

令和 6 年 6 月 7 日現在

機関番号：32667

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K09880

研究課題名（和文）歯科用レーザーを用いた新たな被着面処理法の確立と歯冠修復への応用

研究課題名（英文）Establishment of a new surface treatment for adhesive resins using dental lasers and its application to coronal restoration

研究代表者

鈴木 雅也（Suzuki, Masaya）

日本歯科大学・新潟生命歯学部・准教授

研究者番号：10409237

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）：本研究の目的は、歯科修復における被着面処理に特化した歯科用レーザーの照射方法を検索し、接着性レジン接着強さを向上することである。その結果、CAD/CAM用レジンブロックのレジンセメントに対する接着強さは、Er:YAGレーザー照射後にサンドブラストを併用した群において統計学的に有意に上昇したが、温度負荷試験後に低下することが判明した。そこで、シランカップリング処理の活性化を目的に半導体レーザーを照射したところ、接着強さが統計学的に有意に向上した。この活性化には7W程度の出力が必要であり、この群では温度負荷試験後も対照群と比較して有意に高い接着強さを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

Repeated Restoration Cycle（同じ歯を何度も治療することで抜歯に至る）を遅らせるためには、修復部物の長寿命化を図ることで生涯の治療回数を減少させることが有効である。現代の歯冠修復治療に接着技術は不可欠であるが、口腔内ストレスの影響、接着界面の経時的劣化、新規修復材料への接着技法など、臨床課題は多い。本研究では、特に2010年代より保険導入を開始したCAD/CAM材料の接着強さの向上を目的として、その被着面処理法を評価した。金属価格の高騰と歯科技工士不足により、CAD/CAMによる修復は今後も拡大すると予想されるため、本研究の成果は広く国民の健康に寄与すると考えている。

研究成果の概要（英文）：This study investigated the use of dental laser irradiation as a surface treatment for improving the bond strength of adhesive resins. Er:YAG laser irradiation followed by sandblasting significantly increased the bond strength of CAD/CAM resin blocks to resin cement. However, this effect diminished after thermal cycle testing. Alternatively, silane coupling treatment activated by semiconductor laser irradiation at an output power of approximately 7 W resulted in a statistically significant increase in bond strength that remained even after thermal cycling. This group displayed significantly higher adhesive strength compared to the control group.

研究分野：歯科保存学

キーワード：CAD/CAMブロック 歯科用レーザー 被着面処理 接着強さ

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

修復治療に接着技術は不可欠であるが、口腔内ストレスの影響、接着界面の経時的劣化、新規修復材料への接着技法など、解決すべき臨床課題が残されている。特に、う蝕治療で頻用される接着性レジン接着性能は、修復物の寿命に影響するため極めて重要である。

これまで、レーザー機器を各種材料の被着面処理に応用する研究としては、レーザー照射によって材料の表面粗さを増加させる方法 (Demirtag Z et al., Oper Dent, 44: 156-167, 2019.) レーザーの熱によりシランカップリング剤の活性化を図る方法 (Shafiei F et al., J Clin Exp Dent, 10: e413-e418, 2018.; Hakimaneh SMR et al., J Prosthodont, 2018.) CAD/CAM用セラミックブロックの表面処理にサンドブラストの代わりとしてレーザー照射を行う方法 (Gamal AE et al., Laser Ther, 27: 48-54, 2018.; Hou Y et al, Photomed Laser Surg, 36: 614-620, 2018.) などの報告があり、一部でレーザー照射の有効性を示した論文もあるが、逆に低下を引き起こす報告もあり、レーザー波長の種類や照射条件によって結果は左右される。著者は、発振波長、照射設定および被着面となる材料の組合せを適切に選択すれば、レーザー照射は接着性レジン接着強さと接着耐久性に有利に働くと考え、本研究の着想に至った。

2. 研究の目的

本研究の目的は、歯科用レーザー装置を用いて、歯冠修復材料の被着面処理に特化した照射方法・条件を検討し、被着面に対する接着性レジン接着強さと接着耐久性の測定、および接着界面を詳細に分析することにより、臨床応用のために有効な照射条件と手技を確立することである。

3. 研究の方法

実験1: Er:YAG レーザーを用いた被着面処理

3.5mm厚に切断したCAD/CAMレジンプロック(セラスマート300、GC、以下C3)の表面を、#600の耐水研磨紙で研磨して標準面とした。表面処理はレーザー照射、レーザー照射+サンドブラスト(以下SB)コントロール(ポジティブC:SBのみ、ネガティブC:未処理)とした。レーザーはEr:YAGレーザー(波長2.940nm、アーウィンアドベールEVO、モリタ)を、照射出力50~200mJ、繰り返し速度10pps、チップC600F(直径1.0mm)照射距離は0.5mmで用いた。その後、すべての試料にリン酸処理とシランカップリング処理を行い、2つの試料をレジメンメント(ジーセムONE、GC)で接着した。24時間保管後、角柱型ビーム(1×1mm)を作製して微小引張り接着強さ試験(小型卓上試験機EZ Test、島津)を行った。また、各種被着面処理後の表面粗さを測定した。

実験2: 半導体レーザーを用いた被着面処理

半導体レーザー(波長810nm、P2 Dental Laser System、ピオンレーザーテクノロジー)を、シランカップリング剤(SC)の活性化を目的として応用した。2種類のCAD/CAMブロック、C3、エナミック(VITA、以下EM)を板状に切断し、被着面を湿潤研磨後、超音波洗浄した。被着面処理は、対象群:SC処理ボンディング、レーザー群:SC処理半導体レーザー照射(出力3W、5W、7W、照射時間60秒、距離1.0mm)ボンディングとした。ブロックの種類と被着面処理法を組合せにより計8群を評価した(各n=10)。処理面に設置した円柱モールドにフロアブルコンポジットレジン積層で填塞後、24時間保管後に剪断試験を行った。得られたデータは一元配置分散分析、多重比較検定Dunnettを用いて各々検定した($\alpha=0.05$)。破断面を実体顕微鏡と走査電子顕微鏡を用いて観察し、接着破壊様式を判定した。

4. 研究成果

実験1: Er:YAG レーザーを用いた被着面処理

接着強さ(MPa()は標準偏差)は、50(mJ):32.54(3.61) 100:19.19(6.24) 150:22.76(4.37) 200:26.46(5.84) 50+SB:56.61(2.41) 100+SB:56.89(4.18) 150+SB:49.58(8.51) 200+SB:50.93(7.25) ポジティブC:55.19(6.09) ネガティブC:45.26(6.24)であった。表面粗さ(Ra、 μm)は、50(mJ):0.26(0.05) 100:3.28(0.70) 150:9.01(1.35) 200:9.76(1.09) 50+SB:0.72(0.14) 100+SB:2.98(0.50) 150+SB:6.67(0.77) 200+SB:9.15(1.11) ポジティブC:1.46(0.26) ネガティブC:1.14(0.21)であった。

レーザーのみの場合は50mJが最も高い値を示したが、ポジティブCに比べてすべての群で低かった。一方、レーザー+SBの場合、50mJと100mJでポジティブCより初期接着強さは高い接着強さが得られた。しかしながら、同じ方法で作製した試料を温度負荷(サーマルサイクル、以下TC)試験にかけると、ポジティブCと比較してレーザー使用群で低下することが判明した。表面粗さはエネルギーが増加と共に大きくなったが、SBを併用するとやや減少した。

100mJ以上のレーザー照射を行うとSBのみのポジティブCと比較して表面粗さは有意に大きくなるが、熱の影響で被着面に脆弱層が形成されたため、接着強さが低下したと考えられる。ま

た、レーザーにSBを併用することによりその脆弱層が除去され、接着強さが回復したと推察される。

実験2：半導体レーザーを用いた被着面処理

接着強さ(MPa)は(図1) C3では対照群：16.8(2.92)、7W：20.5(2.33)、5W：16.6(2.05)、3W：16.8(3.06)で、対照群と7Wの間に統計学的有意差を認めた。また、EMでは対照群：16.2(2.21)、7W：19.0(2.95)、5W：17.7(3.53)、3W：16.9(2.38)であり、有意差はないものの上昇を認めた。この接着強さの上昇は、レーザーの照射エネルギーが大きいほど高い傾向がみられた。次に、各群で最も高い接着強さが得られたC3の7W、ENの7Wは、TC負荷(5、55、10,000回)を与えた。TC負荷後の接着強さ(MPa)は(図2) C3では対照群：6.69(1.39)、7W：9.07(1.99)、EMでは対照群：8.55(1.36)、7W：8.29(2.82)で、C3では対照群と7Wの間に統計学的有意差を認めた。一方、ENでは有意差を認めなかった。

CAD/CAMブロックのSC処理面への半導体レーザー照射は、照射面の加熱によりSCが活性化した結果、接着強さが向上したものと考えられた。また、SC処理の加熱による活性化には7W程度の出力が必要であることが明らかとなった。特にC3の7WはTC負荷後も対照群と比較して有意に高い接着強さを示した。

図1. Shear bond strength values after 24 h of storage

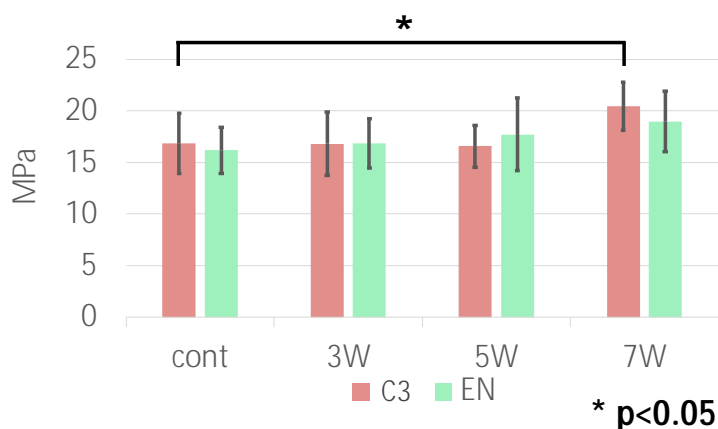
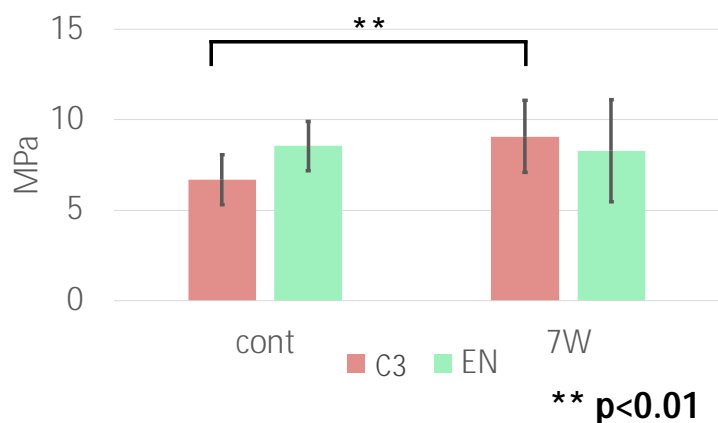


図2. Shear bond strength values after the thermal cycle loading test



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 Ohno Hiroshi, Suzuki Masaya, Shinkai Koichi	4. 巻 11
2. 論文標題 The Effect of Laser Irradiation to Surfaces of Computer-Aided Design/Computer-Aided Fabrication Resin Blocks Coated with a Silane Coupling Agent on Bond Strength between the Resin Blocks and Composite Resin	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Dentistry Journal	6. 最初と最後の頁 290
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/dj11120290	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2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 大野 寛, 鈴木雅也, 新海航一
2. 発表標題 シランカップリング処理後のレーザー照射がCAD/CAMブロックとコンポジットレジンの接着強さに与える影響
3. 学会等名 第35回日本レーザー歯学会総会・学術大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大野 寛, 鈴木雅也, 新海航一
2. 発表標題 レーザー照射による被着面処理がCAD/CAMレジブロックとレジンセメントの接着強さに与える影響
3. 学会等名 日本歯科保存学会2022年度秋季学術大会（第157回）
4. 発表年 2022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
---------	---------