creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

치의과학박사 학위논문

레진시멘트 색상이 유치용 지르코니아 크라운의 색상과 투명도에 미치는 영향

2019년 2월

서울대학교 대학원
치의과학과 치과생체재료과학 전공
하 현 승

레진시멘트 색상이 유치용 지르코니아 크라운의 색상과 투명도에 미치는 영향

지도교수 이 상 훈

이 논문을 치의과학박사 학위논문으로 제출함

2018년 11월

서울대학교 대학원

치의과학과 치과생체재료과학 전공

하 현 승

하현승의 박사 학위논문을 인준함

2018년 12월

위 원 장	임 범 순	(인)
부위원장	이 상 훈	(인)
위 원	안 진 수	(인)
위 원	김 석 영	(인)
위 원	권 오 형	(인)

국문 초록

레진시멘트 색상이 유치용 지르코니아 크라운의 색상과 투명도에 미치는 영향

서울대학교 대학원 치의과학과 치과생체재료과학 전공 하현승
(지도교수 이 상 훈)

본 연구에서는 레진시멘트 색상이 유치용 지르코니아 크라운의 색상과 투명도에 미치는 영향을 평가했다. 지르코니아 시편은 NuSmile 사의 저투명성(NuSmile® ZR Zirconia LT Shade, LT)과 고투명성(NuSmile® ZR Zirconia HT Shade, HT) 지르코니아를 사용했다. 레진시멘트 시편은 색상이 서로 다른 RelyX™ U200 TR, A2 및 A3O (TR, A2, A3O) 세 가지를 사용했다. 지르코니아와 레진시멘트 시편은 디스크형(직경 5 mm, 두께 1 mm)으로 각 조건 당 다섯 개씩 제작했다. 지르코니아와 레진시멘트 시편의 단독 색조를 평가하기 위해 분광 광도계를 사용해 검은색과 흰색 배경에서 지르코니아와 레진시멘트의 CIE $L^*a^*b^*$ 값을 각각 측정했다. 그 후 레진시멘트의 색상이 지르코니아의 색상에 미치는 영향을 평가하기 위해 지르코니아 하방에 레진시멘트를 겹친 조건에서 색조를 측정했다. 레진시멘트 색상이 지르코니아의 색상에 미치는 영향은 측

정된 값을 이용해, 반투명도(TP, translucency parameter), 대조비(CR, contrast ratio) 및 색차(ΔE^*_{ab})를 계산해 평가했다. 각 변수에 대한 평균값과 표준편차는 동일한 실험군에서 CIE $L^*a^*b^*$ 값을 3 회씩 측정하여 구했다. 실험군의 통계적 유의성은 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)과 Tukey-multiple comparisons test 로 검증했다. 그 결과, LT 와 HT 지르코니아 모두 지르코니아 하방에 레진시멘트를 겹친 조건일 때는 단독 조건일 때에 비해 반투명도는 감소하였고, 대조비는 증가하였다. 또한 지르코니아 하방에 레진시멘트를 겹친 조건에서 측정한 반투명도는 HT 지르코니아가 LT 지르코니아보다 동일한 레진시멘트 조건에서 모두 큰 값을 보였다. 검은색 배경에서 지르코니아 단독 조건과 지르코니아 하방에 레진시멘트 시편을 겹친 조건과의 색차는 색변화를 인지할 수 없었다. 흰색 배경에서 지르코니아 단독 조건과 지르코니아 하방에 레진시멘트 시편을 겹친 조건과의 색차는 LT 지르코니아 경우 LT/A2 조합에서만 색변화를 임상적으로 허용할 수 없었으나, HT 지르코니아 경우는 모든 조합에서 색변화를 임상적으로 허용할 수 없었다. 동일한 레진시멘트를 겹친 조건에서 지르코니아 단독 조건과 지르코니아 하방에 레진시멘트 시편을 겹친 조건과의 색차는 HT 지르코니아가 LT 지르코니아보다 큰 값을 보였다. 본 연구의 한계 내에서 HT 지르코니아는 LT 지르코니아보다 레진시멘트의 색상에 의해 색변화가 더 많이 발생할 수 있음을 알 수 있었다. 지르코니아의 색상에 최소한의 변화를 주는 레진시멘트의 색상은 A3O 였다. 이는 A3O 레진시멘트가 TR 과 A2 레진시멘트에 비해 L^*값과 b^*값이 크며 불투명한 성질이 있기 때문이라고 생각된다. 따라서, 유치용 지르코니아 크라운을 치아에 접착할 때 특히 고투명성 지르코니아 경우에는 레진시멘트의 색상과 불투명성을 고려해야한다.

주요어 : 지르코니아, 대조비, 레진시멘트, 반투명도, 색차
학 번 : 2012-31201

목 차

Ⅰ. 서 론 ····· 1

Ⅱ. 연구재료 및 방법 ····· 4
1. 시편 제작 ····· 4
2. 색조 측정 ····· 6
3. 반투명도(TP), 대조비(CR) 및 색차(ΔE^*_{ab}) 계산 ····· 8
4. 통계 분석 ····· 9

Ⅲ. 연구 결과 ····· 10

Ⅳ. 고 찰 ····· 23

Ⅴ. 결 론 ····· 29

참고문헌 ····· 30

Abstract ····· 35

그림 및 표 목차

Figure 1. ····· 5
(a) zirconia disk, (b) resin disk and silicon impression material template.

Figure 2. ····· 7
Spectrophotometer (CM3500-d) used for measuring color and translucency.

Figure 3. ····· 16
Contrast ratios of zirconia and resin cements as a function of wavelength.

Figure 4. ····· 17
Contrast ratios of the combination of LT zirconia and resin cements as a function of wavelength.

Figure 5. ····· 18
Contrast ratios of the combination of HT zirconia and resin cements as a function of wavelength.

Table 1. ····· 10
Means and standard deviations of CIE $L^*a^*b^*$ values for zirconia and resin cements on a black background

Table 2. ····· 11
Means and standard deviations of CIE $L^*a^*b^*$ values for zirconia and resin cements on a white background

Table 3. ····· 12
Means and standard deviations of CIE $L^*a^*b^*$ values for the combination of zirconia and resin cements on a black background

Table 4. ····· 13
Means and standard deviations of CIE $L^*a^*b^*$ values for the combination of zirconia and resin cements on a white background

Table 5. ····· 14
Means and standard deviations of translucency parameter (TP) values for zirconia and resin cements, respectively

Table 6. ····· 15
Means and standard deviations of translucency parameter (TP) values for the combination of zirconia and resin cements, respectively

Table 7. ····· 19
Means of ΔE^*_{ab} values between LT zirconia and resin cements on a black and white background

Table 8. ····· 20
Means of ΔE^*_{ab} values between HT zirconia and resin cements on a black and white background

Table 9. ····· 22
Means and standard deviations of ΔE^*_{ab} values between zirconia and the combination of zirconia and resin cements on a black and white background

Ⅰ. 서 론

치과재료는 내구성, 정확도, 생체친화성 등이 요구되며, 현재에 이르러서는 심미성이 강조되고 있다. 심미성을 선호하는 성인치료에 있어서 도재수복물은 금속도재, 전부도재 크라운을 거쳐 지르코니아 크라운까지 발전되어 왔다.

금속도재 크라운은 금속 코핑이 보일 수 있고, 불투명해서 자연치 색상 재현이 어려웠다.[1] 따라서, 우수한 심미성을 가진 전부도재 크라운이 개발되었고, 전치부 수복에 많이 사용되었다.[2,3] 하지만 이는 마진 적합성이 떨어지고, 인장 강도와 파괴 인성이 부족하여 균열이 쉽게 전파되는 기계적 단점이 있었다.[4,5] 따라서 점차적으로 심미성과 기계적 성질 모두를 가지고 있는 크라운 재료에 대한 요구에 의해 지르코니아 크라운이 개발됐다.[6,7] 지르코니아 크라운은 심미적이고 높은 강도와 우수한 내구성을 보인다. 또한 뛰어난 생체친화성이 있으며 CAD/CAM 시스템을 이용할 수 있어서 많은 관심을 받고 있다.[8,9] 지르코니아 크라운은 두 가지 방법으로 이용되고 있는데 하나는 지르코니아 코어 위에 포세린 비니어링을 하는 방법이다. 이는 자연치 색상 재현은 우수하나 치핑이 발생하기 쉽다.[10-12] 다른 한 가지는 지르코니아 자체로 크라운을 만드는 방법이다. 이는 수복물의 두께 조절이 쉽고, 치핑 발생률 및 제작 비용과 시간을 감소시킬 수 있다.[13]

지르코니아를 포함한 모든 도재 수복물의 심미성은 색상, 투명도, 형광, 표면 질감, 형태 등의 영향을 받는다.[14] 투명도와 색상은 자연치와 수복물을 일치시킬 때 중요한 요소다.[15] 투명도는 탁한 매질을 통해 재료 표면에서 발생하는 확산 반사나 투과되는 빛의 상대적 양이다.[16] 투명도는 도재 수복물의 두께와 반비례하지만 투명도를 높이기 위해 도재의 두께를 감소시키면 도재 수복물의 강도가 저하되는 문제가 있다.[17] 하지만 여러 가지 도재 수복물 중 지르코니아는 다른 도재에 비해 뛰어난 기계

적 물성을 갖고 있으므로 이는 최소 두께로 감소시켜도 수복물로서 사용 가능한 수준의 기계적 성질을 보여준다.[18-20]

지르코니아는 흰색을 띠며, 반투명한 성질을 가지고 있지만[15] 자연치나 다른 전부도재 크라운에 비해 불투명하다.[17] 이를 개선하기 위해 기공율을 줄이고,[21] 입자크기를 감소시키며,[13] 등축정상(cubic phase)의 양을 증가시키는 방법이[22] 이용된다. 지르코니아의 투명도를 높일 경우 장점은 색상 재현성이 개선되고 광중합 시멘트의 중합률을 증가시킬 수 있다.[23] 반면, 단점은 지르코니아 수복물의 하방에 위치하는 물질에 따라 지르코니아의 색상이 영향을 받을 가능성이 커진다. 따라서, 지르코니아를 포함한 도재 수복물의 최종색은 수복물의 두께, 시멘트의 두께와 색상, 하방 치아의 색상 등에 의해 영향을 받을 수 있다.[24]

최근 치아에 대한 심미적 욕구는 성인뿐만 아니라 소아에서도 높아지고 있다. 소아 전치부 치아우식의 치료에서 우식 부위가 작은 경우 레진 충전술을 이용하지만 우식 부위가 광범위거나 치수절제술이 필요한 경우에는 유치관을 이용한다. 기존 소아 전치부에 사용되는 유치관은 개창금속관(open face stainless steel crown), 셀룰로이드 크라운 형태(celluloid crown form)를 이용한 레진관 등이 있다. 개창금속관은 기계적 특성과 내구성은 우수하지만 금속이 비춰보이므로 심미성이 떨어진다. 셀룰로이드 크라운 형태를 이용한 레진관은 형태 수정이 용이하고 심미적으로 우수하나, 사용 중 변색될 수 있으며 기계적 특성이 부족하여 파절 가능성이 높다.[25,26] 최근에는 기존 유치관의 단점을 극복한 지르코니아 크라운이 사용되고 있다.

성인의 경우 지르코니아 크라운의 두께는 술자의 치아 삭제량에 따라 달라지는데 이 때 지르코니아 크라운의 접착을 위해 사용되는 시멘트의 두께는 50~100 ㎛ 범위를 갖는다.[27] 이에 반해 소아에 적용되는 유치용 지르코니아 크라운은 크라운의 크기에 맞춰 유치를 삭제한 후 시멘트로 접착하는 방식이므로, 사용되는 시멘트의 양은 술자의 치아 삭제량에 따라 달라진다. 따라서, 이 때 시멘트 색상이 유치용 지르코니아 크라운의

색상에 미치는 영향은 성인의 경우보다 오히려 클 수 있다. 실제, 유치용 지르코니아 크라운과 시멘트 종류에 따른 색조를 한국인 어린이 유전치 평균 색조와 비교한 연구가 보고된 바 있다.[28] 이 때 상악 유전치 색조와 유사한 유치용 지르코니아 크라운과 시멘트 조합으로 Zirkiz™ crown과 Fujicem2™ cement 조합, NuSmile® ZR Zirconia LT Shade와 RelyX™ U200 A2 조합이 제시된 바 있다. 즉, 유전치 색상과 유치용 지르코니아 크라운/시멘트 조합 색상과의 비교 연구는 있었으나, 시멘트의 색상이 유치용 지르코니아 크라운의 색상에 미치는 영향에 관한 연구는 아직까지 보고된 바 없다.

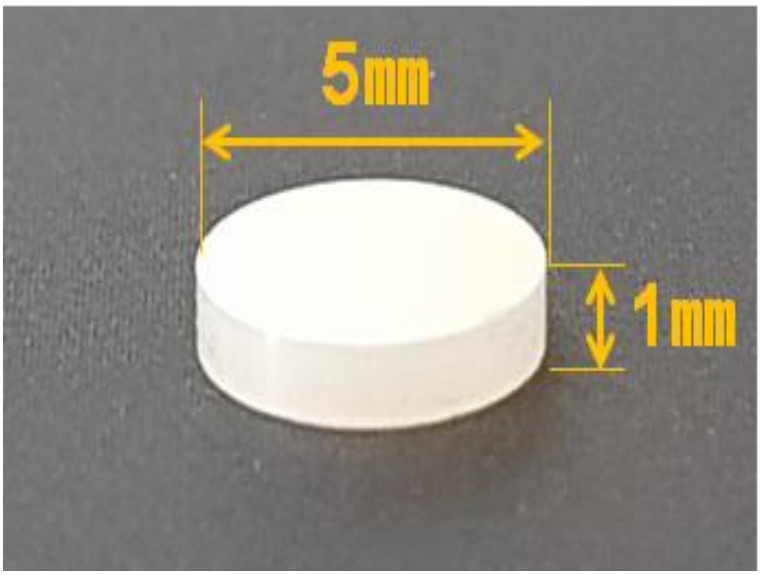
본 연구에서는 레진시멘트의 색상이 유치용 지르코니아 크라운의 색상과 투명도에 미치는 영향을 알아보았다. 실험에는 유치용 지르코니아 크라운/시멘트와 한국 어린이 유전치 평균 색조 비교 연구에서 유전치 평균 색조와 유사한 결과를 보인 NuSmile® ZR Zirconia와 RelyX™ U200 레진시멘트 조합을 사용했다. 이들의 색조 평가는 분광 광도계를 사용했으며 검은색과 흰색 배경에서 각각 CIE $L^*a^*b^*$값을 측정했다. 그 후 측정된 값을 이용해 반투명도(TP, translucency parameter), 대조비(CR, contrast ratio) 및 색차(ΔE^*_{ab})를 계산하여 레진시멘트의 색상이 유치용 지르코니아 크라운의 색상과 투명도에 미치는 영향을 평가했다.

Ⅱ. 연구재료 및 방법

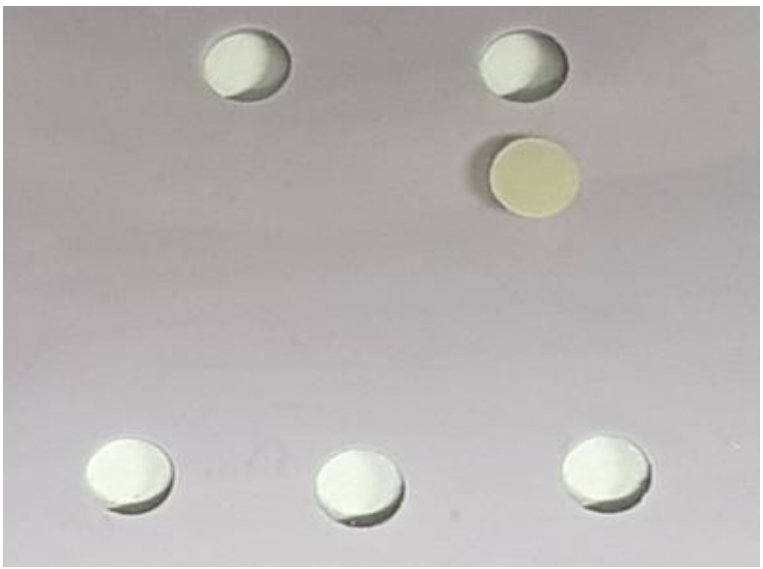
Ⅱ-1. 시편 제작

지르코니아 시편은 저투명성(NuSmile® ZR Zirconia LT Shade, NuSmile, USA)과 고투명성(NuSmile® ZR Zirconia HT Shade, NuSmile, USA) 두 가지를 사용했다. NuSmile (Taxas, USA)사와 업무협약하여 유치용 지르코니아 크라운을 제작하는 HASS(Gangneung, South Korea)사에 시편 제작을 의뢰하였다. 3Y-TZP (3mol% Yttria-tetragonal zirconia polycrystal)를 원료로 가압성형 한 후 1500℃에서 2시간 동안 상압 소결하여 디스크형 시편(직경 5 mm, 두께 1 mm)을 제작하였다. 그 후, 시판되는 유치용 지르코니아 크라운과 동일하게 외측면을 연마해 사용했다. 시편은 저투명성과 고투명성 시편을 각각 다섯 개씩 제작했다. Figure 1. (a)는 지르코니아 시편을 보여주고 있다.

레진시멘트는 RelyX™ U200 Automix (3M ESPE, USA)로 자가-접착 레진시멘트를 사용했다. 색상은 TR, A2 및 A3O 세 가지를 사용했다. 레진시멘트 역시 디스크형(직경 5 mm, 두께 1 mm)으로 제작해 사용했다. 이는 1 mm 두께의 슬라이드글라스를 이용하여 판상의 실리콘 고무 인상재를 제작한 다음, 직경 5 mm 티슈 펀치로 천공하여 실리콘 고무 인상재 템플릿을 완성했다. 그 후 디스크형 레진시멘트는 두 장의 슬라이드글라스 사이에 템플릿을 놓고 구멍 안에 레진시멘트를 충전한 다음, 제조사의 설명에 따라 슬라이드글라스 양면에서 광중합기(Elipar Freelight, 3M ESPE, USA)로 각각 20초간 광조사하여 제작했다. 레진시멘트 시편은 색상 별로 각각 다섯 개씩 제작해 사용했다. Figure 1. (b)는 레진시멘트 시편과 실리콘 고무 인상재 템플릿을 보여주고 있다.



(a) zirconia disk



(b) resin disk and silicon impression material template

Figure 1. (a) zirconia disk, (b) resin disk and silicon impression material template.

Ⅱ-2. 색조 측정

시편의 색조는 분광 광도계(CM-3500d, Minolta, Japan)를 사용하여 CIE $L^*a^*b^*$ 값을 측정했다. 광원은 CIE (Commission Internationale de l'Eclairage)와 ISO (International Organization of Standardization)에서 사용되는 표준광원 D65로 확산 조명을 사용했고, 3 mm 직경 측정구와 CIE 10° 표준 관측자를 이용하여 반사광을 측정했다 (확산 조명/8° 시야각). 단독 조건과 지르코니아 하방에 레진시멘트를 겹친 조건에서 시편당 각각 3회씩 측정했다. Figure 2는 색조 측정에 사용된 분광 광도계를 보여주고 있다.

CIE $L^*a^*b^*$ 값은 각각 검은색(L^* = 0.10 ± 0.02, a^* = 0.01 ± 0.02, b^* = 0.02 ± 0.02)과 흰색(L^* = 98.68 ± 0.06, a^* = −0.21 ± 0.02, b^* = −0.35 ± 0.02) 배경에서 정반사광 포함(SCI, Specular Component Included) 방식으로 측정했다. 지르코니아 하방에 레진시멘트를 겹친 조건에서 측정 시에는 시편 상호간의 완전한 밀착을 위해 굴절율이 1.5150인 액침유(immersion oil, Type B; Cargille Lab., USA)를 재료 사이에 도포하여 빛의 누출과 산란이 최소화 되도록 했다.

단독 조건과 지르코니아 하방에 레진시멘트를 겹친 조건에서 시편의 색조를 검은색과 흰색 배경으로 각각 평가했다. 검은색 배경은 구강이나 변색치, 금속 포스트 코어 등을 나타낼 수 있고, 흰색 배경은 법랑질이나 상아질, 상아질색의 포스트 코어 등을 나타낼 수 있다.[29,30]

단독 조건에서 지르코니아는 LT와 HT로, 레진시멘트는 TR, A2 및 A3O로 표시했고, 지르코니아 하방에 레진시멘트를 겹친 조건은 LT/TR, LT/A2, LT/A3O, HT/TR, HT/A2 및 HT/A3O와 같이 지르코니아 종류 뒤에 레진시멘트 색상명을 붙여 표시했다.

Figure 2. Spectrophotometer (CM-3500d) used for measuring color and translucency.

Ⅱ-3. 반투명도(TP), 대조비(CR) 및 색차(ΔE^*_{ab}) 계산

반투명도(TP, translucency parameter)는 식 (1)로 계산하였다.[31]

$$TP = \sqrt{(L^*_B + L^*_W)^2 + (a^*_B + a^*_W)^2 + (b^*_B + b^*_W)^2} \quad (1)$$

이때 반투명도는 검은색과 흰색 배경에서 각각 측정한 CIE $L^*a^*b^*$ 값 차이로 결정된다. 반투명도가 0이면 완전 불투명하고, 반투명도가 증가할수록 더 투명해지는 것을 의미한다.

대조비(CR, contrast ratio)는 불투명도를 나타내는 지수이며 식 (2)로 400-700 ㎚파장에서 계산하였다.[32,33]

$$CR = \frac{Y_B}{Y_W} \quad (2)$$

Y_B는 검은색 배경에서 측정한 분광 반사율, Y_W는 흰색 배경에서 측정한 분광 반사율이다. 대조비가 0이면 투명하고, 1이면 불투명한 것을 의미한다.

색을 객관적으로 표기하기 위해 CIE LAB 표색계가 사용된다.[34] 두 물체의 색차(ΔE^*_{ab})는 측정된 CIE $L^*a^*b^*$ 값을 이용하여 계산되며 색상 공간에서 두 색상 사이의 최소 거리를 의미한다. 이러한 객관적인 수치가 실제 임상에서는 관찰자가 색차를 인지하거나 임상적으로 허용할 수 있는 정도에 따라 달라진다. 50%의 관찰자가 색변화를 인지할 수 있는 색차는 2.6이고 50%의 관찰자가 색변화를 허용할 수 있는 색차는 5.5라고 보고된 바 있다[35]. 이는 $\Delta E^*_{ab}>2.6$일 때 50%의 관찰자가 치아와 인접 수복물 간의 색상차이를 인지할 수 있는 것을 의미하고, $\Delta E^*_{ab}<5.5$일 때 50%의 관찰자가 수복물로서 임상적으로 색상차이를 허용할 수 있는 것

을 의미한다. 지르코니아 단독 조건과 지르코니아 하방에 레진시멘트를 겹친 조건과의 색차는 식 (3)으로 계산하였다.[34]

$$\triangle E_{ab}^{*} = \sqrt{(\triangle L^{*})^{2} + (\triangle a^{*})^{2} + (\triangle b^{*})^{2}} \quad (3)$$

$\triangle L^{*}$값은 명도 차이, $\triangle a^{*}$값은 적/녹색 정도의 차이, $\triangle b^{*}$값은 황/청색 정도의 차이를 나타낸다. L^{*}값은 0에서 100까지 범위를 갖는다. a^{*}값은 양의 값은 적색을, 음의 값은 녹색을 나타내며 -90에서 70까지 범위를 갖는다 . b^{*}값은 양의 값은 황색을, 음의 값은 청색을 나타내며 -80에서 100까지 범위를 갖는다.[34]

Ⅱ-4. 통계 분석

통계분석은 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 이용하였고 Tukey-multiple comparisons test로 사후검증했다. Winks SDA 6.04 (TexaSoft, USA)을 이용하였고, 유의수준 $p<0.05$로 하였다.

Ⅲ. 연구 결과

Table 1은 검은색 배경에서 지르코니아와 레진시멘트의 색조를 단독으로 측정하여 얻은 CIE $L^*a^*b^*$ 값의 평균과 표준편차를 나타내었다. 지르코니아의 경우 명도를 나타내는 L^*값은 HT 지르코니아가 LT 지르코니아보다 작았으나, 적/녹색의 정도를 나타내는 a^*값은 HT 지르코니아가 LT 지르코니아보다 컸다. 황/청색의 정도를 나타내는 b^*값은 유의한 차이가 없었다($p<0.05$). 레진시멘트의 경우 명도를 나타내는 L^*값은 A3O 레진시멘트가 TR과 A2 레진시멘트보다 컸으나, 적/녹색의 정도를 나타내는 a^*값은 레진시멘트 간 차이가 크지 않았다. 황/청색의 정도를 나타내는 b^*값은 레진시멘트 간 상이하였다($p<0.05$).

Table 1. Means and standard deviations of CIE $L^*a^*b^*$ values for zirconia and resin cements on a black background

Specimens		L^*	a^*	b^*
Zirconia	LT	69.17 ± 0.55^{A}	-2.15 ± 0.28^{A}	2.64 ± 0.54^{A}
	HT	62.17 ± 0.32^{B}	-1.86 ± 0.02^{B}	2.32 ± 0.06^{A}
Resin cements	TR	51.28 ± 0.50^{C}	-1.66 ± 0.03^{C}	-4.12 ± 0.19^{B}
	A2	49.36 ± 0.98^{D}	-1.42 ± 0.06^{D}	-0.92 ± 0.18^{C}
	A3O	69.61 ± 1.44^{E}	-2.10 ± 0.17^{E}	5.18 ± 0.73^{D}

Note: Same superscript letters within same column represent no significant difference ($p>0.05$).

Table 2는 흰색 배경에서 지르코니아와 레진시멘트의 색조를 단독으로 측정하여 얻은 CIE $L^*a^*b^*$ 값의 평균과 표준편차를 나타내었다. 지르코니아의 경우 명도를 나타내는 L^*값은 HT 지르코니아가 LT 지르코니아보다 작았으나, 적/녹색의 정도를 나타내는 a^*값은 HT 지르코니아가 LT 지르코니아보다 컸다. 황/청색의 정도를 나타내는 b^*값은 유의한 차이가 없었다($p<0.05$). 레진시멘트의 경우 명도를 나타내는 L^*값과 황/청색의 정도를 나타내는 b^*값은 A3O 레진시멘트가 TR과 A2 레진시멘트보다 컸다. 적/녹색의 정도를 나타내는 a^*값은 레진시멘트 간 상이하였다($p<0.05$).

Table 2. Means and standard deviations of CIE $L^*a^*b^*$ values for zirconia and resin cements on a white background

Specimens		L^*	a^*	b^*
Zirconia	LT	73.36 ± 0.49^{A}	-1.78 ± 0.28^{A}	6.74 ± 0.58^{A}
	HT	68.07 ± 0.43^{B}	-1.50 ± 0.03^{B}	6.99 ± 0.15^{A}
Resin cements	TR	65.54 ± 0.28^{C}	-1.00 ± 0.12^{C}	2.91 ± 0.20^{B}
	A2	63.39 ± 0.29^{D}	0.17 ± 0.11^{D}	8.58 ± 0.33^{C}
	A3O	74.28 ± 1.00^{E}	-0.18 ± 0.24^{E}	10.97 ± 0.48^{D}

Note: Same superscript letters within same column represent no significant difference ($p>0.05$).

Table 3은 검은색 배경에서 지르코니아 하방에 레진시멘트를 겹친 조건의 색조를 측정하여 얻은 CIE $L^*a^*b^*$ 값의 평균과 표준편차를 나타내었다. LT 지르코니아의 경우 LT/TR과 LT/A2 조합에서 적/녹색의 정도를 나타내는 a^*값과 황/청색의 정도를 나타내는 b^*값은 유사하였고, 명도를 나타내는 L^*값은 유의한 차이를 보였다($p<0.05$). LT/A3O 조합에서 황/청색의 정도를 나타내는 b^*값이 다른 레진시멘트를 겹친 조건보다 유의하게 컸다($p<0.05$). HT 지르코니아의 경우 HT/A3O 조합에서 명도를 나타내는 L^*값과 황/청색의 정도를 나타내는 b^*값이 다른 레진시멘트를 겹친 조건보다 유의하게 컸다($p<0.05$).

Table 3. Means and standard deviations of CIE $L^*a^*b^*$ values for the combination of zirconia and resin cements on a black background

Zirconia / Resin cements	L^*	a^*	b^*
LT/TR	68.24 ± 0.49^{A}	-2.43 ± 0.30^{A}	1.59 ± 0.59^{A}
LT/A2	67.76 ± 0.60^{B}	-2.40 ± 0.30^{A}	1.42 ± 0.53^{A}
LT/A3O	69.36 ± 0.44^{C}	-2.15 ± 0.31^{B}	3.17 ± 0.60^{B}
HT/TR	60.67 ± 0.30^{D}	-2.21 ± 0.03^{C}	1.04 ± 0.14^{C}
HT/A2	60.40 ± 0.33^{D}	-2.03 ± 0.03^{D}	1.13 ± 0.20^{C}
HT/A3O	62.58 ± 0.33^{E}	-1.80 ± 0.05^{E}	3.15 ± 0.25^{D}

Note: Same superscript letters within same column represent no significant difference ($p>0.05$).

Table 4은 흰색 배경에서 지르코니아 하방에 레진시멘트를 겹친 조건의 색조를 측정하여 얻은 CIE $L^*a^*b^*$ 값의 평균과 표준편차를 나타내었다. LT 지르코니아의 경우 LT/TR과 LT/A2 조합에서 황/청색의 정도를 나타내는 b^*값은 유사하였고, 명도를 나타내는 L^*값과 적/녹색의 정도를 나타내는 a^*값은 유의한 차이를 보였다($p<0.05$). LT/A3O 조합에서는 황/청색의 정도를 나타내는 b^*값이 다른 레진시멘트를 겹친 조건보다 유의하게 컸다($p<0.05$). HT 지르코니아의 경우 HT/A3O 조합에서 황/청색의 정도를 나타내는 b^*값이 다른 레진시멘트를 겹친 조건보다 유의하게 컸다($p<0.05$).

Table 4. Means and standard deviations of CIE $L^*a^*b^*$ values for the combination of zirconia and resin cements on a white background

Zirconia / Resin cements	L^*	a^*	b^*
LT/TR	69.40 ± 0.40^{A}	-2.19 ± 0.31^{A}	2.96 ± 0.47^{A}
LT/A2	68.82 ± 0.52^{B}	-1.90 ± 0.31^{B}	2.91 ± 0.44^{A}
LT/A3O	70.02 ± 0.39^{C}	-1.63 ± 0.33^{C}	4.05 ± 0.41^{B}
HT/TR	62.71 ± 0.37^{D}	-1.88 ± 0.06^{D}	3.10 ± 0.29^{C}
HT/A2	61.43 ± 0.81^{E}	-1.49 ± 0.08^{E}	3.21 ± 0.40^{C}
HT/A3O	63.00 ± 0.65^{D}	-1.15 ± 0.10^{F}	4.55 ± 0.47^{D}

Note: Same superscript letters within same column represent no significant difference ($p>0.05$).

Table 5는 지르코니아와 레진시멘트의 색조를 검은색과 흰색 배경에서 각각 단독으로 측정하여 계산한 반투명도(TP)의 평균과 표준 편차를 나타내었다. 반투명도는 각 실험군이 유의한 차이를 보였는데($p<0.05$), LT 지르코니아가 5.88 ± 0.16으로 최소값을 보였고, A2 레진시멘트가 17.02 ± 0.88로 최대값을 보였다($p<0.05$). A3O 레진시멘트의 반투명도는 7.69 ± 0.53으로 HT 지르코니아의 반투명도인 7.54 ± 0.16와 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p<0.05$).

Table 5. Means and standard deviations of translucency parameter (TP) values for zirconia and resin cements, respectively

Specimens		TP
Zirconia	LT	5.88 ± 0.16^{A}
	HT	7.54 ± 0.16^{B}
Resin cements	TR	15.92 ± 0.57^{C}
	A2	17.02 ± 0.88^{D}
	A3O	7.69 ± 0.53^{B}

Note: Same superscript letters within same column represent no significant difference ($p>0.05$).

Table 6은 지르코니아 하방에 레진시멘트를 겹친 조건의 색조를 검은색과 흰색 배경에서 각각 측정하여 계산한 반투명도의 평균과 표준편차를 나타내었다. LT와 HT 지르코니아 모두 지르코니아 하방에 레진시멘트를 겹친 조건의 반투명도는 지르코니아 단독 조건에 비해 유의하게 큰 값으로 감소했다($p<0.05$). 특히, LT/A3O 조합에서 측정한 반투명도가 1.24 ± 0.10으로 최소값을 보였다($p<0.05$).

Table 6. Means and standard deviations of translucency parameter (TP) values for the combination of zirconia and resin cements, respectively

Zirconia / Resin cements	TP
LT/TR	1.82 ± 0.18^{A}
LT/A2	1.89 ± 0.13^{A}
LT/A3O	1.24 ± 0.10^{B}
HT/TR	2.92 ± 0.29^{C}
HT/A2	2.47 ± 0.33^{D}
HT/A3O	1.63 ± 0.30^{E}

Note: Same superscript letters within same column represent no significant difference ($p>0.05$).

가시광선의 파장에 따른 대조비(CR)는 검은색 배경에서 측정한 분광 반사율 Y_B와 흰색 배경에서 측정한 분광 반사율 Y_W을 측정 후 식 (2)에 의해 계산됐다. Figure 3은 지르코니아와 레진시멘트의 색조를 단독으로 측정하여 계산된 대조비를 가시광선의 파장에 따라 나타내었다. 모든 시편에서 측정에 사용한 가시광선의 파장이 증가할수록 대조비는 감소하는 경향을 보였다. HT 지르코니아의 대조비는 LT 지르코니아보다 작은 값을 보였다. TR과 A2 레진시멘트의 대조비는 서로 유사한 모습을 보였으나 LT와 HT 지르코니아보다 작았다. A3O 레진시멘트의 대조비는 TR과 A2 레진시멘트에 비해 월등히 높아 지르코니아와 유사한 값을 보였다.

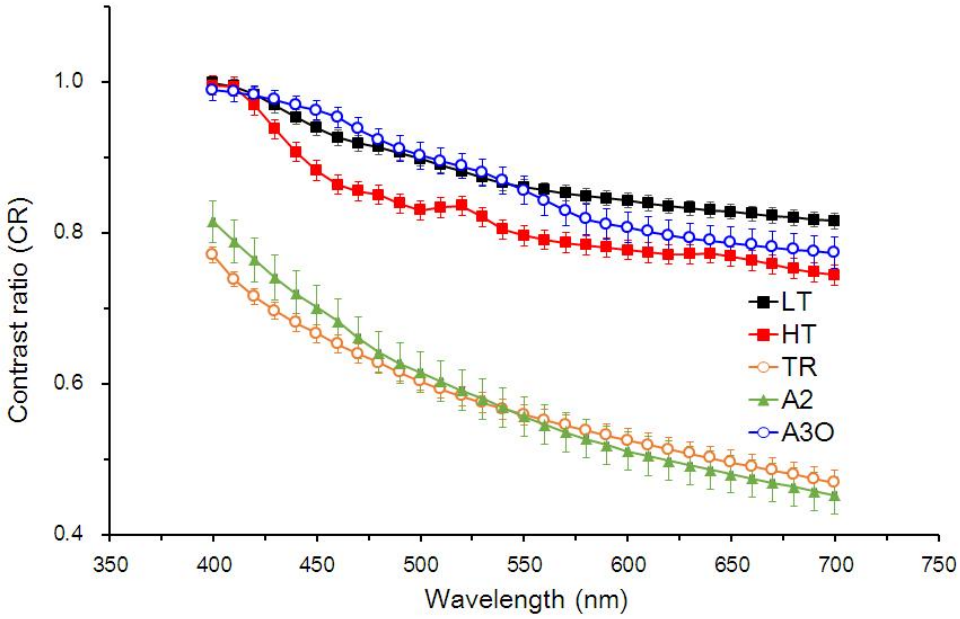


Figure 3. Contrast ratios of zirconia and resin cements as a function of wavelength.

Figure 4는 LT 지르코니아 하방에 세 가지 레진시멘트를 각각 겹친 조건에서 계산된 대조비를 가시광선의 파장에 따라 나타내었다. LT 지르코니아와 레진시멘트의 모든 조합에서 측정에 사용한 가시광선의 파장이 증가할수록 대조비는 감소하는 경향을 보였다. LT 지르코니아와 세 가지 레진시멘트를 각각 겹친 조건의 대조비는 LT 지르코니아 단독 조건에 비해 모두 증가하였고, LT/TR, LT/A2 및 LT/A3O 조합간 유사한 경향을 보였다.

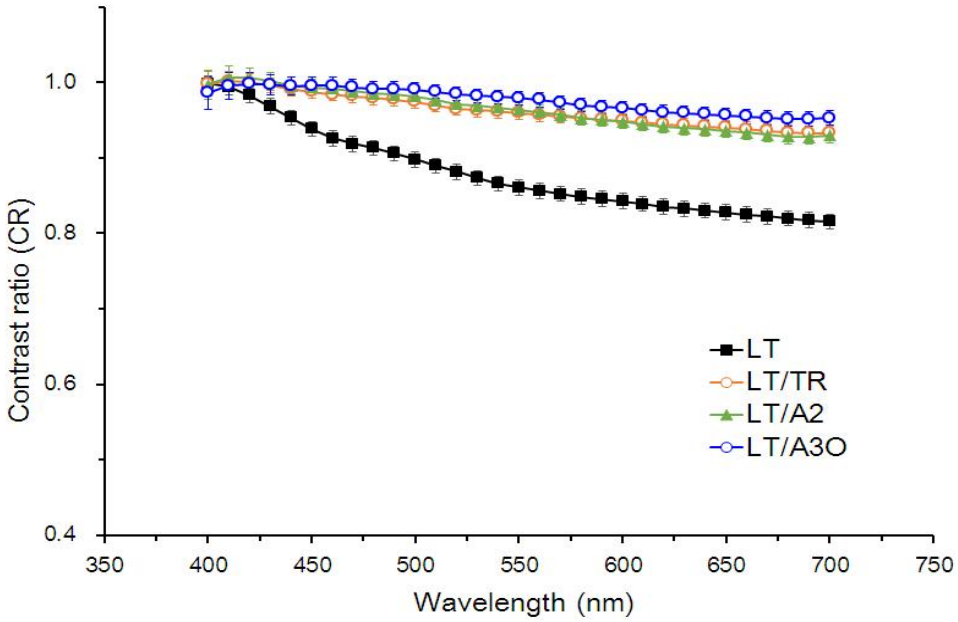


Figure 4. Contrast ratios of the combination of LT zirconia and resin cements as a function of wavelength.

Figure 5는 HT 지르코니아 하방에 세 가지 레진시멘트를 각각 겹친 조건에서 계산된 대조비를 가시광선의 파장에 따라 나타내었다. HT 지르코니아와 레진시멘트의 모든 조합에서도 측정에 사용한 가시광선의 파장이 증가할수록 대조비는 감소하는 경향을 보였다. HT 지르코니아와 세 가지 레진시멘트를 각각 겹친 조건의 대조비는 HT 지르코니아 단독 조건에 비해 모두 증가하였고, HT/A3O 조합의 대조비가 HT/TR과 HT/A2 조합보다 전반적으로 큰 값을 보였다.

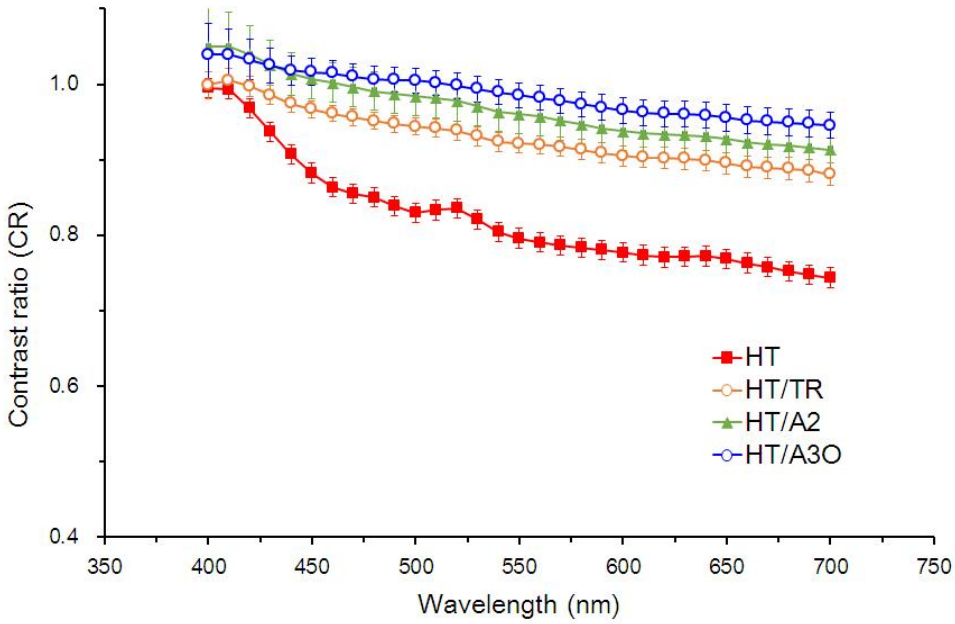


Figure 5. Contrast ratios of the combination of HT zirconia and resin cements as a function of wavelength.

Table 7은 단독 조건에서 LT 지르코니아와 레진시멘트와의 색차(ΔE^*_{ab})의 평균을 나타내었다. 검은색과 흰색 배경 모두에서 LT 지르코니아와 레진시멘트와의 색차는 A3O 레진시멘트에서 각각 2.58, 4.62로 최소값을 보였다.

Table 7. Means of ΔE^*_{ab} values between LT zirconia and resin cements on a black and white background

Zirconia	Resin cements	ΔE^*_{ab}	
		Black background	White background
LT	TR	19.13	8.74
	A2	20.13	10.32
	A3O	2.58	4.62

Table 8은 단독 조건에서 HT 지르코니아와 레진시멘트와의 색차의 평균을 나타내었다. 검은색 배경에서 HT 지르코니아와 레진시멘트와의 색차는 A3O 레진시멘트에서 7.97로 최소값을 보였고, 흰색 배경에서는 TR 레진시멘트에서 4.83으로 최소값을 보였다.

Table 8. Means of ΔE^*_{ab} values between HT zirconia and resin cements on a black and white background

Zirconia	Resin cements	ΔE^*_{ab}	
		Black background	White background
HT	TR	12.66	4.83
	A2	13.22	5.22
	A3O	7.97	7.49

Table 9는 지르코니아 단독 조건과 지르코니아 하방에 레진시멘트를 겹친 조건과의 색차의 평균과 표준편차를 나타내었다. LT 지르코니아의 경우 검은색 배경에서 지르코니아 단독 조건과 지르코니아 하방에 레진시멘트를 겹친 조건과의 색차는 LT/TR 조합에서 1.44 ± 0.11, LT/A2 조합에서 1.89 ± 0.20으로 통계적으로 유의한 차이를 보였고($p<0.05$), LT/A3O 조합에서의 색차는 0.60 ± 0.15로 최소값을 보였다($p<0.05$). 흰색 배경에서 지르코니아 단독 조건과 지르코니아 하방에 레진시멘트를 겹친 조건과의 색차는 검은색 배경에서와 유사하게 LT/A3O 조합에서 4.29 ± 0.20으로 최소값을 보였다($p<0.05$). LT/TR 조합에서 색차는 5.49 ± 0.20, LT/A2 조합에서는 5.94 ± 0.10으로 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p<0.05$).

HT 지르코니아의 경우 검은색 배경에서 지르코니아 단독 조건과 지르코니아 하방에 레진시멘트를 겹친 조건과의 색차는 HT/TR 조합에서 2.01 ± 0.08, HT/A2 조합에서 2.15 ± 0.25으로 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았고($p<0.05$), HT/A3O 조합에서의 색차는 0.94 ± 0.23으로 최소값을 보였다($p<0.05$). 흰색 배경에서 지르코니아 단독 조건과 지르코니아 하방에 레진시멘트를 겹친 조건과의 색차는 검은색 배경에서와 유사하게 HT/A3O 조합에서 5.66 ± 0.33으로 최소값을 보였다($p<0.05$). HT/TR 조합에서 색차는 6.64 ± 0.44, HT/A2 조합에서는 7.65 ± 0.70으로 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p<0.05$).

Table 9. Means and standard deviations of ΔE^*_{ab} values between zirconia and the combination of zirconia and resin cements on a black and white background

Zirconia	Zirconia / Resin cements	ΔE^*_{ab}	
		Black background	White background
LT	LT/TR	1.44 ± 0.11^{A}	5.49 ± 0.20^{A}
	LT/A2	1.89 ± 0.20^{B}	5.94 ± 0.10^{B}
	LT/A3O	0.60 ± 0.15^{C}	4.29 ± 0.20^{C}
HT	HT/TR	2.01 ± 0.08^{D}	6.64 ± 0.44^{D}
	HT/A2	2.15 ± 0.25^{D}	7.65 ± 0.70^{E}
	HT/A3O	0.94 ± 0.23^{E}	5.66 ± 0.33^{F}

Note: Same superscript letters within same column represent no significant difference ($p>0.05$).

Ⅳ. 고 찰

본 연구에서는 레진시멘트의 색상이 유치용 지르코니아 크라운의 색상과 투명도에 미치는 영향을 조사했다. Table 1~4를 살펴보면 LT 지르코니아에서 지르코니아 하방에 레진시멘트를 겹친 조건에서 측정한 CIE $L^*a^*b^*$ 값은 검은색 배경에서 지르코니아 단독 조건에 비해 명도를 나타내는 L^*값, 적/녹색의 정도를 나타내는 a^*값, 황/청색의 정도를 나타내는 b^*값 모두에서 LT/TR과 LT/A2 조합에서 감소했으나 LT/A3O 조합에서는 증가했다. 한편, 흰색 배경에서는 지르코니아 단독 조건에 비해 명도를 나타내는 L^*값과 황/청색의 정도를 나타내는 b^*값은 모두 감소했고, 적/녹색의 정도를 나타내는 a^*값은 LT/TR과 LT/A2 조합에서 감소했으나 LT/A3O 조합에서 증가했다. HT 지르코니아에서 지르코니아 하방에 레진시멘트를 겹친 조건에서 측정한 CIE $L^*a^*b^*$ 값은 검은색 배경에서 지르코니아 단독 조건에 비해 명도를 나타내는 L^*값, 적/녹색의 정도를 나타내는 a^*값 및 황/청색의 정도를 나타내는 b^*값은 HT/TR과 HT/A2 조합에서 감소했으나 HT/A3O 조합에서는 증가했다. 한편 흰색 배경에서는 지르코니아 단독 조건에 비해 명도를 나타내는 L^*값과 황/청색의 정도를 나타내는 b^*값은 세 조합 모두 감소했고, 적/녹색의 정도를 나타내는 a^*값은 세 조합 모두 상이하였다.

지르코니아는 변색된 치질을 차단할 수 있는 불투명 소재이나[36] 치아의 상아질(두께 = 1 mm)과 유사한 반투명도(TP = 16.4)를 가진다고 하였고,[37,38] 검은색 배경을 차단하려면 반투명도가 2 미만이어야 한다는 연구 결과가 보고된 바 있다.[39] 본 연구에서 지르코니아의 반투명도는 LT 지르코니아에서 5.88 ± 0.16, HT 지르코니아에서 7.54 ± 0.16을 보였다. 이는 HT 지르코니아가 LT 지르코니아에 비해 더 투명하다는 것을 의미한다. 또한 LT와 HT 지르코니아의 반투명도가 2 이상으로 검은색 차단 효과를 볼 수 없었다. 이는 지르코니아(Lava Plus, 3M ESPE)의 반투명

도가 치아의 상아질의 반투명도보다는 낮지만 5.5에서 13.5라고 보고한 수치와 유사했다.[40]

Table 5와 6을 살펴보면 LT와 HT 지르코니아 모두 지르코니아 하방에 레진시멘트를 겹친 조건에서 측정한 반투명도는 지르코니아 단독으로 측정한 조건에 비해 감소했다. 이는 지르코니아 하방에 레진시멘트를 겹친 조건이 지르코니아 단독 조건보다 불투명하다는 것을 보여준다. 즉, 지르코니아 하방에 레진시멘트를 겹친 조건의 색차단 능력이 증가함을 의미한다. HT/TR과 HT/A2 조합을 제외한 모든 조합에서 반투명도 2 이하로 검은색 차단을 할 수 있다. 레진시멘트 단독 조건에서 측정한 반투명도는 레진시멘트 색상에 따라 차이가 컸으나, 지르코니아 하방에 레진시멘트를 겹친 조건에서 측정한 반투명도는 레진시멘트 색상에 따라 차이가 크지 않았다. 이는 지르코니아와 레진시멘트를 겹침으로 인해 전체 시편의 두께 증가와 레진시멘트의 불투명 정도가 더해져서 나타난 결과로 보인다. 지르코니아 하방에 레진시멘트를 겹친 조건에서 측정한 반투명도는 HT 지르코니아가 LT 지르코니아보다 동일한 레진시멘트 조건에서 모두 큰 값을 보였다. 이는 지르코니아 하방에 레진시멘트를 겹친 조건에서도 HT 지르코니아가 더 투명하다는 것을 알 수 있었다. 또한 지르코니아 하방에 A3O 레진시멘트를 겹친 경우의 반투명도가 LT와 HT 지르코니아 모두에서 각각 1.24 ± 0.10, 1.63 ± 0.30로 최소값을 보였다. 이는 지르코니아 하방에 A3O 레진시멘트를 겹친 경우가 다른 레진시멘트를 겹친 경우보다 불투명하다는 것을 나타낸다.

도재 수복물에서 기계로 측정한 반투명도와 실제 사람이 관찰했을 때 인지할 수 있는 반투명도 차이와의 관계가 정해진 바 있는데, 대조비 인지역치는 0.07이고 반투명도 인지역치는 2이다. 즉 $\Delta CR>0.07$이거나 $\Delta TP>2$이면 관찰자가 반투명도 차이를 인지할 수 있다.[41,42] 지르코니아 단독 조건과 지르코니아 하방에 레진시멘트를 겹친 조건과의 반투명도 차이는 LT 지르코니아에서 4.06 (LT/TR), 3.99 (LT/A2) 및 4.64 (LT/A3O)였고, HT 지르코니아에서 5.62 (HT/TR), 5.07 (HT/A2) 및

5.91 (HT/A3O)이었다. LT와 HT 지르코니아 모두 지르코니아 하방에 레진시멘트를 겹치면 ΔTP>2이므로 반투명도 변화를 임상적으로 인지할 수 있었다.

한편, LT와 HT 지르코니아 모두 지르코니아 하방에 레진시멘트를 겹친 조건에서 측정한 대조비는 지르코니아 단독으로 측정한 조건에 비해 증가했다. 대조비와 반투명도는 서로 반비례하므로 지르코니아 하방에 레진시멘트를 중첩 시 대조비 증가는 반투명도가 감소되는 것과 일치한다.

검은색 배경에서 지르코니아 단독 조건과 지르코니아 하방에 레진시멘트 시편을 겹친 조건과의 색차는 LT와 HT 지르코니아 모두에서 2.6 이하로 색변화를 인지할 수 없었다. 그 중 HT/A3O 조합에서 색차는 0.94 ± 0.23, LT/A3O 조합에서 색차는 0.60 ± 0.15로 각각 최소값을 보였다. 이는 Tabatabaian 등이 지르코니아의 색상에 미치는 시멘트 타입에 대한 연구에서 Panavia F2.0 시멘트의 경우 색차가 0.94 ± 0.39로 지르코니아에 색변화를 인지할 수 있는 변화를 주지 않았다고 보고한 연구와 일치했다.[43]

흰색 배경에서 지르코니아 단독 조건과 지르코니아 하방에 레진시멘트 시편을 겹친 조건과의 색차는 LT 지르코니아의 경우 LT/TR 조합에서 5.49 ± 0.20으로 색변화를 허용할 수 있는 경계값을 보였고, LT/A2 조합에서 5.94 ± 0.10으로 색변화를 임상적으로 허용할 수 없었다. LT/A3O 조합에서 색차는 4.29 ± 0.20으로 색변화를 인지할 수 있었으나 임상적으로 허용할 수 있었다. 하지만 HT 지르코니아의 경우 모든 조합에서 5.5 이상으로 색변화를 임상적으로 허용할 수 없었으며 HT/A3O 조합에서 색차는 5.66 ± 0.33으로 최소값을 보였다. Malkondu 등의 연구에서 0.6 mm와 1 mm 두께의 지르코니아에서 적용한 시멘트 유형이 흰색 배경에서 지르코니아 수복물의 색상과 반투명도에 영향을 주었으나, 0.6 mm 두께의 지르코니아에서 레진시멘트를 사용한 경우를 제외하고 임상적으로 허용할 수 없는 색변화는 없었다고 보고한 결과와 차이가 있었

다.[44] Malkondu 등의 실험에서는 레진시멘트의 두께가 0.1 mm이었으나 본 실험에서 레진시멘트의 두께가 1 mm이기 때문에 지르코니아의 색상에 대한 시멘트의 영향이 더 컸던 것으로 생각된다.

지르코니아 단독조건과 지르코니아 하방에 레진시멘트를 겹친 조건과의 색차는 검은색 배경에서 LT 지르코니아 경우 1.44 ± 0.11 (LT/TR), 1.89 ± 0.20 (LT/A2) 및 0.60 ± 0.15 (LT/A3O)였고, HT 지르코니아 경우 2.01 ± 0.08 (HT/TR), 2.15 ± 0.25 (HT/A2) 및 0.94 ± 0.23 (HT/A3O)였다. 또한 흰색 배경에서 LT 지르코니아 경우 5.49 ± 0.20 (LT/TR), 5.94 ± 0.10 (LT/A2) 및 4.29 ± 0.20 (LT/A3O)였고, HT 지르코니아 경우 6.64 ± 0.44 (HT/TR), 7.65 ± 0.70 (HT/A2) 및 5.66 ± 0.33 (HT/A3O)였다. 동일한 레진시멘트를 겹쳤을 때 HT 지르코니아의 경우 색차가 배경에 상관없이 LT 지르코니아보다 큰 값을 보였다. 이는 HT 지르코니아가 LT 지르코니아보다 레진시멘트 색상에 의해 색변화가 더 많이 발생했다는 것을 나타낸다.

한편, 단독 조건에서 지르코니아와 레진시멘트와의 색차는 흰색 배경, HT 지르코니아 이외에서는 A3O 레진시멘트와의 색차가 최소값을 보였다. 이는 지르코니아 단독 조건과 지르코니아 하방에 레진시멘트 시편을 겹친 조건과의 색차가 검은색, 흰색 배경 모두 A3O 레진시멘트를 사용한 경우에 최소값을 보인 것과 관계가 있다고 생각된다. 한편, 흰색 배경에서 HT 지르코니아 경우를 살펴보면 단독 조건에서 지르코니아와 레진시멘트와의 ΔL^*값은 2.53 (TR), 4.68 (A2) 및 6.21 (A3O)이었으나 지르코니아 단독 조건과 지르코니아 하방에 레진시멘트 시편을 겹친 조건과의 ΔL^*값이 5.36 (HT/TR), 6.64 (HT/A2) 및 5.07 (HT/A3O)이었다. 즉, 단독 조건에 비해 지르코니아 하방에 레진시멘트를 겹친 조건에서 레진시멘트 간 ΔL^*값의 차이가 감소했으며 HT/A3O 조합에서 최소값을 보였다. 또한 지르코니아 하방에 레진시멘트 시편을 겹치면 b^*값이 단독 조건에 비해 감소하게 되는데 지르코니아 단독 조건과 지르코니아 하방에 레진시멘트 시편을 겹친 조건과의 Δb^*값이 HT/A3O 조합에서 최소

값을 보였다. 이러한 b^*값의 변화를 살펴보면 단독 조건에서 b^*값은 2.91 ± 0.20 (TR), 8.58 ± 0.33 (A2) 및 10.97 ± 0.48 (A3O)이었고, 지르코니아 단독 조건과 지르코니아 하방에 레진시멘트 시편을 겹친 조건과의 Δb^*값은 3.89 (HT/TR), 3.78 (HT/A2) 및 2.44 (HT/A3O)이었다. 즉, 단독 조건에서 TR과 A2 레진시멘트 간의 b^*값의 차이가 크지만 지르코니아 단독 조건과 지르코니아 하방에 레진시멘트 시편을 겹친 조건과의 Δb^*값은 유사했고, A3O 레진시멘트를 사용한 경우에서 최소값을 보였다. 이는 단순히 A3O 레진시멘트의 b^*값이 다른 레진시멘트보다 컸기 때문인 것 외에도 불투명한 성질이 있기 때문이라고 생각된다. 이러한 ΔL^*값과 Δb^*값의 변화로 인해 단독 조건에서 지르코니아와 레진시멘트와의 색차는 TR 레진시멘트에서 최소값을 보였으나, 지르코니아 단독 조건과 지르코니아 하방에 레진시멘트 시편을 겹친 조건과의 색차는 HT/A3O 조합에서 최소값을 보였다. 이는 A3O 레진시멘트가 TR과 A2 레진시멘트에 비해 L^*값과 b^*값이 크며 불투명한 성질이 있기 때문이라고 생각된다. 반면, A3O 레진시멘트는 지르코니아 하방에 레진시멘트를 겹친 조건에서 가장 불투명한 결과를 보였다. 그러나, TR과 A2 레진시멘트를 사용한 경우와 비교하여 $\Delta TP<2$이므로 반투명도 차이를 인지할 수 없었다.

이상의 결과에서와 같이, 레진시멘트의 색상이 유치용 지르코니아 크라운의 색상과 투명도에 미치는 영향을 조사하기 위해 분광광도계를 사용하여 검은색과 흰색 배경에서 각각 CIE $L^*a^*b^*$ 값을 측정했다. 그 후 측정된 값을 이용해 반투명도, 대조비, 색차를 계산하여 평가했다. LT와 HT 지르코니아 모두 지르코니아 하방에 레진시멘트를 겹친 조건일 때는 단독 조건일 때에 비해 반투명도는 감소하였고, 대조비는 증가하였다. $\Delta TP>2$로 반투명도 변화를 임상적으로 인지할 수 있었다. 또한 지르코니아 하방에 레진시멘트를 겹친 조건에서 측정한 반투명도는 HT 지르코니아가 LT 지르코니아보다 동일한 레진시멘트 조건에서 모두 큰 값을 보였다. 검은색 배경에서 지르코니아 단독 조건과 지르코니아 하방에 레

진시멘트 시편을 겹친 조건과의 색차는 LT와 HT 지르코니아 모두에서 2.6 이하로 색변화를 인지할 수 없었다. 흰색 배경에서 지르코니아 단독 조건과 지르코니아 하방에 레진시멘트 시편을 겹친 조건과의 색차는 LT 지르코니아 경우 LT/A2 조합에서만 5.5 이상으로 색변화를 임상적으로 허용할 수 없었으나, HT 지르코니아 경우는 모든 조합에서 색변화를 임상적으로 허용할 수 없었다. 동일한 레진시멘트를 겹친 조건에서 지르코니아 단독 조건과 지르코니아 하방에 레진시멘트 시편을 겹친 조건과의 색차는 HT 지르코니아가 LT 지르코니아보다 큰 값을 보였다. 본 연구의 한계 내에서 HT 지르코니아는 LT 지르코니아보다 레진시멘트의 색상에 의해 색변화가 더 많이 발생할 수 있음을 알 수 있었다. 지르코니아의 색상에 최소 변화를 주는 레진시멘트의 색상은 A3O였다. 이는 A3O 레진시멘트가 TR과 A2 레진시멘트에 비해 L^*값과 b^*값이 크며 불투명한 성질이 있기 때문이라고 생각된다. 실험에 사용된 지르코니아는 임상에서 소아 치료에 이용되고 있으며, HT 지르코니아는 심미성이 더 요구되는 전치부에 사용되고 있다. 따라서, 유치용 지르코니아 크라운을 접착할 때 특히 고투명성 지르코니아 경우에는 레진시멘트의 색상과 불투명성을 고려해야한다. 본 연구에서 레진시멘트 시편의 두께를 1 mm로 하였으나 치아를 삭제하는 정도에 따라 사용되는 시멘트의 두께도 차이가 있을 수 있다. 따라서, 다양한 두께의 시멘트를 사용하여 색조를 측정하는 추가 연구가 요망된다.

Ⅴ. 결 론

본 연구에서는 레진시멘트의 색상이 소아 전치부 치료에 사용되는 유치용 지르코니아 크라운의 색상과 투명도에 미치는 영향을 조사했다. 지르코니아 하방에 레진시멘트를 겹친 조건일 때는 단독 조건일 때에 비해 반투명도는 감소하였고, 대조비는 증가하였다. 지르코니아 단독 조건과 지르코니아 하방에 레진시멘트 시편을 겹친 조건과의 색차는 흰색배경에서 측정한 LT/A2, HT/TR, HT/A2 및 HT/A3O 조합에서 색변화를 임상적으로 허용할 수 없었다. HT 지르코니아는 LT 지르코니아보다 레진시멘트의 색상에 의해 색변화가 더 많이 발생했다. 지르코니아의 색상에 최소한의 변화를 주는 레진시멘트의 색상은 A3O였다. 이는 A3O 레진시멘트가 TR과 A2 레진시멘트에 비해 L^*값과 b^*값이 크며 불투명한 성질이 있기 때문이라고 생각된다. 따라서, 유치용 지르코니아 크라운을 치아에 접착할 때 특히 고투명성 지르코니아 경우에는 레진시멘트의 색상과 불투명성을 고려해야 한다.

참고문헌

1. Al Moaleem MM, Alkhayrat FM, Madkhali HA, Geathy IH, Qahhar MAW, Yaqoub A, Mattoo KA. Subjective differences between dentists and patients about relative quality of metal ceramic restorations placed in the esthetic zone. J Contemp Dent Pract. 2017;18:112-6.
2. Wittneben JG, Gavric J, Belser UC, Bornstein MM, Joda T, Chappuis V, Sailer I, Brägger U. Esthetic and clinical performance of implant-supported all-ceramic crowns made with prefabricated or CAD/CAM zirconia abutments. J Dent Res. 2017;96:163-70.
3. Takeichi T, Katsoulis J, Blatz MB. Clinical outcome of single porcelain-fused-to-zirconium dioxide crowns: a systematic review. J Prosthet Dent. 2013;110:455-61.
4. Kelly JR. Ceramics in restorative and prosthetic dentistry. Annu Rev Bater Sci. 1997;27:443-68.
5. Zarone F, Russo S, Sorrentino R. From porcelain-fused-to-metal to zirconia: clinical and experimental considerations. Dent Mater. 2011;27:83-96.
6. Beier US, Dumfahrt H. Longevity of silicate ceramic restorations. Quint Int. 2014;45:637-44.
7. Mores RT, Borba M, Corazza PH, Della BA, Benetti P. Influence of surface finishing on fracture load and failure mode of glass ceramic crowns. J Prosthet Dent. 2017;118:511-6.
8. Manicone PF, Rossi Iommetti P, Raffaelli L. An overview of zirconia ceramics: basic properties and clinical applications. J Dent 2007;35:819-26.

9. Tinschert J, Natt G, Mautsch W, Augthun M, Spiekermann H. Fracture resistance of lithium disilicate-, alumina-, and zirconia-based three-unit fixed partial dentures: A laboratory study. Int J Prosthodont. 2001;14:231-38.
10. Beuer F, Stimmelmayr M, Gernet W, Edelhoff D, Güh JF, Naumann M. Prospective study of zirconia-based restorations: 3-year clinical results. Quint Int. 2010;41:631-7.
11. Al-Amleh B, Lyons K, Swain M. Clinical trials in zircoina: a systematic review. J Oral Rehabil. 2010;37:641-52.
12. Wolfart S, Harder S, Eschbach S, Lehmann F, Kern M. Four-year clinical results of fixed dental prostheses with zirconia substructures (Cercon): end abutments vs. cantilever design. Eur J Oral Sci. 2009;117:741-49.
13. Malkondu Ö, Tinastepe N, Akan E, Kazazo˘glu E. An overview of monolithic zirconia in dentistry. Biotechnol Biotechnol Equip. 2016;30(4):644-52.
14. de Azevedo Cubas GB, Camacho GB, Demarco FF, Pereira-Cenci T. The effect of luting agents and ceramic thickness on the color variation of different ceramics against a chromatic background. Eur J Dent. 2011;5:245-52.
15. Vichi A, Louca C, Corciolani G, Ferrari M. Color related to ceramic and zirconia restorations: a review. Dent Mater. 2011;27:97-108.
16. Brodbelt RH, O'Brien WJ, Fan PL. Translucency of dental porcelains. J Dent Res. 1980;59:70-5.
17. 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 Preosthet Dent.

2002;88:4-9.

18. Beuer F, Stimmelmayr M, Gueth JF, Edelhoff D, Naumann M. In vitro performance of full-contour zirconia single crowns. Dent Mater 2012;28:449-56.
19. Preis V, Behr M, Hahnel S, Handel G, Rosentritt M. In vitro failure and fracture resistance of veneered and full-contour zirconia restorations. J Dent. 2012;40:921-8.
20. Sun T, Zhou S, Lai R, Liu R, Ma S, Zhou Z, Longquan S. Load-bearing capacity and the recommended thickness of dental monolithic zirconia single crowns. J Mech Behav Biomed Mater. 2014;35:93-101.
21. Anselmi-Tamburini U, Woolman JN, Munir ZA. Transparent nanometric cubic and tetragonal zirconia obtained by high-pressure pulsed electric current sintering. Adv Funct Mater. 2007;17(16):3267-73.
22. Klimke J, Trunec M, Krell A. Transparent tetragonal yttria-stabilized zirconia ceramics: influence of scattering caused by birefringence. J Am Ceram Soc. 2011;94(6):1850-8.
23. Koch A, Kroeger M, Hartung M, Manetsberger I, Hiller KA, Schmalz G, Friedl KH. Influence of ceramic translucency on curing efficacy of different light-curing units. J Adhes Dent. 2007;9:449-62.
24. Vichi A, Ferrari M, Davidson CL. Influence of ceramic and cement thickness on the masking of various types of opaque posts. J Prosthet Dent. 2000;83:412-7.
25. Tate AR, Ng MW, Needleman HL, Acs G. Failure rates of restorative procedures following dental rehabilitation under general anesthesia. Pediatr Dent. 2002;24:69-71.

26. Lee JK. Restoration of primary anterior teeth: review of the literature. Pediatr Dent. 2002;24:506-10.
27. Lee TH, Ahn JS, Shim JS, Han CH, Kim SJ. Influence of cement thickness on resin-zirconia microtensile bond strength. J Adv Prosthodontic. 2011;3:119-25.
28. 이은지. 유전치 기성 지르코니아 도재관의 색조 평가. [서울대학교 대학원 치의과학과 석사 논문]. 서울: 서울대학교; 2015.
29. Powers JM, Dennison JB, Lepeak PJ. Parameters that affect the color of direct restorative resins. J Dent Res. 1978;57(9/10):876-80.
30. Barath VS, Faber FJ, Westland S, Niedermeier W. Spectrophotometric analysis of all-ceramic materials and their interaction with luting agents and different backgrounds. Adv Dent Res. 2003;17(1):55-60.
31. Johnston WM, Ma T, Kienle BH. Translucency parameter of colorants for maxillofacial prostheses. Int J Prosthodont. 1995;8:79-86.
32. Miyagawa Y, Powers JM, O'Brien WJ. Optical properties of direct restorative materials. J Dent Res. 1981;60:890-4.
33. Craig RG, Powers JM. Eds. Restorative Dental Materials, 11th edn. St Louis, MO, Mosby; 2002.
34. CIE (Commission Internationale de l´Eclairage). Colorimetry-Technical Report. CIE Pub. No.15, 3rd ed. Vienna, Austria: Bureau Central de la CIE; 2004.
35. Douglas RD, Steinhauer TJ, Wee AG. Intraoral determination of the tolerance of dentists for perceptibility and acceptability of shade mismatch. J Prosthet Dent. 2016;97:200-8.
36. Choi YJ, Razzoog ME. Masking ability of zirconia with and without veneering porcelain. J Prosthodont. 2013;22:98-104.

37. Yu B, Ahn JS, Lee YK. Measurement of translucency of tooth enamel and dentin. Acta Odontol Scand. 2009;67:57-64.
38. Pecho OE, Ghinea R, Ionescu AM, Cardona J de la C, Paravina RD, Pérez M del M. Color and translucency of zirconia ceramics, human dentine and bovine dentine. J Dent. 2012;40(2):e34-40.
39. Kamishima N, Ikeda T, Sano H. Color and translucency of resin composites for layering techniques. Dent Mater J. 2005;24:428-432.
40. Wang F, Takahashi H, Iwasaki N. Translucency of dental ceramics with different thicknesses. J Prosthet Dent. 2013;110:14-20.
41. Liu MC, Aquilino SA, Lund PS, Vargas MA, Diaz-Arnold AM, Gratton DG, Qian F. Human perception of dental porcelain translucency correlated to spectrophotometric measurements. J. Prosthodont. 2010;19:187-93.
42. Yu B, Lee YK. Translucency of varied brand and shade of resin composites. Am. J. Dent. 2008;21:229-32.
43. Tabatabaian F, Habib Khodaei M, Namdari M, Mahshid M. Effect of cement type on the color attributes of a zirconia ceramic. J Adv Prosthodont. 2016;8:449-56.
44. Malkondu O, Tinastepe N, Kazazoglu E. Influence of type of cement on the color and translucency of monolithic zirconia. J Prosthet Dent. 2016;116:902-8.

Abstract

Effect of Resin Cement Color on the Color and Translucency of Pediatric Zirconia Crown

Hyeon-Seung Ha, DDS, MS
Department of Dental Biomaterials Science,
School of Dentistry, Seoul National University
(Directed by Professor Sang-Hoon Rhee, Ph.D)

The purpose of this study is to evaluate the effect of resin cement color on the color and translucency of pediatric zirconia crown. High translucent (NuSmile® ZR Zirconia HT Shade, HT) and low translucent (NuSmile® ZR Zirconia LT Shade, LT) zirconia were used for zirconia, RelyX™ U200 TR, A2 and A3O (TR, A2, A3O) were used for resin cements. The specimens were made of five disks each with diameters of 5 mm and thicknesses of 1 mm. CIE $L^*a^*b^*$ values of zirconia, resin cements, and combinations thereof were measured on black and white backgrounds using a spectrophotometer. The effect of resin cement color on the color of zirconia was evaluated by calculating translucency parameter (TP), contrast ratio (CR), and color

differences (ΔE^*_{ab}). The means and standard deviations for each variable were obtained by measuring the CIE $L^*a^*b^*$ values three times in the same specimens. The statistical significances were verified by one-way ANOVA and the Tukey-multiple comparisons test. As a result, TP values were decreased and CR values were increased in the combination of zirconia and resin cements compared to zirconia per se. The TP values of HT zirconia were higher than those of LT zirconia in the combination of zirconia and resin cements. When using the black background, the color difference values between zirconia and the combination of zirconia and three resin cements were imperceptible level. When using the white background, in LT zirconia, the color difference values between zirconia and the combination of zirconia and resin cements, in only LT/A2, were more than 5.5, unacceptable level. However, in HT zirconia, the color difference values were not clinically acceptable in all combinations. HT zirconia showed higher value than LT zirconia in terms of the color differences between zirconia and the combination of zirconia and resin cements. Within the limits of this study, it was found that HT zirconia could have more color changes than LT zirconia due to resin cement color. A resin cement, which gave the least color changes to zirconia, was A3O. These results suggest that A3O resin cement has higher L^* value and b^* value, and opacity than TR and A2 resin cement. Therefore, when cementing pediatric zirconia crown to tooth, especially in HT zirconia, it is necessary to consider the color and opacity of the resin cement.

---

keywords : zirconia, contrast ratio, resin cement, translucency parameter, color difference

student number : 2012-31201