

감염 조절용 차단막의 두께가 광중합기의 중합광에 미치는 영향

장훈상* · 이석련 · 홍성옥 · 류현욱 · 송창규 · 민경산

원광대학교 치과대학 치과보존학교실 및 치의학연구소

ABSTRACT

Effect of infection control barrier thickness on light curing units

Hoon-Sang Chang*, Seok-Ryun Lee, Sung-Ok Hong, Hyun-Wook Ryu, Chang-Kyu Song, Kyung-San Min
Department of Conservative Dentistry, Wonkwang University College of Dentistry and Dental Research Institute, Iksan, Korea

Objectives: This study investigated the effect of infection control barrier thickness on power density, wavelength, and light diffusion of light curing units.

Materials and Methods: Infection control barrier (Cleanwrap) in one-fold, two-fold, four-fold, and eight-fold, and a halogen light curing unit (Optilux 360) and a light emitting diode (LED) light curing unit (Elipar FreeLight 2) were used in this study. Power density of light curing units with infection control barriers covering the fiberoptic bundle was measured with a hand held dental radiometer (Cure Rite). Wavelength of light curing units fixed on a custom made optical breadboard was measured with a portable spectroradiometer (CS-1000). Light diffusion of light curing units was photographed with DSLR (Nikon D70s) as above.

Results: Power density decreased significantly as the layer thickness of the infection control barrier increased, except the one-fold and two-fold in halogen light curing unit. Especially, when the barrier was four-fold and more in the halogen light curing unit, the decrease of power density was more prominent. The wavelength of light curing units was not affected by the barriers and almost no change was detected in the peak wavelength. Light diffusion of LED light curing unit was not affected by barriers, however, halogen light curing unit showed decrease in light diffusion angle when the barrier was four-fold and statistically different decrease when the barrier was eight-fold ($p < 0.05$).

Conclusions: It could be assumed that the infection control barriers should be used as two-fold rather than one-fold to prevent tearing of the barriers and subsequent cross contamination between the patients. [J Kor Acad Cons Dent 2010;35(5):368-373.]

Key words: Infection control barrier; Light diffusion; Peak wavelength; Power density; Radiometer; Spectroradiometer

-Received 29 July 2010; revised 12 August 2010; accepted 26 August 2010-

Chang HS, DDS, PhD, Assistant Professor; Lee SR, DDS, Graduate Student; Hong SO, DDS, MS, Assistant Professor; Ryu HW, DDS, MS, Assistant Professor; Song CK, DDS, MS, Clinical Professor; Min KS, DDS, PhD, Associate Professor, Department of Conservative Dentistry, Wonkwang University College of Dentistry and Dental Research Institute, Iksan, Korea

*Correspondence to Hoon-Sang Chang, DDS, PhD.

Assistant Professor, Department of Conservative Dentistry, Wonkwang University College of Dentistry and Dental Research Institute, 344-2 Shinyong-dong, Iksan, Korea 570-210

Tel, +82-63-859-2931; Fax, +82-63-859-2932; E-mail, husch03@wonkwang.ac.kr

* 이 논문은 2010년도 원광대학교의 교비 지원에 의해서 수행됨.

서 론

치과 진료실에서는 환자 간의 교차감염과 환자와 의료인력 간의 교차감염을 방지하기 위해 고도의 감염 조절이 요구된다. 1989년 Caughman 등은 복합레진을 광중합시키는 과정에서 광중합기의 손잡이와 광섬유말단부가 오염된다고 하였으며, 특히 광섬유말단은 환자의 구강 점막과 직접적인 접촉을 하기 때문에 교차감염의 가능성이 큰 부위라고 하였다.¹

Centers for Disease Control and Prevention (CDC)의 Guidelines for infection control in dental health-care settings-2003에서는 치과에서 사용되는 기구, 장치, 장비 등을 감염의 잠재적 위험도에 따라 critical, semicritical, noncritical instruments로 분류하였다. 광중합기의 광섬유말단은 환자의 구강 점막과 직접 접촉하는 semicritical category로 분류되어 가압증기멸균을 하거나 최소한 US Environmental Protection Agency (EPA)에서 인증하는 멸균/소독제로 고도의 소독처리를 해야 한다. 그러나 가압증기멸균이나 화학 용액으로 멸균을 할 경우 광섬유말단의 유리섬유를 파괴시키는 경향이 있어²⁻⁴ 투명 랩과 같은 일회용 차단막으로 광섬유말단을 감싸서 사용하는 것이 보편적이다.⁵⁻⁷

그러나 감염 조절용 차단막은 두께가 매우 얇아 사용 중 찢어지는 일이 발생하기도 한다. 따라서 차단막을 여러 겹으로 사용하여 환자간 교차감염의 가능성을 감소시킬 수 있을 것으로 보이나 여러 두께의 차단막이 광중합기의 중합광에 영향을 미칠 수 있을 것으로 사료되어 본 연구에서는 광중합기의 광섬유말단을 여러 겹의 차단막으로 감쌀 경우 광중합기의 광강도와 파장, light diffusion에 미치는 영향에 대해 조사하였다.

연구 재료 및 방법

여러 겹의 감염 조절용 차단막이 광중합기의 광강도에 미치는 영향을 알아보기 위해 감염 조절용 차단막으로 투명 랩 (Cleanwrap, Gimhae, Korea)을 1겹, 2겹, 4겹, 8겹으로 사용하였고 할로젠 광중합기 (Optilux 360, Demetron, Danbury, USA)와 LED 광중합기 (Elipar FreeLight 2, 3M ESPE, St Paul, USA)를 사용하였다. 차단막으로 광중합기의 광섬유말단을 감싸고 휴대용 광강도 측정기 (Cure Rite, Kerr, Milford, USA)의 조사광 측정 부위에 광섬유말단이 접하도록 하여 제조사의 지시에 따라 광조사 개시 10초 후에 광강도를 각 실험군마다 7회씩 측정하였다.

감염 조절용 차단막이 중합광의 파장에 미치는 영향을 알아보기 위해 휴대용 spectroradiometer (CS-1000,

Konica Minolta, Osaka, Japan)를 이용하여 파장을 측정하였다. 광중합기를 고정시키기 위해 20 × 20 cm 크기의 optical breadboard (Namil Optical Components Corp., Incheon, Korea)에 상하로 360도 회전이 가능한 rotation stage와 small multi axis translator를 설치하여 LED 광중합기 또는 할로젠 광중합기의 손잡이를 고정시키고 광섬유말단 끝의 조사면이 spectroradiometer의 렌즈와 평행이 되도록 조절하였다. 휴대용 spectroradiometer를 이동시켜 렌즈 속 초점의 크기를 광섬유말단의 조사면 크기에 맞춘 후 광섬유말단에 차단막을 씌우고 광중합기의 파장을 각 실험군 당 1회 측정하고 데이터를 Microsoft Office Excel 2007 (Microsoft, Seattle, USA)에서 그래프로 변환하였다.

감염 조절용 차단막이 중합광의 light diffusion에 미치는 영향을 알아보기 위해 위에서 설명한 바와 같이 breadboard에 광중합기의 광섬유말단을 위로 향하게 고정시킨 후 일안 반사식 디지털 카메라 (D70s, Nikon, Tokyo, Japan)를 삼각대로 고정시키고 카메라 렌즈 (AF-S Nikkor 18-70 mm 1 : 3.5-4.5G ED, Nikon, Tokyo, Japan) 상에서 광섬유말단의 조사면이 일직선으로 보이도록 조절한 후, 광섬유말단에 차단막을 씌우고 각 실험군 당 7회씩 사진촬영 (F3.5; 1/160 second)을 하였다. 촬영한 사진은 Photoshop CS (Adobe systems, Mountain View, USA)에서 조사광 가장자리의 접선을 연장한 두 선 사이의 각도를 측정하여 광섬유말단에서의 light diffusion 각도를 얻었다.

여러 겹의 차단막을 투과한 광중합기의 광강도와 light diffusion에 대한 분석은 통계분석 프로그램인 SPSS 12.0K (SPSS Inc., Chicago, USA)에서 유의 수준 95%로 one-way ANOVA를 이용하였으며 Tukey HSD test로 사후검정하였다.

결 과

감염 조절용 차단막을 투과한 광중합기의 광강도는 Table 1과 같다. Elipar Freelight 2 LED 광중합기의 광강도는 휴대용 광강도 측정기에서 1005 mW/cm², 차단막 1겹을 투과한 광강도는 979 mW/cm², 2겹은 969 mW/cm², 4겹은 948 mW/cm², 8겹은 925 mW/cm²로 측정되었고 이는 대조군 대비 1겹에서는 97%, 2겹은 96%, 4겹은 94%, 8겹은 92% 수준이었다. Optilux 360 할로젠 광중합기의 광강도는 519 mW/cm²로 측정되었으며, 차단막 1겹을 투과한 광강도는 497 mW/cm², 2겹은 493 mW/cm², 4겹은 475 mW/cm², 8겹은 457 mW/cm²로 측정되었고 이는 대조군 대비 1겹에서는 96%, 2겹은 95%, 4겹은 92%, 8겹은 88%로 감소하였다. 두 종류의 광중합기 모두에서 감염

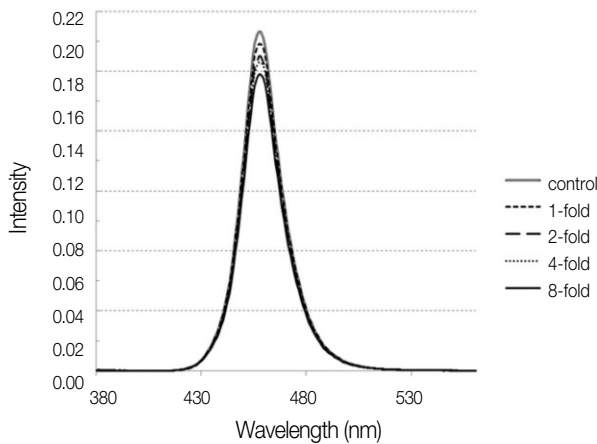


Figure 1. Wavelength (nm) of LED light curing unit with infection control barriers covering the fiberoptic bundle.

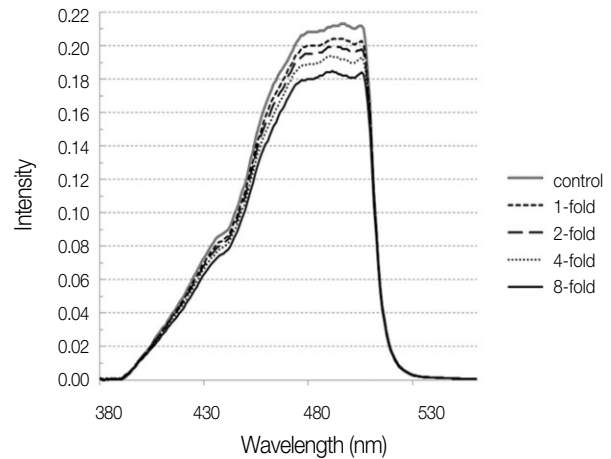


Figure 2. Wavelength (nm) of halogen light curing unit with infection control barriers covering the fiberoptic bundle.

Table 1. Power density ($\text{mW}/\text{cm}^2 \pm \text{SD}$) of light curing units with infection control barriers covering the fiberoptic bundle

	Control	1-fold	2-fold	4-fold	8-fold
FL 2	1005 ± 4^a	979 ± 3^b	969 ± 4^c	948 ± 4^d	925 ± 2^e
O 360	519 ± 5^f	497 ± 5^g	493 ± 3^h	475 ± 4^i	457 ± 4^j

* The superscripts with the same letters are not significantly different at $\alpha = 0.05$.

FL 2: Elipar FreeLight 2, O 360: Optilux 360.

Table 2. Light diffusion (degree $\pm \text{SD}$) of light curing units with infection control barriers covering the fiberoptic bundle

	Control	1-fold	2-fold	4-fold	8-fold
FL 2	75.0 ± 0.8^a	75.0 ± 2.4^a	74.4 ± 4.7^a	74.6 ± 0.9^a	72.0 ± 1.6^a
O 360	48.3 ± 3.1^b	47.4 ± 3.2^b	47.4 ± 2.3^b	45.1 ± 3.2^b	36.6 ± 3.4^c

* The superscripts with the same letters are not significantly different at $\alpha = 0.05$.

FL 2: Elipar FreeLight 2, O 360: Optilux 360.

조절용 차단막의 두께가 증가할수록 광중합기의 광강도가 유의하게 감소하였다 ($p < 0.05$).

감염 조절용 차단막을 투과한 Elipar FreeLight 2 LED 광중합기의 파장이 Figure 1에 나타나 있다. LED 광중합기의 peak wavelength는 457-458 nm로 측정되었으며, 1겹, 2겹, 4겹, 8겹을 투과한 중합광도 같은 결과를 보여 차단막이 LED 광중합기의 광강도를 감소시키기는 하지만 파장에는 영향을 미치지 않음을 알 수 있다.

감염 조절용 차단막을 투과한 Optilux 360 할로겐 광중합기의 파장이 Figure 2에 나타나 있다. 파장의 형태는 차단막의 두께와 상관없이 대체적으로 비슷한 모양을 하고 있

으며 할로겐 광중합기의 peak wavelength는 495-497 nm로 측정되었고, 1겹의 차단막을 투과한 경우는 491-497 nm, 2겹은 491 nm, 4겹은 490-491 nm, 8겹은 491 nm로 측정되어 차단막의 두께가 할로겐 광중합기의 파장에 미치는 영향이 거의 없음을 보여주었다.

감염 조절용 차단막을 투과한 광중합기의 light diffusion은 Table 2와 같다. Elipar FreeLight 2는 75도의 각도를 보였으며, 차단막 1겹을 투과했을 때도 75도, 2겹은 74도, 4겹은 75도, 8겹은 72도의 각도를 보였으나 차단막의 두께에 따른 통계적 유의차이는 없었다 ($p > 0.05$). Optilux 360의 경우는 48도로 측정되었으며, 차단막 1 겹을 투과했

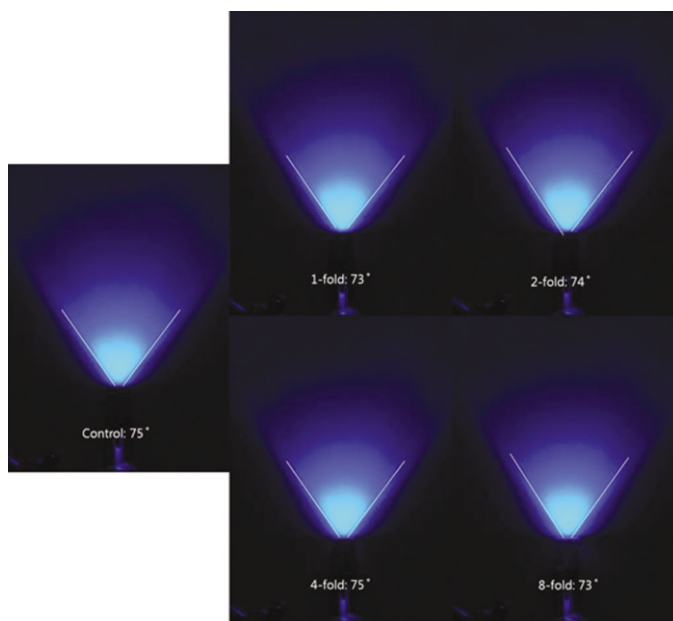


Figure 3. Light diffusion from LED light curing unit with infection control barriers covering the fiberoptic bundle.

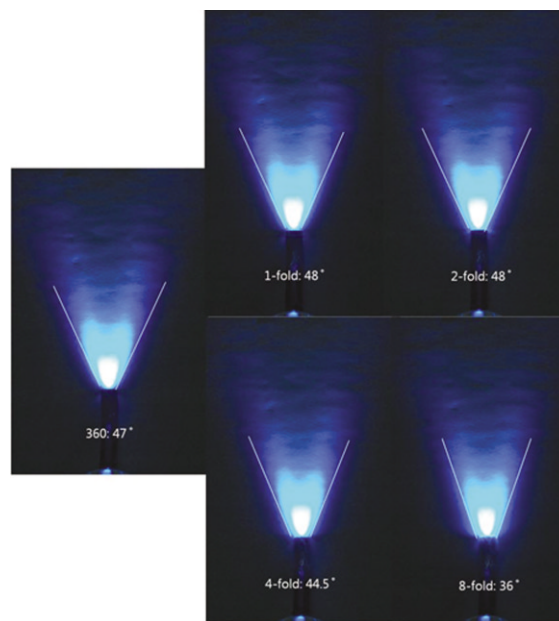


Figure 4. Light diffusion from halogen light curing unit with infection control barriers covering the fiberoptic bundle.

을 때 47도, 2겹도 47도, 4겹은 45도, 8겹은 37도로 측정되어 Elipar FreeLight 2에 비해 유의하게 감소하였으며 특히 8겹의 차단막을 투과했을 때 통계적으로 유의하게 감소하였다 ($p < 0.05$). 감염 조절용 차단막을 투과한 Elipar FreeLight 2와 Optilux 360의 중합광을 DSLR로 찍은 대표 사진은 Figures 3 과 4에 나타나 있다.

총괄 및 고안

감염 조절용 차단막을 투과한 광중합기의 광강도는 Optilux 360에서 차단막 1겹과 2겹을 제외하고는 두 광중합기에서 모두 유의하게 감소하였고, 차단막의 두께가 증가할수록 광강도를 많이 감소시키는 것으로 나타났다 ($p < 0.05$). 또한, LED 광중합기에 비해 광강도가 상대적으로 약한 할로겐 광중합기에서 4겹과 8겹의 차단막을 투과한 경우에 광강도가 더 큰 비율로 감소하는 것을 보여 주었다. 하지만 ISO에서 요구하는 최소 광강도인 300 mW/cm^2 이하로는 감소하지 않아 복합레진의 광중합에는 문제가 없는 것으로 사료되며,⁸⁻¹⁰ 여러 논문에서 휴대용 광강도 측정기로 측정된 광중합기의 광강도로 복합레진 중합물의 예측이 가능하다고 뒷받침하고 있다.¹¹⁻¹³ 1겹의 차단막을 투과한 광강도는 LED 광중합기에서는 3%, 할로겐 광중합기에서는 4%의 중합광이 감소되는데 이는 이전 연구에서의 결과와 비슷하다. Chong 등은 셀로판 랩을 투과한 할로겐 광중합기의 광강도를 측정한 결과 대조군에 비해 약 3%의 광강도

가 감소한다고 하였으며,⁵ Scott 등의 실험에서도 감염 조절용 차단막의 종류에 따라 2-6%의 광강도가 감소한다고 보고하였다.⁷

LED 광중합기의 파장은 차단막이 두꺼워지더라도 광강도의 차이만 있을 뿐 파장의 형태 변화는 없었으며, peak wavelength도 457-458 nm로 차이를 보이지 않았다.¹⁴ 할로겐 광중합기의 파장 역시 중합광의 강도는 감소하였으나 비교적 넓은 영역의 파장대와 490-497 nm의 peak wavelength로 대조군과 유사한 것을 볼 수 있었다. 이 결과는 할로겐 광중합기로 실험한 Scott 등의 연구와 유사한 결과를 보였다.⁷

광중합기의 광조사말단에서 조사되는 중합광을 촬영한 사진에서는 중합광이 광조사말단에서 멀어질수록 방사되는 형태를 볼 수 있으며 할로겐 광중합기는 약 48도, LED 광중합기는 약 75도의 각도로 중합광이 방사되었다. Price 등은 할로겐 광중합기인 Optilux 500에서 광조사말단의 종류에 따라 25도에서 54도의 각도로 중합광이 방사되었다고 보고하였으며,¹⁵ 이는 본 연구에서의 할로겐 광중합기의 light diffusion과 유사하다고 할 수 있다. 차단막을 투과한 경우 광강도가 낮은 할로겐 광중합기에서 4겹의 차단막을 투과한 경우에서부터 중합광의 light diffusion이 감소하기 시작하여 8겹의 차단막을 투과할 때는 light diffusion이 대조군에 비해 통계적으로 유의하게 10도 이상 감소하여 ($p < 0.05$) 광강도에서의 결과와 마찬가지로 광강도가 상대적으로 낮은 할로겐 광중합기가 LED 광중합기에 비해 차단막

의 영향을 더 많이 받은 것으로 사료된다. Elipar FreeLight 2에서는 차단막의 두께가 light diffusion에 통계적으로 유의있는 영향을 미치지 않았다. Corciolani 등은 중합광의 light diffusion이 광조사말단의 entry diameter와 exit diameter의 차이 (R) 때문이라고 하였으며 (R) 값이 레진의 중합깊이에 영향을 미친다고 하였다. 광조사말단과 복합레진과의 거리가 5 mm 이하일 경우 (R) 값이 큰 광조사말단의 레진의 중합깊이가 증가하지만 광조사말단과 복합레진의 거리가 5 mm를 초과하는 경우에는 반대로 레진의 중합깊이가 감소하였다.¹⁶ 하지만 본 연구에서는 조사각도의 차이가 광조사말단의 (R) 차이가 아닌 차단막의 두께, 즉 외적인 원인이기 때문에 중합광이 차단막에 의해 감소되고, 따라서 레진의 중합깊이도 감소시킬 것으로 사료된다. 추후 여러 겹의 차단막에 의한 복합레진의 광중합에 대한 연구도 필요할 것으로 사료된다.

결론

본 연구는 여러 겹의 감염 조절용 차단막을 투과한 광중합기의 광강도와 파장 및 light diffusion을 측정하여 본 실험의 한계 내에서 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

1. 감염 조절용 차단막의 두께가 증가할수록 광중합기의 광강도가 유의하게 감소하였으나 ($p < 0.05$), 할로겐 광중합기의 경우 차단막 1겹과 2겹 사이에는 통계적 유의차가 없었다 ($p > 0.05$).
2. 감염 조절용 차단막은 두께에 상관없이 중합광의 파장에는 영향을 미치지 않았다.
3. 감염 조절용 차단막은 할로겐 광중합기에서 4겹의 경우 light diffusion의 각도를 감소시키고 8겹의 경우 통계적으로 유의하게 감소시켰으나 ($p < 0.05$), LED 광중합기에서는 차단막의 두께가 light diffusion에 영향을 미치지 않았다.

따라서 광중합형 복합레진을 광중합할 경우 감염 조절용 차단막이 찢어지는 경우가 종종 발생하기 때문에 1겹으로 사용하기 보다는 2겹으로 사용하는 것이 환자간의 교차감염을 예방하는데 유리할 것으로 사료된다.

References

1. Caughman GB, Caughman WF, Napier N, Schuster GS. Disinfection of visible-light-curing devices. *Oper Dent* 1989;14(1):2-7.
2. Kakaboura A, Tzoutzas J, Pitsinigos D, Vougiouklakis G. The effect of sterilization methods on the light transmission characteristics and structure of light-curing tips. *J Oral Rehabil* 2004;31:918-923.
3. Rueggeberg FA, Caughman WF, Comer RW. The effect of autoclaving on energy transmission through light-curing tips. *J Am Dent Assoc* 1996;127:1183-1187.
4. Nelson SK, Caughman WF, Rueggeberg FA, Lockwood PE. Effect of glutaraldehyde cold sterilants on light transmission of curing tips. *Quintessence Int* 1997;28:725-730.
5. Chong SL, Lam YK, Lee FKF, Ramalingam L, Yeo ACP, Lim CC. Effect of various infection-control methods for light-cure units on the cure of composite resins. *Oper Dent* 1998;23:150-154.
6. Pollington S, Kahakachchi N, van Noort R. The Influence of Plastic Light Cure Sheaths on the Hardness of Resin Composite. *Oper Dent* 2009;34:741-745.
7. Scott BA, Felix CA, Price RB. Effect of disposable infection control barriers on light output from dental curing lights. *J Can Dent Assoc* 2004;70:105-110.
8. Fan PL, Schumacher RM, Azzolin K, Geary R, Eichmiller FC. Curing-light intensity and depth of cure of resin-based composites tested according to international standards. *J Am Dent Assoc* 2002;133:429-434.
9. Park SM, Shin DH. Microhardness and microleakage of composite resin according to the change of curing light intensity. *J Kor Acad Cons Dent* 2001;26:363-371.
10. Park JG, Cho BH, Lee IB, Kwon HC, Um CM. The effects of various light intensity on the polymerization of resin composites. *J Kor Acad Cons Dent* 2001;26:86-94.
11. Shortall AC, Harrington E, Wilson HJ. Light curing unit effectiveness assessed by dental radiometers. *J Dent* 1995;23:227-232.
12. Rueggeberg FA. Precision of hand-held dental radiometers. *Quintessence Int* 1993;24:391-396.
13. Peutzfeldt A. Correlation between recordings obtained with a light-intensity tester and degree of conversion of a light-curing resin. *Scand J Dent Res* 1994;102:73-75.
14. Kim SY, Lee IB, Cho BH, Son HH, Kim MJ, Seok CI, et al. Dentin bond strength of bonding agents cured with Light Emitting Diode. *J Kor Acad Cons Dent* 2004;29:504-514.
15. Price RB, Derand T, Sedarous M, Andreou P, Loney RW. Effect of distance on the power density from two light guides. *J Esthet Dent* 2000;12:320-327.
16. Corciolani G, Vichi A, Davidson CL, Ferrari M. The influence of tip geometry and distance on light-curing efficacy. *Oper Dent* 2008;33:325-331.

국문초록

감염 조절용 차단막의 두께가 광중합기의 중합광에 미치는 영향

장훈상* · 이석련 · 홍성욱 · 류현욱 · 송창규 · 민경산

원광대학교 치과대학 치과보존학교실 및 치의학연구소

연구목적: 본 연구는 감염 조절용 차단막을 여러 겹으로 사용했을 때 광중합기의 광강도와 파장, light diffusion 등에 미치는 영향에 대해 조사하였다.

연구 재료 및 방법: 감염 조절용 차단막은 투명 랩 (크린랩)을 사용하였고 광중합기는 할로겐 광중합기 (Optilux 360)와 LED 광중합기 (Elipar FreeLight 2)를 사용하였다. 차단막을 1겹, 2겹, 4겹, 8겹으로 광중합기의 광섬유말단을 감싸고 휴대용 광강도 측정기 (Cure Rite)로 광중합기의 광강도를 측정하였다. 광중합기를 주문제작한 optical breadboard에 고정시킨 후 휴대용 spectroradiometer (CS-1000)를 이용하여 광중합기의 파장을 측정하였고, DSLR (Nikon D70s)을 이용하여 광중합기의 light diffusion을 사진 촬영하였다.

결과: 광강도 측정 결과는 차단막의 두께가 증가할수록 광강도가 유의하게 감소하였으나 할로겐 광중합기에서 1겹과 2겹 사이에는 유의차가 없었으며, 4겹 이상의 차단막을 투과할 때 광강도가 더 많이 감소하였다. 여러 겹의 차단막을 투과한 광중합기의 전체적인 파장 형태와 peak wavelength의 변화는 관찰되지 않았다. Light diffusion 사진 촬영 시, LED 광중합기에서는 차단막의 두께가 미치는 영향이 없었으나 할로겐 광중합기에서는 차단막을 4겹 사용했을 때부터 중합광이 조사되는 각도가 감소하기 시작하여 8겹 사용했을 때 통계적으로 유의하게 감소하는 것을 볼 수 있었다 ($p < 0.05$).

결론: 광중합형 복합레진을 광중합할 경우 감염 조절용 차단막이 찢어지는 경우를 대비하여 1겹으로 사용하기 보다는 2겹으로 사용하는 것이 환자간의 교차감염을 예방하는데 유리할 것으로 사료된다.

주요단어: 감염 조절용 차단막 측정기; 광강도; 광중합기; 교차감염; 파장; 휴대용 광강도