

論文の内容の要旨

氏名：有馬詩織

博士の専攻分野の名称：博士（歯学）

論文題名：光重合型歯科矯正用接着材で接着したセラミックブラケットの容易な撤去法の検討

－マイクロカプセルとCO₂レーザーの応用－

近年、成人患者の矯正歯科治療においては、メタルブラケットより審美性に優れているセラミックブラケットが多用されている。しかしながら、セラミックブラケットは、治療中や撤去時にブラケットウィングに強い力が加わると、容易に破損するため、残存した硬いセラミックブラケットベースの切削除去に長時間を要する。また、撤去時に強い力を加えるため、歯のエナメル質に亀裂や強い歯痛を引き起こす可能性がある。そこで本研究では、熱膨張性マイクロカプセルを含む光重合型歯科矯正用接着材で接着したセラミックブラケットにCO₂レーザーを照射することで、ブラケット接着力を減少させ、撤去時間の短縮、エナメル質の亀裂やセラミックブラケットの破損を軽減する方法について検討した。

はじめに、CO₂レーザー照射後のブラケットベース温度を測定し、熱膨張性マイクロカプセルが70倍に膨張する温度である80℃を超える条件を求めた。Kタイプ熱電対センサー先端をブラケットベースに密着させ、CO₂レーザーヘッドの先端をブラケット唇側表面に接触させた状態で各種照射条件（照射出力：5または7W、照射モード：連続モード、照射時間：3～6秒、レーザー照射時の空冷ありまたはなし、レーザースポットサイズ：直径0.15mm、焦点：レーザーヘッドの先端から3.0mm、波長10.6μm）でレーザー照射しブラケットベース温度を測定した。すべての照射条件において、レーザー照射後数秒で最高温度に達したが、マイクロカプセルが膨張する温度である80℃を超えるレーザー照射条件は空冷の有無にかかわらず、7Wの5秒と6秒であった。さらに、CO₂レーザー照射後の歯髄腔内温度上昇を検討するため、矯正歯科治療のために抜去された5本の新鮮なヒト第一小臼歯にセラミックブラケットを接着し上記条件でレーザー照射した。温度上昇が歯髄損傷を誘発すると報告されている5.5℃を超えない条件は、空冷ありの7W5秒間照射であったため、以後この条件を使用することにした。

次にマイクロカプセルを含まない（0wt%）光重合型接着材で新鮮なウシ下顎永久切歯に接着した12個のブラケットに、3kgまたは4kgの荷重を加えたまま7W空冷ありの条件でCO₂レーザーを照射し、ブラケットが歯から脱落するまでの時間を測定した。3kg荷重では20秒間照射しても脱落しなかったが、4kg荷重では約6秒で脱落した。続いて計60本のウシの切歯を、6歯ずつ10群にランダムに分け、熱膨張性マイクロカプセルを0、10、20、25および30wt%含有するプライマーと光重合型歯科矯正用接着材を用いて、セラミックブラケットをCO₂レーザー照射群および非照射群用にウシの切歯に接着し、光照射器で硬化させた。その後レーザー照射群に対してCO₂レーザーを照射し、照射終了10分後に剪断接着強さを測定した。レーザー非照射群では、マイクロカプセル0、10、20および25wt%含有群間の剪断接着強さに有意差はなく、それぞれ16.61、15.88、15.45、および13.69MPaであった。しかし、30wt%群の剪断接着強さは、0wt%群と比較して有意に低下した（6.83MPa）。レーザー照射群では、0、10wt%マイクロカプセル含有群の剪断接着強さは、レーザー照射により0.81倍、0.89倍に減少したが、レーザー非照射群の剪断接着強さと比較して有意差は認められなかった。しかし、20wt%および25wt%群では、レーザー非照射群と比較して、レーザー照射群の剪断接着強さはそれぞれ0.39および0.17倍となり有意に低下した。さらに、25wt%群の剪断接着強さは20wt%群と比較して有意に低かった。

また、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、各試料を実体双眼顕微鏡を用いて、15倍で観察したところ、レーザー照射群とレーザー非照射群、および0～30wt%のマイクロカプセル含有群間で破壊様式に有意差は認められなかった。

さらに、本研究で用いた CO₂ レーザー照射条件である空冷ありの 7 W 5 秒間照射での歯髄腔内温度上昇値は歯髄に影響を与える臨界点に近いと見られ、照射後の水冷法を検討した。ブラケットベース温度が照射開始から約 8 秒で 80°C に達したため、レーザー照射後ブラケットに冷水 (20°C) を滴下し歯髄腔内温度上昇を測定した。その結果、温度上昇が顕著に抑制され最大 3.1°C の上昇に留まった。

熱膨張性マイクロカプセルを含有した光重合型矯正用接着材にて接着したセラミックブラケットの CO₂ レーザー照射による撤去法を検討した本研究では、25 wt% のマイクロカプセルを含むプライマーを用いてブラケットを接着した時の剪断接着強さは、歯科矯正治療に十分耐える強さがあり (13.69 MPa)、CO₂ レーザーを 5 秒照射することで照射前と比較して 0.17 倍と有意に低下することが示された。また、5 秒間の CO₂ レーザー照射での歯髄腔内の温度上昇は、歯髄損傷を引き起こす温度である 5.5°C 未満であった。さらに、歯髄損傷を抑制するためには、水冷法がより安全であると考えられた。

以上のことから、熱膨張性マイクロカプセル 25 wt% を含む光重合型歯科矯正用接着材で接着したセラミックブラケットに対し、7 W の CO₂ レーザーを 5 秒間照射したのち水冷することで、安全かつ効率的な撤去が可能であることがわかった。