

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 5 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K10002

研究課題名(和文) 生体にやさしいポリエーテルエーテルケトン(PEEK)複合型修復物の開発

研究課題名(英文) Development of bio-friendly polyetheretherketone (PEEK) composite restoration

研究代表者

下江 宰司 (Shimoe, Saiji)

広島大学・医系科学研究科(歯)・准教授

研究者番号：90379884

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)： 現在PEEKは単独で被せ(クラウン)に使用されているが、高分子材料と複合化させることで、さまざまな症例に使用することが可能である。これには2つの材料間の強力な接着が必要である。

PEEKと高分子材料の複合化において、化学的処理ではMMAを含み光重合して層を形成するプライマーが有効なことが明らかになった。また機械的維持は、最も簡便に用いられるアルミナブラストではPEEK材の破損等を考慮すれば、気圧は0.3 MPa前後、粒径は50 μm前後が最も効果的と考えられた。さらにアルミナブラスト以外の機械的維持では、レーザーによる格子状の維持がさらに効果的なことが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

PEEKは生体親和性に優れ、強度も金属に近い値を有しており、新しい生体材料として注目されているが、材料的に他の材料との接着が難しい。この研究では化学的処理と機械的維持それぞれについて、最も効果的な条件を明らかにし、臨床的に応用可能な値を導き出した。

これらの成果により、できるだけ金属を使用しないことが望まれる歯科治療において、PEEK材を単体で臨床に用いるだけでなく、高分子材料と複合化した補綴物を使用することが可能であると考えられ、歯科治療において金属を使わない新たな選択肢ができたと思われる。

研究成果の概要(英文)： PEEK is currently used alone for crowns, but by combining it with polymeric materials, it can be used in a variety of cases. This requires strong adhesion between the two materials.

When combining PEEK and polymer materials, it has been revealed that a primer containing MMA, which photopolymerizes and forms a layer, is effective in chemical treatment. In addition, for mechanical maintenance, considering the possibility of damage to the PEEK material with alumina blasting, which is the simplest method to use, it was thought that the most effective mechanical maintenance would be an air pressure of around 0.3 MPa and a particle size of around 50 μm. Furthermore, for mechanical maintenance other than alumina blasting, it was suggested that grid-like maintenance using a laser is even more effective.

研究分野：補綴系歯学関連

キーワード：PEEK 接着 歯冠用レジン 義歯床用アクリルレジン 機械的維持 化学的処理

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

歯科治療における金属に代わる生体材料として期待されたジルコニアは、歯科用 CAD/CAM の発達とともに普及し、そのほとんどがクラウン・ブリッジとして臨床で応用されている。しかしながら、高硬度、低弾性など材料学的な物性により応用範囲は金属ほど広くはない。

一方、PEEK も CAD/CAM による加工が可能で、仕上げが容易であり、高い強度や生体安定性、生体適合性等の長所に加え、軽量、低熱伝導率、衝撃吸収性、高弾性といった特徴も有している。

しかしながら PEEK は数種類の色調が用意されているものの、全てが不透明でクラウン・ブリッジなど審美性が求められる部位や、義歯の床部分までを単独で使用することは難しく、単独での使用では適応範囲が限られてしまう。

2. 研究の目的

PEEK はジルコニアとは異なる機械的性質を有しているため広く臨床応用することができれば、歯科治療の選択肢をさらに広げることが可能である。PEEK の短所である不透明性は、金属と同様に従来から使用されてきた歯科用高分子材料（歯冠用コンポジットレジンや義歯床用アクリルレジン）との複合化により解決され、それらの機械的性質はこれまでの改善により臨床上問題のないレベルに達している。しかしながら高分子材料と複合化した PEEK 修復物が長期的に口腔内で機能するためには、咬合圧に耐えうる最適なフレームのデザインとともに、2 つの材料の強固な結合とその耐久性が必要不可欠である。そこで本研究では、PEEK と歯冠用コンポジットレジンおよび義歯床用アクリルレジンの複合化に重点をおき、広く歯科治療において応用可能な新技術を開発し、メタルフリーによる歯科治療の拡大を目指すことを目的とした。

3. 研究の方法

PEEK と歯冠用コンポジットレジン、義歯床用アクリルレジンによる複合型修復物の臨床応用に向け、特に結合強さと長期耐久性の向上を目指し、大きく分けて()有効な機械的維持の検討、()有効な化学的処理の検討、()レジン材料の結合特性の検討を行い、最後にそれぞれの要因において評価が良好なものの組み合わせによって総合評価を行った。これまで歯科の複合材料の臨床応用可能な接着強さは文献により様々であるが、集約すると 10~20 MPa とされている。本研究では材料の特性や過去の金属との結合研究の報告を考慮し、耐久試験後の数値として歯冠用コンポジットレジンでは 20 MPa 以上、義歯床用アクリルレジンでは 10 MPa 以上を目指した。

4. 研究成果

(1)

歯冠用コンポジットレジンおよび義歯床用アクリルレジンの接着強さについて、アルミナブラスト(AB)、濃硫酸(SR)、レーザー(L)による格子状の溝によるPEEK表面の機械的維持の有効性を確認した。その結果歯冠用コンポジットレジン、義歯床用アクリルレジンともに、海外の報告で一番有効であるとされている濃硫酸は効果があるがアルミナブラストと差はなく、その2つよりレーザーによる格子状の溝による機械的維持のほうが明らかに高い値を示した(図1、2)。

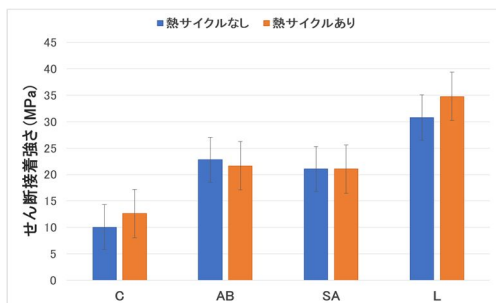


図1. 歯冠用コンポジットレジンにおけるせん断接着強さ

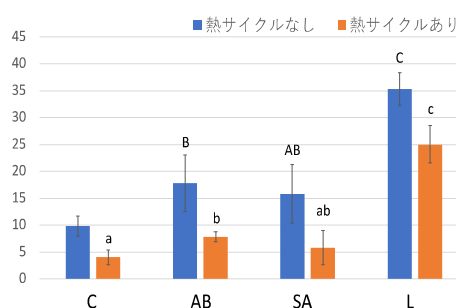


図2. 義歯床用レジンにおけるせん断接着強さ

(2)

通常臨床で多用されているアルミナブラストについて最大の効果が見込める条件を明らかにするため、ブラスト圧を 0 Mpa から 0.4 Mpa で PEEK 表面に機械的維持を付与し、歯冠用コンポジットレジン、義歯床用アクリルレジンそれぞれとの接着強さを計測した。その結果、歯冠用コンポジットレジン、義歯床用アクリルレジンともに 0.2 Mpa 以上で明らかに高い値を示したが、0.2 Mpa から 0.4 Mpa では差は認められなかった(図3、4)。

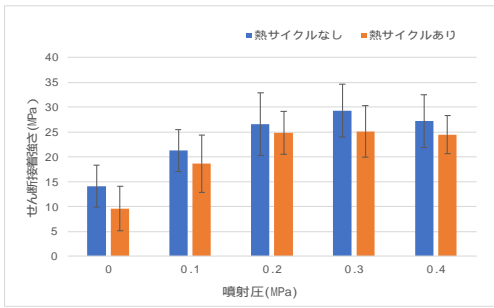


図3. 歯冠用コンポジットとの接着における噴射圧の影響

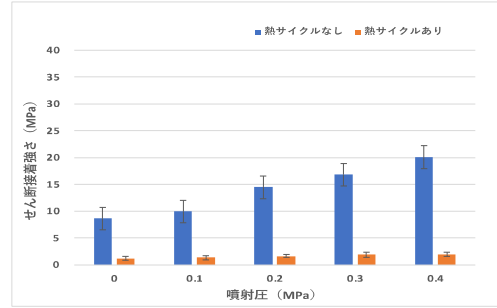


図4. 床用レジンの接着における噴射圧の影響

(3)

接着には表面のぬれが影響を及ぼすと言われているためPEEK表面に紫外線を照射し接着の効果を検討した。その結果紫外線を照射によってPEEK表面のぬれは大幅に改善された。一方接着強さに関しては優位差が認められなかった。接着にはPEEKのぬれだけでなく接着させる材料のぬれも影響していることが明らかになった(図5、6)。

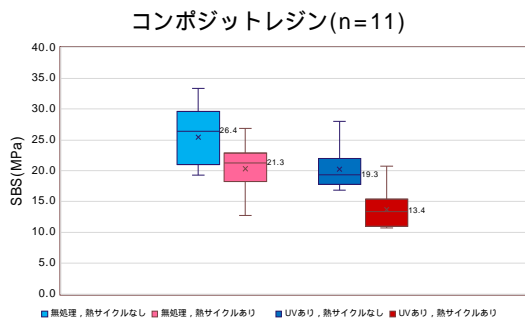


図5. 歯冠用コンポジットとの接着におけるぬれの影響

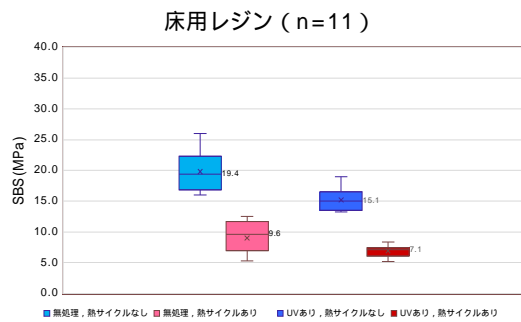


図6. 床用レジンの接着におけるぬれの影響

(4)

PEEK との接着に重要な表面処理において、最も一般的なアルミナブラストの粒径の違いによる影響を検討した。アルミナ粉末は粒径 25 μm、50 μm、90 μm、125 μm を使用し、歯冠用コンポジットレジン、義歯床用アクリルレジンそれぞれへの影響を検討したところ、歯冠用コンポジットレジンでは熱耐久試験の有無に関わらずアルミナブラストなしものと比較して優位に高い値を示し、50、90、125 μm で最も高い値となった。義歯床用アクリルレジンでは熱耐久試験の有無に関わらずアルミナブラストなしものと比較して優位に高い値を示したが、粒径による差は見られなかった(図7、8)。

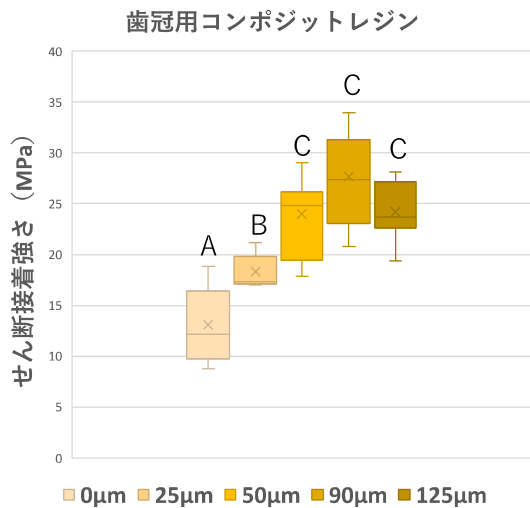


図7. 歯冠用コンポジットとの接着における粒径の影響

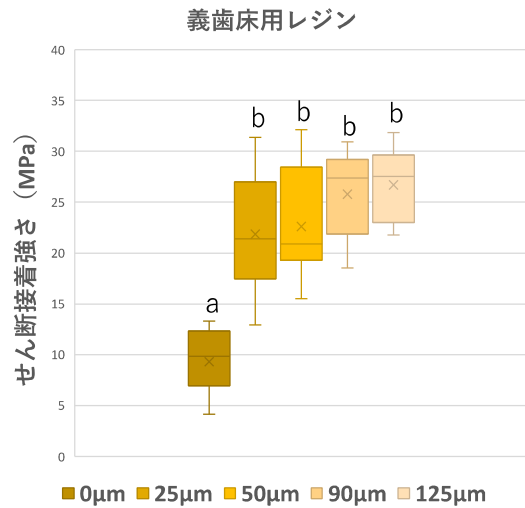


図8. 床用レジンの接着における粒径の影響

(5)

REEK と歯冠用コンポジットレジン及び義歯床用レジンの接着における、各種プライマー処理の有効性を比較検討した。無処理(C)、visio, link (VL)、HC プライマー (HC)、スーパーボンド(SB)、シグナムコネクター(SC)の5条件とし、機械的表面処理はアルミナブラストを行った。歯冠用コンポジット

レジン熱サイクルありでは、プライマー処理した4条件とCとの間に有意差は認められなかった。義歯床用レジンの熱サイクルありでは、VL、HCおよびSCがCより有意に高い接着強さを示し、VLおよびHCがほかのプライマー処理より有意に高い結果となった。これらのことからMMA含有プライマーの中でも光重合を行うプライマーが有効である可能性が示唆された。

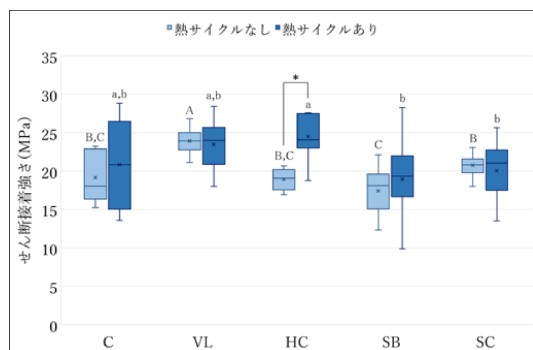


図9. 歯冠用コンポジットとの接着におけるプライマーの影響

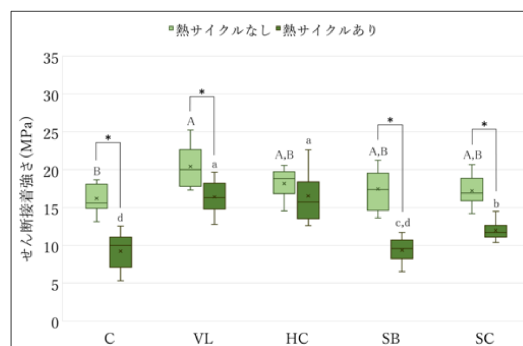


図10. 床用レジンとの接着におけるプライマーの影響

(6)

研究期間全体の成果においては、PEEKと高分子材料の複合化において、化学的処理ではMMAを含み光重合して層を形成するプライマーが有効なことが明らかになった。また機械的維持は、最も簡便に用いられるアルミナブラストではPEEK材の破損等を考慮すれば、気圧は0.3 MPa前後、粒径は50 μm前後が最も効果的と考えられた。さらにアルミナブラスト以外の機械的維持では、レーザーによる格子状の維持がさらに効果的なことが示唆された。

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 2件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Tzu-Yu Peng, Saiji Shimoe, Lih-Jyh Fuh, Chung-Kwei Lin, Dan-Jae Lin, Masato Kaku	4. 巻 13
2. 論文標題 Bonding and thermal cycling performances of two poly-aryl-ether-ketone materials (PAEKs) to an acrylic denture base resin	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Polymers	6. 最初と最後の頁 543
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/polym13040543	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 該当する

1. 著者名 川端晴也, 下江宰次, 山本莉紗, 岩畔将吾, 肥後桃代, 平田伊佐雄, 加来真人	4. 巻 44
2. 論文標題 PEEKとコンポジットレジンおよび義歯床用レジンの接着における紫外線照射の影響	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本歯科技工学会雑誌	6. 最初と最後の頁 41-47
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 TzuYu Peng, Saiji Shimoe, Momoyo Higo, Mai Kato, Isao Hirata, Shogo Iwaguro, Masato Kaku	4. 巻 19
2. 論文標題 Effect of laser engraving on shear bond strength of polyetheretherketone to indirect composite and denture-base resins.	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 JOURNAL OF DENTAL SCIENCES	6. 最初と最後の頁 32-38
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jds.2023.06.005	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 該当する

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 山本莉紗, 下江宰司, 岩畔将悟, 加来真人
2. 発表標題 PEEK とコンポジットレジンおよび義歯床用レジンの接着における UV 照射の影響
3. 学会等名 第44回日本歯科技工学会(オンライン開催)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 肥後桃代, 下江宰司, 大宅麻衣, 加来真人
2. 発表標題 PEEK と歯冠用コンポジットレジンおよび義歯床用レジンの接着におけるプライマー処理の影響
3. 学会等名 第44回日本歯科技工学会(オンライン開催)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 天道志保, 下江宰司, 平田伊佐雄, 大宅麻衣, 加来真人
2. 発表標題 ポリエーテルエーテルケトン (PEEK) と機能性モノマー含有プライマーの化学的 相互作用
3. 学会等名 日本歯科技工学会 第42回学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 肥後桃代, 下江宰司, 岩畔将吾, 加来真人
2. 発表標題 PEEK と歯冠用コンポジットレジンの接着におけるレーザー溝加工の影響
3. 学会等名 日本歯科技工学会 第42回学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 加藤 舞, 下江宰司, 加来真人
2. 発表標題 PEEK と義歯床用レジンの接着における前処理の影響
3. 学会等名 日本歯科技工学会 第42回学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川端晴也, 下江宰司, 岩畔将吾, 加来真人
2. 発表標題 PEEKと歯冠用コンポジットレジンの接着におけるアルミナブラストの圧力による影響
3. 学会等名 日本歯科技工学会 第43回学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平川 美優 , 下江 宰司 , 大宅麻衣, 加来真人
2. 発表標題 PEEK と義歯床用レジンの接着におけるアルミナブラスト処理の噴射圧の違いによる影響
3. 学会等名 日本歯科技工学会 第43回学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 坂本奈央, 下江宰司, 川端晴也, 肥後桃代, 加来真人
2. 発表標題 微小維持装置を付与したPEEKと歯冠用コンポジットレジンの接着におけるプライマー処理の影響
3. 学会等名 日本歯科技工学会第45回学術大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 川端晴也, 下江宰司, 肥後桃代), 加来真人
2. 発表標題 PEEK と歯冠用コンポジットレジンおよび義歯床用レジンの接着におけるアルミナブラストの粒径の影響
3. 学会等名 日本歯科技工学会第45回学術大会
4. 発表年 2023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
研究 分担者	加来 真人 (Kaku Masato) (10325194)	広島大学・医系科学研究科(歯)・教授 (15401)	
研究 分担者	平田 伊佐雄 (Hirata Isao) (40346507)	広島大学・医系科学研究科(歯)・助教 (15401)	

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		
台湾	Taipei Medical University		