

論文の要約

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°C 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 7 W、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 0.15 mm、焦点：レーザーヘッドの先端から 3.0 mm、波長 10.6 μm）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°C を超えるレーザー照射条件は空冷の有無にかかわらず、7 W 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°C を超えない条件は、空冷ありの 7 W 5 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（0 wt%）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、3 kg または 4 kg の荷重を加えたまま 7 W 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。3 kg 荷重では 20 秒間照射しても脱落しなかったが、4 kg 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 30 wt% 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 25 wt% 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 13.69 MPa であった。しかし、30 wt% 群の剪断接着強さは、0 wt% 群と比較して有意に低下した（6.83 MPa）。レーザー照射群では、0, 10 wt% 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、20 wt% および 25 wt% 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、25 wt% 群の剪断接着強さは 20 wt% 群と比較して有意に低かった。これらのことから、0 wt% 群においてはレーザー照射後、顕著に低下した剪断接着強さは 10 分以内に回復するが、25 wt% 群では 1/5 まで低下した接着強さは長時間維持されることが示された。光重合型歯科矯正用接着材として使用される Bis-GMA レジン は熱可塑性であり、加熱後に低下した接着強さは冷却直後に回復するため、加熱のみによる撤去ではレジンは軟化している

間にブラケットを撤去しなければならず、非常に危険を伴う方法である。しかしながら、本研究では、含有したマイクロカプセルが一旦膨張した後は接着強さが回復しないため、冷却後でもブラケットを容易に撤去できることが示された。

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0~30 wt%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。そのため、レーザー照射とマイクロカプセルの含有には関連がないことが示された。

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℃に達したため、レーザー照射後ブラケットに冷水(20℃)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℃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℃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。