

지르코니아 코아가 전부도재관의 색조에 미치는 영향에 대한 분광측색분석

경희대학교 치과대학 치과보철학교실, *서울아산병원 치과

배아란 · 백진* · 우이형 · 김형섭 · 최대균

I. 서론

치과용 도재는 1889년 C.H. Land가 최초로 자연스러운 색상과 외형을 표현하기 위해 porcelain jacket crown을 개발하였다. 그러나 제작 과정이 매우 어렵고 충분한 적합을 얻기 어려운 단점 등으로 인하여 그 사용이 매우 제한되었고 특히 그 이후 레진의 발달은 어려운 제작 과정을 요하는 도재의 사용을 더욱 꺼리게 되었다. 그러나 레진은 낮은 내마모성과 착색 등과 같은 심미적인 문제로 다시 도재에 대한 연구가 활발히 진행되기 시작하였다. 도재는 매우 높은 강도를 가지고 있지만 잘 깨지는 것이 가장 큰 문제이며 이러한 이유로 인하여 장식 도재는 금속구조물의 강화 없이 단독으로는 일반적인 전부 피개용 수복물로 사용이 불가능하여 금속으로 하부구조물을 제작하여 도재의 심미성과 내부식성 및 심미성을 살리면서 금속의 높은 인장강도와 적합성을 이용한 방법이 완전 도재관의 대체 수복 방법으로 시도되었다.

특히, 1950년대 이후, 금속-도재관이 과거의 레진을 대체하는 주된 치료 방법으로 자리 잡기 시작하였다. 그러나 금속의 사용은 빛의 투과성의 문제와 금속 이온의 유출로 문제, 금속의 알러지나 과민 반응, 치은 착색 등이 발생하는 것이 가장 큰 문제이며 이러한 심미적인 문제를 많은 환자들이 호소하기 시작하였고 최근에는 금속의 생체 적합성과 환경친화

적인 면에서도 한계가 지적되었다. 금속-도재관에 사용되는 합금의 성분 중에서 주석, 구리와 인디움 등이 유출되어서 나타나는 여러 생체 반응에 대한 보고들은 환자들에게 많은 불안감을 주게 되었다.

1960년대에 들어와서 McLean과 Hughes는 aluminous porcelain crown을 발표하였고 이는 초기 완전 도재관에 비하여 적합도와 강도가 매우 높고 제작과정도 비교적 간단하게 제작이 가능하였으나 알루미나가 전체 체적의 50% 미만을 차지하기 때문에 충분한 강도를 내기 어려웠고 특히 McLean이 주장하는 300MPa 이상이 되어야 도재 브릿지에 사용할 수 있다는 요구조건보다는 매우 낮아서 일반적으로 단일 치아에만 사용이 가능하였고 사용 빈도는 매우 낮았다.

일반적인 금속-도재관보다 생체 적합성도 높고 심미적인 보철을 위하여 electroforming을 이용한 방법이 개발되었으나 이는 순금을 사용하므로 비교적 높은 생체 친화성을 가지며 적은 삭제량으로도 충분히 심미적인 개선을 이루었지만 금속하부 구조에 의한 빛투과성의 문제가 있었다.

1980년대에 들어서는 고강도의 도재와 castable 도재와 같은 새로운 전부 도재 시스템의 개발이 급속하게 진행되기 시작하였고 크게 도재 자체의 물성을 높여 고강도의 도재관을 제작하는 방법과 금속 하부 구조 대신에 강한 도재 코아를 제작한 후에 도재를 축성하는 방법으로 나뉘며 전자의 경우에는 코아가

없기 때문에 높은 빛 투과성으로 심미적인 면에 우수하나 낮은 강도로 인하여 사용 범위는 제한적이며 후자의 경우는 코아로 인하여 심미적인 면은 전자에 비하여 낮으나 높은 인장강도를 가지고 있어서 적응증이 보다 크다.¹⁾

코아를 지닌 도재 중에서 임상에서 많이 사용되는 In-Ceram Alumina는 1985년 Sadoun에 의해 개발되어 높은 굴곡 강도를 갖지만, 알루미나 코아의 반투과성으로 인하여 전치부의 경우에는 심미적인 문제가 있다.²⁾ 이러한 문제를 극복하기 위해, 개발된 spinell 코아는 magnesium oxide와 aluminum oxide를 혼합하여 빛투과도는 증가하였지만, 알루미나에 비하여 낮은 강도를 보였다. 최근에는 부하를 많이 받는 구치부에까지 심미적 욕구가 증가됨에 따라 지르코니아를 이용한 코아의 사용이 증가되고 있다.³⁾ 대부분의 지르코니아 코아는 In-ceram을 제외하고는 기존의 공업적으로 제작된 지르코니아 코아를 milling하여 사용하고 있다. Milling 방법에 따라서 green sintering과 white sintering으로 나뉘며 이는 소결 방법에 따른 차이로서 최종 소결 후에도 색조의 차이가 있다.

생체친화성과 심미적인 면에서 그 사용이 증가할 것으로 예상되는 지르코니아는 In-Ceram과 같이 직접 기공과정으로 제작하는 것과 milling으로 제작하는 것에 따른 방법의 차이로 색조에 영향을 줄 것으로 생각된다.

수복물의 색조는 심미적인 관점에서 매우 중요하며, 이에 영향을 미치는 요소로는 여러 가지가 있다.

술자의 색조 선택 능력, 조명 조건, 사용되는 shade guide, 도재의 종류와 제조사, 도재의 두께에 의해 전 반적 보철물의 색조가 영향을 받는다.⁴⁾ 여러 전부 도재관의 시스템마다 다양한 종류의 코아를 사용함에 따라 코아 자체의 색조와 투명도가 수복물의 심미성에 영향을 미치는 요인이며, 재료를 선택함에 있어 중요한 고려사항이다.⁵⁾

본 연구는 수종의 지르코니아 코아가 전부 도재관의 색조에 어떠한 영향을 미치는지에 대하여 객관적으로 비교해 보고자 함을 그 목적으로 하였으며, 분광측색장치를 이용하여 CIE L*a*b* 색체계로 코아의 종류에 따른 도재의 색조 차이를 비교 분석하였다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

본 연구에서는 지르코니아 코아를 이용한 시스템 3종류와 In-Ceram Alumina (Vita Zahnfabrik, Germany)를 사용하였다. 지르코니아 코아를 이용한 시스템으로는 In-Ceram Zirconia (Vita Zahnfabrik, Germany), Digident CAD/CAM Zirconia (Girrbach, Germany), Cercon Zirconia (Dentsply, DeguDent, Germany)를 사용하여 시편을 제작하였다.(Table I)

색조를 객관적으로 측정하기 위한 장치로 분광측색장치(Model CM-2600d, Minolta, Japan)를 이용하였다.

Table I. Materials used in the study

Ceramic Material	Code	Type	Manufacturer
In-Ceram Alumina	IA	Al ₂ O ₃	Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany
In-Ceram Zirconia	IZ	Al ₂ O ₃ 67%, ZrO ₂ 33% (weight %)	Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany
Digident CAD/CAM Zirconia	DZ	white sintering	Girrbach, Germany
Cercon Zirconia	CZ	green sintering	Dentsply, Degudent, Germany

2. 시편제작

1) 코아 제작

각 재료당 두께 0.5mm, 0.7mm로, 직경 20mm의 디스크 형태로 각 제조사의 지시에 따라 축성하거나 밀링한다. 각 두께당 10개씩 총 80개의 시편을 제작한다. 각 두께당 A1 (Vitapan shade guide) 색조를 5개, A3 색조를 5개씩 제작하기 위해 In-Ceram Alumina와 In-Ceram Zirconia는 제조사의 지시에 따라 A1 색조와 A3 색조로 유리 칩투시켰다.

2) 도재 축성

각 재료당 제조사에서 추천하는 도재를 평균 1mm 두께로 축성하였다. In-Ceram Alumina군과 In-

Ceram Zirconia군은 Vitadur alpha (Vita Zahnfabrik, Germany)를 축성하였으며, Digident CAD/CAM Zirconia (Girrbach, Germany)는 Creation ZI (Willi Geller, Baar, Swiss) 도재를, Cercon Zirconia (Dentsply, DeguDent, Germany)는 Cercon Ceram S (Dentsply, DeguDent, Germany) 도재를 축성하였다. (Fig. 1, 2)

3. 실험군의 설정

실험 시편은 In-Ceram Alumina를 IA군, In-Ceram Zirconia를 IZ군, Digident CAD/CAM Zirconia를 DZ군, Cercon Zirconia를 CZ군으로 설정하였으며, 시편 수는 군 당 20개로 설정하였다.

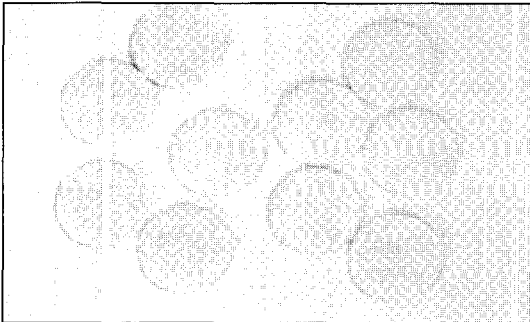


Fig. 1. 0.5mm & 0.7mm core thickness samples of A1 shade.

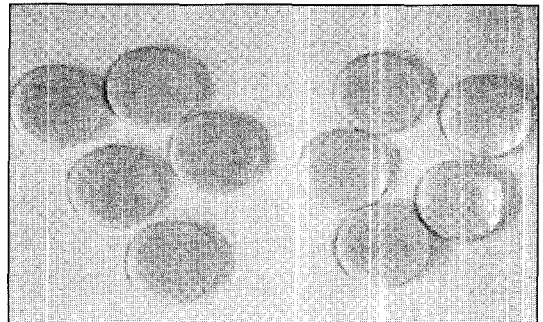


Fig. 2. 0.5mm & 0.7mm core thickness samples of A3 shade.

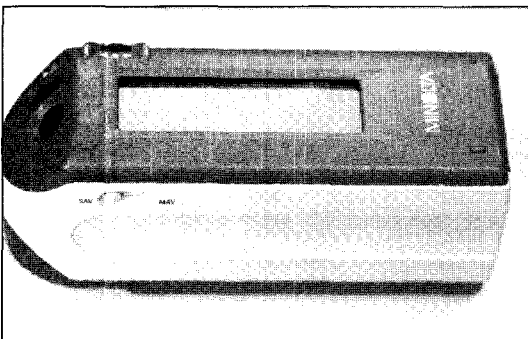


Fig. 3. Spectrophotometer (Model CM-2600d, Minolta, Japan).

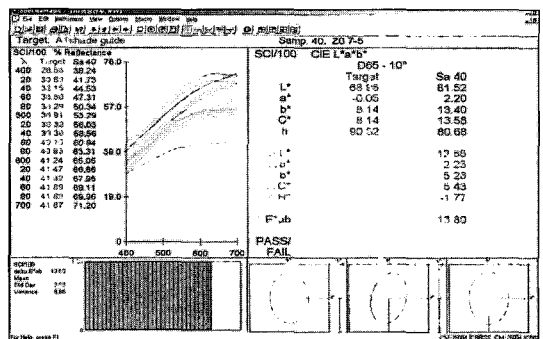


Fig. 4. Spectramagic software (CM-S9w, Minolta, Japan).

본 연구에서 사용된 분광측색장치는 Spectrophotometer Model CM-2600d (Minolta Co., Osaka, Japan)로 광원은 자외역을 대낮의 햇빛을 기준으로 하는 광원이며, CIE, ISO의 기준인 D65 (6503K) 광원을 채택하였으며, 광택이 있는 경우에 사용되는 측정 방식인 SCI 방식으로, 시야각 10°에서 측정하였다.(Fig. 3)

색조측정을 위하여 zero 교정 박스를 이용하여 zero 교정을 시행하고, 표준백색판을 이용하여 백색 조정 후, 3mm의 측정경을 시편에 밀착시켰다. 자동 평균 측정 횟수를 3회로 하여 각 시편당 서로 다른 부위를 5회 측정하여 평균값을 구하였다. 측정값은 Spectra Magic software(CM-S9w, Minolta, Japan) 소프트웨어 프로그램을 이용하여 분석하였다.(Fig. 4)

1. 군별 L* 수치 분석

A1 색조의 경우, CZ군이 가장 높고, IZ, DZ, IA 군 순서로 낮은 값을 보였다. A3 색조의 경우, A1 색조와 마찬가지로 CZ군이 가장 높은 값을 보였지만, DZ, IZ, IA군 순서로 낮은 값을 보였다. 따라서, 색조와 상관없이 CZ군이 가장 높은 값을 보여 명도가 높았으며, IA군이 가장 낮아 명도가 낮았다. (Table II, Fig. 5)

2. 군별 a*, b* 수치 분석

a*수치는 A1 색조의 경우, IZ군-CZ군-IA군-DZ군 순서로 낮은 수치를 보였으며, A3 색조의 경우, IZ군-IA군-CZ군-DZ군 순서로 낮은 수치를 보였다. 이것은 IZ군이 가장 적색의 경향을 보였음을 의미한다. (Table II, Fig. 6)

Table II. Comparison of mean value of L*, a*, b* in each group

shade	group	core thickness	L*	a*	b*
A1	In-Ceram Alumina	0.5mm	75.4266	0.4588	13.2642
		0.7mm	76.8018	0.8615	13.8276
	In-Ceram Zirconia	0.5mm	79.6255	2.5924	14.5780
		0.7mm	79.5073	2.3673	13.9564
	Digident CAD/CAM	0.5mm	77.0144	0.3305	12.4724
		0.7mm	76.6517	0.0033	12.4618
A3	Cercon Zirconia	0.5mm	82.7622	1.1442	14.8941
		0.7mm	83.5572	1.0922	15.1567
	In-Ceram Alumina	0.5mm	66.1343	3.8586	20.3504
		0.7mm	66.8977	3.6122	19.5643
	In-Ceram Zirconia	0.5mm	68.7053	5.0102	20.7143
		0.7mm	70.0511	4.8680	20.3843
Digident CAD/CAM	0.5mm	73.9533	2.5083	17.8168	
	0.7mm	74.6933	1.9802	17.6723	
Cercon Zirconia	0.5mm	78.8425	2.8343	19.0709	
	0.7mm	78.1510	3.0122	19.3022	

b*수치는 색조와 관계없이 DZ군이 가장 낮았으며, 나머지는 유사한 경향을 보였다. 즉, 황색을 나타내는 정도는 모두 유사하였지만, DZ군의 채도가 가장 낮음을 의미한다. (Table II, Fig. 7)

3. 실험 재료에 따른 ΔE*값의 분석

L*, a*, b* 수치는 3차원 색 공간의 좌표를 의미하는데 ΔE*는 두 가지 다른 색의 3차원 공간에서의 거리를 나타내는 수치이며, 색차방정식

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

($\Delta L^* = L^*_1 - L^*_2$, $\Delta a^* = a^*_1 - a^*_2$, $\Delta b^* = b^*_1 - b^*_2$)로 값을 구하였다.

In-Ceram Alumina군과 In-Ceram Zirconia 군 사이의 ΔE*값이 가장 작아 색조의 차이가 가장 적었으며, In-Ceram Alumina 군과 Cercon Zirconia군 간에는 A1 shade와 A3 shade 모두에서 큰 차이를 보였다. In-Ceram Alumina군과 Digident Zirconia 군 사이에는 A1 shade는 낮은 ΔE*값을 보였지만, A3 shade는 높은 ΔE*값을 보였다. 그러나, In-Ceram Alumina와 비교한 모든 군에서 2 이상의 ΔE*값을 나타내 육안으로 인지 가능한 색조 차이를 보였다. (Table IV)

4. 코아 두께에 따른 ΔE*값의 분석

모든 군에서 A1 색조의 경우와 A3 색조의 경우 모두 코아 두께 0.5mm와 0.7mm 두께 사이의 ΔE*값이 2 이하의 수치를 보여 육안으로 인지 가능한 색조의 차이를 보이지 않았다. (Table V)

5. 통계 분석

본 실험의 통계분석을 위해서 각 재료마다 시편간 L*, a*, b*값의 유의성을 알아보기 위하여 동의도 test⁶⁾를 이용하였다. 동의도 test 결과, 코아 두께 0.7mm인 시편 중 In-Ceram Alumina, In-Ceram

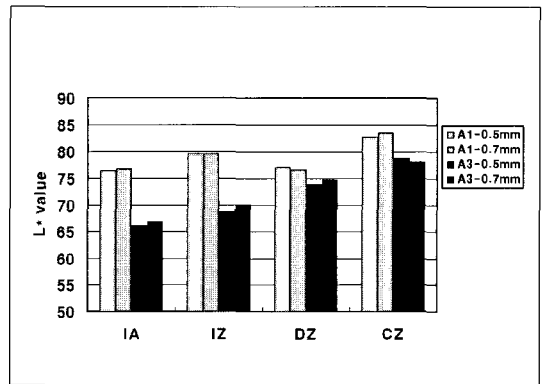


Fig. 5. Comparison of mean value of L*.

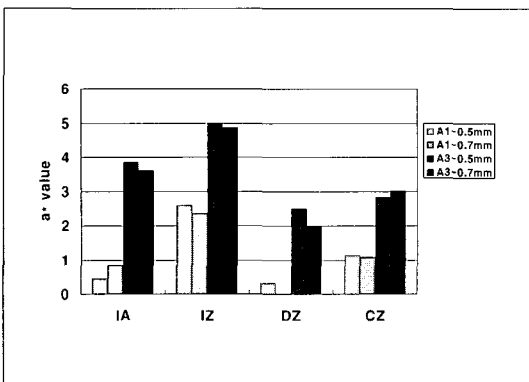


Fig. 6. Comparison of mean value of a*.

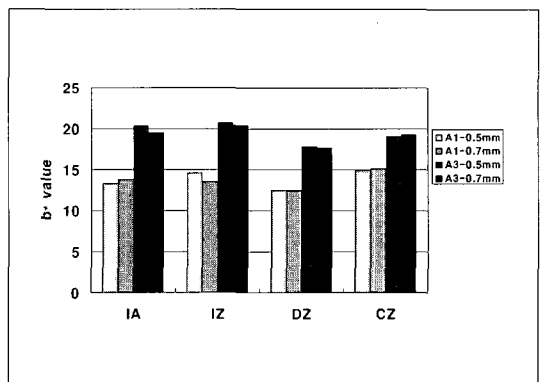


Fig. 7. Comparison of mean value of b*.

Table III. Statistical analysis of inter-rater reliability of L*, a*, b* within each group

shade	group	core thickness	L*	a*	b*
A1	In-Ceram Alumina	0.5mm	0.615095	0.992831	0.706612
		0.7mm	-0.31527	0.981775	0.694595
	In-Ceram Zirconia	0.5mm	0.63827	0.986573	0.873185
		0.7mm	0.314698	0.988437	0.95135
	Digident CAD/CAM	0.5mm	0.610022	0.995546	0.782317
		0.7mm	0.849622	0.99609	0.926697
	Cercor Zirconia	0.5mm	0.821418	0.986985	0.956366
		0.7mm	0.7979	0.938214	0.791764
A3	In-Ceram Alumina	0.5mm	0.974095	0.985632	0.991395
		0.7mm	-2.04861	0.956275	0.946706
	In-Ceram Zirconia	0.5mm	0.940917	0.975718	0.667196
		0.7mm	-0.40586	0.957455	0.757141
	Digident CAD/CAM	0.5mm	0.962326	0.978049	0.985125
		0.7mm	0.866696	0.992187	0.980774
	Cercor Zirconia	0.5mm	0.837399	0.989434	0.913173
		0.7mm	0.691487	0.988973	0.843166

< 0.5 : 동의도가 거의 없음. > 0.5 : 어느 정도 유의한 동의도를 가짐.

> 0.7 : 동의도가 높음. > 0.9 : 매우 동의도가 높음.

Table IV. ΔE^* value between IA group & other groups

group	shade	core thickness	ΔE^*
IA&DZ	A1	0.5mm	4.89
		0.7mm	3.10
	A3	0.5mm	2.84
		0.7mm	3.49
IA&DZ	A1	0.5mm	1.78
		0.7mm	1.62
	A3	0.5mm	8.33
		0.7mm	8.19
IA&CZ	A1	0.5mm	7.55
		0.7mm	6.89
	A3	0.5mm	12.81
		0.7mm	11.27

Zirconia 군에서 동의도가 거의 없어(< 0.5) 동일 군내에서 시편간 유의차가 있었으며, 색조 재현성이 낮았다. 0.7mm 두께 중 Digident Zirconia군과 Cercor Zirconia 군에서, 그리고 0.5mm 두께의 경우는 모든 재료에서 유의차가 없어 색조 재현성이 높았다. (Table III)

Table V. ΔE^* value between core thickness of 0.5mm & 0.7mm

shade	group	ΔE^*
A1	IA	1.54
	IZ	0.67
	DZ	0.49
	CZ	0.84
A3	IA	1.12
	IZ	1.39
	DZ	0.92
	CZ	0.75

IV. 총괄 및 고안

상실되고 손상된 치아의 회복시 자연치와 유사한 심미성을 얻기 위하여 금속-도재관이 사용되어 왔으나, 금속 변연의 노출, 치은 조직의 착색, 투명도의 감소 등과 같은 심미적 문제가 제기되어 왔다. 1980년대부터 사용되기 시작한 alumina core는 심미적 문제를 해결할 수 있었지만 최근에는 부하를 많이 받는 구치부에까지 심미적 욕구가 증가됨에 따라

In-Ceram Zirconia가 개발되어 사용이 증가되고 있다. 그러나, 현재 zirconia의 물리적 성질에 대한 연구는 많이 진행되고 있지만 심미성을 좌우하는 색조에 대한 보고는 부족한 실정이다.

색을 측정하는 방법에는 시각적 측정 방법인 정성적 방법과 기계에 의해 측정하는 정량적 방법이 있다.⁷⁾ 기존의 기성 shade guide를 기준으로 술자가 비교 대조하여 선택하는 방법은 주관적이며 조건동색현상(metamerism) 등의 영향을 받을 수 있다. 따라서, 색 차이의 객관적 평가를 위하여 색 차이를 정량화 할 수 있는 기계가 필요하여 3자극 색체계(tristimulus colorimeter)와 분광측색장치(spectrophotometer)가 개발되었다.^{4,8-10)} 기성 shade guide 등을 이용한 색조 선택 방법이 임상에서 가장 많이 사용되고 있지만¹¹⁾ Paul 등¹²⁾은 육안에 의한 색조 평가의 재현성이 26.6%인데 반하여 분광측색장치를 이용한 색조의 평가시 재현성이 83.3%로 더 높다고 하였다.

일반적으로 사용되는 표색계(color order system)에는 Munsell 시스템과 CIE L*a*b* 시스템이 있다. Munsell 시스템은 미국의 미술교사인 A.H. Munsell에 의해 창안된 것으로 색상, 명도, 채도의 3가지 변수에 의해 3차원 좌표로 표현해 색을 정의한다. 이는 표준화된 색을 이용하여 육안적으로 색을 규명하는 것이다.^{4,13-14)}

1978년에 국제 조명 위원회 (Commission Internationale de J' Eclairage)에 의해 채택된 CIE system은 측정의 결과를 L*, a*, b*로 나타낸다. L*은 명도를 나타내고 0(검정)에서 100(흰색)까지의 수치로 표현된다. a*는 적색과 녹색의 정도를 나타내고 -60에서 +80까지의 수치로 표현되며, 값이 (+)이면 적색을, (0)이면 회색을, (-)이면 녹색을 나타낸다. b*는 황색과 청색의 정도를 나타내고 -80에서 +60까지의 수치로 표현되며 값이 (+)이면 황색을, (0)이면 회색을, (-)이면 청색을 나타낸다.¹⁵⁾

두 물체간의 색차의 정도는 ΔE^* 값을 통해 나타낸다. Johnston 등¹⁶⁾은 색차가 3.7 이하이면 치과 수복 재료로 임상에서 허용 가능하다고 하였다. O'Brien 등¹⁷⁾은 ΔE^* 값이 1 이하일 경우 색의 일치가 우수하고, 2 이하일 경우 임상적으로 허용 가능하며, 3.7 이상일 경우 임상적으로 확연히 구별된다고 하였다.

미국 치과의사 협회(ADA)는 ΔE^* 값이 2일 때, 색 차이를 인지할 수 있는 기준값으로 정하였다.¹⁸⁾

지르코니아(ZrO_2)는 독특한 성질을 가지고 있는데, 외부에서 자극이 가해질 경우, 재료 자체 내에 압축응력을 주어 균열의 전이를 스스로 차단시킨다.¹⁹⁾ 지르코니아는 1170°C까지 안정된 단사정의 상(monoclinic phase)을 가지고, 그 이상의 온도에서는 정방정계의 상(tetragonal phase)으로 변형된다. 2370°C에서 녹는점인 2680°C까지는 입방형의 상(cubic phase)으로 존재한다. 외부에서 가해지는 스트레스에 의해 정방정계의 상에서 단사정의 상으로 변형이 발생하여 3-5%의 체적확장이 일어나면서 내적 스트레스가 생겨 결국 균열의 전이에 대해 재료의 저항을 증가시키는 작용을 한다. 따라서, 취성이 있는 도재에 비해 높은 파절 인성을 갖게 된다.²⁰⁾

현재 치과계에서 사용되는 지르코니아는 세 가지 형태로 존재하는데, 가장 흔히 사용되는 slip-cast 형태의 지르코니아 분말과, Celay system의 copy-milling 술식으로 제작하는 지르코니아 블록, 그리고 CAD/CAM milling시 사용하는 지르코니아가 있다. In-Ceram slip 축성 방법에 사용되는 지르코니아는 67%의 Al_2O_3 와 33%의 ZrO_2 가 혼합된 형태의 분말이다. CAD/ CAM milling 용 지르코니아는 In-Ceram용 지르코니아와 달리 제작시 유리 침윤 과정을 필요로 하지 않고, 일정한 두께의 코아를 제작할 수 있으며, 이 실험에서 사용된 Cercon Zirconia와 Digident CAD/CAM Zirconia가 이 종류에 해당된다. 이러한 여러 종류의 지르코니아가 기존의 전부도재관에 사용되던 재료보다 높은 강도를 보이는 것에 대한 많은 연구²¹⁻²⁴⁾는 진행되고 있지만 전치부의 브릿지 등에 사용되기 위해서는 심미적 특성에 관한 연구가 더 필요하리라 사료된다.

이 실험에서 사용된 지르코니아 시스템 중 In-Ceram Zirconia와 In-Ceram Alumina 사이의 ΔE^* 값이 가장 작은 것은 제조사가 동일하며 같은 시스템의 도재를 축성하기 때문인 것으로 생각된다. 이것은 Seghi 등⁶⁾의 도재의 다양한 제조사에 따라 수복물의 최종 색조가 차이를 보였던 실험과 일치하는 결과를 보인다. 또한, In-Ceram Alumina와 In-Ceram Zirconia는 Digident CAD/CAM Zirconia, Cercon Zirconia와 달리 코아 자체가 색조를 갖기 때

문에 색을 조절할 수 있는 변수가 많아질 수 있고 유리 제거 과정에서 잉여분이 잔존하게 되어 오차를 야기할 수 있다. 반면, CAD/CAM milling에 의한 시스템은 일정한 두께로 코아를 제작하는 것이 가능하며 코아의 색조 재현성을 높일 수 있다. 이러한 이유로 In-Ceram Alumina군과 In-Ceram Zirconia군의 L*, a*, b* 값이 동등도 test 결과 동등성이 없어 시편 간 유의차가 있는 결과를 보였으며, Digident CAD/CAM Zirconia와 Cercon Zirconia군은 동일 군 내에서 시편 간 유의차가 없어 색조 재현성이 높다고 볼 수 있다.

기성 shade guide의 색조를 재현하기 위해서는 최소 1.0mm의 도재 두께를 필요로 한다.²⁵⁻²⁷⁾ 따라서, 1.0mm의 투명 도재에 하부의 금속구조물이나 세라믹 코아의 두께까지 포함하면 최소 1.2~1.5mm의 치아 삭제를 필요로 한다. 본 연구에 따르면 코아 두께가 0.5mm에서 0.7mm로 증가하여도 색조 차이를 인지할 수 없으므로 치아 삭제량을 1.5mm에서 1.7mm로 증가시켜도 인지 가능한 색조 차이는 존재하지 않는다. Douglas 등²⁸⁾에 의한 연구에서는 전부 도재관의 투명 도재 두께를 1.0mm 이상으로 증가시켜도 색조의 개선을 보이지 않았다. 반면, O'Brien & Johnston 등¹⁶⁻¹⁷⁾은 불투명 도재와 body 도재의 두께가 최종 수복물의 색조에 영향을 줄 수 있다고 결론지었으며, 이 등²⁹⁾은 순금을 사용할 경우 얇은 두께의 불투명 도재로 최종 도재 수복물의 색조에 긍정적 영향을 미칠 수 있다고 하였다. Hefferman 등³⁰⁻³¹⁾은 코아와 도재가 수복물의 전반적인 투명도에 미치는 영향에 대하여 연구하였는데, 임상적으로 가능한 0.5mm 두께의 코아 두께를 가질 때, 코아의 종류에 따라 다양한 투명도를 가진다고 하였다.

In-Ceram Alumina군을 대조군으로 하여 나머지 재료들과의 ΔE^* 값을 비교하였을 때, Digident CAD/CAM Zirconia군과 Cercon Zirconia군의 경우 A1 색조에서보다 A3 색조에서 인지되는 색차이가 더 크게 나타났다. Douglas 등²⁸⁾에 의하면, A1, A2, A3 색조의 차이는 L*값에 의해 가장 많은 영향을 받는다고 하였다. 즉, 명도가 높을수록 인지되는 색조 차이가 작다.

일반적으로 지르코니아 코아를 사용한 도재 수복물은 In-Ceram Alumina나 Empress보다 심미성 면

에서는 잇점이 없는 것으로 간주되고 있지만, 지르코니아 코아는 얇은 두께로도 충분한 굴곡 강도를 가질 수 있다면 투명 도재의 두께를 증가시켜 더 심미적인 최종 수복물을 얻을 수 있을 것이다. 심미적인 도재 수복물을 제작하기 위해서는 색조의 객관적 평가를 위한 연구가 필요하며, 도재의 색조뿐 아니라 다양한 투명도에 대한 평가 또한 이루어져야 한다.

V. 결 론

본 연구에서는 현재 임상에서 사용 중인 여러 지르코니아 시스템 (In-Ceram Zirconia, Digident CAD/CAM Zirconia, Cercon Zirconia)을 In-Ceram Alumina와 색조를 비교하였다. 각 코아 재료에 따른 색조의 차이와 코아 두께를 0.5mm에서 0.7mm로 증가시켰을 경우, 이에 따른 색조의 차이를 비교했을 때 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. In-Ceram Alumina군과 In-Ceram Zirconia군의 L*, a*, b* 값은 동일 군 내에서 시편 간 유의차가 있어 색조 재현성이 낮았다.
2. 각 군 모두에서 코아 두께를 0.5mm에서 0.7mm로 증가시켜도 육안으로 인지 가능한 색조의 차이를 보이지 않았다. ($\Delta E^* < 2$)
3. 같은 색조로 수복물을 제작하여도 재료에 따른 특징적인 색조 차이를 보였으며, A1 색조보다 A3 색조에서 그 차이가 크게 나타났다.

이상의 결과로 볼 때 코아 두께의 변화에 따른 색조의 차이는 없지만 시스템마다 색조의 특성이 있어 임상에서 사용시 이러한 특성을 재료 선택시 고려하여야 하며, 각 도재 시스템마다 색조의 재현성을 위해 노력하여야 할 것이다.

참고문헌

1. Rosenblum MA, Schulman A. A review of all-ceramic restorations. J Am Dent Assoc 1997;128:297-307.
2. Pröbster L, Diehl J. Split casting alumina ceramics for crowns and bridge restorations. Quintessence Int 1992;23:25-31.

3. Surez MJ, Lozano JFL, Salido MP, Martnez F. Three-year clinical evaluation of In-Ceram Zirconia posterior FPDs. *Int J Prosthodont* 2004;17:35-38.
4. Seghi R, Johnston W, O'Brien W. Spectrophotometric analysis of color differences between porcelain systems. *J Prosthet Dent* 1986;56:35-40.
5. Kelly JR, Nishimura I, Campbell SD. Ceramics in dentistry: historical roots and current perspectives. *J Prosthet Dent* 1996;75:18-32.
6. James LR, Femaree RG, Wolf G. Estimating within-group inter-rater reliability with and without bias. *Journal of Applied Psychology* 1984;69(1):85-98.
7. Macentee M, Lakowski R. Instrumental color measurement of vital and extracted human teeth. *J Oral Rehabil* 1981;8:203-208.
8. Seghi RR. Effects of instrumental-measuring geometry on colorimetric assessments of dental porcelains. *J Dent Res* 1990;69:1180-1184.
9. Jorgensen MW, Goodkind RJ. Spectrophotometric study of five porcelains relative to the dimensions of color, porcelain thickness, and repeated firings. *J Prosthet Dent* 1979;2:96-105.
10. Seghi RR, Hewlett ER, Kim J. Visual and instrumental colorimetric assessment of small color differences on translucent dental porcelain. *J Dent Res* 1989;68:1760-1764.
11. Van der Burgt TP, ten Bosch JJ, Borsboom PC, Kortsmid WJ. Comparison of new and conventional methods of quantification of tooth color. *J Prosthet Dent* 1990;63:155-162.
12. Paul S, Peter A, Pietrobon N, Hämmerle CHF. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *J Dent Res* 2002;81(8):572-582.
13. Bangston LK, Goodkind RJ. The conversion of chromascan designations to CIE tristimulus values. *J Prosthet Dent* 1982;47:610-617.
14. Kim YH. Study on the color stability of veneer resin. *J Korean Acad Conservative Dent* 1991;16:1-5.
15. Douglas RD. Color stability of new-generation indirect resins for prosthodontic application. *J Prosthet Dent* 2000;83:166-170.
16. Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Dent Res* 1989;68:819-822.
17. O'Brien WJ, Groh CL, Boenke KM. A new, small-color-difference equation for dental shades. *J Dent Res* 1990;69(11):1762-1764.
18. Wozniak WT. Proposed guidelines for the acceptance program for dental shade guides. American dental association. Chicago. 1987:1-2.
19. Shmizu K, Oka M, Kumar P, Kotoura Y, Yamamuro T, Makinouchi K. Time-dependent changes in the mechanical properties of zirconia ceramic. *J Biomed Mater Res* 1993;27:729-734.
20. Luthardt RG, Kolzhuter M, Sandkuhl O, Herold V, Schnapp JD, Kuhlisch E. Reliability and properties of ground Y-TZP-zirconia ceramics. *J Dent Res* 2002;1:487-491.
21. Sundh A, Sjögren G. A comparison of fracture strength of yttrium-oxide-partially-stabilized zirconia ceramic crowns with varying core thickness, shades and veneer ceramics. *J of Oral Rehabilitation* 2004;31:682-688.

22. Tinschert J, Natt G, Mautsch W, Augthum M, Spiekermann H. Fracture resistance of lithium disilicate-, alumina-, and zirconia-based three-unit fixed partial dentures: A laboratory study. *Int J Prosthodont* 2001;14:231-238.
23. McLaren EA, White SN. Glass-infiltrated zirconia/alumina-based ceramic for crowns and fixed partial dentures. *Pract Periodontic Aesthet Dent* 1999;11:985-994.
24. Chong K, Chai J, Takahashi Y, Wozniak W. Flexural strength of In-Ceram Alumina and In-Ceram Zirconia core materials. *Int J Prosthodont* 2002;15:183-188.
25. Chiche GJ, Pinault A. *Esthetics of anterior fixed prosthodontics*. Chicago: Quintessence; 1994. p. 97-113.
26. Jacobs SH, Goodacre CJ, Moore BK, Dykema RW. Effect of porcelain thickness and type of metal-ceramic alloy on color. *J Prosthet Dent* 1987;57:138-145.
27. O'Brien WJ, Johnston WJ, Fanian F. Double-layer color effects in porcelain systems. *J Dent Res* 1985;64:940-943.
28. Douglas RD, Przybylska M. Predicting porcelain thickness required for dental shade matches. *J Prosthet Dent* 1999;82:143-149.
29. Lee SO, Woo YH, Choi DG, Kwon KR. Spectrophotometric analysis of the influence of metal substrate on the color of ceramic. *J Korean Acad Prosthodont* 2003;41:148-159.
30. Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part I: core materials. *J Prosthet Dent* 2002;88:4-9.
31. Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part II: core and veneer materials. *J Prosthet Dent* 2002;88:10-15.

Reprint request to:

Yi-Hyung Woo, D.M.D., M.S.D., Ph.D.
 Department of Prosthodontics, Division of Dentistry, Graduate School, KyungHee University
 #1, Hoigi-Dong, Dongdaemun-Gu, Seoul, 130-701, Korea
 yhwoo@khu.ac.kr

ABSTRACT

SPECTROPHOTOMETRIC ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF ZIRCONIA CORE ON THE COLOR OF CERAMIC

Ahran Pae, D.M.D., M.S.D., Jin Baik, D.M.D., M.S.D., Ph.D.,*
Yi-Hyung Woo, D.M.D., M.S.D., Ph.D., Hyung-Sup Kim, D.M.D., M.S.D., Ph.D.,
Dae-Gyun Choi, D.M.D., D.D.Sc.

Department of Prosthodontics, Division of Dentistry, Graduate School, Kyung Hee University

**Department of Dentistry, Asan Medical Center*

Statement of problem: Problem of matching the appearance of porcelain restorations with the patient's natural dentition has always been a concern to dental clinicians. Recently, demands for esthetics, even in restorations requiring strength, has brought a revolution to dentistry and increased use of zirconia. Among the various factors, shade and translucency of the core can significantly affect the overall esthetics of the restoration and should be considered when selecting an all-ceramic system.

Purpose: The purpose of this study was to spectrophotometrically evaluate the influence of different zirconia systems and core thickness on the final shade of all-ceramic restorations using the CIEL*a*b* system.

Material and Methods: Core specimens (n = 20 per group) of In-Ceram Alumina, In-Ceram Zirconia, Digident CAD/CAM Zirconia, Cercon Zirconia were fabricated 20mm in diameter. 10 specimens of each group were fabricated at core thickness of 0.5mm and 0.7mm. These core specimens were veneered with shade A1 & A3 porcelain of the recommended manufacturer. CIEL*a*b* coordinates were recorded for each specimen with a spectrophotometer (Model CM-2600d, Minolta, Japan). Color differences were calculated using the equation $\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{\frac{1}{2}}$.

Results:

1. Specimens of core thickness 0.5mm and 0.7mm did not exhibit clinically perceived color difference.
2. Regarding shade reproducibility, In-Ceram Alumina and In-Ceram Zirconia showed significant difference within each group.
3. Cercon Zirconia group showed the highest L* value and Digident Zirconia group showed lowest a* & b* value.
4. Generally, the shade difference between materials was higher in the A3 shade group than in the A1 shade group.

Conclusion: Within the limitations of this study, there was no color difference after increase in core thickness and every all-ceramic system has color characteristics that clinicians have to consider when selecting materials. Also, manufacturers of different porcelain systems must make every effort to achieve color reproducibility.

Key words : Zirconia core, Spectrophotometer, Shade