

令和 4 年 4 月 29 日現在

機関番号：32703

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K10161

研究課題名（和文）レーザーによる新規セラミック修復法の開発

研究課題名（英文）Development of novel ceramic restoration using laser irradiation.

研究代表者

二瓶 智太郎 (Nihei, Tomotaro)

神奈川歯科大学・歯学部・教授

研究者番号：50237781

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）：レーザー照射によるセラミックス修復法は、狭い範囲であれば可能であり、歯質との融着状態はコンポジットレジンの接着よりも高く、界面状態はエナメル質とセラミックスがブロードな状態で結合していることが確認された。今後、臨床応用するには、さらにレーザーの照射条件の設定と融解し易いセラミックスの開発が必要であると示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究によるレーザー照射によるセラミックス修復法は、歯質とセラミックス材料が融着し、新たな歯科治療法に繋がると考えられ、歯科医療において意義があり、レーザー機器の使用用途の拡大にも繋がり、歯科治療を受診される患者様においても意義は高いと示唆される。

研究成果の概要（英文）：The ceramics restoration method by laser irradiation is possible within a narrow range, the fusion state with the tooth substance is higher than the adhesion of the composite resin, and the interface state is that the enamel and the ceramics are bonded in a broad state. Was confirmed. In the future, it was suggested that it is necessary to further set the irradiation conditions of the laser and develop ceramics that are easily melted for clinical application.

研究分野：医歯薬学

キーワード：レーザー セラミックス 修復法 溶着性 耐酸性

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、歯科用セラミックスや高分子材料は、エナメル質の諸物性と近似したものが開発され、また接着剤の開発や接着技法の改革なども行われ、審美的な要求も満たすため、臨床において修復ならびに補綴処置に頻用されつつある。しかしながら、歯質と材料との界面結合部の劣化による充填材や冠の脱落など臨床的な事故が多いのが現状であり、本来ある歯質との一体化を確実にした修復治療法は未だ開発されていない。そこで、申請者は歯質と低温溶融型セラミックスをレーザーの特徴である瞬時に発生する熱エネルギーを用いてエナメル質に直接融着させる新しい方法が開発できれば、高分子材料を使用せずに歯牙の修復が可能となり、より高い耐酸性に優れた歯質にも改善できると考えた。また、初期う蝕に対する積極的な処置法にも応用でき、かつ現在ある修復法による辺縁漏洩による二次う蝕の発生を防止できる可能性も考えられる。申請者は、すでにある種の微粉末状セラミックス(ガラス)系材料を歯質表面に塗布し、レーザーを照射することにより、エナメル質表面にセラミックスを薄く被覆・融着(含浸融着)できることを報告している(Nihei T et al., Dental Materials J 30 : 212-215, 2011)。将来、このような方法が確実にできれば、歯科界において画期的な歯質保存療法、予防法となり、より歯牙との一体化した歯冠修復治療法の確立が期待できる。

2. 研究の目的

本研究は、レーザーを用いて歯質表面に種々の低温溶融型セラミックスを融着コーティングし、新規のう蝕予防法や歯質修復法の可能性と技法について検討することを目的とする。

上述に示したような、レーザー照射によりセラミックスが歯質表面に融着できる方法が開発できると、歯質の耐酸性を飛躍的に向上でき、新しい予防法となる。小窩裂溝や微小な欠損では、歯質と同様の無機素材のみによる充填や修復が可能となる。従来のレジン系接着剤を使用しないので、二次う蝕や脱落の懸念が少なくなる。広範囲な修復には、バルクなセラミックス修復材と歯質との間を融着用セラミックス(接合材)でレーザー接合することで無機素材のみの修復が可能となり、修復物の耐摩耗性などの機械的性質を向上できる。ならびに低温溶融型セラミックスを用いるため、極端な高エネルギー密度のレーザー照射が不要で安全であるなど、歯科臨床への有用性が発揮できる独創的な研究である。

3. 研究の方法

研修を遂行するにあたり、以下の研究計画を立案し進めた。

(1)レーザーの照射条件の設定

レーザービームの大きさ、照射エネルギー、照射距離を変え、歯質表面の侵襲ならびに各種低温溶融型セラミックスを走査型電子顕微鏡により観察し、最適条件を詳細に検討した。

(2)歯質表面の処理法

歯質表面を酸処理、モールドント処理あるいはブラスト処理により、極性を高めた後に低温溶融型セラミックスを塗布し、(1)で設定された条件でレーザー照射を行った。試料の表面および断面観察を走査型電子顕微鏡にて行い、歯質表面状態との融着状態を検討した。

(3)歯質とセラミックスとの界面部分分析

セラミックス処理された試料の表面と断面状態を原子間力顕微鏡にて観察し、さらに EPMA を用いて元素分析を行い、歯質とセラミックスとの界面結合状態を分析した。

(4)セラミックス処理された歯質の耐酸性試験

セラミックス処理した歯質の面積を規定し、酢酸緩衝液に浸漬し、歯質から溶解するカルシウムイオン等を原子吸光分析により分析し、耐酸性を評価した。

(5)歯質とセラミックスとの融着強度の測定

歯質 / セラミックス界面の融着強度をインストロン万能試験機にて接着強さから接合状態を評価した。

(6)セラミックスの開発

各低温溶融型セラミックスの融点に着目して、化学的組成を変え、歯質との融着性を検討した。また、粉碎したセラミックスを処理、あるいはセラミックス構成成分を混合して同様に融着させ検討した。

(7)レーザーによる歯質の修復と充填

疑似的な小窩裂溝や小さい欠損に対してレーザーを用いてセラミックス修復を試みた。また、応用として内側性窩洞に対するセラミックスインレー修復の歯質との接合も試みた。

(8) 総括

レーザー照射条件の設定と融着し易いセラミックス構成成分を評価し、臨床応用への可能性を検討し、成果を学会発表ならびに論文発表する。

4. 研究成果

(1) レーザーの照射条件の設定

半導体レーザーおよび炭酸ガスレーザーを用いて、レーザービームの大きさ、照射エネルギー、照射距離を変え、歯質表面の侵襲ならびに各種低温溶融型セラミックスを走査型電子顕微鏡により観察し、歯質表面のエナメル質および象牙質に侵襲なく、低融溶融型セラミックスの融解が生じるのは、レーザーの照射出力は 1.0w、照射距離は 20mm、レーザービームはデフォーカスであることを走査型電子顕微鏡により最適条件として見出した。

(2) 歯質表面の処理法

歯質表面を酸処理、モールドント処理あるいはブラスト処理により、極性を高めた後に低温溶融型セラミックスを塗布し、(1)で設定された条件でレーザー照射した結果、試料の表面および断面観察を走査型電子顕微鏡により、歯質表面と融解したセラミックスは融着状態を示した。これは、エナメル質表面を前処理としてリン酸によるエッチングを行うことにより、他処理と比較して明確となった。象牙質に対してはモールドント処理が有効であると示唆された。

(3) 歯質とセラミックスとの界面部分分析

歯質とセラミックスとの界面部分分析では、セラミックス処理された試料の表面と断面状態を原子間力顕微鏡にて観察し、さらに EPMA を用いて元素分析を行い、歯質とセラミックスとの界面結合状態を観察、分析し、エナメル質とセラミックスがブロードの状態(傾斜的に)で結合されていることを確認した。

(4) セラミックス処理された歯質の耐酸性試験

セラミックス処理された歯質の耐酸性試験では、セラミックス処理した歯質の面積を規定し、酢酸緩衝液に浸漬し、歯質から溶解するカルシウムイオン等を原子吸光分析により分析した結果、コントロールと比較して耐酸性を有する評価であった。

(5) 歯質とセラミックスとの融着強度の測定

歯質とセラミックス界面の融着強度をインストロン万能試験機にて接着強さから、エナメル質とセラミックスの接合状態は、凝集破壊を呈し、強さもコンポジットレジンでの接着強さよりも高い値であった。

(6) 低融溶融型セラミックスの開発

各低温溶融型セラミックスの融点に着目して、化学的組成を変え、歯質との融着性を検討し、レーザーの照射出力と時間、ならびに照射距離を調整し、融着点を割り出した。また粉砕したセラミックスを処理、あるいはセラミックス構成成分を混合して同様に融着させ検討した結果、リン酸カルシウム系ガラスが添加されると歯質に融着性に優位であることが明確となった。

(7) レーザーによる歯質の修復と充填

疑似的な小窩裂溝や小さい欠損に対してレーザーを用いてセラミックス修復を試みた結果、1mm くらいでの欠損へのセラミックスでの充填は可能であったが、それ以上の広範囲であるとセラミックス自体の融着は困難であった。また、応用として内側性窩洞に対するセラミックスインレー修復の歯質との接合は、部分的には融着されたが、照射時間の延長が必要であり、臨床応用には更にレーザーの照射条件の設定と融着し易いセラミックスの構成成分の分析、そして開発が必要であると示唆された。

総括として、レーザー照射によるセラミックス修復法は、狭い範囲であれば可能であり、歯質との融着状態はコンポジットレジンの接着よりも高く、界面状態はエナメル質とセラミックスがブロードな状態で結合していることが確認された。今後、臨床応用するには、さらにレーザーの照射条件の設定と融着し易いセラミックスの開発が必要であると示唆された。

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 Katsura Ohashi, Kaori Aoki, Tomotaro Nihei	4. 巻 10
2. 論文標題 Effect of calcium phosphate glass on dentinal tubule sealing after irradiation with the carbon dioxide laser	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Materials Science and Engineering A	6. 最初と最後の頁 124-131
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.17265/2161-6213/2020.7-8.002	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3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 小俣愛実, 黒田哲郎, 片山裕太, 大橋 桂, 向井義晴, 二瓶智太郎
2. 発表標題 半導体レーザー照射による硬組織への影響 - 象牙質に対する照射の影響について -
3. 学会等名 2020年度春季第75回日本歯科理工学会学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小俣愛実, 黒田哲郎, 片山裕太, 富山 潔, 大橋 桂, 向井義晴, 二瓶智太郎
2. 発表標題 半導体レーザー照射が硬組織に与える影響 - 象牙質に対する影響について -
3. 学会等名 神奈川歯科大学学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 二瓶智太郎, 小俣愛実, 大橋 桂
2. 発表標題 歯質に対する半導体レーザー照射に関する研究 - 象牙質に対する照射の影響について -
3. 学会等名 神奈川歯科大学学会
4. 発表年 2019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	大橋 桂 (Ohashi Katsura) (30350531)	神奈川歯科大学・歯学部・准教授 (32703)	
研究 分担者	青木 香(三宅) (Aoki Kaori) (70709229)	神奈川歯科大学・大学院歯学研究科・特任講師 (32703)	

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
---------	---------