

## 研 究

## 二酸化チタン光触媒併用漂白材と高濃度過酸化水素漂白材における生活歯漂白の効果と色調後戻りに関する研究

志賀 華絵<sup>1)</sup>, 浅野 明子<sup>1)</sup>, 齋藤裕美子<sup>2)</sup>, 櫻井 秀人<sup>1)</sup>, 長谷部智之<sup>1)</sup>, 菅 徹也<sup>1)</sup>,  
伊藤 誠之<sup>1)</sup>, 八木 亮輔<sup>1)</sup>, 野田 守<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> 岩手医科大学歯学部歯科保存学講座う蝕治療学分野

(主任: 野田 守 教授)

<sup>2)</sup> 岩手医科大学歯学部補綴インプラント学講座

(主任: 近藤 尚知 教授)

(受付: 2017年3月6日)

(受理: 2017年5月30日)

## 抄 録

オフィスブリーチは来院当日に歯の色調を改善する方法として臨床で頻繁に行われているが、高濃度過酸化水素の使用による術後の不快症状発現、漂白効果や色調の後戻りの予測の困難性が問題となっている。近年では、二酸化チタン光触媒併用の低濃度過酸化水素漂白材が開発され、術後の不快症状が少なく、良好な臨床成績を収めているが、両者の漂白効果、色調後戻りの違いを比較した報告は少ない。本研究では、二酸化チタン光触媒併用の低濃度過酸化水素漂白材と高濃度過酸化水素漂白材で、漂白効果ならびに色調の後戻りについて違いがあるかを明らかにするため、漂白後1年間の色調変化を測定し、検討を行った。

被験者は上顎右側中切歯に治療歴のない成人20名(男性5名, 女性15名, 平均年齢24.7 ± 10.2歳)で, TiON in Office (過酸化水素濃度23%, TiO<sub>2</sub>触媒併用, Ti), Opalescence Boost PF40% (過酸化水素濃度40%, Op)を業者指示で使用し, 漂白回数は2回とした。漂白前, 漂白終了直後, 14日後, 30日後, 90日後, 180日後, 360日後に分光光度計でL\*, a\*, b\*を測定した。①漂白前後および各測定時のL\*, a\*, b\*の差, ②漂白前の測定値をベースラインとした各測定時との色差ΔE\*ab, ③漂白直後から12か月後までの1日当たりのL\*, a\*, b\*の変化量, を算出し, Two-way ANOVAにて統計学的に検討した。

---

Examination of color regression of combined titanium dioxide photocatalyst bleaching agent and high-concentration hydrogen peroxide bleaching agent in the efficacy of vital tooth bleaching  
Hanae SHIGA<sup>1)</sup>, Akiko ASANO<sup>1)</sup>, Yumiko SAITO<sup>2)</sup>, Hideto SAKURAI<sup>1)</sup>, Tomoyuki HASEBE<sup>1)</sup>, Tetsuya KAN<sup>1)</sup>, Masayuki ITO<sup>1)</sup>, Ryosuke YAGI<sup>1)</sup>, Mamoru NODA<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Division of Operative Dentistry and Endodontics, Department of Conservative Dentistry, Iwate Medical University School of Dentistry  
(Chief: Prof. Mamoru NODA)

<sup>2)</sup> Department of Prosthodontics and Oral Implantology, Iwate Medical University School of Dentistry  
(Chief: Prof. Hisatomo KONDO)

<sup>1,2)</sup> 1-3-27, Chuo-dori, Morioka, Iwate, 020-8505, Japan

漂白直後では漂白前と比較し, Ti, OpともにL\*の上昇, a\*およびb\*の低下を認め, OpとTi間で有意差を認めなかった. 漂白直後から360日後では, 緩やかなL\*の低下, a\*, b\*の上昇を示し, 色調後戻りの傾向が観察されたが, 漂白直後との有意差を認めなかった. 漂白後のL\*, a\*, b\*の一日変化量は, Tiで0~14日, Opで14~30日がピークとなり異なる傾向を示したが, 両者とも漂白後30日以降で安定した.

以上より, Ti, Opは, 同等の漂白効果と色調の持続性を有するが, 漂白後の色調の安定性や後戻りは若干の相違があることが示唆された.

## 緒 言

歯の漂白は, 歯質を切削することなく色調を改善する方法として一般的に定着しつつある. 生活歯漂白はホームブリーチとオフィスブリーチがあり, 患者のライフスタイルにあわせた漂白方法を選択し実施されている. 近年では, 来院当日に歯の色調を改善できるオフィスブリーチ法の関心が高まり, 日常臨床でも頻繁に行われ, 患者の満足度も高い処置となっている.

一方, 漂白における問題点として, 漂白後の不快症状の出現と漂白後の色調変化の予測および後戻り予測の困難性が挙げられる.

生活歯漂白のメカニズムは, ヒドロキシラジカルや活性酸素が主体となり, 変色の原因となる有機質を分解することで漂白効果を発揮している<sup>1)</sup>. 漂白効果に影響を及ぼす因子としては, 漂白材の過酸化水素濃度, 処置時間, 温度, 光照射などがある<sup>2)</sup>. 高い効果を確実に得るためには, 十分なラジカル発生量を確保する必要がある. 加熱により過酸化水素の分解を促進する製品や, 40%を超える高濃度過酸化水素を含む製品が発売されているが, 知覚過敏症状や歯髄損傷のリスクが高く, より確実に安全性の高い材料が求められる. 近年では, 可視光応答型酸化チタン光触媒を併用する製品<sup>3)</sup>が発売され, 国内外で広く使用されている. 酸化チタン触媒は強い酸化還元能を持ち, 漂白材への応用により過酸化水素を効率的に分解し, 多量のラジカルを発生させることで, 低濃度過酸化水素でも高い漂白効果を得ることが可能となった<sup>4)</sup>. 国外では, 漂白材やプライマーに知覚過敏抑制剤を添加した製品もあり, 術後の知覚過敏症状を有意に低下させたとの報告があり<sup>5)</sup>, 材料の改良によって術後の不快症状の出現は減少してい

るが, 漂白後に疼痛を持続する症例もしばしば遭遇する.

各種生活歯漂白材における漂白効果については多数の報告があり, 過酸化水素濃度や漂白手順は異なるが, 各製品ともに処置後の色調改善は良好との報告がある<sup>6,8)</sup>. しかし, 実際の臨床においては, 漂白対象となる歯の色調が同一であっても十分な漂白効果を得られず, 複数回の処置を必要とする場合もある. また, 漂白処置による色調改善は永久的ではなく, 時間経過とともに色調の後戻りを生じる. 後戻りの原因は患者の生活習慣や歯の構造など, 多数の要因が絡むことによって引き起こされると考えられている<sup>9)</sup>. 漂白材の過酸化水素濃度や漂白方法の違いとの関連性も示唆されているが, 二酸化チタン触媒を用いた漂白法の色調後戻りについては報告が少なく, 漂白時の色調変化や後戻りの予測については検討の余地がある.

そこで本研究では, 生活歯漂白において二酸化チタン光触媒を応用した漂白材と高濃度過酸化水素漂白材で, 漂白効果ならびに色調の後戻りに違いがあるかを調査するため, 漂白前後および漂白後1年間の色調を測定し, 評価, 検討を行った. また, 術後の不快症状の有無についても併せて調査を行った.

## 対象および方法

### 1) 被験者と被験歯

2012年4月から2014年3月までに岩手医科大学歯学部歯科医療センター先進総合歯科を受診し, オフィスブリーチを希望した20名の成人(男性5名, 女性15名, 平均年齢24.7±10.2歳)を対象とした. 対象部位は上顎右側中切歯とし, 症例の選択は田上ら<sup>4)</sup>の基準のほか, 重度の象牙質知覚過敏症, 齲蝕治療, 根管治療

の経験のある歯は除外した。本研究は岩手医科大学歯学部倫理委員会（承認番号 No. 01169）により承認を得た後、研究の趣旨を十分に理解し、文書にて同意の得られた患者を対象とした。

## 2) 材料と方法

材料は、オフィスブリーチ材の TiON in Office（過酸化水素濃度 23%, GC, Japan, 以下, Ti）および Opalescence Boost PF40%（過酸化水素濃度 40%, Ultradent, USA, 以下, Op）を使用した。各材料の構成成分を表 1 に示す。Ti は 2010 年に国内認可となった二酸化チタン光触媒を併用する製品であり、高い臨床成績と術後の不快症状が少ないのが特徴である<sup>4)</sup>。Op は知覚過敏抑制剤である硝酸カリウムを漂白材と混和して使用する材料であり、国外では高い漂白効果が得られるとの報告がある<sup>10)</sup>。国内では未認可であるため、材料の使用にあたり、十分な説明を行い、同意が得られた上で実験に供した。また歯の色調計測は、Crystaleye (CE100-DC, Olympus, Japan) を使用した。2006 年に国内で販売された非接触型歯科用分光光度計であり、色調の再現性と規格性が高い<sup>11)</sup>との報告から本研究で採用した。

方法は、被験者 20 名を無作為に 2 グループ 10 名ずつに分け、使用する漂白材により Ti 群、Op 群とした。漂白開始 1 週間前に歯石や歯面着色を超音波スケーラーで除去し歯面清掃を行った。漂白当日は、Pre TiON (GC, フッ素非含有歯面研磨用ペースト) およびマイクロ

モータハンドピースに装着した歯面清掃用ブラシで上顎前歯 6 歯の唇面を低速回転で研磨した。Crystaleye にて上顎右側中切歯唇面の測色を行い、歯冠幅径、上下径の中央を測定点として L\*, a\*, b\* の値を記録した。

術式は業者指示に従い、口唇保護のためのリップジェル (GC) の他、プラスチック製リトラクター、フェイシャルシート、保護メガネを装着後、唇側歯頸部歯面の一部および唇側歯肉を TiON in Office 付属の歯肉保護レジンで覆い、コンポジットレジン重合用光照射器 (Pen Cure, モリタ製作所) にて 1 歯につき 10 秒光照射を行い硬化させた。

Ti 群は、製品付属のリアクター（二酸化チタン光触媒）を上顎 6 前歯に塗布し、自然乾燥させた。漂白材 A, B を混和し、対象歯の唇面に厚さ約 1mm となるように塗布した。ホワイトニング用光照射器 Cosmo Blue (GC, LED 光源, 波長 395 ~ 410nm) High mode で 12 分間光照射し、乾綿球でリアクターと材料を拭き除去した。リアクター塗布から漂白材除去までの一連の過程を合計 3 回繰り返した。

Op 群は、付属の漂白材とアクチベーターを混和後、対象歯の唇面に厚さ約 1mm となるように塗布し 20 分静置した。乾綿球で材料を拭き、同様の過程を合計 2 回繰り返した。両群とも残存した漂白材をスリーウェイシリンジで水洗し、歯肉保護レジンを除去後、GC PTC ペーストファイン (GC, フッ素含有歯面研磨用ペースト) で歯面研磨を行った。外来色素の着色防止のため

表 1. 本研究で使用した漂白材の構成成分

漂白材	構成	pH	光照射	主な成分
TiON in Office (GC, Japan)	2剤 (A,B) 混和 リアクター	5.0~8.0	必要	シリンジA: 35%過酸化水素水
				シリンジB: 30%過酸化尿素, グリコール系溶剤, ビニルポリマー, pH調整剤 リアクター: 可視光応答型酸化チタン, 増粘剤, pH調整剤, 蒸留水, エタノール
Opalescence Boost PF40% (Ultradent, USA)	2剤 (A,B) 混和	6.0~8.5	不要	シリンジA: 40%濃縮過酸化水素水 シリンジB: フッ化ナトリウム, 硝酸カリウム フッ化カリウム

め, 漂白終了後 24 時間は, 色の濃い食品, お茶, コーヒーの摂取, 口紅の使用を控えるように指示した。7 日後に対象歯の自発痛や不快症状の有無を問診にて聴取し, 詳細を記録した。不快症状が重複している場合は最も不快に感じた事項を記録した。不快症状の持続や軟組織の異常がないことを確認後, 同様の方法で 2 回目の漂白を行った。2 回目の漂白終了直後に測定点の  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  を記録した。以降は 14 日後, 30 日後, 90 日後, 180 日後, 360 日後に計測を行った。

### 3) 漂白後の色調変化評価

測色により得られた  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  値は, 漂白前後および各測色期間との差を Two-way ANOVA, Student-Newman-Keuls test にて有意水準 0.05% で統計学的に検討した。漂白前の測色値を基準とした各測色時との色差  $\Delta E^*ab$  を以下の式により算出し, 漂白前後の評価にて  $\Delta E^*ab \geq 3.0$  を十分な漂白効果あり, 経過観察時においては  $\Delta E^*ab < 3.0$  を色調後戻りありの目安とした。

$$\Delta E^*ab = ((L^*_0 - L^*_n)^2 + (a^*_0 - a^*_n)^2 + (b^*_0 - b^*_n)^2)^{1/2}$$

$L^*_0, a^*_0, b^*_0$  : 漂白前の測色値

$L^*_n, a^*_n, b^*_n$  : 漂白後の各測色時の値

また,  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  の漂白後の 1 日当たりの色調変化値を以下の式にて算出し, 材料間ならびに測色時での差を Two-way ANOVA, Tukey test にて有意水準 0.05% で統計学的に検討した。

$$1 \text{ 日平均変化量 } (L^*/_d, a^*/_d, b^*/_d)$$

$$L^*/_d = | (L^*_x - L^*_y) | / D$$

$$a^*/_d = | (a^*_x - a^*_y) | / D$$

$$b^*/_d = | (b^*_x - b^*_y) | / D$$

$L^*_x, a^*_x, b^*_x$  : 漂白直後から 180 日後までの各測色値

$L^*_y, a^*_y, b^*_y$  :  $L^*_x, a^*_x, b^*_x$  より 1 期間後の測色値

D : 測定時期間の経過日数

## 結 果

### 1. 漂白前から漂白後 360 日までの色調変化について

漂白前後および漂白後 360 日までの測色時における上顎右側中切歯の口腔内写真を図 1,  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  を表 2, 漂白前の測色値をベースラインとした  $\Delta E^*ab$  を表 3 に示す。 $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  および  $\Delta E^*ab$  の変化は Op 群と Ti 群間で有意差を認めなかった。Ti 群, Op 群ともに全ての症例で  $L^*$  の上昇,  $a^*$  および  $b^*$  の低下を認めた。 $L^*$ ,  $a^*$  は統計学的な有意差を認めなかったが,  $b^*$  は

表 2. 計測点の漂白前および漂白後の  $L^*a^*b^*$  値

		平均 (SD)						n=10
		漂白前	漂白直後	14日後	30日後	90日後	180日後	360日後
$L^*$	Ti	72.46 (3.69)	74.77 (3.30)	74.75 (3.23)	74.96 (3.20)	74.51 (3.85)	74.05 (2.70)	74.04 (3.01)
	Op	71.62 (3.12)	74.28 (3.96)	73.74 (4.24)	73.81 (2.34)	73.27 (2.21)	72.81 (3.03)	73.17 (2.66)
$a^*$	Ti	1.40 (0.89)	1.01 (0.73)	0.69 (0.51)	0.53 (0.59)	0.57 (0.61)	0.40 (0.67)	0.47 (0.63)
	Op	1.01 (1.24)	0.50 (0.99)	0.33 (0.96)	0.37 (0.84)	0.51 (0.66)	0.47 (0.76)	0.44 (0.76)
$b^*$	Ti	18.19 (2.89)	13.84* (3.14)	14.12*(2.71)	14.31* (2.18)	14.60* (1.99)	15.21* (2.22)	15.24* (2.20)
	Op	17.99 (1.24)	14.13* (0.99)	14.92*(0.96)	14.93* (0.84)	15.19* (0.66)	15.79* (0.76)	15.52* (0.76)

Posthoc : Student-Newman-Keuls test \* : 漂白前と有意差あり (p<0.05)

表 3. 漂白前をベースラインとした漂白後の  $\Delta E^*ab$  値

		平均 (SD) n=10					
		漂白直後	14日後	30日後	90日後	180日後	360日後
Ti		5.35 (2.58)	4.93 (2.25)	4.84 (2.02)	4.54 (1.75)	3.96 (2.55)	3.98 (2.38)
Op		5.02 (3.23)	4.13 (2.33)	4.48 (1.85)	3.92 (1.74)	3.78 (1.58)	4.25 (1.58)

有意差なし (p<0.05)

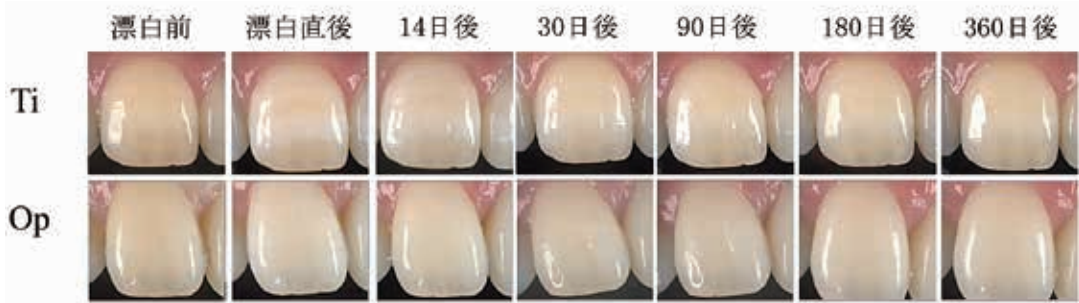


図1：上顎右側中切歯の漂白前および漂白後の色調

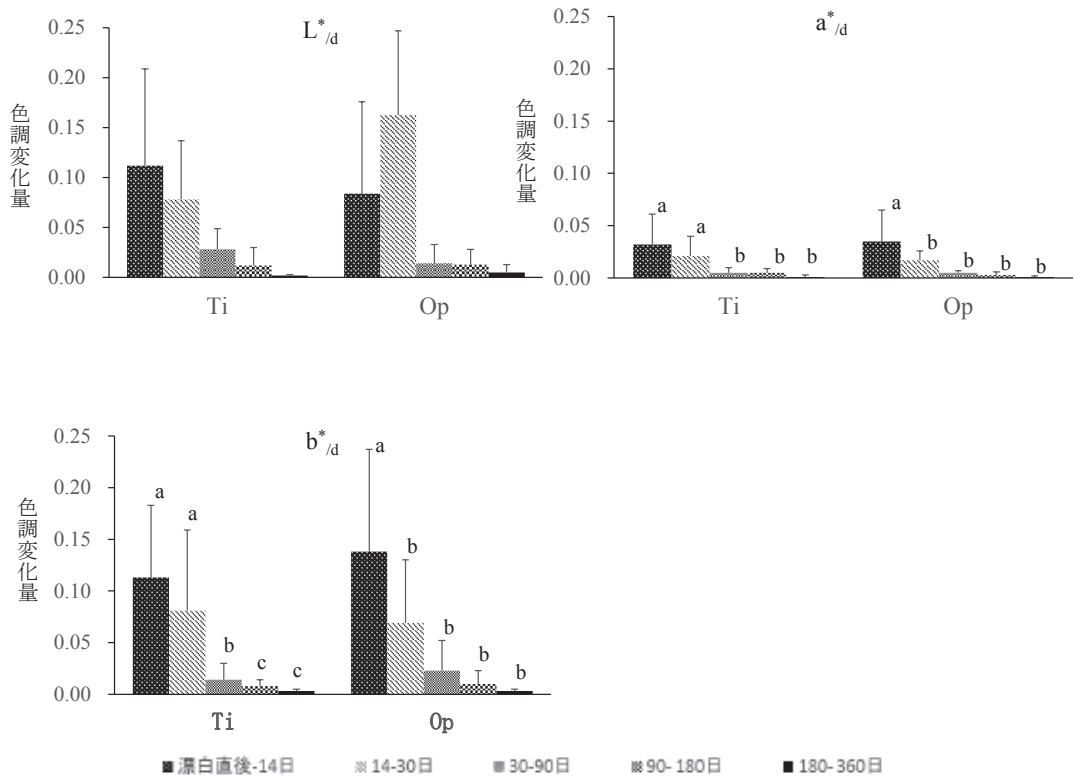


図2：漂白後のL\*a\*b\*値の1日平均変化量 (L\*/d a\*/d b\*/d)

Posthoc: Tukey test (n=10, p<0.05), 異なる英文字は有意差あり, L\*/dは材料—経過日数間で交互作用あり

有意差を認めた。△E\*abは全ての症例で3.0以上となり、最大値はTi群で9.71, Op群で10.46であった。漂白直後から360日後において、L\*の低下, a\*, b\*の上昇傾向を示したが、漂白直後との有意差を認めず、漂白前の測色値まで変化した症例は1例もなかった。

△E\*abは漂白直後が最も高く、時間経過と

ともに減少傾向を示したが、各測色時とも漂白直後との有意差を認めなかった。しかし、360日の経過観察期中△E\*ab < 3となった症例が各群とも5例あり、Ti群では30日後に1名、90日後に1名、180日後に2名、360日後に1名、Op群では30日後に2名、90日後に1名、360日後に1名であった。

## 2. 漂白後の色調の1日平均変化量について

各測色時期でのL\*, a\*, b\*の1日平均変化量を図2に示す。L\*/<sub>d</sub>において, Ti群では漂白後の日数経過に伴い数値変化量は減少した。処置後30日以降は有意に低下し, その後も減少傾向を示した。Op群では処置後14~30日の変化量が最も多く, 30日以降は有意に低下した。統計学的には材料と経過時間との間で交互作用と認めた。a\*/<sub>d</sub>, b\*/<sub>d</sub>では同様の傾向を示し, 日数経過に伴い数値変化量は減少したが, 材料間, 経過日数間ともに有意差を認めた。Ti群では処置後30日以降で有意に低下したが, Op群では処置後14日以降で有意に低下した。

## 3. 漂白後の不快症状について

漂白処置後の不快症状を表4に示す。Ti群では6例に不快症状を認めた。処置後の疼痛が4例で最も多かったが, 多くは処置後2~3時間で消退した。1例では2日間の冷水痛を認めた。Op群では8例に不快症状を認めた。Ti群と同様に処置当日の疼痛が最も多かったが, Ti群と比較して頻回の疼痛があり, 強い痛みを訴えた。1例では処置後3日間の温水痛を認めた。

## 考 察

### 1. 漂白効果について

一般に歯の色調の評価はシェードガイドを用いた視感比色法が行われている。特殊な器械を必要とせず簡便な方法ではあるが, 主観的で再

現性がないことが問題視されている<sup>12)</sup>。よって, 漂白後の長期経過観察を行った本研究では, 客観的に評価が可能な機械測色により評価を行った。歯科用分光光度計を用いた歯の漂白効果の判定に関する報告では, L\*が上昇しa\*, b\*が低下するとされている<sup>13)</sup>。中でもL\*とb\*の変化量が $\Delta E^*ab$ の増加因子となっており<sup>14)</sup>, 坂下ら<sup>15)</sup>は漂白前後の $\Delta E^*ab$ はL\*, b\*と強い相関性があるとしている。また, 色差について, 東光ら<sup>16)</sup>は $\Delta E^*ab$ を6段階で評価し, 3.0以上は肉眼でも容易に差を認めるとしている。漂白効果は過酸化水素濃度の他に, 回数や時間に影響を受けるとされている。飯田ら<sup>17)</sup>はTiより過酸化水素濃度の低いPyrenees(三菱ガス化学)を使用した漂白効果について, 35%過酸化水素漂白材のHi Lite(松風)と比較して1回の漂白では効果が明らかでないとしている。帆足ら<sup>7)</sup>はPyrenees繰り返しの漂白で色差が大きくなるとしており, 過酸化水素濃度が低い漂白材は処置回数を増やすことで高濃度過酸化水素材と同等の結果が得られるとしている。Luら<sup>18)</sup>はTiの複数回の漂白効果に関して, 漂白回数が3回目以降で測色値の変化が少ないとしている。つまり, 低濃度過酸化水素材での漂白は, 十分な漂白効果を得るためには2回以上の漂白が必要であると考えられる。

本研究では, 全ての症例においてL\*の上昇とa\*, b\*の低下を認め,  $\Delta E^*ab > 3$ となったことから, Ti, OPともに十分な漂白効果が得られたと推測された。Tiの過酸化水素濃度はOpとPyreneesの間であり, 漂白回数を2回に設定した本研究では, 材料間で差が生じると予想していたが, 漂白効果に差はみられなかった。Tiでは, 二酸化チタン光触媒による薬剤の活性化によって多量のラジカル量が確保されたことで十分な漂白効果が得られ, 漂白回数を増やすことなく高濃度過酸化水素材と同程度の結果が得られていると考えられた。

### 2. 漂白後の色調後戻りについて

漂白後の色調は永久的ではなく, 時間の経過

表4. 漂白後の不快症状

不快症状	Ti	Op
なし	4	2
あり	6	8
処置当日の違和感	1	0
処置当日の疼痛	4	6
冷水痛	1	1
温水痛	0	1

n=10

とともに必ず色調の後戻りを生じる。これらの色調変化は、漂白時とは逆に L\* の低下と a\*, b\* の上昇がみられる現象を指しているが、その原因については患者個人の生活習慣、口腔衛生、食生活との関わりが強いとされている。また後戻りのメカニズムについて相馬ら<sup>19)</sup>は、漂白時によって生じたエナメル質表層の脱灰が再石灰化する際に、何らかの原因で色素が混入したためであると考察しているが、明確な解明には至っておらず、現時点での色調後戻りの確実な予測は困難であるとされている。生活歯漂白の色調後戻りについて、大野ら<sup>20)</sup>は 35% 過酸化水素のオフィスブリーチ材 Beyond Whitening System (Beyond Dental & Health, China) の漂白後の後戻りについて、1 か月後で有意な L\* の低下と b\* の上昇を認めたと報告している。一方、Wiegand ら<sup>10)</sup>は漂白後 12 か月でも後戻りなく良好な色調を維持していると報告している。

本研究においては、Ti 群、Op 群ともに漂白後 14 日以降で b\* の緩やかな上昇がみられ、L\* と a\* はほとんど変化がみられなかった。ΔE\*ab も減少傾向にあったが、3.0 以下には達しなかった。したがって、各材料とも多少の色調後戻りは生じているが、漂白後 1 年経過しても漂白前の色調に戻ることなく、ある程度の漂白効果を保っていると考えられた。しかし、個々の症例で観察すると、約半数が経過観察期間中に ΔE\*ab < 3 に達しており、特に漂白後 30 日で ΔE\*ab < 3 となった症例では漂白前の b\* が比較的低い傾向を示していた。生活習慣との関連性についても精査は必要だが、漂白前の b\* の大きさは色調後戻りの予測になり得るのではないかと考え、今後も検討が必要と考えられた。

また、漂白後から 360 日後までの 1 日当たりの色調変化量を算出し、経過日数による L\*, a\*, b\* の変化量の違いを調査したところ、材料間で有意差を認めた。a\*/<sub>d</sub>, b\*/<sub>d</sub> は時間の経過とともに変化量は減少したが、本研究より色調の安定まで Ti では 30 日、Op では 14 日かかると推測された。L\*/<sub>d</sub> は Ti では a\*/<sub>d</sub>, b\*/<sub>d</sub> と同様の傾向であったが、Op では 14 ~ 30 日の変

化量が最も高く、異なる傾向を示した。オフィスブリーチは軟組織保護の点からラバーダム防湿やレジンによる歯肉保護が必要となり、使用製品にもよるが、前処置も含め 1 時間以上は歯質が乾燥状態となる。歯質の乾燥による色調は L\* が最も強く影響を受けるとの報告<sup>21)</sup>があり、漂白直後から 14 日までの変化は処置時の脱水の回復によるものと考えられが、川嶋ら<sup>22)</sup>は 24 時間乾燥状態に置いた抜去歯を 6 時間水中保管することで乾燥前との ΔE\*ab が 4 まで回復するとしている。したがって、Op における処置後 14-30 日間の変動は脱水の回復以外に他の要因があると考えられた。丸山ら<sup>23)</sup>は、高濃度過酸化水素の使用により漂白後のエナメル質表面構造が変化すると報告している。Pimenta-Dutra ら<sup>24)</sup>は、10%、16% 過酸化水素漂白材、および二酸化チタン併用 35% 過酸化水素漂白材による漂白後の牛エナメル質の表面形状について、10% よりも 16% で表面構造の破壊が顕著であり、それらは過酸化水素濃度に依存するとしている。また二酸化チタン併用 35% では 10% と同程度の破壊であると報告している。本研究で使用した材料においても同様の変化が生じていると推測され、Op 群では、エナメル質表層の微細な構造破壊と、再石灰化による表面構造の変化が光の反射に影響を及ぼしたことが、変動が大きくなった要因の 1 つと考えられた。

漂白後はコンポジットレジンの再修復が必要となる場合も多いが、河合ら<sup>25)</sup>は漂白直後のエナメル質は過酸化水素の影響でコンポジットレジンの接着性が低下し、少なくとも 1 日以上経過してから再修復を行うことが望ましいとしている。しかし、色調の安定性の点から、漂白後は 30 日程度の経過観察期間を経て再充填を行うのが望ましいと考えられた。

### 3. 漂白後の不快症状について

漂白後の不快症状は象牙質知覚過敏が最も多く、ホームブリーチよりオフィスブリーチで発生頻度が高いとの報告があり、製品によっては 90% に発生する<sup>26)</sup>とされている。オフィスブ

リーチは漂白材を辺縁歯肉付近まで塗布するため厳密な軟組織保護が必要であり, 薬剤が漏洩した場合は歯肉や粘膜の腐食, 白化による疼痛を生じる。本研究における歯肉保護は, Ti に付属の歯肉保護専用レジンを使用しており, 保護材を直接歯肉に置き, 光照射で重合硬化させるため, ラバーダム防湿より操作が簡便である一方, レジンの重合収縮により保護面との封鎖性は劣り, 微細な空隙を生じやすい。本研究症例においても, 数名が漂白材の漏洩と思われる歯肉の白化を認め, Op 群では Ti 群と比較して頻回の強い疼痛を生じた。高濃度過酸化水素の軟組織付着は微量でも強い疼痛を起こすため, Op 群で多くの被験者が疼痛を訴えたと考えられる。高濃度過酸化水素剤の漏洩には十分注意が必要であり, 厳密な封鎖を期待できるラバーダム防湿下で行うのが望ましいと思われる。

漂白材の歯質への浸透について, Bowles ら<sup>27)</sup> はエナメル質を透過して象牙質に達しているとしている。またエナメル質の微細構造について外村ら<sup>28)</sup> は, 若年者のエナメル質は約  $0.1 \mu\text{m}$  の「穴」がエナメル小柱間に存在し, 加齢歯では消失するという。この「穴」によって物質の移動があると考察している。本研究の被験者は 20 名中, 18 名が 20 歳代以下であり, 若年者が多かったことから, 象牙質への薬剤浸透が起これ, 多数の知覚過敏症状が発生した可能性が考えられる。したがって, 漂白材の選択は材料の特徴, 対象となる年齢を考慮して慎重に行われるべきであり, 特に高濃度過酸化水素材についてはフッ化物塗布など処置後の適切な知覚過敏抑制処置が必要と考えられた。

## 結 論

生活歯漂白において二酸化チタン光触媒併用漂白材と高濃度過酸化水素漂白材で, 漂白効果ならびに色調の後戻りについて違いがあるかについて以下の結論を得た。

1. 二酸化チタン光触媒併用 23% 過酸化水素漂白材 TiON in Office は 40% 過酸化水素漂白材 Opalescence Boost PF 40% と同じ漂白回

数で同等の漂白効果が得られた。

2. TiON in Office, Opalescence Boost PF 40% とともに漂白後の色調の後戻りを生じたが, 1 年後でも一定の漂白効果を維持し, 両者で差を認めなかった。
3. 漂白後の  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  値の一日平均変化量は Opalescence Boost PF 40% と TiON in Office で異なる傾向を示したが, 両者とも値が安定するまでおおよそ 30 日程度を要し, コンポジットレジンなどの修復処置を行う時期を考慮する必要がある。
4. 漂白後の不快症状は TiON in Office より Opalescence Boost PF 40% で多く発生しており, 高濃度過酸化水素材の使用は, 十分な防湿と対象年齢を考慮する必要がある。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり, ご指導, ご助言を賜りました Restorative Dentistry and Biomaterials Sciences Harvard School of Dental Medicine Associate Professor 永井成美先生に深謝致します。

## 利 益 相 反

本研究において開示すべき利益相反はない。

## 引 用 文 献

- 1) Dahlstrom, S. W., Heithersay, G. S., Bridges, T. E.: Hydroxyl radical activity in thermo-catalytically bleached root-filled teeth. *Endod. Dent. Traumatol.*, 13: 119-125, 1997.
- 2) 寺田林太郎, 小川武史, 菊池正浩, 久保田稔: 光強度および粉液比が生活歯漂白剤ハイライトの漂白効果に及ぼす影響. *岩手歯大歯誌*, 31: 67-72, 2006.
- 3) Yoshino, F.: Application of Titanium Dioxide Photocatalyst Reaction in a Tooth-bleaching Agent. *Bull. Kanagawa. Dent. Coll.*, 39: 45-47, 2011.
- 4) 田上順次, 千田 彰, 大槻昌幸, 二階堂 徹, 中島正俊, 友田篤臣, 山田三良, 河合利浩: 可視光応答型酸化チタン光触媒を含む漂白材 (ティオンオフィス) の臨床評価. *日歯保存誌*, 54: 131-141, 2011.
- 5) Mehta, D., Venkat, S., Naganath, M., Linga Reddy, U., Ishihata, H., Finger, W.J.: Clinical trial of tooth desensitization prior to in-office bleaching.



- Eur. J. Oral Sci., 121: 477-481, 2013.
- 6) 山口龍司, 新海航一, 海老原 隆, 田中紀裕, 加藤喜郎: 松風ハイライトによる生活歯漂白法の色彩学的分析. 日歯保存誌, 45: 39-44, 2002.
  - 7) 帆足亮太郎, 東光照夫, 久光 久: 二酸化チタン光触媒漂白材の漂白効果および臨床成績. 日歯保存誌, 52: 208-218, 2009.
  - 8) 中澤妙衣子, 加藤純二, 平井義人: 二酸化チタン含有低濃度過酸化水素剤の漂白効果—高濃度過酸化水素剤との比較—. 日歯保存誌, 45: 39-44, 2002.
  - 9) 泉 利雄, 藤原 和子, 生田 貴也, 松浦 洋志, 小副川 浩倫, 平野 博文, 井上 廣泉 利雄, 藤原和子, 生田貴也, 松浦洋充: 鉄製剤による歯牙着色の予防および除去に関する基礎的研究. 日歯保存誌, 43: 608-612, 2000.
  - 10) Wiegand, A., Drebenstedt, S., Roos, M., Magalhaes, A. C., Attin, T.: 12-month color stability of enamel, dentine, and enamel-dentinesamples after bleaching. Clin Oral Investig., 12: 303-310, 2008.
  - 11) Odaira, C., Itoh, S., Ishibash, K.: Crystaleye spectrophotometer (Clinical evaluation of a dental color analysis system: The Crystaleye spectrometer) . J. Prosthodont. Res., 55: 199-205, 2011.
  - 12) 吉村 昌子, 坂下 勝啓, 遠藤 寛樹, 鶴田 祺, 和賀 浩幸, 及川 純, 永井 成美, 石橋 寛二: 天然歯の色調選択法に関する研究—視感比色法と測色法の比較. 歯科審美, 14: 266-268, 2002.
  - 13) Zekonis, R., Matis, B. A., Cochran, M. A., AL Shetri, S.E., Eckert, G. J., Carlson, T.J.: Clinical evaluation of in-office and at-home bleaching treatment. Oper. Dent., 28: 114-121, 2003.
  - 14) Wiegand, A., Vollmer, D., Foitzik, M., Attin, R., Attin, T.: Efficacy of different whitening modalities on bovine enamel and dentin. Clin. Oral investing., 9: 91-97, 2004.
  - 15) 坂下勝啓, 牧田眞一郎, 永井成美, 石橋寛二, Ferguson Michael, Beber Hans-Peter. 回帰分析による生活歯ホーム部リーチングの漂白効果の予測. 歯科審美, 18: 115-119, 2005.
  - 16) 東光照夫, 矢尾板恵美, 齋藤佳子, 金 良子, 久光 久, 五十嵐孝義, 萩原芳幸, 棧 淑行, 千葉 治, 小峰 太, 田村好之: Nite White Excel を用いた有髄変色歯漂白法の臨床成績. 日歯保存誌, 41: 985-1008, 1998.
  - 17) 飯田麻理子, 翁長美弥, 白井エミ, 桃井保子: 光触媒剤二酸化チタン (TiO<sub>2</sub>) を添加した漂白剤の漂白効果について. 鶴見歯学, 33: 129 - 138, 2007.
  - 18) Lu, L., Yoshikawa, K., Komatsu, O., Hirota, Y., Hattori, Y., Inoue, C., Yasuo, K., Tanimoto, H., Iwata, Wu, B., Yamamoto, K.: Evaluation of a tooth bleaching system incorporating titanium dioxide—Influence of the concentrations of hydrogen peroxide and titanium dioxide on bleaching effect. J. Osaka Dent. Univ., 47: 209-214, 2013.
  - 19) 相馬親良: 歯のホワイトニングと外來色素による後戻り現象に関する実験的研究. 奥羽大歯誌, 30: 289-302, 2003.
  - 20) 大野知子, 内藤徹, 阿南壽, 佐藤博信: 非接触型歯科用分光光度計を用いた漂白効果と後戻りの評価. 日歯保存誌, : 69-77, 2013.
  - 21) 池島巖, 原田千鶴子, 桃井保子: 乾燥に伴う歯の色調変化. 日歯保存誌, 49: 831-835 2006.
  - 22) 川嶋 敏宏, 榊田 俊之, 菊池 正浩, 工藤 義之, 久保田 稔: 歯冠破折歯の修復—破折片の色調変化. 岩手医大歯誌, 28: 246 2003.
  - 23) 丸山敬正, 韓 臨麟, 興地隆史, 岩久正明: 生活歯の漂白に関する研究—エナメル質の微細構造と対酸性の変化およびフッ化物塗布の影響—. 日歯保存誌, 50: 256-265, 2007.
  - 24) Pimenta-Dutra, A.C., Albuquerque, R.C., Morgan, L.S., Pereira, G.M., Nunes, E., Horta, E., Silveira, F.F.: Effect of bleaching agents on enamel surfaces of bovine teeth : A SEM study. J. Clin. Exp. Dent., 9: 46-50, 2017.
  - 25) 河合 利浩, 間所 ゆかり, 長塚 由香, 岸本 崇史, 大下 尚克, 富士谷 盛興, 千田 彰: 漂白材の過酸化水素濃度が漂白エナメル質へのレジンの接着強さに及ぼす影響. 接着歯学 31: 191-198 2013
  - 26) Kugel, G., Ferreira, S., Sharma, S., Barker, M. I., Gerlach, R. W.: Clinical trial assessing light enhancement of in-office tooth whitening. J. Esthet. Restor. Dent., 21: 336-347, 2009
  - 27) Bowles, W.H., Ugwuneri, Z.: Pulp chamber penetration by hydrogen peroxide following vital bleaching procedures. J. Endod., 13: 375-377, 1987.
  - 28) 外村 学: 歯の色の解剖学的基盤. J. Oral Biosci., 53: 88, 2011.

## Examination of color regression of combined titanium dioxide photocatalyst bleaching agent and high-concentration hydrogen peroxide bleaching agent in the efficacy of vital tooth bleaching

Hanae SHIGA<sup>1)</sup>, Akiko ASANO<sup>1)</sup>, Yumiko SAITO<sup>2)</sup>, Hideto SAKURAI<sup>1)</sup>, Tomoyuki HASEBE<sup>1)</sup>,  
Tetsuya KAN<sup>1)</sup>, Masayuki ITO<sup>1)</sup>, Ryosuke YAGI, Mamoru NODA<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Division of Operative Dentistry and Endodontics, Department of Conservative Dentistry, Iwate Medical University School of Dentistry  
(Chief: Prof. Mamoru NODA)

<sup>2)</sup> Department of Prosthodontics and Oral Implantology, Iwate Medical University School of Dentistry  
(Chief: Prof. Hisatomo KONDO)

[Received : March 6 2017 : Accepted : May 30, 2017]

**Abstract** : In the present study, we evaluated the bleaching effect and the regression of the tooth color when 23% and 40% hydrogen peroxide vital bleaching agent were used.

Twenty patients attended in this study. TiON in Office (23 % H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, Ti) and Opalescence Boost PF40% (40% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, Op) were used as bleaching agents according to the manufacturer's instructions. L\*, a\*, b\* were measured with a spectrophotometer before bleaching, immediately after bleaching, 14, 30, 90, 180, and 360 days after bleaching. 1) The differences in L\*, a\*, and b\* before and after bleaching at each measurement, 2)  $\Delta E^*ab$  value before bleaching as the baseline, and 3) daily changes in L\*, a\*, and b\* from immediately after bleaching until after 360 days were calculated. The data was analyzed by Two-way ANOVA at P<0.05.

After bleaching by Ti and Op, L\* was higher, and a\* and b\* were lower than before bleaching. There were no significant difference between Ti and Op. Regression of color occurred early after treatment, however, it was very gently. The E\*ab value had no significant difference between after bleaching and after 360 days. The daily changes in L\*, a\*, and b\* after bleaching showed differing in peaks from 0 to 14 days for Ti and 14 to 30 days for Op, but both agents remained stable at 30 days after bleaching.

The results suggest that Ti and Op have enough bleaching effects, while the stability of color after bleaching and the regression slightly differ.

**Key words** : vital bleaching, TiO<sub>2</sub> photocatalyst, regression of tooth color