

平成 22 年 4 月 1 日現在

研究種目：基盤研究（B）
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19390499
 研究課題名（和文）ディボンディング時に接着強度を低下させることができる矯正ブラケット
 接着システム
 研究課題名（英文）Development of a new orthodontic direct bonding system capable of
 reducing the bond strength on debonding.

研究代表者
 荒木 吉馬（ARAKI YOSHIMA）
 岩手医科大学・歯学部・教授
 研究者番号：20005036

研究成果の概要（和文）：

歯の矯正治療では、歯に矯正装置を直接接着することが行われている。治療終了後に装置を容易にかつ歯面を傷つけることなく取り外すためには、歯と装置の接着強度を治療終了後に低下させる必要がある。その方法として、接着層への水の浸透効果や光触媒による接着材の分解を利用することの有効性を検討した結果、治療を終了した時点で接着強度を低下させ、装置を取り外す際に歯を傷つけるリスクを少なくできる技術が見出された。

研究成果の概要（英文）：

In orthodontic treatment, orthodontic appliances are directly bonded to tooth with adhesives. The bond strength should be reduced to remove the appliance without damaging the tooth surface when debonding. We studied the effects of water penetration into the adhesive layer and deterioration of adhesive itself by photo sensitive catalysis on the bond strength. As a result, the orthodontic direct bonding systems capable of reducing the bond strength on debonding were developed.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	7,000,000	2,100,000	9,100,000
2008 年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
2009 年度	1,900,000	570,000	2,470,000
年度			
年度			
総計	12,300,000	3,690,000	15,990,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・補綴理工系歯学

キーワード：歯科用材料・歯科理工学

1. 研究開始当初の背景

歯列矯正治療は、弾性線のバネ力を利用して歯を移動させるために、マルチブラケット装置を歯の表面に直接接着させる。治療期間中は、装置が歯面に強く固定され、歯面から脱離することがないように大きな接着強度

を維持することが求められるが、治療終了後は装置を歯面から容易に取り外す（ディボンディング）必要がある。しかし、これまで治療期間中に装置が脱離しないようにできる限り接着強度を高めるための工夫がなされてきた。その結果、ディボンディングの際に

歯面（エナメル質表層）を損傷することがあり、歯の審美性の低下だけでなく二次齲蝕を惹起することが多く、臨床上大きな問題であった。

その対策として、装置脱着技法の改善やディボンディング後の歯面に再石灰化促進剤を塗布し、傷ついた歯面を修復する方法などが行われているが、必ずしも十分ではなく、歯面を傷つけることなくディボンディングすることができる接着システムの開発が求められてきた。しかし、一見この矛盾するテーマに実際に取り組んだ例は皆無に近かった。それだけに、本研究に着手するまでに多くの試行錯誤があったが、接着強度を制御する方法について、原理的にも矛盾なく、かつ実験的にも実現の可能性が見えてきたので、本格的に取り組むこととした。

2. 研究の目的

本系の接着は、歯エナメル質とブラケット材（金属、セラミックス）を被着体とし、有機ポリマーを主成分とする矯正用接着材とする。現在臨床上用いられているブラケット材と接着材の組み合わせでは、10MPa以上の初期引張接着強度が得られる。口腔内での使用を想定した水中浸漬下では、接着材の耐水特性に応じて、浸漬期間とともに接着強度が低下する。

そこで、本研究では、一定期間（矯正装置の標準的な装着期間）水中浸漬を行った場合、その期間中は必要な強度を維持し、治療を終了した時点で、歯面を傷つけることなく装置を脱着できる程度に接着強度を下げる方法を見出すことを目指して、次の3つの方法について、それぞれの効果、有効性を検証することを目的とした。

(1) 歯面に対しては、高い接着力を有するが、ブラケット材に対しては、主として機械的な維持力で接着する接着材を用いて、ブラケット材の表面形状（表面の粗さ）を変えることにより、水中浸漬後の接着強度がどのような低下傾向を示すか、そして脱着時の破断面から歯面の様子を明らかにする。

(2) 歯面およびブラケット材に対して、臨床上必要な初期接着強度は有するが、耐水性にはやや乏しい接着材を用いて、浸漬期間は接着層の防水を図り（防水膜を塗布する）、浸漬終了後に防水膜を除去して、接着強度を低下させる処置を行い、その効果を確認する。

(3) 一定期間接着させた後、光触媒効果を用いて接着材を分解、劣化させることにより、接着強度を低下させる方法として、光触媒を添加した接着材と光透過性が高いセラミックブラケットを用いて、光照射による接着強

度の低下を調べる。

3. 研究の方法

研究の目的(1)～(3)について、それぞれ、以下の方法で実験研究を行った。

(1) 被着体歯は、ウシ下顎前歯を用いた。ブラケット材は、ステンレス鋼で、#1000の研磨面、サンドブラスト研磨面（50 μ mアルミナ粒子）、および#100のステンレスメッシュを溶接した面の3条件とした。接着材は、4-META系の歯科用接着性レジンと親水性を有する矯正用レジン（エンライトLV、OMCO社）の混合物を使用した。試験は、接着材自体の吸水・溶解試験、硬さ試験と接着強さの測定および破断面のSEM観察を行った。水中浸漬条件は、37 $^{\circ}$ C蒸留水中に24時間、7日間および2週間とした。

(2) 被着体は、ステンレス鋼のみとした。接着材はレジン添加型の光硬化性のグラスアイオノマーセメントである。防水材は光硬化型の歯科用レジンとシリコン系のグリースである。試験は、接着強さの測定と破断面のSEM観察を行った。水中浸漬条件は、24時間、7日間、14日間および35日間とした。試験片の一部は水中浸漬後に防水膜を除去した後にさらに1週間水中浸漬を行い、接着強度を測定した。

(3) 被着体歯は、ヒト抜去歯を用いた。ブラケット材は、矯正用セラミックブラケットを用いた。接着材は矯正用グラスアイオノマー系接着材を用いた。接着材には可視光線に応答して触媒効果（酸化反応）を有する材料を添加した。試験は、接着強度の測定と破断面のSEM観察を行った。ただし、水中浸漬は37 $^{\circ}$ C4週間とし、接着強度の測定は水中浸漬後直ちに行ったものと、水中浸漬後可視光を照射させた後に行ったものについて行った。

4. 研究成果

研究の目的に照らして、より合理的で実用的な矯正装置接着システムを開発するために、上述の(1)～(3)の3つの方法（視点）から、検討を行った結果、ディボンディング時に接着強度を低下させる方法として、それぞれについて以下のことが明らかになった。

(1) 接着性モノマーである4-METAを添加した親水性のレジン系接着材を金属ブラケットとエナメル質の接着に適用し、水中浸漬すると、接着の破壊は接着材層の破壊または金属と接着材の界面において起こる。このため、ブラケットを取り外す際に歯面を傷つけるリスクは少ない。しかし、この方法では、接着材の耐水性とブラケット表面の粗さに

より、取り外し時点における接着強度を制御する必要があり、その確実性にやや難がある。

(2) 一般的にも言えることであるが、多くの接着破壊の原因は接着層への水の浸透である。したがって、接着層への水の浸透を防御すれば、水中浸漬下でも接着強度を維持することができ、かつ水を浸透させれば、接着強度を低下させることが確認できた。この方法は、本研究目的に合致した有力な方法であるが、防水処理を完全に行わなければならない、臨床応用にやや確実性を欠く恐れがある。

(3) 光に応答する酸化触媒を接着耐久性が高い接着材に混合しておくこの方法は、4週間水中浸漬後も高い接着強度を維持していたが、接着破壊試験を行う前に、光を照射して接着材を酸化させると、照射しないものに比べて有意に接着強度が低下した。破断面のSEM観察を行った結果、接着材層の凝集破壊の様相が光照射を行ったものと、行わなかったものとで異なり、光照射によってレジンマトリックス層およびレジンとフィラーの界面接着強度が低下したことが認められた。このことから、この方法は簡便かつ確実に接着強度を低下させる方法として、本研究の目的に適った実用的な方法であると考えられた。ただし、接着面に光を照射する必要があるため、ブラケット材は光透過性の高いセラミック材に限定される。

以上、治療期間中は高い接着強度を維持し、治療終了後に歯質を傷つけることなく容易にブラケットを取り外すことができる新しい矯正用接着システムの開発を目指した本研究の遂行した結果、このことに関する基本的な問題と実用的な技術の方向を見出すことができた。(1)~(3)のいずれの方法も実用化の可能性があると思われるが、現時点では(3)の方法が最も有力な方法であると考えられた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計9件)

1. Iizuka, Y., Araki, Y., Miura, H., Bond strength of an orthodontic bonding material and adhesion energy of artificial saliva to an experimental titanium bracket., *Orthodontic Waves*(査読有): accepted, (2010)

2. Taira, M., Kagiya, T., Harada, H., Sasaki, M., Kimura, S., Narushima, T., Nezu, T., Araki, Y., Microscopic

observations and inflammatory cytokine productions of human macrophage phagocytising submicron titanium particles., *J Mater Sci Mater Med.* (査読有), 20: accepted, (2009)

3. Taira, M., Nezu, T., Sasaki, K., Saitoh, S., Kagiya, T., Harada, H., Takada, Y., Araki, Y., Preparation and in vivo evaluation of apatite/collagen packed composite by alternate immersion method and Newton press., *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*(査読有), 90:566-573(2009)

4. Taira, M., Sasaki, M., Sasaki, K., Saitoh, S., Nezu, T., Kimura, S., Araki, Y., DNA microarray analysis of the effects of LPS-stimulation and IC50 nickel ions on gene expressions of mouse macrophage-like cell line RAW264., *Nono-Bioscience.* (査読有), 1:59-69(2009)

5. Taira, M., Nezu, T., Sasaki, M., Kimura, S., Kagiya, T., Harada, H., Narushima, T., Araki, Y., Gene expression analyses of human macrophage phagocytizing sub- μ titanium particles by allergy DNA chip(GenopalTM), *Biomed Mater Eng*(査読有), 19:63-70(2009).

6. Saitoh, S., Sasaki, K., Nezu, T., Taira, M., Araki, Y., Hardness and composition of solution-treated Ag-Pd-Cu-Au alloy microstructures, *Mater Trans.* (査読有) 49(10) 2360-2364(2008)

7. Taira, M., Sasaki, K., Saitoh, S., Nezu, T., Kagiya, T., Harada, H., Sasaki, M., Kimura, S., Hirata, I., Araki, Y., Tex/EDX observation of micro-beads of magnetically activated cell sorting(MACS) system and separation trial of mouse mesenchymal stem cells from bone marrow cells by MACS system, *J Oral Tissue Eng*((査読有), 6(1):33-40(2008)

8. Nezu, T., Masuyama, T., Sasaki, K., Saitoh, S., Taira, M., Araki, Y., Effect of pH and addition of salt on the adsorption behavior of lysozyme on the gold, silica and titania surfaces observed by quartz crystal microbalance with dissipation monitoring., *Dent Mater J*((査読有), 27(4):573-580(2008)

9. Taira, M., Sasaki, M., Kimura, S., Araki, Y., Dose-dependent effects of Ni(II) ions

在（研究期間終了時）、この技術の特許化するために、技術移転が可能と思われる企業との話し合いを進めている状況である。

○出願状況（計0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況（計0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

荒木 吉馬 (ARAKI YOSHIMA)
岩手医科大学・歯学部・教授
研究者番号：20005036

(2) 研究分担者 平成19年度

三浦 廣行 (MIURA HIROYUKI)
岩手医科大学・歯学部・教授
研究者番号：00048563

平 雅之 (TAIRA MASAYUKI)
岩手医科大学・歯学部・准教授
研究者番号：60179398

飯塚康之 (IIZUKA YASUYUKI)
岩手医科大学・歯学部・助教
研究者番号：80311934

佐々木かおり (SASAKI KAORI)
岩手医科大学・歯学部・助教
研究者番号：00364373

(3) 連携研究者 平成20～21年度

三浦 廣行 (MIURA HIROYUKI)
岩手医科大学・歯学部・教授
研究者番号：00048563

平 雅之 (TAIRA MASAYUKI)
岩手医科大学・歯学部・准教授
研究者番号：60179398

飯塚康之 (IIZUKA YASUYUKI)
岩手医科大学・歯学部・助教
研究者番号：80311934

佐々木かおり (SASAKI KAORI)
岩手医科大学・歯学部・助教
研究者番号：00364373

(4) 研究協力者

田中 滋 (TANAKA SHIGERU)
まこと矯正歯科医院・副院長（福井市）