

令和 6 年 6 月 9 日現在

機関番号：32650

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2023

課題番号：21K17000

研究課題名（和文）エンジニアリングプラスチック製ポストの臨床応用に向けた基礎的研究

研究課題名（英文）Basic research for clinical application of engineering plastic posts

研究代表者

染屋 智子（SOMEYA, Tomoko）

東京歯科大学・歯学部・講師

研究者番号：60801470

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：エンジニアリングプラスチック（PEEK）で歯科用ポストを製作し、支台築造用コンポジットレジン（CR）との維持力や維持力向上に寄与する前処理について調査した。その結果、PEEKに対してサンドブラスト処理を行うとPEEKとCRとの維持力を向上させることが明らかとなった。また支台築造後の最終補綴に用いるCAD/CAMブロックガラスセラミックスの微細構造や結晶構造はエナメル質との摩耗挙動に影響することが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

CAD/CAM技術で製作したエンジニアリングプラスチック製歯科用ポストは、サンドブラスト処理とプライマー処理を行うことによって現在臨床で用いられているファイバー強化型コンポジットレジンポストとの同程度の維持力を確保することができた。また支台築造後におけるクラウン材料（ガラスセラミックス）の選択時には、結晶構造や結晶粒の大きさを考慮する必要があることが明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：Dental posts were fabricated by engineering plastic (PEEK), and the retention force with composite resin (CR) for abutment construction and pretreatment that contributes to improved retention force were investigated. The results showed that sandblasting on PEEK improved the retention force between PEEK and CR. The microstructure and crystalline structure of CAD/CAM block glass ceramics used for final restorations after abutment construction were also found to affect the wear behavior with enamel.

研究分野：歯科理工学

キーワード：エンジニアリングプラスチック CAD/CAM 歯科用ポスト クラウン

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

現在ポスト材料としては金属やファイバー強化型コンポジットレジンポストが用いられる。しかし金属ポストは象牙質と比較して弾性係数が高く、治療後の歯根破折を誘発する可能性がある。またファイバー強化型コンポジットレジンポスト(ファイバーポスト)は複数材料(ファイバーポスト+コンポジットレジン)を用いることからポスト内での界面が増加し、ポスト内での界面破壊が危惧される。この問題解決には弾性係数が象牙質と近似した新たな材料での一塊型ポスト製作が求められている。

2. 研究の目的

エンジニアリングプラスチックは機械的強度や耐熱性を向上させた高分子材料であり、工業界や医療界で汎用されている。その中でPEEKファミリーの一種であるPEEK(ポリエーテルエーテルケトン)は歯科応用が始まっている。本提案は、PEEKの研究成果を基盤とし、PEEKと同様に低い弾性係数を持ちながら強度が向上したPEKK(ポリエーテルケトンケトン)の新たな歯科応用の可能性を検討する。さらにPEKK材料にCAD/CAM技術を掛け合わせることで、ポスト内に界面が存在しない新しい一塊型ポスト製作し、最終補綴装置までをCAD/CAM技術により一元管理することを提案する。エンジニアリングプラスチックを歯科用ポストに応用した試みは少なく、CAD/CAM技術を用いた最終補綴装置の特性についての研究は充分とは言えない。そこで本課題では現在汎用されているエンジニアリングプラスチック(PEEK)と支台築造用コンポジットレジンとの維持力やCAD/CAM技術を用いて製作した最終補綴装置の摩耗特性について調査することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) PEEKと支台築造用コンポジットレジンとの維持力

エンジニアリングプラスチック(PEEK)と支台築造用コンポジットレジン(CR)との維持力は引き抜き試験により評価した。工業用PEEKをCAD/CAMにより直径1.6mmの棒状に加工した。試料を4種類の方法で前処理した(Untreated: 未処理、SB: サンドブラスト処理、P: プライマー処理、SB+P: サンドブラスト処理後にプライマー処理)。サンドブラストはアルミナ粒子を用いた。プライマーはレジブロック用プライマー(HCプライマー(松風))を用いた。プライマーを棒状PEEKに塗布し、乾燥後光照射をした。治具を用いてPEEK試料とCRで構成される引き抜き試験用試料を作製した(図1)。試料を万能材料試験機に取り付け、引き抜き試験を行った(図2、n=7)。得られた最大荷重値をPEEKとCRとの維持力とし、一元配置分散分析後にTukeyの多重比較試験を行った。



図1 試験用試料



図2. 引き抜き試験

(2) CAD/CAMブロック用ガラスセラミックスとエナメル質との摩耗挙動

本研究では二ケイ酸リチウムガラスセラミックス(イニシャルLiSiブロック(ジーシー)略号:LIS、IPS e.max CAD(イボクラ):IPS)、ジルコニア強化型ガラスセラミックス(セルトラDUO(デンツプライ):DUO、VITA Suprinity(VITA):VITS)、長石系ガラスセラミックス(Vitablocs Mark(VITA):MAK)計5種類のガラスセラミックスを用いた。

CAD/CAMブロック用ガラスセラミックスとエナメル質との摩耗特性は、上部試料をガラスセラミックス、下部試料をエナメル質とした二体摩耗試験により評価した。各CAD/CAMブロック用ガラスセラミックスは切削加工機を用いて、半径5mmの半球状に加工した。各試料を、歯科技工用研磨材を用いて研磨し、上部試料とした。冷凍牛歯を解凍し、低速精密切断機を用いてセメントエナメルジャンクションで切断した。歯冠部の歯髄を歯科用ピンセットで除去後、直径1インチのアクリルリングにエポキシ樹脂で包埋した。耐水研磨紙でエナメル質を露出後、#1200まで研磨し、下部試料とした。上部試料と下部試料を摩耗試験機に取り付け、蒸留水中で二体摩耗試験を行った(n=6)。摩耗回数は往復30,000回、ストローク幅は3mm、スピードは1.5Hz、荷重は10Nとした。試験後の上部試料は3Dレーザー顕微鏡で摩耗痕(図3)の直径を2か所(垂直・水平)を計測し、摩耗痕直径の平均値を求め、摩耗体積を算出した。試験後の下部試料は3Dレーザー顕微鏡を用いて摩耗痕(図3)を撮影し、画像から得たデータを積分することによって摩耗体積量を算出し



図3 試験後の摩耗痕(左:上部試料、右:下部試料)

た。また二体摩耗試験後の一部の試料について、カーボンで蒸着後に SEM で観察した。各データは一元配置分散分析後に Tukey の多重比較検定を行なった ($\alpha=0.05$)。

摩耗挙動に影響する材料特性を調査するため、CAD/CAM ブロック用ガラスセラミックスのビッカース硬さ、3点曲げ強さ、結晶構造、構成元素、微細構造を調査した。各試料形状は平板状とし、全て CAD/CAM によって作製した。結晶構造は平板状試料を X 線回折装置に取り付け分析した。構成元素は平板状試料をカーボン蒸着し、X 線マイクロアナライザー (EPMA) で分析した。平板状試料を 5 規定の水酸化ナトリウム水溶液が入ったプラスチック容器に入れ、容器ごと 60 °C の温浴槽に 7 日間保管した。カーボン蒸着後に走査型電子顕微鏡で微細構造を観察した。

4. 研究成果

(1) PEEK と支台築造用コンポジットレジンとの維持力

図 4 に PEEK と CR の維持力を示す。PEEK と CR の維持力は 30N から 190N であった。一元配置分散分析の結果、PEEK への前処理の種類は CR との維持力に影響を与えることが明らかとなった ($P < 0.05$)。Untreated 群と前処理を行った群 (SB 群、P 群、SB+P 群) の間に有意な差があり、SB+P 群が最も維持力が高かった。以上より PEEK と支台築造用コンポジットレジンとの維持力向上には機械的嵌合力付与を目的としたサンドブラスト処理が有効であり、プライマーによる前処理を併用することで、現在臨床で用いられているファイバー強化型コンポジットレジンポストと同程度の維持力を確保できた。一方、PEEK と支台築造用コンポジットレジンとの維持力の低下は本課題で想定した口腔内使用 1 年間での環境では見られなかったものの、エンジニアリングプラスチックの歯科用ポスト材料としての応用に向け、今後さらに長期的な使用を想定した検討が必要である。

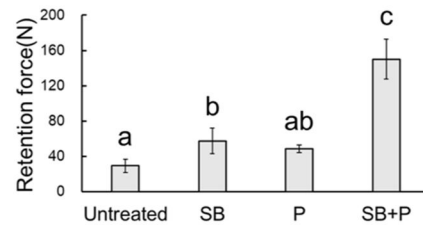


図 4 PEEK と CR の維持力

(2) CAD/CAM 冠用ガラスセラミックスとエナメル質との摩耗挙動

図 5 に上部試料摩耗体積量を示す。上部試料摩耗体積量は 0.16mm³ から 0.65mm³ であった。一元配置分散分析の結果、CAD/CAM ブロック用ガラスセラミックスの種類によって上部試料摩耗体積量に違いが認められた ($P < 0.05$)。IPS と DUO は LIS、VITS および MAK と比較して上部摩耗体積量が有意に大きかった。また LIS は MAK と比較して上部摩耗体積量が有意に大きかった。図 6 に下部試料摩耗体積量を示す。下部試料摩耗体積量は 0.13mm³ から 0.23mm³ であった。一元配置分散分析の結果、CAD/CAM ブロック用ガラスセラミックスの種類によって下部試料摩耗体積量に違いがあることが明らかとなった ($P < 0.05$)。DUO と VITS は他の CAD/CAM ブロック用ガラスセラミックスと比較して牛歯エナメル質の摩耗体積量が有意に高かった。

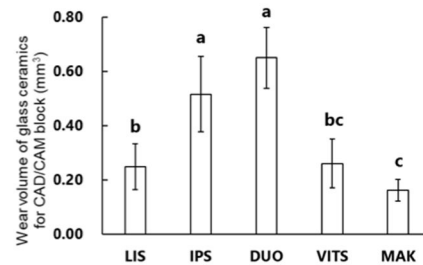


図 5 上部試料摩耗体積量

図 7 に二体摩耗試験後試料の SEM 画像 (A: LIS 上部試料、B: MAK 上部試料、a: LIS 下部試料、b: MAK 下部試料) を示す。LIS の上部試料の摩耗痕はスムーズであり、MAK では摩耗試験の走行と一致するスクラッチが確認された。また下部試料においても、MAK では摩耗試験の走行に一致するスクラッチが確認されたが、LIS では不明瞭であった。

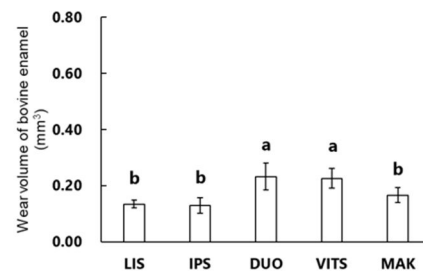


図 6 下部試料摩耗体積量

本研究では硬さの大きい DUO は材料自体(上部試料)の摩耗体積量が大きく、硬さの小さい MAK では小さかった。しかし、DUO と LIS は硬さが同程度であるものの、LIS の材料自身の摩耗体積量は小さかったことから歯冠修復材料と硬さについて強い相関関係はみられなかった。LIS は VITS と比較して 3 点曲げ強さが低く、対合エナメル質摩耗体積量も少なかった。一方、IPS と VITS の曲げ強さは同程度であったものの、対合エナメル質摩耗体積量は IPS が有意に低かった。X 線回折において LIS、IPS、DUO、VITS から二ケイ酸リチウムが検出され、DUO と VITS からはさらにメタケイ酸リチウムが検出された。本研究では、DUO と VITS の XRD 回折でメタケイ酸リチウムのピークが見られ、EPMA ではジルコニウムが検出された。したがって、DUO と VITS はジルコニア強化型ケイ酸リチウムガラスセラミックスとして強化されていると考えられ、これらの材料は対合エナメル質を大きく摩耗させていた。本研究で用いた CAD/CAM ブロック用ガラスセラミックスの結晶粒は、LIS、IPS、DUO、VITS は俵状で、MAK は鱗状であった。俵状でかつ比較的大きな結晶粒径を持つ DUO や IPS は試験後の上部試料摩耗体積量が大きかった。

以上より CAD/CAM ブロック用ガラスセラミックスと対合エナメル質の摩耗挙動は、結晶成分

や結晶構造、大きさなど多因子が影響することが明らかとなった。

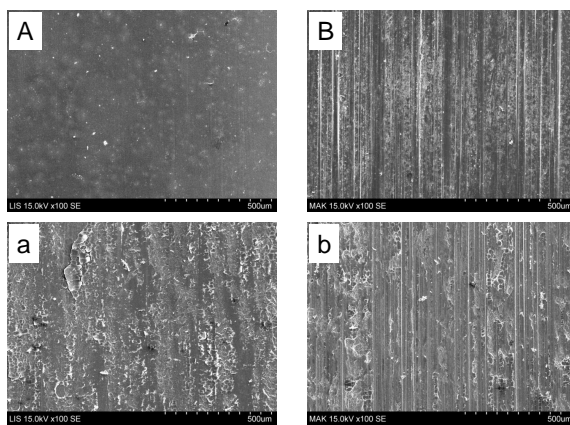


図7 試験後の試料 (LIS A:上部試料 a:下部試料、 MAK B:上部試料 b:下部試料)

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 Someya Tomoko, Kasahara Masaaki, Takemoto Shinji, Hattori Masayuki	4. 巻 16
2. 論文標題 The Wear Behavior of Glass-Ceramic CAD/CAM Blocks against Bovine Enamel	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Materials	6. 最初と最後の頁 6839 ~ 6839
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/ma16216839	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5件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Tomoko Someya, Hiroki Kagoura, Masaaki Kasahara, Masayuki Hattori
2. 発表標題 Effect of pretreatment on retention force between PEEK post and resin composite for core- build up
3. 学会等名 International dental materials congress 2022, November 4,5 2022, Taiwan（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 笠原 正彰, 染屋 智子, 籠浦 弘城, 棟方 里花, 服部 雅之
2. 発表標題 高性能熱可塑性樹脂PEKKと根管象牙質のせん断接着強さ
3. 学会等名 第77回日本歯科理工学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 棟方 里花, 籠浦 弘城, 染屋 智子, 笠原 正彰, 服部 雅之
2. 発表標題 象牙質被着部位の違いがコンポジットレジンのせん断接着強さに及ぼす影響
3. 学会等名 第311回東京歯科大学学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 染屋 智子, 笠原 正彰, 服部 雅之
2. 発表標題 CAD/CAM冠用ニケイ酸リチウムの摩耗特性
3. 学会等名 第24回日本歯科医学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 染屋 智子, 笠原 正彰, 棟方 里花, 籠浦 弘城, 服部 雅之
2. 発表標題 CAD/CAM冠用セラミックスの微細構造と硬さ
3. 学会等名 第24回日本歯科医学会
4. 発表年 2021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
---------	---------