

## 글리세린이 coloring liquid의 침투와 지르코니아 경도에 미치는 영향\*\*

박다령<sup>1</sup>, 배지명<sup>1,2</sup>, 오승한<sup>1,2</sup>\*

원광대학교 치과대학 치과생체재료학교실<sup>1</sup>, 원광대학교 생체재료·매식연구소<sup>2</sup>

The effect of glycerine on the penetration of coloring liquid and the hardness of zirconia\*\*

Da-Ryeong Park<sup>1</sup>, Ji-Myung Bae<sup>1,2</sup>, Seunghan Oh<sup>1,2</sup>\*

Department of Dental Biomaterials, College of Dentistry, Wonkwang University<sup>1</sup>, Institute of Biomaterial·Implant, Wonkwang University<sup>2</sup>

(Received: Nov. 19, 2013; Revised: Dec. 20, 2013; Accepted: Dec. 20, 2013)

### ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the effect of glycerine on the penetration of coloring liquid on zirconia and hardness of zirconia. Three A2 coloring liquids (Prettau Aquarell Colour liquid, D,max coloring liquid, and Bruxzir coloring liquid) were used to perform this study. Glycerine were mixed with each coloring liquid at the ratio of 1 : 1 by volume. The immersion periods of zirconia specimen in the mixing solution were 1, 3, 6, 9, and 12 hrs, respectively. The penetration depth of coloring liquid were measured by vernier calliper. Color characterization of experimental specimen was performed by spectrophotometer, and hardness of the specimen was measured by Vickers hardness tester. From the results of penetration depth measurement, glycerine was supposed to affect the penetration depth of coloring liquid on zirconia regardless of immersion periods. By color analysis, L\* value of glycerine treated specimen was significantly higher than that of control group( $P<0.05$ ), but b\* and  $\Delta E^*$  values of glycerine treated specimen were significantly lower than that of control group regardless of immersion periods( $P>0.05$ ). In terms of the results of Vickers hardness test, there were no significant statistical differences between control group and experimental groups. Therefore, glycerine was expected to affect the penetration of coloring liquid on zirconia and the shade of zirconia.

**Key Words:** Glycerine, Penetration depth, Hardness, Zirconia, Coloring liquid

## 서 론

최근, 경제 및 생활수준과 심미적 재료의 수요의 증가에 따라 치과환자의 심미적 요구가 높아지면서 치과 보철분야에서는 금속이 없는 전부 도재 수복물에 대한 관심이 고조되고 있다. 전치부에서부터 저작압이 강한 구치부까지 심미적 요구가 늘어남에 따라 지르코니아를 이용한 수복물의 응용범위가 점차 확대되고 있다(Suárez 등, 2004). 지르코니아는 산화 지르코늄(Zirconium oxide,

ZrO<sub>2</sub>)의 총칭으로 금속 치과재료에 비해 지르코니아는 강도 면에서도 우수하고 심미적이며(Meyenberg 등, 1995), 열전도율이 금속보다 낮아 생체적합성이 뛰어나고(Heydecke 등, 2002), 알레르기 반응도 나타나지 않는 등 많은 장점을 가지고 있어 1990년 초반부터 근관용 포스트와 임플란트 지대주로서 사용되기 시작하면서부터 치과보철 재료로서 폭넓게 응용되고 있다(Glauser 등, 2004; Sundh와 Sjögren, 2006).

지르코니아를 이용한 전부도재관은 상부도재 축성을 위한 추가적인 소성과정(소성)이 필요하다. 지르코니아 코어는 금속에 비해 심미적이기는 하나 불투명한 백색을 띄고 있어, 기존에는 하부 구조물의 색을 차단하기 위해 불투명 도재인 masking liner를 사용하였으나 최근에는 착색 지르코니아가 개발되었다(Aboushelib 등, 2008). 도재의

\* 교신저자 : Associate professor, Department of Dental Biomaterials, College of Dentistry, Wonkwang University, 344-2 Shinyong dong, Iksan, Jeonbuk, South Korea, 570-749, 오승한.  
(Tel) 82-63-850-6982, (Fax) 82-63-857-6982

\*\* 이 논문은 2013학년도 원광대학교의 교비지원에 의해서 수행 됨

광학적 특성은 매우 중요하며, 세라믹 코어를 갖는 전부 도재 수복물에서 색조에 의한 수복물의 심미성과 코어의 투명도는 재료를 결정함에 있어서 중요한 고려대상이 된다(O'Brien 등, 1991). 지르코니아를 이용한 심미 수복 치료(인레이, 온레이 및 라미네이트 등)를 시행할 시 우선 정확한 치아의 색조측정을 한 후 그에 맞는 색조의 지르코니아 블록선택을 해야한다. 지르코니아를 이용한 전부 도재관의 색조에 영향을 미치는 요소로는 코어 본연의 색조와 투명도가 있으며, 그 외에도 소성횟수, 코어와 상부도재의 두께 등이 있다(Celik 등, 2008; Uludag 등, 2007).

CAD/CAM 시스템(Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing, 컴퓨터 이용 제작)은 절삭 작업을 통해 수복물을 제작하는 특성으로 인하여 불투명한 백색의 단일 색조 지르코니아 블록의 사용하므로, 자연치에서 나타나는 다양한 색조의 변화(치경부-절단부)를 재현하는데 어려움이 있어 자연스러운 색감을 표현하는데 한계가 있다(Luthardt 등, 2002; Spear와 Holloway, 2008). 지르코니아 보철물 제작 시 색상 결정 및 색상 조절은 아주 중요한 문제로 색상의 발현은 색소체의 처리온도, 강화제 성분과 첨가량, 원료인 지르코니아의 입자 크기 등과 밀접한 연관을 갖는다(Yan 등, 2008). 지르코니아를 착색시키는 방법은 두 가지로 나뉜다. 첫 번째는 지르코니아 분말을 고온에서 소결하기 전에 금속 산화물과 혼합하여 착색시키는 것이고, 두 번째는 부분 소결된 지르코니아 블록을 금속 산화물 용액에 침지시킨 후 소결하여 원하는 색조를 얻는 방법이다(Aboushelib 등, 2005; Shah, 2008). 금속 산화물 용액 내에 침지하여 제작하는 방법은 침지시간과 용액의 종류, 농도 등에 따라 손쉽게 다양한 색조조절이 가능하여 임상에서 적용하기 편리하고 환자의 요구와 치아의 색조와도 조화를 이룰 수 있다는 장점이 있다(Shah, 2008).

현재 지르코니아의 물리적 성질에 대한 연구는 많이 진행되고 있지만, 심미성을 좌우하는 색조에 대한 연구는 코어의 종류에 따른 도재 수복물의 색조변화에 대한 연구나 지르코니아 코어의 색조 침투가 전부도재관의 색조에 미치는 영향에 대한 연구는 많이 진행되고 있을 뿐, 지르코니아의 자체의 색조와, 금속 산화물 용액의

침투에 관한 연구는 미비한 상태이다(Seghi 등, 1986; Koutayas 등, 2003; Devigus A 등, 2004). 따라서, 본 연구에서는 지르코니아에 coloring liquid를 보다 깊게 침투시키기 위해 높은 흡습성을 가진 글리세린을 혼합한 용액에 시간 별로 침지시켜 침투깊이의 차이를 알아보고, 분광 광도계를 이용한 색상분석과 비커스 경도 시험을 통해 글리세린의 첨가로 인한 경도의 차이를 비교, 분석하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 지르코니아 시편 제작

본 연구에서는 지르코니아 시편제작을 위해 Prettau (Zirconia full crown & build up, ZirkonZahn, Bruneck, Italy)를 사용하였다. 지르코니아 시편에 도포한 3종의 coloring liquid는 일반적으로 가장 많이 사용되어지는 색조인 A2를 선택하였다(Table 1).

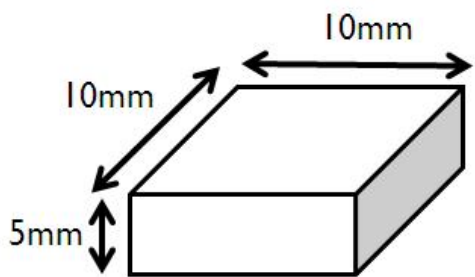
본 실험을 위한 시편은 소결되지 않은 지르코니아 블록을 사각형의 형태로 제작하였다. 100 RPM의 저속절단기(low speed diamond saw, ISOMET, Buehler, Ill, U.S.A.)를 이용하여 절단하여, SiC 연마지 500번, 1000번, 1200번으로 시편의 양면을 순차적으로 연마하여 판 모양의 지르코니아 시편(10 mm × 10 mm × 5 mm)을 제작하였다. 제작된 시편은 각 제조사의 coloring liquid에 1, 3, 6, 9 및 12시간동안 침지하였고(n=5), 99.9% 글리세린(Glycerine, Duksan, Seoul, KOREA)와 coloring liquid를 각각 1:1의 비율로 혼합하여 제조한 혼합액에도 1, 3, 6, 9, 및 12시간동안 시편을 침지시켰다(n=5)(Fig 1).

침지된 시편은 100 °C 건조랩프에서 60분 동안 건조시킨 후, 소결로(Zirkonofen 600, Zirkonzahn, Bruneck, Italy)에서 240분후에 1600 °C까지 승온하고 1600 °C에서 2시간 계류 후, 360분간 로냉하였다(Fig 2). 소결된 시편은 저속 절단기를 이용하여 중앙부위를 절단하였다. 절단된 시편은 원통형 테플론 몰드(∅ 25 mm × h 30 mm)에 교정용 아크릴릭 레진(Ortho-Jet, Lang Dental Manufacturing co., Wheeling, USA)으로 포매하고 SiC

Table 1. coloring liquid in this study

Brand name	Code	shade	manufacturer	LOT No.
Prettau Aquarell Colour liquid	PC	A2	Zirkonzahn SRL, Italy	CB3048
D.max coloring liquid	DC	A2	D.max co. Ltd, KOREA	AS-52
Bruxzir coloring liquid	BC	A2	Prismatik Dentalcraft, Inc, USA	M0912F1

연마지 500번, 1000번, 1200번으로 연마하였다. 연마를 마친 시편은 증류수로 10분간 세척하였다.



(a)



(b)

Figure 1. (a) Schematic diagram of zirconia specimens, (b) specimens immersed in Coloring liquid.



(a)

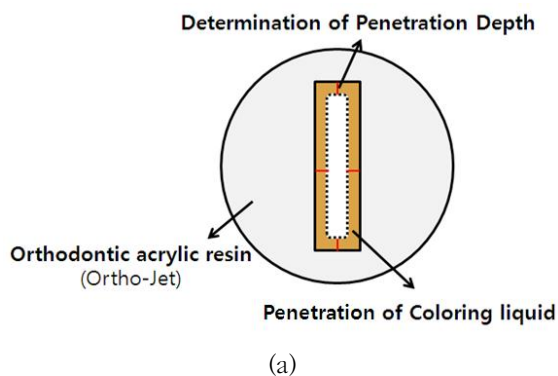


(b)

Figure 2. (a) Drying process of Specimens immersed in coloring liquid (100 °cDrying lamp) (b) Only zirconia sintering furnace.

## 2. Coloring liquid 침투깊이 측정

coloring liquid가 침투된 시편을 1/100mm 단위까지 측정 가능한 전자식 버니어 캘리퍼스(CD-15CP, Mitutoyo Corp, Japan)을 이용하여 오차범위를 줄이기 위해 상하 좌우의 가장자리 4부위를 지정하여 부위별로 3번씩 침투 깊이를 측정하여 평균값을 구하였다(Fig 3).



(a)



(b)

Figure 3. (a) The schematic diagram of the final sample coloring liquid penetrates (b) Penetration depth measurements.

## 3. 색상분석

최종연마를 마친 완전 소결된 지르코니아 시편의 색상분석을 위해 각 군당 2개씩 준비하여 분광 광도계 (Color i5, X-rite, Grand Rapids, USA)를 이용하여 색조 측정을 하였다. 국제 조명 위원회(CIE:Commission Internationale de l'Eclairage)의 규정에 따라 D65 광원을 선택하였고, SCE(Specular Component Excluded, 정반사광 제거)방식으로 시야각 2°로 측정하였다. 색상분석을 위해 Black tile과 White tile을 이용하여 교정한 후, 6 mm 구경에 시편의 단면을 위치시켰다. 각 시편마다 자동 평균 측정 횟수는 3회로 지정하였고, 색조측정은 coloring liquid가 침투된 시편의 가장자리를 중심으로 5회씩 측정하여 평균값을 산출하였다. 측정값은 Optiview propalette 5.0 software(Gretag Macbeth, London, UK)를 사용하여

L\*a\*b\*값을 얻었으며, ΔE\*값을 계산하였다. 3차원 색 공간의 좌표를 의미하는 L\*a\*b\*값과, 두 가지 색의 3차원 공간에서의 거리를 나타내는 ΔE\*의 색차방정식은 다음과 같다.

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

$$(\Delta L^* = \Delta L^*_1 - \Delta L^*_2, \Delta a^* = \Delta a^*_1 - \Delta a^*_2, \Delta b^* = \Delta b^*_1 - \Delta b^*_2)$$

#### 4. 비커스 경도 시험

각각의 시편을 제조사가 제시한 열처리 조건에 따라 소결된 시편을 비커스 경도기(AxioTech Vario, Zeiss, Oberkochen, Germany)를 이용하여 압흔에 균열이 발생하지 않도록 주의하여 적절한 하중인 400 gf을 선택하여 20초 동안 시편의 표면을 눌러서 압흔을 만든다. 광학현미경을 이용하여 압흔의 길이를 측정하였다. 각 시편 당 10회의 압흔을 형성하였다.

비커스 경도 시험은 국제표준규격 제 6507-1호(ISO 6507-1)에 따라 대면각이 136°인 정사각뿔 다이아몬드를 이용하여 시편 표면을 눌러 생긴 압흔의 대각선 평균길이와 압흔 하중(P=kgf)로부터 경도를 구하며, 계산식은 다음과 같다.

$$H_V = (2P \times \sin 360^\circ / 2) / d^2 = 1.854 \times P / d^2$$

P : 압흔의 하중 (kgf)

d : 대각선의 평균길이 (mm)

#### 5. 통계분석

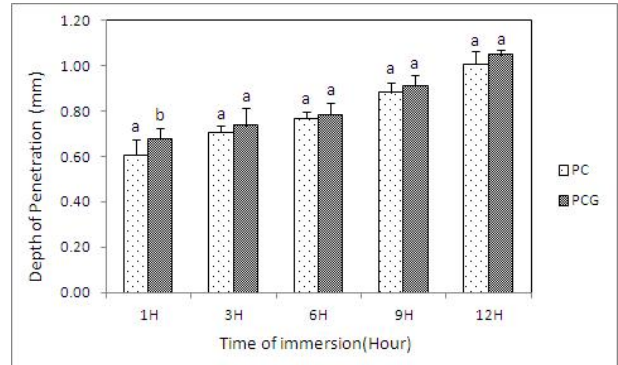
통계분석은 SPSS 프로그램(SPSS 12.0; SPSS GmbH, Munich, Germany)을 사용하여 분석하였다. 제조사별 coloring liquid와 글리세린을 혼합한 coloring liquid에 침지시킨 시편의 침투깊이 측정값, 분광 광도계로 얻은 L\*a\*b\*값과 ΔE\*값의 차이의 비교값과 비커스 경도 시험값은 시간별로 paired t-tests를 이용하여 신뢰수준 95%에서 분석하였다(α=0.05).

### 결 과

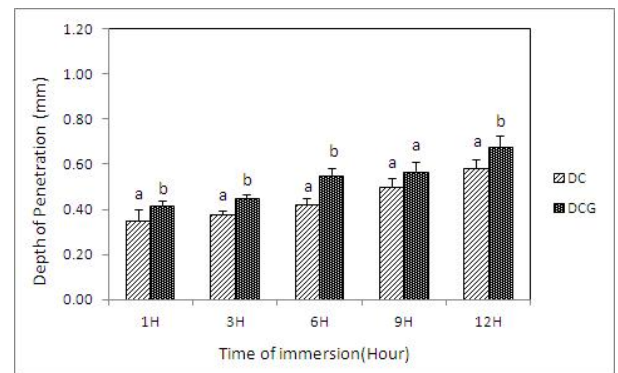
각 제조사의 coloring liquid와 글리세린과 coloring liquid를 혼합한 혼합액에 시간별로 침지시킨 시편의 침투 깊이와 비커스 경도 통계분석은 Figure 5와 Figure 6

에 나타내었으며, 색상분석 결과는 Table 2와 같다.

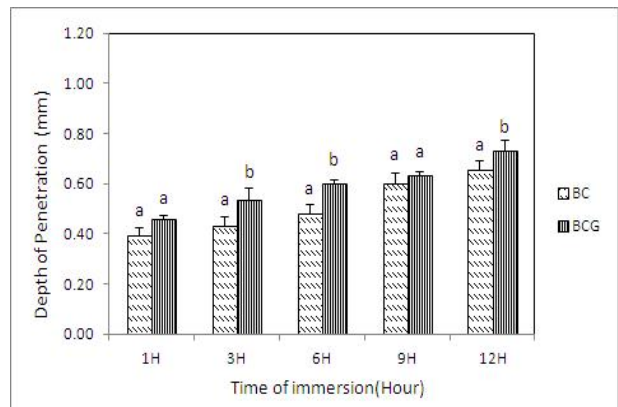
#### 1. Coloring liquid 침투깊이 측정



(a)



(b)



(c)

**Figure 4.** The comparison of depth of penetration observed in species soaked in coloring liquid, glycerine & coloring liquid at different time periods (a) PC:Prettau Aquarell Colour liquid, PCG:Prettau Aquarell Colour liquid+Glycerine(1:1) (b) DC:D,max coloring liquid, DCG:D,max coloring liquid+Glycerine(1:1) (c) BC:Bruxzir coloring liquid, BCG:Bruxzir coloring liquid+Glycerine (1:1).

3종의 coloring liquid를 시간 별로 침지시킨 시편과 coloring liquid에 글리세린을 1:1비율로 혼합한 용액에 시간 별로 침지시킨 시편의 침투깊이를 측정하 결과, PC

Table 2. L\*, a\*, b\*, ΔE\* values of color analysis by operation time

Time	L*		a*		b*		ΔE*	
	PC	PCG	PC	PCG	PC	PCG	PC	PCG
1H	67.76(0.42) <sup>a</sup>	69.52(0.04) <sup>b</sup>	1.07(2.21) <sup>b</sup>	-0.86(0.65) <sup>a</sup>	15.4(1.21) <sup>b</sup>	3.71(0.52) <sup>a</sup>	1.03(0.17) <sup>b</sup>	0.62(0.13) <sup>a</sup>
3H	69.29(0.37) <sup>a</sup>	70.76(0.02) <sup>b</sup>	0.48(2.05) <sup>b</sup>	-1.23(0.57) <sup>a</sup>	14.43(1.20) <sup>b</sup>	3.09(0.52) <sup>a</sup>	1.03(0.17) <sup>b</sup>	0.63(0.14) <sup>a</sup>
6H	69.98(0.30) <sup>a</sup>	73.18(0.03) <sup>b</sup>	-0.02(1.85) <sup>b</sup>	-1.45(0.48) <sup>a</sup>	12.60(1.14) <sup>b</sup>	2.31(0.53) <sup>a</sup>	0.98(0.17) <sup>b</sup>	0.62(0.14) <sup>a</sup>
9H	71.20(0.22) <sup>a</sup>	73.32(0.03) <sup>b</sup>	-0.72(1.59) <sup>b</sup>	-1.60(0.53) <sup>a</sup>	10.60(1.08) <sup>b</sup>	2.66(0.56) <sup>a</sup>	0.94(0.18) <sup>b</sup>	0.66(0.15) <sup>a</sup>
12H	70.48(0.42) <sup>a</sup>	72.98(0.02) <sup>b</sup>	-0.79(1.69) <sup>b</sup>	-1.29(0.54) <sup>a</sup>	11.24(1.16) <sup>b</sup>	2.88(0.52) <sup>a</sup>	0.97(0.18) <sup>b</sup>	0.63(0.14) <sup>a</sup>

Time	L*		a*		b*		ΔE*	
	DC	DCG	DC	DCG	DC	DCG	DC	DCG
1H	73.03(0.24) <sup>a</sup>	74.70(0.09) <sup>b</sup>	-0.97(1.93) <sup>b</sup>	-1.65(1.26) <sup>a</sup>	12.66(1.23) <sup>b</sup>	7.74(0.92) <sup>a</sup>	1.04(0.19) <sup>b</sup>	0.89(0.18) <sup>a</sup>
3H	73.09(0.20) <sup>a</sup>	74.20(0.02) <sup>b</sup>	-1.13(1.74) <sup>b</sup>	-1.79(0.81) <sup>a</sup>	11.11(1.14) <sup>b</sup>	4.57(0.71) <sup>a</sup>	0.99(0.19) <sup>b</sup>	0.76(0.16) <sup>a</sup>
6H	74.74(0.09) <sup>a</sup>	75.17(0.10) <sup>b</sup>	-1.96(1.30) <sup>b</sup>	-1.59(1.28) <sup>a</sup>	8.07(1.04) <sup>b</sup>	6.92(0.90) <sup>a</sup>	0.93(0.19) <sup>b</sup>	0.89(0.18) <sup>a</sup>
9H	74.20(0.13) <sup>a</sup>	74.54(0.03) <sup>b</sup>	-1.55(1.45) <sup>a</sup>	-1.65(0.84) <sup>a</sup>	9.16(1.01) <sup>b</sup>	4.78(0.69) <sup>a</sup>	0.94(0.19) <sup>b</sup>	0.76(0.16) <sup>a</sup>
12H	74.79(0.04) <sup>a</sup>	75.83(0.02) <sup>b</sup>	-1.69(1.02) <sup>a</sup>	-2.01(0.81) <sup>a</sup>	5.70(0.78) <sup>b</sup>	4.43(0.74) <sup>a</sup>	0.91(0.17) <sup>b</sup>	0.78(0.17) <sup>a</sup>

Time	L*		a*		b*		ΔE*	
	BC	BCG	BC	BCG	BC	BCG	BC	BCG
1H	58.18(0.34) <sup>a</sup>	69.72(0.10) <sup>b</sup>	3.48(1.40) <sup>b</sup>	-0.58(0.81) <sup>a</sup>	10.48(0.51) <sup>b</sup>	6.36(0.49) <sup>a</sup>	0.80(0.09) <sup>b</sup>	0.74(0.12) <sup>a</sup>
3H	60.38(0.44) <sup>a</sup>	70.37(0.13) <sup>b</sup>	3.04(1.97) <sup>b</sup>	-0.68(1.11) <sup>a</sup>	12.90(0.78) <sup>b</sup>	7.25(0.68) <sup>a</sup>	0.84(0.14) <sup>b</sup>	0.80(0.16) <sup>a</sup>
6H	60.89(0.45) <sup>a</sup>	70.57(0.12) <sup>b</sup>	2.75(2.11) <sup>b</sup>	-0.38(0.92) <sup>a</sup>	14.02(0.87) <sup>b</sup>	5.94(0.54) <sup>a</sup>	0.90(0.15) <sup>b</sup>	0.71(0.14) <sup>a</sup>
9H	68.67(0.25) <sup>a</sup>	70.98(0.10) <sup>b</sup>	-0.17(1.63) <sup>a</sup>	-0.82(0.91) <sup>a</sup>	11.20(0.88) <sup>b</sup>	5.91(0.59) <sup>a</sup>	0.94(0.17) <sup>b</sup>	0.74(0.15) <sup>a</sup>
12H	70.42(0.21) <sup>a</sup>	71.21(0.10) <sup>b</sup>	-0.38(1.44) <sup>a</sup>	-0.84(1.03) <sup>a</sup>	9.75(0.80) <sup>b</sup>	6.47(0.63) <sup>a</sup>	0.89(0.17) <sup>b</sup>	0.77(0.16) <sup>a</sup>

\* PC : Prettau Aquarell Colour liquid, DC : D.max coloring liquid, BC : Bruxzir coloring liquid

\* G : Glycerine

Within same column, means with same lowercase letters do not significantly differ(P>0.05).

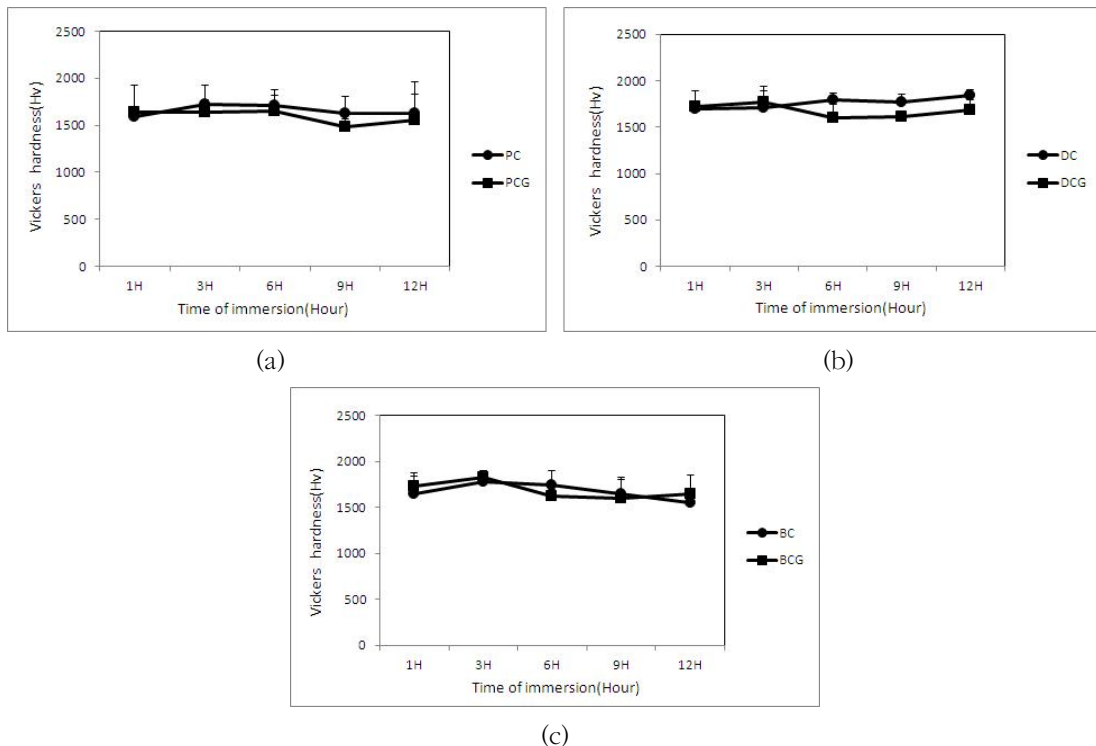


Figure 5. The results of vickers hardness by operation time (a) PC:Prettau Aquarell Colour liquid, PCG:Prettau Aquarell Colour liquid+Glycerine(1:1) (b) DC:.max coloring liquid, DCG:D.max coloring liquid+Glycerine(1:1) (c) BC:Bruxzir coloring liquid, BCG:Bruxzir coloring liquid+Glycerine(1:1)

는 1시간에서만 PCG가 유의하게 높게 나타났으며 ( $P<0.05$ ), DC는 9시간을 제외한 모든 시간에서 DCG가 높은 침투깊이를 보였다( $P<0.05$ ). BC에서도 BCG에 3, 6, 12시간 침지시킨 시편의 침투깊이가 더 높은 것으로 나타났다( $P<0.05$ )(Fig 4).

제조사별 coloring liquid 침투깊이를 측정하여 비교한 결과, 지르코니아 시편과 같은 제조사인 PC와 PCG의 침투깊이가 가장 높게 나타났다( $P<0.05$ ).

## 2. 색상분석

각 제조사의  $L^*$  값은 침지한 시간에 관계없이 글리세린을 혼합한 용액에 침지한 시편의 값이 유의하게 높았으며( $P<0.05$ ),  $a^*$  값은 PC에서는 모든 시간에서 글리세린을 혼합한 용액에 침지한 시편의 값이 유의한 차이를 보였으나( $P<0.05$ ), DC와 BC에서는 1, 3, 6시간에서만 유의차를 나타냈다( $P<0.05$ ).  $b^*$  값과  $\Delta E^*$  값은 PC, DC, BC의 모든 시간에서 유의하게 감소하였다( $P<0.05$ )(Table 2).

## 3. 비커스 경도 시험

coloring liquid, 글리세린과 coloring liquid를 1:1로 혼합한 용액에 시간별로 침지시킨 후 완전 소결된 지르코니아 시편의 비커스 경도를 측정하였다. 그 결과, 모든 제조사의 coloring liquid에 글리세린을 첨가하여도 경도에서는 통계적으로 유의차를 보이지 않았다( $P>0.05$ )(Fig 5).

## 고 찰

본 연구에서는 3종의 제조사(Prettau Aquarell Colour liquid, D.max coloring liquid, Bruxzir coloring liquid)의 가장 기본적인 색조 A2 coloring liquid에 지르코니아 시편을 침지시켜 시간 별 침투깊이와 Coloring liquid에 글리세린을 1:1로 혼합한 용액에 침지시킨 시편의 침투깊이를 비교하고, 분광 광도계를 이용한 색상분석과 비커스 경도 시험에 따른 경도 차이를 알아보고자 하였다.

Davison와 Myslinski(1990)는 적절한 색의 조화는 치아형태와 기능 회복과 함께 성공적인 보철 수복물의 제작하는데 매우 중요하다고 보고하였다. 지르코니아의 색조재현에 가장 보편적으로 사용되는 방법은 일정 형태의 다공성 세라믹 하부구조를 만들고 이를 색소체에 침전시켜 원하는 색소를 얻어내는 방법이다(Oh SC 등, 2007). 본 실험에서도 보편적으로 가장 많이 사용되는 3가지 중

류의 coloring liquid를 선택하여 지르코니아 시편을 1, 3, 6, 9 및 12시간별로 침지시켜 색조를 재현하였다.

Sahin 등(2010)은 불투명한 백색의 지르코니아에 색소체를 침전시키는 방법을 이용한 색조표현은 도재보다 현저히 저하된다고 보고하였다. 임상적으로 완성된 지르코니아 수복물을 구강 내 시적 후 교합조정 시 삭제되는 부분에서 본래의 지르코니아의 색이 나타나기도 한다. 이는 Coloring liquid의 침투도와 밀접한 관계가 있는 것으로 사료되어 본 연구에서는 침투도를 증진시킬 수 있는 방법을 고안하기 위하여 표면장력이 물(0.073N/m)보다 낮은 글리세린(0.063N/m)을 혼합하여 지르코니아 시편에 침지시켜 침투깊이를 측정한 결과, 글리세린이 지르코니아의 coloring liquid 침투에 제조사별, 시간별에 따라 다소 차이가 있었으나 영향을 미치는 것으로 나타났다. 글리세린은 3개의 수산기를 가진 3가 알코올로, 무색의 끈기 있는 액체로 흡습성을 가지고 있다. 흡습성이란 물질의 주변 환경으로부터 물 분자를 끌어당기고 보유하려는 능력을 말하며, 이는 흡수나 흡착을 통해 수행하게 된다. 따라서, 글리세린이 coloring liquid의 분자를 끌어당겨 지르코니아의 침투깊이를 증진시킨 것으로 사료된다. 또한, 제조사별 coloring liquid 침투깊이를 측정하여 비교한 결과, 지르코니아(Prettau)시편과 같은 제조사인 PC와 PCG의 침투깊이가 가장 높게 나타났다( $P<0.05$ ). 이는 같은 제조사의 지르코니아와 coloring liquid의 조화가 침투깊이에 영향을 미치는 것으로 사료된다(Fig 4).

Seghi 등(1986)은 색을 평가하는 분광 측색적 방법은 여러 가지의 오차를 동반할 수 있다고 지적하였다. 본 실험에서도 오차를 줄이기 위하여 시편의 제작 시 일정한 폭과 두께를 갖도록 하였고, 분광 광도계에 같은 위치에 유지되도록 하였으며, 분광 광도계는 정반사광이 제거되어 확산 반사만 측정이 되며, 인간이 물체의 색을 인식하는 방법과 관련이 있는 SCE방식으로 측정하여 시편의 표면 상태에 의한 오차를 감소시키도록 하였다.

색조를 조절하기 위해서는 정확한 색의 분석과 측정이 필수적이다. 좀 더 객관적이고, 과학적인 색 평가를 위해서 이를 정량화 할 수 있는 분광 측색장치(spectrophotometer)를 이용한다. 색은 일반적으로 명도, 색상, 채도 등으로 설명된다. 국제조명위원회(CIE)는  $L^*a^*b^*$ 의 값으로 색을 표시한다.  $L^*$ 은 빛의 밝기(명도),  $a^*$ 와  $b^*$ 는 색상과 채도에 대응되는 변수를 나타낸다. 양의  $a^*$ 는 적색, 음의  $a^*$ 는 녹색의 정도를 나타내며, 양의  $b^*$ 는 황색, 음의  $b^*$ 는 청색을 나타낸다(Bangtson와 Goodkind, 1982). O'Brien 등(1989)은 자연치의 색상은  $L^*$  값은

64.33-78.02,  $a^*$  값은 2.63-2.77,  $b^*$  값은 9.77-25.73범위에 존재한다고 보고하였다. 본 실험에서도  $L^*$  값은 모든 제조사의 coloring liquid에 글리세린을 혼합한 용액에 침지한 시편의 값(69.52-75.83)은 유의하게 높았다( $P<0.05$ ). 이는 글리세린의 혼합으로 인하여 색의 명도가 높아진 것으로 사료된다. 그러나 자연치의  $L^*$  값 범위 내에 속하는 것으로 나타났다.  $b^*$  값 또한, PC, DC, BC의 모든 시간에서 유의하게 감소하였다( $P<0.05$ ). 이는 글리세린의 혼합으로 인해 coloring liquid의 황색이 희석되어  $b^*$  값이 감소되었을 것으로 사료된다.

$\Delta E^*$  값은 색조의 차이를 색 요소로 산출한 것으로 색차가 증가할수록 색의 안정성은 감소하는 것을 나타낸다. 일반적으로 색차가 1 이상이면 눈으로 색의 변화를 인지할 수 있고, 치과수복재로 사용할 수 있는 허용 가능한 수치는 3.3 이하의 색차이다(Eldiwany M 등, 1995; O'Brien WJ 등, 1990).  $\Delta E^*$  값은 PC의 1, 3시간과 DC에 1시간동안 침지시킨 시편에서만 1 이상의 값을 나타내었다. 이는 글리세린을 혼합한 용액에 침지한 시편은 색의 변화를 눈으로는 인지할 수 있으나 3.3을 넘지 않으므로 임상에서 사용하는데 어려움이 없을 것으로 사료된다(Table 2).

치과용 세라믹의 문제점 중 하나는 낮은 파괴인성을 갖는다는 것으로 세라믹의 파괴인성은 낮을수록 임상에서의 세라믹 보철물의 안정성이 저하된다(Denry, 2008). Huang 등(2006)은 색조의 첨가가 경도와 파괴인성에는 영향을 미치지 않지만 굴곡강도에는 영향을 미친다고 보고된 바 있다. 본 연구에서도 표면을 경도계를 이용하여 일정한 하중으로 눌렀을 때 재료가 나타내는 국부적인 변형 저항성 알아보고, 재료의 마모와 밀접한 관계가 있기에 비커스 경도시험을 통해 경도 측정을 시행하였다. 그 결과, 모든 제조사의 coloring liquid에 글리세린을 혼합하여도 경도에서는 통계적으로 유의차를 보이지 않았는데( $P>0.05$ ), 이는 글리세린이 지르코니아의 물리적 성질에는 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다(Fig 5).

본 연구의 결과를 바탕으로 향후 연구에서는 색과 물리적 성질의 변화를 보이지 않는 한도 내에서 coloring liquid의 보다 깊은 침투에 영향을 미칠 수 있는 방법에 관한 깊은 연구가 이루어져야 한다고 사료된다.

## 결론

본 연구에서는 3종의 제조사의 coloring liquid와 글리세린과 coloring liquid를 혼합한 용액에 1, 3, 6, 9 및

12시간별로 침지시킨 시편의 침투깊이와 색상분석, 비커스 경도를 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Prettau aquarell colour liquid는 1시간에서만 침투깊이의 유의차를 보였으며( $P<0.05$ ), D.max coloring liquid는 9시간을 제외한 모든 시간에서 유의한 차이를 나타냈다( $P<0.05$ ). Bruxzir coloring liquid는 글리세린을 혼합한 용액에 3, 6, 12시간 침지시킨 시편의 침투깊이가 더 높은 것으로 나타났다( $P<0.05$ ). 제조사별 coloring liquid 침투깊이를 측정하여 비교한 결과, 지르코니아 시편과 같은 제조사인 Prettau aquarell colour liquid의 침투깊이가 가장 높게 나타났다( $P<0.05$ ).
2. Coloring liquid와 글리세린과 coloring liquid를 1:1로 혼합한 용액에 시간별로 침지시킨 시편의 CIE  $L^*a^*b^*$ 의 평균값을 비교한 결과, 글리세린을 혼합한 용액에 침지시킨 시편의  $L^*$  값은 모든 제조사에서 시간에 관계없이 유의하게 증가하였다( $P<0.05$ ).  $a^*$  값은 Prettau aquarell colour liquid에서만 모든 시간에서 글리세린을 혼합한 용액에 침지한 시편의 값이 유의한 차이를 보였고( $P<0.05$ ), 모든 제조사에서 글리세린을 혼합한 용액에 침지시킨 시편의  $b^*$ 과  $\Delta E^*$  값은 유의하게 감소하는 것으로 나타났다( $P<0.05$ ).
3. 각각의 제조사의 coloring liquid에 글리세린을 첨가하여도 경도에는 통계적으로 유의차를 보이지 않았다( $P>0.05$ ).

## 참고 문헌

Aboushelib MN, de Jager N, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ (2005). Microtensile bond strength of different components of core veneered all-ceramic restorations. *Dent Mater*, Oct;21(10):984-91.

Aboushelib MN, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ (2008). Effect of zirconia type on its bond strength with different veneer ceramics. *J Prosthodont*, Jul;17(5):401-8.

Albers HF (2000). Ceramometal bonded inlays and onlays. *J Esthet Dent*, 12(3):122-30.

Bangtson LK, Goodkind RJ (1982). The conversion of Chromascan designations to CIE tristimulus values. *J Prosthet Dent*, Nov;48(5):610-7.

Celik G, Uludag B, Usumez A, Sahin V, Ozturk O,

- Goktug G (2008). The effect of repeated firings on the color of an all-ceramic system with two different veneering porcelain shades. *J Prosthet Dent*, Mar; 99(3):203-8.
- Davison SP, Myslinski NR (1990). Shade selection by color vision-defective dental personnel. *J Prosthet Dent*, Jan;63(1):97-101.
- Denry I, Kelly JR (2008). State of the art of zirconia for dental applications. *Dent Mater*, Mar;24(3):299-307.
- Devigus A, Lombardi G (2004). Shading Vita In-ceram YZ substructures: influence on value and chroma, part II. *Int J Comput Dent*, Oct;7(4):379-88.
- Eldiwany M, Friedl KH, Powers JM (1995). Color stability of light-cured and post-cured composites. *Am J Dent*, Aug;8(4):179-81.
- Glauser R, Sailer I, Wohlwend A, Studer S, Schibli M, Schärer P (2004). Experimental zirconia abutments for implant-supported single-tooth restorations in esthetically demanding regions: 4-year results of a prospective clinical study. *Int J Prosthodont*, May-Jun;17(3):285-90.
- Heydecke G, Butz F, Hussein A, Strub JR (2002). Fracture strength after dynamic loading of endodontically treated teeth restored with different post-and-core systems. *J Prosthet Dent*, Apr;87(4):438-45.
- Huang H, Zhang FQ, Sun J, Gao L (2006). Effect of three kinds of rare earth oxides on chromaticity and mechanical properties of zirconia ceramic. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*, Jun;41(6):327-30.
- Koutayas SO, Kakaboura A, Hussein A, Strub JR (2003). Colorimetric evaluation of the influence of five different restorative materials on the color of veneered densely sintered alumina. *J Esthet Restor Dent*, 15(6):353-60.
- Luthardt R, Weber A, Rudolph H, Schöne C, Quaas S, Walter M (2002). Design and production of dental prosthetic restorations: basic research on dental CAD/CAM technology. *Int J Comput Dent*, Apr-Jul; 5(2-3):165-76.
- Meyenberg KH, Lüthy H, Schärer P (1995). Zirconia posts: a new all-ceramic concept for nonvital abutment teeth. *J Esthet Dent*, 7(2):73-80.
- O'Brien WJ, Groh CL, Boenke KM (1989). One-dimensional color order system for dental shade guides. *Dent Mater*, Nov;5(6):371-4.
- O'Brien WJ, Groh CL, Boenke KM (1990). A new, small-color-difference equation for dental shades. *J Dent Res*, Nov;69(11):1762-4.
- O'Brien WJ, Kay KS, Boenke KM, Groh CL (1991). Sources of color variation on firing porcelain. *Dent Mater*, Jul;7(3):170-3.
- Oh SC, Lee HH, Lee IK, Shin MR (2007). Flexure Strength of Various Colored and Uncolored Zirconia Ceramics for All-Ceramic Restoration. *J Korean Acad Stomato Func Occ*, 23;119-30.
- Sahin V, Uludag B, Usumez A, Ozkir SE (2010). The effect of repeated firings on the color of an alumina ceramic system with two different veneering porcelain shades. *J Prosthet Dent*, Dec;104(6):372-8.
- Seghi RR, Johnston WM, O'Brien WJ (1986). Spectrophotometric analysis of color differences between porcelain systems. *J Prosthet Dent*, Jul;56(1):35-40.
- Shah K, Holloway JA, Denry IL (2008). Effect of coloring with various metal oxides on the microstructure, color, and flexural strength of 3Y-TZP. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*, Nov;87(2):329-37.
- Spear F, Holloway J (2008). Which all-ceramic system is optimal for anterior esthetics? *J Am Dent Assoc*, Sep;139 Suppl:19S-24S.
- Suárez MJ, Lozano JF, Paz Salido M, Martínez F (2004). Three-year clinical evaluation of In-Ceram Zirconia posterior FPDs. *Int J Prosthodont*, Jan-Feb; 17(1):35-8.
- Sundh A, Sjögren G (2006). Fracture resistance of all-ceramic zirconia bridges with differing phase stabilizers and quality of sintering. *Dent Mater*, Aug;22(8):778-84.
- Uludag B, Usumez A, Sahin V, Eser K, Ercoban E (2007). The effect of ceramic thickness and number of firings on the color of ceramic systems: an in vitro study. *J Prosthet Dent*, Jan;97(1):25-31.
- Yan G, Qiang ZF, Hui H, Yuan LZ, Ying L (2008). Sintering behavior of Y-doped ZrO<sub>2</sub> ceramics: the effect of additive rare earth oxides. *J Ceram Process Res*, 14:270-6.