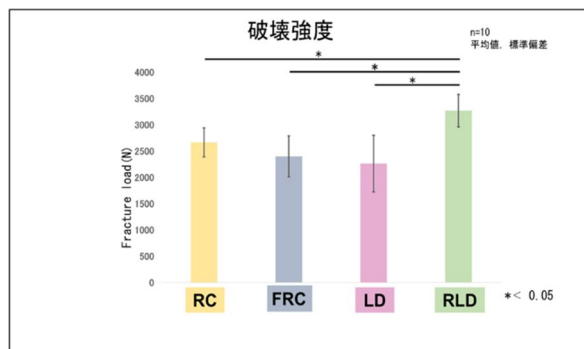


図1. 破壊強度

破壊様相	
実験群	歯根破折
RC	10 (100%)
FRC	10 (100%)
LD	10 (100%)
RLD	8 (80%)

表1. 破壊様相

##### 2) 研究2

頬側咬頭内斜面荷重時には, クラウン頬側と歯根頬側で圧縮ひずみを示し, 歯根舌側では引張ひずみを示す傾向が見られた. 中心窩荷重時には, クラウン頬舌側と歯根舌側において圧縮ひずみを示す傾向が見られた(図2, 3).

統計解析の結果, 頬側咬頭内斜面への荷重時には, クラウン頬側においてZC群の表面ひずみはRC群より有意に小さく(P<0.05), 歯根頬舌側においてZC群の表面ひずみはRC群とFC群より有意に小さかった(P<0.05). 中心窩への荷重時には, 歯根舌側においてZC群の表面ひずみはFC群より有意に小さかった(P<0.05).

モデル歯を用いて表面ひずみの大きさの相対比較を行った結果, 新規開発したジルコニアチューブはコンポジットレジン支台築造を行った大臼歯歯根の頬舌側歯頸部を効果的に補強したが, クラウン歯頸部の補強効果は小さいことが明らかになった.

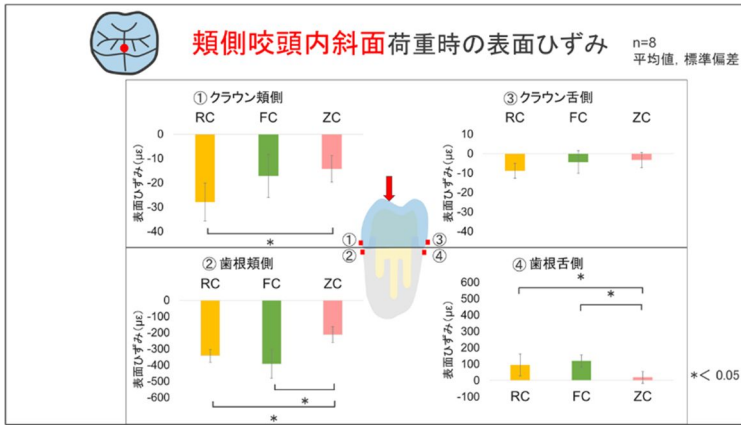


図 2. 頬側咬頭内斜面荷重時の表面ひずみ

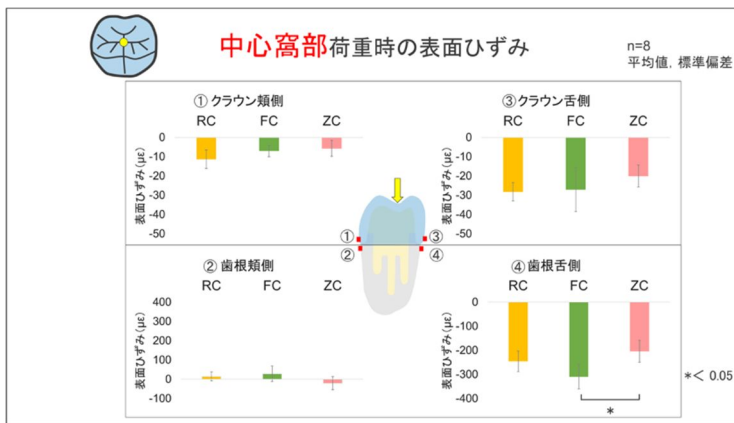


図 3. 中心窩荷重時の表面ひずみ

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Oishi Shinya, Komada Wataru, Tsukahara Ruri, Yoshimatsu Shu, Kondo Daiki, Omori Satoshi, Nozaki Kosuke, Miura Hiroyuki, Fueki Kenji	4. 巻 67
2. 論文標題 A composite resin core with a new zirconia tube reduces the surface strain at the cervical area of a mandibular molar: A model tooth study	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Prosthodontic Research	6. 最初と最後の頁 70~76
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2186/jpr.jpr_d_21_00243	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 -

1. 著者名 Tsukahara Ruri, Komada Wataru, Oishi Shinya, Yoshimatsu Shu, Miura Hiroyuki, Fueki Kenji	4. 巻 電子掲載
2. 論文標題 Fracture strength of flared root canals reinforced using different post and core materials	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Prosthodontics	6. 最初と最後の頁 掲載予定
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jopr.13616	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 -

1. 著者名 Oishi Shinya, Komada Wataru, Tsukahara Ruri, Yoshimatsu Shu, Kondo Daiki, Omori Satoshi, Nozaki Kosuke, Miura Hiroyuki, Fueki Kenji	4. 巻 電子掲載
2. 論文標題 A composite resin core with a new zirconia tube reduces the surface strain at the cervical area of a mandibular molar: A model tooth study	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Prosthodontic Research	6. 最初と最後の頁 掲載予定
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2186/jpr.JPR_D_21_00243	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4件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 近藤大貴, 駒田 亘, 大石晋也, 笛木賢治
2. 発表標題 小白歯におけるジルコニアチューブによる歯頸部補強効果を考慮した支台築造法の検討
3. 学会等名 日本補綴歯科学会第132回学術大会 - 設立90周年記念大会 -
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大石晋也, 駒田 亘, 塚原瑠里, 吉松 秀, 野崎浩佑, 大森 哲, 三浦宏之
2. 発表標題 大白歯におけるジルコニアチューブによる歯頸部補強効果を考慮した支台築造法の検討
3. 学会等名 日本補綴歯科学会 第130回学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S. Yoshimatsu, W. Komada, R. Nemoto, S. Oishi, R. Tsukahara, S. Omori. K. Nozaki
2. 発表標題 Effect of Glass Fiber Sleeve for Reinforcement of Flared Root.
3. 学会等名 The 69th Annual Meeting of Japanese Association for Dental Research (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S. Oishi, W. komada, D. Kondo, R. Tsukahara, S. Yoshimatsu, Y. Yokosuka S. Omori, K. Nozaki, H. Miura
2. 発表標題 The Influence of Zirconia Tube for Stress in Endodontically-Treated Molar
3. 学会等名 The 69th Annual Meeting of Japanese Association for Dental Research (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 歯科用支台築造用部材及び製造方法	発明者 駒田 亘, 大石 晋也	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-079105	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔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
研究協力者	大石 晋也  (Oishi Shinya)		
研究協力者	塚原 瑠璃  (Tsukahara Ruri)		
研究協力者	近藤 大貴  (Kondo Daiki)		

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