

平成 29 年 6 月 5 日現在

機関番号：17301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26670888

研究課題名（和文）フォトデソシエーション矯正装置の開発

研究課題名（英文）Development of photodesociation orthodontic appliances

研究代表者

渡邊 郁哉（WATANABE, Ikuya）

長崎大学・医歯薬学総合研究科（歯学系）・教授

研究者番号：00274671

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的はレジンセメントの接着力を必要な時に無力化することを目的としている。実験の結果、二酸化チタンをコーティングした被着体をレジンセメントで接着した後、紫外線を照射することによって、接着強さを減少できることが明らかになった。したがって本研究により、フォトデソシエーション矯正装置の開発が可能であることが明らかになった。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to produce powerlessness of resin composite to detach from orthodontic appliance. The results of this study demonstrated that the bond strenght of resin composite can be decreased by using titanium deoxidde and the UV light. In conclusion, this study indicated that the photodesociation orthodontic appliance will be developed in future.

研究分野：生体材料学

キーワード：フォトデソシエーション

## 1. 研究開始当初の背景

接着性レジンセメントはダイレクトボンディング法による矯正治療を可能とし、また接着ブリッジやラミネートベニアといった歯質切削を可及的に抑えた歯冠修復物をもたらす、歯科臨床に多大な貢献を果たしている。しかしながら実際の臨床においては、一度接着させたものを任意に撤去することが求められることも少なくない。エナメル質のみならず象牙質や各種金属材料の表面処理やプライマーが開発され、より強固にそして耐久性の優れた接着性レジンセメントの開発が試みられているところであるが、被着体への非侵襲を担保したディボンディングへの試みは皆無であった。

数年来、光触媒活性を応用した生体材料への抗菌性の付与ならびに光誘起超親水性による生体親和性の向上について研究が行われ、いくつかの有効な知見が得られている。二酸化チタンに代表される光触媒半導体材料に紫外線を照射すると光励起状態を誘導し活性酸素を生じ、その強力な酸化作用で細菌の細胞膜が破壊され抗菌性が発揮される。このメカニズムは抗菌効果のみならず、表面に存在する有機質を酸化分解蒸散することも可能で、紫外線を照射するだけで防汚効果をもたらすとして、工業界においてセルフクリーニング塗料等に実用化されている。しかしながら顕著な酸化作用ゆえ、チョーキングと呼ばれる塗膜の劣化を引き起こすことがあった。すなわち光触媒効果のために含有された酸化チタンが塗料表面の汚れだけでなく、塗料成分そのものを分解してしまい酸化チタンの粉末だけがチョーク状に残留する現象が知られていた。

## 2. 研究の目的

接着性レジンセメントによる歯質ならびに各種歯科材料の接着という杭念は、歯科臨床を大きく進歩させたといっても過言ではない。現在でもより強力なそして耐久性の高い接着システムの探求が進められている。このような中で、本研究は趣を異にし、あたかも電磁石のスイッチをオフして磁力をゼロにするかのごとく、接着力を任意に無力化させるディボンディングを目的とした。

酸化チタンは高い屈折率を示し、毒性がなく、化学的に安定で、さらに比較的安価であるという特徴から、最も優れた白色顔料といわれている。しかしその酸化チタンの顔料としての欠点がチョーキングという現象である。本研究の斬新性はこの欠点を逆にとり、接着性レジンのディボンディングに応用するという発想であった。

本法は物理的な力に頼るものでなく、また熱や化学薬品を使用しないため、被着体の歯質や修復物に全くの非侵襲で、さらに酸化分解されたレジンマトリックスは二酸化炭素、水に変換されるのみであるため完全無毒無害で生体に優しい手法といえる。

しかしながら臨床においては、接着界面はブラケットやバンド等の装置や修復物で被覆されているため光が到達しないという問題があった。これに対して我々は、液晶モニターのバックライト(エッジライト方式)が、横方向のLED光源からの光をモニター全面に光量の減衰なく行き渡らせることができることにヒントを得て、紫外線を横方向から(接着界面方向)から照射し、導光板に相当するコーティング層を光が拡散することで被着面に光触媒活性を発揮させることを着想した。

## 3. 研究の方法

### (1) 光触媒二酸化チタン成膜試料作製

シリカガラス表面への光触媒二酸化チタンのコーティングをプラズマソースイオン注入法とアニーリングの併用により行う方法とゾルゲル法を用いて二酸化チタンの薄膜をコーティングする方法を検討した結果、比較的簡便な後者を採用した。USHIO社製紫外線照射器を用い、コーティング面の裏側から10分間紫外線照射を行った。そして光触媒活性を評価するために、光触媒超親水性効果を利用し、水接触角を計測した。

### (2) レジンセメント分解能の確認

光触媒活性がレジンセメントを分解し得るかを確認するため、紫外線を100%透過するガラス板上に上記と同様の光触媒コーティングを行った。さらにそのコーティング面に顔料としての二酸化チタンも接着性モノマーも含有しない化学重合型レジンも薄く塗布し、アクリルロッドを接着させた。24時間室温に放置し、レジン硬化後、コーティング面の裏側よりガラスを介して紫外線照射を行った。

紫外線照射後直ちに万飽試験機を用い、クロスヘッドスピード0.5mm/minで剪断接着試験を行い、接着強さの評価ならびに破断面の観察を行った。本モデルでは紫外線を遮るものがないため、接着界面への直接照射が可能である。

### (3) 臨床モデルでの効果の確認

臨床においては被着体・修復物を介しての接着界面への紫外線照射は困難である。そこで液晶モニターのバックライトに採用されるエッジライト方式の応用を試みる。本研究において成膜される光触媒二酸化チタン膜は透光性を有するため、これをエッジライト方式における導光膜に見立て、横からの照射で光触媒膜全面に紫外線を行き渡らせ、接着界面にて光触媒活性を発揮させようとする方法である。この仮説が有効に機能すれば、セメントラインとして露出する接着断端からの紫外線照射で接着界面に一樣に光触媒活性を発揮させることが可能になる。

そこで、接着性レジンセメント(スーパーバンド)を用いて、シリカガラスの二酸化チタンコーティング面と牛歯エナメル質を接着した。24時間後に紫外線照射機(ブラックラ

イトブルー)を用い、セメントラインの断端から 20 分間紫外線照射を行った。紫外線照射後直ちに万能試験機を用い、クロスヘッドスピード 2mm/min にて剪断接着試験を行い、接着強さの評価ならびに破断面の観察を行った。紫外線照射なしの試料をコントロールとしてディボンディングの評価を行った。

#### 4. 研究成果

##### (1) 光触媒二酸化チタン成膜試料作製

厚さ 1 mm のシリカガラス板上にゾルゲル法を用いて二酸化チタンの薄膜をコーティングした。USHIO 社製紫外線照射器を用い、コーティング面の裏側から 10 分間紫外線照射を行った。接触角計を用いて各試料の水接触角を計測した結果、コーティングなし/照射なし:40°、コーティングなし/照射あり:60°、コーティングあり/照射なし:54°、コーティングあり/照射あり:25°であり、二酸化チタンコーティングと紫外線照射によって光触媒活性が得られていることが確認された。

##### (2) レジンセメント分解能の確認

厚さ 1mm のシリカガラス板上にゾルゲル法を用いて二酸化チタンの薄膜をコーティングした。レジンセメント(MMA-TBB)を用いてコーティング面とアクリルロッドを接着し、24 時間後に裏面よりガラスを介して 10 分間紫外線照射し、剪断接着試験を行った。その結果、コーティングのない試料でも紫外線照射によって接着強さが 14 MPa から 7 MPa へと低下した。コーティングした試料では、紫外線照射しなかった試料の接着強さは 18 MPa であったのに対し、紫外線照射した試料では 3 MPa と著しく低下することが明らかになった。すなわちコーティングした試料ではコーティングなしの場合よりも紫外線照射の影響が大きく現れる傾向があった。水接触角と接着強さを合わせて考えると、シリカガラスにコーティングされた二酸化チタンの薄膜に対してコーティングしていない面の方からシリカガラスを介して紫外線照射しても、二酸化チタン薄膜は光触媒活性を示し、これによってレジンの接着力が低下したと考えられる。

##### (3) 臨床モデルでの効果の確認

接着性レジンセメントを用いて、コーティングされたシリカガラスと牛歯エナメル質を接着し、24 時間後にセメントラインとして露出する接着面断端から、紫外線を照射し、引っ張り接着試験を行った。その結果、紫外線照射しなかった試料の接着強さが 13 MPa であったのに対し、紫外線照射した試料では 6 MPa と比較的低かった。

今後さらに研究が必要ではあるが、本結果から期待できる臨床的事項としては次のようなことが考えられる。動的矯正治療終了後、歯牙に強固に接着されたブラケットは、現在プライヤーにより物理的にディボンディングされているが、これが紫外線照射のみで、

エナメル質を全く損傷することなく撤去することができるようになるであろう。

また、歯質削除量を著しく減じることができ、接着ブリッジにおいて困難であった、装着前に仮着して、口腔内の機能下で接着ブリッジの具合を評価することが可能となるかもしれない。

さらに、昨今認知度が高まっている、インプラント欠損補綴でのセメンティング上部構造では、外したい時に容易に撤去でき、外れてほしくない時には強固に接着するという、確実なリトリパビリティ(可撤性)が将来実現可能となるであろう。

#### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 4 件)

Valanezhad A, Odatsu T, Shiraishi T, Udoh K, Sawase T, Watanabe I: Modification of resin modified glass ionomer cement by addition of bioactive glass nanoparticles. J Mater Sci Mater in Med 27:1-9, 2016(査読有). Matsunaga J, Watanabe I, Nakao N, Watanabe E, Elshahawy W, Yoshida N. Joining characteristics of titanium-base orthodontic wires connected by laser and electrical welding methods. J Mater Sci Mater in Med. 26:5391-5399. 2015(査読有).

Tsujimoto M, Irifune Y, Tsujimoto Y, Yamada S, Watanabe I, Hayashi Y. Comparison of Conventional and New-generation Nickel-Titanium Files in Regard to Their Physical Properties. J Endodont 40:1824-1829, 2014(査読有).

Okumura Y, Shiraishi T, Yoshida K, Kurogi T, Watanabe I, Murata H. Influence of composition and powder/liquid ratio on setting characteristics and mechanical properties of autopolymerized hard direct denture relining resins based on methyl methacrylate and ethylene glycol dimethacrylate. Dent Mater J. 33:522-529. 2014(査読有).

[学会発表](計 6 件)

Valanezhad A, Nourani M, Watanabe I: Newly developed dental implant coated by zirconia beads and bioactive glass. 2nd symposium on stem cells and restorative medicine. August 4-5, Ardebil, Iran, 2016.

Valanezhad A, Shiraishi T, Sawase T, Watanabe I: Mechanical and biological performance of glass ionomer cement modified by bioactive glass nanoparticles. 27th Symposium and

Annual Meeting of The International Society for Ceramics in Medicine, October 27-29, Bali, Indonesia, 2015 {Abstract No. P29, 2015}

Nourani M, Sumita Y, Valanezhad A, Watanabe I, Asahina I: Evaluation of the bone regeneration potential of bioactive glass enhanced with PRP and BMP2 in an augmentation model. A comparative study. The 15th Meeting of Iranian Academy of Periodontology, October 6-9, Tehran, Iran, 2015{Abstract}

Valanezhad A, Watanabe I: Effects of bioactive glass nanoparticles on glass ionomer cement properties. International Porous Powder Materials (PPM), September 15-18, Izmir, Turkey, 2015 {Abstract No. 701, 2015}

中尾紀子, 迫田 敏, 渡邊郁哉: ギルコニア材料の高速研削性に関する研究, 第64回日本歯科理工学会学術講演会, 10月4-5日, アステールプラザ(広島県、広島市), {日本歯科理工学会誌, 33(5): p. 410, 2014}

中尾紀子, 松永淳子, 渡邊悦子, 吉田教明, 渡邊郁哉: 電氣的/レーザー溶接法による矯正用ワイヤー接合法の評価, 第63回日本歯科理工学会学術講演会, 4月12-13日, タワーホール船堀(東京都、江戸川区){日本歯科理工学会誌, 33(2): p. 111, 2014}

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

渡邊 郁哉 (WATANABE, Ikuya)

長崎大学・医歯薬学総合研究科(歯学系)・教授

研究者番号: 00274671

### (2) 研究分担者

中尾 紀子 (NAKAO, Noriko)

長崎大学・病院(歯学系)・助教

研究者番号: 20333578

田中 基大 (TANAKA, Motohiro)

長崎大学・工学研究科・客員研究員

研究者番号: 90420629