

2종의 열가압 도재와 법랑질 간의 마모에 관한 연구

박찬용¹ · 전영찬^{2*} · 정창모² · 윤미정¹

부산대학교 치과대학 치과보철학교실 ¹대학원생, ²교수

연구목적: 2종의 열가압 도재 (e.max Press, Empress Esthetic)와 법랑질 간의 마모양상을 알아보기 위하여 장식계 도재 및 제 3형 금합금과 비교, 관찰하였다.

연구 재료 및 방법: 열가압 도재 e.max Press, Empress Esthetic 및 금속도재관 제작용 장식계 도재 Cernaco 3, 제 3형 금합금으로 원반형 시편을 제작하고, 상대 마모재로는 발거된 건전한 소구치의 교두를 이용하여 Pin-on-disk tribometer 상에서 마모시험 하였다. 법랑질의 마모량은 마모 전후 치아 시편의 무게 변화를 측정하여 부피로 환산하였고, 도재 및 금합금 시편의 평균 표면 조도와 마모트랙 깊이를 표면조도기로, 마모트랙 폭을 주사전자현미경으로 측정하여 마모 양상을 비교하였다.

결과: 1. 법랑질의 마모량은 Ceramco 3군에서 가장 크고 Empress Esthetic군, e.max Press군, 금합금군 순으로 작았으며, Ceramco 3군과 Empress Esthetic군 사이와, Empress Esthetic군, e.max Press군 및 금합금군 사이에는 유의한 차이가 없었다 ($P > .05$). 2. 마모시험 후 도재 시편의 평균 표면 조도는 Ceramco 3군, Empress Esthetic군, e.max Press군 순으로 작았으며, Empress Esthetic군과 Ceramco 3군 사이에는 유의한 차이가 없었다 ($P > .05$). 3. 마모트랙의 깊이는 모든 군 사이에 유의한 차이는 없었고 ($P > .05$), 마모트랙의 폭은 법랑질 마모량 순서와 동일하게 Ceramco 3군, Empress Esthetic군, e.max Press군, 금합금군 순으로 작았으며, e.max Press군과 Empress Esthetic군 사이 및 Empress Esthetic군과 Ceramco 3군 사이에 유의한 차이는 없었다 ($P > .05$).

결론: 열가압 도재는 장식계 도재보다 법랑질을 더 마모시키지는 않았다. (대한치과보철학회지 2009;47:21-8)

주요단어: 전부도재관, 열가압 도재, 법랑질 마모, E-max Press, Empress Esthetic, Tribometer

서론

치과 분야에서 심미에 대한 환자의 기대가 증가함에 따라 전부도재관에 대한 관심이 늘어나고 있으며 그 사용도 증가하고 있다. 도재의 물성이 향상되고 제작 기술이 발전함에 따라 전부도재관 제작이 더 용이해졌고 그 적용 범위도 전치부에서 구치부까지 확대되고 있다.¹

전부도재관을 제작하는 방법 중 열가압 도재시스템은 기존의 금속 주조 수복물을 제작하는 과정과 유사하게 납형을 이용하여 적절한 형태의 수복물을 일시에 얻게 되므로 제작과정이 간편하며, 변연 적합성이 우수하다.^{2,5}

열가압 전부도재관은 하부구조 위에 도재를 전장하거나 완전한 치관 형태 표면을 착색하여 완성하는 두 가지 방법으로 만들어지고 있다. 적층법의 경우 전장용 도재를 이용한 정확한 색조 부여가 가능하지만,⁶ 파절에 취약

한 코어-상부 도재 계면이 존재하며 전장용 도재는 코어용 도재에 비해 기계적 강도가 약하고 소성 후 표면 결함이 많다.⁷⁻⁹ 따라서 열가압 전부도재관 제작에 있어 기계적인 물성과 가공과정 측면에서 착색법이 적층법에 비해 유리한 점을 가진다 할 수 있다.

기존의 여러 연구에서 장식계 도재의 과도한 자연치 마모성이 지적되었던 것처럼 열가압 도재도 그러한 문제점을 가질 수 있으므로,¹⁰⁻¹⁷ 전부도재관을 시술하는 치과의사는 심미성, 파절저항성을 고려함과 동시에 법랑질의 마모 가능성에도 관심을 가져야 한다.^{15,18} 그러나 전장용 도재와 법랑질 마모에 관해서는 많은 연구가 이루어진 반면,^{18,19} 열가압 도재가 법랑질 마모에 미치는 영향에 관한 연구는 부족한 상황이다.

이에 본 연구에서는 최근 소개된 2종의 열가압 도재 (e.max Press, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein / Empress

교신저자: 전영찬

602-739 부산시 서구 아미동 1가 10 부산대학교 치과대학 치과보철학교실 051-240-7438; e-mail, jeonyc@paran.com

원고접수일: 2008년 6월 19일 / 원고최종수정일: 2008년 12월 15일 / 원고채택일: 2008년 12월 30일

※ 이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비 (2년)에 의하여 연구되었음.

Esthetic, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein)와 법랑질 간의 마모 양상을 알아보기 위하여 일반 장식계 도재 및 제 3형 금합금과 비교, 관찰하였다.

연구 재료 및 방법

1. 연구재료

마모시험을 위한 재료로 최근 소개되어 임상에 이용되고 있는 열가압 도재인 e.max Press와 Empress Esthetic 및 금속도재관 제작용 장식계 도재 Ceramco 3 (Dentsply, USA), 제 3형 금합금 (Goldenian C-66, Shinhung, Korea) 을 사용하였으며 (Table I), 상대 마모재료는 발거된 건전한 소구치를 사용하였다.

2. 연구방법

1) 치아 시편의 제작

치아 시편은 교정 치료를 위해 최근 발거되어 생리식염수에 보관해 온 건전한 소구치를 가공하여 교두 노출 3 mm, 지름 8 mm, 높이 6 mm의 원추 형태로 pin-on-disk tribometer (Triboss PD-102, R&B, Korea)의 jig에 맞도록 투명 레진 (Orthodontic resin, Dentsply, USA)에 포매하였다.

2) 열가압 도재 시편의 제작

인레이 왁스로 지름 20 mm, 두께 1.5 mm의 납형을 만들어 매몰하고 e.max Press와 Empress Esthetic을 제조사의 지시에 따라 제작한 다음 원반형 시편을 자동연마기 (Metpole, R&B, Korea)에서 #600, 1200, 2000 SiC로 연마하고 마모시험기의 jig에 맞도록 투명 레진으로 포매하였다. 각 제품별 5개씩 모두 10개의 열가압 도재 시편을 제작하였다.

3) 장식계 도재 시편의 제작

소성 후 지름 20 mm, 두께 1.5 mm의 원반형태가 되도록 silicone mold를 제작하고, 이를 이용하여 금속도재관

제작용 도재 Ceramco 3를 응축한 후에 내열성 타일 상에서 제조회사의 지시에 따라 소성하였다. 시편의 연마는 열가압 도재와 같은 방법으로 시행하였고, 모두 5개의 시편을 제작하였다.

4) 금합금 시편의 제작

인레이 왁스로 지름 20 mm, 두께 1.5 mm의 원반 납형을 제작하여 매몰하고 제 3형 금합금으로 주조하였다. 시편의 연마는 열가압 도재와 같은 방법으로 시행하였고, 모두 5개의 시편을 제작하였다.

5) 마모시험 및 측정

pin-on-disk 마모시험기를 사용하여 치아 시편은 마모시험기의 상부에 고정하고, 도재 및 금합금 시편은 하부에 고정하여 상부에 고정된 치아 시편이 회전하는 방식으로 시험하였다. 수직하중 2 kg, 회전속도 120 rpm, 이동거리 100 m로 설정한 후 증류수를 순환시키는 습식마모 시험을 하였다 (Fig. 1).

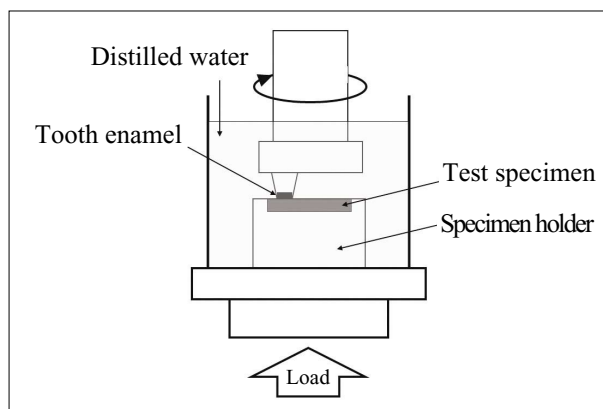


Fig. 1. Schematic diagram of pin-on-disk tribometer with enamel and test specimen in wet environment.

가. 법랑질의 마모

무게 측정에는 10^{-5} gram 단위까지 측정 가능한 정밀전자저울 (DualRange XS205, Mettler-Toledo, Switzerland)을 사용하여, 마모시험 전후 증류수에 보관하였던 치아 시편을 5분간 진공 건조기에서 건조시킨 뒤 무게를 측정하였다. 법랑질의 마모량은 무게 변화와 법랑질의 밀도 (2.8 mg/mm^3)를 이용하여 산출하였다.

교두 침부의 마모된 양상을 관찰하기 위하여 마모시험 전후 치아 시편을 광학현미경 (Eclipse LV150, Nikon, Japan)으로 관찰하였다.

Table I. List of materials

Material	N	Type	Manufacturer
e.max Press	5	Lithium disilicate glass ceramic	Ivoclar Vivadent, Liechtenstein
Empress Esthetic	5	Leucite reinforced glass ceramic	Ivoclar Vivadent, Liechtenstein
Ceramco 3	5	Feldspathic porcelain	Dentsply, USA
Goldenian C-66	5	Type III gold alloy	Shinhung, Korea

나. 도재와 금합금 시편의 마모

도재와 금합금 시편을 표면조도기 (Surftest SV-3000, Mitutoyo, Japan)를 사용하여 마모시험 전후의 평균 표면 조도와 마모트랙의 깊이를 측정하였고, 주사전자현미경 (JSM-6480LV, JEOL, Japan)을 사용하여 마모시험 전후의 시편 표면을 관찰하고 마모트랙의 폭을 측정하였다.

다. 통계 분석

법랑질의 마모량, 도재와 금합금 시편의 비마모면 평균 표면조도 및 마모트랙의 깊이와 폭의 차이를 SPSS 통계프로그램을 사용하여 일원분산분석법 (One-way ANOVA)으로 분석하고 다중범위검정법 (Sheffe's test)을 이용하여 유의성을 검정하였다.

연구 성적

1. 법랑질의 마모

법랑질 마모량의 평균값과 표준편차는 Table II와 같으며, 법랑질 교두의 마모양상은 Fig. 2와 같이 관찰되었다.

법랑질 마모량은 Ceramco 3군에서 가장 크고, Empress Esthetic군, e.max Press군, 금합금군 순으로 작았으며, Ceramco 3군, Empress Esthetic군 사이와 Empress Esthetic

Table II. Mean values and SDs of wear volume of tooth enamel (mm³)

Test material	Enamel wear volume
e.max Press	0.61 ± 0.34 ^a
Empress Esthetic	1.21 ± 0.38 ^{ab}
Ceramco 3	2.18 ± 1.30 ^b
Type III gold alloy	0.14 ± 0.06 ^a

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

군, e.max Press군 및 금합금군 사이에는 유의한 차이가 없었다 ($P > .05$).

2. 도재와 금합금 시편의 마모

1) 평균 표면 조도

표면조도기를 이용하여 측정한 도재 시편과 금합금 시편의 마모시험 전후 평균 표면 조도를 측정한 값과 표준편차는 Table III과 같다.

Table III. Mean values and SDs of surface roughness of restorative specimens before and after wear tests (μm)

Test material	before	after
e.max Press	0.013 ± 0.002 ^a	0.568 ± 0.293 ^c
Empress Esthetic	0.014 ± 0.003 ^a	1.350 ± 0.127 ^d
Ceramco 3	0.021 ± 0.003 ^a	1.594 ± 0.343 ^d
Type III gold alloy	0.039 ± 0.012 ^b	0.538 ± 0.289 ^c

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

금합금군을 제외한 도재 시편의 마모시험 전 평균 표면 조도는 각 군 간에 유의한 차이는 없었다 ($P > .05$). 마모시험 후 도재 시편 트랙 상의 평균 표면 조도는 Ceramco 3군, Empress Esthetic군, e.max Press군 순으로 작았으며, Empress Esthetic군과 Ceramco 3군 사이에는 유의한 차이가 없었다 ($P > .05$).

2) 마모트랙의 깊이

실험 후 표면조도기를 이용하여 측정한 도재와 금합금 시편의 마모트랙 깊이의 평균값과 표준편차는 Table IV와 같다.

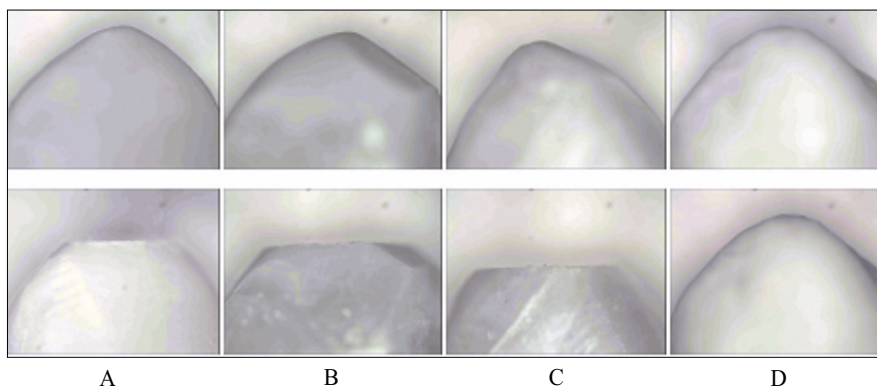


Fig. 2. Optical microscopic images of enamel cusp tips before (upper) and after (lower) wear test, Original magnification $\times 5$. A, opposing e.max Press; B, opposing Empress Esthetic; C, opposing Ceramco 3; D, opposing type III gold alloy.

마모트랙의 깊이는 e.max Press군에서 가장 작았으나 모든 군 사이에는 유의한 차이는 없었다 ($P > .05$).

Table IV. Mean values and SDs of wear track depth of restorative specimens (μm)

Test material	Wear track depth
e.max Press	2.486 ± 0.683^a
Empress Esthetic	5.323 ± 1.075^a
Ceramco 3	5.649 ± 1.037^a
Type III gold alloy	6.991 ± 5.454^a

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

3) 마모트랙의 폭

실험 후 주사전자현미경을 이용하여 측정한 도재와 금합금 시편의 마모트랙 폭의 평균값과 표준편차는 Table V와 같다.

마모트랙의 폭은 Ceramco 3군에서 가장 크고, Empress Esthetic군, e.max Press군, 금합금군 순으로 작았으며, e.max Press군과 Empress Esthetic군 사이 및 Empress Esthetic군과 Ceramco 3군 사이에 유의한 차이는 없었다 ($P > .05$).

4) 주사전자현미경 관찰 조건

마모시험 전 도재와 금합금 시편의 주사전자현미경 관찰 조건은 Fig. 3과 같고, 마모시험 후 도재와 금합금 시편의 주사전자현미경 관찰 조건은 Fig. 4, 5와 같다.

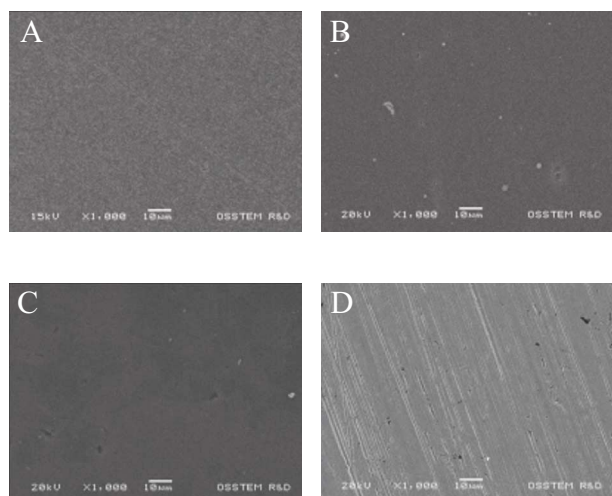


Fig. 3. SEM photomicrographs before wear test, Original magnification $\times 1,000$. A, e.max Press; B, Empress Esthetic; C, Ceramco 3; D, Type III gold alloy.

Table V. Mean values and SDs of wear track width of restorative specimens (mm)

Test material	Wear track depth
e.max Press	0.940 ± 0.378^a
Empress Esthetic	1.511 ± 0.210^{ab}
Ceramco 3	1.822 ± 0.601^b
Type III gold alloy	0.411 ± 0.118^c

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

마모시험 전 주사전자현미경으로 각 시편의 연마 상태를 관찰할 수 있었다. e.max Press와 Empress Esthetic 시편에서 내부구조가 치밀하고 기포가 적은 열가압 도재의 특징을 관찰할 수 있었고, Ceramco 3 시편에서는 큰 결정상과 기포가 관찰되었다.

마모시험 후 주사전자현미경으로 각 시편에 형성된 마모흔적을 관찰할 수 있었다. 금합금의 마모양상과는 달리 도재 시편에서는 피로마모양상을 관찰할 수 있었으며 Ceramco 3에서 가장 뚜렷한 마모흔적을 보였다.

총괄 및 고찰

법랑질의 마모는 생리적 또는 병적인 상태 모두에서 발생할 수 있다. 서로 대합되는 치아의 점진적인 마모는 정상적인 현상으로 간주되지만, 마모가 일어나는 정도는 식생활, 이갈이 같은 습관 및 대합치 교합면 수복물의 마모 특성에 의해서 달라질 수 있다.¹⁵

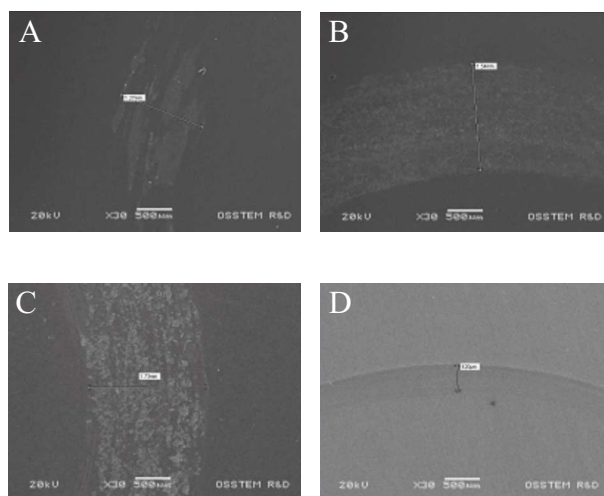


Fig. 4. SEM photomicrographs after wear test, Original magnification $\times 30$. A, e.max Press; B, Empress Esthetic; C, Ceramco 3; D, Type III gold alloy.

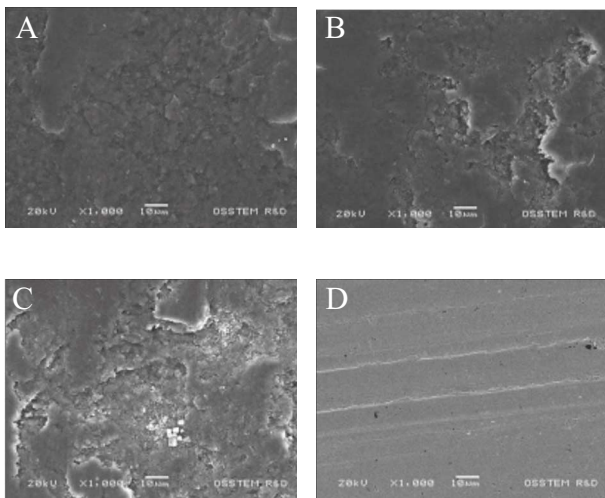


Fig. 5. SEM photomicrographs after wear test, Original magnification $\times 1,000$. A, e.max Press; B, Empress Esthetic; C, Ceramco 3; D, Type III gold alloy.

Lambrechts 등¹³은 소구치와 대구치 부위에서 일년에 20 - 40 μm 의 법랑질 수직적 마모가 일어나며, 수복 재료는 법랑질과 거의 같은 수준의 마모를 보이는 것이 이상적이라 하였으며, Monasky 등²⁰은 제 3형 금합금이 법랑질과 마모되었을 때의 마모도가 법랑질 간의 마모도와 가장 유사하다고 하였다. 따라서 심미적 결점은 있으나 기능성, 마모성을 고려한 측면에서는 적절한 마모저항성을 가지면서 대합치를 적게 마모시키는 금합금이 가장 안정적인 수복재료로 여겨진다.^{10,12,14}

도재는 치과용 수복 재료 중 심미성이 가장 우수한 재료이며 내구성 및 생체적합성이 뛰어나 전치부 뿐만 아니라 구치부 수복 시 심미적인 수복재료 가장 일반적으로 사용된다.¹⁵ 그러나 낮은 파절 강도를 보이며, 과도한 대합치의 마모를 발생시킬 수 있는 점이 문제로 지적되고 있다.^{10,12} 마모성이 강한 수복 재료는 대합되는 자연치를 빠른 속도로 마모시켜 민감증과 교합 불균형을 일으킬 수 있다.¹⁴ 도재의 문제점을 개선하고자 하는 노력이 계속되면서 신소재의 개발과 제작기법의 향상으로, 기계적 강도가 증가되어 구치부에서도 전부도재관의 제작이 가능하며,¹⁰ 마모도가 적은 도재로 심미적이면서도 대합치 마모를 감소시키는 결과를 얻을 수 있게 되었다.¹⁷

개선된 전부도재관 제작 시스템 가운데 납형을 제작하여 매물, 소환한 후 고온으로 연화시킨 도재를 가압 성형하는 열가압법은 기존의 금속 주조 수복물을 제작하는 과정과 유사하게 납형을 이용하여 적절한 형태의 수복물을 일시에 얻게 되므로 제작이 더욱 용이하며,² 심미성과 변연 적합성이 우수하고 높은 굴곡 강도를 가진다.^{4,21}

열가압 전부도재관은 코어를 먼저 제작한 후 상부 도재를 축성하거나 전체적인 외형을 갖도록 제작한 후 착색하여 완성하게 되는데,⁶ 전장용 도재와 법랑질 마모에 관해서는 많은 연구가 이루어진 반면,^{19,20} 열가압 도재가 법랑질 마모에 미치는 영향에 관한 연구는 부족한 상황이므로, 본 연구에서는 임상에서 사용되는 열가압 도재의 대표적인 성분인 lithium disilicate glass ceramic (e.max Press)과 leucite reinforced glass ceramic (Empress Esthetic)이 자연치 법랑질 마모에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

마모시험은 법랑질과 수복재료의 마모에 관한 연구에서 사용되어온 pin-on-disk tribometer를 사용하여 #2,000 SiC까지 연마한 도재와 금합금 시편을 습식 환경 하에서 진행하였으며, 수 차례의 예비 실험을 통하여 각 실험군 별 마모 양상 차이를 알 수 있도록 이동거리는 100 m로 설정하였다. 이전의 도재 마모연구들에서는 구강 내 발생하는 교합력에 근거하여 마모시험기의 하중을 0.4 - 75 N으로 다양하게 설정하였는데, 상대재가 도재 시편 위를 미끄러질 때 발생하는 microfatigue가 마모에 중요한 요소이며, pin-on-disk tribometer는 미끄러지는 마모형태를 나타내므로, 본 연구에서는 치아 접촉 시 측방력이 약 20 N이라는 Graf²²의 보고에 따라 하중 2 kg 하에서 치아 시편이 회전하도록 하였다.

본 연구 결과에 따르면, 법랑질의 마모량은 Ceramco 3군에서 가장 크고, Empress Esthetic군, e.max Press군, 금합금군 순으로 작았으며, 금합금군과 열가압 도재군 사이에는 유의한 차이가 없었고, e.max Press군은 Ceramco 3군보다 법랑질 마모량이 작았다.

도재와 금합금 시편에 형성된 마모트랙의 깊이는 e.max Press군에서 가장 작았으나 모든 실험군 사이에 유의한 차이는 없었고, 마모트랙의 폭은 법랑질 마모량 순서와 동일하게 Ceramco 3군에서 가장 크고, Empress Esthetic군, e.max Press군, 금합금군 순으로 작았다. 교합과 안면 고경에 영향을 미치는 수직고경과 직접적인 연관이 있기 때문에 일반적으로 치의학에서 마모 양상을 평가할 때 깊이 측정이 더 중요하게 생각되는데,²³ 본 연구에서 마모트랙의 깊이는 모든 실험군에서 서로 유의한 차이가 없었고, 마모트랙의 폭 또한 교두 법랑질이 마모되면서 시편과의 접촉 면적이 증가하여 나타난 결과라고 본다면, 도재 및 금합금 시편의 마모보다는 법랑질의 마모를 더 중요하게 평가하고 고려해야 할 사항임을 알 수 있다.

치과용 도재의 마모성은 강도보다는 미세구조, 접촉면의 거칠기, 구내 환경과 밀접한 관련이 있으며, 제작 과정

에서 발생한 내부 기포 및 표면 결함에 의해서도 영향 받는다.²⁴ 본 연구에서 마모시험 전 평균 표면 조도는 금합금을 제외한 나머지 도재 시편 사이에서 유의한 차이가 없었으나, 마모시험 후 도재 시편 트랙의 평균 표면 조도가 e.max Press에서 가장 작고, Empress Esthetic, Ceramco 3 순으로 커지는 것은 마모가 진행되면서 각 도재 시편 구성 성분의 미세 구조 및 결정 크기의 차에 따라 도재 표면에 발생하는 미세한 요철 정도가 다르기 때문인 것으로 보인다. 이러한 표면 조도의 차이가 상대 법랑질의 마모도에 영향을 끼친 것으로 생각된다.

마모시험 전 시편 표면을 주사전자현미경으로 관찰시 e.max Press와 Empress Esthetic 시편에서 내부구조가 치밀하고 기포가 적은 열가압도재의 특징을 관찰할 수 있었고,²⁵ Ceramco 3 시편에서는 큰 결정상과 제작 과정에서 생긴 것으로 보이는 기포가 관찰되었다 (Fig. 3). 마모시험 후 형성된 트랙의 주사전자현미경 관찰시 금합금의 마모 양상과는 달리 도재 시편에서는 피로 마모 양상을 관찰할 수 있었다 (Fig. 4, 5). 일반적으로 도재의 마모 양상은 표면 피로 마모를 보이며 이것은 두 개 물체에 가해지는 하중상태에서 미끄러짐으로 인해 미세균열이 발생되어 파절을 일으키는 것으로, 보통 깨지기 쉬운 도재에서 이러한 양상의 마모가 발생된다.²⁶

이상의 연구 결과로 도재의 미세구조, 접촉면의 거칠기, 표면의 다공성이 상대 법랑질의 마모에 영향을 주었으며, 열가압 도재는 장석계 도재보다 법랑질을 더 마모시키지는 않음을 알 수 있었다 (Table II). 다만 본 연구는 pin-on-disk tribometer를 이용한 실험실 연구이므로 교합력과 저작습관, 음식의 종류, 악궁에서의 치아 위치 등의 다양한 요소가 관여하는 실제 임상 상황과는 다를 수 있다. 또한 치아 시편의 무게 변화를 밀도를 이용하여 부피로 환산한 법랑질 마모량을 비교한 연구이므로 무게 변화 측정 시 오차가 생길 가능성이 있으며, 실제 구강 내 저작 운동에서와 같은 저작력에 의한 동적인 압축력을 부여하지 못한 한계가 있으므로, 이후의 연구에서는 삼차원 레이저 스캔을 이용하여 마모량을 측정하고, 구강 내 저작 운동을 재현하는 마모시험기를 이용한 실험이 필요하다고 생각된다.

결론

본 연구에서는 열가압 도재와 법랑질 간의 마모 양상을 조사하기 위하여 최근 소개된 2종의 열가압 도재인 e.max Press, Empress Esthetic과 장석계 도재 Ceramco 3 및 제 3형 금합금을 pin-on-disk tribometer 상에서 마모시험을

하였다. 법랑질의 마모량은 치아 시편의 마모 전후 무게 변화를 측정하여 부피로 환산하였고, 도재 및 금합금 시편의 평균 표면 조도와 마모트랙의 깊이와 폭을 측정하고 주사전미경으로 마모시험 전후의 시편 표면을 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 법랑질의 마모량은 Ceramco 3군에서 가장 크고 Empress Esthetic군, e.max Press군, 금합금군 순으로 작았으며, Ceramco 3군과 Empress Esthetic군 사이와, Empress Esthetic군, e.max Press군 및 금합금군 사이에는 유의한 차이가 없었다 ($P > .05$).
2. 마모시험 후 도재 시편의 평균 표면 조도는 Ceramco 3군, Empress Esthetic군, e.max Press군 순으로 작았으며, Empress Esthetic군과 Ceramco 3군 사이에는 유의한 차이가 없었다 ($P > .05$).
3. 마모트랙의 깊이는 모든 실험군 사이에 유의한 차이는 없었고 ($P > .05$), 마모트랙의 폭은 법랑질 마모량 순서와 동일하게 Ceramco 3군, Empress Esthetic군, e.max Press군, 금합금군 순으로 작았으며, e.max Press군과 Empress Esthetic군 사이 및 Empress Esthetic군과 Ceramco 3군 사이에 유의한 차이는 없었다 ($P > .05$).

참고문헌

1. Seghi RR, Rosenstiel SF, Bauer P. Abrasion of human enamel by different dental ceramics in vitro. J Dent Res 1991;70:221-5.
2. Kim SH, Lee JH, Kim YL, Dong JK. Fracture strength of the IPS empress crown: The effect of occlusal using depth and axial inclination on lower first molar. J Korean Acad Prosthodont 2003;41:48-60.
3. Yeo IS, Yang JH, Lee JB. In vitro marginal fit of three all-ceramic crown systems. J Prosthet Dent 2003;90:459-64.
4. Tidehag P, Gunne J. A 2-year clinical follow-up study of IPS Empress ceramic inlays. Int J Prosthodont 1995;8:456-60.
5. Sulaiman F, Chai J, Jameson LM, Wozniak WT. A comparison of the marginal fit of In-Ceram, IPS Empress, and Procera crowns. Int J Prosthodont 1997;10:478-84.
6. Rosenstiel SF, Land MF, Fujimoto J. Contemporary Fixed Prosthodontics, 4th ed, Mosby, St. Louis MO, 2006.
7. Isgro G, Pallav P, van der Zel JM, Feilzer AJ. The influence of the veneering porcelain and different surface treatments on the biaxial flexural strength of a heat-pressed ceramic. J Prosthet Dent 2003;90:465-73.
8. Kelly JR, Tesk JA, Sorensen JA. Failure of all-ceramic fixed partial dentures in vitro and in vivo: analysis and modeling. J Dent Res 1995;74:1253-8.
9. Liu YH, Feng HL, Bao YW, Qiu Y. Effect of core: dentin

- thickness ratio on the flexure strength of IPS Empress II heat-pressed all-ceramic restorative material. Beijing Da Xue Xue Bao 2007;39:64-6.
10. Wiley MG. Effects of porcelain on occluding surfaces of restored teeth. J Prosthet Dent 1989;61:133-7.
 11. DeLong R, Sasik C, Pintado MR, Douglas WH. The wear of enamel when opposed by ceramic systems. Dent Mater 1989;5:266-71.
 12. Mahalick JA, Knap FJ, Weiter EJ. Occlusal wear in prosthodontics. J Am Dent Assoc 1971;82:154-9.
 13. Lambrechts P, Braem M, Vuylsteke-Wauters M, Vanherle G. Quantitative in vivo wear of human enamel. J Dent Res 1989;68:1752-4.
 14. Jacobi R, Shillingburg HT Jr, Duncanson MG Jr. A comparison of the abrasiveness of six ceramic surfaces and gold. J Prosthet Dent 1991;66:303-9.
 15. Jagger DC, Harrison A. An in vitro investigation into the wear effects of selected restorative materials on enamel. J Oral Rehabil 1995;22:275-81.
 16. Clelland NL, Agarwala V, Knobloch LA, Seghi RR. Wear of enamel opposing low-fusing and conventional ceramic restorative materials. J Prosthodont 2001;10:8-15.
 17. Eom SH, Oh SC, Dong JK. A study on the wear of dental restorative materials. J Korean Acad Prosthodont 1998;36:514-23.
 18. Ramp MH, Suzuki S, Cox CF, Lacefield WR, Koth DL. Evaluation of wear: enamel opposing three ceramic materials and a gold alloy. J Prosthet Dent 1997;77:523-30.
 19. McLaren EA, Giordano II RA, Pober R, Abozenada B. Material testing and layering techniques of a New two-phase all-glass veneering porcelain for bonded porcelain and high-alumina frameworks. Quintessence Dent Technol 2003;26:69-81.
 20. Monasky GE, Taylor DF. Studies on the wear of porcelain, enamel, and gold. J Prosthet Dent 1971;25:299-306.
 21. Krejci I, Krejci D, Lutz F. Clinical evaluation of a new pressed glass ceramic inlay material over 1.5 years. Quintessence Int 1992;23:181-6.
 22. Graf H. Occlusal forces during function. In: Rowe NH, Occlusion: Research on form and function. University of Michigan; Ann Arbor; 1975: pp. 90-111.
 23. 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.
 24. Oh WS, DeLong R, Anusavice KJ. Factors affecting enamel and ceramic wear: a literature review. J Prosthet Dent 2002;87:451-9.
 25. Drummond JL, King TJ, Bapna MS, Koperski RD. Mechanical property evaluation of pressable restorative ceramics. Dent Mater 2000;16:226-33.
 26. Grossman DG. Structure and physical properties of Dicor/MGC glass-ceramic. In: Mormann WH, editor. International Symposium on Computer Restorations. Chicago; Quintessence; 1991. pp. 103-15.

An *in-vitro* wear study of human enamel opposing heat-pressed ceramics

Chan-Yong Park¹, DDS, MSD, Young-Chan Jeon^{2*}, DDS, MSD, PhD,

Chang-Mo Jeong², DDS, MSD, PhD, Mi-Jung Yun¹, DDS, MSD

¹Graduate Student, ²Professor,

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Pusan National University, Korea

Purpose: The purpose of this study was to compare the wear characteristics of human enamel opposing 2 heat-pressed ceramics (e.max Press and Empress Esthetic), conventional feldspathic porcelain (Ceramco 3) and type III gold alloy. **Material and methods:** Intact cusps of extracted premolars were used for enamel specimens. Five disk samples were made for each of two heat-pressed ceramics groups, conventional feldspathic porcelain group and type III gold alloy group. Wear tests were conducted in distilled water using a pin-on-disk tribometer. The amount of enamel wear was determined by weighing the enamel specimens before and after wear tests, 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 characteristics. **Results:** 1. Ceramco 3 led to the greatest amount of enamel wear followed by Empress Esthetic, e.max Press and type III gold alloy. However, there was no significant difference between Ceramco 3 and Empress Esthetic ($P > .05$), and there were also no significant differences among Empress Esthetic, e.max Press and type III gold alloy ($P > .05$). 2. The average surface roughness of e.max Press after wear test was smallest followed by Empress Esthetic and Ceramco 3, but there was no significant difference between Empress Esthetic and Ceramco 3 ($P > .05$). 3. There were no significant differences among the depth of wear tracks of all the groups ($P > .05$). The group that showed the largest width of wear track was Ceramco 3 followed by Empress Esthetic, e.max Press and type III gold alloy. However, there was no significant difference between e.max Press and Empress Esthetic ($P > .05$), and there was also no significant difference between Empress Esthetic and Ceramco 3 ($P > .05$). **Conclusion:** Within the limits of this study, heat-pressed ceramics were not more abrasive than conventional feldspathic porcelain. (*J Korean Acad Prosthodont* 2009;47:21-8)

Key words: All-ceramic restoration, Heat-pressed ceramics, Enamel wear, e-max Press, Empress Esthetic, Tribometer

Corresponding Author: Young-Chan Jeon

Department of Dentistry, Graduate School, Pusan National University, 10 Ami-dong 1ga, Seo gu, Busan, 602-739, Korea

+82 51 240 7438: e-mail, jeonyc@paran.com

Article history

Revised June 19, 2008 / Last Revision December 15, 2008 / Accepted December 30, 2008.