

## 범랑질에 의한 수종의 간접복합레진의 마모에 관한 연구

부산대학교 치과대학 보철학교실

이현정 · 전영찬 · 정창모 · 정희찬

### I. 서 론

금합금, 도재, 복합레진 등과 같은 치과용 수복재료는 저작압을 지지할 수 있는 강도, 구강조직과의 생체친화성, 타액 내에서의 안정성, 변색과 부식에 대한 저항성, 내마모성 등의 성질이 요구된다. 수복재료의 마모 특성은 수복물의 장기간의 안정성에 중요한 요소 중의 하나로서, 만약 수복물이 과도하게 마모되면, 비정상적인 부하와 이로 인한 치주질환 등이 나타날 수 있으며<sup>1</sup> 수직 고경과 중심교합위의 상실, 치아의 경사 등의 문제점이 야기될 수 있다.<sup>2</sup>

금합금은 가장 안정적인 마모 성향을 가지는 재료로 여겨지고 있으며<sup>3</sup> 도재는 범랑질이나 다른 수복재와 대합될 경우 자체 마모는 적지만<sup>3</sup> 상대재의 마모가 많은 특성을 보인다.<sup>4</sup> 이에 비해 레진은 상대재의 마모는 적게 일으키지만 자체 마모가 많은 것으로 알려져 있다.<sup>4</sup>

치과용 수복재료 중 복합레진은 크게 직접복합레진과 간접복합레진으로 구별된다. 간접복합레진은 1980년대 초 inlay로부터 시작되어 Dentacolor (Kulzer, Wehrheim, Germany), SR Isosit N (Ivoclar-Vivadent, Liechtenstein), Visco-Gem (Espe, Seefeld, Germany) 등의 1세대 간접복합레진이 개발되었다.<sup>5</sup> 1세대 간접복합레진은 기존의 polymethyl methacrylate 전장레진에 비해 내마모성이 향상되었고<sup>6</sup> 직접복합레진에 비해 더 좋은 인접면 접촉, 교합면 외형, 변연 적합도를 보였으나 굴곡

강도, 탄성계수, 내마모성이 낮아<sup>5</sup> 변연부 파절, 마모, 변색 등의 문제점을 보였다.<sup>7</sup>

이러한 문제점을 보완한 microhybrid composite resin, 혹은 ceramic polymer인 2세대 간접복합레진이 소개되었다. 2세대 간접복합레진은 무기질 충전재의 함량을 높이고 다양한 크기의 충전재와 bifunctional methacrylate monomer를 사용하고 열, 빛, 수중 중합, 압력, 진공 등의 중합 방식을 도입하여 굽힘강도, 탄성계수, 압축강도, 가수분해 저항성, 내마모성 등의 물성을 개선하고 중합수축량을 감소시켰다.<sup>8</sup> 이러한 2세대 간접복합레진으로는 Artglass (Kulzer, Wehrheim, Germany), Sculpture (Jeneric/Pentron, Wallingford, USA), Targis (Ivoclar-Vivadent, Liechtenstein), Bellglass HP (Kerr, California, USA), SR Adoro (Ivoclar-Vivadent, Liechtenstein), Tescera (Bisco, Schaumburg, USA), Sinfony (3M ESPE, Seefeld, Germany) 등이 있다.

2세대 간접복합레진이 1세대에 비해 많이 발전되었지만 여전히 가수분해나 변색 등의 문제점이 지적되고 있으며, 특히 내마모성은 아직 개선의 여지가 많이 필요한 것으로 보고되고 있다.<sup>9</sup> Mandikos 등<sup>10</sup>은 2세대 간접복합레진 Artglass, Bellglass, Sculpture, Targis를 칫솔질 재현 장치를 통한 마모시험을 하고 1세대 간접복합레진과 비교하여 개선점이 없다고 보고하였고 Tanoue 등<sup>9</sup>은 7가지 간접복합레진을 칫솔질 재현 장치를 통한 마모시험을 하고

Targis가 Artglass, Sculpture 등에 비해 유의하게 낮은 마모율을 보인다고 보고하였다. 이러한 문헌들이 2세대 간접복합레진의 마모 성향에 대해 보고하고 있으나 법랑질을 대합재로 사용한 마모 실험은 최소한 편이며 특히 최근 소개된 간접복합레진의 내마모성에 대한 비교연구가 부족한 상황이다.<sup>10</sup>

이에 본 연구는 최근에 개발되어 국내에서 널리 사용되고 있는 2세대 간접복합레진인 SR Adoro, Sinfony, Tescera ATL (Bisco, Schaumburg, USA) 과 금합금이 자연치 법랑질에 의하여 마모되는 양상을 조사, 비교하고자 하였다.

## II. 연구 재료 및 방법

### 1. 연구 재료

마모시험을 위한 재료로 최근에 개발되어 임상에 소개되고 있는 간접복합레진 세 종류와 대조군으로 금합금을 사용하였으며, 상대 마모재로는 최근에 발견된 영구치의 법랑질을 사용하였다.

### 2. 연구 방법

#### 1) 치아 시편 제작

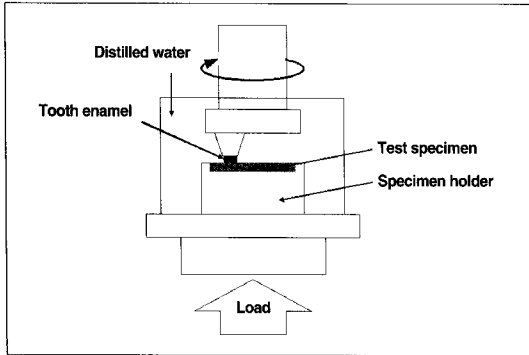
치아 시편은 최근에 발견된 사람의 전치 및 소구치를, 가로 2mm, 세로 2mm, 높이 2mm의 정육면체가 되도록 조직절편기 (Accutom-50, Struers, Denmark)로 절단하고 이를 clear resin (Orthodontic resin, Dentsply, Milford, USA)에 포매하였다. 이 resin block을 pin-on-disk tribometer (Triboss PD-102, R&B, Daejon, Korea)의 jig에 맞도록 윗면 지름 3mm, 아랫면 지름 8mm, 높이 6mm의 원추 형태로 가공하였다. 원뿔의 윗면에 절단된 치아 정육면체의 법랑질면이 1mm 정도 노출되게 하고 평탄하게 하기 위해 #600 SiC까지 연마하였으며, 모두 20개 제작하여 증류수에 보관하였다.

#### 2) 금합금 시편 제작

Pattern resin (GC, Tokyo, Japan)으로 직경 24mm, 두께 1.5mm의 원반 형태를 만들어 매몰하고 금판제작용 금합금 (Baker-444, Heesung Engelhard, Daejon, Korea)으로 주조하였으며, 이

**Table I.** Composition and polymerization modes of the test materials

Material	N	Composition	Polymerization mode
SR Adoro Incisal	5	Monomer: aliphatic dimethacrylate Fillers: 63wt% prepolymerized splinter (SiO <sub>2</sub> ), mean size 10-30 $\mu$ m	First cycle: photopolymerization, 10s Second cycle: heat (Lumamat 100) 104 $^{\circ}$ C 25min, ambient
Sinfony Incisal	5	Monomer: aliphatic and cycloaliphatic monomers Fillers: 50wt% aluminum glass and SiO <sub>2</sub> , mean size 0.6 $\mu$ m	First cycle: photopolymerization (Visio Alpha), 400mW/cm <sup>2</sup> , 15s Second cycle: photopolymerization (Visio Beta) up to 40 $^{\circ}$ C, vacuum, 15min
Tescera ATL Incisal	5	Monomer: ethoxylated bisphenol A dimethacrylate 2-15%, urethane dimethacrylate 2-15% Fillers: amorphous silica 72wt%	Pressure 70psi, light 300W, heat 130 $^{\circ}$ C under water with oxygen scavenger
Gold alloy	5	Au 55%, Pd 4%, Ag 25%, (Cu, Zn, Sn): 16%	-



**Fig. 1.** Schematic diagram of pin-on-disk tribometer with enamel and test specimen in wet environment.

주조금합금 시편을 자동연마기 (Metpole, R&B, Korea)에서 #2,000 SiC까지 연마하여 모두 5개 제작하였다.

### 3) 간접복합레진 시편 제작

세 가지 상품의 incisal용 레진을 사용하여 제조사의 지시에 따라 직경 24mm, 두께 1.5mm의 원반형의 시편을 제작하고 (Table I) 자동연마기로 #2,000 SiC까지 연마하였다. 각 상품별 5개씩 모두 15개를 제작하였다.

### 4) 마모시험

Pin-on-disk 마모시험기를 사용하여 법랑질 시편은 마모시험기의 상부에 고정하고, 간접복합레진과 금합금 시편은 하부에 고정하여 상부에 고정된 시편이 회전하는 방식으로 시험하였다. Sliding speed 200rpm, 이동거리 160m, 수직하중을 24N으로 고정 한 후 증류수를 순환시키는 회전 방식의 습식 마모 시험을 하였다 (Fig. 1).

### 5) 마모 측정과 비교

#### (1) 법랑질

무게 측정에는 10<sup>-5</sup>gram까지 측정 가능한 미세정 밀전자저울 (DualRange XS205, Mettler-Toledo, Switzerland)을 사용하여 마모시험 전후 증류수에 보관하였던 법랑질 시편을 5분동안 vacuum drying

oven에서 건조시킨 뒤 무게를 측정하였다. 법랑질 마모량은 무게 변화와 법랑질의 밀도 (2.8 mg/mm<sup>3</sup>)를 이용하여 마모량을 산출하였다.

#### (2) 간접복합레진과 금합금

간접복합레진과 금합금 시편을 표면조도기 (Surftest SV-3000, Mitutoyo, Kawasaki, Japan)를 사용하여 마모트랙의 깊이를 측정하고, 주사전자현미경 (JSM-6480LV, JEOL, Tokyo, Japan)을 사용하여 마모트랙의 폭을 측정하고 마모시험 전후의 표면을 관찰하였다.

#### (3) 통계분석

법랑질의 마모량, 간접복합레진과 금합금 시편의 마모트랙의 깊이와 폭의 차이를 SPSS 통계프로그램을 사용하여 일원분산분석법 (one-way ANOVA)으로 분석하고 유의성을 다중범위검정법 (Scheffe's test)을 이용하여 검정하였다.

## Ⅲ. 결 과

### 1. 법랑질 마모량

실험 후 법랑질 마모량의 평균값과 표준편차는 Table II와 같다.

법랑질 마모량의 평균값은 금합금군에서 가장 크고 Sinfony군, SR Adoro군, Tescera ATL군 순서로 작아졌으나, 각 군 간에 유의한 차이는 없었다 (P>.05).

### 2. 간접복합레진과 금합금의 마모트랙의 깊이

실험 후 표면조도기를 이용하여 측정한 간접복합레진과 금합금의 마모트랙 깊이의 평균값과 표준편차는 Table III과 같다.

마모 깊이 평균값은 대조군인 금합금군이 가장 작았으며 SR Adoro군, Tescera ATL군, Sinfony군 순서로 작아졌다. Sinfony군과 금합금군 사이에는 유의한 차이가 없었고 (P>.05), Tescera ATL군은 금합금군의 약 4배, SR Adoro군은 금합금군의 약 15배에 해당하는 마모 깊이를 보였다.

**Table II.** Mean values and SDs of wear volume of tooth enamel (mm<sup>3</sup>)

Test materials	Enamel wear volume
SR Adoro	0.22±0.06 <sup>a</sup>
Sinfony	0.25±0.06 <sup>a</sup>
Tescera ATL	0.21±0.02 <sup>a</sup>
Gold alloy	0.26±0.08 <sup>a</sup>

Identical superscripted small letters indicate that values are not significantly different (*P* > .05).

**Table III.** Mean values and SDs of wear track depth of indirect composite resins and gold alloy (μm)

Test materials	Wear track depth
SR Adoro	0.75±0.25 <sup>c</sup>
Sinfony	0.07±0.02 <sup>a</sup>
Tescera ATL	0.20±0.09 <sup>b</sup>
Gold alloy	0.05±0.03 <sup>a</sup>

Identical superscripted small letters indicate that values are not significantly different (*P* > .05).

### 3. 간접복합레진과 금합금의 마모트랙의 폭

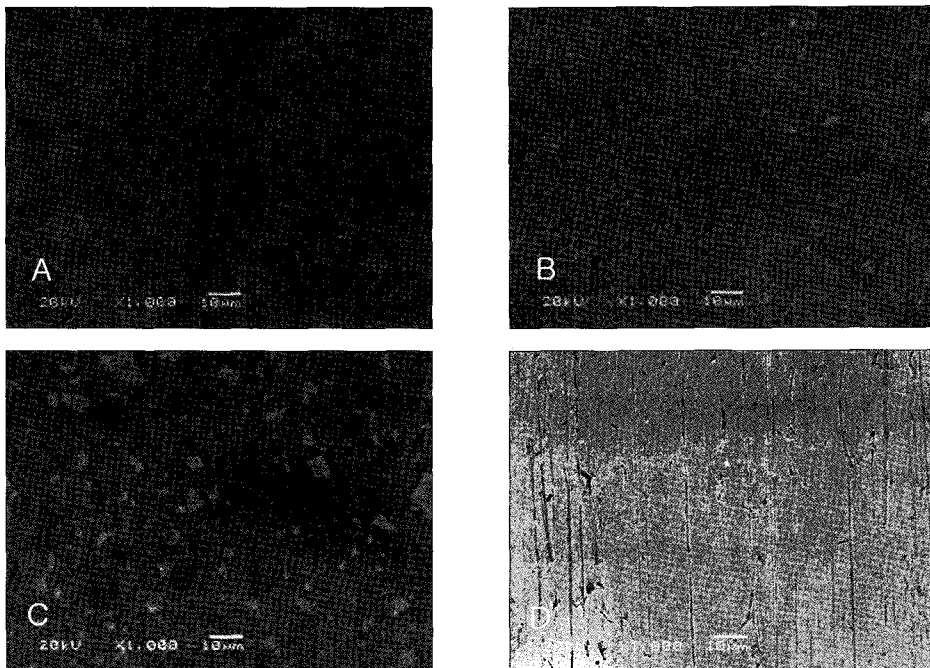
실험 후 주사전자현미경을 이용하여 측정된 간접 복합레진과 금합금의 마모트랙 폭의 평균값과 표준 편차는 Table IV와 같다.

마모트랙의 폭은 SR Adoro군이 가장 컸으며 (*P* < .05), SR Adoro군을 제외한 나머지 군들은 모두 서로 간에 유의한 차이가 없었다 (*P* > .05).

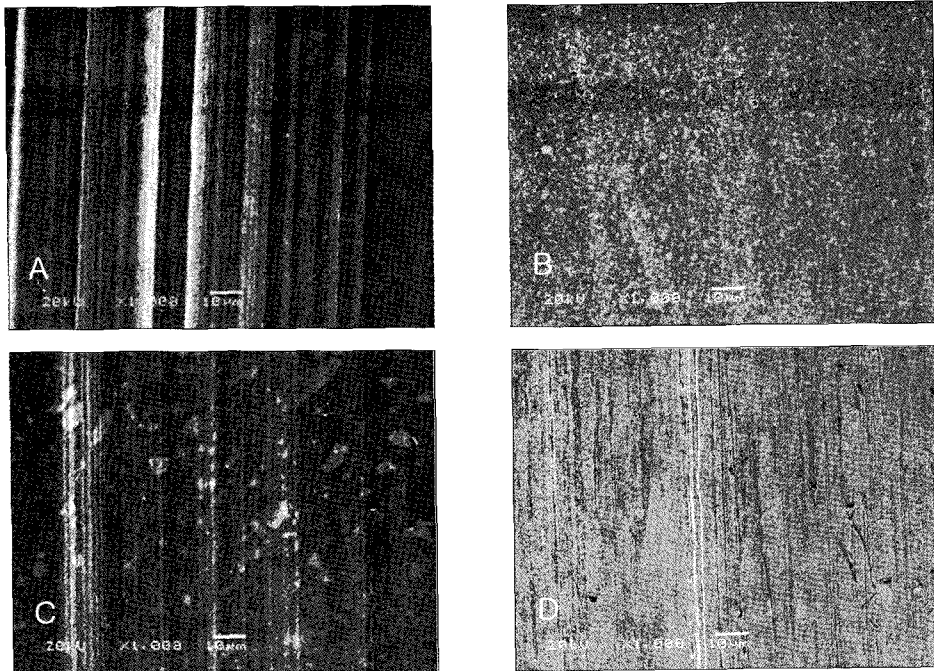
**Table IV.** Mean values and SDs of wear track width of indirect composite resins and gold alloy (mm)

Test materials	Wear track width
SR Adoro	1.48±0.23 <sup>b</sup>
Sinfony	1.11±0.25 <sup>a</sup>
Tescera ATL	1.10±0.18 <sup>a</sup>
Gold alloy	0.99±0.19 <sup>a</sup>

Identical superscripted small letters indicate that values are not significantly different (*P* > .05).



**Fig. 2.** SEM photomicrographs of indirect composite resins and gold alloy before wear test. (Original magnification, ×1,000.) A, SR Adoro; B, Sinfony; C, Tescera ATL; D, gold alloy.



**Fig. 3.** SEM photomicrographs of indirect composite resins and gold alloy after wear test. (Original magnification,  $\times 1,000$ .) A, SR Adoro; B, Sinfony; C, Tescera ATL; D, gold alloy.

#### 4. 주사전자현미경 관찰조건

마모시험을 시행하기 전 간접복합레진과 금합금 시편의 주사전자현미경 소견은 Fig. 2에 나타내었고 마모시험 후 간접복합레진과 금합금의 주사전자현미경 소견은 Fig. 3에 나타내었다. 주사전자현미경 관찰 시 SR Adoro는 10-30 $\mu\text{m}$ 의 충전재 입자 크기를 확인할 수 있었으며 가장 뚜렷한 마모 흔적을 보였고, Tescera ATL은 그보다 덜한 마모 흔적을 보였으며 10 $\mu\text{m}$  이하의 충전재 입자 크기가 관찰되었다. Sinfony의 충전재 입자가 1 $\mu\text{m}$  이하로 가장 작았으며 Sinfony와 금합금은 마모시험 전후 표면의 차이가 가장 작았다.

#### IV. 고 찰

구강 내의 치아 경조직과 수복재의 마모는 전 연령대에서 나타나는 생리적인 현상이며<sup>11</sup> 저작력, 음식의 종류, 치아 맹출 시기와 순서, 치아 형태와 위치 등의 외적 요소<sup>12</sup>와 법랑질 두께와 경도의 차이와 같은 내적 요소<sup>13</sup>가 관련되어 발생한다. 일반적으로 마

모는 보존의 반대되는 현상이지만, 피할 수 없기 때문에 최소화하도록 노력해야 한다.<sup>14</sup>

마모 연구에는 생체 연구와 실험실 연구가 있으며 생체 연구는 비용과 시간이 많이 소요되고 측정 기준을 표준화하기가 어려워 실험실 연구가 선호되고 있다. 생체 연구에는 직접측정법과 복제법이 있으며, 실험실 연구에는 2개체 마모를 재현한 마모시험기와 3개체 마모를 재현한 칫솔/치마제 방법이 있다.<sup>14</sup>

대표적인 2개체 마모시험기인 pin-on-disk tribometer는 오랜 기간 공학 분야에서 사용된 마모시험기로 법랑질 및 수복재료의 마모에 관한 연구에 널리 사용되어져 왔다.<sup>15,16</sup>

본 연구는 pin-on-disk tribometer를 사용하여 간접복합레진과 금합금이 법랑질에 의하여 마모되는 양상을 조사 비교하였다. 간접복합레진과 금합금 시편을 #2,000 SiC까지 연마하였는데 구강 내 수복되었을 때의 상태를 고려해서 diamond paste와 polishing cloth로 연마하지 않았다. 실제 구강 내에서 타액의 존재 하에 마모가 일어나므로 습식 환경 하에 마모시험을 진행하였으며, 이동 거리는 예비 실험을

통하여 각 레진의 종류별 마모 양상의 차이를 뚜렷하게 하는 160m로 설정하였다. 이전의 마모시험에 관한 연구들에서는 구강 내 발생하는 교합력에 근거하여 마모시험기의 하중을 1-40N으로 설정하였고<sup>16-18</sup> 이에 본 실험에서는 24N으로 하중을 주었다.

본 연구 결과, 범랑질의 마모량은 금합금군에서 가장 크고 Sinfony군, SR Adoro군, Tescera ATL군 순서로 작아졌으나 각 군 간에 유의한 차이가 없었다 ( $P>.05$ ). 이 결과로 간접복합레진으로 수복 시 대합되는 자연치의 마모 양상이 금합금과 대합될 때와 유사할 것으로 추측해 볼 수 있으나 본 연구는 pin-on-disk tribometer를 이용한 실험실 연구로 교합력과 저작 습관, 음식의 종류, 악궁에서의 치아 위치 등의 다양한 요소가 관여하는 실제 임상상황과 다를 수 있다.

마모트랙의 넓이는 SR Adoro군이 가장 컸으나 나머지 군들은 서로 유의한 차이를 보이지 않았다 ( $P>.05$ ). 한편 트랙의 깊이는 각 레진의 종류별로 유의한 차이가 있었는데 ( $P<.05$ ), Sinfony군, Tescera ATL군, SR Adoro군 순으로 커졌으며 Sinfony군의 경우 가장 작은 마모 깊이를 보였던 금합금군과 유의한 차이가 없었다 ( $P>.05$ ). 일반적으로 치의학에서 마모 양상을 평가할 때 깊이 측정을 더 중요하게 생각하는데, 그 까닭은 측정이 용이하며 교합과 안면 고경에 영향을 미치는 수직고경과 직접적인 연관이 있기 때문이다.<sup>19</sup> 이에 본 연구에서도 마모 깊이의 차이에 중점을 두어 간접복합레진의 마모 양상을 평가하였다.

레진의 물성에 영향을 미치는 요소로 충전재의 함량, 크기, 중합 정도, 유기 기질의 종류 등이 있으며<sup>10</sup> 특히 복합 레진의 마모를 감소시키기 위해 충전재, 중합의 정도, silanization을 최적화해야 한다.<sup>20</sup>

충전재의 함량이 마모에 미치는 영향에 관한 연구에는 다양한 의견이 존재한다. Callaghan 등<sup>21</sup>은 무기질 충전재의 함량이 많을수록 마모가 적게 일어난다고 하였으며, Condon 등<sup>20</sup>은 silane처리된 충전재의 함량과 내마모성이 비례관계에 있다고 하였다. 이에 반해 Göhring 등<sup>22</sup>은 충전재의 함량이 적은 것이 높은 마모율을 뜻하는 것은 아니라고 하였으며, Tanoue 등<sup>9</sup>은 충전재 함량만으로는 마모 성향을 추정할 수 없다고 하였다.

본 연구에서 Sinfony군은 충전재 함량이 50wt%로

SR Adoro군과 Tescera ATL군보다 낮았으나 더 높은 내마모성을 보여 본 연구에서는 충전재 함량이 높은 것이 간접복합레진의 내마모성을 증진시키지 않았다. 제조회사에 따르면 SR Adoro는 microfilled composite을 중합해 10-30 $\mu$ m로 분쇄한 splinter polymer를 63wt% 사용하고 그 사이에 microfiller를 침투시켰으며, Tescera는 무정형 실리카를 충전재로 72wt%의 함량을 사용하였고 Sinfony는 ultra-fine particle hybrid composite resin으로써 macrofiller로 평균 입자 직경 0.5-0.7 $\mu$ m의 strontium aluminum borosilicate를, microfiller로 pyrogenic silica를 사용하여 50wt%의 충전재 함량을 사용하였다.

충전재 입자의 크기가 작을수록 레진 기질로부터 충전재 입자의 탈락이 방지되어 내마모성이 증가된다.<sup>20</sup> 복합레진의 마모 과정은 레진 기질의 마모, 충전재와 기질 결합의 실패로 인한 충전재의 탈락, 노출된 충전재의 전단으로 인한 탈락, 레진 기질에 금이 가며 파괴됨에 의해 진행된다.<sup>14</sup> 충전재 입자가 크면 레진 기질로부터 더 쉽게 탈락되므로 레진의 마모가 빨리 진행된다. 본 연구에서 SEM 관찰 소견에 SR Adoro군이 10-30 $\mu$ m로 입자 크기가 가장 컸으며, Tescera ATL군은 1-10 $\mu$ m 정도로 중간 정도의 입자 크기를 보였고, 간접복합레진군 중에서 가장 마모 깊이가 적은 Sinfony군은 1 $\mu$ m 이하의 가장 작은 입자 크기를 보였다. 제조사에 따르면 SR Adoro군은 미리 중합된 microfilled composite을 10-30 $\mu$ m의 크기로 분쇄하여 만든 큰 입자와 microfiller를 사용하여 물성을 증진시켰다고 하나 세 가지 간접복합레진 중 가장 낮은 내마모성을 보였다. 본 연구의 결과에서 입자 크기가 작아질수록 내마모성이 증가하여 충전재 입자의 크기가 간접복합레진의 마모에 영향을 미쳤음을 알 수 있었다.

주사전자현미경 관찰 결과 각 시편에 형성된 마모 흔적에 차이가 있었다. 마모흔적이 형성된 이유로 칫솔, 평탄한 면을 맞추기 위해 #600 SiC까지 연마한 범랑질의 표면에 결이 형성되어 있어 이 결이 간접복합레진의 표면에 나타난 것과 둘째, 간접복합레진의 표면에서 충전재 입자가 탈락되어 범랑질과 간접복합레진 사이에 개재된 상태로 마모가 진행되어 생긴 결과로 추정해 볼 수 있다. 간접복합레진군에서 Sinfony, Tescera ATL, SR Adoro 순으로 마모 흔

적이 선명해졌으며 이는 마모 깊이가 증가하는 순서와 충전재 입자 크기가 커지는 순서와 일치한다. 만약 두 번째 가정을 따른다고 한다면 세 가지 간접복합레진의 마모 양상이 다르게 나타났던 이유를 큰 충전재 입자가 레진 기질에서 더 잘 탈락하게 되어 더 많은 마모를 일으키게 된 것으로 추정해 볼 수 있다.

레진 기질의 중합 정도가 낮을수록 마모량이 많아지며, 이것은 초기 물성이 약해지기 때문이 아니라 구강 내에서 environmental aging에 취약해지기 때문이다.<sup>20</sup> De Gee 등<sup>23</sup>은 중합 후 열처리가 내마모성을 증가시킨다고 하였다. 본 연구에서 SR Adoro군은 2차 중합으로 열처리를 하였고 Tescera ATL군은 물속에서 압력 하에 열과 빛으로 중합하였으며 Sinfony군은 1차 중합, 2차 중합 모두 빛으로 중합하고 2차 광중합 시 온도가 40°C까지 상승하였다. Sinfony군은 다른 레진군에 비해 중합 시의 온도가 낮음에도 마모 성적이 좋아 본 연구에서는 높은 열처리 보다는 작은 충전재 입자 크기와 silanization의 질 등 다른 요소가 내마모성에 더 큰 영향을 미친 것으로 보인다.

유기 기질 또한 레진의 물성에 영향을 미친다.<sup>24</sup> 제 조사에 따르면 SR Adoro는 aromatic aliphatic urethane dimethacrylate를 monomer로 사용하였고, Tescera는 ethoxylated bisphenol A dimethacrylate 2-15%, urethane dimethacrylate 2-15%를 monomer로 사용하였으며, Sinfony는 aliphatic monomer와 cycloaliphatic monomer의 혼합체를 사용하였다고 말하고 있다. 각기 다른 monomer의 종류가 마모 양상에 영향을 주었겠지만 본 연구의 한계 내에서는 monomer의 차이가 간접복합레진의 마모 성적에 어떻게 영향을 주었는지 명확히 규정할 수 없었다.

이상의 연구결과들은 pin-on-disk tribometer를 사용해서 얻은 결과들로서 사용된 pin-on-disk 시험기는 마모 연구에 널리 사용되는 도구이기는 하지만, 실제 구강 내 저작 운동과 같은 저작력에 의한 동적인 압축력은 부여하지 못하는 문제를 가지고 있다. 따라서 이후의 연구에서는 구강 내 저작 운동을 재현한 마모시험기나 저작 시뮬레이터 등을 통한 실험이 필요하다고 생각된다.

본 연구는 자연치 법랑질에 의한 2세대 간접복합레진의 마모 양상을 조사하기 위하여 실험군으로 SR Adoro, Tescera ATL, Sinfony와 금관제작용 금합금을 pin-on-disk tribometer 상에서 마모시험을 하였다. 법랑질의 마모량은 마모 전후 무게변화를 측정하여 부피로 환산하였고, 복합레진과 금합금 시편의 마모 양상은 마모트랙의 폭과 깊이를 측정하여 비교하였으며 주사전자현미경으로 마모시험 전과 후의 시편의 표면을 관찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 법랑질에 의하여 시편에 형성된 마모트랙의 깊이와 마모흔적은 금합금군, Sinfony군, Tescera ATL군, SR Adoro군 순으로 증가하였으며 충전재 입자의 크기가 작을수록 복합레진의 내마모성이 큰 경향을 갖는다고 여겨진다.
2. 법랑질 마모량은 모든 간접복합레진군과 금합금군에서 유의한 차이가 없었다. 이는 간접복합레진에 의한 법랑질의 마모는 임상적으로 안전한 범위 내에 있는 것으로 여겨진다.

#### 참고문헌

1. DeLong R, Sasik C, Pintado MR, Douglas WH. The wear of enamel when opposed by ceramic systems. *Dent Mater* 1989;5:266-71.
2. Mahalich JA, Knap FJ, Weiter EJ. Occlusal wear in prosthodontics. *J Am Dent Assoc* 1971;82:154-9.
3. Krejci I, Lutz F, Reimer M, Heinzmann JL. Wear of ceramic inlays, their enamel antagonists, and luting cements. *J Prosthet Dent* 1993;69:425-30.
4. Ratledge DK, Smith BGN, Wilson RF. The effect of restorative materials on the wear of human enamel. *J Prosthet Dent* 1994;72:194-203.
5. Touati B, Adian N. Second generation laboratory composite resins for indirect restorations. *J Esthet Dent* 1997;9:108-18.
6. Staffanou RS, Hembree JH Jr, Rivers

- JA, Myers ML. Abrasion resistance of three types of esthetic veneering materials. *J Prosthet Dent* 1985;53:309-10.
7. Ameye C, Lambrechts P, Vanherle G. Conventional and microfilled composite resins. Part I: color and marginal adaptation. *J Prosthet Dent* 1981;46:623-30.
  8. Kakaboura A, Rahiotis C, Zinelis S, Al-Dhamadi YA, Silikas N, Watts DC. *In vitro* characterization of two laboratory-processed resin composites. *Dent Mater* 2003;19:393-98.
  9. Tanoue N, Matsumura H, Atsuta M. Wear and surface roughness of current prosthetic composites after toothbrush/dentifrice abrasion. *J Prosthet Dent* 2000;84:93-6.
  10. Mandikos MN, McGivney GP, Davis E, Bush PJ, Carter JM. A comparison of the wear resistance and hardness of indirect composite resins. *J Prosthet Dent* 2001;85:386-95.
  11. Lambrechts P, Bream M. Quantitative *in vivo* wear of human enamel. *J Dent Res* 1989;68:1752-54.
  12. Carlsson GE, Johansson A, Lundqvist S. Occlusal wear. A follow-up study of 18 subjects with extensively worn dentitions. *Acta Odontol Scand* 1985;43:83-90.
  13. Lavelle CLB. Analysis of attrition in adult human molars. *J Dent Res* 1969;49:822-8.
  14. Sulong MZAM, Aziz RA. Wear of materials used in dentistry: A review of the literature. *J Prosthet Dent* 1990;63:342-9.
  15. Mair LH, Stolarski TA, Lloyd CH. Wear: Mechanisms, manifestations and measurement. Report of a work-shop. *J Dent* 1996;24:141-8.
  16. Nagarajan VS, Jahanmir S, Thompson VP. *In vitro* contact wear of dental composites. *Dent Mater* 2004;20:63-71.
  17. Magne P, Oh WS, Pintado MR, DeLong R. Wear of enamel and veneering ceramics after laboratory and chairside finishing procedures. *J Prosthet Dent* 1999;82:669-79.
  18. Al-Hiyasat AS, Saunders WP, Sharkey SW, Smith GMcR, Gilmour WH. Investigation of human enamel wear against four dental ceramics and gold. *J Dent* 1998;26:487-95.
  19. Pintado MR, Anderson GC, DeLong R, Douglas WH. Variation in tooth wear in young adults over a two-year period. *J Prosthet Dent* 1997;77:313-20.
  20. Condon JR, Ferracane JL. *In vitro* wear of composite with varied cure, filler level, and filler treatment. *J Dent Res* 1997;76:1405-11.
  21. Callaghan DJ, Vaziri A, Nayeb-Hashemi H. Effect of fiber volume fraction and length on the wear characteristics of glass fiber-reinforced dental composites. *Dent Mater* 2006;22:84-93.
  22. Göhring TN, Besek MJ, Schmidlin PR. Attritional wear and abrasive surface alterations of composite resin materials *in vitro*. *J Dent* 2002;30:119-27.
  23. De Gee AJ, Pallav P, Davidson CL. Effect of abrasion medium on wear of stress-bearing composites and amalgam *in vitro*. *J Dent Res* 1986;65:654-58.
  24. Lutz F, Phillips RW. A classification and evaluation of composite resin systems. *J Prosthet Dent* 1983;50:480-8.

---

**Reprint request to:**

Young-Chan Jeon, D.D.S., M.S.D., Ph.D.  
 Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Busan National University  
 1-10 Ami-dong, Seo-gu, Pusan, 602-739, Korea  
 jeonyc@paran.com



ABSTRACT

## AN IN-VITRO WEAR STUDY OF INDIRECT COMPOSITE RESINS AGAINST HUMAN ENAMEL

Hyun-Jeong Yi, D.D.S., M.S.D., Young-Chan Jeon, D.D.S., M.S.D., Ph.D.,  
Chang-Mo Jeong, D.D.S., M.S.D., Ph.D., Hee-Chan Jeong, D.D.S., M.S.D.

*Department of Dentistry, College of Dentistry, Busan National University*

**Statement of problem:** Second-generation indirect composite resins have been improved flexural strength, compressive strength, hydrolytic degradation resistance, wear resistance compared to first-generation indirect composite resins, but there are still some problems as hydrolysis and low wear resistance. Some manufacturers claim that wear resistance of their materials has been improved, but little independent study has been published on wear properties of these materials and the properties specified in the advertising materials are largely derived from in-house or contracted testing.

**Purpose:** This study was to evaluate the wear of indirect composite resins (SR Adoro, Sinfony, Tescera ATL) and gold alloy against the human enamel.

**Material and method:** Extracted human incisors and premolars were sectioned to  $2 \times 2 \times 2$  mm cube and embedded in the clear resin and formed conical shaped antagonist to fit the jig of pin-on-disk tribometer. Total 20 antagonists were stored in distilled water. Five disk samples, 24 mm in diameter and 1.5 mm thick, were made for each of three groups of indirect composite resins and gold alloy group, and polished to #2,000 SiC paper on auto-polishing machine. Disk specimens were tested for wear against enamel antagonists. Wear test were conducted in distilled water using a pin-on-disk tribometer under condition (sliding speed 200 rpm, contact load 24 N, sliding distance 160 m).

The wear of the enamel was determined by weighing the enamel antagonist before and after test, and the weight was converted to volumes by average density. The wear tracks were analyzed by scanning electron microscopy and surface profilometer to elucidate the wear mechanisms. Statistical analysis of the enamel wear volume, wear track depth and wear tract width of disk specimens were accomplished with one-way ANOVA and the means were compared for significant differences with Scheffe's test.

**Results:**

1. The enamel wear was most in gold alloy, but there were no statistically significant differences among all the groups ( $P > .05$ ).
2. In indirect composite resin groups, the group to make the most shallow depth of wear tract was Sinfony, followed by Tescera ATL, SR Adoro ( $P < .05$ ). Gold alloy was shallower than Sinfony, but there was no statistically significant difference between Sinfony and gold alloy ( $P > .05$ ).
3. The width of wear tract of SR Adoro was larger than the other groups ( $P < .05$ ), and there were no statistically significant differences among the other groups ( $P > .05$ ).
4. SEM analysis revealed that Sinfony and gold alloy showed less wear scars after test, Tescera ATL showed more wear scars and SR Adoro showed the most.

**Conclusion:** Within the limits of this study, Sinfony and gold alloy showed the least wear rates and showed similar wear patterns.