

論文の内容の要旨

氏名：齊 藤 綾 乃

博士の専攻分野の名称：博士（歯学）

論文題名：熱膨張性マイクロカプセルと CO₂ レーザーを応用したセラミックブラケット撤去方法の検討

矯正治療終了時にセラミックブラケットを撤去する際、従来の撤去方法では、強い荷重が歯やブラケットに加えられるため、エナメル質の破損や歯の疼痛を引き起こすことがあった。特に、セラミックブラケットはメタルブラケットと比較して審美性に優れているが、脆く、撤去時にブラケットウイングが破損した際にはブラケットベースを切削除去するため長時間を要する。

これまでに、80°Cで70倍に膨張する熱膨張性マイクロカプセルを矯正用接着材(SuperBond)に30, 40 wt%含有した接着材で接着したメタルブラケットの接着強さは、加熱により、非加熱群に比べてそれぞれ0.3倍(7 MPa)、0.2倍(3 MPa)に減少したことが報告されている。また、40 wt%の熱膨張性マイクロカプセルを含む接着材で接着したセラミックブラケットの接着強さは、加熱により、非加熱群に比べて約0.3倍(4.5 MPa)に減少したことも報告されている。これらの研究では、マイクロカプセルを膨張させるためにヒーターを使用した。300°Cに熱したヒーターの使用は口腔周囲の熱傷の危険を伴うため、より安全な加熱方法が望まれた。

近年、歯科領域で様々なレーザー機器が軟組織や硬組織の切除、齲蝕の除去、疼痛緩和、組織の賦活化の目的で、幅広く使用されるようになった。レーザーの中でもCO₂レーザーはセラミックブラケットによく吸収され、これまで、レーザーによるブラケット撤去の研究に多く用いられてきた。しかし、それらの報告の中には、レーザー照射時間が数十秒に及ぶもの、レーザー照射後の接着強さの減少が不十分なものもあった。レーザー照射時のエネルギーは局所に集中するため、加熱源としてレーザーを使用すれば、従来のヒーターよりも、より効率的にブラケットを加熱できると推察される。

そこで、本研究ではCO₂レーザーと熱膨張性マイクロカプセルの併用により、ブラケット撤去時に生じていた従来の問題を軽減することを目的とし、熱膨張性マイクロカプセル含有矯正用接着材で接着したセラミックブラケットの接着強さと、撤去に要する時間に与えるCO₂レーザーの影響を検討した。

これまでにCO₂レーザーを使用したブラケット撤去方法はいくつか報告されているが、CO₂レーザーの照射出力、照射時間、照射距離の設定は様々である。レーザー照射出力が大きくなれば歯髄への熱影響が懸念されることから、本研究では、これまでの報告の中で比較的出力が低い3 Wを照射出力として設定した。本実験に適切なレーザー照射距離を求め、ブラケット表面からの距離が0, 3, 5, 8, 10 mmの5条件でレーザー照射したときのブラケットベース温度が80°Cに達するのに要した時間を検討したところ、有意差はなかった。このため、本実験では最も再現性があると考えられる条件、すなわちブラケット表面にレーザー照射チップを接触させて照射することとした。

一方、レーザー照射時間については、3 WのCO₂レーザーを3, 4, 5, 6秒照射したときのブラケットベース温度を計測したところ、4, 5, 6秒照射でブラケットベース温度が80°Cを越えた。そのため、本実験でのレーザー照射時間を4, 5, 6秒に設定した。

試料には、抜去したウシ下顎前歯で亀裂や齲蝕のない96本を使用した。常温重合レジン中に牛歯歯冠の唇側表面を露出させて包埋し、エナメル質表面を前処理後、30秒間エッチングし、水洗、乾燥した。マイクロカプセル含有量0, 30, 40 wt%の熱膨張性マイクロカプセル含有矯正用接着材を用い、セラミックブラケットを1歯につき1つ接着した。

CO₂レーザー照射条件(照射距離0 mm;照射時間0, 4, 5, 6秒)で照射された96個(n = 8, 12群)の試料について、剪断接着強さを万能試験機にて計測した。剪断試験はレーザー照射終了10分後に行い、クロスヘッドスピード1 mm/minで試料の歯冠軸方向に剪断力を加え、得られた最大荷重を接着強さとした。

剪断接着強さの計測後、接着面の破壊様式を検討するために、各試料を光学顕微鏡を用い、15倍で観察した。

また、レーザーによるブラケット加熱中、加熱後の歯髄腔内温度上昇を評価するため、矯正治療のために抜去されたヒト第一小臼歯を使用し、歯髄腔内温度を計測した。

レーザー非照射群で、マイクロカプセルを 30 もしくは 40 wt%含有することで、マイクロカプセル非含有時に比べて剪断接着強さはそれぞれ 0.75, 0.63 倍に減少した。マイクロカプセル非含有接着材では、4~6 秒のレーザー照射後でもレーザー非照射時と比べ、剪断接着強さに有意差はなかった。30 wt%のマイクロカプセル含有群の剪断接着強さは、レーザー照射 4 秒で 0.80 倍に減少し、レーザー照射 5, 6 秒では 0.46 倍に減少した。40 wt%のマイクロカプセル含有群の剪断接着強さも同様の傾向を示し、4 秒では 0.80 倍に、5, 6 秒ではそれぞれ 0.48, 0.40 倍に減少した。

歯髄腔内温度はレーザー照射停止後も上昇し、約 60 秒で最大温度に達した。各群のレーザー照射 4, 5, 6 秒後の平均歯髄腔内温度上昇値はそれぞれ 3.1, 3.7, 4.3°Cであった。

接着材の破壊様式に各群間での有意差は見られなかったが、30, 40 wt%のマイクロカプセル含有群では CO₂ レーザー照射時間 0, 4 秒時に接着材が歯面に残る傾向を示し、レーザー照射時間 5, 6 秒時には接着材が歯面に残りにくくなる傾向を示した。

以上のことから、CO₂ レーザーと熱膨張性マイクロカプセル含有矯正用接着材を併用したセラミックブラケット撤去方法は、エナメル質の損傷や歯の痛みを軽減でき、より効果的で安全な方法であると考えられた。