

日本補綴歯科学会誌の2020年12巻2号 p. 150-157に掲載されている内容の著者稿です

1) 表題

「最終原稿」

(和文) 実験的チタン製アバットメントに施した陽極酸化処理がインプラント上部構造に用いる高透光性ジルコニアの色調に及ぼす影響

(英文) Influence of anodization of the experimental titanium abutment on the color of the implant superstructure made of high-translucent zirconia

(ランニングタイトル) 陽極酸化処理したインプラントアバットメントが高透光性ジルコニアの色調に及ぼす影響

土橋佑基<sup>a</sup>, 山本勝己<sup>a</sup>, 横上 智<sup>a</sup>, 佐藤絢子<sup>b</sup>, 一志恒太<sup>c</sup>, 佐藤博信<sup>a</sup>

Yuki Tsuchihashi, DDS<sup>a</sup>, Katsuki Yamamoto, DDS, PhD<sup>a</sup>, Satoru Yokoue, DDS, PhD<sup>a</sup>,

Ayako Sato, DDS, PhD<sup>b</sup>, Kota Isshi, DT<sup>c</sup> and Hironobu Sato, DDS, PhD<sup>a</sup>

a 福岡歯科大学口腔医療センター

b 福岡歯科大学咬合修復講座口腔インプラント学分野

c 福岡歯科大学医科歯科総合病院中央技工室

a Center for Oral Disease, Fukuoka Dental College

b Section of Oral Implantology, Department of Oral Rehabilitation, Fukuoka Dental College

c Fukuoka Dental College Medical&Dental General Hospital Central Dental Laboratory

## 2) 和文抄録

**目的:** 陽極酸化処理したチタン製カスタムアバットメントが上部構造に用いる高透光性ジルコニアの色調にどのような影響を与えるか検討することである。

**方法:** 直径 10mm, 高さ 10mm の円柱形状のチタン合金を用いて無処理 (gray) と陽極酸化処理 (gold 及び pink) の 3 種類の試料を実験群として製作した。対照群としてレジン試料を製作した。厚さ 0.5mm の高透光性ジルコニアを試料とし、セメントペーストにはユニバーサル色とオペーク色の 2 種類を用いた。アバットメントとジルコニアにペーストを介在させ非接触型歯科用分光光度計を用い測色試験 ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  値) を行い、これらの値から対照群との色差 ( $\Delta E$ ) を算出した。

**結果:** ユニバーサル色を用いた時の色差 ( $\Delta E$ ) は 11.61, オペーク色で 5.81 を示し、セメント間で有意差 ( $P < 0.05$ ) を認めた。オペーク色の色差 ( $\Delta E$ ) はピンク色のチタン試料を用いると 4.21 と最小値を示した。一方で、オペーク色を用いた場合の色調 (色相・彩度) の指標である  $a^*$  値はゴールド色で -0.66 (緑傾向) を示すなど多様な変化を認めた。

**結論:** これらの結果より、陽極酸化処理のチタン製アバットメントとオペーク色のセメント使用が高透光性ジルコニアの色調の変化を小さくする可能性が示唆された。また、

研究結果の  $a^*$  値の変動からアバットメントの色は高透光性ジルコニアの色調に影響を及ぼす可能性があり、ステイン等の色調調整の必要があると思われた。(574 字)

キーワード：インプラントアバットメント，ジルコニア，陽極酸化処理，  
色調，色差

### 3) 英文抄録

**Purpose:** Investigation of the influence of anodized titanium custom abutment on the color of high-translucent zirconia used for the superstructure.

**Methods:** Using a columnar titanium alloy with a 10-mm diameter and 10-mm height, 3 types of samples: untreated (gray) and anodized (gold and pink) samples, were prepared as experimental groups. For the control group, resin samples were prepared.

High-translucent zirconia with a 0.5-mm thickness was used for the samples, and 2 types of cement paste: those with universal and opaque colors, were used. The paste was inter-positioned between the abutment and zirconia, colorimetric tests ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  values) were performed using a non-contact type dental spectrophotometer, and differences in color ( $\Delta E$ ) on comparison with the control group were calculated.

**Results:** When the universal and opaque colors were used, the color differences ( $\Delta E$ ) were 11.61 and 5.81, respectively, being significantly different between the cements ( $P < 0.05$ ). In addition, when the pink titanium sample was used, the color difference of the opaque color ( $\Delta E$ ) was 4.21, being the minimum value. On the other hand, the color (hue • chroma) index of the use of the opaque color,  $a^*$  value, showed diverse

changes, such as -0.66 (tended to be green) when the gold color was used.

**Conclusions:** These findings suggest that the use of anodized titanium and opaque color cement reduces color change of high-translucent zirconia. In addition, the findings of a\* value variation suggest the necessity of color adjustment, such as adjustment of the stain, because the color of the abutment may influence the color of high-translucent zirconia. (254words)

**Key words:** Implant abutment, Zirconia, Anodization, Color, Color differences

#### 4) 本文原稿

## I. 緒言

インプラント治療の機能と審美性の獲得にはアバットメントと上部構造が成功の要因となる。近年、アバットメントの製作は、CAD /CAM 技術を応用したカスタムアバットメントが用いられるようになった<sup>1,2)</sup>。カスタムアバットメントは、症例に応じた適切な歯肉貫通部の形態やフィニッシュラインの設計に対応できる特徴をもつ。また、カスタムアバットメントの材料は主にチタンやジルコニアが用いられ、周囲軟組織に対して生体親和性が高いとされ、重要視されている<sup>3)</sup>。

色調再現の観点からチタンよりもジルコニアがアバットメント材料として推奨されたが、ジルコニア製アバットメントは咬合力が大きな症例での破折などの問題やインプラント体との接合部がジルコニアで製作される場合にインプラント接合部でチタンの摩耗が生じ、歯肉へのブラックタトゥーの発生が懸念されている<sup>4,6)</sup>。そのため、チタン製アバットメントの表面を様々な色に着色することができる陽極酸化処理したチタン製カスタムアバットメントが用いられるようになった<sup>7)</sup>。

一方、インプラント上部構造は、CAD/CAM 技術を応用したジルコニアが用いられるようになった。日本では 2005 年にジルコニアが正式に認可され、従来の歯科金属

と比較して生体親和性に優れ、化学的にも安定し、熱伝導率も低いため金属に変わる材料として注目されてきた<sup>8)</sup>。当初のジルコニアは透光性がなく白色の色調で、ブリッジのフレームワークや歯冠修復のコーピングとして使用されていたが、陶材の破折や陶材とジルコニア界面での剥離など偶発症が報告され問題点も多く指摘された<sup>9-12)</sup>。その後、ジルコニアは改良が加えられ、強度と高い透光性を有する高透光性モリシックジルコニアが開発され、その適応範囲が拡大している<sup>13)</sup>。

しかし、横上らの研究で、金属支台に対して高透光性ジルコニアを装着する際に厚みが1.0mm以下になるとレジン支台に装着した場合と比較して色調に差が出ることが報告されており<sup>14)</sup>、色調再現の観点からインプラントアバットメントの金属色は高透光性ジルコニアの上部構造の色調に影響を与えることが懸念される。そこで、本研究の目的は、陽極酸化処理で着色したチタン製アバットメントは、高透光性ジルコニアの色調にどのような影響を及ぼすかについて検討することである。

## II. 研究方法

### 1. 実験材料

### 1) チタン製アバットメント試料

実験群として、インプラント体のアバットメントを想定し、3種類のアバットメントを製作した。本実験用アバットメントは、丸棒のチタン合金(Ti-6Al-4V)を直径10mm、厚み10mmの大きさに加工した<sup>14)</sup>。次に、表面の鏡面研磨を行い、円柱形状の試験用アバットメント試料を製作した。その後、無処理のアバットメント:グレー色(以下, grayと表記)、陽極酸化処理したゴールド色(以下, goldと表記)および陽極酸化処理したピンク色(以下, pinkと表記)の3種類の試料を製作した(図 1)。

### 2) レジン製アバットメント試料

対照群(以下, controlと表記)としてレジン製のアバットメントを製作した。金属の円柱の筒を内径10mm、高さ10mmに加工して円柱形状のモールドを製作し、モールドにA3ユニバーサル色のデュアルキュア型支台築造用接着性コンポジットレジン(ユニフィルコアEM<sup>®</sup>, 株式会社ジーシー, 東京, 日本)を充填し、直径10mm、高さ10mmの大きさのレジン製アバットメント試料を製作し、コントロールとした<sup>14)</sup> (図 1)。

### 3) ジルコニア試料

モノリシックジルコニアのインプラント上部構造を想定し、高透光性 PSZ (Partially

Stabilized Zirconia)のジルコニアディスク(Aadva® Zirconia ディスク NT, 株式会社ジーシー, 東京, 日本)をCAD/CAMシステム(Aadva® CAD/CAM システム, 株式会社ジーシー, 東京, 日本)を使用し, 焼成後のサイズが直径 10mm, 厚さ 0.5mm の円柱形状になるように半焼結体のジルコニアを切削加工した<sup>14)</sup>. 試料は計 5 個製作した.

半焼結体の試験片をA3相当の色調にするため, セラミック用着色材料(Aadva® Zirconia カラーリキッド, 株式会社ジーシー, 東京, 日本)に2分間浸漬し, 室温で3時間乾燥を行った. シンタリング焼成は, 焼成炉(S6 MS-3316®, 株式会社モトヤマ, 大阪, 日本)にて2時間かけて1000°Cまで昇温し, 4時間半かけて1450°Cまで昇温, 1450°Cにて2時間保持した. その後, 1時間かけて1000°Cまで徐冷し, その後は炉内にて室温まで放冷し, 完全焼結体のジルコニアの完成とした. 焼成後は研磨紙(SiC 研磨紙, 株式会社Struers, Danmark)の#4000まで研磨を行い, 研磨剤(DVA Zircon Brite Polishing Paste®, DVA, USA)を用いてバフ研磨し, 片面のみを鏡面研磨しジルコニア試料とした.

#### 4) セメント

本研究では、アバットメントとインプラント上部構造の接着に用いるレジンセメントの代用として、トライインペースト(パナビア®V5, 株式会社クラレノリタケデンタル, 東京, 日本)を用い, 透過性の高いユニバーサル色ペーストと透過性の低いオペーク色ペーストの2種類を用いた.

## 2. 測色試験

実験群(gray, gold, pink)および対照群(control)のアバットメント上にトライインペースト(ユニバーサル色, オペーク色)を塗布し, 高透光性ジルコニア試料に介在させ, ペーストの厚みが 50 $\mu\text{m}$  になるように圧接した<sup>14)</sup>.

色調の測色試験の測定機器は, 非接触型歯科用分光光度計 CE100-DC (Crystaleye®, オリンパス株式会社, 東京, 日本)を使用した. 色調測定時はスペクトルフォトメーターに外光を遮断するコンタクトキャップを装着し, 測色専用のチェックボックス内で試料の色調の測定を行った. 測定データをクレイドルからパソコンへ送信することで, CIE L\*a\*b\*均等知覚色空間の L\*a\*b\*で表すことができる<sup>15)</sup>. L\*は明度を示し, 白が 100, 黒が 0 で示される. a\*, b\*は色相, 彩度を示し, a\*はプラス方向で赤, マイナス方向で緑を示す. b\*はプラス方向で黄, マイナス方向で青を示す. a\*, b\*

ともに 0 は無彩色を示す.

測定は, ユニバーサル色, オペーク色のトライインペーストを gray, gold, pink, control のアバットメントとジルコニア試料の間に介在した状態で各々 5 回ずつ, 計 40 回測定した. 色の測定部位は試料の中央部に設定し,  $L^*a^*b^*$  をそれぞれ測定した.

また, 数値化された  $L^*a^*b^*$  より, 以下の方法で色差 ( $\Delta E$ ) を算出し, 対照群 (control) との色差 ( $\Delta E$ ) を評価した.

$$\Delta E = \{ (L^*_{\text{control}} - L^*_{\text{test}})^2 + (a^*_{\text{control}} - a^*_{\text{test}})^2 + (b^*_{\text{control}} - b^*_{\text{test}})^2 \}^{1/2}$$

### 3. 統計解析

統計解析には, 統計処理ソフト (IBM SPSS Statistics 19.0®, 日本 IBM, 東京, 日本) を使用した. 統計方法には, 3 群間の比較には一元配置分析 (oneway ANOVA) および Bonferroni 法による多重比較検定を, 2 群間の比較にはスチューデントの t 検定を行った. 危険率 5% を有意水準と設定した.

## III. 結果

### 1. 測色値

## 1) L\*値

明度を示す L\*値の測色結果は、ユニバーサル色ペーストを用いた場合 control が 67.45 と最大値, pink が 57.74 と最小値を示し, gray は 58.51, gold は 58.65 となり control より L\*値は小さかった. オペーク色ペーストを用いた場合, control は 72.69 と最大値, gray は 65.62 と最小値を示し, いずれもユニバーサル色ペーストを用いた場合より高い値を示した (表 1).

多重比較検定の結果, ユニバーサル色ペーストを用いた場合, gray と gold 間で有意差 ( $P < 0.05$ ) を認めなかったが, その他はすべて有意差を認めた (表 2). オペーク色ペーストを用いた場合, すべてのグループ間で有意差 ( $P < 0.05$ ) を認めた (表 3).

## 2) a\*値

色相及び彩度を示す a\*値は, ユニバーサル色ペーストを用いた場合, pink は 2.41 と最大値, gold は -0.55 と最小値を示した (表 1). control は 1.65, pink は 2.41 とプラス値を示し赤色傾向を示した. gray は -0.40, gold は -0.55 とマイナス値を示し緑色傾向を示した (表 1). オペーク色ペーストを用いた場合, control は 0.73 と最大値, gray は -0.98 と最小値を示した (表 1). control は 0.73 でプラス値を示し赤色傾向を示し,

gray は-0.98, gold は-0.66 および pink は-0.23 とマイナス値を示し、緑色傾向を示した (表 1).

また、多重比較検定ではユニバーサル色ペーストを用いた gray と gold 間では有意差 ( $P < 0.05$ ) を認めなかった (表 2). オペーク色ペーストを用いた場合、すべてのグループ間で有意差 ( $P < 0.05$ ) を認めた (表 3).

### 3) b\*値

計測した色相及び彩度を示す b\*値は、ユニバーサル色ペーストを用いた場合、control は 14.12 が最大値、pink は 5.57 と最小値を示した (表 1). control は 14.12, gray は 6.20, gold は 10.53 および pink は 5.57 でプラス値を示し、すべて黄色傾向を示した (表 1). オペーク色ペーストを用いた場合、control は 14.23 が最大値、gray は 9.49 で最小値を示した (表 1). b\*値は、control は 14.23, gray は 9.49, gold は 11.62, pink は 11.1 でプラス値を示し、ユニバーサル色ペースト使用時と同様に黄色傾向を示した (表 1).

また、多重比較検定ではすべてのグループ間で有意差 ( $P < 0.05$ ) を認めた (表 2, 3).

## 2. 色差( $\Delta E$ )

ユニバーサル色(対照群と実験群)の色差( $\Delta E$ )は 11.61, オペーク色(対照群と実験群)の色差( $\Delta E$ )は 5.81 を示し, セメント間において有意差( $P < 0.05$ )を認めた (図 2).

ユニバーサル色ペーストを用いた場合, control と pink 間の色差( $\Delta E$ )は 12.96 と最大値を示した. control と gold 間の色差( $\Delta E$ )は 9.76 と最小値を示した (図 3). オペーク色ペーストを用いた場合, 対照群(control)と実験群(gray, gold, pink)間の色差( $\Delta E$ )は, control と gray の色差( $\Delta E$ )は 8.68 と最大値を示した. control と pink 間の色差( $\Delta E$ )は 4.21 と最小値を示した (図 3).

実験群(gray, gold, pink)と対照群(control)間において, 多重比較検定の結果より全てのグループで有意差( $P < 0.05$ )を認めた (図 3). ユニバーサル色ペーストを用いた場合の方がオペーク色ペーストよりも色差の最大値と最小値が大きい結果となり, ユニバーサル色ペーストを用いると明らかに色差( $\Delta E$ )が大きいことが示された.

## IV. 考 察

1998 年トロント会議におけるインプラント治療における成功基準には「イン

プラントは、患者と歯科医師の両者が満足する機能的、審美的な上部構造をよく支持している。」と明記されている<sup>16)</sup>。インプラント治療計画における補綴主導型インプラント治療とは、最終上部構造の形態の設計を行った上でインプラント埋入を決定する方法で、インプラント治療の成功に大きく関わる<sup>17)</sup>。さらに機能的、審美的な歯冠形態の再現には、適切なアバットメント形態の選択と残存歯と調和のとれたインプラント上部構造の製作が重要であり、術後の健康的なインプラント周囲組織の維持にも必要である。

Jungらはin vitroの研究で歯肉縁下における色調への影響に関して、チタン製アバットメントは歯肉の厚みが3mm以下の場合には色調に影響があるとの報告があり、歯肉の厚みによりチタン製アバットメントの金属色はインプラント周囲歯肉の色調に影響を与えることを示唆している<sup>18)</sup>。一方、ジルコニア製アバットメントは金属色を呈していないため審美性を求める症例には有用と思われるが、チタン製アバットメントと比較し、破折などの物性に問題点がある<sup>19)</sup>。

歯肉縁下の色調の影響への対応として、チタン製アバットメントの表面に陽極酸化処理で着色し、金属色の影響を軽減する方法が報告されている<sup>20)</sup>。陽極酸化処理の原理は、ファラデーの法則の原理を応用し、電解質溶液中で一定の

電流密度で直流電流を流すことで陽極にあるチタンが反応して酸化被膜が形成される。電圧を変化させ酸化被膜の厚みをコントロールすることで、様々な色に発色させることができる<sup>21)</sup>。Gil MSらは、陽極酸化処理を施しピンクの色調のアバットメントを用いて歯肉に及ぶ色調の影響を評価しており、金属色のチタン製アバットメントよりもピンク色のアバットメントは色調再現に有効であると示唆している<sup>22)</sup>。陽極酸化処理は多種多様な条件で酸化膜の厚さが変化するため確立された方法はないが、本研究の陽極酸化処理を施したチタン製アバットメントは、株式会社ジーシーと株式会社横浜デンタルラボが共同で製作したものを使用した。歯肉への色調の影響を示す一方で、着色したチタン製アバットメントがインプラント上部構造の色調に影響を与える研究の報告は見受けられない。そこで、本研究では、CAD/CAMシステムによるチタン製カスタムアバットメントを想定し、無処理の金属色のチタン試料と陽極酸化処理を施し着色した2種類（gold及びpink）のアバットメント試料を製作し、インプラント上部構造への色調の影響について検討した。

本研究は、高透光性ジルコニアの厚みが1.0mm以上になると金属支台による色調への影響が少ないという先行研究及び歯肉縁上部付近の上部構造の厚みが

臨床的に薄くなることを想定し、ジルコニア試料の厚さを0.5mmと設定した<sup>14)</sup>。  
本研究で使用した高透光性PSZ (Partially Stabilized Zirconia) ジルコニアは、従来型TZP (Tetragonal Zirconia Polycrystal) ジルコニアと比較してイットリア含有量が多く、結晶層に立方晶を生育させ、正方晶と立方晶の混層により結晶粒子界面での光散乱が軽減し、高い透光性を有する部分安定型ジルコニアである。曲げ強さ 600MPa、硬さ 1250Hv の機械的強度を有し、天然歯に近い色調再現が可能である<sup>23)</sup>。

色調測定には、再現性と規格性が高い非接触型歯科用分光光度計 CE100-DC (Crystaleye<sup>®</sup>, オリンパス株式会社, 東京, 日本) を使用した。国際基準 CIE1976 (Comission Internationale de l'Eclairage, 1976) による CIE L\*a\*b\*均等知覚色空間を用いて数値化し、色調の分析を行った。専用の解析ソフトにて CIE L\*a\*b\*均等知覚色空間を用いた数値化を行い、各 L\*a\*b\*を算出した。試料の測定部位は、横上らの研究に準じて、試料の中央部の値を採用した<sup>14)</sup>。

秋山らの陶材とセメントを用いた色調の研究で、オペーク色のセメントは透過性の高いクリア色と比較して優位に L\*値が高くなったと報告している<sup>24)</sup>。本研究の結果も同様に、アバットメントの色に関係なくオペーク色のセメント

の使用は透過性の高いユニバーサル色のセメントと比較し有意に L\*値が高くなった。さらに、オペーク色のセメントを使用した場合、金属色のアバットメントの L\*値は 65.62 を示し、pink 色のアバットメントは 70.06, gold 色のアバットメントは 69.27 を示した。この結果は、透過性の低いオペーク色によりアバットメントの色の影響が小さいと思われ、明度の低下を防ぎ高透光性ジルコニアの色調を反映したものと推察できる。しかし、本研究で使用したセメントペーストは、セメント使用時と同等の色調再現が可能とされているが、各社から市販されているすべてのセメントの色調を再現するものではない。今後、様々な種類のセメントの影響を比較する必要があると考える。色相と彩度を表す a\*, b\*値は、上顎中切歯において切縁部から歯頸部にかけて a\*, b\*値とも赤色および黄色傾向でプラス方向を示し、日本人の歯の色の平均 a\*の値は 2.5±3, 平均 b\*の値は 18±12 とされている<sup>25)</sup>。本研究では、a\*値はユニバーサル色ペーストを用いた場合 gray 色で-0.40, gold 色で-0.55, オペーク色ペーストを用いた場合 gray 色で-0.98, gold 色で-0.66, pink 色で-0.23 とマイナス方向で緑傾向に推移した (表 1)。b\*値はセメント色に関係なく、すべてのアバットメント色でプラス方向すなわち黄色傾向に変化を示した (表 1)。多重比較検定の結果、a\*値はユニバーサル色ペ

ーストを用いた場合 gray と gold 間で有意差は認めず（表 2），オペーク色ペーストを用いた場合に有意差を認めた（表 3）．これらの結果から，高透光性ジルコニアの色調は，セメント色が大きく影響することが示唆された． a\*値, b\*値に規則性がなく多様な変化を示し天然歯と類似した結果ではなかった．

色差 ( $\Delta E$ ) は，色の知覚的な相違を指し L\*a\*b\*表色系による色差式から導き出される．斎藤らは，オールセラミックス修復と天然歯において，視感比色法で評価者の半数以上が色調は同じと判断し，その色差 ( $\Delta E$ ) は 2.0 以下であったと報告している<sup>26)</sup>．また，Douglas らの研究では，分光光度計を用いた評価で，患者の半数が許容できる天然歯との色差 ( $\Delta E$ ) は 5.5 以下であったとする一方で，過去の研究との値の違いは測定する環境に影響すると述べている<sup>27)</sup>．本研究では，同一条件で測定を行い，実験群との色差 ( $\Delta E$ ) は，オペーク色ペーストに pink 色のアバットメントを用いた場合に色差 ( $\Delta E$ ) は 4.21 と最小値を示した．この結果は，オペーク色のセメントの使用と陽極酸化処理したアバットメントの使用により色差 ( $\Delta E$ ) が小さくなることが示されたため，今後の臨床での有用性が示唆された．セメント色の違いによる色差 ( $\Delta E$ ) は，ユニバーサル色ペーストでは色差 ( $\Delta E$ ) が 11.61，オペーク色ペーストでは色差 ( $\Delta E$ )

が 5.81 を示し両群で有意差 ( $P<0.05$ ) を認めた (図 2). この結果より, インプラント上部構造の装着ではオペーク色のセメントと比較して, ユニバーサル色のセメントの使用は, アバットメントの色が高透光性ジルコニアの色調に大きな影響を与えることが示唆された.

## V. 結 論

陽極酸化処理にて着色したチタン製アバットメントとオペーク色ペーストの使用は, 歯冠色への色調の変化を小さくすることが示唆された. また, 研究結果の  $a^*$  値の変動からアバットメントの色は高透光性ジルコニアの色調に影響を及ぼす可能性があり, ステイン等の色調調整の必要があると思われた.

## VI. 謝 辞

本研究の試料製作に御協力していただいた株式会社コアデンタルラボ横浜 陸 誠氏, 田中 文博氏に深甚なる謝意を表します.

5) 文献

- 1) Lang LA, Sierralta M, Hoffensperger M, Wang RF. Evaluation of the precision of fit between the procera custom abutment and various implant systems. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003; 18: 652–658.
- 2) Christopher B. Marchack. A custom titanium abutment for the anterior single-tooth implant. *J Prosthet Dent* 1996; 76: 288–291.
- 3) Welander M, Abrahamsson I, Berglundh T. The mucosal barrier at implant abutments of different materials. *Clin Oral Implants Res* 2008; 19: 635–641.
- 4) Stimmelmayer M, Edelhoff D, Güth JF, Erdelt K, Happe A, Beuer F. Wear at the titanium-titanium and the titanium-zirconia implant-abutment interface: a comparative in vitro study. *Dent Mater* 2012; 28: 1215–1220.
- 5) Pinheiro Tannure AL, Cunha AG, Borges Junior LA, da Silva Concílio LR, Claro Neves AC. Wear at the implant-abutment interface of zirconia abutments manufactured by three CAD/CAM systems. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2017; 32: 1241–1250.
- 6) Taylor TD, Klotz MW, Lawton RA. Titanium tattooing associated with zirconia implant abutments: a clinical report of two cases. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2014; 29: 958–960
- 7) Gil MS, Ishikawa-Nagai S, Elani HW, Da Silva JD, Kim DM, Tarnow D, et al. A prospective clinical trial to assess the optical efficacy of pink neck implants and pink abutments on soft tissue esthetics. *J Esthet Restor Dent* 2017; 29 : 409–415.
- 8) Miyazaki T, Nakamura T, Matsumura H, Ban S, Kobayashi T. Current status of zirconia restoration. *J Prosthodont Res* 2013; 57: 236–261.

- 9) Bona AD, Kelly J. The clinical success of all ceramic restoration. *J Am Dent Assoc* 2008; 139 : 8–13.
- 10) Sailer I, Fecher A, Filser F, Gauckler LJ, Luthy H, Hammerle CH. Five-year clinical results of zirconia frameworks for posterior fixed partial dentures. *Int J Prosthodont* 2007; 20: 383–388.
- 11) Komine F, Strub J, Matsumura H. Bonding between layering materials and zirconia frameworks. *Jpn Dent Sci Rev* 2012; 48: 153–161.
- 12) 新田 悟, 松浦 尚志, 片渕 三千綱, 佐藤 博信. ジルコニアコーピングカラーの高さが前装陶材の破折強度に及ぼす研究. *日補綴会誌*; 2012; 4: 411–418.
- 13) Zhang Y. Making yttria-stabilized tetragonal zirconia translucent. *Dent Mater* 2014; 30: 1195–1203.
- 14) 横上 智, 一志 恒太, 城戸 寛史, 佐藤 博信. 高透光性モノリシックジルコニアクラウンの色調に関する研究 –ジルコニアの厚さと支台(材料)およびセメントの透過性の違いによる影響–. *日補綴会誌* 2015; 7: 363-370.
- 15) Da Silva JD, Park SE, Weber HP, Ishikawa-Nagai S. Clinical performance of a newly developed spectrophotometric system on youth color reproduction. *J Prosthet Dent* 2008; 99: 361–368.
- 16) Albrektsson T, Zarb GA. Determinants of correct clinical reporting. *Int J Prosthodont* 1998; 11: 517–521.
- 17) Garber DA, Belser UC. Restoration-driven implant placement with restoration-generated site development. *Compend Contin Educ Dent* 1995; 16: 796, 798–802, 804.

- 18) Jung RE, Sailer I, Hämmerle CH, Attin T, Schmidlin P. In vitro color changes of soft tissues caused by restorative materials. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2007; 27: 251–257.
- 19) Foong JK, Judge RB, Palamara JE, Swain MV. Fracture resistance of titanium and zirconia abutments: an in vitro study. *J Prosthet Dent* 2013; 109: 304–312.
- 20) Wang T, Wang L, Lu Q, Fan Z. Changes in the esthetic, physical, and biological properties of a titanium alloy abutment treated by anodic oxidation. *J Prosthet Dent* 2019; 121: 156–165.
- 21) 三浦 維四, 井田 一夫. チタンの歯科利用. 東京: クインテッセンス出版; 1988, 155–159.
- 22) Gil MS, Ishikawa-Nagai S, Elani HW, Da Silva JD, Kim DM, Tarnow D et al. Comparison of the color appearance of peri-implant soft tissue with natural gingiva using anodized pink-neck implants and pink abutments: a prospective clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2019; 34: 752–758.
- 23) Rabel K, Lamott U, Polydorou O, Flügge T, Spies BC. Prosthodontic rehabilitation with fixed monolithic translucent zirconia restorations: a case history report. *Int J Prosthodont* 2019; 32: 544–548.
- 24) 秋山麻沙子, 黒岩昭弘. レジンセメントの色調がラミネートベニア修復の色調に及ぼす影響. *顎咬合歯* 2012; 32: 71–80.
- 25) 片山伊九右衛門, 中浦清人. コンポジットレジンのシェードマッチング. 日本色彩学会編: 歯科色彩の話. 東京; クインテッセンス出版, 1993, 100–111.
- 26) 斎藤脩, 中村隆志, 高島史男, 丸山剛郎. オールセラミッククラウンの色調に支台歯の色調が及ぼす影響. *補綴誌* 1996; 40: 276–283.

- 27) Douglas RD, Steinhauer TJ, Wee AG. Intraoral determination of the tolerance of dentists perceptibility and acceptability of shade mismatch. *J Prosthet Dent* 2007; 97: 200–208.

6) 図表のタイトルおよび説明 (英文, 和文)

(英文)

Table 1 Mean  $L^* a^* b^*$  values of the experimental (gray, gold, and pink) and control groups.

Table 2 Results of multiple comparison of  $L^* a^* b^*$  when the universal color was used between the experimental (gray, gold, and pink) and control groups.

Table 3 Results of multiple comparison of  $L^* a^* b^*$  when the universal color was used between the experimental (gray, gold, and pink) and control groups.

Fig 1 Abutment sample (a. gray, b. gold, c. pink) and resin sample (d. control).

Fig 2 Color differences ( $\Delta E$ ) between the experimental (gray, gold, and pink) and control groups.

Fig 3 Color differences ( $\Delta E$ ) between the cements (universal and opaque colors).

(和文)

表 1 実験群(gray, gold, pink)と対照群(control)の  $L^* a^* b^*$  値の平均値

表 2 ユニバーサル色使用時の実験群(gray, gold, pink)と対照群(control)の  $L^* a^* b^*$  の多重比較検定の結果

表 3 オペーク色使用時の実験群(gray, gold, pink)と対照群(control)の  $L^* a^* b^*$  の多重比較検定の結果

図 1 アバットメント試料(a. gray, b. gold, c. pink) と レジン試料 (d. control)

図 2 セメント(ユニバーサル色とオペーク色)間における色差( $\Delta E$ )

図 3 実験群 (gray, gold, pink)と対照群(control)間の色差( $\Delta E$ )

7) 表, 図 (英文, 和文)

表 1 Mean L\* a\* b\* values of the experimental (gray, gold, and pink) and control groups.

実験群(gray, gold, pink)と対照群(control)の L\* a\* b\*値の平均値

		color of universal	color of opaque
L*	control	67.45(0.02)	72.69(0.02)
	gray	58.51(0.05)	65.62(0.13)
	gold	58.65(0.12)	69.27(0.03)
	pink	57.74(0.02)	70.06(0.04)
a*	control	1.65(0.04)	0.73(0.05)
	gray	-0.40(0.09)	-0.98(0.07)
	gold	-0.55(0.09)	-0.66(0.11)
	pink	2.41(0.06)	-0.23(0.08)
b*	control	14.12(0.14)	14.23 (0.04)
	gray	6.20(0.09)	9.49(0.15)
	gold	10.53(0.10)	11.62(0.10)
	pink	5.57(0.14)	11.1(0.08)

(S.D.)

表 2 Results of multiple comparison of L\* a\* b\* when the universal color was used between the experimental (gray, gold, and pink) and control groups.  
 ユニバーサル色使用時の実験群 (gray, gold, pink) と対照群 (control) の L\* a\* b\* の多重比較検定の結果

comparison	L*	a*	b*
①②	*	*	*
①③	*	*	*
①④	*	*	*
②③	n.s.	n.s.	*
②④	*	*	*
③④	*	*	*

①control ②gray ③gold ④pink (S.D.)

\* : P < 0.05 n.s. : not significant

表 3 Results of multiple comparison of L\* a\* b\* when the opaque color was used between the experimental (gray, gold, and pink) and control groups.

オペーク色使用時の実験群 (gray, gold, pink) と対照群 (control) の L\* a\* b\* の多重比較検定の結果

comparison	L*	a*	b*
①②	*	*	*
①③	*	*	*
①④	*	*	*
②③	*	*	*
②④	*	*	*
③④	*	*	*

①control ②gray ③gold ④pink

(S.D.)

\* : P < 0.05



a

b

c

d

図 1 アバットメント試料(a. gray, b. gold, c. pink) と レジン試料 (d. control)  
Abutment sample (a. gray, b. gold, c. pink) and resin sample (d. control).

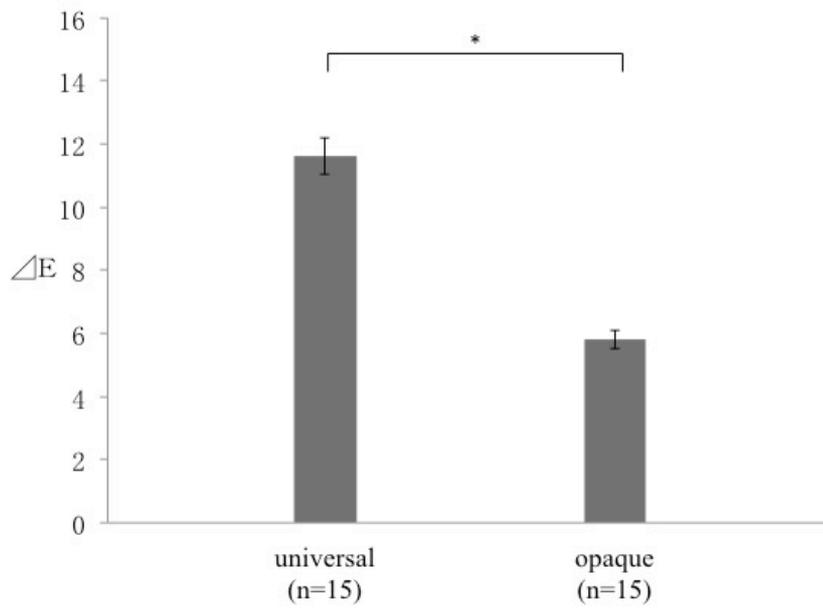


図 2 Color differences ( $\Delta E$ ) between the cements (universal and opaque colors). セメント(ユニバーサル色とオpaque色)間における色差( $\Delta E$ )

図 3 Color differences ( $\Delta E$ ) between the experimental (gray, gold, and pink) and control groups. 実験群 (gray, gold, pink) と対照群 (control) 間の色差 ( $\Delta E$ )

