

## 치과용 지르코니아 착색 후 건조시간에 따른 반투명도의 차이

이주희<sup>1</sup>, 박진영<sup>2\*</sup>, 김동연<sup>3</sup>

<sup>1</sup>대전보건대학교 치기공학과, <sup>2</sup>(주)큐라움, <sup>3</sup>폴드치과기공소

### Difference of Translucency according to Drying Time after Staining of Dental Zirconia

Joo-Hee Lee<sup>1</sup>, Jin-Young Park<sup>2\*</sup>, Dong-Yeon Kim<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Dental Lab Technology, Daejeon Health Institute of Technology

<sup>2</sup>Curaum Inc, Seoul, Korea

<sup>3</sup>4RD Dental Laboratory, Seoul, Korea

**요약** 치과보철물의 심미적 결과를 조절하는 중요한 요인은 반투명도이며, 지르코니아 착색제의 건조 정도가 반투명도에 어떠한 영향을 미치는지 알아보하고자 한다. 실험을 위해서 지르코니아 블록별로 원형 시편을 총 90개 제작하였다. 그 다음 지르코니아 시편을 착색제로 180초 침적 후 미건조(0초), 중간건조(30초), 완전건조(30분)의 건조시간(Dry time)을 부여한 후 지르코니아 소결로를 이용하여 원형 시편을 소결하였다. 분광광도계(Spectrophotometer CM-3600A, Konica Minolta, Japan)를 이용하여 흑색표준타일과 백색표준타일 위에 시편을 놓고, 표준광원 D65의 조건에서 정반사광 제거방식으로 지르코니아 원형 시편을 각각 측정하였다. 시편당 총 3번씩 반복측정하였다. 지르코니아의 건조시간에 따른 반투명도를 비교 분석하기 위하여 One-way ANOVA를 시행하였다. 지르코니아 종류별, 착색제에 따라 반투명도는 통계적으로 차이가 있었고( $P < 0.001$ ), 건조시간에 따라서는 통계적으로 차이는 없었다( $P > 0.922$ ). 그러나, 완전건조인 상태일 때, 반투명도 값이 작은 것으로 나타나 건조가 잘 될수록 지르코니아 색상이 투명하다는 것을 알 수 있었다.

**Abstract** Dental prosthesis translucency importantly contributes to aesthetic outcomes. The purpose of this study was to investigate the effect of drying time and zirconia coloring agent type on translucency. For the experiment, 90 circular specimens were fabricated for each zirconia block. Then, zirconia specimens were treated with a coloring agent for 180 seconds and dried for 0 seconds (undried), 30 seconds (intermediate dry), or 30 minutes (complete dry). Then, a specimen was placed on a black standard tile or a white standard tile, and using a standard D65 light source reflected was measured using the light removal method. A total of three repeated measurements were obtained per specimen. One-way ANOVA was used to compare and analyze the relationship between zirconia translucency and drying time. Zirconia and coloring liquid types were significantly associated with translucency ( $P < 0.001$ ). Although no significant difference was observed with respect to drying time ( $P > 0.922$ ), zirconia in the completely dried (30 minutes) state was more translucent.

**Keywords** : Transparency, Coloring agent, Dry time, Zirconia block, Spectrophotometer

본 논문은 주식회사 큐라움 지원을 받아 연구과제로 수행되었음.

\*Corresponding Author : Jin-Young Park(Curaum Inc.)

email: pjy2437@curaum.com

Received November 2, 2020

Accepted April 2, 2021

Revised February 22, 2021

Published April 30, 2021

## 1. 서론

심미치과보철 재료들은 금속도재관(PFM crown)과 비교하여 적당한 기계적 특성 및 훌륭한 심미성, 자연치와 유사한 투과성을 가지는 특성으로 인해 환자에게 만족을 주고 있다[1]. 또한, Dentin과 enamel이 고유의 반투명성을 가지고 있으므로, 자연치에 맞는 심미보철수복물의 심미성은 그 형태나 질감뿐만 아니라 자연치의 광학적 특성과 관련이 있으며[2], 심미보철의 반투명도는 심미적 결과를 조절하는 중요한 요인 중 하나로 강조되고 있다[3].

심미치과보철의 심미적인 관점은 크게 색과 모양의 측면에서 볼 수 있는데, 이 중에 색의 측면이 좀 더 표현하기 어려운 문제라고 볼 수 있다. 색의 측면 중에서도 가장 재현하기 어려운 것이 자연치가 가지고 있는 투명성을 재현하는 것인데, 불투명한 금속구조물 위에 치과도재를 올려 투명감을 표현한다는 것은 어렵고, 한계가 있을 수밖에 없다. 따라서, 투명성은 심미치과보철의 심미성 표현에 중요한 구성요인이라고 할 수 있다.

심미치과보철 재료로 치과용 지르코니아는 최근의 치과기공분야에서 기능과 심미를 겸비한 수복재로 인정받으며 널리 사용되고 있다. 치과용 지르코니아는 변태강화에 의해 큰 강도를 가지며, 치과용 캐드캠시스템의 발달로 인해 그 사용이 급증하고 있다[4].

치과용 지르코니아에 치아색을 표현하는 것은 크게 유색 블록을 사용하는 방법과 무색 블록에 착색제를 사용하여 색을 재현하는 방법이 있다. 유색블록은 제조회사에서 제작되어 생산되므로 적절한 색조를 선택하여 milling을 하면 되는 것이다. 술자에 의해 색조의 문제가 발생할 수 있는 것은 착색제를 도포하여 색조를 표현하는 방법이다.

착색제는 크게 화학성 착색제(acid-based coloring liquid)와 수성 착색제(water-based coloring liquid)로 구분될 수 있다. 화학성 착색제는 강산인 염화수소(HCl) 수용액을 포함하고 있으며, 산-염기 반응을 이용해 색조를 부여한다[5]. 수성착색제는 산 성분 없이 다공성인 지르코니아에 금속 양이온을 침투시켜 색조를 부여한다[6]. 무색 지르코니아에 착색제를 침적시켜 자연치의 색상을 표현하는데 지르코니아는 심미적으로 우수한 것으로 알려진 글라스 세라믹 등에 비해 반투명도가 낮은 것으로 보고되고 있다[7-10]. 이렇게 지르코니아는 반투명도가 낮으므로 색조표현에 많은 고민을 해야 한다. 정확한 색조 표현을 위해 여러 가지 주변 환경요인과 제작

과정상의 오류를 차단해야 하는데, 제작 과정 중 지르코니아 착색 후 건조과정이 중요한 요인 중에 하나라고 판단된다. 치과용 세라믹에 있어 반투명도는 자연치와 조화되는 능력에 영향 주는 핵심 요소 중의 하나이다[11,12].

심미 수복물을 제작하기 위한 세라믹 재료들은 우수한 기계적 특성뿐만 아니라 치아와 닮은 광학적 특성도 함께 제공되어야 된다[13,14].

따라서 zirconia-based pressable ceramics veneer들의 기계적인 특성뿐만 아니라 광학적인 특성에 관한 연구도 진행되어야 한다. 특히 세라믹의 반투명도는 치아의 심미성에 영향을 미치는 중요한 요인으로 정의되어 왔으며[15-17], 여러 선행연구들이 세라믹의 반투명도에 초점을 맞추어 연구해왔다[15-20]. 세라믹의 반투명도에 대한 선행연구들은 일반적으로 반투명도를 TP 또는 CR로써 정량적으로 측정해 왔다. Contrast ratio는 1975년에 Power 등에 의해 restorative resin의 반투명도의 정량적 측정에서 보고되었고, 동일한 시편의 white background에서의 reflectance와 black background에서의 reflectance의 ratio로 계산되었다[21]. 그리고 이것의 응용으로 Johnston 등에 의해 1995년 TP가 반투명도의 정량적 평가에 이용되었다[22]. TP는 white와 black background 위에서 시편의 color 차이로부터 직접 계산되었으며, CIELAB시스템에 의해 색상 값이 얻어지는 spectrophotometer와 같은 기기를 통해 측정된다[23-27].

임상에서 미건조한 상태에서 소성이 진행되면 착색제의 일부가 뭉치게 되는 현상으로 보철물의 외면에 불규칙한 현상이 일어나게 되어 심미성에 심한 손상을 미치게 된다[28] 따라서, 신터링 전 건조방법이 중요하며, 건조에 따른 반투명도에 대한 연구가 많이 부족하여 그 연구의 필요성이 요구된다. 또한, 건조유지시간이 길어질수록 지르코니아의 명도가 밝아지며, 범광질의 광학적 특성이 증가한다는 선행연구결과가 있다[28].

본 연구에서는 자연치아의 색조를 표현하는 것에 있어 투명도의 중요성을 인식하고, 지르코니아 치과보철 제작 시 투명도에 영향을 미칠 수 있는 착색제의 건조정도에 따른 차이를 확인해 보고자 한다. 착색제의 침적 횟수, 침적 시간, 색제의 도포 방법, 색제의 종류 등에 따라 재현되는 색에 차이가 있음은 선행논문을 통해 알 수 있지만 [4], 건조시간에 따른 영향은 연구된 바 없어 시도하고자 한다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 실험 재료

본 연구에서는 무색 지르코니아 블록으로 Zircos-E block posterior(ACUCERA Co., Ltd), UPCERA (Liaoning Upcera Co., Ltd., Korea)와 LAZOR™(U&C International Co., Ltd.)을 사용하여 시편을 제작하였다. 착색제는 화학성 착색제인 SPECTRA coloring liquid(ACUCERA, Korea), UPCERA COLORING LIQUID(Liaoning UPCERA Co., Ltd, China)를 사용하였다(Table 1).

Table 1. Materials used in the this study

Material	Brand name	mark	Manufacturer
Zirconia block	LAZORTM	L	U&C International Co., Ltd.
	UPCERA	U	Liaoning Upcera Co., Ltd
	Zircos-E block posterior	Z	Bioden Co., Ltd.
Coloring liquid	Colour Liquid UPCERA	UCA3	Liaoning Upcera Co., Ltd
	SPECTRA coloring liquid	ACA3	ACUCERA Co., Ltd.

### 2.2 지르코니아 시편제작

디자인프로그램을 이용하여 지름12mm, 높이 1.5mm의 원형디스크 형태로 디자인하여 STL파일을 형성하고, Hyperdent를 이용하여 각 지르코니아 블럭별 수축률을 적용하고, tool path를 계산하여 NC파일을 생성한 후 ARUM 4X-100(두원(주), Korea)장비를 이용하여 총 90개의 원형시편을 밀링하여 제작하였다.

### 2.3 착색제 용액 준비

이물질이 들어가지 않도록 뚜껑이 있는 용기에 착색 용액인 2종의 Color Liquid를 담고, 비금속성 재료인



Fig. 1. Coloring methods

나무젓가락을 이용하여 지르코니아 시편을 침투 깊이가 없는 최대 침투 시간(180초)을 반영하여 Coloring 하였다(Fig.1). [29]

### 2.4 오븐 건조 및 신터링

지르코니아 컬러링 액이 비등점이상 가열되게 되면 소성 후 얼룩이 발생할 수 있어 제작 실패가 되므로 95℃이하의 균일하고 일정한 열전달 유지하여 미건조(0초), 중간건조(30초), 완전건조(30분) 건조시간(Dry time)을 부여하였다. 건조시간의 기준은 미건조(0s)는 건조가 되지 않은 상태이고, 중간건조(30초)는 지르코니아에 스며드는 시간이며, 완전건조는 표면상 수분이 존재하지 않는 30분을 기준으로 하였다. 그다음 제조회사 지시대로 지르코니아를 소결로(Electric furnace, Tiger-Speed SK12(GB-01))에서 1500℃ standard sintering(10시간)을 실시하였다(Table 2, Fig. 2).

Table 2. Samples Composition.

Zirconia block	coloring liquid	Dry 30min	Dry 30s	Dry 0s	sample
Razor	UCA3	5	5	5	30
	ACA3	5	5	5	
Upcera	UCA3	5	5	5	30
	ACA3	5	5	5	
Zircos-E	UCA3	5	5	5	30
	ACA3	5	5	5	



Fig. 2. Electric Furnace (Tiger-Speed SK12(GB-01))

### 2.5 표면 연마

시편제작 후 디지털캘리퍼스를 이용하여 두께를 체크하며, 1000-grit SiC paper로 최종 연마를 시행하며 시편을 완성하였다.

### 2.6 반투명도 측정

분광광도계(Spectrophotometer CM-3600A, Konica Minolta, Japan)장비를 이용하여 흑색표준타일(L\*(D65)=3.63, a\*(D65)=-1.47, b\*(D65)=-1.12) 과 백색표준타일(L\*(D65)=93.77, a\*(D65)=-0.28, b\*(D65)=2.58) 으로 흑색표준타일과 백색표준타일 위에 시편을 놓고, 표준광원 D65의 조건에서 정 반사광 제거방식으로 시편을 각각 측정하였다. 시편 당 총 3번씩 반복측정하였다(Fig. 3).



Fig. 3. White and Black Standard Tile.

### 2.7 통계분석

지르코니아 종류별, 착색제 종류, 건조시간에 따른 반투명도 비교 분석하기 위해 One-way ANOVA를 시행하고, 사후검정으로 Tukey test를 실시하였다. 통계분석은 IBM SPSS Statistics 22.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA)을 이용하여 수행하였다. 통계적 판단을 위한 제1종 오류의 수준은 0.05로 하였다.

## 3. 연구 결과

### 3.1 지르코니아 종류별, 착색제, 건조시간에 따른 반투명도

각 시편의 건조 정도에 따른 반투명도 값의 평균은 다음과 같다(Table 3, 4). 지르코니아 종류별, 착색제에 따라 반투명도는 통계적으로 차이가 있었다( $P < 0.001$ ) 건조시간에 따라서는 통계적으로 차이는 없었으나( $P > 0.922$ ), Fig. 4.을 보면 지르코니아 시편들이 건조가 적을수록, 브랜드 L > Z > U순으로 반투명도가 높은 것을 볼 수 있다.

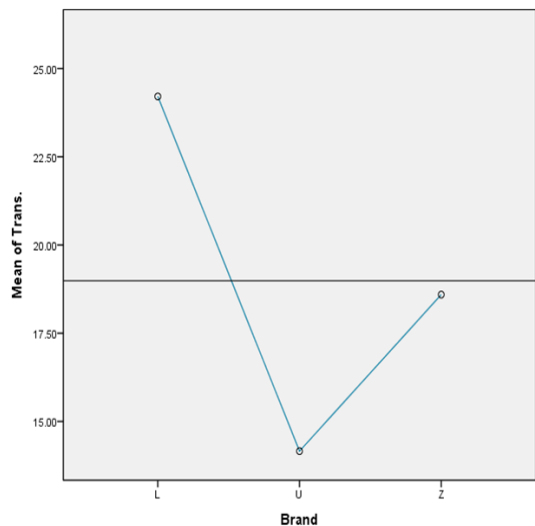
Table 3. Mean(SD) of Translucency according to dry time of 3 zirconia brands and coloring types using one-way ANOVA.

Brand	Coloring liquid	Dry time	Trans.*	p-value	
L	UCA3	0s	22.13(2.48)	.001	
		30s	19.55(3.53)		
		30min	20.47(4.25)		
	ACA3	0s	29.04(2.17)		24.21 (4.85)
		30s	29.01(2.04)		
		30min	25.06(4.02)		
U	UCA3	0s	16.94(1.86)	.001	
		30s	14.69(3.94)		
		30min	19.44(1.25)		
	ACA3	0s	12.04(2.71)		14.19 (3.95)
		30s	10.39(1.17)		
		30min	11.45(2.59)		
Z	UCA3	0s	11.34(4.87)	.001	
		30s	13.03(4.80)		
		30min	12.64(2.47)		
	ACA3	0s	24.91(2.97)		18.59 (7.18)
		30s	25.80(2.38)		
		30min	22.83(2.93)		

\*Different letters indicate significant difference ( $P < .05$ ) according to post-hoc comparison.

Table 4. Translucency according to dry time using One-way ANOVA.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	sig.
Between Groups	7.758	2	3.879	.081	.922
Within Groups	4145.488	87	47.649		
Total	4153.246	89			



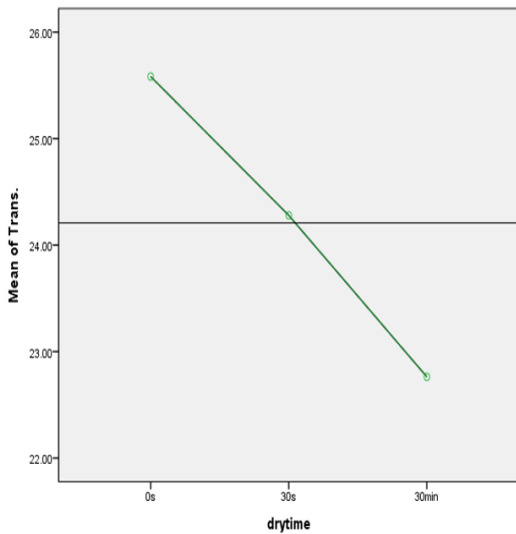


Fig. 4. Mean value of Translucency in Brand and drytime.

Table 5. Mean(SD) of Translucency of coloring types using t-test

	Coloring liquid	N	Mean	SD	p-value
Trans.	UCA3	45	16.6922	4.88648	.000
	ACA3	45	21.2809	7.72962	

#### 4. 고찰

지르코니아 세라믹은 치과세라믹들 사이에 가장 높은 기계적 특성을 가지는 것으로 보고되고 있으며, 높은 심미성을 갖추기 위해서는 수복재료의 반투명도를 예측하는 것이 중요하다[2].

심미치과보철의 광학적 특성에 관한 많은 선행연구는 주로 색조 또는 반투명도에 초점을 맞추어 보고되고 있다[16,17,19]. 특히, 반투명도는 ceramic의 두께[17], 표면질감[30], 세라믹의 조성[16], 조명차이[19] 등과 같은 요인들과 관련된 연구들이 있었다. 하지만 선행연구 중 지르코니아 착색제의 건조에 따른 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 지르코니아 착색제 건조에 따른 반투명도에 관한 연구를 진행하였다.

본 연구에서는 L그룹은 24.21(4.85), Z그룹은 18.59(7.18), U그룹은 14.19(3.95)의 반투명도 값을 보였다( $P < 0.001$ ). 투명성은 주로 빛의 반사로 결정되고, 지르코

니아를 통과하는 빛이 일부분만 산란되면 투명도는 높아지고 대부분의 빛이 산란되어 반사하게 되면 불투명하게 보인다. 빛이 산란되고 반사되는 양은 재료의 결정량, 조성, 입사광의 파장에 대한 입자의 크기에 의해서 결정되기에 밀도가 높을수록 불투명도는 증가된다. 따라서, 지르코니아 세라믹에 더 높은 밀도의 미세구조는 반투명도를 급속히 감소시키는 일반적인 결과로 보고되고 있으므로[2], 지르코니아 U그룹의 결과를 보면, 미세구조 밀도가 가장 높다는 것을 유추해볼 수 있다.

연구결과, UCA3는 16.69(4.89), ACA3는 21.28(7.73)의 반투명도 값을 보였다( $P < 0.000$ ). 이는 착색제의 종류에 따라 반투명의 값이 다르다는 것을 보여준다. 또한, 반투명도는 법랑질의 광학적 특성에 의해 결정될 수 있다고 볼 수 있다. 법랑질의 광학적 특성이란, 명도, 채도, 색상 그 외에도 반투명도, 불투명도, 표면 광택, 형광등과 연관이 되며, 그 중에서도 반투명도와 불투명도는 치아에 반사되는 빛의 질과 양의 척도가 되기에 가장 중요한 광학적 특성이다.

건조유지시간이 길수록 법랑질의 광학적 특성이 증가한다는 선행연구결과[28]가 있듯이 본 건조시간에 따른 결과를 보면, 통계적으로 차이는 없었다( $P > 0.922$ ). 그러나, Fig. 4.을 보면 지르코니아 시편들이 건조가 적을수록 반투명도가 높은 것을 알 수 있다. 이는 건조가 적게 될수록 반투명하다는 의미로, 반대로 생각하면 미건조상태에서 완전건조상태로 이루어지면 반투명도 수치가 작다는 것은 지르코니아 투명도가 높다는 것을 알 수 있다.

본 연구에서는 지르코니아, 착색제의 종류[31], 건조시간이 반투명도에 모두 영향을 미쳤다는 것을 알 수 있었다. 그러나, 착색제의 어느 성분이 반투명도[32]에 영향을 미쳤는지 알 수가 없다. 따라서 후속연구에는 지르코니아 착색제의 성분에 관한 추가적인 분석 연구가 필요하다.

#### 5. 결론

본 연구에서는 착색제 건조 정도가 반투명도에 미치는 영향을 알아보고자 지르코니아 시편에 색조를 부여한 후 반투명도를 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

지르코니아 종류별, 착색제에 따라 반투명도는 통계적으로 차이가 있었다( $P < 0.001$ ) 건조시간에 따라서는 통계적으로 차이는 없었다( $P > 0.922$ ). 그러나, 지르코니아 시편들이 건조될수록 반투명도 값이 낮아지는 경향을 보

여 건조가 충분할수록 투명도가 높아지는 것을 알 수 있었다(Fig. 4).

## References

- [1] Luo J, Adak S, Stevens R. Microstructure evolution and grain growth in the sintering of 3Y-TZP ceramics. *J Mater Sci.* vol.33, pp5301-5309, 1998.
- [2] F Wang, H Takahashi, N Iwasaki. Translucency of dental ceramics with different thicknesses. *J Prosthet Dent.* vol.110, no.1, pp14-20, 2013.  
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(13\)60333-9](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(13)60333-9)
- [3] Kelly JR, Nishimura I, Campbell SD. Ceramics in dentistry: historical roots and current perspectives. *J Prosthet Dent.* vol.75, pp18-32, 1996.
- [4] D.Y. Kim, Translucency and Masking Ability of Colored Zirconia Core, p1-26, Dept. of Medical Science, Graduate school, Hanyang University, 2011.
- [5] J.Y. Nam, Effects Water Based Coloring Liquid on the Color and Hardness of Zirconia, p1-47, Dept. of Dental Laboratory Science Graduate School, Catholic University of Pusan, 2006.
- [6] K.H. Kim, Noh K, Pae A, Woo Y-H, Kim H-S., Effect of Coloring agent on the color of zirconia, *J Korean Acad Prosthodont.* vol.55, no.1, pp. 18-25, 2017.  
DOI: <https://doi.org/10.4047/jkap.2017.55.1.18>
- [7] Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Bargas MA, "Relative translucency of six all-ceramic systems. Part I: core materials", *J Prosthet Dent.* vol.88, no.1, pp4-9, 2002.  
DOI: <https://doi.org/10.1067/mp.2002.126794>
- [8] Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Bargas MA, "Relative translucency of six all-ceramic systems. Part II: core and veneer materials", *J Prosthet Dent.* vol.88, no.1, pp10-5, 2002.  
DOI: <https://doi.org/10.1067/mp.2002.126795>
- [9] Raptis NV, Michalakis KX, Hirayama H, "Optical behavior of current ceramic systems", *Int J Periodontics Restorative Dent.* vol.26, no.1, pp31-41, 2006
- [10] Conrad HJ, Seong WJ, Pesun KJ, "Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: a systematic review", *J Prosthet Dent.* vol. 98, no.5, pp389-404, 2007.
- [11] M. J. Kim, Effect of Plastic Conditions on the Particle Size and Transparency of Dental Zirconia, Korea University doctoral thesis, 2013.
- [12] Hjerpe J, Narhi T, Froberg K, Vallittu PK, Lassila LVJ, "Effect of shading the zirconia framework on biaxial strength and surface microhardness", *Acta Odontol Scand.* vol.66, no.5, pp262-267, 2008.  
DOI: <https://doi.org/10.1080/00016350802247123>
- [13] Holloway, J. A., and R. B. Miller. "The effect of core translucency on the aesthetics of all-ceramic restorations." *Practical periodontics and aesthetic dentistry: PPAD* vol.9, no.5 pp567-74, 1996.
- [14] Kursoglu, Pinar, Pelin F. Karagoz Motro, and Ender Kazazoglu. "Translucency of ceramic material in different core-veneer combinations." *The Journal of prosthetic dentistry.* vol.113, no.1 pp48-53, 2015.
- [15] Heffernan, Michael J., et al. "Relative translucency of six all-ceramic systems. Part I: core materials." *The Journal of prosthetic dentistry.* vol.88, no.1 pp4-9, 2002.
- [16] Bagis, Bora, and Sedanur Turgut. "Optical properties of current ceramics systems for laminate veneers." *J Prosthet Dent.* vol.41 pp24-30, 2013.
- [17] Wang, Fu, Hidekazu Takahashi, and Naohiko Iwasaki. "Translucency of dental ceramics with different thicknesses." *J Prosthet Dent.* vol.110, no.1, pp14-20, 2013.
- [18] Lim, Ho-Nam, Bin Yu, and Yong-Keun Lee. "Spectroradiometric and spectrophotometric translucency of ceramic materials." *J Prosthet Dent* vol.104. no.4 pp239-246, 2010.
- [19] Ahn, Jin-Soo, and Yong-Keun Lee. "Difference in the translucency of all-ceramics by the illuminant." *Dental materials* vol.24. no.11, pp1539-1544, 2008.
- [20] Heffernan, Michael J., et al. "Relative translucency of six all-ceramic systems. Part II: core and veneer materials." *J Prosthet Dent* vol.88. no.1, pp10-15, 2002.
- [21] Powers, John M., Joseph B. Dennison, and Patrick J. Lepeak. "Parameters that affect the color of direct restorative resins." *J Dent Res* vol.57. no.9 pp876-880, 1978.
- [22] Johnston, William M., Tsun Ma, and Beth H. Kienle. "Translucency parameter of colorants for maxillofacial prostheses." *Int J Prosthodont* vol.8, no.1 pp79-86, 1994.
- [23] Chu, F. C., et al. "Threshold contrast ratio and masking ability of porcelain veneers with high-density alumina cores." *Int J Prosthodont* vol.17, no.1, pp24-28, 2003.
- [24] Ikeda, T., Y. Murata, and H. Sano. "Translucency of opaque-shade resin composites." *Am J Dent.* vol.17. no.2, pp127-130, 2004.
- [25] Kim, Sung Joon, et al. "Translucency and masking ability of various opaque-shade composite resins." *J Dent* vol.37, no.2, pp102-107, 2009.
- [26] Chang, John, et al. "The optical effect of composite luting cement on all ceramic crowns." *J Dent.* vol.37, no.12, pp937-943, 2009.
- [27] Johnston, William M., and M. H. Reisbick. "Color and translucency changes during and after curing of esthetic restorative materials." *Dental Materials* vol.13. no.2 pp89-97, 1997.

- [28] Lee et al, "Effect of coloring agent dryness on zirconia color", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, vol.19, no.8, pp8, 2018.  
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2018.19.8.176>
- [29] Yoon et al, Zirconia Crown & Coloring. 2017. p.61
- [30] Wang, Hui, Fang Xiong, and Luo Zhenhua. "Influence of varied surface texture of dentin porcelain on optical properties of porcelain specimens." J Prosthet Dent, vol. 105. no.4, pp242-248, 2011.
- [31] J. S. Ahn, "Esthetics of Zirconia Restorations." The journal of the Korean dental association, vol.58. no.7 pp443-47, 2020.  
<https://www.dbpia.co.kr/Journal/articleDetail?nodeId=NODE09365618>
- [32] Walid Al-Zordk and Samah Saker. "Impact of sintering procedure and clinical adjustment on color stability and translucency of translucent zirconia.", The Journal of prosthetic dentistry. vol.124, no.6 pp788.e1-788.e9, 2020.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/i.prosdent.2020.05.024>

김 동 연(Dong-Yeon Kim)

[정회원]



- 2018년 2월 : 고려대학교 일반대학원 보건과학과 치의기공전공 (이학박사)
- 2018년 3월 ~ 2019년 8월 : 고려대학교 보건과학연구소 연구교수
- 2019년 9월 ~ 현재 : 플드치과기공소(소장)

<관심분야>

디지털치의학, 치과보철, 치과기자재, 치기공연구방법론

이 주 희(Ju-Hee Lee)

[정회원]



- 2009년 2월 : 배재대학교 재료공학전공(공학박사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 대전보건대학교 치기공(학)과 교수

<관심분야>

치과재료, 치과도재학, 치과보철, 디지털치의학

박 진 영(Jin-Young Park)

[정회원]



- 2016년 8월 : 고려대학교 일반대학원 보건과학과 치의기공전공 (이학박사)
- 2016년 9월 2020년 2월 : 고려대학교 보건과학연구소 연구교수
- 2019년 1월 ~ 현재 : ㈜큐라움 이사

<관심분야>

디지털치의학, 치과보철, 치과재료, 치기공연구방법론