

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 9 日現在

機関番号：30110

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24792032

研究課題名(和文) 光機能化処理により二酸化チタン含有漂白剤の漂白効果は促進されるのか？

研究課題名(英文) The effect of ultraviolet light pre-treatment of titanium dioxide photocatalyst on bleaching effect

研究代表者

河野 舞 (Kono, Mai)

北海道医療大学・歯学部・講師

研究者番号：90586926

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、埋入前のチタンインプラントに対する紫外線照射が骨形成を促進するという報告に注目し、「TiO<sub>2</sub>にあらかじめ紫外線を照射した後、H<sub>2</sub>Oと混和することで従来よりも光触媒反応が進行し、漂白効果が増強されるかどうか」という仮説のもとに、検討を行った。光触媒活性の評価および、漂白前後の色彩変化の測定を行い、比較検討を行った結果、あらかじめTiO<sub>2</sub>に短時間紫外線を照射することで、漂白効果が増強されることが示唆された。また、紫外線の過度な照射は漂白効果を減退させることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：UV light treatment is thought to counteract biological aging of titanium implant. UV light treatment of aged titanium surfaces decomposes hydrocarbons by inducing photocatalytic activity and restores superhydrophilicity. I focused on the effect of hydrocarbon decontamination on the titanium surfaces. In this study, I examined the hypothesis that UV light pretreatment of TiO<sub>2</sub> accelerates a photocatalytic reaction and enhances the bleaching effect of the TiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O mixture. I investigated the photocatalytic activity by measuring the color change before and after the bleaching. The results suggested that the appropriate pretreatment condition can maximize the bleaching effect of the TiO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O mixture.

研究分野：歯科補綴学

キーワード：歯学 漂白 二酸化チタン 光機能化

### 1. 研究開始当初の背景

光を照射することでエネルギーが高い状態になった二酸化チタン(以下TiO<sub>2</sub>)は、水や酸素と反応して活性酸素や・OHラジカルを発生させる光触媒である。この・OHラジカルは、着色物質の脱色に効果があるため、義歯洗浄剤としての応用や、歯の漂白・オフィスホワイトニング法としても利用されている。歯の漂白においては、高濃度の過酸化水素で漂白に有効な・OHラジカル量を確保していた従来のオフィスホワイトニング材よりも、低濃度の過酸化水素にTiO<sub>2</sub>を混合することにより、効果的に・OHラジカル量を得ることが可能であり、高濃度の過酸化水素と同様の漂白効果が得られると考えられている。さらに、低濃度の過酸化水素を使用することから、知覚過敏や術後痛などの不快症状が少ない安全な漂白方法として利用されている。

また、TiO<sub>2</sub>にはStreptococcus mutansやPorphyromonas gingivalisに対する抗菌作用やバイオフィルムの付着抑制効果もあることが報告されており、歯の漂白とともに二次う蝕や歯周疾患の予防にもつながることが考えられる。二次う蝕の防止に関しては、歯の漂白とともにエナメル質表面にフッ化アパタイトを吸着させることにより歯質強化が得られるFAPホワイトニング法もあり、漂白方法の付加価値を高める方法として臨床応用されている。

歯の漂白に関しては、審美への関心が高まっていることから、今後さらに需要が増加すると思われる。しかしながら、漂白処置回数およびチェアタイムの減少には到らず、患者と歯科医師双方への心理的および経済的負担は解決されていないと思われる。

### 2. 研究の目的

本研究では、診療室で使用できる装置を使用して、従来法よりも効率的かつ効果的に漂白効果が得られることにより、漂白処置回数およびチェアタイムが減少する漂白法の可能性について検討を行った。

TiO<sub>2</sub>光触媒は様々な分野において広く研究応用されているが、チタンインプラントの新規表面改質法として光機能化処理法が有効であるという報告がある(Aita et al. Biomaterials 2009)。一般的にチタンインプラント表面はTiO<sub>2</sub>で覆われており、加工後経時的に炭化水素が付着し生物学的応答が低下する、すなわちチタンが生物学的にエイジングすることが確認されている。チタン表面に、複合波長の紫外線を照射すると、インプラント表面の炭化水素が除去され、骨伝導能と骨-インプラント結合強度が飛躍的に向上することが示されている(Aita et al. Biomaterials 2009)。また、TiO<sub>2</sub>光触媒作用による色素分解(脱色)は、光を再照射することで再び起きることが報告されている(Inagaki M et al. Environ Technol 2006)。

これらの報告から、チタンインプラントのように漂白剤中のTiO<sub>2</sub>もエイジングすると仮定して、TiO<sub>2</sub>に光機能化処理を行ってから低濃度の過酸化水素水と反応させた場合、従来の漂白法よりも短時間で漂白効果が得られるという仮説のもとに研究を企画するに至った。

### 3. 研究の方法

#### (1). 試料と光源

光触媒として、アナターゼ型TiO<sub>2</sub>(ST-1、石原産業)を用いた。TiO<sub>2</sub>に対する前処理として紫外線照射器(UV Hand Lamps、USA)を用いた。

#### (2). 実験方法

##### 光触媒活性性能の評価

光触媒活性性能の評価は、色素分解実験(退色実験)により検討した。TiO<sub>2</sub> 1gをガラスシャーレに採取し、TiO<sub>2</sub>に対する前処理として365nmの紫外線を照射した。照射時間は5、10、15、20分とした(n=35)。前処理後、100mlの蒸留水にメチレンブルー(MB)を0.1g溶解させた10ppmのMB溶三品 渡液1mlと混和し、365nmの紫外線を2分間照射した。また、前処理としての紫外線照射を行わないTiO<sub>2</sub>を対照群とした。その後、分光光度計(Nano-Drop 1000、USA)を用いて、吸光度を測定した。吸光度は、MBの極大吸収(λ<sub>max</sub>)である668nmで測定した。

##### 着色濾紙を用いた色彩変化の測定

外因性歯牙着色モデルとして、ヘマトポルフィリンをエタノールに溶解させた0.1%ヘマトポルフィリン溶液中に直径2cmのろ紙を浸漬し、40℃で1時間乾燥したヘマトポルフィリン濾紙(HF)を使用した。TiO<sub>2</sub> 1gをガラスシャーレに採取し、TiO<sub>2</sub>に対する前処理として365nmの紫外線を照射した。照射時間は5、10、15、20分とした(n=100)。

前処理後、H<sub>2</sub>O 1mlと混和し、HFに塗布後、紫外線照射器(UV Hand Lamps、USA)を用いて365nmの波長を2分間照射したものの(紫外線照射群)と、LED可視光線照射器(G-Lite Prima<sup>®</sup>、GC)を用いて400nmの波長を2分間照射したものの(LED処理群)を実験群とした。また、前処理としての紫外線照射を行わないTiO<sub>2</sub>を対照群とした。漂白前後の色調変化の測定は、分光色差計(NF-333、日本電色工業)を用いた。CIE 1976 L\*a\*b\*表色計を用いてL\*・a\*・b\*値を求め、漂白前の値と漂白後の値との差(L\*・a\*・b\*)を求めた。また、色差ΔE\*abを次式から算出し、色の变化および漂白効果を判定した。

$$\Delta E^*ab = [ (L1 - L0)^2 + (a1 - a0)^2 + (b1 - b0)^2 ]^{1/2}$$

##### 統計処理

吸光度および色差の測定はそれぞれ5回行い、平均値および標準偏差を求め、各群間に対してOne-way ANOVAを行った後にpost

hoc test として Tukey 法を用いた有意差検定を行った ( $p < 0.05$ )

#### 4. 研究成果

##### 光触媒活性性能の評価

MB に対する吸光度は、前処理時間が 5、10、15 分間と長くなるにつれ、対照群と比較して吸光度が低下する傾向が認められた。一方、20 分間では対照群よりも吸光度が高くなる傾向が認められた (図 1)。

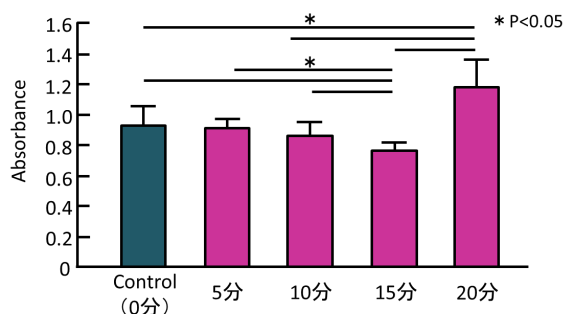


図 1 光触媒活性性能の評価

##### 着色濾紙を用いた色彩変化の測定

紫外線処理群における色差  $\Delta E^*ab$  値は、前処理時間が 5、10、15 分間と長くなるにつれ、対照群と比較して増加する傾向が認められた。一方、20 分間では減少する傾向が認められた。  $L^*$  は、前処理時間 15 分間までは明度の上昇が認められたが、20 分間では下降する傾向が認められた。  $a^*$  は前処理時間 15 分間までは減少し、20 分間ではわずかに増加する傾向が認められたが、  $b^*$  は有意な変化が認められなかった (図 2)。

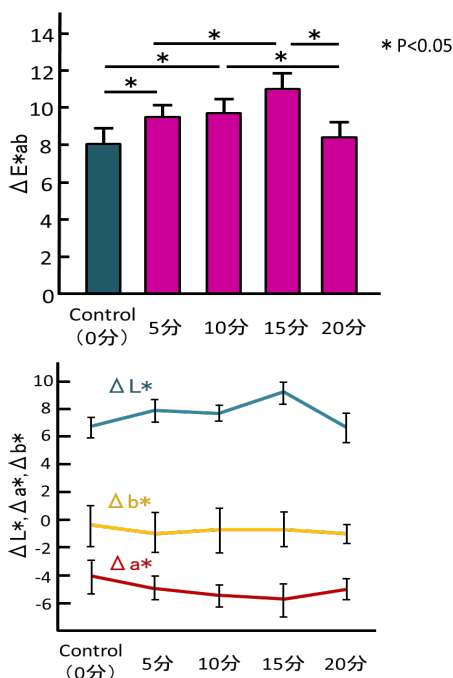


図 2 着色濾紙を用いた色彩変化の測定 (紫外線処理群)

LED 処理群における色差  $\Delta E^*ab$  値は、前処理時間が 15 分間において対照群と比較して増加する傾向が認められた。一方、20 分間では減少する傾向が認められた。  $L^*$  は、前処理時間 15 分間までは明度の上昇が認められたが、20 分間では下降する傾向が認められた。  $a^*$  と  $b^*$  は有意な変化が認められなかった。また、紫外線処理群と比較すると、変化の傾向は少なかった (図 3)。

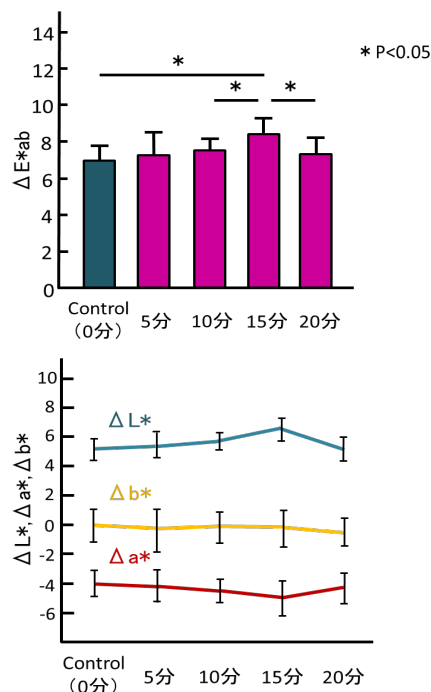


図 3 着色濾紙を用いた色彩変化の測定 (LED 処理群)

$TiO_2$  光触媒作用による MB の色素分解 (脱色) は、あらかじめ紫外線を短時間照射することで強く発現が認められたことから、処理前における紫外線の短時間照射は  $TiO_2$  の光触媒作用の活性を増強することが認められた。また、紫外線を短時間照射してから  $H_2O$  と混和することで、漂白効果が増強されることが示唆された。しかし、紫外線の過度な照射は漂白効果を減衰させることが示唆された。

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 1 件)

河野 舞、會田英紀、越野 寿：紫外線照射による二酸化チタン光触媒が漂白効果に与える影響、第 25 回歯科審美学会学術大会、2014/11/22-23、香川 (高松国際ホテル)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況（計0件）

〔その他〕

ホームページ等 特記事項なし

## 6．研究組織

### (1)研究代表者

河野 舞（KONO Mai）

北海道医療大学歯学部・講師

研究者番号：90586926