

氏名	峯 篤 史
授与した学位	博 士
専攻分野の名称	歯 学
学位授与の番号	博 甲 第 2 4 8 2 号
学位授与の日付	平 成 1 5 年 3 月 2 5 日
学位授与の要件	歯学研究科歯学専攻(学位規則第4条第1項該当)
学位論文題名	Er:YAGレーザー照射歯質被着体の性質と接着に関する研究
論文審査委員	教授 鈴木 一臣 教授 吉山 昌宏 教授 矢谷 博文

## 学 位 論 文 内 容 の 要 旨

### 【緒言】

Er:YAGレーザーは、硬組織を効果的に蒸散でき、またう蝕細菌を死滅させる可能性があることから、近年の歯科治療が目標とする Minimal Intervention の具現化が可能な方法として注目されている。しかし、レーザーを照射した歯質の性質がどのように変化するかについてはいまだ十分に解明されていない。特にレーザー照射歯質を被着体とした場合の接着においては、切削技法を対象に開発された接着システムがそのまま使用されており、その妥当性が問われている。

そこで、申請者は Er:YAG レーザー照射歯質被着体の物理・化学的および機械的性質を把握し、それらが接着に及ぼす影響について検討した。

### 【材料および方法】

牛切歯歯冠部をトリマーにて 10 mm×15 mm×5 mm の板状に加工し、唇側面を #600 耐水ペーパーにて研磨してレーザー照射用試験体とした。また、レーザー未照射の試験体をコントロールとした。

#### 1. レーザー照射出力および照射周期と蒸散効果

歯科用 Er:YAG レーザー装置（アーウィン、モリタ）の照射出力を 26～248 mJ 間の 9 点、照射間隔を 10 PPS と 1 PPS とし、エナメル質および象牙質にレーザー照射し、光学顕微鏡を用いて蒸散深さを測定した。

#### 2. 被着体の構造および物性

- 1) 形態観察：エナメル質および象牙質にレーザー照射後、その表面の形態を Scanning Electron Microscopy (SEM) および Transmission Electron Microscopy (TEM) にて観察した。
- 2) 脱灰性：レーザー照射したエナメル質および象牙質を 40 %リン酸、10 %クエン酸および pH7.4 に調整した EDTA を用いて 30 秒間処理した後、30 秒間水洗して SEM 観察を行った。
- 3) 表面分析：レーザー照射したエナメル質の表面を X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS) および X-ray diffractometry (XRD) にて分析した。
- 4) 機械的強さ：レーザー照射歯質を 1 mm×1 mm×2 mm に加工し、万能試験機 (DSC 2000, 島津) を用い圧縮強さを測定した。

### 3. 接着界面の構造

エナメル質および象牙質研磨面に直径 3.8 mm のポリエチレンリングを貼付して模擬窩洞とした。次にメガボンド（クラレ）付属のプライマーで 20 秒処理し、続いてボンディング材を塗布して 10 秒間光照射した後、クリアフィル AP-X（シェード A3, クラレ）を充填して 40 秒間光照射を行った。ポリエチレンリングを除去して 37°C 水中に 24 時間浸漬した後、研削および化学処理して接着界面を SEM 観察した。

### 4. 接着強さ

接着界面観察と同様な方法で作製した試験体を 24 時間後および 5-55°C のサーマルサイクル熱負荷試験後、各試料に引張り試験用ジグを取り付け、万能試験機を用いて接着強さを測定した。

#### 【結果および考察】

#### 1. レーザー照射出力および照射周期と蒸散効果

蒸散深さの測定からレーザーの歯質に及ぼす影響を確認した。一定の出力を超えると照射出力が増加しても蒸散深さが増加しないことが明らかになり、これらの結果から低出力、中間出力、高出力の 3 段階のレーザー照射出力を設定し、実験を行った。

#### 2. 被着体の構造および物性

- 1) 形態観察：エナメル質ではレーザー照射により小柱構造にそった破壊が認められ、象牙質では開口した象牙細管および鱗状の層が確認された。
- 2) 脱灰性：酸を作用させることにより、エナメル質および象牙質において粗造な層が消失しているのが確認された。この変化は脱灰性の低い EDTA でも確認された。これは、レーザー照射歯質の粗造な構造体は酸で容易に除去されることを示しており、耐酸性の向上等を引き起こすような構造的な変化は生じていないことが確認された。
- 3) 表面分析：レーザー照射エナメル質とコントロールを比較すると、ESCA による分析では最表層において N 量および Ca/P 比の変化が認められた。しかし、XPS による全層の分析では変化が認められなかった。
- 4) 歯質の圧縮強さ：エナメル質においては、コントロール群の 185.7 MPa に対して、レーザー照射群 (69・127・206 mJ) はそれぞれ 128.6・157.4・161.5 MPa と有意に低い値 ( $p < 0.05$ ) を示した。象牙質においても、コントロール群の 251.7 MPa に対して、レーザー照射群 (26・69・127 mJ) はそれぞれ 198.5・201.5・205.9 MPa と有意に低い値 ( $p < 0.001$ ) を示した。これらの結果から、レーザー照射歯質は脆弱になっていることが確認された。

### 3. 接着界面の構造

レーザー照射後の粗造面および微細な亀裂にレジンが浸透しており、現行の接着性レジンの被着体への浸透性は十分であることが確認された。

### 4. 接着強さ

エナメル質の初期接着強さはコントロール群（プライマー処理した研削面）の 19.3 MPa に対し、レーザー照射群 (69・127・206 mJ) はそれぞれ 7.6・11.2・13.3 MPa と低く、その差は低出力と中間出力において有意であった ( $p < 0.05$ )。象牙質はコントロール群の 15.6 MPa に対し、レーザー照射群 (26・69・127 mJ) はそれぞれ 7.5・9.6・10.8 MPa と有意に低い値を示した ( $p < 0.05$ )。また、二万回サーマルサイクル後も、初期と同傾向であり、圧縮試験の結果とも相関するものとなった。レーザー照射群の破断様相は全群被着体破壊であった。これらの結果から、レーザー照射歯質被着体は接着性レジンが浸透するその下層まで脆弱になっており、この事象が接着強さに影響していることが示唆された。

## 論文審査結果の要旨

Er:YAG レーザーは歯質切削が可能なレーザーであり、う蝕の選択的除去の可能性があり、殺菌効果が期待できること、疼痛が生じにくく無麻酔での治療が可能であること等の理由から回転切削器具に替わる術式として注目されている。しかし、本レーザー照射歯質被着体に対する人工物の接着に及ぼす効果については解明すべき点が多く残されている。

本研究は、Er:YAG レーザーを用いて硬組織プレパレーションを行った歯質の構造的、機械的特徴を明らかにするとともに本レーザー照射が接着に及ぼす影響を検討したものである。まず適切なレーザー照射条件を把握するため、照射出力および照射周期の違いによる歯質蒸散効果について検討し、次にレーザー照射歯質の構造変化を組織および形態の両面から解析した後、その機械的強さを測定し、被着体としての物性を明らかにしている。また一方では、レーザー照射したエナメル質および象牙質を被着体とした場合の初期接着強さおよびその耐久性について検討するとともに、接着界面および接着試験体の破断面の観察からレーザー照射歯質被着体と接着性レジンの接着機構を考察している。

その結果、1) レーザー照射歯質表面におけるレーザースメア層の生成、2) レーザー照射によって歯質の圧縮強さが低下すること、3) レーザー照射エナメル質ではプライマー処理群がプライマー未処理群に比べて低い接着強さを示すこと、4) プライマー未処理エナメル質レーザー照射群において、低出力照射は熱負荷後に接着強さが低下すること、5) レーザー照射象牙質ではプライマー処理群および未処理群ともにプライマー処理研削群と比べて低い接着強さを示すことが確認された。

これらの知見は、精密に制御されたレーザー照射歯質を用いた基礎的研究の結果であり、臨床に適宜にフィードバックできるもので大変重要であると考えられる。また、実験計画および実験手技も適切であると判断される。よって本論文は博士（歯学）の学位授与に十分値するものと判断した。