

연마시스템에 따른 복합레진의 표면거칠기와 연마시간에 대한 평가

김예미¹ · 신수정² · 송민주² · 박정원^{2*}¹이화여자대학교 목동병원, ²연세대학교 강남세브란스병원 보존과

ABSTRACT

The evaluation of surface roughness and polishing time between polishing systems

Ye-Mi Kim¹, Su-Jung Shin², Min-Ju Song², Jeong-Won Park^{2*}¹Department of Dentistry, Ewha Woman's University Mokdong Hospital,²Department of Conservative Dentistry, Gangnam Severance Hospital, Yonsei University College of Dentistry, Seoul, Korea

Objectives: The purpose of this experiment was to evaluate four different polishing systems of their polishability and polishing time.

Materials and Methods: 4 mm diameter and 2 mm thickness Teflon mold was made. Z-250 (3M ESPE) hybrid composite resin was slightly overfilled and pressed with slide glass and cured with Optilux 501 for 40 sec each side. Then the surface roughness (glass pressed: control group) was measured with profilometer. One surface of the specimen was roughened by #320 grit sand paper and polished with one of the following polishing systems; Sof-Lex (3M ESPE), Jiffy (Ultradent), Enhance (Dentsply/Caulk), or Pogo (Dentsply/Caulk). The surface roughness and the total polishing time were measured. The results were analyzed with one-way ANOVA and Duncan's multiple range test.

Results: The surface roughness was lowest in Pogo, and highest in Sof-Lex. Polishing times were shortest with Pogo, and followed by the Sof-Lex, Enhance and Jiffy.

Conclusions: One-step polishing system (Pogo) is very effective to get the smooth surface in a short time, therefore it can be recommended for final polishing system of the restoration. [J Kor Acad Cons Dent 2011;36(2):119-124.]

Key words: Dental composite; One-step polishing; Polishing; Surface roughness

-Received 19 January 2011; revised 22 February 2011; accepted 23 February 2011-

서 론

보존 수복영역에서 수복재료의 개발과 심미치료에 대한

관심이 증가되면서 복합레진 수복의 빈도가 늘고 있다.¹ 최종 수복물이 높은 심미성을 얻기 위해서는 최종 연마의 결과가 자연치의 법랑질과 유사하거나 그 이상의 활택도를 얻

¹Kim YM, DDS, MS, Clinical lecturer, Department of Dentistry, Ewha Woman's University Mokdong Hospital,

²Shin SJ, DDS, MS, Assistant Professor; Song MJ, DDS, MS, Clinical lecturer; Park JW, DDS, PhD, Associate Professor, Department of Conservative Dentistry, Gangnam Severance Hospital, Yonsei University College of Dentistry, Seoul, Korea

*Correspondence to Jeong-Won Park, DDS, PhD.

Associate Professor, Department of Conservative Dentistry, Gangnam Severance Hospital, Yonsei University College of Dentistry, 146-92 Dogok-dong Gangnam-gu, Seoul, Korea 135-720

TEL, +82-2-2019-1350; FAX, +82-2-3463-4052; E-mail, pjw@yuhs.ac

*본 연구는 보건복지가족부 보건의료연구개발사업의 지원에 이루어진 것임(A091074).

어야 수복물과 치질의 구별이 되지 않는다. 활택도가 높은 표면은 구강내에서 치태나 세균의 부착을 억제할 수 있으며 치은 자극을 줄이고, 표면착색이 적으며 환자의 불편감을 감소시킬 수 있는 것으로 알려져 있다.²⁻⁵

이전 연구에서 복합레진의 표면에 mylar strip과 같은 매트릭스를 이용한 경우 가장 고운 표면을 얻을 수 있다고 하였으나, 이 방법으로 마무리 된 수복물의 표면은 복합레진 기질이 많은 층으로 이루어져 표면의 미세경도가 낮고 쉽게 마모가 일어나게 되어 시간이 경과되면 구강내에서 연마되지 않은 표면과 같은 상태가 된다고 알려져 있다.⁶⁻⁸ 따라서 심미적, 물리적으로 우수하며 오래갈 수 있는 최종 수복물을 얻기 위해서는 주의깊은 마무리 및 연마의 과정이 필수적이다.

복합레진은 초기에는 거대입자형 충전제를 가진 제품이 출시되었으나 물성을 개선하고 중합수축을 줄이며 심미성을 개선하기 위해 다양한 입자 크기를 가진 제품이 소개되면서 최근에는 나노입자로 이루어진 제품까지 개발이 되었다.⁹ 이와 더불어 연마 기구도 개발도 이루어졌는데 가장 일반적으로 사용되던 aluminium-oxide 디스크 형태의 경우 각기 다른 크기의 입자를 디스크 표면에 부착하여 단계별로 연마를 거치게 되면 최종적으로 높은 광택을 보이는 표면을 얻을 수 있는 연마 시스템이지만 형태가 디스크로 제한되어 있어 평활면, 혹은 치아 사이의 인접면 연마에는 적합하지만 구치부 교합면이나 전치의 설면과 같이 오목한 형태를 가진 수복물의 사용에는 제한이 따른다. 실리콘 러버에 aluminium-oxide 연마제를 함유시켜 연마를 하고 최종적으로 다이아몬드 페이스트를 이용한 시스템도 있는데 이 경우 그 단계가 많고 실리콘의 마모가 빨리 일어나는 문제점을 가지고 있다. 최근에는 레진 기질에 다이아몬드 입자를 함유한 일단계-연마용 버(Pogo, Dentsply/Caulk, Milford, DE, USA)가 소개되었는데 이 제품은 기존의 연마 시스템이 여러 단계를 거쳐야 하는 번거로움을 줄여주면서 동시에 polyurethane 기질에 미세한 다이아몬드 입자를 섞어 다양한 형태의 연마용 버를 제작하여 치아의 다양한 형태에서 적용이 가능하며 그 시간을 줄일 수 있다고 하였다.^{8,10,11}

그러나 aluminium-oxide 디스크의 경우 높은 경도로 인해 기질과 충전제를 같이 삭제하여 높은 연마도를 얻을 수 있다고 하였지만 일단계 연마 시스템의 경우 그 효과에 대한 연구가 충분하지 않고 또 임상적으로 연마시간이 얼마나 절약되는지에 대한 연구는 없는 실정이다. 이에 본 연구에서는 여러 가지 연마 시스템을 이용하여 복합레진을 연마한 후 표면 거칠기를 평가하고 그 표면을 전자현미경으로 관찰하였으며 연마에 걸리는 시간에 대한 평가를 하여 임상적인 효율성을 평가하고자 하였다.

연구 재료 및 방법

내경 4 mm, 높이 2 mm의 테플론 몰드를 제작하고 이 몰드를 슬라이드 글라스에 위치시키고 미세혼합형 복합레진(Z250, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA)을 충전하였다. 과량의 복합레진을 제거하고 윗면에 슬라이드 글라스로 압착하고 광조사기(Optilux 501, Kerr, Danbury, CT, USA)를 이용하여 800 mW/cm²로 40초간 상하면을 광중합하였다. 시편은 대조군과 각 연마 시스템 당 13개를 준비하여 총 65개를 제작하였다.

중합된 복합레진 디스크를 몰드에서 제거하고 일정한 거칠기의 표면을 만들기 위해 #320 사포로 표면을 연마하였다. 거칠어진 표면을 각기 다른 4가지 연마 시스템 - Sof-Lex (3M ESPE), Jiffy (Ultradent, South Jordan, UT, USA), Enhance (Dentsply/Caulk)와 Pogo (Dentsply/Caulk) - 을 이용하여 (Table 1) 제조사의 지시에 따라 연마를 시행하고 연마의 시작부터 매끈한 광택을 얻는 순간을 기준으로 연마가 끝나는데 까지 소요된 시간을 측정하였다. 연마를 마치는 시기는 복합레진의 표면이 육안으로 충분히 광택이 나고, 최종연마 단계를 시행하였을 때 더 이상 표면 광택의 증가가 나타나지 않는 시점을 기준으로 하였다. 연마 과정은 술자 간의 차이를 줄이기 위하여 한 명이 모든 과정을 진행하였다.

연마를 마친 시편은 증류수에 보관하고 24시간 경과 후 profilometer (Surftest SV-400, Mitutoyo, Tokyo, Japan)를 이용하여 cutoff 길이 0.8 mm, 속도는 0.5 mm/sec로 세팅하고, 하나의 시편 당 1 mm 간격으로 3회씩 표면조도(Ra)를 측정하고 그 평균값을 각 시편의 대표값으로 하였다.

측정한 결과는 one-way ANOVA와 Duncan's multiple range test를 이용하여 사후검증 하였다 ($p = 0.05$).

표면조도(Ra) 측정이 끝난 시편은 5분간 증류수에서 초음파 세척 후 건조시킨 후 gold-coating을 시행하고 주사전자현미경(S-4300, Hitachi, Japan)으로 100배와 10,000배에서 표면을 관찰하였다.

연구 결과

복합레진의 표면조도는 대조군인 슬라이드 글래스 군과 Pogo군에서 가장 낮게 나타났으며 Sof-Lex에서 가장 높은 값을 보였다($p < 0.05$, Table 2, Figure 1).

연마 시간은 단계가 가장 많은 Jiffy군에서 약 3분을 나타냈으며 다음으로 Enhance, Sof-Lex, Pogo의 순으로 나타났다($p < 0.05$, Table 2, Figure 2).

주사전자현미경 관찰 결과, aluminium-oxide disk형태인 Sof-Lex는 낮은 표면조도값을 보였지만 연마제에 의해

Table 1. Polishing systems used in this experiment

Polishing system	Polishing steps and abrasive particle size		Manufacturer
Sof-Lex	Coarse	100 μm	3M ESPE, St. Paul, MN, USA
	Medium	30 μm	
	Fine	14 μm	
	Super-fine	5 μm	
Jiffy with Diamond paste	Green silicone impregnate disk	40 μm	Ultradent, South Jordan, UT, USA
	Yellow silicone impregnate disk	30 μm	
	White silicone impregnate disk	1 μm	
	Fine diamond polishing paste	1 μm	
	Ultrafine diamond polishing paste	0.5 μm	
Enhance	Silicone impregnated disk	40 μm	Dentsply/Caulk, Milford, DE, USA
	Fine AlO paste	1 μm	
	Extra-fine AlO paste	0.3 μm	
Pogo	Diamond micropolisher	10-15 μm	Dentsply/Caulk, Milford, DE, USA

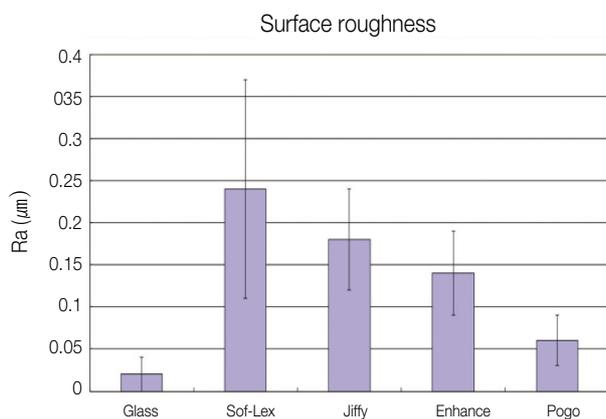


Figure 1. Surface roughness (Ra, μm) of composite resins with 4 different polishing systems.

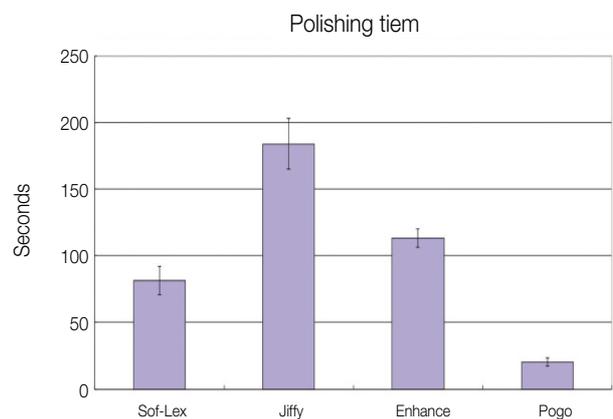


Figure 2. Polishing time (seconds) of 4 different polishing systems.

Table 2. Surface roughness and polishing time for each polishing system ($n = 13$)

Group	Surface roughness (Ra, μm)	Polishing time (sec)
Glass	0.02 ± 0.02 ^a	
Sof-Lex	0.24 ± 0.13 ^c	81.5 ± 10.7 ^b
Jiffy	0.18 ± 0.06 ^{bc}	183.9 ± 19.2 ^d
Enhance	0.14 ± 0.05 ^b	113.3 ± 6.8 ^c
Pogo	0.06 ± 0.03 ^a	20.2 ± 3.2 ^a

Different superscript in the same column means statistically significant difference ($p < 0.05$).

표면이 삭제된 형태가 나타났으며 silicone이나 polyurethane을 기질로 이용한 나머지 군에서는 표면에 굽힌 형태는 보이지 않았다(Figure 3).

고찰 및 결론

복합레진의 수복 후에 수복물 표면의 높은 광택도를 얻는 것은 심미적, 기능적으로 중요하다. 하지만 우수한 결과를 얻기 위해서는 복합레진의 선택, 술자의 기술 외에 적절한 연마기구의 선택도 중요한 요인이 될 수 있음을 본 실험을 통해 알 수 있다.

기존에 널리 사용되는 Sof-Lex의 경우 이번 실험 결과에

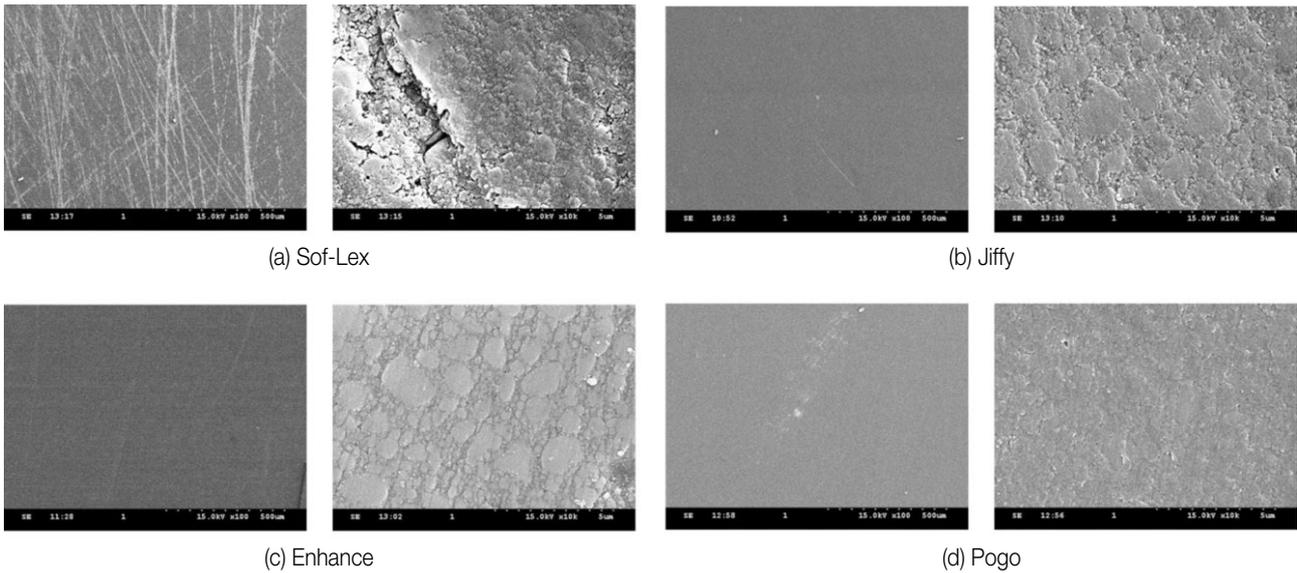


Figure 3. SEM image of the polished composite surface with each polishing system (left $\times 100$, right $\times 10,000$). SEM, scanning electron microscop.

서 가장 거친 면을 나타내었는데 실제 주사전자현미경 사진을 비교해보면 육안으로 광택있는 표면을 얻었다고 하더라도 실제 표면은 연마제에 의한 흔적이 남아있는 것이 영향을 미친 것으로 보이며 이는 van Noort 등이 지적한 내용과 일치하였다.¹² Da Costa 등의 실험에서는 Pogo < Sof-Lex < Jiffy의 순으로 거칠기가 나타났는데 이는 이들의 실험에서 Jiffy이후에 diamond paste를 사용하지 않았기 때문으로 생각된다.¹³ Ultradent에서 Jiffy 시스템이 과거에 Finale라는 시스템으로 소개하였고 최종 단계에 다이아몬드 연마제로 마무리 할 것을 추천하였으나 최근에는 각 단계별로 분리하여 판매를 하고 있어 이 과정을 선택할 수 있게 하였고 본 실험에서는 다이아몬드 연마의 과정을 포함하여 최종연마를 시행하였다.

주사전자현미경 사진에서 Pogo의 경우 거칠기는 낮지만 충전제와 기질의 구별이 명확하지 않은 것으로 보아 본 최종 연마 후 초음파 세척을 하였지만 표면에 연마제의 기질이 남아서 덮여있는 것으로 생각되었다. 이에 비해 마지막에 페이스트로 연마를 시행한 Enhance와 Jiffy의 경우 고배율에서 복합레진 표면의 충전제와 기질을 명확히 구별할 수 있을 정도로 깨끗한 표면을 보여주었다.

일반적으로 이전의 실험에서 보면 복합레진 뿐만 아니라 임플란트의 표면에서도 모두 표면거칠기가 감소하면 세균의 부착이 감소하지만 0.2 μm 이하에서는 더 이상 감소하지 않는다고 하였다.^{3,14} 본 실험에서는 세균의 부착에 대해서는 평가하지 않았지만 이 자료에 근거한다면 Sof-Lex는 0.24 μm 의 거칠기를 보여 이 기준점을 넘어가므로 최종적으로 다른 시스템과 혼합해 사용하여 거칠기를 더 낮추어야 할 것

으로 생각되지만 그 차이가 0.04 μm 에 불과하고 다른 실험에서는 0.2 μm 이하의 거칠기를 보여주는 경우도 있으므로 이에 대한 결론을 내리기 위해서는 추가적인 실험이 필요할 것으로 사료된다.

다른 연구에 의하면 표면 거칠기가 0.3 μm 이상 차이가 나는 경우는 환자가 혀로 인지할 수 있다고 하였는데¹⁵ 본 실험의 결과에서는 대조군으로 사용한 슬라이드 글라스와 비교했을 때 그 차이가 최대 0.22 μm 이므로 이 실험에 사용한 연마 시스템을 사용했을 경우 환자가 이물감을 느끼지는 않을 것으로 보인다.

연마된 수복물의 표면 거칠기에 영향을 미치는 또 다른 요인으로 연마용 버의 움직임이 영향을 미칠 수 있는데 회전형, 직선형, 왕복형의 운동 중 직선형 운동을 하며 연마하는 경우 가장 매끄러운 표면이 형성된다고 하였으며¹⁶ 본 실험에서도 이러한 원리를 적용하여 복합레진 디스크를 한쪽 방향으로 버를 움직여 연마하는 경우 가장 쉽게 광택이 나는 표면을 얻을 수 있었다.

이 실험에 이용된 연마 시스템을 보면 Pogo의 경우 한 단계, Enhance는 세 단계, Sof-Lex는 네 단계, 그리고 Jiffy는 다섯 단계의 과정으로 이루어져 있는데 이는 연마 시간의 측정에 반영되어 나타나는 것으로 보였다. Pogo의 경우 한 단계로 모든 과정이 끝나므로 평균 약 20초 내외의 짧은 시간으로 직경 4 mm의 디스크를 연마할 수 있었지만 다섯 단계를 거치는 Jiffy의 경우 이보다 9배나 긴 180초 정도의 시간이 소모되었다. 임상에서 연마과정에는 버를 교체하는 시간이 포함되므로 실제 순수한 연마시간은 이보다 짧지만 임상적으로는 모든 과정을 포함해서 소요되는 시간을 측정

하는 것이 실제 진료시간에 더 가까운 결과를 나타낸다 하겠다. 이에 반해 Sof-Lex와 Enhance의 경우 4단계와 3단계로 Enhance가 더 적지만 실제 소요된 시간은 Sof-Lex가 81.5초, Enhance 113.3초로 더 길게 나타났는데 이는 Sof-lex 시스템이 디스크만 교환하므로 더 쉽고, Enhance의 경우 페이스트 연마제로 광택나는 표면을 얻기가 어려워 연마에 소요되는 시간이 더 필요할 수 있음을 알 수 있었다.

본 실험에서는 다른 연구와 달리 연마에 소요된 시간을 측정하였는데 이는 실제 임상에서 술자에 따른 변수가 작용할 수 있는 부분이라 생각된다. 그러나 본 연구에서는 모든 과정을 한 명의 술자가 시행하였으며 결과를 보면 하나의 연마 시스템 내에서 표준편차가 5-12% 정도로 크지 않게 나타난 것으로 보아 시스템간의 차이가 술자에 따른 차이보다 연마 시간에 더 큰 영향을 미쳤음을 알 수 있었다.

결론적으로 이 실험에 사용된 단일형 연마 시스템인 Pogo의 경우 가장 짧은 시간에 가장 매끈한 면을 얻을 수 있었는데 이는 이전의 다른 실험들의 결과와 일치하고 있으며^{1,10,17} 이 시스템의 장점으로는 각 단계별로 버를 갈아끼울 필요가 없으며 다양한 연마면의 형태에 맞게 디스크, 포인트 컵의 형태를 골라서 사용할 수 있으며 또 환자의 구강내에서 페이스트를 사용하지 않으므로 주변에 튀거나 묻지 않아 사용이 편리하다는 것이다.

구강내에 수복한 복합레진의 경우 수복 단계에서 최종적으로 유리 표면과 같이 높은 광택도 및 표면거칠기 정도를 갖도록 연마하여도 시간이 경과함에 따라 기계적인 마모가 일어나며 화학적인 자극에 의한 분해가 일어나게 된다.¹⁸⁻²¹ 따라서 주기적인 수복물의 관찰을 통해 거칠어진 표면을 연마해 주는 것이 필요하며 이때는 수복물의 형태를 크게 바꿀 필요는 없으므로 Pogo를 이용하는 것이 시간을 절약하고 매끈한 표면을 얻는데 효과적이라 할 수 있다.

REFERENCES

1. Yap AU, Yap SH, Teo CK, Ng JJ. Finishing/polishing of composite and compomer restoratives: effectiveness of one-step systems. *Oper Dent* 2004;29:275-279.
2. Aykent F, Yoldem I, Ozyesil AG, Gunal SK, Avunduk MC, Ozkan S. Effect of different finishing techniques for restorative materials on surface roughness and bacterial adhesion. *J Prosthet Dent* 2010;103:221-227.
3. Bollen CM, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. *Dent Mater* 1997;13:258-269.
4. Choi MS, Lee YK, Lim BS, Rhee SH, Yang HC. Changes in surface characteristics of dental resin composites after polishing. *J Mater Sci Mater Med* 2005;16:347-353.
5. Neme AL, Frazier KB, Roeder LB, Debner TL. Effect of prophylactic polishing protocols on the surface roughness of esthetic restorative materials. *Oper Dent* 2002;27:50-58.
6. Stoddard JW, Johnson GH. An evaluation of polishing agents for composite resins. *J Prosthet Dent* 1991;65:491-495.
7. Chung KH. Effects of finishing and polishing procedures on the surface texture of resin composites. *Dent Mater* 1994;10:325-330.
8. Korkmaz Y, Ozel E, Attar N, Aksoy G. The influence of one-step polishing systems on the surface roughness and microhardness of nanocomposites. *Oper Dent* 2008;33:44-50.
9. Chen MH. Update on dental nanocomposites. *J Dent Res* 2010;89:549-560.
10. Türkün LS, Türkün M. The effect of one-step polishing system on the surface roughness of three esthetic resin composite materials. *Oper Dent* 2004;29:203-211.
11. Lee JY, Shin DH. Surface roughness of universal composites after polishing procedures. *J Kor Acad Cons Dent* 2003;28:369-377.
12. van Noort R, Davis LG. The surface finish of composite resin restorative materials. *Br Dent J* 1984;157:360-364.
13. Da Costa J, Ferracane J, Paravina RD, Mazur RF, Roeder L. The effect of different polishing systems on surface roughness and gloss of various resin composites. *J Esthet Restor Dent* 2007;19:214-224; discussion 225-216.
14. Quirynen M, Bollen CM, Papaioannou W, Van Eldere J, van Steenberghe D. The influence of titanium abutment surface roughness on plaque accumulation and gingivitis: short-term observations. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996;11:169-178.
15. Jones CS, Billington RW, Pearson GJ. The in vivo perception of roughness of restorations. *Br Dent J* 2004;196:42-45; discussion 31.
16. Fruits TJ, Miranda FJ, Coury TL. Effects of equivalent abrasive grit sizes utilizing differing polishing motions on selected restorative materials. *Quintessence Int* 1996;27:279-285.
17. St-Georges AJ, Bolla M, Fortin D, Muller-Bolla M, Thompson JY, Stamatides PJ. Surface finish produced on three resin composites by new polishing systems. *Oper Dent* 2005;30:593-597.
18. Almeida GS, Poskus LT, Guimaraes JG, da Silva EM. The effect of mouthrinses on salivary sorption, solubility and surface degradation of a nanofilled and a hybrid resin composite. *Oper Dent* 2010;35:105-111.
19. Heintze SD, Forjanic M, Ohmiti K, Rousson V. Surface deterioration of dental materials after simulated toothbrushing in relation to brushing time and load. *Dent Mater* 2010;26:306-319.
20. Khalichi P, Singh J, Cvitkovitch DG, Santerre JP. The influence of triethylene glycol derived from dental composite resins on the regulation of *Streptococcus mutans* gene expression. *Biomaterials* 2009;30:452-459.
21. Senawongse P, Pongprueksa P. Surface roughness of nanofill and nanohybrid resin composites after polishing and brushing. *J Esthet Restor Dent* 2007;19:265-273; discussion 274-275.

국문초록

연마시스템에 따른 복합레진의 표면거칠기와 연마시간에 대한 평가

김예미¹ · 신수정² · 송민주² · 박정원^{2*}

¹이화여자대학교 목동병원, ²연세대학교 강남세브란스병원 보존과

연구목적: 본 실험은 현재 임상에서 사용되고 있는 4가지 복합레진 연마 시스템의 연마 능력과 연마에 걸리는 시간을 평가하여 그 효율성을 알아보고자 하였다.

연구 재료 및 방법: 직경 4 mm, 높이 2 mm 의 테플론 몰드에 Z-250 (3M ESPE) 복합레진을 충전하고 양면을 슬라이드 글라스로 압접한 후 Optilux 501을 이용하여 각 면을 40초씩 중합하였다. 중합된 복합레진 디스크를 분리하고 #320 사포로 연마하여 동일한 거친면을 형성한 후 다음의 4가지 연마시스템을 이용하여 표면을 연마하였다: Sof-Lex (3M ESPE), Jiffy (Ultradent), Enhance (Dentsply/Caulk), and Pogo (Dentsply/Caulk). 연마된 면을 표면조도측정기를 이용하여 거칠기를 측정하고 연마에 소요된 시간을 측정하여 연마도와 효율성을 비교 평가하였다. 통계는 one-way ANOVA 후 Duncan's multiple range test를 이용하여 군간의 비교를 하였다.

결과: 연마 후 표면조도는 Pogo에서 가장 낮게 나타났으며 Sof-Lex에서 가장 높게 나타났다. 연마에 소요된 시간은 Pogo에서 가장 짧게 걸렸으며 Sof-Lex, Enhance, Jiffy의 순으로 나타났다.

결론: One-step 연마 시스템인 Pogo는 복합레진의 연마에 있어 매우 짧은 시간에 매우 매끈한 면을 얻을 수 있는 것으로 나타나 수복물의 최종 연마에 매우 효율적으로 사용할 수 있는 것으로 평가되었다.

주요단어: 복합레진; 복합레진연마; 표면거칠기; One-step 연마법