

표면 처리 방법에 따라 칫솔질이 IPS Empress 도재의 외부 stain에 미치는 영향에 대한 분광 측색 방법적 분석

연세대학교 치과대학 치과보철학교실

신우진 · 전영식 · 한동후

I. 서 론

지금까지 치과계에서는 자연 치아를 삭제하고 수복하는 과정 중에서 가장 안정되고 심미성을 만족하는 재료를 찾기 위하여 노력하여 왔고, 그러한 노력의 일환으로 17 세기 프랑스의 치과 의사 Pierre Fauchard에 의하여 도재가 언급된 이후, 많은 사람들에 의하여 도재의 치과 응용에 대한 연구가 이루어져 왔다⁸⁾. 1887년 Land 가 백금박 기법을 사용하여 처음으로 전부 도재관을 제작하였고, 1960년대 이후로 도재용착 주조관의 도입으로 타 수복물에 비하여 월등한 심미성과 강도의 증가를 가져왔다^{12,50)}. 그러나 금속 변연의 노출, 치은 조직의 변색, 투명도의 감소 등이 심미적 회복의 한계로 지적되었고^{2,4)}, 이를 해결하기 위하여 1980년대 이후로 전부 도재관에 대한 활발한 연구와 비약적인 발전이 이루어져 왔다³⁾.

일반적인 도재로 제작되는 전부 도재관은 만족할 만한 심미성의 증가를 가져왔으나 변연부 재현성과 파절에 대한 저항성 감소, 균열 (crack) 가능성등의 한계가 노출되었고¹²⁾, 이러한 문제점을 보완하기 위하여 여러 가지 시스템이 개발되었다^{12,21)}. In ceram(Vident Co., Baldwin Park, CA, USA)과 같이 1 - 5 μm 의 알루미늄 입자속에 유리(glass)를 침투시키는 방법이 등장하여 400 Mpa이상의 굴곡 강도의

증가를 이루었으나, 알루미나에 의한 색조의 한계로 인하여 주로 전부 도재관의 코아로만 사용되고 치아 삭제량이 많아지는 단점이 존재하였다¹²⁾. 그 이후 유리를 주조하여 결정화시키는 방법으로 Dicor(Dentsply International Inc., York, PA)와 IPS Empress(Ivoclar, Lichtenstein) 도재등이 개발되었다¹²⁾.

IPS Empress 시스템은 leucite에 의해 보강된 초자양 도재(glass ceramic)이며 강도의 증가와 좋은 변연 적합성을 갖지만¹²⁾ lost wax 기법을 사용하여 하나의 주형에 의해 주조되기 때문에 다양한 색조의 ingot이 구비되어 있더라도 완벽한 심미성의 재현을 위하여 부가적인 보완이 필요하였다. 즉 In ceram과 같이 코아위에 외벽을 부가적으로 소성시키는 layering 기법과 한번의 주조 후 표면을 외부 stain으로 처리하는 staining 기법이 사용되는데, 전치부와 같이 최대의 심미성이 필요한 경우에는 layering 기법을, 나머지 대부분의 경우에는 staining 기법을 사용한다.

Yamamoto⁵⁰⁾는 외부 stain 의 원료로는 주로 금속 색소 산화물 (metallic oxide pigments)이 사용되며 unglazed 도재 표면에 적용하여야 최대한의 색채의 변화를 가져 올 수 있다고

인 소성시 도재 색조의 변화는 없으나 glaze의 감소나 소실을 보이며 이는 도재에 함유된 flux의 소실에 의한 것이라고 보고하였고, Crispin¹¹⁾, Mulla³⁴⁾ 등은 외부 stain 후 overglaze 시 심각한 색의 변화가 있었으나 반복적인 소성시에는 별 다른 차이가 없음을 보고하였다. 이러한 외부 stain은 hairline이나 범랑질 및 절단부 균열의 표현 등의 자연치에 근접한 심미성을 부여하였으나^{32, 47)}, 칫솔질에 의한 마모나 구강내 타액 산도 등에 영향을 받는 문제점을 가지고 있었다¹¹⁾.

이처럼 색을 인지하고 판단하는 방법에 있어서 주관적인, 개인적 평가가 가장 쉬운 방법이나 색을 구별하는 능력이 개인마다 다르고 빛의 상태에 따라 색의 인식에 변화를 가져오는 등의 많은 오차를 초래할 수 있다⁴²⁾. 따라서 좀더 객관적인 평가를 위하여 색을 분류하고 색차를 양적으로 분류할 수 있는 체계가 필요하게 되었고, 잘 알려진 방법중의 하나가 먼셀 색채계(Munsell color order system)인데 이는 색의 3속성인 색상, 명도, 채도를 기본으로 각각 번호나 기호로 분류시킨 색표를 사용해서 물체의 색과 색표를 눈으로 비교해서 표현하는 방법이다. 연구 목적으로 더 자주 사용되는 색채계가 1978년 국제 조명 위원회(Commission Internationale de J'Eclairage)에 의해 개발되었는데 이는 CIE 색채계로 불리며 L*, a*, b*의 3가지 빛의 속성을 사용하여 나타내는 방법이다²⁴⁾.

이와 같이 색을 표시하고 양적으로 구분한 후, 서로 다른 물체의 색을 비교하고, 평가할 수 있는 여러가지 방법이 사용되었으나, 빛의 종류나 개인적인 인식의 차이 등에 의하여 평가에 어려움을 겪어 왔다^{13, 14, 23, 25)}. 이러한 개인의 피로도, 나이, 감정 상태, 조건동색(Metamerism) 등의 시각적 오차를 제거할 수 있는 객관적인 방법으로 자격치 직독 방법(tristimulus

method)과 분광 측색 방법적 분석(spectrophotometric analysis)이 발전되었다^{41, 42, 43)}. Seghi 등⁴¹⁾은 여러 종류의 도재의 색차를 알기 위하여 분광 측색 분석을 사용하였는데 그 원리는 서로 다른 색의 분광 반사율을 측정하여 이를 숫자로 환산한 것이었고 계속적인 연구를 통하여 여러 photometric 장치를 평가하였으며 도재 표면의 색채 측정에 있어서 자격치 직독 색채계(tristimulus colorimeter)가 가장 효과가 뛰어나며, 측정의 정확도는 사용된 기구와 측정되는 재료의 표면 상태에 따라 차이가 있음을 발표하였다⁴²⁾.

지금까지 도재의 외부 stain 후 칫솔질에 의한 영향에 대해 많은 연구들이 있어 왔으나 최근 많이 사용되는 IPS Empress 시스템에 대한 연구는 미미했으므로 본 연구에서는 IPS Empress 도재의 외부 stain 전에 여러가지 다른 표면 처리(5%, 10% 불산 처리, 50 μ m, 250 μ m 알루미나 sandblasting 처리)에 의한 표면 거칠기의 차이가 장기적인 칫솔질시 색조에 미치는 영향을 분광 측광기(spectrophotometer)를 사용하여 정량적으로 비교해 보고자 하였다.

II. 실험 재료 및 방법

가. 실험 재료

시편으로는 IPS Empress 도재(Ivoclar Co., Liechtenstein)를 사용하였고, 외부 stain 전에 산 부식법에 의하여 시편의 표면 거칠기를 형성하기 위하여 5%, 10% 불산(hydrofluoric acid)을 표면 처리 약제로 사용하였으며(표 1), 기계적으로 표면 거칠기를 부여하기 위하여는 50 μ m, 250 μ m의 알루미나 입자를 사용하였다.

나. 실험 방법

1. 시편 제작

가로, 세로, 두께가 각각 5×5×2.5 mm인

표 1. 본 실험에서 사용된 표면 처리 약제

시약	상품명	제조 회사
5% 불산	IPS Ceramic Etching Gel	Ivoclar, Liechtenstein
10% 불산	Porcelain Etchant Gel	BISCO INC, IL, U.S.A.

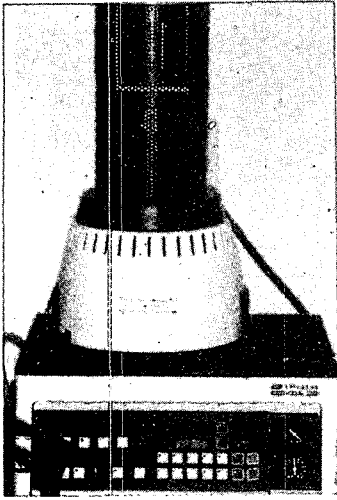


그림 1. 도재 시편 제작에 사용된 EP500 press furnace

wax sheet를 50개 제작한 후, IPS Empress 용 매물재(IPS Empress special investment material & liquid)를 사용하여 제조 회사의 지시 대로 매물하였다. 혼수비는 매물재 100g에 용액 21ml이었고 진공하에서 1 분간 혼합하였다. 이것을 제조 회사의 지시에 따라 전열처리 소

성로에서 전열처리 시킨 후 staining용 ingot을 위치시킨 다음 EP500 press furnace에서 압축 시켰다(그림 1). 그후 50-100 μ m의 polishing bead를 사용하여 매물재를 제거하고, 다이아몬드 디스크로 주입선을 제거 후 스톤 포인트로 최종 처리하고 120grit 연마지로 표면을 균일하게 다듬고 최종적으로 초음파 세정기에 5분간 세척하였다.

2. 시편의 분류

50개의 시편을 각 10개 씩 5개의 군으로 분류하였다(표 2).

(1) 대조군

표면 처리과정을 거치지 않고 glazing & staining liquid 2(thick consistency)와 blue stain paste를 동등한 비율로 혼합한 후 staining 소성하고 이를 3회 반복하였다. 그후 glazing & staining liquid 2와 glazing paste를 동등한 비율로 섞은 후 표 3과 같이 2회 glazing 소성하였다.

(2) 1 군

5% 불산 부식액(IPS Ceramic Etching Gel)에 1 분간 시편을 담근 후 증기 세척기로 1분간 세척하고, 그후 초음파 세척기로 10분간 세척한

표 2. 본 실험에서 제작된 시편의 분류

실험군	표면처리	시편 수
대조군	비 처리	10
1	5% 불산 처리	10
2	10% 불산 처리	10
3	50 μ m 알루미나 처리	10
4	250 μ m 알루미나 처리	10

표 3. Staining 과 Glazing 소성의 주기

	staining 소성	glazing 소성
Start	400 $^{\circ}$ C	500 $^{\circ}$ C
Predry	4 분	6 분
Vacuum release	559 $^{\circ}$ C	880 $^{\circ}$ C
Final temperature	860 $^{\circ}$ C	879 $^{\circ}$ C
Cooling temperature	9 $^{\circ}$ C	0 $^{\circ}$ C
	0 $^{\circ}$ C	0 $^{\circ}$ C

후 대조군과 같이 staining을 시행하였다.

(3) 2 군

10% 불산 부식액(Porcelain Etchant Gel)을 이용하여 1군과 같은 방법으로 시행하였다.

(4) 3 군

50 μ m의 알루미나 입자를 0.24MPa(35 psi) 압력으로 전체 시편 표면이 하얀 백목상을 보일 때까지 분사한 후 증기 세척기로 1분간 세척하였고, 그후 초음파 세척기로 10분간 세척한 후 대조군과 같이 staining을 시행하였다.

(5) 4 군

250 μ m의 알루미나 입자를 이용하여 3군과 같은 방법으로 시행하였다.

3. 칫솔질 시행 및 분광 측광기에 의한 측정

각 군의 시편을 resin block에 위치시키고 부가 중합형 고무인상재(Exafine, GC Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 착색된 면을 위로 하여 고정시킨 후(그림 2), 칫솔질 기계인 Speed control unit (Oriental motor, Tokyo, Japan)에 고정하였다. 이 기계는 전기 모터를 이용한 도르래에 의해 전, 후방 운동을 하게 되어있고(그림 3), 1초당 5회의 칫솔질을 하도록 기계를 조정하여 시간당 18,800회의 칫솔질을 시행하였다. resin block이 고정된 통 안에는 50gm의 증류수와 50gm의 치약을 섞어 현탁액 상태로 유지시켰다. 칫솔은 Tandex 44 (VAREFAKTA, ISO 8627 medium brush, Denmark)를 사용하였고, 치약은 럭키 치약 후레쉬(엘지화학, 한국)를 사용하였다. 1회 칫솔질시 20회의 수평운동을 가정하여 하루에 2회 칫솔질할 경우

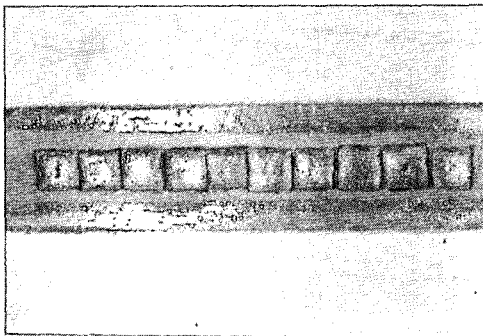


그림 2. Resin block에 고정된 시편들

1년에 14,600회의 운동을 하게 되고 각 2년, 4년, 6년, 8년 치(29,200회, 58,400회, 87,600, 116,800회)의 칫솔질 운동을 시행하였으며, 450 mg의 압력으로 칫솔질을 시행하였다.

칫솔의 교환 시기를 3개월로 생각하고 전체 치아를 4등분 후 다시 협측면과 설측면으로 나누었을 경우, 이 실험에 사용된 시편의 면적은 총 면적의 1/8 에 해당하므로 실제 솔의 교환 시기는 24 개월, 즉 29,200회 마다 교환하였다. 칫솔질 시작 후 1시간 36분(2년에 해당)마다 시편을 resin block에서 제거하여 분광측광기(Spectrophotometer CM- 3500d, MINOLTA, Tokyo, Japan)를 사용하여 각 시편당 3회씩 관찰하였고, 이의 평균값을 채택하였다(그림 4). 측정경은 3mm를 사용하였으며, 조명 수광 광학계는 d / 8, SCI 선택을 사용하였다. stain의 변화를 측정하기 위하여 C I E L*a*b*(CIE-

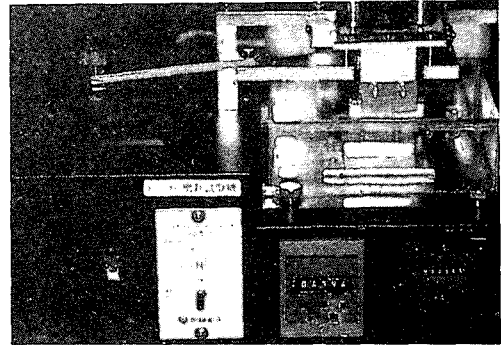


그림 3. Speed control unit로 칫솔질 시행

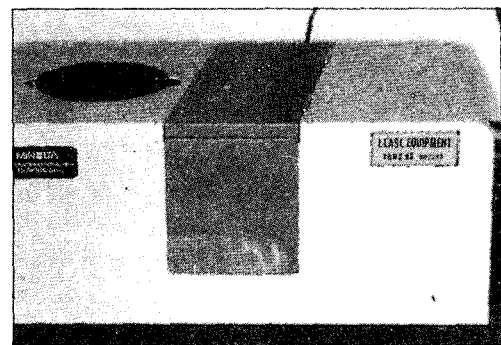


그림 4. 분광 측광기로 각 시편의 L*, a*, b* 값 측정

LAB)시스템을 이용하여 각 시편의 상대적 반사율(relative reflectance, d/8)을 통해 L*a*b* 값을 측정하고 또한 mean color difference value (ΔE)를 측정하여 각 29,200회, 58,400회, 87,600회, 116,800회의 칫솔질 후 색채 변화를 통계적으로 분석하였다.

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

4. 통계 분석

(1) One Way ANOVA With Tukey test

29,200회, 58,400회, 87,600회, 116,800회(각 2년, 4년, 6년, 8년치의 칫솔질에 해당)의 칫솔질 후 각 군 사이에서의 ΔE 의 변화를 알기 위하여 One Way ANOVA 검정을 시행하였으며, 다중 비교인 Tukey검정을 시행하였다.

(2) 각 군 내에서의 ΔE 의 시간에 따른 변화를 비교하기 위하여 Repeated Measures ANOVA 검정을 시행하였다.

통계 처리 프로그램으로는 SAS 6.04 통계 패키지를 사용했다.

III. 실험 성적

가. 각군의 L*, a*, b*의 평균값의 변화 (표 4)

나. 각 군의 ΔE 의 평균 과 다른 군 간의 비교

모든 군에서 29,200회의 칫솔질 후 색 차이가 심하게 나타났으며 이후 116,800회의 지속적인 칫솔질시 각 군에서의 색 차이의 변화는 통계

표 4. 각 군의 시간별 L*, a*, b* 값의 변화량

	대 조 군			1군			2군			3군			4군		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
시작	40	4.9	-29.4	40.8	4	-28	41.1	3.8	-23.6	40.8	2.57	-24.7	40	4.9	-31.3
29,200회	39.3	5.4	-30	40.8	4.3	-28.3	41.7	3.6	-23.4	41.7	2.26	-24	40.2	4.7	-31.3
58,400회	39.2	5.4	-30	40.9	4.3	-28.2	41.6	3.9	-23.7	41.3	2.33	-24.4	39.5	5.1	-31.4
87,600회	39.3	5.3	-29.8	40.9	3.9	-28.3	41.5	3.7	-25.6	41.7	2.19	-24	40.3	4.8	-30.8
116,800회	39.4	5.3	-29.9	40.7	4.1	-28.6	41.9	3.4	-24.7	41.5	1.81	-24	39.8	5.1	-31

표 5. 각 군의 ΔE 의 평균 값

	29,200회 후의		58,400회 후의		87,600회 후의		116,800회 후의	
	ΔE 의 평균	m(\pm SD)	ΔE 의 평균	m(\pm SD)	ΔE 의 평균	m(\pm SD)	ΔE 의 평균	m(\pm SD)
대조군	2.508	(\pm 1.661)	2.315	(\pm 1.697)	2.225	(\pm 1.744)	2.120	(\pm 1.156)
1 군	3.488	(\pm 2.401)	3.673	(\pm 2.558)	3.992	(\pm 1.950)	3.866	(\pm 2.095)
2 군	3.089	(\pm 2.154)	2.899	(\pm 2.799)	3.383	(\pm 2.607)	3.576	(\pm 2.583)
3 군	1.207	(\pm 0.674)	0.803	(\pm 0.954)	1.175	(\pm 0.739)	1.440	(\pm 1.476)
4 군	1.181	(\pm 1.261)	2.105	(\pm 1.471)	1.136	(\pm 1.138)	1.481	(\pm 1.843)

* Statistically significant p<0.05

** Statistically significant p<0.01

각 군 내에서 ΔE 의 시간별 비교에서는 p<0.05 level 에서 유의차가 없었다.

학적으로 유의차가 없었고($p>0.05$), 각 칫솔질 수에 따른 군 별의 ΔE 의 비교에서는 29,200회, 58,400회, 87,600회, 116,800회 시 1군과 3군 사이에 통계학적으로 유의차가 있었으며($p<0.05$), 87,600 회시에는 1군과 4군 사이에도 통계학적 유의차가 있었다(표 5). ($p<0.01$)

IV. 총괄 및 고찰

이상적인 심미성의 재현을 목적으로 등장한 전부 도재관은 계속적인 연구 개발로 인해 강도면에서도 이전의 도재 융착 구조관과 버금가는 시스템이 등장하였고^{8,18,21,29,44)}, 구치부 및 3분 계속 가공의치의 사용도 가능하여졌으나 강도가 증가할 수록 심미성의 저하가 나타나는 단점을 가지고 있었다³⁰⁾. 따라서 강도와 심미성을 적절히 공유하는 전부 도재관의 연구가 계속되고 있고, IPS Empress의 경우에도 굴곡 강도는 160~180 MPa 정도로 주로 전치부의 단관이나 구치부의 inlay, onlay 등에 제한적으로 사용되고 있으나 기존의 알루미늄이나 코아를 사용하는 전부 도재관보다는 향상된 심미성을 가지고 있고 layering 기법에 의해 보다 자연스런 심미성을 부여할 수 있다^{12,15)}. 그러나 가공 과정이 복잡하여지고 시간이 많이 소요되는 문제로 구치부나 심미성이 많이 요구되지 않는 부위에서는 staining 기법을 사용하게 되는데 이때 사용되는 ingot은 T₁, T₂, O₁, O₂의 4가지 기본 색조이며 심미성의 완성은 주로 외부 stain으로 표현되게 된다.

이러한 외부 stain은 자연치의 섬세한 색조의 표현과 개성화(characterization)에 있어서 필수 불가결한 기법이나²²⁾, Yamamoto⁵⁰⁾는 stain이 일반 도재에 금속 산화물과 융점을 낮추기 위해 flux를 섞기 때문에 장기적인 칫솔질이나 구강 내 용해등에 의하여 제거될 가능성과 치은 변연 부위에서 치주 질환을 야기할 수 있는 문제등의 외부 stain에 대한 안정성에 의문을 제기하였고, 이를 해결하기 위해서는 도재를 층별로 소성하여 내부에 stain하는 방법을 제시하였다. 한편 외부 stain의 안정성에 대하여 Bativala등⁴⁾은 8.5년까지, Aker등²⁾은 10~12년까지 변색이 없음을

을 보고하고 있으나 이는 주로 육안에 의한 판단이거나 현미경적인 소견에 의한 것이었다. 또한 일반 도재의 사용으로 staining시 overglazing을 막기 위해 소성 횟수가 2회 이하로 제한되었는데 IPS Empress시스템의 경우 3회에서 5회의 staining 소성 후 2회의 glazing 소성을 하게 되므로 이런 경우의 외부 stain의 안정성에 대하여 분광 측색학적으로 객관적인 연구를 하여볼 가치가 있다.

본 실험에서 칫솔질 횟수의 계산은 1년에 20회씩 하루에 2번으로 산정하여 1년에 14,600회를 시행하도록 설정하였는데 Aker등²⁾은 하루에 2번, 1년에 22회를 가정하여 1년에 16,000회를 사용하였고 Bergvall등⁵⁾은 1년에 14,000회, Heath등²²⁾은 1년에 20,000회를 제시하였다. 칫솔질의 횟수나 칫솔질시 가해지는 압력, 칫솔모의 강도, 치약 속의 마모제의 포함정도등도 고려해 보아야 하는 데, Aker등²⁾은 칫솔질시 가해지는 압력은 450gm를 사용하였고 Bergvall⁵⁾, Victorin⁴⁸⁾등도 450gm을 사용하였으며 Bativala등⁴⁾은 250gm을 추천하였다. 칫솔은 정상 성인에게 권장되는 중간 정도의 강도를 선택하였으며 치약의 선택에 있어서는 불소에 의한 영향을 배제하기 위하여 특수 치약이 아닌 시중에서 사용되는 일반 치약을 선택하였다. 잇몸질환이 점차 증가하고있는 추세 속에서 횡마법보다는 바스법이 권장되고 있고, 이러한 횡적인 움직임의 수직적인 움직임으로의 변화 또한 고려되어야 하는데 본 실험에서는 칫솔질 기계 자체가 진동이나 수평적인 운동을 재현할 수 없었으므로 앞으로 이 점에 대한 보완이 필요하리라고 생각된다.

칫솔질 후 색차의 변화를 알아보기 위해서 분광 측광기를 사용하여 각 시편의 L*, a*, b*값을 측정하고 이를 기준으로 ΔE 를 구하였는데 이런 CIELAB 시스템에서 L*은 빛의 밝기를 나타내고 문셀 표색계의 명도에 해당하며, 완전 흰색부터 완전 검정까지 100단계로 나누어져 있고, a*와 b*는 색상과 채도에 대응되는 변수로 a*는 문셀 표색계에서 적색-자주-파랑-녹색의 축에 해당하고 b*는 노랑-자주-파랑의 축에 해당하게 된다²⁴⁾. 양의 a*값은 적색의 정

도를 나타내고, 음의 값은 개별의 색의 녹색의 정도를 나타내며, 양의 b^* 의 값은 노랑색의 정도를 나타내고, 음의 값은 파랑의 정도를 나타낸다^{13, 14, 23, 26}). 이러한 시스템 하에서 두 물체의 색차를 객관적으로 판정하는 방법으로는 자격치 직독 방법과 분광 측색학적 방법이 있는데^{41, 42, 44}), 자격치 직독 방법은 사람의 눈에 대응하는 분광 감도와 거의 같은 감도를 갖는 3개의 sensor에서 시료를 측정하여 직접 '3 자격치'라고 부르는 x , y , z 의 3 가지 값을 측정하는 방법이고 분광 측색 방법은 복수의 sensor로 시료로부터 반사되는 빛을 분광하고 각 파장마다의 반사율을 측정하여 그 자료를 기초로 계산하여 3 자격치 x , y , z 의 3개의 값을 연산하고 다시 L^* , a^* , b^* 로 수치화 하는 방법이다. 자격치 직독 방법은 주로 색체계(colorimeter)에서 적용되며 표준광 D65 와 표준광 C 중 한가지의 측정용 조명 광원하에서 색채치의 측정이 가능한 반면 분광 측색학적 방법을 사용하는 분광 측광기는 표준광 A, F 6, F 8, F 10, F 2, F 7 등의 많은 조명 광원의 자료를 내장하고 있어서 광원에 따른 색차의 오차를 제거 할 수 있다³⁹). Seghi⁴¹)에 의하면 색을 평가하는 분광 측색적 방법은 여러 종류의 오차를 수반할 수 있고 조직적인 오차와 확률 오차(systemic error & random error) 로 나뉘질 수 있는데, 조직적인 오차는 주로 기계의 정밀도에 영향을 미치고 이는 주로 부정확한 기준값 조정(calibration)기술이나 필터의 설계, 기하학적인 변이등에 원인이 있으며 쉽게 찾아낼 수 없지만 측정의 정밀도에 큰 영향을 미친다고 한다. 확률 오차는 기구의 재현성에 영향을 미치며 시편을 정확히 제작하고 위치시키며 적절한 통계적 처리로 감소시킬 수 있다고 하며, 이는 기구의 편이, 극화(polarization), 시편의 제작 방법 및 위치 선정 등에 원인이 있다고 하였다^{6, 7, 10, 25, 26}). 본 실험에서도 확률 오차를 감소시키기 위하여 시편의 제작시 균일한 두께와 넓이를 갖도록 하였고 분광 측색기에 위치시킬때도 항상 같은 위치에 유지되도록 고안하였으며, 본 실험에서 사용된 분광 측광기는 SCI 기능을 가지고 있어서 표면 상태, 즉 표면의

거칠기에 의한 측정시의 오차는 감소되었다고 사료된다.

전체적인 ΔE 의 변화를 살펴보면 29,200회의 칫솔질시 각 군에서 색 차이가 심하게 나타났고 그 이후 116,800회까지는 통계학적으로 색 차이의 변화가 없었는데 이는 glazing의 영향으로 생각된다. IPS System에서는 3회 이상의 staining 소성과 2회의 glazing 소성을 시행하도록 되어있는데 glazing paste 자체가 불투명한 회백색을 가지고 있기 때문에 이 glazing층의 제거 정도에 의하여 색의 변화에 오차를 가져올 수 있으리라 사료 된다. Crispin등¹⁹)에 의하면 시판되는 도재 stain 재료들 중 대부분이 glazing후 색의 심각한 변화가 있음을 분광 측색 분석을 통하여 발표하였으며, 특히 오렌지 stain과 노랑 stain의 색상이 가장 큰 변화를 나타내었다고 보고하였다. Mulla³⁴)도 비슷한 실험을 통하여 stain과 autoglazing후 색의 변화가 심함을 보고하였는데 blue stain이 가장 큰 변화를 나타냈지만, 반복적인 소성시에는 유의할만한 색의 변화를 나타내지 않았고 staining후 glazing한 경우와 staining & glazing paste를 섞어서 소성한 경우는 색의 변화를 나타내지 않았다고 보고하였다. 본 실험의 예비 실험에서도 칫솔질의 효과없이 stain 소성과 glazing 소성 후의 ΔE 의 값의 변화가 2.05 ± 1.69 로서 대조군과 비슷한 결과를 나타냈다. 따라서 모든 군에서 29,200회의 칫솔질 후 glazing층이 제거되어 색의 변화가 커졌다가 계속적인 칫솔질에 의해 stain층이 제거되며 ΔE 값이 점차 감소된 것이라고 추측할 수 있고, 본 실험에서의 blue stain이외의 다른 색조를 사용했을 경우 29,200 회 후의 색 차이가 어느정도 감소했을 것으로 생각할 수 있다.

같은 칫솔질 횟수에서 각 군간의 ΔE 의 값을 비교해보면 1 군과 3 군 사이에 유의차가 있음을 알 수 있는데 이는 도재 표면을 5% 불산 처리한 군이 50 μ m 알루미늄사 sandblaster 처리한 군보다 상당한 색의 변화를 가져왔다는 것을 의미한다. Phoenix³⁹)는 도재 표면을 처리하여 역동적 접촉각(dynamic contact angle)을 분석한 실험에서 다양한 도재 표면 처리시의 주사 현미경적

소견을 보고하였는데 9.5%의 불산으로 4분간 처리한 경우에는 표면이 매우 다공성이 되고 dendrite 구조를 형성하게 되어서 표면적이 가장 많이 증가한다고 하며 가끔 이런 화학적 산부식액이 표면을 오염시키는 침전물을 남길 수 있다는 내용을 언급하고 있고, 50 μ m의 알루미늄 입자를 0.24 MPa의 압력으로 분사한 경우에는 각진 형태를 나타내며 이는 알루미늄 입자가 도재의 기질과 부딪혀서 형성된 것이고, 따라서 이처럼 날카롭고 불규칙한 부위는 응력의 집중으로 깨지기가 쉽다고 하였다. 본 실험에서도 이와 유사하게 3, 4군이 유의차 없이 비슷하였으며, 대조군보다 적은 ΔE 값을 가지게 된 데에는 도재 표면의 불규칙한 부분 사이로 금속 산화물(metallic oxide)의 침전과 glazing paste의 침전이 일어나 소성시 균일한 용화가 일어났기때문으로 생각되어지며³²⁾, 1, 2군의 경우는 다수의 pore와 dendrite의 형성으로 금속 산화물이 깊이 침투하게 되고 상대적으로 인접 표면보다 농도가 증가하여 얇게 용화된 glazing층이 벗겨져 나가면서 ΔE 값이 크게 증가된 것으로 사료된다. 116,800회의 칫솔질 후에도 높은 ΔE 값을 갖는 이유로는 깊은 pore 안에 존재하는 금속 산화물들이 완전히 제거되지 않은 것으로 생각되며 아마도 이러한 pore들이 완전히 제거될 정도의 칫솔질시 다시 상당한 양의 ΔE 의 변화가 있을 것으로 예상된다. 또 한가지 예상되는 오차의 원인으로는 도재층에 남아있는 오염된 침전물이 금속 산화물이나 glazing paste의 침전과 용화를 방해하는 것인데, 실제로 불산으로 표면처리후 첫 번째 소성시 표면에 육안으로 관찰할 수 있는 작은 수포들을 보이는 시편들이 있었고 이것들이 바로 오염된 침전물에 의한 것이라고 예상할 수 있다.

모든 군에서 통계학적 유의차는 없었지만 대조군에서만 ΔE 값이 감소하는 경향을 보였고, 1, 2, 3, 4군에서 2, 4, 6년치의 칫솔질시 일정하게 증가나 감소 없이 불규칙한 형태를 나타내는 것은 3회의 staining 소성에 영향을 받는듯하다. Staining paste 와 liquid를 섞는 비율을 항상 같이 유지하도록 노력하였으나 pa-

ste와 liquid가 완전히 혼합되어 균질한 상태를 눈에 의하여 판단할수 밖에 없었으므로 1회, 2회, 3회 의 staining시 어느 정도의 색 차이가 나타날 가능성이 존재하였다. 따라서 29,200회에서 58,400회의 칫솔질시 첫 번째나 두 번째의 stain층이 제거될 경우 ΔE 값이 불규칙하게 변화될 수 있을 것이다. 즉 29,200회에서 58,400회의 칫솔질시 glazing층과 일부의 stain층이 이미 제거되고 있다고 예상할수 있는데 불산이나 알루미늄으로 전 처리된 거친 표면이 노출될 경우 상대악 치아의 마모나 인접 치주 조직에 대한 영향 등에는 계속적인 관찰이 필요하다고 사료된다.

ΔE 값의 해석에 대하여 Crispin¹¹⁾은 ΔE 값이 2일 때를 육안으로 식별 가능한 기준점으로 삼아, 2 이상인 경우는 식별 가능한 상당한 색의 변화가 존재한다고 주장했고, Seghi는 인간의 색 감각은 피로도, 나이, 감정 상태 등에 의하여 제한 받지만^{23,26)}, 2개의 물체의 색 차이를 인지하는 능력은 매우 높아서 아주 작은 색 차이도 감지 할 수 있다고 하였다. 하지만 이 색 차이의 양과 정도를 구분하는 능력은 전문가와 비전문가 사이의 차이가 크다고 하였고⁴²⁾, 23명의 치과 의사와 4명의 기공사의 시각적 측정과 색 체계(colorimeter)에 의한 측정을 비교해 보는 실험에서 ΔE 값이 2 이상인 경우 모든 관찰자들이 색 차이가 난다고 올바르게 판정했으며, 2 이하일 경우에는 판정에 오차가 존재했다고 발표하였다. 즉 숙련가에 있어서 색 차이를 인식할 수 있는 ΔE 의 판정값은 2라고 해석하였다⁴³⁾. O'Brien³⁸⁾은 ΔE 의 값이 1 이하일 경우 우수하고(excellent), 2 이하일 경우 임상적으로 받아들여질만하며, 3.7 이상일 경우에는 임상적으로 눈에 의해 확연히 구별될 수 있다고 하였고, Goldstein¹⁹⁾은 ΔE 의 차이가 0.4 이상만 돼도 고도로 숙련된 인간의 눈에 의하여 색차를 구별할 수 있다고 말하였다. 미국 치과 의사 협회(ADA)는 ΔE 값이 2 일 때를 색차를 구별 할 수 있는 기준값으로 규정하고 있다⁴⁹⁾. 본 실험에서 약 8년간 칫솔질했을 때의 색차를 ADA의 기준에 의해 판단한다면 50 μ m, 250 μ m 알루미늄 처리시에만 칫솔질에 의한 색차의 영향이

없음을 알 수 있다. 물론 외부 stain의 변색 원인을 칫솔질에 의한 것만으로 판단할 수는 없고, 타액의 구성 성분, 치은 열구액, 음식물에 의한 마모 작용등의 타 요소들을 고려해야 하며, 임상적으로 변색을 자각하는 사람은 보철물을 착용하고 있는 환자이며, 이들이 색차를 민감하게 감지할 수 있는 전문가가 아니라라는 점도 고려해볼 만하다.

각 군에서 116,800회의 칫솔질시 시간에 의한 색 차이는 없었으며($p>0.05$), 이는 칫솔질에 의한 영향보다는 도재의 표면 처리에 의한 영향이 더 크다는 것을 의미하고, 앞에서 언급한 바와같이 이것은 glazing층이 어느 정도 staining층을 보호하고 이 층이 제거된 후 3층의 staining 층이 서서히 제거되기 때문인 것으로 생각된다. 보통의 도재의 경우 계속적인 glazing시 도재 표면이 overglazing되면서 형태가 무너져 내리거나 예각 부분이 둥글어지는 부작용이 있을 수 있으나^{12,39)}, Empress의 경우에는 강도의 증가로 이런 문제점은 해결될 수 있다. 하지만 계속적인 stain층의 도포로 overcontour 되거나 변연부의 부적합도의 증가 등의 부작용이나, glazing 층의 제거된 후 stain층에 의한 표면의 거칠어짐과 이로 인한 변연부의 plaque의 침착, 상대악 치아의 마모등의 문제에 대해서는 계속적인 연구가 필요하리라 사료된다.

V. 결 론

여러 표면처리 방법에 따라 외부 stain된 IPS Empress 도재의 칫솔질에 의한 색 변화를 알아보기 위하여 10개의 IPS Empress 도재 시편을 여러가지 다른 표면처리(5%, 10% 불산처리, 50 μ m, 250 μ m 알루미늄나 sandblasting처리)를 하여 5개의 군으로 나누고, 외부 stain을 시행한 후, 29,200회, 58,400회, 87,600회, 116,800회(각 2년, 4년, 6년, 8년에 해당)의 칫솔질을 시행하여 마모에 따라 나타나는 색 변화를 분광 측광기를 이용하여 측정하고 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 칫솔질 횟수 증가에 따른 색 차이(ΔE)의

변화 비교시 모든 군에서 칫솔질 시작 후 29, 200회시에 색 차이(ΔE)가 심하게 나타났으나, 그 이후에는 통계학적으로 유의할 만한 차이가 없었다. ($p>0.05$)

2. 칫솔질 횟수 증가에 따른 각 군간의 색 차이의 비교시 모든 횟수에서 5% 불산처리 한 군이 색 차이가 가장 많았고 50 μ m 알루미늄나 sandblast처리 한 군이 색 차이가 가장 적었으며 ($p<0.05$), 대조군, 10% 불산처리한 군과는 통계학적 유의 차가 없었다($p>0.05$).

이상의 결과로 미루어보아 IPS Empress 도재의 외부 stain시 알루미늄나 입자로 전 처리하는 것이 색조의 안정성을 높일 수 있고, 이러한 경우 8년 정도의 칫솔질로는 육안으로 구별할 수 있는 색조의 변화를 가져오지는 않는다고 생각되나 보다 장기간의 임상적 연구가 필요하리라 사료된다.

참 고 문 헌

1. Abadie, F.R. : Porcelain surface characterization and staining in the office, *J.Prosthet.Dent.*, 51(2) : 181-185, 1984.
2. Aker, D.A., Aker, J.R., and Sorensen, S.E. : Toothbrush abrasion of color-corrective porcelain stains applied to porcelain-fused-to-metal restorations, *J. Prosthet. dent.*, 44 : 161-163, 1980.
3. Barghi, N : Color and glaze : Effects of repeated firings, *J. Prosthet. dent.*, 47 : 393-395, 1982.
4. Bativa, F. et al. : The microscopic appearance and effect of toothbrushing on extrinsically stained metal-ceramic restorations, *J. Prosthet. Dent.*, 57 : 47-52, 1987.
5. Bergvall, O., Brannstrom, M., and Wictorin, L. : The effect of tooth brushing and removal of excess filling on the surface of composite resins, *Sven Tandk Tidkr*, 64 : 347, 1971.
6. Berns, R.S., and Petersen, K.H. : Empiri-

- cal modeling of systematic spectrophotometric errors, *Color.Res.Appl.*, 13 : 243–256, 1988.
7. Billmeyer, F.W., and Saltzman, M. : Principles of color technology, 2nd ed., John Wiley & Sons Inc., New York, p.67–110, 1981.
 8. Campbell, S.D. : A comparative study of metal ceramic and all ceramic esthetic materials : Modulus of rupture, *J.Prosthet.Dent.*, 62 : 476, 1989.
 9. Chiche, G.J., Pinault, A. : Esthetics of anterior fixed prosthodontics, p 97-114, Quintessence Publishing Co., Chicago, 1994.
 10. Clarke, F.J. : High accuracy spectrophotometry at the national physical laboratory, *J.Res.Nat'l.Bur.Stand*, 76A : 375–403, 1972.
 11. Crispin, B.J., Hewlett, E., and Seghi, R. : Relative color stability of ceramic stains subjected to glazing temperatures, *J. Prosthet. Dent.*, 66 : 20–23, 1991.
 12. Crispin, B.J., Jo, Y.H., and Hobo, S. : Esthetic ceramic restorative materials and techniques In Contemporary esthetic dentistry : practice fundamentals(Crispin, B. J. eds.), p.155-188, Quintessence Publishing Co., Chicago, 1994.
 13. Culpepper, W.D. : A comparative study of shade-matching procedure, *J. Prosthet. Dent.*, 24 : 166, 1970.
 14. Davidson, H.R., and Freide, E. : The size of acceptable color difference, *Opt.Soc. Am (A)*, 43 : 581, 1953.
 15. Dong, J.K. et al. : Heat-pressed ceramics : Technology and strength, *Int.J. Prosthodont.*, 5 : 9, 1992.
 16. Esquivel, J. F., and Wozniak, W.T. : Color stability of low-fusing porcelains for titanium, *Int. J. Prosthodont.*, 5 : 479–485, 1995.
 17. Fuzzi, M., Zaccheroni, Z., and Vallania, G. : Scanning electron microscopy and profilometer evaluation of glazed and polished dental porcelain, *Int.J. Prosthodont.*, 9 : 452–458, 1996.
 18. Giordano, R. A. et al : Flexural strength of an infused ceramic, glass ceramic, and feldspathic porcelain, *J. Prosthet. dent.*, 73 : 411–418, 1995.
 19. Goldstein, G.R., and Schmitt, G.W. : Repeatability of a specially designed intraoral colorimeter, *J.Prosthet.Dent.*, 69 : 616–619, 1993.
 20. Goodkind, R. J., Keenan, H.M., and Schwabacher, W.B. : A comparison of chromascan and spectrophotometric color measurements of 100 natural teeth, *J. Prosthet.dent.*, 53 : 105–109, 1985.
 21. Grey, N.J., Piddock, V., and Wilson, M.A. : In vitro comparison of conventional crowns and a new all ceramic system, *J. Dent.*, 21 : 47–51, 1993.
 22. Heath, J.R., and Wilson, H.J. : Abrasion of restorative material by toothpaste, *Oral Rehabil.*, 3 : 121, 1976.
 23. Hunter, R.S. : The measurement of appearance, John Wiley & Sons Inc., New York, p 348, 1975.
 24. International standard ISO 7491 : Dental materials-Determination of colour stability of dental polymeric materials(1st ed.), ISO 7491, 1985.
 25. Johnston, W.M., O'Brien, W.J., and Tien, T.Y. : Concentration additivity of Kubelka-Munk Optical coefficients of porcelain mixtures, *Color Res. Appl.*, 11 : 131–137, 1986.
 26. Judd, D.B., and Wyszecki, G. : Color in business : science and industry(ed 3), John Wiley & Sons Inc, New York, p553, 1975.
 27. Lacy, A.M. et al : Effect of porcelain surface treatment on the bond to composite, *J.Prosthet.Dent.*, 60 : 288–291, 1988.

28. Lee, S.Y., Lai, Y.L., and Morgano, S.M. : Effects of ultrasonic scaling and periodontal curretage on surface roughness of porcelain, *J. Prosthet. dent.*, 73 : 227–232, 1995.
29. Mclean, J.W. : High strength ceramics, *Quintessence Int.*, Chicago, 18 : 97, 1987.
30. Mclean, J.W. : Long-term esthetic dentistry, *Quintessence Int.*, Chicago, 20 : 701, 1989.
31. Mclean, J.W. : The science and art of dental ceamics, *Buonocore Memorial Lecture, Oper.Dent.*, 16 : 149, 1991.
32. Mcphee, F.R. : Extrinsic coloration of ceramometal restoration, *Dent.Clin.North Am.*, 29 : 645–666, 1985.
33. Minolta Co. : *Precise Color Communication*, Minolta, Tokyo, 1994.
34. Mulla, F. A., and Weiner, S. : Effects of temperature on color stability of porcelain stains, *J. Prosthet. dent.*, 65 : 507–512, 1991.
35. O'Brien, W.J., Nelson, D., and Lorey, R.E. : The asesment of chroma sensitivity to porcelain pigments, *J. Prosthet. Dent.*, 49 : 63, 1983.
36. O'Brien, W.J. : Double layer effect and other optical phenomena related to esthetics, *Dent.Clin.North Am.*, 29 : 667–672, 1985a.
37. O'Brien, W.J. : Magnesia ceramic jacket crowns, *Dent.Clin.North Am.*, 29 : 719, 1985b.
38. O'Brien, W.J., Groh, C.L., and Boenke, K. M. : A new, small-color-difference equation for dental shades, *J.Dent.Res.*, 69(11) : 1762–1764, 1990.
39. Phoenix, R. D., and Shen, C. : Characterization of treated porcelain surfaces via dynamic contact angle analysis, *Int. Prosthodont.*, 8 : 187–194, 1995.
40. Ratledge, D. K., Smith, B.G.N., and Wilson, R.F. : The effect of restorative materials on the wear of human enamel, *J. Prosthet. dent.*, 72 : 194–203, 1994.
41. Seghi, R. R., Johnston, W.M., and O'Brien, W.J. : Spectrophotometric analysis of color differences between porcelain systems, *J. Prosthet. dent.*, 56 : 35–40, 1986.
42. Seghi, R. R., Johnston W.M., and O'Brien, W.J. : Performance assessment of colorimetric devices on dental porcelains, *J. Dent.Res.*, 68(12) : 1755–1759, 1989.
43. Seghi, R. R., Hewlett, E.R., and Kim, J. : Visual and instrumental colorimetric assessments of small color differences on translucent dental porcelain, *J.Dent.Res.*, 68(12) : 1760–1764, 1989.
44. Seghi, R. R., and et al. : Flexural strength of new ceramic materials 『abstract 1348』, *J.Dent.Res.*, 69 : 299, 1990.
45. Sproul, R. C. : Color matching in dentistry. part II. Practical applications of the organization of color, *J. Prosthet. dent.*, 29 : 416–424, 1973.
46. Stangel, I., Nathanson, D., and H.S.U., C.S. : Shear strength of the composite bond to etched porcelain, *J.Dent.Res.*, 66(9) : 1460–1465, 1987.
47. Weiner, S. : Staining porcelain veneer restorations, *J.Prosthet.Dent.*, 44(6) : 670–672, 1980.
48. Wictorin, L. : Effect of toothbrushing on acrylic resin veneering material.A study of abrasion in Vitro, *Sven Tandlak Tidskr.*, 64 : 247, 1971.
49. Wozniak, W.T. : Proposed guidelines for the acceptance program for dental shade guides, *Americal dental association*, Chicago, p.1-2, 1987.
50. Yamamoto, M. : *Metal-Ceramics : principles and methods of Makoto Yamamoto*, Quintessence Publishining Co., Chicago, 1985.

51. 이근우 : 도재소부전장금관용 합금에 따른 도재색조의 실험적 비교 연구. 석사학위논문, 서울, 1982.

52. 한국 공업 규격 : 색차 표시 방법. KS A 0064-1989.

SPECTROPHOTOMETRIC ANALYSIS OF THE EFFECT OF TOOTHBRUSHING ON EXTERNALLY STAINED IPS EMPRESS PORCELAIN

Woo-Jin Shin, Young-Sik Jeon, Dong-Hoo Han

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Yonsei University

The purpose of this study was to evaluate the long term tooth-brushing effect on the color change of specially treated IPS Empress porcelain surface.

Staining technique with blue stain and liquid was used. The surfaces of the specimen were treated with 5% and 10% Hydrofluoric acid, 50mm and 250mm alumina sandblast, and then blue stain and liquid were used for external stain.

After 29,200, 58,400, 87,600, 116,200 brushing strokes (equivalent to 2, 4, 6, 8 years each), color changes of the stained layer were measured with spectrophotometer (CM- 3500d, MINOLTA, Tokyo, Japan).

The result of this study was obtained as follows :

1. The color changes were great after 29,200 tooth brushing strokes in every group, but from 29,200 strokes to 116,800 strokes, there were no significant color changes in each group. ($p > 0.05$)
2. The greatest color changes were observed in 5% HF treated group and the least color changes were observed in 50 μ m aluminar sandblast treated group in every stroke ($p < 0.05$), but no statistical difference between groups compared with control group ($p > 0.05$).

According to these results, pretreatment of I.P.S. Empress porcelain with alumina sandblast improved the color stability. It is thought that about 8 year-tooth brushing strokes does not change the color of IPS Empress porcelain significantly on this condition, but long term follow-up will be needed.

Key words : IPS Empress, Spectrophotometer, Toothbrushing, External stain