

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：30110

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24792300

研究課題名(和文) バイオガラス含有ブラケット用接着材料のもたらすエナメル質再石灰化能

研究課題名(英文) The enamel remineralization ability that is brought by adhesive material for brackets which contained bioglass

研究代表者

甲田 尚央 (KOHDA, Naohisa)

北海道医療大学・歯学部・助手

研究者番号：10508716

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円、(間接経費) 960,000円

研究成果の概要(和文)：ブラケット周囲エナメル質の脱灰という問題に対して、高い石灰化誘導能を有するバイオガラスを含有するレジン系接着材料を開発することを目的として研究を開始した。レジン系接着材料にバイオガラスを混合し試料を作製した。試料を用いた緩衝能の分析、ブラケット周囲エナメル質の機械的特性の解析などにより、バイオガラス含有接着材料の評価を行った。その結果、バイオガラスを接着材料に添加することにより、エナメル質の脱灰抑制と再石灰化促進の効果が期待できる結論に至った。

研究成果の概要(英文)：For a problem called the decalcification of the bracket neighborhood enamel, a study was started for the purpose of developing the resin system adhesive material which contained bioglass having high calcified inducibility. Sample was made by resin-based adhesive material mixed bioglass. By analysis of the buffering ability using the sample, mechanical characteristic analysis of the bracket neighborhood enamel, an evaluation of the bioglass component adhesive material was carried out. As a result, an effect of the enamel decalcification restraint and remineralization promotion led to the conclusion that expected by adding bioglass in adhesive material.

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・矯正・小児系歯学

キーワード：歯科矯正 バイオガラス 再石灰化

### 1. 研究開始当初の背景

矯正治療により生じるエナメル質の脱灰は、エッチング等の歯面処理、装置周辺部のプラークの停滞、自浄作用の低下などに起因し、エナメル質の脱灰率を低下させることや再石灰化を誘導する手法の導入が望まれる。

生体材料の見地からエナメル質脱灰のリスクを低下させるために、高いフッ素徐放性を有するレジン強化型ガラスアイオノマーセメントが用いられている。

しかしながら、レジン強化型ガラスアイオノマーセメントのブラケット接着力(特にメタルブラケットに対して)は不十分であることが報告されている。フッ化物を含有するコンポジットレジン接着材料も市販されているが、十分なフッ素徐放性を発揮するには至っていない。従って、高いう蝕抑制能を有する矯正用ブラケット接着材料の開発が望まれる。

リンとカルシウムを含むバイオガラスは、高い生体親和性と骨形成能を有し、アメリカ食品医薬品局(FDA)に骨補填材料として認可されている。特に、Hench(J Mater Sci: Mater Med 17, 2006)が開発したバイオガラス(Bioglass®)は、ガラスに含まれるSiO<sub>2</sub>成分を50 mol %以下としたNa<sub>2</sub>O-CaO-SiO<sub>2</sub>-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>系ガラスであり、優れた石灰化物形成能を持つ。バイオガラスは、溶液中でNaイオンやCaイオンを溶出するため、これらのイオンによる石灰化誘導能により、エナメル質の再石灰化を期待することができる(Hashimoto et al. J Biomed Mater Res Part B: Appl Biomater 94, 2010)。バイオガラスは、優れた再石灰能を有することに加え、Agイオンを添加することで抗菌性が発揮されることも近年報告されている(Brunner et al. In Nanomaterials for the Life Sciences Vol 2: Nanostructured Oxide, 2010)。

バイオガラスは、優れた生体親和性やイオン放出能を有するものの、ゲル層を介した結合のため、機械的強度が劣るという欠点があり、矯正用ブラケット接着材料の成分としてバイオガラスを用いた場合、材料自体の強度が不十分なものとなり、ブラケットを十分に保持するせん断接着力が得られないことが予測される。

本研究では、バイオガラスを添加した4-META/MMA-TBBレジン系接着材料を試作し、そのエナメル質脱灰抑制効果を検討した。

### 2. 研究の目的

本研究では、ブラケット用接着材料に着目し、ブラケット接着前のエッチング等の歯面処理やブラケット接着後の口腔内で脱灰したエナメル質の再石灰化を誘導するためのバイオガラスを含有したブラケット用接着材料の開発を行う。加えて、矯正臨床におけるブラケット周囲のエナメル質の脱灰や再

石灰化挙動を評価するために、

- (1) 脱灰液浸漬後の緩衝能分析
- (2) 誘導結合プラズマ(ICP)発光分光分析法による溶出イオンの測定
- (3) せん断試験による接着力の評価を組み合わせた in vitro エナメル質再石灰化評価モデルの確立を行うこととした。

### 3. 研究の方法

(1) バイオガラス含有 4-META 系レジン系接着材料の試作

本研究では、原料を溶液に溶かし、溶液段階で反応させ、比較的低温で焼くことができる液相法(ゾル・ゲル法)によってバイオガラス(SiO<sub>2</sub>: 45%, Na<sub>2</sub>O: 24.5%, CaO: 24.5%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 6%)の粉末を作製した。バイオガラス含有接着材料には、歯質浸透性を有する4-META系のモノマーにバイオガラスを数種類の配合比で混和した。

(2) 浸漬試験

バイオガラスを混合した粉末を、モノマー液およびキャタリストと混和し円盤状試料を作製した。試料を脱灰液(pH 4.5)に浸漬し、pHの経時的变化による緩衝能の分析を行った。

(3) ICP 発光分光分析

バイオガラスを混合した粉末を、モノマー液およびキャタリストと混和し作製した円盤状試料を、1日および1週間蒸留水に浸漬後、ICP発光分光分析装置を用いて試作試料から溶出するイオンの測定を行った。

(4) せん断接着力測定

ヒト抜去歯にバイオガラス含有接着材料を用いてブラケットを接着し、せん断試験機によりせん断接着力を測定した。

### 4. 研究成果

バイオガラス含有接着材料は、バイオガラスの添加量増加に伴いより強い緩衝能を示した。0%含有試料はpH 4.5のまま変化がなく、50%含有試料はpH 9.8まで上昇し高い緩衝能を示した。特に初期の数時間で大幅に上昇し(図1)、24時間以降は一定に推移した。

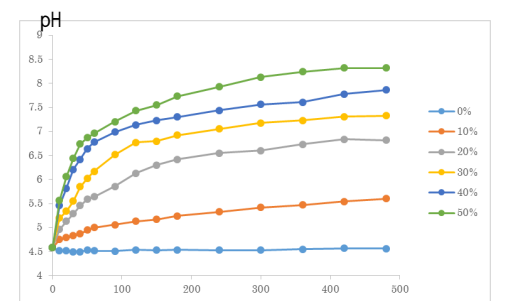


図1 バイオガラス含有接着材料の緩衝能の初期変化

また、ICP 発光分光分析により、バイオガラスの含有量の増加に伴い、Na イオンおよび Si イオンの増加が認められた ( 図 2 )

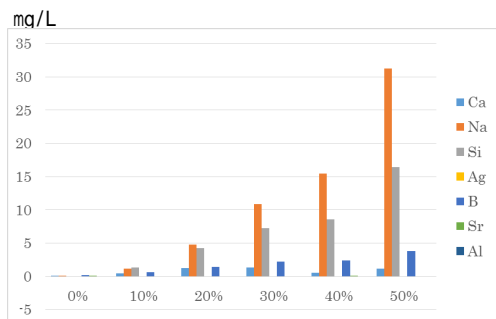


図 2 ICP 発光分光分析によるイオン溶出

これらの結果より、バイオガラス含有 4-META 系レジン系接着材料から溶出するイオンが、緩衝能と再石灰化促進効果をもたらすと考えられる。バイオガラスの含有量が多い程、イオンの溶出量も増加し、その結果緩衝能も増加した。

一方、せん断接着力については、バイオアクティブガラス含有量の増加に伴い接着力が低下する結果を示したが、ブラケット用接着材料として十分な接着力が得られているものと考えられた ( 図 3 )

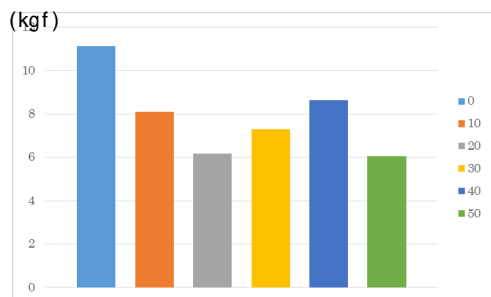


図 3 ブラケットのせん断接着強さ

バイオガラスを 4-META/MMA-TBB レジン系接着材料に添加することにより、接着力はやや低下するが、エナメル質の脱灰抑制と再石灰化促進の効果が期待できる結論に至った。

今後はバイオガラスの持つ脱灰抑制と再石灰化促進能に着目し、新たな歯科材料を開発する予定である。

## 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 5 件 )

1. Naohisa Kohda, Masahiro Iijima, Takeshi Muguruma, William A. Brantley, Karamdeep

S. Ahluwalia, Itaru Mizoguchi. Effects of mechanical properties of thermoplastic materials on the initial force of thermoplastic appliances. Angle Orthod. 2013; 83(3):476-483. doi: 10.2319/052512-432.1 ( 査読有 )

2. Masahiro Iijima, Shuichi Ito, Susumu Nakagaki, Takeshi Muguruma, Naohisa Kohda, Takashi Saito, Itaru Mizoguchi. Effects of the addition of fluoride to a 4-META/MMA-TBB-based resin adhesive on fluoride release, acid resistance of enamel and shear bond strength in vitro. Dent Mater J. 2013; 32(1):156-164. DOI :10.4012/dmj.2012-166 ( 査読有 )

3. Masahiro Iijima, Masanori Hashimoto, Naohisa Kohda, Susumu Nakagaki, Takeshi Muguruma, Kazuhiko Endo, Itaru Mizoguchi. Crystal growth on bioactive glass sputter-coated alumina in artificial saliva. Dent Mater J. 2013; 2013;32(5):775-780. DOI: 10.4012/dmj.2013-120 ( 査読有 )

4. Naohisa Kohda, Masahiro Iijima, William A. Brantley, Takeshi Muguruma, Toshihiro Yuasa, Susumu Nakagaki, Itaru Mizoguchi. Effects of bonding materials on the mechanical properties of enamel around orthodontic brackets. Angle Orthod 2012; 82: 187-195. doi: 10.2319/020411-78.1 ( 査読有 )

5. Masahiro Iijima, Masanori Hashimoto, Susumu Nakagaki, Takeshi Muguruma, Naohisa Kohda, Kazuhiko Endo, Itaru Mizoguchi. Bracket bond strength and cariostatic potential of an experimental resin adhesive system containing Portland cement. Angle Orthod 2012; 82: 900-906. doi: 10.2319/091311-589.1 ( 査読有 )

[ 学会発表 ] ( 計 3 件 )

1. 甲田尚央, 飯嶋雅弘, 伊藤修一, 六車武史, 齋藤隆史, 溝口 到. ブラケット接着時の露光とブラケット位置調整が接着強さに及ぼす影響. 第 72 回日本矯正歯科学会大会. 2013 10/7 -9. 松本.

2. Naohisa Kohda, Masahiro Iijima, Shuichi Ito, Susumu Nakagaki, Takeshi Muguruma, Takashi Saito, Itaru Mizoguchi. Effect of Experimental Toothpaste Containing S-PRG Filler on Enamel Remineralization. 91th General Session of the IADR, Seattle, Washington, USA, March 20-23. 2013.

3. Takeshi Muguruma, Masahiro Iijima,

William A. Brantley, Karamdeep S. Ahluwalia, Naohisa Kohda, Susumu Nakagaki and Itaru Mizoguchi. Effect of Third-order Torque on Frictional Properties of Self-ligating Brackets. 91th General Session of the IADR, Seattle, Washington, USA, March 20-23 . 2013.

6 . 研究組織

(1)研究代表者

甲田 尚央 (KOHDA Naohisa)

北海道医療大学・歯学部・助手

研究者番号：10508716