

平成 30 年 6 月 19 日現在

機関番号：33902

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K11138

研究課題名(和文) Er:YAGレーザー仕上げ照射歯質の性状解析とポリ酸・RMGI系接着材の新規開発

研究課題名(英文) Analysis of characteristics of finishing-irradiated dentin by Er:YAG laser and development of new poly acid-RMGI adhesive system

研究代表者

富士谷 盛興 (FUJITANI, Morioki)

愛知学院大学・歯学部・教授

研究者番号：60190055

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：Er:YAGレーザーを照射した象牙質への良好な接着性を示すレジン接着システムの開発を目的として、レジン添加型グラスアイオノマーセメントをベースにしたボンディング材(RMGI)を試作し、その接着性を検討した。その結果、コンディショニング(10%クエン酸+2%塩化第2鉄水溶液)とプライミング(4-METおよびHEMAを主成分)を併用したRMGIがEr:YAGレーザー照射した象牙質に対するレジン接着システムとして有用であることが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：To develop a new optimal adhesive system to Er:YAG-lased dentin, this study was designed to investigate the bonding performance of the experimentally designed resin-modified glass-ionomer adhesive systems. It was revealed that the priming with 4-MET and HEMA following acid-conditioning with 10% citric acid + 2% ferric chloride solution might be very effective for improving the bond strength of resin-modified glass-ionomer adhesive system to Er:YAG-laser irradiated dentin.

研究分野：保存治療系歯学

キーワード：Er:YAGレーザー 象牙質 ボンディング材 レジン添加型グラスアイオノマーセメント 接着強さ 酸
コンディショニング 鉄イオン プライミング

1. 研究開始当初の背景

痛みを生じないといわれている程度の低出力で Er:YAG レーザー照射した象牙質には、象牙質コラーゲンマトリックスが破壊され、構造欠陥や変性層が生じており、レジン系ボンディング材を使用して接着したコンポジットレジンの象牙質接着性は低下することが知られている。したがって、このようなレーザー照射面であっても良好な接着性を示す新たな接着材を開発することが必要であると考えられる。

2. 研究の目的

Er:YAG レーザー照射象牙質に対し修復用のレジン添加型ガラスアイオノマーセメントの接着性は変性層の有無に影響されないことが報告されている。そこで、レジン添加型ガラスアイオノマーセメントをボンディング材として用い、さらに鉄を含む歯面処理剤でレーザー照射象牙質に生じた変性層を鉄イオンのレジン浸透・重合促進効果により強化することに着想した。本研究の目的は、痛みを生じない程度の低出力で Er:YAG レーザーを照射した象牙質において良好な接着性を示すレーザー専用の接着システムの開発のため、レジン添加型ガラスアイオノマーセメントをベースにしたボンディング材 (RMGI) の接着システムとしての有効性を検討することである。

3. 研究の方法

1) 新鮮抜去ウシ前歯唇側根面部に調製した象牙質平坦面に、Er:YAG レーザーにより低出力照射 (50mJ/1 pps)、中出力照射 (150 mJ/1 pps) およびフィニッシング照射 (50 mJ/1 pps 照射後 150 mJ/1 pps で仕上げ照射) した。次いで、これら照射面ならびに非照射面を、G-Bond Plus (G 群)、Self-Conditioner/Fuji Lining Bond LC (FLB 群)、および Self-Conditioner/Fuji Lining LC (FL 群) で処理した後 Clearfil AP-X を填塞し、微小引張接着強さを検討した (Dunnet の多重比較検定、Fisher の PLSD 法、 $p=0.05$)。また、接着試験後の破壊形態 (実体顕微鏡)、および接合界面の様相 (SEM) も検討した。

2) 同様に調製した象牙質平坦面に、Er:YAG レーザーにより低出力照射 (50 mJ/1 pps) あるいはフィニッシング照射 (50 mJ/1 pps 照射後 150 mJ/1 pps で仕上げ照射) した。次いで、これら照射面ならびに非照射面に 20% ポリアクリル酸+3% 塩化アルミニウム水溶液 (Al)、あるいは 10% クエン酸+2% 塩化第二鉄水溶液 (Fe) による歯面処理を施し、Fuji Lining Bond LC を塗布後 Clearfil AP-X を填塞し、微小引張接着強さを検討した (Scheffe の検定、 $=0.05$)。また、破壊形態 (実体顕微鏡) および接合界面の様相 (SEM) も検討した。

3) 同様に調製した象牙質平坦面に、象牙質

平坦面を、Er:YAG レーザーにより低出力照射 (50 mJ/1 pps) あるいはフィニッシング照射 (50 mJ/1 pps 照射後 150 mJ/1 pps で仕上げ照射) した。次いで、これら照射面ならびに非照射面に 10% クエン酸+2% 塩化第二鉄水溶液による歯面処理 (Fe 群)、あるいは 10% クエン酸+2% 塩化第二鉄水溶液による歯面処理後にセルフコンディショナーで表面処理 (Pr 群) を施し、Fuji Lining Bond LC を塗布後 Clearfil AP-X を填塞し、微小引張接着強さを検討した (Scheffe の検定、 $=0.05$)。また、破壊形態 (実体顕微鏡) および接合界面の様相 (SEM) も検討した。

4. 研究成果

1) G 群では、いずれの照射条件でも非照射の場合より有意に低い接着強さを示した。FLB 群および FL 群では、低出力照射の接着強さはいずれも非照射の場合より低かったが、中出力ならびにフィニッシング照射の接着強さは非照射とほぼ同等であった。また、G 群では界面破壊あるいはレジンボンディング材と象牙質の混合破壊がほとんどで、変性層からレジンボンディング材にわたる亀裂が多く、試料で観察されたが、FLB 群と FL 群ではいずれも RMGI と象牙質の混合破壊あるいは RMGI 内凝集破壊であり、照射面との接合状態はほぼ良好で RMGI 内に亀裂が特徴的に観察された。

Er:YAG レーザー照射した象牙質において、RMGI は接着界面における歪みの集中が緩和され安定した接着性を示すことが明らかとなり、レーザー照射象牙質に対するレジン接着システムとして RMGI を用いることの有用性が判明した。

2) 非照射象牙質では、歯面処理剤を併用しなかった場合の接着強さは約 12MPa、Al あるいは Fe を用いた場合の接着強さはいずれも約 24MPa であり、歯面処理剤を併用しなかったものに比し有意に高い値を示した。一方、レーザー照射象牙質において歯面処理剤を併用しなかったものは接着強さの計測が不可能であった。また、Al の場合の接着強さは 5-6 MPa、Fe のそれは 10-13 MPa であり、Fe のほうが効果的であった。

Fe をレーザー照射象牙質に用いたときの破壊形態は、界面破壊ならびに変性層から RMGI にわたる混合破壊が Al の場合より多く認められた。このことは、レジンの重合収縮や外力などの応力が Fe により強化された変性層と RMGI 層の両層に集中し、その結果生じた歪みが両層に局限したことが接着強さの向上に繋がったものと考えられた。

よって、Er:YAG レーザー照射された象牙質に対しては、10% クエン酸+2% 塩化第二鉄水溶液による歯面処理が、レジン接着システムとしての RMGI 系レジン接着システムの接着性向上に効果的であることが判明した。

3) 非照射象牙質において、歯面処理を施さなかった場合の RMGI の接着強さは 11.6MPa であった。酸コンディショニング (Fe 群) あるいは酸コンディショニング後プライミング (Pr 群) を比較すると、それぞれ 23.5 MPa あるいは 25.5 MPa あるいは 25.9 MPa の接着強さが得られ有意に高かった。レーザー照射象牙質において、歯面処理を併用しなかった場合の接着強さは測定が不可能であった。また、Fe 群の接着強さは 10.0-12.8 MPa, Pr 群のそれは 26.6-26.8 MPa であり、Pr 群の方が有意に高い接着強さを示し、非照射象牙質における Fe 群およびそれらと同様であった。

レーザー照射象牙質における Pr 群の破壊形態は、ほとんどすべての試片において RMGI 内凝集破壊が観察され、それらの試片のうち 30% は界面破壊を伴っていた。また、象牙質内凝集破壊を示した試片は 70% であり、いずれも変性層の下部の正常象牙質内における破壊であった。

よって、鉄イオン含有コンディショナー処理後に親水性モノマーによるプライミングを併用すると、RMGI の接着強さは非照射象牙質の場合と同等の接着強さまで回復することが判明した。

以上のことから、コンディショニング (10%クエン酸 + 2%塩化第 2 鉄水溶液) とプライミング (4-MET および HEMA を主成分) を併用したレジン添加型ガラスアイオノマーセメント系ボンディング材は、レーザー照射した象牙質に対するレジン接着システムとして有用であることが明らかとなった。

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)

竹口 あゆみ、富士谷 盛興、長塚 由香、八谷 文貴、井上 和穂、岸本 崇史、林 建佑、堀江 卓、千田 彰、Er:YAG レーザー照射象牙質に対する酸コンディショニングとプライミングを併用した 3 ステップ・レジン添加型ガラスアイオノマー系ボンディング処理がレジンの初期接着性に及ぼす影響、日本レーザー歯学会誌、査読有、28 巻、2016、23-30

富士谷 盛興、中野健二郎、長塚由香、八谷文貴、鈴木 侑、竹口あゆみ、堅田和穂、岸本崇史、林 建佑、堀江 卓、友田篤臣、千田 彰、レーザーが先導する歯の硬組織治療イノベーション - 管理型予防治療への適応からレーザー専用ボンディング材の開発まで -、日本レーザー歯学会誌、査読有、27 巻、2016、126-131

八谷文貴、清水 大、杉田好彦、野本周嗣、富士谷 盛興、千田 彰、種々の照射条件で He-Ne レーザー照射した各種培養細胞の増殖

活性における Low Level Laser Therapy (LLLT) 効果、日本歯科保存学雑誌、査読有、59 巻、2016、509-515

長塚由香、堀江 卓、八谷文貴、鈴木未来、堅田和穂、岸本崇史、竹口あゆみ、大口景子、河合利浩、松井 治、富士谷 盛興、千田 彰、種々のエネルギー密度で CO2 レーザー (波長 9.3 μm および 10.6 μm) 照射したエナメル質の形態の変化、日本歯科保存学雑誌、査読有、59 巻、2016、479-488

鶴田あゆみ、堀江 卓、堅田和穂、岸本崇史、長塚由香、八谷文貴、鈴木未来、富士谷 盛興、千田 彰、Er:YAG レーザー照射象牙質におけるレジン添加型ガラスアイオノマーセメントの接着性に及ぼすカルボン酸と金属塩の合剤による歯面処理の影響、日本歯科保存学雑誌、査読有、58 巻、2015、363-372

〔学会発表〕(計 9 件)

長塚由香、岸本崇史、八谷文貴、林 建佑、堀江 卓、富士谷 盛興、千田 彰、CO2 レーザー (波長 10.6 および 9.3 μm) 照射したエナメル質の耐酸性に関する研究 第 1 報 波長 10.6 μm の CO2 レーザー照射による耐酸性 について、日本歯科保存学会平成 29 年度秋季大会 (第 147 回)、2017

井上(堅田)和穂、竹口(鶴田)あゆみ、堀江 卓、岸本崇史、富士谷 盛興、千田 彰、Er:YAG レーザー照射した象牙質に対して良好な接着性を示すレジン接着システムの開発 各種歯面処理がレジン添加型ガラスアイオノマーセメント系ボンディング材に及ぼす接着促進効果について、第 29 回日本レーザー歯学会 総会・学術大会、2017

竹口あゆみ、岸本崇史、荒尾麻里子、堀江 卓、富士谷 盛興、千田 彰、3 ステップ・レジン添加型ガラスアイオノマー系ボンディング処理が Er:YAG レーザー照射 象牙質におけるレジン接着性に及ぼす影響、第 35 回日本接着歯学会学術大会、2016

富士谷 盛興、レーザーによる保存治療のイノベーション レーザーにしかできない効果 をう蝕治療および管理型予防治療に活かす!、第 23 回日本歯科医学会総会分科会プログラム シンポジウム (日本レーザー歯学会)、2016

〔産業財産権〕

Yoshihiko Sugita, Nobuaki Sato, Katsutoshi Kubo, Morioki Fujitani, Akira Senda, Hatsuhiko Maeda, Effects of low reactive level laser therapy in promoting bone healing, 第 15 回国際レーザー歯学会 (WFLD2016) (国際学会)、2016

長塚由香, 岸本崇史, 八谷文貴, 鈴木 侑, 林 建佑, 鶴田あゆみ, 堀江 卓, 富士谷盛興, 千田 彰, CO2 レーザー(波長 9.3 μm)照射したエナメル質の表面性状変化に関する研究 第2報 三次元形状解析について, 第28回日本レーザ 歯学会 総会・学術大会, 2016

杉田好彦, 佐藤伸明, 久保勝俊, 富士谷盛興, 千田彰, 前田初彦, 低出力レーザーによる骨の創傷治癒促進効果 骨形成促進作用について-, 第28回日本レーザ 歯学会 総会・学術大会, 2016

長塚由香, 八谷文貴, 林 建佑, 鶴田あゆみ, 堀江 卓, 富士谷盛興, 千田 彰, CO2 レーザー(波長 9.3 μm)照射したエナメル質の表面性状変化に関する研究 第1報 微細形態学的変化について, 日本歯科保存学会 2016年度春季学術大会, 2016

鶴田あゆみ, 堀江 卓, 富士谷盛興, 千田 彰, Er:YAG レーザー照射象牙質におけるレジン添加型ガラスアイオノマーセメントの接着性に及ぼすカルボン酸と金属塩の合剤による歯面処理の影響, 日本歯科保存学会 2015年秋季学術大会(第143回), 第17回日韓歯科保存学会学術大会, 2015

〔図書〕(計1件)

富士谷盛興, 千田 彰 編, 第3版 象牙質知覚過敏症 目からウロコのパーフェクト治療ガイド, 医歯薬出版, 2017

出願状況(計 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

富士谷 盛興 (FUJITANI, Morioki)
愛知学院大学・歯学部・教授

研究者番号: 60190055

(2) 研究分担者

千田 彰 (SENDE, Akira)
愛知学院大学・歯学部・教授

研究者番号: 80097584

研究分担者

堀江 卓 (HORIE, Taku)
愛知学院大学・歯学部・講師
研究者番号: 50579993

(3) 連携研究者

()

研究者番号:

(4) 研究協力者

()