原著論文

IPS EMPRESS®の色調に関する研究

—厚みによる色調の影響について—

宮島 和臣 島田 和基 小見山 信 高見澤太郎
大森 実 龍 美登世 棧 淑行 五十嵐孝義

Chromatic Study of IPS EMPRESS®

—The Effect on Color Stability of Change Thickness—

Kazuomi Miyajima, Kazuki Shimada, Makoto Komiyama, Taro Takamisawa,
Minoru Omori, Mitose Ryu, Yoshiyuki Kakehashi and Takayoshi Igarashi

Abstract : As the first step in analysis of the color tone of IPS EMPRESS, change in color tone of the EMPRESS sample using an ingot material for stain, OI, alone was examined in relation to varying thickness, and the color blocking effect of EMPRESS on the abutment was determined.

1. Among parameters of color tone, L^* was highest at a thickness of 0.5 mm, showing a decline as the sample became thicker. No marked changes were found in a^* or b^* , although there was a slight tendency of b^* toward change in a negative direction.

2. The background color was not blocked sufficiently by EMPRESS, although the brightness difference tended to decrease as the thickness of the sample increased.

3. With regard to the influence of the abutment on the color tone of the EMPRESS sample, the color difference in severely discolored cases became small as the thickness of the sample decreased, although blockage of the background color remained insufficient. When used with reinforcing metal materials, Au and Pd, the color difference was small, less than 2.0, as long as the EMPRESS sample was 1.2 mm or more in thickness.

Key words : IPS EMPRESS, thickness, chromatic study

I. 緒 言

近年、患者から歯冠修復処置の際、陶材焼付鑄造冠による処置では審美性の回復が十分でなく、より審美的な材料を使用して、天然歯に近似した審美性を回復してほしいという要求が高まっている。そこで現在では、より天然歯に近似した色調および光透過性を有する材料¹⁻¹¹⁾が各社より開発・販売され、臨床応用されている。当講座では、オー

ルセラミックによる歯冠修復法のひとつであるIPS EMPRESS (イボクラ、以下、エンプレスと略す) の本邦での臨床応用に先立ち、その臨床治験を行い、結果について報告している¹²⁾。エンプレスは、陶材焼付鑄造冠のように内面にメタルフレームを使用せず、全体をリユースサイトで強化したキャストブルセラミックス¹³⁾をロストワックス法を応用し、加熱・加圧・成型し製作するので、より天然歯に近似した光透過性を有する。しかし、セラミックス自体の厚さによっては、変色歯や無髄歯に対し金属による支台築造を行った場合には、支台歯自体の色調が透過され、天然歯と異なる色調となり、患者の審美性の回復に対し満足が得られないことが多い。

そこでこれらの問題を解決するため、エンプレスの自体

日本大学歯学部補綴学教室クラウンブリッジ学講座 (主任: 五十嵐孝義教授)

Department of Crown and Bridge Prosthodontics, Nihon University School of Dentistry (Chief: Prof. Takayoshi Igarashi)

平成7年7月25日受付

の詳細な測色学的分析を行う必要があると考え、今回は、エンプレスの厚みを変化させた時の材料自体の色調変化と、下地である支台歯の色調遮断効果を測色し、比較、検討を行った。

II. 材料と方法

1. エンプレス試料の作製

試料は一辺が 14.0 mm の正方形で厚みをそれぞれ後で研磨し仕上げる部分を考慮して 0.6, 0.9, 1.1, 1.3, 1.6 および 2.1 mm の 6 段階のプラスチックパターンをメーカー指定の専用埋没材で埋没し、鋳型をファーンズ (CF-IV, 千代田歯科器材) にて焼却、加熱し、リユースサイトで強化されたセラミック材であるインゴット (今回は、臨床上使用頻度の高いステン用インゴットの OI を使用) を電気炉 (EP 500, イボクラー) にて加熱、加圧、成型した。成型された試料を埋没材から掘り出すために、25 μ m のアルミナパウダー (ファスカット, デンツプライ) を 2 気圧で使用した。掘り出した試料を超音波洗浄器にて 15 分間洗浄した。この試料を平面研磨機 (マルトーラップ ML-110, マルトー) を用い、#100~800 の耐水カーボランダムペーパー研磨紙にて、ラミネートベニアを想定したものでは 0.5 および 0.8 mm に、クラウンあるいはアンレーを想定したものはそれぞれ 1.0, 1.2, 1.5 および 2.0 mm の 6 段階に調整した。それぞれの厚さの試料は 3 試料ずつとした。

2. 支台歯試料の作製

支台歯の色調による光透過性の影響を調べるため、支台歯試料として以下の材料を選択した。

1) 天然牛歯支台歯試料

2~3 歳齢の牛の下顎前歯を抜去し、エナメル質および象牙質をトリマー (MODEL-TRIMMER, モリタ) で約 8 mm ϕ となるよう平坦に研磨し、その後試料製作に使用した平面研磨機で #800 の耐水カーボランダムペーパー研磨紙にて研磨した (以下、それぞれエナメルおよびデンティン試料と略す)。

2) 変色歯支台歯試料

小見山ら¹⁴⁾が研究で用いた試料のうちから、コスモテッ

ク II のデンティン色シェード A2 (GC, 以下、A2 と略す) と A2 にモディファイアーポーセレンを混合し、重度の変色歯の色調に調整した試料 (以下、重度と略す) を選択した。

3) 金属築造体支台歯試料

失活歯に対し、支台築造を行った場合を想定し、金属築造体支台試料 (以下、築造体と略す) として、14 K インレー (石福金属興業, 以下、Au と略す) と、12% パラジウム合金としてパラトップ (三金工業, 以下、Pd と略す) を選択、使用した。

それぞれの試料のサイズは、エナメルおよびデンティン試料では唇側平坦面 (8 mm ϕ) そのままで、A2 および重度試料では、直径 14.0 mm 厚さ 6.0 mm に、築造体支台歯試料である Au および Pd は直径 14.0 mm 厚さを 2.0 mm に調整し、表面を #800 の耐水カーボランダムペーパー研磨紙にて研磨した。

表 1 に各支台歯試料の使用材料を、各支台歯試料の測色値を表 2 に示した。

3. 実験条件

今回の実験では、以下の条件で測定を行った。

今回は、ステン用インゴット単体の色調変化および、下地である支台歯の色調遮断効果を把握することが目的であるため、各支台歯試料と各段階の厚さのエンプレス試料との間には、セメントなど介在するものは使用せず、直接

表 2 各種支台歯試料の測色値

The value of L*a*b* of various abutment samples

	L*	a*	b*
エナメル	74.46 (1.43)	-3.00 (0.17)	-1.27 (0.08)
デンティン	80.34 (0.17)	0.17 (0.11)	19.73 (0.08)
Au	58.78 (0.25)	0.82 (0.13)	13.62 (0.38)
Pd	56.22 (0.74)	1.34 (0.07)	5.48 (0.42)
A2	71.24 (0.23)	0.77 (0.17)	11.04 (0.18)
重度	38.86 (0.14)	2.56 (0.18)	11.06 (0.15)

(): SD

表 1 各種支台歯試料の使用材料

Using materials of various abutment samples

分類	製品名	製造会社	略号
自然歯	牛抜去歯エナメル質面		エナメル
	牛抜去歯象牙質面		デンティン
変色歯	シェード A2	コスモテック II	A2
	重度	コスモテック II	重度
鑄造	金合金	14 K インレー	Au
築造体	パラジウム合金	パラトップ	Pd

図 1 測色装置全景
The general view of colorimeter

重ね合わせ、高速測色分光光度計（CMS-35 FS, 村上色彩技術研究所社製）を用い測色した（図 1）。本装置はフレキシブルセンサーを使用したフォトダイオードアレー方式の高速分光光度計であり、凹面回折格子により、測定波長域である 390 nm～740 nm を 10 nm 間隔で分光測色する。測定径は 1.6 mm で、測色装置の光源は日光に最も近似している D₆₅ を使用した。表色には、L*a*b* 表色系（CIE 1976 L*a*b* 均等色空間）を用いた。これはものの色調を数値によって表す 3 次元座標であり、L* はその色調の明るさである明度を、a*, b* は色相、彩度を表しており、a* のプラス方向は赤色傾向、マイナス方向は緑色傾向を示し、b* のプラス方向は黄色傾向、マイナス方向は青色傾向を示す（図 2）。色差（ΔEab*）については、二つの試料の測色値 L*, a*, b* の値から表 3 に示す計算式¹⁵⁾を用いて値を求めた。

各試料の測色値は、1 つの試料について任意の 5 点を測定し、合計 15 回の測色値の平均値をもって、各試料の測色値とした。

4. 実験項目

1) エンプレスの厚みによる色調変化

背景に標準白色板を使用し、各厚みの試料を直接重ね合わせ、測色値を求め、厚さによる色調変化を比較、検討した。

2) エンプレスの色調遮断性について

日野浦ら¹⁶⁾の方法に準じ、白色と黒色の基準板上に各段階の厚さのエンプレス試料を直接重ね合わせ、それぞれの測色値を求めた。今回使用したエンプレスのインゴットは白色半透明の OI であり、また背景の白色板および黒色板も色相、彩度に影響がないことより、2 つの L* の値から、明度差を求め、この値が 3.0 以下の場合、背景となる下地の色調遮断性があると判断した。

3) 支台歯による色調の影響

下地となる支台歯の色調の影響をみるため、各支台歯試

図 2 L*a*b* 三次元座標
Three dimensions coordinates of L*a*b*

表 3 色差の計算式

The calculation of color difference

$$\begin{aligned}\text{色差}(\Delta E_{ab}^*) &= \{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2\}^{1/2} \\ \Delta L^* &= L^*_1 - L^*_2 \\ \Delta a^* &= a^*_1 - a^*_2 \\ \Delta b^* &= b^*_1 - b^*_2\end{aligned}$$

料の上にそれぞれの厚みのエンプレス試料を直接重ね合わせて測色し、背景となる各支台歯試料の違いによる色調特性について検討した。さらに、A2 にエンプレス試料を重ねた場合の測色値を基準として、各支台歯試料にエンプレス試料を重ねて測色して求めた測色値から色差 ΔEab* を求め、背景となる支台歯の色調の違いが、エンプレスの厚さが異なることによる下地の色の遮断性について比較、検討を行った。

色差の判定基準は、根本ら¹⁷⁾に従い、色差（ΔEab*）2.0 以下を『色差なし』、2.0 以上を『色差あり』とした。

III. 成 績

1. 色調変化

1) エンプレスの厚みによる色調変化

標準白色板上に、厚さを 0.5, 0.8, 1.0, 1.2, 1.5, および 2.0 mm と 6 段階変化させたエンプレス試料を重ねた時の色調変化をみたのが表 4 および図 3 である。L* が最も高い値を示したのは、0.5 mm であった。エンプレス試料の厚みを増すごとに L* の値の低下が認められ、最低の値を示したのは 2.0 mm で 0.5 mm より、明度で 17.24 低下した。a* ではすべての厚さにおいてもマイナスの方向、つまり、青色傾向を示したが、厚さを増しても著しい変化は認められなかった。b* においてもわずかながら、すべての厚さにおいてマイナスの方向、つまり、緑色傾向を示したが厚さを増しても著しい変化が認められなかった。

表 4 エンプレス試料の厚みによる色調変化 (下地に標準白色板を使用)

The change in color tone of varying thickness of EMPRESS samples (Using background by white)

厚さ	L*	a*	b*
0.5	71.79 (0.42)	-1.17 (0.02)	-0.40 (0.02)
0.8	65.04 (0.30)	-1.13 (0.01)	-0.35 (0.06)
1.0	63.18 (0.32)	-1.14 (0.01)	-0.15 (0.12)
1.2	62.05 (0.31)	-1.03 (0.01)	-0.47 (0.04)
1.5	59.89 (0.74)	-1.12 (0.01)	-1.02 (0.10)
2.0	54.35 (0.15)	-1.08 (0.01)	-0.95 (0.07)

(): SD

表 5 支台歯によるエンプレス試料の色調の影響 (下地がエナメルの場合)

The influence of the abutment on the color tone of the EMPRESS sample (Case of enamel sample)

厚さ	L*	a*	b*
0.5	64.89 (1.05)	-1.67 (0.19)	0.31 (0.14)
0.8	60.22 (0.71)	-1.28 (0.09)	0.15 (0.20)
1.0	57.54 (0.67)	-1.14 (0.09)	-0.05 (0.16)
1.2	56.91 (0.53)	-1.01 (0.08)	-0.13 (0.15)
1.5	55.51 (0.43)	-1.03 (0.06)	0.25 (0.13)
2.0	52.85 (0.83)	-0.95 (0.02)	-1.18 (0.05)

(): SD

2) 天然牛歯支台歯試料に重ねた時の色調変化

エナメルおよびデンティンを下地にし、エンプレス試料の厚さを変化させた時の色調変化を表 5、表 6 および図 4 に示す。

エナメルにエンプレス試料を重ねた場合、L* において、厚みを増すごとに値が減少した。a* においては、わずかながら、マイナス傾向である緑色傾向から、プラス方向である赤色傾向に変化した。b* においては、0.5 mm ではわずかにプラス傾向の黄色傾向を示しているが、厚さを増すごとにマイナス傾向である青色傾向に変化した。

デンティンを下地にし、エンプレス試料の厚さを変化させた場合、L* において、厚みを増すごとに値が減少した。0.5 mm では、下地であるデンティンの色調が反映されて、b* が大きい値を示し、厚さを増すごとにその値が減少した。

a*, b* の値より、彩度が減少傾向を示した。

表 6 支台歯によるエンプレス試料の色調の影響 (下地がデンティンの場合)

The influence of the abutment on the color tone of the EMPRESS sample (Case of dentin sample)

厚さ (mm)	L*	a*	b*
0.5	70.02 (0.34)	0.24 (0.18)	10.19 (0.71)
0.8	63.36 (0.42)	0.46 (0.14)	6.66 (0.35)
1.0	60.31 (0.21)	0.14 (0.01)	4.37 (0.32)
1.2	58.75 (0.76)	0.13 (0.07)	3.87 (0.09)
1.5	58.08 (0.15)	0.16 (0.03)	3.44 (0.24)
2.0	52.44 (0.99)	-0.32 (0.09)	1.11 (0.03)

(): SD

図 3 エンプレス試料の厚みによる色調変化 (下地に標準白色板を使用)

The change in color tone of varying thickness of EMPRESS samples (Using background by white)

図 4 支台歯の色調の影響（エナメル、デンティンを重ねた場合）

The influence of the abutment on color tone of the EMPRESS sample (Case of enamel and dentin)

表 7 支台歯によるエンプレス試料の色調の影響（下地が A 2 の場合）

The influence of the abutment on the color tone of the EMPRESS sample (Case of A 2 sample)

厚さ (mm)	L*	a*	b*
0.5	63.05 (1.43)	0.50 (0.06)	6.62 (0.51)
0.8	58.97 (0.34)	0.39 (0.01)	4.89 (0.16)
1.0	56.62 (0.46)	0.32 (0.02)	2.97 (0.33)
1.2	55.35 (0.13)	0.16 (0.01)	2.36 (0.20)
1.5	54.89 (0.21)	0.09 (0.02)	1.01 (0.09)
2.0	51.52 (0.82)	0.05 (0.01)	0.53 (0.04)

() : SD

表 8 支台歯によるエンプレス試料の色調の影響（下地が重度の場合）

The influence of the abutment on the color tone of the EMPRESS sample (Case of discolored teeth sample)

厚さ (mm)	L*	a*	b*
0.5	53.32 (0.23)	0.29 (0.01)	0.84 (0.07)
0.8	52.76 (0.21)	-0.05 (0.02)	-0.16 (0.10)
1.0	52.25 (0.17)	-0.35 (0.02)	-0.90 (0.10)
1.2	52.27 (0.91)	-0.37 (0.30)	-1.19 (0.13)
1.5	52.48 (0.36)	-0.62 (0.01)	-2.01 (0.21)
2.0	49.48 (0.29)	-0.70 (0.02)	-1.70 (0.02)

() : SD

3) 変色歯支台歯試料を重ねた際の色調変化

色差を求める際、基準となる A 2 試料および変色歯試料である重度を下地にし、エンプレス試料の厚さを変化させた時の色調変化を表 7、表 8 および図 5 に示す。

A 2 を下地にし、エンプレス試料の厚さを変化させた場合、L* については、ほかの支台歯試料と同様にエンプレス試料の厚さが増すごとに値の減少が認められた。a* は 0.5 mm ではわずかにプラス方向の赤色傾向を示している

が、厚さを増すごとに a* の値は 0 に近づき（無彩色の状態になり）、2.0 mm では 0.05 であった。b* についても厚さを増すごとに値の低下が認められた。

重度を重ねた場合、L* についてはエンプレス試料の厚さを増すごとに値の減少が認められた。a* および b* では、0.5 mm ではわずかにプラス方向であるが、0.8 mm からマイナス方向になった。

図 5 支台歯の色調の影響 (Au, Pd に重ねた場合)

The influence of the abutment on color tone of the EMPRESS sample (Case of Au and Pd)

表 9 支台歯によるエンプレス試料の色調の影響 (下地が Au の場合)

The influence of the abutment on the color tone of the EMPRESS sample (Case of Au sample)

厚さ (mm)	L*	a*	b*
0.5	68.76 (1.26)	3.78 (0.27)	13.03 (0.36)
0.8	62.22 (1.13)	2.63 (0.14)	8.28 (0.36)
1.0	58.98 (0.31)	1.93 (0.09)	3.97 (0.25)
1.2	56.36 (0.52)	1.30 (0.02)	2.92 (0.20)
1.5	55.11 (0.49)	0.66 (0.02)	1.90 (0.18)
2.0	52.41 (0.81)	0.18 (0.02)	0.83 (0.03)

() : SD

表 10 支台歯によるエンプレス試料の色調の影響 (下地が Pd の場合)

The influence of the abutment on the color tone of the EMPRESS sample (Case of Pd sample)

厚さ (mm)	L*	a*	b*
0.5	65.68 (0.69)	1.38 (0.01)	1.12 (0.13)
0.8	59.78 (0.20)	0.68 (0.02)	1.09 (0.03)
1.0	57.80 (0.24)	0.18 (0.03)	0.99 (0.06)
1.2	56.54 (0.33)	0.20 (0.01)	0.95 (0.11)
1.5	53.72 (0.19)	-0.25 (0.02)	-0.26 (0.04)
2.0	50.06 (0.29)	-0.42 (0.01)	-0.33 (0.05)

() : SD

4) 築造体試料に重ねた際の色調変化

Au, および Pd を下地にし, エンプレス試料の厚さを变化させた時の色調変化を表 9, 10 および図 6 に示す。

Au に重ねた場合, L* において厚さを増すごとに値は減少傾向を示した。a*, b* については 0.5 mm では a* が 3.78, b* が 13.03 と, やや黄色傾向の色相で, 彩度がかなり高い値を示したが, 厚さを増すごとに値が減少し, 彩度の減少が認められた。

Pd を下地にし, エンプレス試料の厚さを变化させた場合, L* において, 厚さを増すごとに値の低下が認められ

た。a* においては, 0.5 mm から 1.2 mm では, わずかであるがプラス方向の赤色傾向が認められたが, 厚さを増すごとに値は減少し, 1.5 mm 以上になるとマイナス方向の緑色傾向となった。b* についても同様に厚が増すごとに色調変化が認められた。

2. 色調遮断性

1) エンプレスの色調遮断性について

下地に標準白色板および黒色板を使用し各厚さのエンプレス試料を重ねた時の L* の値とそれぞれの値から明度差

図 6 支台歯の色調の影響 (A2, 重度に重ねた場合)

The influence of the abutment on color tone of the EMPRESS sample (Case of A2 and discolored teeth)

表 11 エンプレスの色調遮断性

The color blocking effect of EMPRESS

厚さ (mm)	白色板を下地 (L*)	黒色板を下地 (L*)	明度差 (ΔL^*)
0.5	71.79	48.71	23.08
0.8	65.04	50.14	14.90
1.0	63.18	50.28	12.90
1.2	62.05	50.42	11.63
1.5	59.89	50.61	9.28
2.0	54.35	51.04	3.31

を求めたのを表 11 に, そのグラフを図 7 に示す。

下地に黒色板を使用し, 各厚さのエンプレス試料を重ねた場合, 厚さを増すごとに明度は上昇傾向を示した。標準白色板および黒色板上に, それぞれの厚さのエンプレス試料を重ね, 求めた測色値から明度差 (ΔL^*) を求めたところ, 明度差が, 最も高い値を示したのは 0.5 mm であり, 厚みを増すごとに明度差は小さくなる傾向が認められ, 2.0 mm で 3.31 であった。0.5 mm から 2.0 mm まで厚みを増すと, 19.77 の明度差の減少が認められたが, 今回のエンプレス試料の厚みが最大の 2.0 mm でも明度差色差の判定基準である 3.0 以下ではなく, 十分な色調遮断性を有していなかった。

図 7 エンプレス試料の色調遮断性

The color blocking effect of EMPRESS

2) 各種支台歯試料を下地にした際のエンプレス試料の色調遮断効果

A2 にエンプレス試料を重ねた時の測色値を基準にし, 重度に, Au, Pd に, 各厚さのエンプレス試料を重ねた時の測色値との色差を求めたものを表 12 に, それをグラフにしたものを図 8 に示す。

重度試料に重ねた時との色差では, 厚さが 0.5 mm で色差が 11.29 であった。しかし, 厚さを増すと色差は減少し, 2.0 mm で色差が 3.11 となり, 今回の色差の判定基準である 2.0 以下にはならず, エンプレス自体では重度の

表 12 A 2 にエンプレス試料を重ねた時と各種支台歯試料にエンプレス試料を重ねた時の厚みによる色差 (ΔE_{ab}^*)
The influence of the A 2 and various abutment samples on color difference of the EMPRESS samples

厚さ (mm)	重度を下地	Au を下地	Pd を下地
0.5	11.29	9.19	6.16
0.8	8.02	5.20	3.90
1.0	5.71	3.03	2.37
1.2	4.73	1.62	1.85
1.5	4.07	1.08	1.76
2.0	3.11	0.95	1.73

各支台歯試料に重ねた時の測色値は表 7~10 を参照

図 8 支台歯の違いによる色調の影響
A 2 に重ねた時と重度に重ねた時との色差
The influence of color of difference abutments
(The color difference of pile on A 2 and discolored teeth)

色調を十分に遮断できなかった。

A 2 と Au の試料に、各厚さのエンプレス試料を重ねた時の測色値とそれらの色差を求めたものでは、図 9 に示すように厚さが 0.5 mm で色差が 9.19 であった。しかし、厚さを増すと色差は減少し、1.2 mm で 1.62 となり、色差の判定基準である 2.0 以下を示し、Au の色調を十分に遮断した。

A 2 と Pd 試料に、各厚さのエンプレス試料を重ねた時の測色値とそれらの色差を求めたものでは、図 10 に示すように厚さが 0.5 mm で色差が 6.16 であった。しかし、厚さを増すと、色差が減少し、0.8 mm で約半分に減少し、1.2 mm 以上の厚みでは、色差が 2.0 以下となり、Pd 試料の色調を十分に遮断した。

IV. 考 察

患者からより審美的な歯冠修復法の要求に対し、現在、

図 9 支台歯の違いによる色調の影響
A 2 に重ねた時と Au に重ねた時との色差
The influence of color of difference abutments
(The color difference of pile on A 2 and Au)

図 10 支台歯の違いによる色調の影響
A 2 に重ねた時と Pd に重ねた時との色差
The influence of color of difference abutments
(The color difference of pile on A 2 and Pd)

陶材焼付製造冠が広く用いられており、その色調再現法についてさまざまな研究、開発が行われ、その製法方法、色調再現についてはほぼ確立しつつある。陶材焼付製造冠は金属のコピーングが内部に存在するので、唇側から入った光が透過できず、オペーク表面でほとんど反射してしまうため、深みのない表面的な感じの色調としてみえることが多い¹⁰⁾。そのため、歯質削除量を多くし、ポーセレンの築盛量を増やし、歯冠部の透明感を得るような配慮が必要となる。しかし、生活歯の場合では、露髄を起こす危険性があり、十分な歯質削除量が得られず、ポーセレンの築盛量が不足し、透明感のない単調な色調のクラウンとなり、審美的に限界がある。

近年、これらの審美的な欠点を補うものとして、金属をまったく使用しないオールセラミッククラウンのシステムが、数多く研究、開発されてきた^{1~11)}。このオールセラミッククラウンは金属を使用しないため、光透過性を有し、より天然歯に近似した色調が得られるといわれている。

る¹⁸⁾。下地である支台歯自体が健康な象牙質あるいは象牙質に近似した色調である場合には、唇側より入射した光が透過され、天然歯に近似した色調回復が得られる。しかし、変色歯や金属により支台築造が行われた支台歯の場合は、色調自体が天然歯とは異なっているので、唇側より入射した光が反射、吸収され、下地の色調を透過あるいは反映してしまうことを、著者が測色学的分析で明らかにした¹⁹⁾。

今回、使用したエンプレスシステムは、歯冠補綴装置を製作するのに陶材を加熱・加圧・成型する新しいシステムである^{13,20)}。また製作工程においてほかのオールセラミックシステムと異なる特徴のひとつとして、支台歯の色調に近似した光重合型のダイマテリアルを使用することにより、下地となる支台歯の色調を考慮しながらより自然感のある歯冠補綴装置の作製が可能であるとしている²⁰⁾。しかし、変色歯や失活歯で金属により支台築造が行われる場合など、その色調に対応するダイマテリアルはないので、歯冠補綴装置を装着した場合、下地の色調が反映し、技工操作中に想定した色調とまったく異なることが臨床によくみられる。

そこで今回、エンプレス自体の色調の詳細な分析を行い、その色調構成を把握するため、エンプレスの厚みと、下地である支台歯の色調の2つの影響の因子を変化させてその色調特性について比較検討を行った。

1. 色差の判断基準について

色差の判定判断基準については、さまざまな報告がある。

色差 ΔE_{ab}^* は、一般に N.B.S. (National Bureau of Standard) 単位で表示されており、色差の感覚的表現の結果と N.B.S. 単位との間には表 13 に示す関係があるとされている²¹⁾。しかし、一般の色調の判断基準と口腔内という特種な環境下では大きく異なるものと考えられ、臨床上有効な判断基準を設定する必要がある。

川瀬²²⁾はヒトの目で色の違いを識別するには、熟練した人で色差 (ΔE_H) は 0.92 から 1.41 (ΔE_{ab}^* では 1.05～1.5) の範囲が境界と報告している。鬼島²³⁾は歯冠色票のマッチングテストで等色の判断に誤りを起こしやすい色差 (ΔE_{ab}^*) の境界は、1.3～1.4 の範囲と報告している。しかし、これらは熟練した者の目で、周囲の実験環境である証明なども十分に考慮した場合での数値であり、臨床におけるように、口腔内という特殊な環境でかつ照明などにも十分に配慮していない環境下における識別判断の数値は、これよりも大きい値となることが予想される。根本ら¹⁷⁾は半透明なポーセレンチップを用い、歯科医師群、歯科技工士群、学生群によって二点識別法で色差の有無を判断したところ、被験者全員が色に差があると判断した色差 (ΔE_{ab}^*) の境界は歯科医師群、歯科技工士群で 2.0 前後、学生群で 3.0 前後であったと報告している。本実験で使用

表 13 色差の評価基準 (NBS 単位による段階別評価)
The standard value of color difference (NBS unit)

色差	評価
0～1.2	わずかに異なる (slight)
1.2～3.3	感知し得るほど異なる (noticeable)
3.3～6.5	著しく異なる (appreciable)
6.5～	きわめて著しく異なる (much)

したエンプレスは、根本らが使用したポーセレンチップと同様の半透明な試料であり、色調特性が近似していること、臨床で最終的な色調の判断は、熟練した歯科医師の判断が重要視されることより、今回の色差の境界は、根本らの報告の歯科医師群、歯科技工士群の色差の境界を採用し、色差 (ΔE_{ab}^*) 2.0 以下を『色差なし』、2.0 以上を『色差あり』として判別した。

また標準白色板と黒色板上に試料を置いた時の材料自体の色調遮断性については、両者はいずれも色相、彩度に影響がないことより、2つの L^* の値から、明度差を求め、この値が 3.0 以下の場合¹⁷⁾背景となる下地の色調遮断性があると判断した。

2. エンプレスの厚さによる色調変化

標準白色板上に、エンプレス試料の厚さを変化させて重ねた場合、厚さを増すと明度である L^* は低下するが、色相、彩度を表す a^* 、 b^* では、 a^* には特別な傾向は認められなかったが、 b^* においてはマイナスの値が大きくなり、より青色方向に移行する傾向が認められた。これは、今回使用したエンプレスのインゴットの OI という色調遮断性を有するオベーク効果が強く、透明性であるトランスルーセントが最も低い白色であり、標準白色板も同様であるため、色相、彩度に関してはほとんど影響が認められなかったものと考えられる。明度に関しては、下地である標準白色板の明度がエンプレス試料の明度よりも高いため、エンプレス試料の厚さが薄い場合、下地の色調の影響がそのまま反映され、 L^* が高い値を示し、厚さを増すごとに下地の色調よりもエンプレス自身の色調が反映され、 L^* が低い値になったものと考えられる。

3. エンプレスの色調遮断性について

標準白色板と黒色板とにそれぞれの厚さの異なるエンプレス試料を重ね測色したところ、色相、彩度に関して影響がほとんど認められなかったため、両者の明度差をもって、色調遮断効果の目安とした。

今回の成績では、厚さを増すごとに明度差は減少傾向を

示したが、2.0 mm の厚みでも明度差が 3.31 と大きな値を示した。

これは、下地の色調の条件が白色 ($L^*=84.88$) および黒色 ($L^*=0.54$) であり、下地自身の明度差が 84.34 とかなり大きいため、2.0 mm の厚さでも下地の色調が反映され差を示し、色調遮断性を示さなかったものと考えられる。

4. 各種支台歯試料の色調の影響について

ヒトの歯冠色の色調については、歯種、測定部位、年齢、性別、照明条件によって大きく異なり、過去に研究がなされている。

鬼島ら²⁴⁾は、作製したカラーチャートを用いて正常天然歯を視感比色した上顎前歯部の色調 63 色を作製した。さらに片山ら²⁵⁾は、63 色票の作製にあたり、被験歯 1,140 本の内で最も数が多く標準的な色調とみなした歯冠色の数値は $L^*=70.56$, $a^*=1.94$, $b^*=17.86$ と報告している。一和多²⁶⁾は、分光放射測定装置を応用して、上顎前歯部の色調について測定、検討している。その結果、今回の測定条件と同じ、標準の光 D_{65} における被験歯の測定値は、歯冠中央部で中切歯で L^* が 67.8~81.6, a^* が 4.4~10.2, b^* が 9.4~21.4, 側切歯で L^* が 62.3~79.6, a^* が 5.4~12.5, b^* が 9.9~24.0, 犬歯部で L^* が 58.7~75.2, a^* が 6.6~13.4, b^* が 13.7~26.6 であると報告している。今回、使用した牛歯支台歯試料の測色値は表 1 に示すとおり、エナメル試料では a^* , b^* でマイナス傾向、つまりわずかに緑傾向を示している。デンティン試料では L^* がヒトの歯冠色に比べ、やや高く、 a^* では、低い値であった。

支台築造用材料は天然歯の色調と異なり、下地の色が透過してしまい、臨床上問題となっているので、エンプレス試料の色調に影響を及ぼすと思われる材料を選定した。

金属築造体は、臨床において使用頻度が高く、黄色系統の材料として Au ($L^*=58.78$, $a^*=0.82$, $b^*=13.62$) および銀色系統の材料として Pd ($L^*=56.22$, $a^*=1.34$, $b^*=5.48$) を用いた。また、変色歯を想定して、小見山ら¹⁴⁾が変色歯試料として作製した試料のうち、臨床上、シェードテーキングの際使用頻度の高いシェード A2 の色調のポーセレンを基準試料 ($L^*=71.24$, $a^*=0.77$, $b^*=11.04$) とし、変色歯試料のうち明度の低い重度のポーセレン試料 ($L^*=38.86$, $a^*=2.56$, $b^*=11.06$) を用いた。

すべての試料においてエンプレス試料の厚さを増すごとに L^* の値は減少し、 a^* , b^* より彩度が減少傾向を示した。エンプレス試料自身が半透明な材料であるため、厚さが 0.5~1.0 mm と薄い場合、エンプレスの色調よりも、下地の色調の影響が強く反映され、下地の彩度の影響で a^* , b^* が下地の値に近い数値を示す。厚さを増すと、下地である築造体試料の色調よりもエンプレス自体の色調が

反映され、色相、彩度を表す a^* , b^* が減少することが判明した。

支台歯の色調による影響については、A2 の測色値を基準にし、重度、Au および Pd の支台試料の上に、各厚さのエンプレス試料を重ねてその測色値から色差を求めた (表 12)。

重度の変色試料では、各厚さのエンプレスを重ねた時と A2 に重ねた時の測色値の色差を比較、検討すると、ラミネートベニア法で指示している削除量である 0.5~0.8 mm の厚さでは、色差が 8.02~11.29 と高い値を示し、エンプレスでは重度の変色歯の色調を遮断することができないことが判明した。さらにエンプレス試料の厚さを増すと色差は減少傾向を示し、2.0 mm の厚さでも色差が 3.11 であった。変色歯の場合、審美的な回復を主訴とする患者の多くがラミネートベニア法の適応症となるが、今回の結果より、重度の変色歯など、明度が著しく低い症例の場合、ラミネートベニアのシェルに使用するインゴットは、今回使用した OI よりも色調の遮断性の優れた他のインゴットを使用するか、削除量を十分確保し、接着性レジセメント自体の色調やステイニング用ポーセレンの色調を有効的に利用し、支台歯自体の色調を遮断する必要があることが示唆された。

築造体試料については、各厚さのエンプレスを Au および Pd に重ねた時と A2 に重ねた時の測色値の色差を比較、検討すると、エンプレス試料の厚さが 0.5~1.0 mm の範囲では、A2 との色差が 2.0 以上で『色差あり』の判定であるのに対し、エンプレス試料の厚さが 1.2 mm 以上では色差が 2.0 以下で『色差なし』の判定となった。また、Au と Pd それぞれにエンプレス試料を重ねた際の各厚みでの色差を比較すると、エンプレス試料の厚さが 0.5~1.0 mm では色差は、Au に重ねた時の方が Pd に重ねた時よりも大きい値を示しているのに対し、1.2~2.0 mm の範囲では逆に Pd にエンプレス試料を重ねた時の方が Au にエンプレス試料を重ねた時よりも大きい値を示した。これは、2 つの試料の明度の差はもちろんであるが、色相、彩度が大きく影響されている。Au 単体の b^* は 18.33 でかなり黄色傾向が強いのにに対して Pd の b^* は 5.77 で青色傾向であった。エンプレス試料の厚みを増すと Au では、彩度が減少したが、下地の黄色傾向が強いため、A2 との色差が Pd に比べて大きな値を示したと考えられる。しかし、エンプレス試料の厚みが 1.2 mm 以上になると Au の黄色傾向がさらに減少するが、下地の色調の影響がわずかに反映され、 b^* の値がわずかにプラス方向なのに対し、Pd では下地の色調よりもエンプレス自身の色調が強く反映され、 b^* がマイナス方向に進んだため、色差が大きくなったものと考えられる。

また、このことより、シェードテーキングにおいて目標とする歯牙の色調が黄色傾向が強い場合には、失活歯で金

属築造体で支台築造を行う際、Auの色調のように黄色傾向の強い金属を使用して下地の色調を反映させるべきであろう。また対象歯が灰色傾向の強い場合には、Pdの色調のように青色傾向の支台築造用材料を使用することが良い結果を得るであろうことが予想される。さらに、エンプレスの厚さが1.2 mm以上得られる場合には、どんな支台築造用材料を選択しても、シェードA2の色調のとはほぼ同等の色調になることが示唆された。

以上のことより、今回、ステイン用インゴットのOI1種類の厚みによる色調変化と下地の色調遮断性について検討することにより、この実験成績を基準にして、ステイン用インゴットの選択のひとつの目安となるものと考えられる。また、ステイン用インゴットを用いて修復物を作製、装着する際、修復物の厚み、支台歯の色調などにも十分な配慮が必要であることが示唆された。

今後は、他のステイン用インゴットを使用した場合や、使用する接着性レジセメントの色調やシェーディングポーセレンで着色した場合、色調へ変化および支台歯の色調遮断性について比較、検討すべきであることが明らかとなった。

V. 結 論

今回、エンプレスの色調に関する分析を行うにあたり、その第1段階としてステイン用インゴット材OI単独の、厚さ違いによる色調変化と、支台歯自体のエンプレスによる色調遮断効果について検討し、以下の結論を得た。

1. 厚さによる色調変化については、厚さを増すごとに、 L^* の値が減少した。 a^* 、 b^* については、 b^* においてややマイナス傾向になったが、著しい変化は認められなかった。

2. 厚さによる色調遮断性については、厚さを増すごとに明度差の値は、減少傾向を示したが、十分な下地の色調遮断性は得られなかった。

3. 支台歯による色調の影響については、重度の試料に重ねた時には、厚さを増すごとに色差は、小さい値を示したが、下地の色調を十分に遮断することはできなかった。

また、金属築造体試料であるAu、Pdの上に重ねた時は、エンプレス試料の厚さが1.2 mm以上で色差が2.0以下と低い値を示し、色差が認められなかった。

文 献

- Eden, G.T. (山本裕子, 丸山剛郎): 歯冠修復物としてのキャストابل・セラミックスの現在を知る, QDT 別冊/デンタル・ファイブ・セラミックスの現況を知る, 139~193, クインテッセンス出版, 東京, 1986.
- Adair, P.J. and Grossman, D.G.: The castable ceramic crown, J Periodont Rest Dent., 4: 32~45, 1984.
- 丸山剛郎: キャスタブル・セラミックス“Dicor”の概要, ザ・クインテッセンス, 4: 533~542, 1985.
- 日野年澄, 丸山剛郎: 人工歯冠用結晶化ガラス, セラミックス, 24, 608~613, 1989.
- 畑 好昭, 鈴木 基, 飯島 浩ほか: キャスタブルセラミックス (OCC) の材料合成と物性, 補綴誌, 32: 52~61, 1988.
- 渡辺 明, 木原誠治, 横塚繁雄ほか: 生体材料としての人工歯冠の展望 3. リン酸カルシウム系結晶化ガラス歯冠の物理的・化学的性質, ザ・クインテッセンス, 4: 253~268, 1985.
- 新谷明喜, 千葉栄一, 岡田智雄: 各種ポーセレン・システムの特徴 (I), QDT, 17: 828~854, 1992.
- 保母須弥也, 岩田健男, 平林正也ほか: 鑄造用アパタイト質セラミックスの開発とその理工学的性質について, 補綴誌, 29: 554~559, 1985.
- 小久保正ほか: 歯冠材料としてのアパタイト, チタン酸マグネシウム含有結晶化ガラスの合成, 日本セラミックス協会学術論文誌, 97: 239~244, 1989.
- 芝 輝彦, 日高良衛, 万代倫嗣ほか: 新しいキャストابل・セラミックス“キャストミック”の歯冠修復への応用, QDT, 14: 1375~1381, 1989.
- 松井 昌: バイオラミックスの展望, 2. Bioramics の場における生体機能ガラスセラミックスの研究開発 I 特に歯学的応用への展開, ザ・クインテッセンス, 7: 421~436, 1988.
- 棧 淑行, 佐藤友彦, 五十嵐孝義ほか: IPS Empress 修復物の治験結果, 日大歯学, 68: 159~171, 1994.
- 吉田周平: ニューセラミックステクノロジー—IPS Empress の特徴と使用法—, 歯科技工, 20: 263~283, 1992.
- 小見山信, 島田和基, 五十嵐孝義ほか: ラミネートベニアの色調に関する研究 (第2報), 補綴誌, 37: 89 回特別号, 142, 1993.
- 日本色彩学会編: 新編色彩科学ハンドブック, 東京大学出版会, 257~297, 1985.
- 日野浦光, 新井 智, 青野英二ほか: ポーセレンラミネートベニアに関する研究: 日大歯学, 65: 100~105, 1991.
- 根本ふみ子, 石川成美, 石橋寛二ほか: 色彩判別能力に関する検討, 岩医大歯誌, 12: 224, 1987.
- 宮内修平: 歯科における色彩学, 歯科医師会誌, 40: 552~561, 1987.
- 宮島和臣, 小見山信, 五十嵐孝義ほか: ダイコア・クラウンの色調に関する研究—各種築造体が及ぼす影響—, 補綴誌, 38: 1150~1158, 1994.
- Wohlwend, A and Sh rer, P.: Empress テクニック—フルポーセレン・クラウン, インレーおよびラミネートの新しい製法—, QDT, 15: 6~12, 1990.
- 日本色彩学会: 新編色彩科学ハンドブック, 東京大学出版会, 262, 1980.
- 川瀬哲子: 視感比色による陶材色の識別, 補綴誌, 28: 608~621, 1984.
- 鬼島成和: 歯科医師の色彩感覚能力の研究—歯冠色票の精度の検討とそれを応用した色彩感覚能力について, 日歯保誌, 30: 475~485, 1987.
- 鬼島成和, 中浦清人, 片山 剛ほか: 歯冠色の色空間モデルについて—第2報—, 日歯保誌, 31: 1062~1068, 1988.
- 片山伊九右衛門, 福井健次, 中浦清人ほか: 変色歯に対するラミネートベニア修復に関する色彩学的研究, 歯科ジャーナル, 31: 331~338, 1990.
- 一和多寿樹: 歯に関する色彩学的研究—分光放射測定法による検討—, 補綴誌, 30: 652~664, 1986.