

광중합형 복합레진과 법랑질간의 마모특성 평가

백병주 · 이승영 · 이두철 · 김재곤

전북대학교 치과대학 소아치과학교실 및 구강생체과학연구소

국문초록

본 연구에서는 최근 치과임상에서 이용되고 있는 7종의 복합레진을 시험재료로 선택한 다음 법랑질과 복합레진 충전제가 대합하는 경우의 마모 양상을 조사하기 위해 광중합형 복합레진과 제2소구치 교두를 편-디스크 구동 방식의 전동식 마모시험기에 고정한 다음 68.6N의 하중을 가한 상태에서 30,000회전시켜 $1.3 \times 10^3 \text{m}$ 의 미끄럼 접촉을 가하였다. 마모도를 평가하기 위해 복합레진의 종류에 따른 제2소구치 교두의 수직고경 변화, 시편의 두께 감소와 체적 손실 및 마모시험 전후의 표면을 주사전자현미경으로 관찰하였고, 표면경도가 마모도에 미치는 영향을 평가하기 위해 누프 경도를 측정하여 결과를, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 누프 경도는 Spectrum 군에서 70.4로 가장 높고 Heliomolar 군에서 19.8로 가장 낮은 값을 보였으며, Tukey 다중범위검증법에 의해서 각 군 사이의 통계적 유의성을 검증한 결과, Spectrum 군, Z100 군 및 Clearfil AP-X 군을 제외한 나머지 모든 군들 사이에서 상호간에 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).
2. 법랑질의 내마모성은 microfill 형인 Heliomolar 군과 대합하는 경우에 가장 높게 나타났으며, 구치부용에서는 구상의 zirconia silica 미세 입자를 복합화한 micro hybrid 형의 Palpique 군에서 가장 높게 나타났다.
3. 복합레진의 연마성 마모에 대한 저항성은 필러의 평균 입경이 작고 미세 필러를 고밀도로 분산시켜 복합화한 hybrid 형 복합레진에서 높게 나타나는 경향을 보였다.
4. 주사전자현미경 관찰 결과, 마모면에서는 필러의 돌출, 마멸과 탈락 및 기질레진의 미세 균열 진전과 표면층의 박리 등이 관찰되었다.

주요어 : 마모특성, 복합레진, 누프경도

I. 서 론

복합레진은 레진기질, 분산상인 강화필러 및 이들 두상을 결합시키는 결합제로 구성되며, 레진과 필러의 제조 및 배합기술의 진보로 인해 물질이 크게 향상되면서 진척부는 물론 구치부 수복용 재료로서 치과임상에서 널리 적용되고 있지만, 높은 응력이 작용하는 부위에서의 내마모성이 아말감에 비해 낮은 것이 단점으로 지적되어 왔으며, 이같은 관점에서 복합레진의 마모 특성의 평가와 내마모성을 개선하기 위한 많은 연구가 이루어져 왔다¹⁻⁴⁾.

마모는 접촉하는 물질의 표면 사이에서 상호간의 기계적인 작용으로 인해 물질이 점진적으로 상실되어 가는 현상을 일컫는 용어로서, 마모 현상을 직접 관찰하는 것은 용이하지 않지만, 마모속도, 미세조직의 구조변화, 마모입자의 형태 등과 같

은 간접적인 요인으로부터 관찰할 수 있다. 구강 내에서 마모를 야기하는 기전은 다양한 운동과 하중 조건 및 열악한 구강환경 등으로 인해 매우 복잡하지만⁵⁾, 일반적으로 구강 내에서는 응착성, 연마성, 피로성, 침식성 및 부식성 마모가 지배적이라고 언급되고 있다⁶⁻⁹⁾. Lambrechts 등¹⁰⁾은 구치부 복합레진 수복부에서는 연마성 마모와 마멸성 마모가 마모의 지배적인 기전이라고 하였고, Braem 등¹¹⁾은 마멸성 마모와 피로성 마모가 복합레진에서 관찰되는 주된 마모 기전이라고 하였다. Lutz 등¹²⁾은 구치부 복합레진 수복부의 경우 교합면 접촉부(occlusal contact area : OCA)에서는 마멸성 마모가 지배적이지만 비접촉부(contact-free area : CFA)에서는 연마성 마모가 지배적이라고 하였고, Roulet¹³⁾은 교합면 접촉부에서 수복재의 마모를 야기하는 인자로는 응착성, 연마성 및 피로성 마모가 지배적이며, 화학적 분해에서 비롯된 부식도 수복후 오래 경과된 충전제에

서는 파괴의 원인이 될 수 있다고 하였다.

치아나 수복물에서 발생하는 마모의 원인은 저작운동, 잇솔질, 이상기능 및 직업적 습관 등을 들 수 있으며, 이러한 마모의 결과로 인해 교합교경의 감소, 교합장애 및 심미성의 저하 등을 초래한다. 따라서 구강내에서 마모를 수반하는 재료는 장기간에 걸쳐서 그의 기능을 수행할 수 없다. 본 연구에서는 최근 치과임상에서 이용되고 있는 7종의 복합레진을 시험재료로 선택한 다음 범랑질과 복합레진 충전재가 미끄럼 접촉을 하는 핀-디스크 유형의 마모시험을 실시하였으며, 복합레진의 종류에 따른 마모량의 비교와 마모면의 관찰을 통하여 다소의 지견을 얻었기에 그 결과는 보고하는 바이다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

본 연구에서는 shade A3의 전치부용의 복합레진인 Heliomolar와 전·구치 겸용의 복합레진인 Palpique Estelite, Spectrum 및 Z100, 구치부용의 복합레진인 Clearfil AP-X, P60 및 Palpique Toughwell 등 7종의 복합레진을 대상으로 하였다(Table 1).

2. 연구방법

시편은 내경과 외경이 각각 8mm와 20mm이고 두께가 2mm인 원판상의 시편을 제작할 수 있는 테프론 몰드를 이용하였다. 몰드 내에 복합레진 페이스트를 약간 넘치도록 채운 다음 폴리에스테르 필름과 유리판을 덮고서 손으로 압력을 가하여

여분의 시료를 제거하였으며, 3대의 광조사기(Optilux, Kerr Co, U.S.A.)를 이용하여 상면과 하면에서 각각 40초씩 총 80초간의 광중합을 시행하였다. 각 군 공히 5개씩의 시편을 준비한 다음 표면을 240~2,000번의 emery paper로 순차적으로 연마하였고, 측정부의 표면에 잔존하는 미세결함을 제거하기 위해 1 μ m의 diamond compound(Metadi II, Beuhler Ltd, U.S.A.)로 마무리 연마를 시행하였으며, 측정전 37 $^{\circ}$ C의 증류수 중에서 10일 동안 시효처리를 시행하였다.

시험재료 사이의 표면 경도를 비교하기 위해 미소경도측정기(Matsuzawa Seiki Co Ltd, MHT-1)를 이용하여 압입하중 25g, 유지시간 15초의 조건에서 경도를 측정하였다.

마모시험은 액상의 환경에서 범랑질 stylus와 복합레진 시편이 미끄럼 접촉을 하는 핀-디스크(pin-on-disk) 유형으로 설정

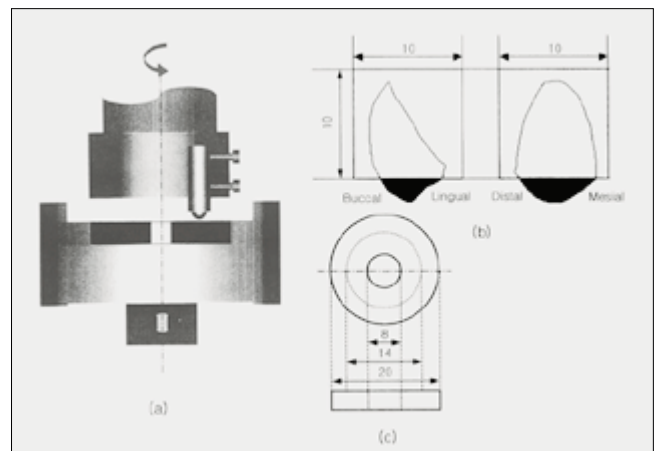


Fig. 1. Schematic diagram of wear-testing machine(a), antagonist of premolar cusp(b) and test specimen(c).

Table 1. Materials used in this study

	Material	Code	Composition	Filler loading (vol%/wt%)	Manufacturer
전치부용 복합레진	Heliomolar	HM	collodial silica/Bis-GMA, UDMA, DCDMA	46/66.7	Vivadent, Schann Lichtenstein
	Palpique Estelite	PE	zirconia silica/Bis-GMA, TEGDMA	52/67	Tokuyama Soda Japan
전·구치 겸용 복합레진	Spectrum	ST	barium alumino borosilic-ate glass/ Bis- GMA, Bis-EMA, TEGDMA	57/77	Dentsply, U.S.A.
	Z100	ZH	zirconia silica/Bis-GMA, TEGDMA	66.0/84.5	3M, U.S.A.
	Clearfil AP-X	CA	barium silicate glass/Bis-GMA, TEGDMA	70/85.5	Kuraray, Japan
구치부용 복합레진	P60	PS	zirconia silica/Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA	61/-	3M, U.S.A.
	Palpique Toughwell	PT	zirconia silica/Bis-MPEPP, UDMA, TEGDMA	-/83	Tokuyama Soda Japan

하였다. 제2소구치의 협설측 교두를 고정한 stylus(Fig. 1)가 직경 14mm 원주 상에 오도록 마모시험기에 고정된 다음 시편에 68.6N의 하중을 가한 상태에서 100rpm의 속력으로 30,000회전시켜 1.3×10^3 m의 미끄럼 접촉이 일어나도록 하였다. 마모도를 평가하기 위해 범랑질의 수직고경의 변화는 0.1 μ m의 정밀도를 갖는 마이크로미터(PB-IB, Mitutoyo Co, Japan)로 측정하였고, 시편의 무게변화는 0.1mg의 정밀도를 갖는 전자저울(AB204-S, Mettler Toledo Ltd, Switzerland)로 측정하였으며, 30,000회전후 시편을 분리하여 표면형상측정기(Conturgraph, Car Mahr, Germany)로 마모로 인한 체적의 감소를 계산하였다. 또한 마모형태로부터 마모를 야기하는 기전을 연구하기 위해 마모시험 전후의 표면을 주사전자현미경(X-650, Hitachi Co, Japan)으로 관찰하였다.

측정된 결과는 시험재료 사이의 차이를 평가하기 위해 분산분석에 의해 통계적 유의성을 검증한 다음, 각 군간의 차이를 Tukey 다중범위검증법에 의해 비교하였다.

III. 연구성적

Fig. 2는 광중합형 복합레진으로 제작한 시편을 10일간 수중 침적한 후의 누프 경도값을 도시한 것으로서, 그의 결과치를 Table 2에 표시하였다. 누프 경도값은 전구치 겸용의 ST 군에

서 70.4로 가장 높고 전치부용의 HM군에서 19.8로 가장 낮은 값을 보였으며, Tukey 다중범위검증법에 의해서 각 군 사이의 통계적 유의성을 검증한 결과, ST군, ZH군 및 CA군을 제외한 나머지 모든 군들 사이에서 상호간에 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).

Fig. 3은 광중합형 복합레진과 제2소구치 교두가 68.6N의 하중 하에서 협설측 방향으로 1.3×10^3 m의 미끄럼 접촉을 하는 동안의 거리와 수직고경의 변화를 도시한 것이다. 범랑질의 수직고경의 감소는 전치부용의 HM군에서 가장 작고 구치부용의 PS군에서 가장 크게 나타났으며, 전구치 겸용의 ZH군을 제외하고는 전치부용 < 전구치 겸용 < 구치부용의 순을 보였다.

Fig. 4는 광중합형 복합레진이 제2소구치의 교두와 68.6N의 하중 하에서 협설측 방향으로 미끄럼 접촉을 할 때 일어나는 복합레진의 무게감소율과 미끄럼 접촉의 거리 사이의 관계를 도시한 것이다. 복합레진의 무게감소는 전구치 겸용의 ZH군을 제외하고는 전치부용과 전구치 겸용의 복합레진에서는 1차 마모 후 2차 마모가 어떤 일정한 값에 접근하며 매우 느린 속도로 진행되는 양상을 보였으나, ZH군과 구치부용의 복합레진에서는 2차 마모가 보다 빠르게 진행되는 양상을 나타냈다.

Fig. 5는 광중합형 복합레진과 제2소구치의 교두가 68.6N의 하중 하에서 1.3×10^3 m의 미끄럼 접촉을 하였을 때의 복합레진의 체적감소량을 비교한 것이다. 체적감소량은 전구치 겸용

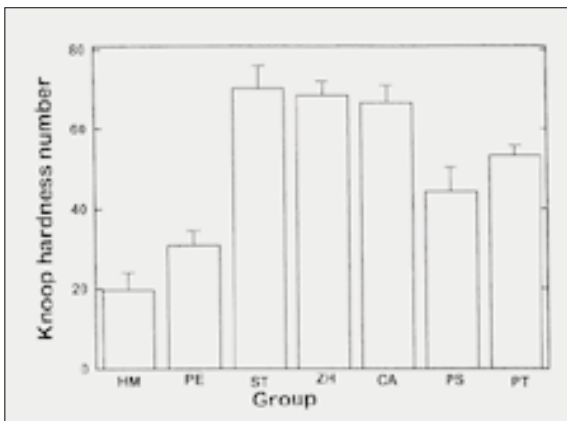


Fig. 2. Comparison of Knoop hardness numbers of each material.

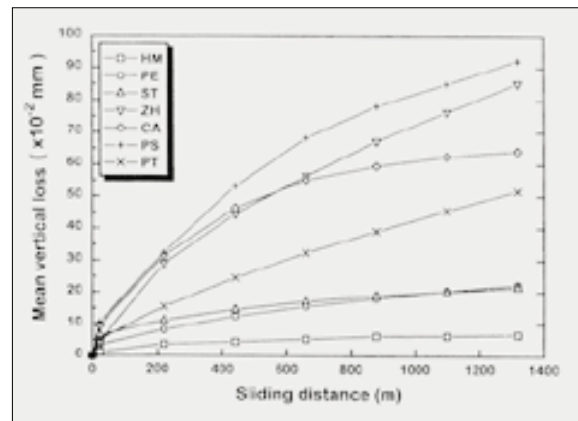


Fig. 3. Comparison of vertical loss of premolar cusp against composite specimens under a load 68.6 N and sliding distance 1.3×10^3 m.

Table 2. Summary of Knoop hardness and volume loss

Material code	Knoop hardness(kg/mm ²)	Volume loss(mm ³)
HM	19.8±4.4 ^E	8.4±1.7 ^C
PE	31.1±3.4 ^D	9.9±3.3 ^{BC}
ST	70.4±5.7 ^A	3.7±1.5 ^D
ZH	68.7±3.3 ^A	19.9±5.3 ^A
CA	66.6±4.4 ^A	10.8±2.1 ^{BC}
PS	44.3±6.0 ^C	13.0±2.9 ^B
PT	53.6±2.3 ^B	9.6±2.4 ^{BC}

* Means in each column designated with the same superscript letter were not significantly different($p < 0.05$).

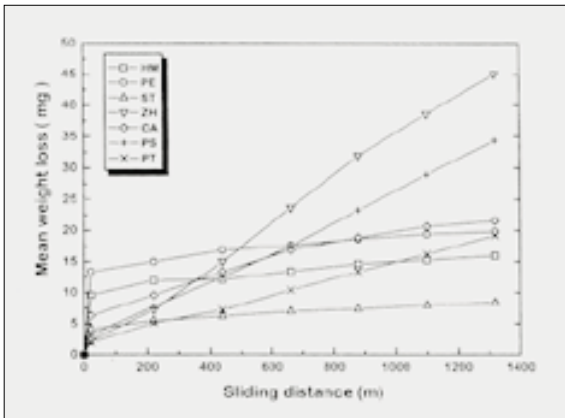


Fig. 4. Comparison of weight loss of composite specimens against premolar cusp under a load 68.6 N and sliding distance 1.3×10^3 m.

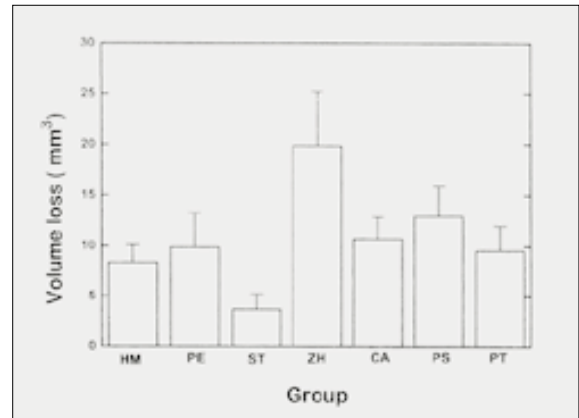


Fig. 5. Comparison of wear scar volume after sliding distance 1.3×10^3 m under a load 68.6 N.

의 ZH 군이 19.9mm^3 으로 시험군 중에서 가장 크고 ST 군이 3.7mm^3 으로 가장 작게 나타났으며, Tukey 다중범위검증법에 의해서 각 군 사이의 통계적 유의성을 검증한 결과, PE 군, CA 군 및 PT 군을 제외한 나머지 모든 군들 사이에서 상호간에 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).

Fig. 6에서 Fig. 12는 광중합형 복합레진의 마모시험 전과 제2소구치의 교두와 68.6N의 하중 하에서 1.3×10^3 m의 미끄럼 접촉을 한 후의 표면을 주사전자현미경으로 관찰한 것이다. 마모과정에서 필러의 탈락과 마멸 및 기질레진의 마멸로 인한 필러의 돌출, 미세균열의 진전, 표면층의 박리 등이 관찰되었으나 필러의 파절 양상은 관찰되지 않았다.

IV. 고 찰

상대적인 운동을 하며 접촉하고 있는 두 표면 사이에서는 기계적 성질과 표면의 화학적 조성, 물리적, 구조적 변화를 수반하는 복잡한 현상이 일어나며, 마모란 이들 복잡한 현상을 측정하는 한 방법이다. 마모시험은 두 재료가 직접 접촉하는 방식의 이체마모시험(two-body wear test)과 두 재료 사이에 연마제가 재재하는 삼체마모시험(three-body wear test)으로 대별할 수 있으며, 마모도는 동일한 재료에 대해서도 시험방법에 따라 다양하게 나타나고 있다^{13,14}. 마모로 인한 복합레진의 변화를 조사하기 위해 무게의 감소, 마모 흔적의 크기 변화 또는 시편의 길이 감소 등이 측정되고 있고, 마모로 인한 재료의 손상 여부와 마모 기전의 이해를 위해 주사전자현미경(scanning electron microscopy)이 널리 이용되고 있으며¹⁵⁻¹⁷, 표면의 미세구조 및 마모과정에서 일어나는 상변태를 확인하기 위해 X-ray photoemission spectroscopy (XPS) 등의 표면분석장치가 이용되고 있다. 본 연구에서는 법랑질과 복합레진 충전체가 미끄럼 접촉을 하는 경우의 내마모성을 평가하기 위해 제2소구치의 교두가 충전체 상의 직경 14mm 원주 상에서 회전운동을 하는 핀-디스크 유형으로 설정한 다음 68.6N의 하중을 가한 상태에서 30,000회전시켜 1.3×10^3 m의 미끄럼 접촉이 일어나도록

하였으며, 마모도를 평가하기 위해 복합레진의 종류에 따른 제2소구치 교두의 수직고경 변화, 시편의 두께 감소와 체적 손실의 정도를 비교하였고, 또한 복합레진에서 마모를 야기하는 기전을 조사하기 위해 마모시험 전후의 표면을 주사전자현미경으로 관찰하였다.

법랑질과 수복물 사이에서 발생하는 마모는 임상에서 수복재를 선택할 때 고려해야할 중요한 사항 중의 하나이다. 치아의 마모는 생리적 또는 병적인 상황 양쪽 모두에서 발생할 수 있으며, 대합하는 치아의 점진적인 마모는 자연적인 현상의 하나로 받아들여지고 있다¹⁸. Lambrechts 등¹⁹은 구치부 법랑질의 수직적 마모량이 연평균 20~40 μm 에 달하였다고 하였는데, 이상적인 치관수복재료는 법랑질과 유사한 정도의 내마모성을 갖는 것이 바람직하다²⁰. 구치부 복합레진의 마모량에 관하여, Dickinson과 Leinfelder²¹는 3년후 평균 28 μm 에 달하였다고 하였고, Ferracane 등²²은 2년이 경과한 후 구치부에서 복합레진의 마모량이 40 μm 에 달하였다고 하였다. 본 연구에서는 제2소구치 교두가 68.6N의 하중 하에서 광중합형 복합레진과 협설측 방향으로 1.3×10^3 m의 미끄럼 접촉을 한 후의 수직고경의 변화를 조사한 결과, 전치부용의 HM 군에서 67.1 μm 로 가장 작고 구치부용의 PS 군에서 922.4 μm 로 가장 크게 나타났으며, 전구치 검용의 ZH 군을 제외하고는 전치부용 < 전구치 검용 < 구치부용의 순을 보였다.

광중합형 복합레진은 균일한 페이스트의 광조사에 의해 경화가 일어나므로 화학중합형에 비해서는 기포의 혼입이 적고 표면경도가 높을 뿐만 아니라, 레진과 필러의 개선 및 필러의 고밀도 충전 등으로 인해 기계적 성질이 개선되어 구치부 충전용으로도 적용되고 있다²³. Randal 등²⁴, Draughn과 Harrison²⁵은 필러의 강도가 높고 함량이 많을수록 복합레진의 강도와 내마모성이 개선된다고 하였고, Condon 등²⁶은 내마모성은 필러의 함량이 많을수록 우수하며 기질레진이 필러에 의해 보호를 받지 못하고 노출될수록 마모도가 증가한다고 하였다. Pallav 등²⁷은 전체 필러의 함량을 일정하게 유지하면서 평균입경 0.04 μm 인 미세 필러의 함량을 증가시켰을 때 내마모성

이 개선되었다고 하였고, Suzuki 등²⁸⁾은 필러의 형상이 구상이며 크기가 작을 때 표면경도와 내마모성이 우수하게 나타났다고 하였으며, Tani 등²⁹⁾은 megafiller로 불리우는 β -quartz glass ceramic의 첨가에 의해 복합레진의 강도와 내마모성을 개선할 수 있다고 하였다. 본 연구에서 제2소구치 교두와 복합레진이 미끄럼 접촉을 하는 경우의 마모량을 비교한 결과, 전구치 겸용의 ZH 군을 제외하고는 전치부용과 전구치 겸용의 복합레진에서는 1차 마모후 2차 마모가 어떤 일정한 값에 접근하며 매우 느린 속도로 진행되는 양상을 보였으나, ZH 군과 구치부용의 복합레진에서는 2차 마모가 보다 빠르게 진행되는 양상을 나타냈다. 1차 마모가 2차 마모에 비해 빠른 속도로 진행되는 이유는 초기에는 접촉면적이 작아서 국소적인 부위에 높은 응력이 집중됨에 따라 치아에 비해 상대적으로 경도가 낮은 복합레진 층에서 마모가 보다 빠르게 진행되지만 이후 접촉면적의 증가로 응력이 분산됨에 따라 마모속도가 둔화되기 때문으로 생각된다. 구치부용이 전치부용에 비해 치아와 복합레진 상호간에 마모 정도가 심하게 나타나고 있는 것은 전치부용에서는 함유된 미세 필러가 기질레진에 분산되어 기질의 강화에 기여하지만 구치부용에서는 고강도와 고인성을 보이는 필러의 높은 함량으로 인해 상대적으로 내마모성이 낮은 레진이 필러에 의해 보호를 받기 때문으로 생각되며, 마모면의 주사전자현미경 관찰 결과에서도 그와 같은 양상을 확인할 수 있다. 또한 구치부용 중에서 PT 군과 PS 군이 zirconia silica 필러를 함유하고 있음에도 불구하고 PS 군이 PT 군에 비해 마모도가 높게 나타나고 있는 것은 PT 군이 PS 군에 비해 평균 입경이 작으면서도 크기가 서로 다른 미세 필러를 고밀도로 분산시켜 복합화하고 있기 때문으로, Pallav 등²⁷⁾, Suzuki 등²⁸⁾이 언급한 결과와 일치하는 양상을 보였다.

Leinfelder²³⁾, Mair³⁰⁾은 microfill 형과 미세 필러를 함유하는 hybrid 형의 복합레진은 아말감에 준하는 정도의 연마성 마모에 대한 저항성을 갖지만 마멸성 마모에 대한 민감성으로 인해 갑작스럽게 파괴가 일어날 수 있다고 하였고, Jagger와 Harrison¹⁸⁾은 범랑질은 아말감이나 미세 필러를 함유하는 복합레진에 대해서는 마모 저항성이 높게 나타났으나 재래형 복합레진에 대해서는 마모 저항성이 낮게 나타났다고 하였다. Trung과 Tyas²⁾는 기질레진과 필러의 계면에 미세균열이 생성될 경우 저작력과 구강내 온도변화 등의 영향으로 인해 균열 진전이 일어나 레진과 필러 사이의 결합이 약화되므로 미세균열의 진전을 마모의 전단계로 간주하였고, Powers 등³¹⁾, Leinfelder³²⁾는 외력의 작용시에 수복물의 표층에서의 균열진전으로 필러 입자의 탈락이 일어나므로 마모가 가속화된다고 하였다. Jordan 등³³⁾, Roulet와 Wälti³⁴⁾는 충전재의 마모는 표면의 조도를 증가시킨다고 하였고, Shey와 Oppenheim³⁵⁾은 복합레진 충전재의 적용후 시간경과에 따라 색조의 불일치가 심화된다고 하였으며, Standford 등³⁶⁾은 마모로 인한 표면조도의 증가는 복합레진 수복부의 색조의 불일치를 야기하는 원인 중의 하나라고 하였다. Monasky³⁷⁾는 표면의 성상이나 강도는

내마모성에 영향을 미칠 수 있는 인자라고 하였지만, Hudson 등³⁸⁾은 표면의 강도와 마모도 사이에는 상관관계를 보이지 않았다고 하였다. Pallav 등²⁷⁾은 Brinell 경도와 인장강도 등의 기계적 성질은 복합레진의 마모도와 상관관계를 보이지 않았다고 하였고, Leinfelder⁹⁾는 압축력, 인장강도, 체적수축, 탄성계수 및 표면경도 등과 같은 기계적 성질로부터 마모 저항성을 예측할 수 없다고 하였다. 본 연구에서 마모시험 전후의 표면을 주사전자현미경으로 관찰한 결과, 마모시험 후 표면에서 필러의 탈락과 마멸, 필러에 의해 보호를 받지 못하는 기질레진의 마멸로 인한 필러의 돌출, 미세균열의 진전 및 표면층의 박리 등이 일어나며 마모가 진행되는 양상을 보였다. 비교적 큰 필러($>1\mu\text{m}$)를 포함하는 복합레진에서는 마멸성 마모가 관찰되었지만 그 이외의 경우에는 연마성 마모가 지배적인 양상을 보였다. 마모로 인해 표면조도가 증가하는 양상을 보였고, 치아와 복합레진의 마모량은 표면 경도와는 뚜렷한 상관관계를 보이지 않았다.

V. 결 론

본 연구에서는 최근 치과임상에서 이용되고 있는 7종의 복합레진을 시험재료로 선택한 다음 범랑질과 복합레진 충전재가 대합하는 경우의 마모 양상을 조사하기 위해 광중합형 복합레진과 제2소구치 교두를 핀-디스크 구동 방식의 전동식 마모시험기에 고정된 다음 68.6N의 하중을 가한 상태에서 30,000회 전시켜 $1.3 \times 10^3 \text{m}^2$ 의 미끄럼 접촉을 가하였다. 마모도를 평가하기 위해 복합레진의 종류에 따른 제2소구치 교두의 수직고경 변화, 시편의 두께 감소와 체적 손실 및 마모시험 전후의 표면을 주사전자현미경으로 관찰하였고, 표면경도가 마모도에 미치는 영향을 평가하기 위해 누프 경도를 측정하여 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 누프 경도는 ST 군에서 70.4로 가장 높고 HM 군에서 19.8로 가장 낮은 값을 보였으며, Tukey 다중범위검증법에 의해서 각 군 사이의 통계적 유의성을 검증한 결과, ST 군, ZH 군 및 CA군을 제외한 나머지 모든 군들 사이에서 상호간에 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).
2. 범랑질의 내마모성은 microfill 형인 HM 군과 대합하는 경우에 가장 높게 나타났으며, 구치부용에서는 구상의 zirconia silica 미세 입자를 복합화한 micro hybrid 형의 PT 군에서 가장 높게 나타났다.
3. 복합레진의 연마성 마모에 대한 저항성은 필러의 평균 입경이 작고 미세 필러를 고밀도로 분산시켜 복합화한 hybrid 형 복합레진에서 높게 나타나는 경향을 보였다.
4. 주사전자현미경 관찰 결과, 마모면에서는 필러의 돌출, 마멸과 탈락 및 기질레진의 미세 균열 진전과 표면층의 박리 등이 관찰되었다.

참고문헌

1. Powers JM, Allen LJ, Craig RG : Two body abrasion of commercial an experimental restorative and coating resins and an amalgam. *J Am Dent Assoc* 89:1118-1122, 1974.
2. Trung VT, Tyas MJ : Prediction of in vivo wear in posterior composite resins: a fracture mechanics approach. *Dent Mater* 4:318-327, 1988.
3. Chadwick RG, McCabe JF, Walls AW, et al. : Comparison of a novel photogrammetric technique and modified USPHS criteria to minitor the wear of restorations. *J Dent* 19:39-45, 1991.
4. Condon JR, Ferrance JL : In vitro wear of composite with varied cure, filler level, and filler treatment. *J Dent Res* 76:1405-1411, 1997.
5. Yap AUJ, Teoh SH, Hastings GW, et al. : Comparative wear ranking of dental restorative materials utilizing different wear simulation modes. *J Oral Rehabil* 24:574-578, 1997.
6. Lutz F, Phillips RW, Roulet JF, et al. : An in vitro and in vivo comparison for wear. : Potential posterior composites. *J Dent Res* 63:914-920, 1984.
7. Mohd ZA, Ramlah AA : Wear of materials used in dentistry : A review of the literature. *J Prosthet Dent* 63:342-349, 1990.
8. Wassell RW, McCabe JF, Walls AWG : A two-body friction wear test. *J Dent Res* 73:1546-1553, 1994.
9. Leinfelder KF : Using composite resin as a posterior restorative material. *J Am Dent Assoc* 122:65-70, 1991.
10. Lambrechts P, Vanherle G, Vuylsteke M, et al. : Quantitative evaluation of the wear resistance of posterior dental restoration : a new three-dimensional measuring technuque. *J Dent* 12:252-226, 1984.
11. Braem M, Lambrechts P, van Doren V, et al. : In vivo evaluation of four posterior composites. *Dent Mater* 2:106-113, 1986.
12. Lutz F, Phillips RW, Roulet JF, et al. : In vivo and in vitro wear of potential posterior composites : quantitative wear measurements and clinical behavior. *Dent Mater* 2:106-113, 1986.
13. Roulet JF : Degradation of dental polymers. Karger, New York, 60-160, 1987.
14. Harrison A : Wear of combination of acrylic resin and porcelain on an abrasion testing machines. *J Oral Rehabil* 4:111-115, 1978.
15. Wendt SKL, Leinfelder KF : Clinical evaluation of a posterior resin composite : 3-year results. *Am J Dent* 7:207-211, 1994.
16. Lutz F, Phillips RW, Roulet JF, et al. : Potential posterior composites- an in vivo and in vitro wear. *J Dent Res* 63:914-920, 1984.
17. Tyas MJ, Wassenaar P : Clinical evaluation of four composite resins in posterior teeth : Five year results. *Aust Dent J* 36:369-373, 1991.
18. Jagger DC, Harrison A : An in vitro investigation into the wear effects of selected restorative materials on enamel. *J Oral Rehabil* 22:275-281, 1995.
19. Lambrechts P, Bream M, Vuylsteke-Wauters M, et al. : Quantitative in vivo wear of human enamel. *J Dent Res* 68:1752-1754, 1989.
20. Seghi RR, Rosenstiel SF, Bauer P : Abrasion of human enamel by different dental ceramics in vitro. *J Dent Res* 70:221-225, 1991.
21. Dickinson CL, Gerbo LR, Leinfelder KF : Clinical evaluation of a highly wear resistance composite. *Am J Dent* 6:85-87, 1993.
22. Ferracane JL, Mitchem JC, Condon JR, et al. : Wear and marginal breakdown of composites with various degrees of cure. *J Dent Res* 76:1058-1516, 1997.
23. Leinfelder KF : Posterior composite resins. *J Am Dent Assoc* 126:663-676, 1995.
24. Randal M : Abrasive wear of filled and unfilled resin. *Scand J Dent Res* 86:399-403, 1978.
25. Draughn RA, Harrison A : Relationship between abrasive wear and microstructure of composite resins. *J Prosthet Dent* 40:220-224, 1978.
26. Condon JR, Ferrancane JL : In vitro wear of composite with varied cure, filler level, and filler treatment. *J Dent Res* 76:1405-1411, 1997.
27. Pallav P, De Gee AJ, Davidson CL, et al. : The influence of admixing microfiller to small-particle composite resin on wear, tensile strength, hardness, and surface roughness. *J Dent Res* 68:489-490, 1989.
28. Suzuki S, Leinfelder KF, Kawai K, et al. : Effect of particle on wear rates of posterior composites. *Am J Dent* 8:173-178, 1995.
29. Tani Y, Togaya T, Ishikawa A, et al. : Effect of "Megafiller" insertion on the wear of composite resins. *Dent Mater* 13:174-181, 1994.
30. Mair LH : Wear : mechanisms, manifestation and

- measurement: Report of a workshop. *J Dent* 24:141-148, 1996.
31. Powers JM, Roberts JG, Craig RG : Surface failure of commercial and experimental restorative resins. *J Dent Res* 55:432-436, 1976.
 32. Leinfelder KF : Composite resins in posterior teeth. *Dent Clin North Am* 25:357-364, 1981.
 33. Jordan RE, Suzuki M, Gwinnett AJ, et al. : Restoration of fractured and hypoplastic incisors by the acid etch resin technique : a three-year reports. *J Am Dent Assoc* 95:795-803, 1997.
 34. Roulet JF, Wälti C : The influence of oral fluid on composite resin and glass ionomer cement. *J Prosthet Dent* 52:182-189, 1984.
 35. Shey Z, Oppenheim M : A clinical evaluation of a radiopaque material in the restoration of anterior and posterior teeth. *J Am Dent Assoc* 98:569-571, 1979.
 36. Stanford WB, Fan PL, Wozniak WT : Effects of finishing on color and gloss of composites with different fillers. *J Dent Res* 62:219-223, 1983.
 37. Monasky GE, Taylor DF : Studies in the wear properties of porcelain : enamel and gold. *J Prosthet Dent* 25:299-306, 1971.
 38. Hudson JD, Goldstein GR, Georgescu M : Enamel wear caused by three different restorative materials. *J Prosthet Dent* 74:647-654, 1995.

사진부도 ①

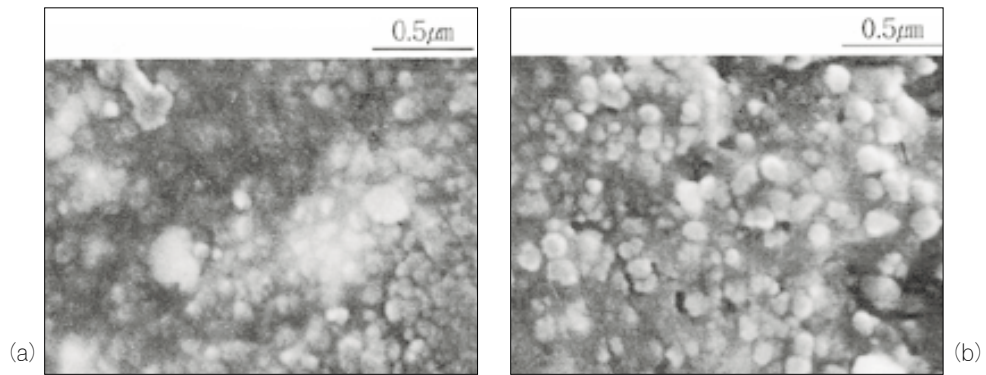


Fig. 6. SEM micrographs of the polished(a) and abraded(b) surfaces of the HM group.

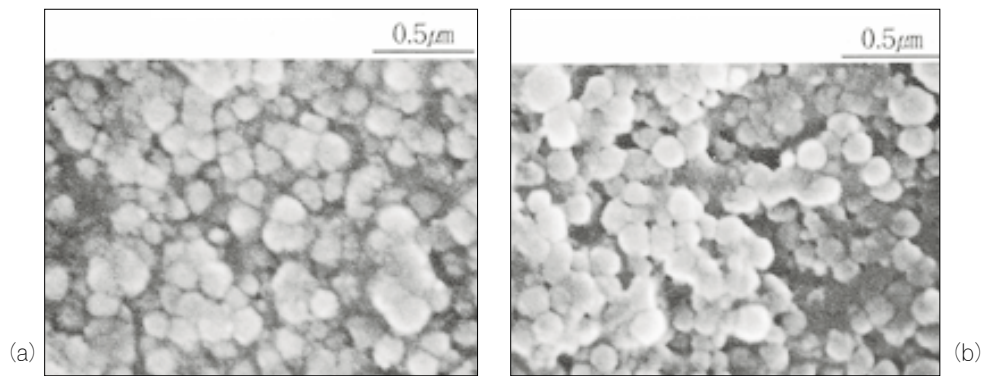


Fig. 7. SEM micrographs of the polished(a) and abraded(b) surfaces of the PE group.

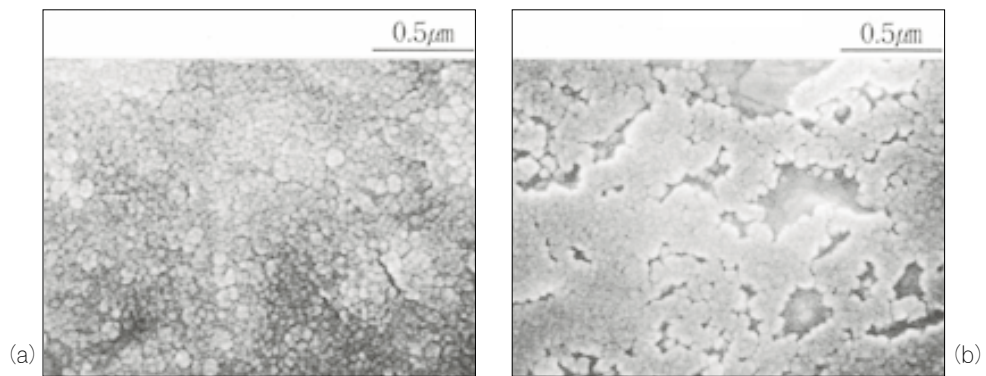


Fig. 8. SEM micrographs of the polished(a) and abraded(b) surfaces of the ST group.

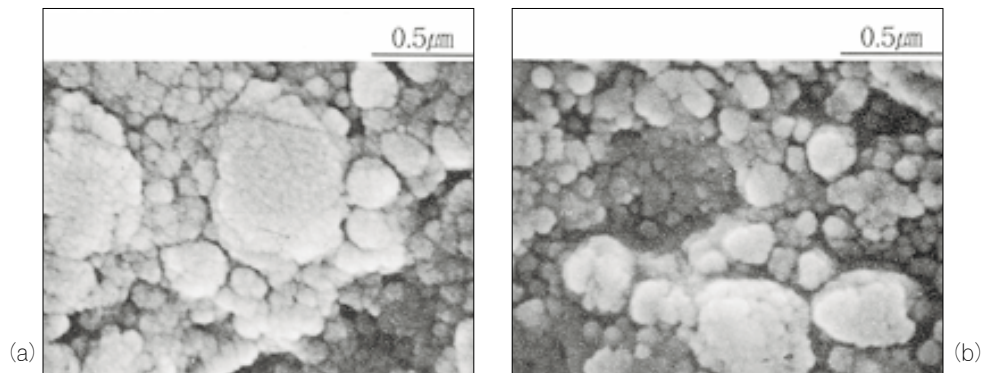


Fig. 9. SEM micrographs of the polished(a) and abraded(b) surfaces of the ZH group.

사진부도 ②

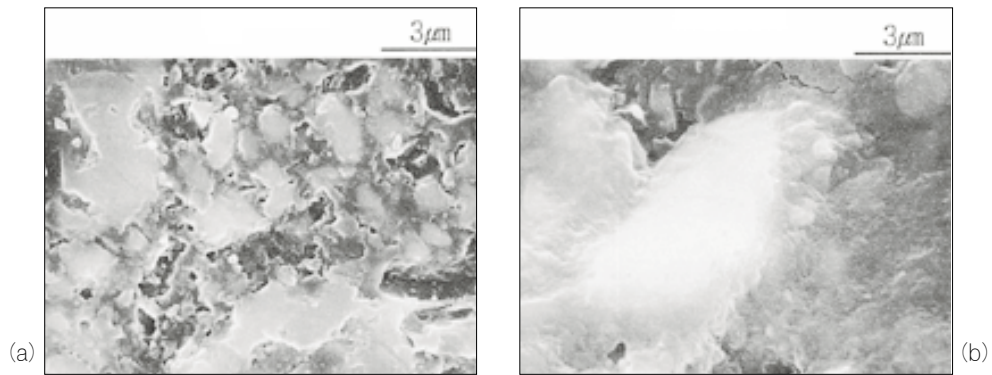


Fig. 10. SEM micrographs of the polished(a) and abraded(b) surfaces of the CA group.

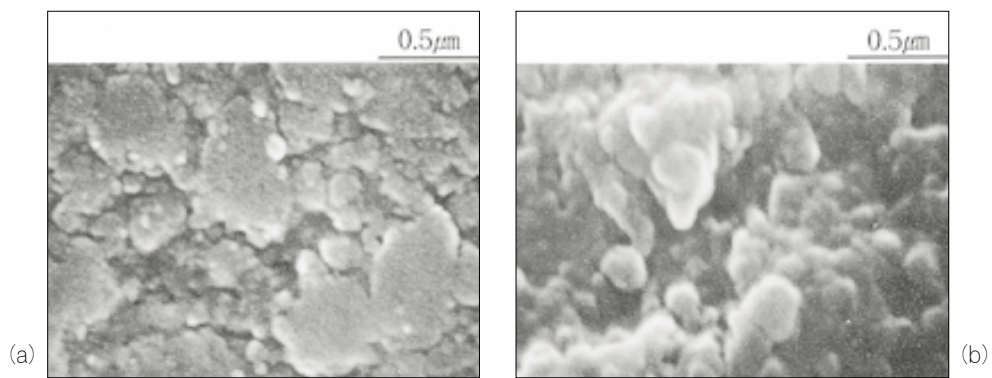


Fig. 11. SEM micrographs of the polished(a) and abraded(b) surfaces of the PS group.

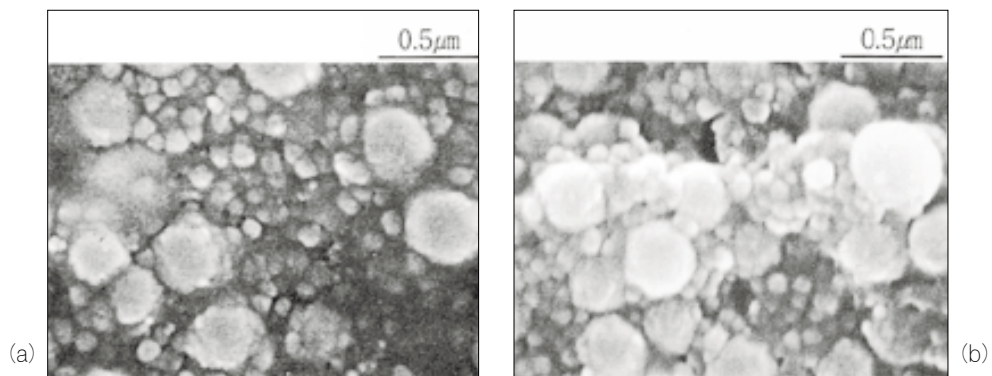


Fig. 12. SEM micrographs of the polished(a) and abraded(b) surfaces of the PT group.

Abstract

AN EVALUATION OF WEAR CHARACTERISTICS OF LIGHT-CURED
RESTORATIVE COMPOSITES ON ENAMEL SURFACE

Byeong-Ju Baik, D.D.S., Ph.D., Seung-Young Lee, D.D.S., Ph.D.,
Doo-Cheol Lee, D.D.S., M.S.D., Jae-Gon Kim D.D.S., Ph.D.

Department of Pediatric Dentistry and Institute of Oral Bioscience,
College of Dentistry, Chonbuk National University

This study was performed to evaluate wear characteristics of light-cured composites when opposed by human enamel. Seven light-cured restorative composites were selected and enamel cusps sectioned from premolars. All samples were stored in distilled water at 37°C for 10 days. 68.6 N of weight was loaded during the test. The measurements of vertical loss of enamel cusps, weight loss and volume loss of composites, and SEM observations of the polished and abraded surfaces were made after 30,000 cycles.

The results obtained were summarized as follows:

1. The highest hardness value of 70.4 was observed in the Spectrum group and the lowest value of 19.8 was observed in the Heliomolar group. Results of Tukey test showed that an overall significant difference was indicated except the Spectrum, Z100 and Clearfil AP-X groups ($p < 0.05$).
2. Enamel showed the good abrasion resistance against the Heliomolar group of microfilled composite and the Palpique Toughwell group containing the submicron hybrid type spherical fillers.
3. The abrasive wear resistance of hybrid composites was improved with the decrease of mean particle size and hybrid of submicron particle fillers.
4. SEM observation of worn surfaces revealed the protrusion, attrition and missing of fillers, cracks developing and delamination in the matrix.

Key Words : Wear characteristics, Composite Resin, Knoop hardness