

Color Comparison of Maxillary Primary Anterior Teeth and Various Composite Resins using a Spectrophotometer

Wonseok Choi, Sangho Lee, Myeongkwan Jih, Minah Sung, Nanyoung Lee

Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Chosun University

Abstract

The purpose of this study was to compare the color of maxillary primary central incisors, lateral incisors, canines with the color of various composite resins using a spectrophotometer VITA Easyshade®V.

One researcher measured the color of sound maxillary primary anterior teeth of 100 children aged 1 to 6 and specimens which were made by composite resins with a total of 10 types and 31 shades, and CIE L^* , a^* , b^* values were obtained.

There was no clinically recognizable color difference between the maxillary primary central and lateral incisors. However, the maxillary primary canines showed difference in color above the clinical acceptability threshold with the primary central and lateral incisors. These findings showed no significant color differences between men and women, and no significant color changes with age. A1 shade is the most common in all maxillary primary anterior teeth.

Composite resins, which are thought to be similar to the color of maxillary primary anterior teeth were selected from 9 types of maxillary primary central incisors, 6 types of primary lateral incisors, 6 types of primary canines.

Key words : Primary anterior teeth, Tooth color, Spectrophotometer, Composite resin

I. 서 론

생활수준이 향상되고 소아의 구강 건강에 대한 인식이 높아짐에 따라 심미적인 요구도가 높아졌으며, 특히 유전치부의 심미수복치료가 중요하게 생각되고 있다[1-3].

치아의 심미성을 결정하는 요인으로는 치아의 형태, 위치, 배열, 대칭성, 비율, 표면의 질감 그리고 색상 등이 있으며, 이 중 색상은 심미성을 향상시킬 뿐만 아니라 수복물이 자연스럽고 매력적으로 보이게 하는 중요한 요인이다[4,5]. 따라서 유치의 색

상을 분석하고 이에 부합하는 수복재료를 선택, 사용하는 것은 유치의 심미치료 성공에 있어 중요한 인자로 보여진다.

색은 색상, 명도, 채도의 속성을 가지며, 빛의 파장에 대한 눈의 반응으로 정의할 수 있다. 인간이 인식할 수 있는 색을 정량화하고 객관적으로 표현하기 위해 표색방법이 필요한데, 치과 영역의 색조 연구에서는 1976년 국제 조명 위원회(Commission International de L'Eclairage, CIE)에서 정의한 CIE $L^*a^*b^*$ 표색계가 주로 이용된다. CIE $L^*a^*b^*$ 표색계는 3차원 공간 좌표로 L^* , a^* , b^* 로 표시하게 되며 L^* 은 명도, a^* 는 녹색과 적색의 정도, b^* 는 청색

Corresponding author : Nanyoung Lee

Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Chosun University, 309 Pilmun-daero, Dong-gu, Gwangju, 61452, Republic of Korea

Tel: +82-62-220-3860 / Fax: +82-62-225-8240 / E-mail: nandent@chosun.ac.kr

Received August 2, 2021 / Revised September 9, 2021 / Accepted September 8, 2021

※This study was supported by research fund from Chosun University Dental Hospital, 2022.

과 황색의 정도를 나타내고, a^* , b^* 값에서 변환된 채도를 의미하는 C^* , 색조각을 의미하는 h^* 가 색조 연구 자료에서 이용되기도 한다[6-9]. 두 물체간의 색차(color difference)의 정도는 두 물체의 L^* , a^* , b^* 값 사이의 3차원적 거리를 계산한 ΔE^* 값을 통해 표현된다. 현재까지 색상의 차이를 임상적으로 수용할 수 있는 인식도 역치(perceptibility threshold) ΔE^* 값이 1.0에서 3.7까지 다양하게 보고되었으며, 보통 ΔE^* 값이 2.7인 경우를 관찰자의 절반이 두 색상의 차이를 인식할 수 있는 임상적 허용 색차의 한계로 보고 있다[9-12].

현재 임상에서 주로 사용되는 치아측색기로는 색채계(colorimeter)와 분광광도계(spectrophotometer)가 있다[5]. 분광광도계는 표면 색상 측정에 유용하며, 재현가능하고 비교적 정확한 기기로 알려져 있으며, 시편의 분광 반사율 또는 투과율 곡선을 정량적으로 측정하여 색상을 측정한다. 장비의 텡스텐 필라멘트 전구에서 나온 백색광은 프리즘에 의해 서로 다른 파장의 스펙트럼으로 분산되고, 시편에서 반사되는 빛의 양은 가시광선 스펙트럼의 파장 내에서 1 - 25 nm 간격으로 측정되며 측정된 색상은 CIE L^* , a^* , b^* , C^* , h^* 값으로 변환된다. 분광광도계는 색채계와 비교하여 광원의 종류, 주변 환경과 같은 환경적 요소에 영향을 받지 않아 과학적이며 정확하다는 평가를 받고 있다[13-16].

연구치에 있어서는 다양한 장비를 이용한 색조 분석에 대한 연구가 이루어져 왔으나, 소아를 대상으로 한 유전치 색조 연구는 많지 않았으며[7,17], 특히 복합레진 색조와의 비교 연구는 부족한 상태이다.

이에 이 연구에서는 분광광도계와 CIE $L^*a^*b^*$ 표색계를 이용하여 심미적으로 중요한 소아의 상악 유중절치, 유측절치, 유전치의 색조를 측정 및 분석하고, 상용되는 복합레진들의 중합 시편 색조와 비교분석하여 수복치료에 있어 심미적 성공률을 높이고자 한다.

II. 연구 대상 및 방법

1. 연구 대상

1) 상악 유전치부

이번 연구는 조선대학교 치과병원 임상 연구 윤리 위원회(Institutional Review Board, IRB)의 승인 하에 시행되었다(CUDHIRB-2005-005). 2020년 10월부터 2021년 8월까지 조선대학교 치과병원 소아치과에 내원한 소아 환자 중에서 전신질환이 없고, 우식이나 마모, 변색을 보이지 않는 상악 유전치 6개를 모두 가지고 있는 만 6세 이하의 어린이를 대상으로 하였다. 상

악 유전치부에 근관치료 혹은 수복치료를 받은 경우, 치질의 선천적인 형성 부전이 있는 경우, 외상 병력이 있는 경우, 하나 이상의 상악 유전치가 탈락하였거나 생리적 및 병적 동요를 보이는 환자는 연구대상에서 제외되었다. 제조사 지시에 따라 정확한 측정을 하는데 있어 협조가 어려운 환자와 비호흡이 가능하지 않은 환자 역시 연구 대상에서 제외하였다. 총 100명의 어린이의 상악 유전치 600개가 최종 조사 대상이 되어 치아 순면의 색조를 측정하였다. 대상자의 연령 및 성별 분포는 Table 1과 같다.

2) 복합레진 시편

총 10개 종류의 복합레진에서 유전치 색조와 유사할 것으로 생각되는 31개의 shade를 선정하였다. 선정된 복합레진의 종류와 shade는 Table 2와 같다.

자연치와 유사한 측정 조건을 갖추기 위해 celluloid crown form인 3M™ Strip Crown Form - Pedo (ESPE, St. Paul, MN, USA)의 ULC-3 (No. 914003)과 URC-3 (No. 914013)를 이용하여 레진 시편을 제작하였다. Typodont dental model of mixed dentition (Nissin Dental Product Inc, Kyoto, Japan)의 상악 좌우 유중절치에 해당하는 레진치의 삭제는 절단면 1.0 mm, 순면과 설면 0.5 mm, 인접면 1.0 mm로 시행하였고, 복합레진을 celluloid crown form 내면에 적층하여 담아 적용하고 과량의 레진을 제거한 후, LED 광중합기 VALO® (Ultradent, South Jordan, UT, USA)를 이용하여 순면과 설면에 각 20초씩 조사하여 중합시켰다. 중합이 완료된 후 No. 12 surgical blade (AILEE, Busan, Korea)를 이용하여 celluloid crown form을 제거하였다. 제거 후 Enhance® Finishing System (Dentsply/Caulk, Milford, DE, USA)을 사용하여 복합레진 시편 표면의 연마를 시행하였다.

Table 1. Distribution of the study subjects by sex and age

Age (year)	Sex		Total
	Male	Female	
1	1	1	2
2	3	4	7
3	11	10	21
4	10	17	27
5	17	9	26
6	8	9	17
Total	50	50	100

Table 2. Composite resins investigated in this study

Brand Name	Lot Number	Shade	Filler type	Manufacturer
Filtek™ Z250	NA58080	A1	Microhybrid	
	NA56729	A2		
	NA88305	B1		
Filtek™ Z350	N967687	A1E	Nanofill	3M ESPE, St Paul, MN, USA
	NA89335	A2E		
	NA32111	B1E		
	N965114	A1B		
	NA63624	A2B		
Charisma® Diamond	K010049	A1	Nanohybrid	Kulzer GmbH, Hanau, Germany
	K010075	A2		
	K010044	B1		
	010036A	B2		
Metafil CX	TV11	A1	Microfill	Sun Medical, Shiga, Japan
	TX12	A2		
Estelite® Sigma Quick	W7986	OA1	Nanofill	Tokuyama Dental, Tokyo, Japan
	W9842	OA2		
Any-Com™	AC92T858	A1	Nanohybrid	Mediclus, Cheongju, Korea
	AC96T460	A2		
	AC03T218	B1		
Charmfil®	1119204	A1	Microhybrid	Denkist, Gunpo, Korea
	1119277	A2		
	1119285	B1		
Hanfil®	HF1651912	A1	Nanohybrid	Han Dae Chemical, Jincheon, Korea
	HF0122001	A2		
	HF1601912	B1		
Denfil™	DF9673A1	A1	Microhybrid	Vericom, Anyang, Korea
	DF9941A2	A2		
	DF9931B1	B1		
DiaFil™	DFA12002042	A1	Nanohybrid	DiaDent, Cheongju, Korea
	DFA22002061	A2		
	DFB12002191	B1		

2. 연구 방법

1) 측정장비

VITA Easyshade®V (Serial No. 50741, VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany)를 이용하여 상악 좌우측 유증절치, 유측절치, 유견치의 색조와 31개 shade의 복합레진 시편들의 색조를 측정하였다. 이 분광광도계의 측정팁 구경은 5.0 mm이며, 측정 파장 범위는 400 - 700 nm이고 광원은 D65이다[14,16]. D65는 북반구 쪽의 정오 자연광을 나타내며, 색조 측정에 가장 많이 사용되는 표준광원으로 상관 색온도는 6500° K이다[18]. 감염방지

를 위하여 각 환자마다 새로운 VITA Easyshade Infection Control Shield (VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany)를 장착하였다.

2) 측정방법

(1) 상악 유전치부

환자의 보호자에게 연구 방법을 구체적으로 설명하고 서면 동의를 얻은 후 연구를 진행하였으며, 색조의 측정은 동일한 진료실에서 한 명의 연구자에 의해 이루어졌다. 자연광은 차단되고 실내등 조명 아래 측정이 이루어졌다. 측정 전에 대상 치아의 치



Fig. 1. Measuring process of tooth shade with spectrophotometer.

태나 이물질을 젖은 거즈를 사용하여 제거하였다.

제조사의 지시에 따라 측정팁을 최대한 각 유전치의 중앙 1/3 부위의 근원심 가운데 부위에 위치시키고 치아의 순면에 직각으로 충분히 밀착시켜 측정하였으며(Fig. 1), 매 측정시마다 calibration을 진행하였다.

(2) 복합레진 시편

Celluloid crown 형태의 복합레진 시편의 표면을 젖은 거즈로 닦고 측정을 시행하였다. 자연치와 유사한 측정 조건을 갖추기 위해 typodont dental model of mixed dentition에 상악 좌우 유중절치의 celluloid crown을 장착한 상태로 시편의 순면 중앙 1/3부위, 근원심 가운데 부위에 분광광도계의 광구를 수직으로 충분히 밀착시켜 색조를 측정하였다. 복합레진 시편의 색조 측정도 상악 유전치의 색조 측정과 마찬가지로 동일한 장소에서 한 명의 연구자에 의해 이루어졌고, 제조사의 지시에 따라 매 측정시마다 calibration을 진행하였다.

3) 색조 분석

(1) 상악 유전치부 순면의 CIE L^* , a^* , b^* 와 Vita shade 측정

장비의 스크린 상에서 Base shade determination 모드를 선택한 후 측정하여 상악 유중절치, 유측절치, 유견치의 전체 순면에 대한 CIE L^* , a^* , b^* 값을 얻었다. 이 분광광도계에는 VITA classical A1-D4® (VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany) shade guide의 기준 CIE L^* , a^* , b^* 값이 내장되어 있다. 이 모드를 사용하면 매번 측정된 L^* , a^* , b^* 값과 shade guide의 기준 값을 비교

하여 색조차 ΔE^* 가 가장 작은 Vita shade가 표시되며 이를 기록하였다.

(2) 색조차 ΔE^*

색의 차이를 정량화한 색조차 ΔE^* 값은 CIE $L^*a^*b^*$ 색상공간에서 각 부위의 색조에 의한 CIE $L^*a^*b^*$ 사이의 거리로서, $\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$ 식을 이용하여 계산하였다[11]. 대다수 연구에서 ΔE^* 값이 2.7 이하일 때 육안으로 그 차이를 구분하기 어렵다고 보고하였다[9-12]. 이 연구에서도 이와 같이 적용하여 좌우, 남녀 간의 상악 유전치부 색상 및 상악 유중절치, 유측절치, 유견치 사이의 색상을 비교하고, 상악 유전치부 색조에 부합하는 복합레진의 shade를 구하였다.

3. 표준 일관성 평가

한 명의 치과 의사가 동일한 측정 조건에서 6명의 상악 좌우 유중절치, 유측절치와 유견치를 1주일 간격으로 반복 측정하여 조사자 내 신뢰도를 평가하였다. 조사자 내 신뢰도인 Intraclass correlation coefficient (ICC) 값은 L^* , a^* , b^* 에 대하여 유중절치에서 각각 0.972, 0.961, 0.986, 유측절치에서 각각 0.955, 0.994, 0.987, 유견치에서는 각각 0.931, 0.995, 0.958로 높은 신뢰도를 보였다($p < 0.001$).

그리고 복합레진 시편 표본을 무작위로 16개를 골라 조사자 내 신뢰도를 평가하였다. 한 명의 치과 의사가 동일한 측정 조건에서 16개의 표본을 각각 3회 반복하여 측정하였다. 조사자 내 신뢰도인 ICC 값은 L^* , a^* , b^* 에 대하여 각각 0.991, 0.995, 0.998로 높은 신뢰도를 보였다($p < 0.001$).

4. 통계 분석

조사된 자료는 SPSS (Version 26.0, IBM, Chicago, IL, USA)와 Excel 2016 (Microsoft, Redmond, WA, USA)를 이용하여 분석하였다. 상악 유전치부 순면과 복합레진 시편의 CIE L^* , a^* , b^* 값에 대해 평균 및 표준편차를 구하였다. Kolmogorov-Smirnov test를 통해 정규성 검정을 시행하였고, 상악 유전치부에서 좌우에 따른 차이와 남녀에 따른 차이 유무를 확인하기 위해 각 치아의 CIE L^* , a^* , b^* 값에 대하여 Paired t-test를 사용하여 분석하였다. 연령에 따른 CIE L^* , a^* , b^* 값의 유의한 변화를 확인하기 위하여 Pearson correlation analysis를 시행하였다. 그리고 상악 유중절치, 유측절치, 유견치 치아 간에 색조 차이가 있는지 통계적으로 검증하기 위해 one-way ANOVA test를 이용하였고 사후 검정으로 Tukey test를 시행하였다.

III. 연구 성적

측정을 시행한 환자 100명에서 분광광도계를 이용하여 총 600개 치아의 CIE L^* , a^* , b^* 값을 얻었다. 또한 31개 shade의 복합 레진의 CIE L^* , a^* , b^* 값을 얻었다.

1. 치아 간 색조 비교와 색조차 ΔE^*

상악 유전치부 색조의 평균값과 좌우측 상악 유전치부 사이의 색조 비교, 색조차 ΔE^* 결과는 다음과 같았다(Table 3). 상악 유중절치, 유측절치, 유건치 모두에서 좌우 사이의 CIE L^* , a^* , b^* 값은 유의한 차이가 없었고($p > 0.05$), 모든 상악 유전치부에서 좌우

사이 ΔE^* 값의 평균이 임상 허용의 한계치 ΔE^* 값인 2.7보다 작아 육안으로 구분하기 어려운 색상 차이를 보였다. 따라서 유중절치, 유측절치, 유건치 모두 좌우측 L^* , a^* , b^* 값의 평균을 분석에 이용하여 상악 유전치부 색조의 평균값들을 구하였다.

상악 유중절치, 유측절치, 유건치 사이의 치아 간 색조 비교와 색조차 ΔE^* 결과는 다음과 같았다(Table 4). 유중절치와 유측절치 사이 ΔE^* 값은 임상 허용의 한계치 ΔE^* 값인 2.7보다 작아 육안으로 구분하기 어려운 색상 차이를 보였다. 유중절치와 유건치, 유측절치와 유건치 사이 ΔE^* 값은 2.7보다 커 육안으로 구분할 수 있는 색상 차이를 보였다. 유중절치와 유측절치 사이의 b^* 값을 제외하고는 모든 부위 사이에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다.

Table 3. Comparison of the maxillary primary anterior teeth color between left and right

		Left	Right (Mean \pm SD)	Total	p value	ΔE^* (Mean \pm SD)
A	L^*	89.8 \pm 2.9	89.8 \pm 2.8	89.8 \pm 2.9	0.629	1.10 \pm 0.54
	a^*	-0.5 \pm 2.5	-0.5 \pm 2.5	-0.5 \pm 2.5	0.948	
	b^*	17.5 \pm 2.8	17.4 \pm 2.8	17.4 \pm 2.8	0.204	
B	L^*	88.0 \pm 2.6	88.1 \pm 2.7	88.1 \pm 2.7	0.201	1.04 \pm 0.50
	a^*	-0.2 \pm 2.3	-0.3 \pm 2.4	-0.2 \pm 2.3	0.392	
	b^*	17.9 \pm 2.6	17.7 \pm 2.6	17.8 \pm 2.6	0.130	
C	L^*	91.3 \pm 2.3	91.4 \pm 2.3	91.4 \pm 2.3	0.070	1.05 \pm 0.52
	a^*	0.5 \pm 2.2	0.5 \pm 2.2	0.5 \pm 2.2	0.850	
	b^*	21.0 \pm 1.9	20.9 \pm 2.1	21.0 \pm 2.0	0.288	

p value from Paired t-test.

A = Maxillary primary central incisor, B = Maxillary primary lateral incisor, C = Maxillary primary canine

Table 4. Comparison between the maxillary primary anterior teeth in color

		p value	ΔE^* (Mean \pm SD)
A - B	L^*	0.000	2.58 \pm 1.25
	a^*	0.003	
	b^*	0.071	
B - C	L^*	0.000	5.27 \pm 1.88
	a^*	0.000	
	b^*	0.000	
C - A	L^*	0.000	3.13 \pm 1.40
	a^*	0.000	
	b^*	0.000	

p value from one-way ANOVA followed by Tukey test.

A = Maxillary primary central incisor, B = Maxillary primary lateral incisor, C = Maxillary primary canine

2. 남녀 간 치아 색조 비교

상악 유중절치, 유측절치, 유건치 모두에서 남녀 간 CIE L^* , a^* , b^* 값은 유의한 차이가 없었고($p > 0.05$), 상악 유전치부에서 남녀 측정평균값 사이의 ΔE^* 값은 각각 0.63, 0.67, 0.22로 모두 임상 허용의 한계치 ΔE^* 값인 2.7보다 작아 육안으로 구분하기 어려운 색상 차이를 보였다.

3. 연령에 따른 색조 변화

Pearson correlation analysis 결과 상악 유중절치, 유측절치, 유건치 모두에서 연령에 따른 CIE L^* , a^* , b^* 값의 유의한 변화는 없었다.

4. Vita shade의 분포 결과

분광광도계를 이용하여 VITA classical A1-D4® shade guide에 따라 측정된 Vita shade는 상악 유중절치, 유측절치, 유견치 모두에서 A1 shade가 각각 94.0%, 82.5%, 67.5%로 가장 많이 나타났고, 분포는 다음과 같았다(Table 5).

5. 복합레진의 색조 및 상악 유전치부와의 색조 비교

총 10개의 종류, 31개의 shade를 가진 복합레진들로 만든 시편들 각각 6개의 CIE L^* , a^* , b^* 값이 측정되었고, 각각의 평균과 표준편차를 구하였다(Table 6). 이 값들을 상악 유중절치, 유측절치 그리고 유견치 색조의 평균값과 비교하여 색조차 ΔE^* 값을 구하였다(Table 7). ΔE^* 값이 2.7보다 작아 자연치 색조와 유사하다고 판단되는 복합레진은 상악 유중절치에서는 Filtek™ Z250의 A1, B1, Filtek™ Z350의 A1B, Charisma® Diamond의 A1, B1, Any-Com™의 A1, Hanfil®의 A1, DiaFil™의 A1, B1, 상악 유측절치에서는 Filtek™ Z350의 A2E, Charisma® Diamond의 A1, B1과 B2, Any-Com™의 A1, Hanfil®의 A1, 상악 유견치에서는 Filtek™ Z250의 B1, Filtek™ Z350의 A1B, Estelite® Sigma Quick의 OA1, Any-Com™의 A2, Hanfil®의 A1, DiaFil™의 B1이었다.

상악 유중절치와 유측절치에서 ΔE^* 값이 2.7 이하의 색조차를 보이는 복합레진은 Charisma® Diamond의 A1과 B1, Any-Com™의 A1으로 나타났으며 상악 유중절치, 유견치에서 ΔE^* 값이 2.7 이하의 색조차를 보이는 복합레진은 Filtek™ Z250의 B1, Filtek™ Z350의 A1B, DiaFil™의 B1으로 나타났다. 그리고 상악 유중절치, 유측절치, 유견치 모두에서 ΔE^* 값이 2.7 이하의 색조차를 보이는 복합레진은 Hanfil®의 A1으로 나타났다.

Table 5. Distribution of best matching VITA classical A1-D4® shade with maxillary primary anterior teeth

Vita shade	A		B		C	
	n	%	n	%	n	%
A1	188	94.0	165	82.5	135	67.5
A2	4	2.0	10	5.0	35	17.5
A3					4	2.0
B1	3	1.5				
B2	5	2.5	25	12.5	26	13.0

A = Maxillary primary central incisor, B = Maxillary primary lateral incisor, C = Maxillary primary canine

IV. 총괄 및 고찰

심미 수복 재료를 이용한 수복 시 가장 중요한 과정이면서 어려움을 겪는 문제 중 하나는 색조의 선택이다. 적절한 색조의 선택을 위해서는 색조의 측정에 대한 정확한 자료가 필요하다. 유치의 경우 색조에 대한 연구가 부족하기 때문에 적절한 수복 재료가 부족하고 색조를 선택하기가 더욱 어렵다[19]. 이에 어린이의 안면부 심미성에 중요한 영향을 미치는 상악 유견치를 포함한 상악 전치부의 색조를 연구 대상으로 정하였다.

Table 6. Mean and Standard Deviation CIE L^* , a^* , b^* values of the composite resins (n = 6)

Brand Name	Shade	L^*	a^*	b^*
		(Mean ± SD)		
Filtek™ Z250	A1	90.4 ± 0.7	-0.8 ± 0.1	14.9 ± 0.3
	A2	88.9 ± 0.4	-0.3 ± 0.1	26.4 ± 0.7
	B1	90.9 ± 1.1	-0.7 ± 0.4	19.2 ± 0.6
Filtek™ Z350	A1E	87.7 ± 0.3	-1.8 ± 0.0	12.6 ± 0.2
	A2E	87.6 ± 0.8	0.3 ± 0.1	20.2 ± 0.2
	B1E	91.1 ± 0.3	-1.1 ± 0.1	13.8 ± 0.2
	A1B	90.8 ± 0.3	-0.2 ± 0.1	19.7 ± 0.3
	A2B	90.1 ± 0.6	1.0 ± 0.1	26.0 ± 0.4
Charisma® Diamond	A1	88.0 ± 1.2	0.6 ± 0.1	18.1 ± 0.4
	A2	83.8 ± 0.7	2.0 ± 0.2	20.1 ± 0.9
	B1	88.2 ± 0.5	-1.9 ± 0.2	18.2 ± 0.4
	B2	86.8 ± 0.5	-1.3 ± 0.1	19.7 ± 0.1
Metafil CX	A1	88.8 ± 0.4	1.3 ± 0.2	26.1 ± 0.5
	A2	87.0 ± 0.3	2.2 ± 0.1	24.6 ± 0.4
Estelite® Sigma Quick	OA1	90.8 ± 0.6	2.4 ± 0.1	22.1 ± 0.8
	OA2	86.0 ± 0.5	3.3 ± 0.2	25.2 ± 0.5
Any-Com™	A1	90.5 ± 1.4	-1.3 ± 0.2	18.4 ± 0.3
	A2	89.9 ± 1.4	1.4 ± 0.4	23.0 ± 0.8
	B1	92.2 ± 2.1	-1.2 ± 0.8	15.4 ± 1.1
Charmfil®	A1	89.7 ± 1.9	-0.4 ± 0.2	14.6 ± 1.0
	A2	88.8 ± 0.8	1.5 ± 0.3	21.2 ± 1.9
	B1	91.0 ± 1.6	-0.8 ± 1.0	14.4 ± 0.8
Hanfil®	A1	89.9 ± 0.3	0.4 ± 0.1	19.0 ± 0.1
	A2	84.8 ± 0.6	1.9 ± 0.2	21.9 ± 0.1
	B1	90.0 ± 0.9	-1.2 ± 0.1	14.6 ± 0.2
Denfil™	A1	90.3 ± 0.4	-2.5 ± 0.2	14.6 ± 0.4
	A2	83.7 ± 0.6	-1.4 ± 0.2	32.3 ± 1.3
	B1	87.4 ± 1.0	-2.2 ± 0.3	9.9 ± 0.5
DiaFil™	A1	91.5 ± 0.3	-0.6 ± 0.1	16.8 ± 0.1
	A2	83.8 ± 0.1	0.6 ± 0.0	28.4 ± 0.1
	B1	91.7 ± 0.2	-0.8 ± 0.0	18.9 ± 0.1

Table 7. Color differences between composite resins and maxillary primary anterior teeth

Brand Name	Shade	ΔE^*_{A-R}	ΔE^*_{B-R}	ΔE^*_{C-R}
Filtek™ Z250	A1	2.60†	3.71	6.26
	A2	9.01	8.64	6.04
	B1	2.09†	3.20	2.14†
Filtek™ Z350	A1E	5.40	5.40	9.38
	A2E	3.63	2.50†	3.89
	B1E	3.88	5.05	7.31
	A1B	2.48†	3.30	1.56†
	A2B	8.68	8.52	5.22
Charisma® Diamond	A1	2.20†	0.89†	4.41
	A2	7.07	5.40	7.83
	B1	2.23†	1.70†	4.81
	B2	3.82	2.51†	5.06
Metafil CX	A1	8.86	8.44	5.77
	A2	8.10	7.26	5.90
Estelite® Sigma Quick	OA1	5.58	5.74	2.30†
	OA2	9.48	8.50	7.45
Any-Com™	A1	1.40†	2.68†	3.29
	A2	5.88	5.74	2.70†
	B1	3.23	4.86	5.92
Charmfil®	A1	2.88	3.62	6.66
	A2	4.40	3.91	2.78
	B1	3.25	4.48	6.68
Hanfil®	A1	1.77†	2.25†	2.48†
	A2	7.16	5.72	6.82
	B1	2.90	3.83	6.68
Denfil™	A1	3.52	4.52	7.12
	A2	16.06	15.17	13.78
	B1	8.13	8.19	12.09
DiaFil™	A1	1.75†	3.51	4.26
	A2	12.54	11.45	10.62
	B1	2.37†	3.79	2.47†

† : $\Delta E^* \leq 2.70$
 ΔE^*_{A-R} = color differences between composite resins and maxillary primary central incisors, ΔE^*_{B-R} = color differences between composite resins and maxillary primary lateral incisors, ΔE^*_{C-R} = color differences between composite resins and maxillary primary canine

이 연구에서 사용된 VITA Easyshade®V는 색채계, 디지털 색상 분석기기에 비해 광원의 종류, 주변 환경과 같은 환경적 요소에 영향을 받지 않아 과학적이고 정확하며 작동 수명이 길고 표면 색상 측정에 유용하다는 평가를 받고 있다[13]. Sarafianou 등[20]은 이번 연구의 분광광도계가 다른 종류의 분광광도계보다 환경에 따른 재현성이 높다고 보고하기도 하였다. Kim-Pusateri

등[21]은 spot 측정 방식의 분광광도계가 높은 신뢰도를 보였으며 전체 치면을 한 번에 측정하는 분광광도계, 색채계, 디지털 색상 분석기기보다 높은 정확도를 보였다고 보고하였다. 구강 구조가 작아 협조를 얻기 어려운 소아의 경우 측정팁의 크기가 작고 구강 내 접근이 쉬운 spot 측정 방식이 치은에 직접 접촉해야 하는 전체 치면 측정 방식보다 더 유리할 것으로 생각된다. Klinke 등[22]은 혀의 위치가 분광광도계 측정값의 정확도에 영향을 미치지 않았다고 보고하였으며 이는 이 연구에서도 협조가 어려운 소아의 치아 색조 측정 결과에 유리하게 적용되었다. 이에 이 연구에서는 spot 측정 방식의 분광광도계를 선택하여 상악 유전치부와 복합레진의 색조를 측정하였다.

Spot 측정 방식의 접촉식 측정기기의 경우 빛이 조사되는 치면의 면적이 광구보다 작거나, 치면이 평평하지 않을 경우 광구가 전체 치면에 수직으로 밀접하게 접촉하지 못하여 edge loss 현상이 나타날 수 있으며, 기기의 색조 측정 정확도에 영향을 줄 수 있다[8,15]. 특히 edge loss 현상으로 인해 반사광의 양이 감소하여 L^* 값 또는 L^* , a^* , b^* 값 모두가 낮게 나타날 수 있다[8,23,24]. 이러한 점에서 치면의 형태가 유중절치나 유측절치에 비해 평평하지 않은 유견치의 경우 기존 접촉식 측정기기의 색조 측정은 일반적으로 추천되지 않는다. 그러나 Paravina 등[25]과 제조사에 따르면 이 연구의 분광광도계는 edge loss 현상을 최소화하기 위해, 광구 내부 링 내에 서로 다른 2가지 거리에서 산란광 측정을 위한 다중 분광기(multiple spectrometers)를 포함하고 있어 정확한 측정을 할 수 있다고 하였다. 또한 Kim 등[8]도 이 분광광도계에서 제조사가 지시한대로 적절한 측정 모드를 사용하면 edge loss 오류가 나타나지 않을 수 있으며, 광구 내부 링에 있는 3개의 광섬유에 의해 광구가 치면에 안정적이고 수직적으로 위치하는 경우에만 측정이 시행된다고 하였다. 같은 분광광도계를 사용한 Hassel 등[26]의 연구에 따르면, 표면의 형태보다는 투명도로 인해 영구 중절치보다 영구 견치에서 더 일관되게 측정되었다. 따라서 영구 견치에서는 이번 연구에서 사용한 VITA Easyshade®V로 edge loss 현상을 최소화할 수 있을 것으로 생각되나 유견치에서의 측정 정확도에 대해서는 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

상악 유견치는 유중절치와 유측절치에 비하여 L^* , a^* , b^* 값 모두 통계적으로 높게 나타났다. 이는 유견치가 유중절치와 유측절치에 비하여 명도가 더 높고 적색과 황색의 채도가 더 적게 나타남을 의미한다. Goodkind와 Schwabacher[27], Pustina-Krasniqi 등[28]은 영구 견치가 영구 중절치, 영구 측절치보다 L^* 값이 더 낮게 나타났다는 결과를 보고하였다. 이와 다르게 이번 연구에서는 유견치의 L^* 값이 높게 나타났으며, 같은 종류의 분광광도계를 사용한 Kim 등[8]의 연구에서도 이번 연구와 같은

결과를 보고했다. 앞서 말한 edge loss 현상으로 인한 유견치에서의 측정 정확도가 영향을 줄 수 있는 결과로 생각되며, 유견치의 L^* 값에 대해서 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다. 상악 유중절치는 유측절치에 비하여 L^* 값은 높게, a^* 값은 통계적으로 높게 나타났고, b^* 값은 통계적으로 차이가 없다고 나타났다. 이와 같은 상대적인 차이는 Hyun 등[29]과 Song 등[30]의 연구와 일치하는 결과이다. 즉, 유중절치는 유측절치에 비하여 명도가 더 높고 적색의 채도가 더 적게 나타남을 의미한다.

상악 유중절치와 유측절치 사이의 ΔE^* 값의 평균은 2.58로 2.7보다 작아 육안으로 구분하기 어려운 색상 차이를 보였으며, 특히 b^* 값은 통계적으로 차이가 없었다. 그러나 유측절치와 유견치, 그리고 유견치와 유중절치 사이 ΔE^* 값은 각각 5.27, 3.13으로 2.7보다 커 육안으로 구분할 수 있는 색상 차이를 보였다. 이는 상악 유전치부 심미 수복 재료 색조 선택 시 유견치를 따로 고려해야 할 필요가 있음을 보여주는 결과이다.

이번 연구에서 연령에 따른 색조의 유의한 변화를 관찰할 수 없었다. Joiner[31]는 연령이 증가하면서 지속적으로 2차 상아질이 형성되어 상아질이 단단해지며 투과성이 떨어지고, 치수강의 협착으로 인해 색상변화가 나타나며, 마모의 결과로 법랑질의 두께가 감소되어 상아질의 색상이 전치부에 나타나 색조의 변화가 일어난다고 보고했고, Goodkind와 Schwabacher[27], Meera 등[32]도 영구치에서 연령에 따른 색조의 변화는 2차 상아질의 침착이 주요 요인이라고 보고하였다. 영구치에 비해 수명이 짧은 유치에서는 2차 상아질의 형성량이 적고 치수강의 협착이 드물게 일어날 것으로 예상되며, 따라서 영구치에서 관찰되는 연령에 따른 색조의 변화가 유치에서는 관찰되지 않았을 것으로 생각된다.

이번 연구에 사용된 VITA Easyshade[®]V는 spot 측정 방식으로 영구치에 비해 크기가 작은 유전치를 대상으로 치아부위별 색조 비교를 하기에는 어려움이 있었다. 이 장비의 측정 광구의 직경은 5.0 mm이며, Black[33]에 의해 기록된 상악 유중절치, 유측절치, 유견치 치관의 길이 평균치는 각각 6.0 mm, 5.6 mm, 6.5 mm, 치관의 근원심경 평균치는 6.5 mm, 5.1 mm, 7.0 mm이다. 측정 시 edge loss 현상을 최소화하기 위해서는 측정팁을 치아의 순면에 최대한 밀착시켜야 하므로, 앞서 말한 측정팁의 직경과 치아크기를 비교할 때 상악 유전치부를 부위별로 구분하여 색조를 측정하는 것은 어렵고, 부위별로 측정하더라도 측정범위가 중복되거나 치아경계를 벗어날 수 있기 때문에 이번 연구에서는 측정부위를 각 치아의 순면 중앙 1/3부위의 근원심 가운데 부위로 제한하였다.

현재 색상을 표준화시켜 사용할 수 있는 표색계가 없기 때문에 각 회사마다 특정 shade guide를 선택하여 이를 토대로 수복

재료가 제조되고 있다[34]. 이 중 이번 연구에도 이용되고, 가장 널리 이용되고 있는 VITA classical A1-D4[®] shade guide는 A, B, C, D의 기본 색조를 바탕으로 다른 채도와 명도를 갖는 A1부터 D4까지의 16개 표본으로 구성되어 있다. A는 reddish-brown, B는 reddish-yellow, C는 gray, D는 reddish-gray를 의미하며, 뒤에 표기되는 숫자는 밝기를 나타내고 숫자가 작을수록 밝다[35,36]. A와 B는 자연치에서 많이 나타나는 shade이며[23], B1, A1, B2순으로 밝다고 알려져 있다[37]. 실제로 A2, B3 shade가 주로 나타나는 상악 영구 전치부와 달리[38], 영구치에 비해 밝은 상악 유전치부에서는 이번 연구 측정 결과 A1 shade가 가장 많이 나타났고 2개 이상의 유전치부와 육안으로 구분하기 어려운 색조차를 보인 복합레진의 shade는 Filtek[™] Z250의 B1, Filtek[™] Z350 XT의 A1B, Charisma[®] Diamond의 A1과 B1, Any-Com[™]의 A1, Hanfil[®]의 A1, DiaFil[™]의 A1으로 총 7종을 선정할 수 있었다. 즉 유전치부는 주로 A1, B1 shade를 가진 복합레진들과 유사한 색조를 보였다. Baik 등[39]도 색채계를 이용하여 상악 유중절치와 수복재료를 비교한 결과, compomer의 B1 shade가 가장 유사한 색조를 보였고 지금은 단종된 복합레진의 A1, P shade도 유사한 색조를 보인다고 보고하였다. 이에 상악 유전치부 수복재료 선택 시 우선적으로 A1, B1 shade를 고려해 볼 필요가 있다고 생각된다.

동일한 색조로 표기된 재료일지라도 각 회사별로 제조방식과 제품구성요소가 다르기 때문에 어느 정도 색상의 차이가 있다[34]. 이번 연구에서도 같은 shade로 표기된 다른 회사의 제품들 사이에 색상 차이가 있었다. 각 회사 제품별로 중합체의 종류, 충전재의 종류, 양, 형태 등이 다르기 때문에 빛의 반사성, 흡수성 등이 달라질 수밖에 없으므로 이에 따른 색의 차이가 예상된다[40]. 즉, 동일한 색조로 표기된 수복재료를 사이의 색상 차이, shade guide와 수복재료 사이의 색상 차이가 수복 시 색상의 선택에 어려움을 주고 있다. Chen 등[41]은 나노 충전재를 포함한 복합레진이 마이크로 충전재를 포함한 복합레진보다 대부분의 색조에서 더 나은 색조 매칭 능력을 보여주었다고 보고하였고, Reddy 등[42]은 나노 충전재를 포함한 복합레진이 마이크로 충전재를 포함한 복합레진보다 더 큰 색안정성을 갖는다고 보고하였다. 이번 연구에서도 대부분 나노 충전재를 포함한 복합레진이 마이크로 충전재를 포함한 복합레진보다 상악 유전치부와 색상 차이가 적게 나타났다. 이에 심미수복재료 선택 시 나노 충전재를 포함한 복합레진을 선택하는 것이 유리할 것으로 판단된다.

복합레진 두께는 재료의 밝기나 색상에는 큰 영향을 미치지 않으나 두께가 감소할수록 투명도는 증가하는 것으로 알려져 있다[43]. Olms와 Setz[44]에 따르면 VITA Easyshade는 재료의 최

소 두께가 0.7 mm이면 정확한 측정이 가능하다고 보고하였고, 제조사에서도 0.8 mm 이상의 두께를 추천하고 있다. 따라서 두께에 따른 투명도가 색조 측정값에 주는 영향을 최소화하기 위하여 이번 연구에서 사용된 복합레진 시편은 1.5 mm 두께로 제작되었다.

Klinke 등[22]은 구강 내 배경 조건이 VITA Easyshade의 측정 정확도에 영향을 미치지 않았다고 보고하였고, 다른 연구들에서도 배경판을 사용하지 않고 직접 색조를 측정하였다[8,14,23,45,46]. 이번 연구에서는 소아 환자의 협조도를 고려하여 자연치의 색조 측정 시 배경판을 사용하지 않았고, 복합레진 색조는 자연치 측정 시와 유사한 환경 및 조건에서 측정하였다.

이번 연구에서 분광광도계를 이용하여 VITA classical A1-D4® shade guide에 따라 측정된 Vita shade는 상악 유중절치, 유측절치, 유견치 모두 A1, A2, B2 shade가 주로 나타났다. Kim 등[8]의 연구에서도 이 연구와 같은 종류의 분광광도계를 사용하여 유치에서 측정된 Vita shade는 A1, A2, B2 shade가 주로 나타났고, Chenchugopal 등[47]과 Ranju 등[48]의 연구에서도 상악 유중절치, 유측절치, 유견치 모두 A1, A2가 주로 나타났다. 반면 Oh 등[49]의 연구에서는 디지털 색상 분석기기를 사용하여 상악 유중절치와 유측절치에서 D2와 C1이 주로 나타났다고 하였다. 이번 연구에서는 상악 유전치부에서 C, D shade가 나타나지 않았으며, 이는 일정 부분만 shade를 측정하는 방식과 전체 치아 shade를 측정하고 일정 부분의 평균 shade를 소프트웨어가 계산하는 방식의 차이에서 나타날 수 있다[21]. 측정기기에 따라 결과가 달라질 수 있고, 치아의 색상에는 개인차가 존재하므로 비색법과 측정기기를 함께 이용하여 자연치의 색조를 평가, 재현하는 노력이 필요하다.

유치를 포함한 치아의 색조는 인종에 따라 유의미한 차이가 있다고 보고되었으며[50,51], 이는 외국 어린이들의 유치 색조를 측정한 Kim 등[8]과 Clark 등[52]의 연구 결과와 이번 연구의 유치 색조에 대한 측정 결과와의 차이를 설명할 수 있다.

측정기기에 따라서도 측정 결과가 다르게 나타날 수 있다. 실제로 이번 연구에서 spot 측정 방식의 분광광도계로 측정된 상악 유전치부의 CIE L^*, a^*, b^* 값은 상악 유중절치와 유측절치를 전체 치면 측정 방식의 분광광도계로 측정한 Song 등[30]의 연구와 spot 측정 방식의 색채계로 측정한 Hyun 등[29]의 연구와 비교하여 L^*, b^* 값은 높게 a^* 값은 낮게 나타났다. 우선 이러한 측정값의 차이는 spot 측정 방식과 전체 치면 측정 방식의 차이에서 나타날 수 있다[13]. Khashayar 등[24]은 측정대상의 수직면으로부터 45°의 각도로 광원이 위치하고 0°(수직면)에서 측정하는 45/0 광학 지오메트리를 사용하는 전체 치면 측정 방식의 분광광도계와 0/0 광학 지오메트리를 사용하는 spot 측정 방식의 분

광광도계를 비교하였는데 둘 다 분광광도계임에도 불구하고 측정 방식과 광원의 위치가 달라 같은 측정 대상에 대해 서로 다른 CIE L^*, a^*, b^* 값이 측정되었으며, 두 분광광도계 간에 CIE L^*, a^*, b^* 값의 비교는 적절치 않다고 하였다. Spot 측정 방식으로 측정 방식이 동일하더라도 측정 원리가 다른 색채계와 분광광도계 사이에서 측정 결과가 다르게 나타날 수 있다. 분광광도계는 광원의 빛을 단색광으로 필터링하고 이 빛을 이용하여 물체의 반사율, 투과율을 측정, 분석하여 색조를 측정하는 기기이며, 색채계는 필터링된 광검출기를 사용하여 물체에 반사되는 가시광선 영역에서 적, 녹, 청 삼색광의 값을 측정하는 일종의 비색계로 두 기기의 원리가 달라 측정 결과가 다르게 나타날 수 있다[13,21]. AlGhazali 등[15]과 Hugo 등[53]은 CIE L^*, a^*, b^* 값은 같은 시스템 내에서만 비교가 적절하다고 하였고, 색조 측정기기의 종류 및 측정 방식, 광원의 위치, 조건, 환경에 차이에 의해 측정값의 차이가 나타난 것으로 생각된다.

이번 연구에서는 정확도와 신뢰도가 높다고 알려진 분광광도계를 이용하여 유치의 색조에 대해 조사하여 유치의 색조에 대한 기초자료로 활용되는데 도움이 되고자 하였다. 그리고 분광광도계로 동일한 조건 하에 한 명의 연구자가 상악 유견치와 함께 유중절치, 유측절치의 색조를 모두 측정하였다는데 의의가 있다. 그러나 소아 환자의 특성상 협조도가 좋지 않거나, 상악 유전치부에 외상, 음식 병력이 없는 경우가 많지 않아 연구 대상자의 수가 다소 부족한 것이 이번 연구의 한계로 생각된다. 이에 더 많은 소아를 대상으로 추가 연구가 이루어져 그 결과물들이 비교 연구되어야 할 것으로 보인다. 또한 유치에 적합한 수복재료들의 색조에 대한 추가적인 연구와 개발이 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

이번 연구는 상악 유전치 각 치아의 색조를 분광광도계와 CIE $L^*a^*b^*$ 표준 표색계를 이용하여 측정하였고, 총 10개의 종류, 31개의 shade를 가진 복합레진들을 celluloid crown 형태의 시편으로 제작하여 같은 방법으로 색조를 측정한 후 이들 값을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

상악 유중절치의 색조 측정평균값은 $L^* = 89.8 \pm 2.9, a^* = -0.5 \pm 2.5, b^* = 17.4 \pm 2.8$ 이고, 상악 유측절치의 색조 측정평균값은 $L^* = 88.1 \pm 2.7, a^* = -0.2 \pm 2.3, b^* = 17.8 \pm 2.6$ 이며, 상악 유견치의 색조 측정평균값은 $L^* = 91.4 \pm 2.3, a^* = 0.5 \pm 2.2, b^* = 21.0 \pm 2.0$ 이었다.

상악 유중절치와 유측절치 사이에서 유의한 색상 차이가 나타나지 않았고, 나머지 상악 유중절치와 유견치, 유측절치와 유견

치 사이에서는 유의한 색상 차이가 나타났다. 측정된 Vita shade는 상악 유전치부 모두에서 A1 shade가 가장 많이 나타났다.

31개 shade의 복합레진과 상악 유전치부의 색조를 비교하여 색차 ΔE^* 값을 계산한 결과 ΔE^* 값이 2.7보다 작아 유전치부 색조와 유사하다고 판단되는 복합레진은 상악 유증절치에서 Filtek™ Z250의 A1과 B1, Filtek™ Z350 XT의 A1B, Charisma® Diamond의 A1과 B1, Any-Com™의 A1, Hanfil®의 A1, DiaFil™의 A1과 B1으로 총 9종이었고, 상악 유측절치에서는 Filtek™ Z350 XT의 A2E, Charisma® Diamond의 A1, B1과 B2, Any-Com™의 A1, Hanfil®의 A1으로 총 6종이었으며, 상악 유견치에서는 Filtek™ Z250의 B1, Filtek™ Z350 XT의 A1B, Estelite® Sigma Quick의 OA1, Any-Com™의 A2, Hanfil®의 A1, DiaFil™의 B1으로 총 6종이었다.

이상의 연구 결과를 토대로 상악 유전치부와 복합레진의 색조에 대한 자료는 유치의 색조에 부합하는 개선된 심미수복재료 및 유치용 치과 shade guide를 개발하는데 사용할 수 있으며, 유치용 지르코니아 전장관이나 의치용 유치레진치의 제작에도 활용될 수 있을 것이다.

Authors' Information

Wonseok Choi <https://orcid.org/0000-0003-2283-2601>
 Sangho Lee <https://orcid.org/0000-0003-2513-6871>
 Myeongkwan Jih <https://orcid.org/0000-0001-9579-076X>
 Minah Sung <https://orcid.org/0000-0003-4209-8037>
 Nanyoung Lee <https://orcid.org/0000-0002-4738-9389>

References

- Shrestha S, Koirala B, Dali M, Birajee G : Anterior crowns in pediatric dentistry: a review. *J Nepal Assoc Pediatr Dent*, 1:32-38, 2020.
- Dave BH, Shah VU, Sura S, et al. : Evaluation of parental perception regarding smile of children according to visual analog scale. *J Integr Health Sci*, 6:41-44, 2018.
- Woo D, Sheller B, Grembowski D, et al. : Dentists' and patients' perception of health, esthetics and treatment of maxillary primary incisors. *Pediatr Dent*, 27:19-23, 2005.
- Heymann HO : The artistry of conservative esthetic dentistry. *J Am Dent Assoc*, Spec:14-23, 1987.
- Sikri VK : Color: Implications in dentistry. *J Conserv Dent*, 13:249-255, 2010.
- Horn DJ, Bulan-Brady J, Hicks ML : Sphere spectrophotometer versus human evaluation of tooth shade. *J Endod*, 24:786-790, 1998.
- Muhamad AH, Aspasia S : The Color of Primary Teeth: A Literature Review. *Indian J Dent Adv*, 4:906-909, 2012.
- Kim J, Paravina R, Chen JW : In vivo evaluation of color of primary teeth. *Pediatr Dent*, 29:383-386, 2007.
- Paravina RD, Majkic G, Chen JW, et al. : Development of a model shade guide for primary teeth. *Eur Arch Paediatr Dent*, 9:74-78, 2008.
- Browning WD, Contreras-Bulnes R, Brackett MG, Brackett WW : Color differences: polymerized composite and corresponding Vitapan Classical shade tab. *J Dent*, 37:34-39, 2009.
- Ragain JC, Johnston WM : Color acceptance of direct dental restorative materials by human observers. *Color Res Appl*, 25:278-285, 2000.
- Wee AG, Monaghan P, Johnston WM : Variation in color between intended matched shade and fabricated shade of dental porcelain. *J Prosthet Dent*, 87:657-666, 2002.
- Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD : Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *J Dent*, 38:2-16, 2010.
- Kim HK : Evaluation of the repeatability and matching accuracy between two identical intraoral spectrophotometers: an in vivo and in vitro study. *J Adv Prosthodont*, 10:252-258, 2018.
- AlGhazali N, Burnside G, Jarad FD, et al. : Performance assessment of Vita Easy Shade spectrophotometer on colour measurement of aesthetic dental materials. *Eur J Prosthodont Restor Dent*, 19:168-174, 2011.
- Lee DH, Han JS, Yang JH, Lee JB : Comparison of shade changes according to dry wet condition of teeth using intra-oral colorimeter. *J Korean Acad Prosthodont*, 43:314-321, 2005.
- Balakrishnan A, Sudhan M : The Ideal Shade of Composite for Primary Dentition. *J Pharm Sci Res*, 9:35-36, 2017.
- Pérez MM, Pecho OE, Bona AD, et al. : Recent advances in color and whiteness evaluations in dentistry. *Curr Dent*, 1:23-29, 2019.
- Nalbant D, Babaç YG, Nalbant L, et al. : Examination of Natural Tooth Color Distribution Using Visual and Instrumental Shade Selection Methods. *Balk J Dent Med*, 20:104-110, 2016.
- Sarafianou A, Kamposiora P, Papavasiliou G, Goula H : Matching repeatability and interdevice agreement of 2 in-

- traoral spectrophotometers. *J Prosthet Dent*, 107:178-185, 2012.
21. Kim-Pusateri S, Brewer JD, Davis EL, Wee AG : Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *J Prosthet Dent*, 101:193-199, 2009.
 22. Klinke TU, Olms C, Hannak WB, *et al.* : Influence of tongue position on the determination of tooth shade. *J Prosthet Dent*, 117:289-293, 2017.
 23. Pop-Ciutrla IS, Colosi HA, Dudea D, Badea ME : Spectrophotometric color evaluation of permanent incisors, canines and molars. A cross-sectional clinical study. *Clujul Med*, 88:537-544, 2015.
 24. Khashayar G, Dozic A, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ : Data comparison between two dental spectrophotometers. *Oper Dent*, 37:12-20, 2012.
 25. Paravina RD, O'Keefe KL, Kuljic BL : Color of permanent teeth: a prospective clinical study. *Balkan J Stomatol*, 10:93-97, 2006.
 26. Hassel AJ, Grossmann AC, Buzello AM, *et al.* : Interexaminer reliability in clinical measurement of L*C*h* values of anterior teeth using a spectrophotometer. *Int J Prosthodont*, 20:79-84, 2007.
 27. Goodkind RJ, Schwabacher WB : Use of a fiber-optic colorimeter for in vivo color measurements of 2830 anterior teeth. *J Prosthet Dent*, 58:535-542, 1987.
 28. Pustina-Krasniqi T, Shala K, Dula L, *et al.* : Lightness, chroma, and hue distributions in natural teeth measured by a spectrophotometer. *Eur J Dent*, 11:36-40, 2017.
 29. Hyun HK, Lee YK, Lee SH, *et al.* : Color Distribution of Maxillary Primary Incisors in Korean Children. *Color Res Appl*, 35:153-158, 2010.
 30. Song JS, Shin TJ, Lee SH, *et al.* : Color distribution of maxillary primary incisors using a dental spectrophotometer in Korean children. *J Korean Dent Assoc*, 58:476-485, 2020.
 31. Joiner A : Tooth colour: a review of the literature. *J Dent*, 32:3-12, 2004.
 32. Meera R, Shieh J, Muthu MS : In vivo evaluation of the color of anterior primary teeth. *J Dent Child*, 78:154-158, 2011.
 33. Black GV : Descriptive Anatomy of the Human Teeth, 4th ed. S. S. White Dental Mfg. Co., Philadelphia, 16-21, 1902.
 34. Cho KY, Hwang IN, Choi HR, Oh WM : Comparative Evaluation of Light-cured Composite Resins Based on Vita Shade by Spectrocolorimeter. *J Korean Acad Conserv Dent*, 23:424-432, 1998.
 35. Miller A, Long J, Cole J, Staffanou R : Shade selection and laboratory communication. *Quintessence Int*, 24:305-309, 1993.
 36. Ahn JS, Lee YK : Color distribution of a shade guide in the value, chroma, and hue scale. *J Prosthet Dent*, 100:18-28, 2008.
 37. Samorodnitzky-Naveh GR, Grossman Y, Bachner YG, Levin L : Patients' self-perception of tooth shade in relation to professionally objective evaluation. *Quintessence Int*, 41:80-83, 2010.
 38. Karaman T, Altintas E, Bozoglan A, *et al.* : Spectrophotometric Evaluation of Anterior Maxillary Tooth Color Distribution According to Age and Gender. *J Prosthodont*, 28:96-102, 2019.
 39. Baik BJ, Oh KS, Kim JG, Yang CH : The comparative study on the color of the deciduous teeth and restorative materials. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 29:376-381, 2002.
 40. Malekipour MR, Sharafi A, Shirani F, *et al.* : Comparison of color stability of a composite resin in different color media. *Dent Res J*, 9:441-446, 2012.
 41. Chen F, Toida Y, Sano H, *et al.* : Evaluation of shade matching of a novel supra-nano filled esthetic resin composite employing structural color using simplified simulated clinical cavities. *J Esthet Restor Dent*, 33:874-883, 2021.
 42. Reddy PS, Tejaswi KL, Thippeswamy HM, *et al.* : Effects of commonly consumed beverages on surface roughness and color stability of the nano, microhybrid and hybrid composite resins: an in vitro study. *J Contemp Dent Pract*, 14:718-723, 2013.
 43. Jung JE, Jung KH, Park JK, *et al.* : Comparison of the color of composite resins with different thickness. *Korean J Dent Mater*, 41:85-93, 2014.
 44. Olms C, Setz JM : The repeatability of digital shade measurement-a clinical study. *Clin Oral Investig*, 17:1161-1166, 2013.
 45. Özat PB, Tuncel İ, Eroğlu E : Repeatability and reliability of human eye in visual shade selection. *J Oral Rehabil*, 40:958-964, 2013.
 46. Meireles SS, Demarco FF, Bona AD, *et al.* : Validation and reliability of visual assessment with a shade guide for tooth-color classification. *Oper Dent*, 33:121-126, 2008.
 47. Chenchugopal M, Venumbaka NR, Elangovan A, *et al.* : Shade selection of primary maxillary anterior teeth in children using Vitapan classical shade guide. *Indian J Dent Res*, 27:657-660, 2016.

48. Ranju MB, Shaik N, Shanbog R : Assessment of Tooth Shade in Primary Dentition among Indian Paediatric Population and its Association with Skin, Lip and Gingival Colour: An Observational Study. *J Clin Diagn Res*, 12:20-24, 2018.
49. Oh MH, Kim DE, Lee KH, Ra JY : Study on the colors of Primary incisors using Digital shade analysing system. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 33:429-437, 2006.
50. Sharma V, Punia V, Lakshmana BR, *et al.* : A study of relationship between skin color and tooth shade value in Population of Udaipur, Rajasthan. *Int J Dent Clin*, 2:26-29, 2010.
51. Haralur SB, Dibas AM, Almelhi NA, Al-Qahtani DA : The Tooth and Skin Colour Interrelationship across the Different Ethnic Groups. *Int J Dent*, 2014:1-6, 2014.
52. Clark P, Powers JM, Johnson R, *et al.* : Primary teeth color in African-American, Caucasian, and Hispanic patients. *J Dent Res*, 78:231, 1999.
53. Hugo B, Witzel T, Klaiber B : Comparison of in vivo visual and computer-aided tooth shade determination. *Clin Oral Investig*, 9:244-250, 2005.

국문초록

분광광도계를 이용한 상악 유전치부와 다양한 복합레진 색조의 비교

최원석 · 이상호 · 지명관 · 성민아 · 이난영

조선대학교 치과대학 소아치과학교실

이 연구의 목적은 분광광도계인 VITA Easyshade[®]V를 이용하여 상악 유중절치, 유측절치, 유견치의 색조와 다양한 복합레진들의 색조를 비교하는 것이다.

한 명의 연구자가 1세에서 6세 어린이 100명의 건전한 상악 유전치부와 총 10개의 종류, 31개의 shade를 가진 복합레진들로 만든 시편의 색조들을 측정하였고, CIE L^* , a^* , b^* 값이 얻어졌다.

상악 유중절치와 유측절치는 임상적으로 인식 가능한 색조 차이를 보이지 않았다. 그러나 상악 유견치는 상악 유중절치 및 유측절치와 임상적인 인식도 역치 이상의 색조 차이를 보였다. 남녀 간의 유의한 색조 차이는 없었고, 연령에 따른 유의한 색조 변화도 없었다. A1 shade가 모든 상악 유전치부에서 가장 많이 나타났다.

상악 유전치부의 색조와 유사하다고 판단되는 복합레진으로 상악 유중절치에서 9종, 유측절치에서 6종, 유견치에서 6종이 선정되었다.