

불소방출성 콤포짓트 레진계 수복재의 특성

김상훈 · 백병주 · 김재곤 · 양연미 · 박정렬

전북대학교 치과대학 소아치과학교실 및 구강생체과학연구소

국문초록

본 연구에서는 구강 환경과 유사한 조건에서 불소방출성을 보이는 콤포짓트 레진계 수복재의 내구성과 불소방출성을 조사하기 위해 4 종의 콤포머와 1 종의 불소방출성 콤포짓트 레진을 실험재료로 선택하고 5℃와 55℃ 수중에서의 열순환 처리 후의 인장강도, 열순환 처리 후 칫솔에 대한 작용력 1.5N으로 100,000회 칫솔질을 시행하였을 때의 표면조도 및 불소치약 칫솔질 후 37℃ 수중에서의 불소이온 용출 양상을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 인장강도는 TC(Tetric® Ceram)군에서 32.3 MPa, CF(Compoglass F)군에서 16.8 MPa이고, TC군과 DF(Dyract® flow)군 및 CF군에서 유의한 차이를 보였다(P<0.05).
2. 칫솔질 마모시험 후의 표면조도 Ra는 TC군에서 0.287, FT(F2000)군에서 1.516이고, FT군과 나머지 시험군 사이에 유의한 차이를 보였다(P<0.05).
3. 칫솔질 마모시험 후의 표면에서는 필러의 돌출과 탈락 양상이 관찰되었다.
4. 불소치약 Perio Alpine Herb로 칫솔질 한 후 콤포머는 초기에 높은 용출을 보인 후 시간이 경과하면서 용출량이 감소하는 양상을 보였지만, 불소방출성 콤포짓트 레진의 TC군에서는 초기단계부터 낮으면서도 지속적인 용출을 보였다.
5. 불소치약 Perio Alpine Herb로 칫솔질 한 후 1시간이 경과하였을 때의 불소이온 용출량은 CF군에서 2.064 µg/cm², TC군에서 0.1119 µg/cm²이고, CF군의 용출량이 나머지 시험군에 비해 유의하게 높은 값을 보였다(P<0.05).

주요어 : 불소방출성 콤포짓트 레진, 콤포머, 불소방출성

I. 서 론

치아우식증의 예방을 위한 숙주요인의 변경 방법으로써 현재 까지 이용되고 있는 최선의 수단은 불화물을 사용하는 것으로, 치과임상에서는 상수도수나 음료수에 불화물을 첨가하여 불소를 섭취하는 방법, 치아면에 불화물을 도포하는 방법, 불소함유 치약이나 구강세정액을 사용하는 방법 및 불소방출성 수복재를 적용하는 방법 등 다양한 수단이 이용되고 있다.

불소방출성을 보이는 글라스아이오노머 시멘트(이하 GIC 라고 함)는 치아우식증을 억제하는 작용을 나타내지만 콤포짓트 레진에 비해 굽힘강도와 내마모성이 떨어지고, 조작이 불편하며, 경화반응 과정에서 수분에 대한 민감성을 나타내는 등의 단

점을 보여 제한적으로 사용되어 왔다^{1,2)}. 이러한 단점을 보완하기 위해 재래형 GIC와 콤포짓트 레진의 장점을 결합한 수복재들이 개발되었으며, 그들의 경화기전과 발현되는 성질에 따라 GIC와 유사한 특성을 보이는 재료를 레진강화 GIC(resin-modified glass ionomer cement), 콤포짓트 레진에 유사한 특성을 보이는 재료를 다중산강화 레진 콤포짓트(polyacid-modified resin composite)로 분류하고 있으며, 다중산강화 레진 콤포짓트는 콤포짓트 레진에 GIC를 첨가한 재료라는 의미에서 콤포머(compomer)로 명명하고 있다^{3,4)}. 이외에도 콤포짓트 레진에 항우식성을 부여하기 위해 불소방출성의 글라스 필러를 도입한 콤포짓트 레진도 이용되고 있다⁵⁾.

재래형 GIC의 경화반응 과정에서 습윤 환경에 노출될 경우

교신저자 : 백 병 주

전북 전주시 덕진구 금암동 634-18 / 전북대학교 치과대학 소아치과학교실 / Tel: 063-250-2128 / E-mail: pedodent@chonbuk.ac.kr
원고접수일: 2008년 3월 7일 / 원고최종수정일: 2008년 5월 22일 / 원고채택일: 2008년 6월 04일

글라스 분말과 폴리아크릴산의 반응으로 생성된 규산 줄이 유실되면서 시멘트 경화체의 기계적 성질이 저하된다. 레진강화 GIC에서는 재래형 GIC에 레진을 첨가하여 기질의 중합을 촉진함으로써 경화반응 과정에서 나타나는 수분에 대한 민감성을 개선하고 있다^{4,6)}. 다중산강화 레진 콤포짓트에서는 레진의 라디칼 중합에 의해 경화가 일어나므로 기계적 성질은 콤포짓트 레진에 필적하지만 GIC의 산-염기 반응은 레진 기질을 통한 수분 흡수에 의해서 제한적으로 일어나므로 매우 낮은 불소용출을 나타낸다⁷⁾.

본 연구에서는 구강 환경과 유사한 액상의 조건에서 불소방출성을 보이는 콤포짓트 레진계 수복재의 내구성과 불소방출성을 조사하기 위해 4 종의 콤포머와 1 종의 불소방출성 콤포짓트 레진을 실험재료로 선택한 다음 5℃와 55℃ 수중에서의 열순환 처리 후의 인장강도와 칫솔질 후의 표면조도 및 37℃ 수중에서의 불소이온 용출 양상에 관하여 조사하였다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

본 연구에서는 4 종의 다중산강화 레진 콤포짓트 (Compoglass F, Dyract[®] AP, Dyract[®] flow, F2000) 및 1 종의 불소방출성 콤포짓트 레진(Tetric[®] Ceram)을 사용하였다 (Table 1). 불소치약으로는 pyridoxin hydrochloride, sodium fluoride, sodium mono fluorophosphate, calcium car-

bonate, amino caproic acid, allantoin chlorohydroxy aluminium, tocopherol acetate, silica 등의 성분을 함유하는 치약(Perio Alpine Herb, LG Household & Health Care, Korea)을 사용하였고, 칫솔질을 위해 3줄 강모의 칫솔 (Gum 311, John O Butler, USA)을 사용하였다.

2. 연구방법

1) 시편제작

인장시험용 시편의 제작은 인장응력이 작용하는 시험부의 단면적이 1.5×2.0 mm 이고 길이가 5.0 mm 인 분할형의 테플론 몰드를 사용하여 제작하였고, 칫솔질 마모시험과 불소용출 시험용 시편은 내경이 15 mm 이고 두께가 1.5 mm 인 분할형의 테플론 몰드를 사용하여 제작하였다. 테플론 몰드에 시료 페이스트를 넘치도록 채우고 폴리에스테르 필름과 유리판을 개재한 상태에서 손으로 압력을 가하여 여분의 시료를 제거하였다. 광중합은 12 V, 120 W의 할로겐 램프를 광원으로 하는 광조사기 (Curing Light 2500, 3M, USA)를 사용하여 상면과 하면에서 각각 40초 씩 총 80초간 광중합을 시행하였다. Fig. 1에 인장시편의 각 부분의 치수를 표시하였다.

2) 인장시험

각 시험군 당 10개의 시편을 제작하고 37 ℃의 증류수에 30 일간 침적한 상태에서 5일 간격으로 매번 2,000회 씩 합계 10,000회의 열순환 처리를 시행하였다. 열순환 처리는 5 ℃에

Table 1. Fluoride-releasing restorative materials used in this study

Material	Code	Main composition	Manufacturer
Compoglass F	CF	UDMA, TEGDMA, cycloaliphatic dicarboxylic acid dimethacrylate (22.75wt%), ytterbium trifluoride, Ba-Al-fluorosilicate glass, and spheroid mixed oxide (77wt%)	Ivoclar Vivadent AG, FL-9494 Schaan, Liechtenstein
Dyract [®] AP	DA	Strontium-fluoro-silicate glass, strontium fluoride, Polymerisable resins, TCB resin	Densply Detrey GmbH, D-78467 Konstanz, Germany
Dyract [®] flow	DF	Strontium-fluoro-silicate glass, Phosphoric acid modified polymerisable monomers, Carboxylic acid modified macromonomers, Reactive diluent	Densply Detrey GmbH, D-78467 Konstanz, Germany
F2000	FT	fluoro-alumino-silicate glass, CDMA, GDMA	3M ESPE AG, D-82229 Seefeld, Germany
Tetric [®] Ceram	TC	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA (20.2%), barium glass, ytterbium trifluoride, Ba-Al-fluorosilicate glass, highly dispersed silicon dioxide and spheroid mixed oxide (79%)	Ivoclar Vivadent AG, FL-9494 Schaan, Liechtenstein

서 유지되는 냉동순환수조(Jeio Tech Co, Ltd, RW-3025G)와 55 ℃에서 유지되는 외부순환수조(Jeio Tech Co, Ltd, WBC-3030)로 구성된 순환장치를 이용하여 수중침적시간 15초와 계류시간 15초의 조건에서 실시하였다. 인장시험은 재료시험기(4201, Instron Co, USA)에 인장용 지그를 장착한 다음 crosshead speed 0.5 mm/min에서 실시하였다.

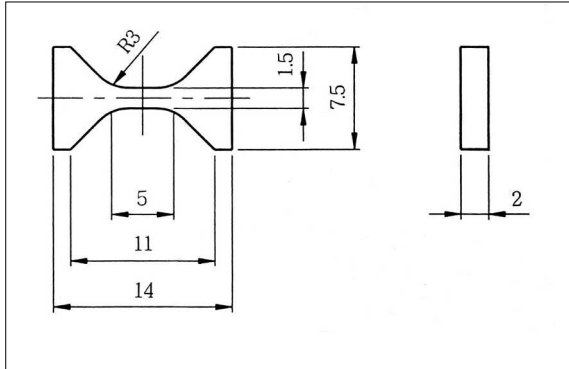


Fig. 1. Dimension of specimen for tensile testing(mm).

3) 칫솔질 마모시험 및 표면조도 측정

각 시험군 당 공히 6개의 시편을 제작하고 37 ℃의 증류수에 30일간 침적한 상태에서 5일 간격으로 매번 2,000회 씩 합계 10,000회의 열순환 처리를 시행하였다. 칫솔질 마모시험은 pin-on-disk 구동방식의 마모시험기(Kwangduck FA, Korea)를 이용하여 100,000회 실시하였다. 준비한 6개의 시편을 유지장치에 고정하고 중앙부 절단 칫솔모 3개를 120° 간격으로 부착한 다음 각각의 칫솔에 대한 작용력 1.5N, 속도 100rpm의 조건에서 칫솔질을 시행하였다(Fig. 2). 치약은 치약과 증류수를 중량비 2:1로 혼합하여 시편의 표면에 적용하였고, 칫솔은 매 20,000회 칫솔질 후 교환하였다. 칫솔질 마모시험이 완료된 후 표면조도측정기(SV-3000, Mitutoyo Co, Japan)를 사용하여 cut off 치 0.25 mm 조건에서 중심선평균거칠기(Ra)를 측정하였고, 칫솔질이 표면층의 변화에 미치는 영향을 평가하기 위해 주사전자현미경(JSM-5800, JEOL, Japan)으로 마모면을 관찰하였다.

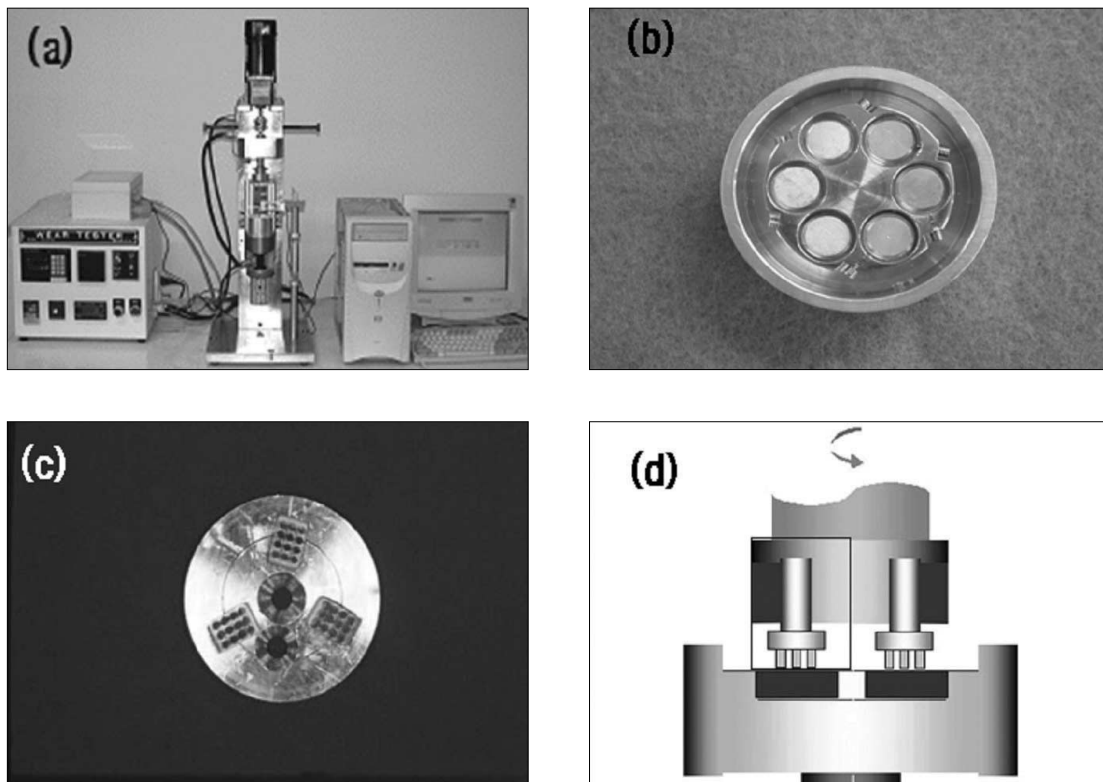


Fig. 2. Toothbrush-dentifrice abrasion test. (a) Electromechanical wear testing machine. (b) Specimen holder. (c) Toothbrush fixed at interval of 120°. (d) Schematic diagram of wear testing.

4) 불소이온 용출시험

직경 15 mm × 두께 1.5 mm의 원판형 시편을 제작한 다음 양면을 #2000 SiC 연마지 단계까지 순차적으로 연마한 후 1분간 초음파 세척하였으며, 시험을 실시할 때까지 30일간 500 cc의 증류수 중에 보관하였다. 불소치약 Perio Alpine Herb를 치약 : 증류수 비율이 2 : 1이 되도록 균일하게 혼합한 다음 시편의 표면에 적용하고 매초 1회의 속도로 20회 칫솔질을 하였으며, 치약을 적용한 시점으로부터 3분이 경과한 후 증류수로 3회에 걸쳐서 세척하였다. 이후 각각의 시편을 10 cc의 증류수에 침적하고 소정의 시간이 경과한 다음 불소전극(Model 96-09, Orion, USA)을 사용하여 불소이온의 용출량을 측정하였다.

5) 통계학적 분석

측정된 결과는 시험재료군 사이의 통계학적 유의성을 검증하기 위해 일원배치 분산분석(one-way Anova test)을 시행하였고, Tukey 다중범위검증법에 의해 각 군 사이의 차이를 유의수준 $\alpha=0.05$ 에서 조사하였다.

Ⅲ. 연구결과

Fig. 3은 37 °C 증류수 중에 30일간 침적하는 동안 5 °C와 55 °C 증류수 중에서 10,000회 열순환 처리한 시편의 인장강도로서, TC군에서 32.3 MPa로서 가장 크고 CF군에서 16.8 MPa로서 가장 작게 나타났으며, Tukey 다중범위검증법에 의해 각 시험군 사이의 차이를 비교한 결과, TC군과 DF군 및 CF군 사이에서 상호간에 통계학적으로 유의한 차이를 보였다 ($P<0.05$).

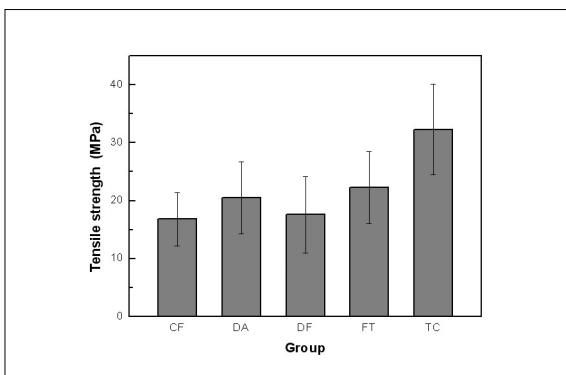


Fig. 3. Mean tensile strength after thermocycling of 10,000 cycles.

Fig. 4는 10,000회의 열순환 처리 후 칫솔에 1.5N의 하중을 가하여 100,000회의 칫솔질을 시행한 후의 표면조도를 측정한 결과이다. 중심선 평균 거칠기 Ra 값은 TC군에서 0.287로서 가장 작고 FT군에서 1.516으로 가장 크게 나타났으며, Tukey 다중범위검증법에 의해 칫솔질 마모시험 후의 차이를 비교한 결과, FT군과 나머지 군 사이에서 상호간에 통계학적으로 유의한 차이를 보였다 ($P<0.05$).

Fig. 5는 칫솔질 마모시험 후 표면을 주사전자현미경으로 관찰한 사진으로, 기질의 선택적인 마모로 인한 필러의 돌출과 탈락 양상이 관찰되었지만, FT군에서는 이외에도 기질을 가로지르는 균열이 관찰되었다.

Fig. 6은 불소치약 Perio Alpine Herb로 칫솔질을 시행한 후 5시간 동안의 불소이온 용출량을 조사한 것이다. 콤포머 시험재료군의 경우에는 초기에 상대적으로 높은 용출을 보인 후 시간이 경과하면서 점진적으로 용출량이 감소하는 양상을 보였다. 그러나 불소방출성 콤포짓트 레진의 TC군에서는 초기단계로부터 상대적으로 낮으면서도 지속적인 용출을 보였다.

Fig. 7은 불소치약 Perio Alpine Herb로 칫솔질한 후 1시간이 경과하였을 때의 불소이온 용출량을 비교한 것으로, CF군에서 2.064 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 으로 가장 높고 TC군에서 0.119 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 으로 가장 낮게 나타났으며, Tukey 다중범위검증법에 의해 각 시험군 사이의 차이를 비교한 결과, CF군과 나머지 모든 시험군, DA군, DF군 및 FT군과 TC군 사이에서 상호간에 통계학적으로 유의한 차이를 보였다 ($P<0.05$).

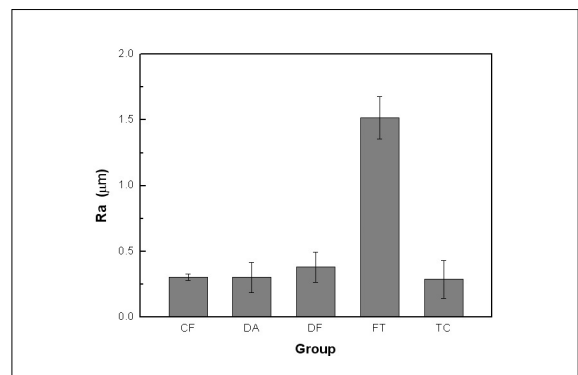


Fig. 4. Arithmetical mean deviation from the mean line Ra after toothbrushing of 100,000 cycles.

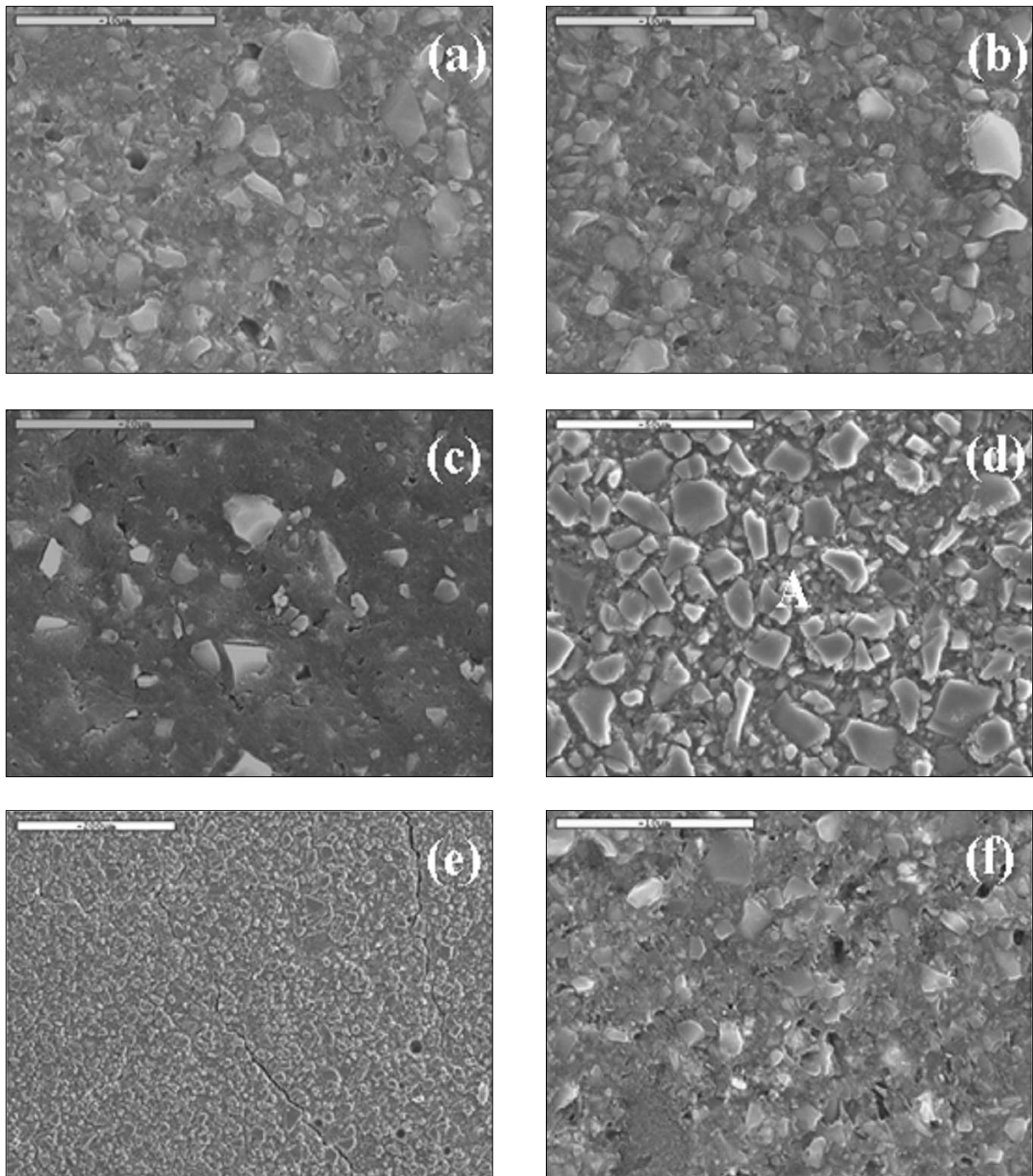


Fig. 5. SEM images after toothbrushing of 100,000 cycles.
(a) CF (b) DA (c) DF (d) FT (e) Magnification of A. (f) TC

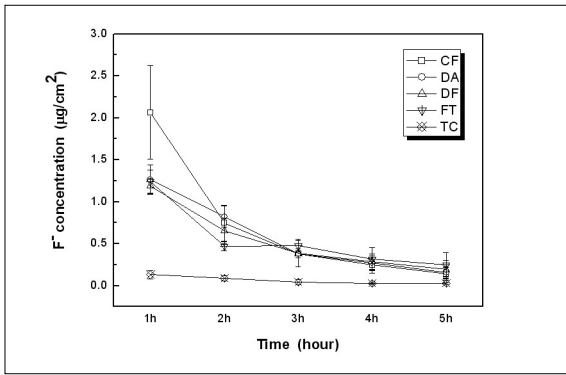


Fig. 6. Hourly fluoride release for 5 h after toothbrushing by Perio Alpine Herb.

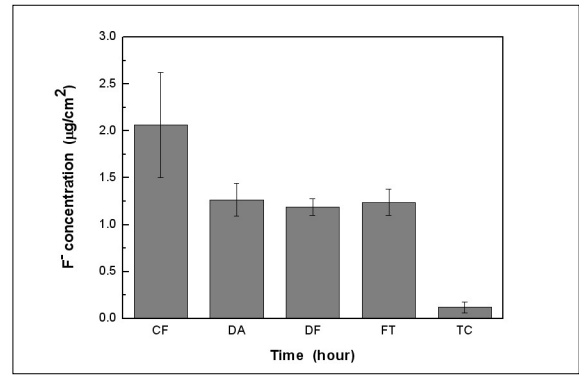


Fig. 7. The amount of fluoride release for 1 h after toothbrushing by Perio Alpine Herb.

IV. 고찰

구강 내에서 수복재의 내구성을 평가하기 위해 액상의 환경에서 시효처리를 시행하거나 일정한 온도에서 유지되는 수조를 이용한 열순환처리가 빈번하게 이루어져 왔다. 콤포짓트 레진은 건조된 상태에서는 비교적 우수한 강도를 나타내지만 구강 환경과 유사한 액상의 조건에서는 수분의 침투로 인해 기질의 가소성 증가와 실란결합의 가수분해⁸⁻¹⁰⁾, 온도상승으로 인해 일어나는 미중합 레진의 중합수축에 의한 기질레진과 필러 계면의 내부응력 증가¹¹⁻¹³⁾ 등 복합적 요인으로 인해 기계적 성질이 저하된다. GIC는 경화반응의 초기에는 수분이 글라스 분말의 용해로 생성된 규산의 겔화를 방해하여 강도 저하를 초래하지만, 경화반응이 완료된 이후에는 수분이 실리카의 수화반응에 관여하므로 액상의 환경에서도 강도 저하를 보이지 않는 것으로 언급되고 있다. Wilson¹⁾은 GIC의 경화반응 과정에서 수분은 초기에는 산-염기 반응을 위한 매질로 작용하지만 후기에는 금속이온과 polyalkenoic acid 사슬의 가교 및 실리카의 수화반응에 기여한다고 하였고, Pearson과 Atkinson¹⁴⁾, Momoi 등¹⁵⁾, Uno 등¹⁶⁾은 액상의 환경에서 흡수된 수분이 실리카의 수화반응에 관여하여 기질을 강화하므로 장기간에 걸친 수중 침적에도 불구하고 강도 저하를 보이지 않는다고 하였다. Tosaki와 Hirota¹⁷⁾는 레진강화 GI 수복재와 콤포머는 액상의 환경에서 수분을 흡수하여 GIC의 산-염기 반응이 지속적으로 일어나므로 poly-HEMA와 polyacrylate salt가 균질의 기질을 형성하여 강도 상승이 일어난다고 하였고, Attin 등⁴⁾은 레진강화형 GI 수복재와 콤포머의 강도가 hybrid 형 복합레진에는 미치지 못하지만 Dyract에서는 hybrid 형 복합레진에 가까운 강도를 보였다고 하였으며, Li 등¹⁸⁾, Gladys¹⁹⁾ 등은 GI 수복재의 강도는 콤포머, 레진강화형 GI 수복재 및 재래형 GIC 순으로 우수하게 나타났다고 하였다. 본 연구에서 37 °C 증류수 중에 30일간 침적하는 동안에 5 °C와 55 °C 증류수 중에서 10,000회의 열순환 처리를 시행한 후 인장강도를 조사한 결과, 불소방출성

콤포짓트 레진의 TC군에서 32.3 MPa로서 가장 높고 콤포머의 CF군에서 16.8 MPa로서 가장 낮은 인장강도를 나타내며 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(P<0.05). CF군이 TC군에 비해서 낮은 인장강도를 나타낸 것은 상대적으로 기질의 레진 함량이 낮으면서 더 높은 취성을 보였기 때문으로 생각된다.

구강 내에서는 다양한 방식의 저작운동, 음식물 및 상주 세균 등에 의한 환경적 변화로 인해 치아와 수복재료에서 일어나는 마모를 예측하는 것은 용이하지 않지만, 일반적으로 응착성 마모, 연마성 마모, 피로성 마모 및 부식성 마모가 구강 내에서 일어나는 마모의 주된 기전으로 언급되고 있다. Roulet와 Wältli²⁰⁾, Jordan 등²¹⁾은 충전재의 마모는 표면조도를 증가시키는 원인이 된다고 하였고, Standford 등²²⁾은 마모로 인한 표면조도의 증가는 콤포짓트 레진 수복부에서 색조의 불일치를 야기하는 원인의 하나라고 하였다. Berry 등²³⁾은 치약에 포함된 연마제가 레진강화 GI 수복재의 표면조도 증가에 영향을 미칠 수 있다고 하였고, Momoi 등²⁴⁾은 3.4N의 하중으로 20,000회 칫솔질을 시행한 후의 표면조도는 광중합형의 레진강화 GI 수복재인 Fuji II LC가 화학중합형의 재래형 GIC인 Fuji II에 비해 높게 나타났다고 하였다. 구강 내에서는 저작운동, 칫솔질, 이상 기능 및 직업적 습관 등으로 인해 마모가 촉진될 수 있으며, 마모가 진행될 경우 교합고경의 감소, 교합장애, 심미성 저하 등이 초래될 수 있다. 본 연구에서 10,000회의 열순환 처리 후 칫솔에 1.5N의 하중을 가하여 100,000회의 칫솔질을 시행한 다음 표면조도를 조사한 결과, 중심선 평균 거칠기 Ra 값은 불소방출성 콤포짓트 레진의 TC군에서 0.287로서 가장 작은 값을 보였고, 콤포머의 FT군에서 1.516으로 가장 큰 값을 보이며 통계학적으로 유의한 차이를 보였는데, 이러한 차이는 주사전자현미경 관찰 결과로부터 미루어 알 수 있듯이, 기질의 선택적인 마모로 인한 필러의 돌출과 탈락 이외에도 기질을 가로지르는 미세균열로 인해 다른 시험군들에 비해서 상대적으로 높은 표면조도 값을 보였다고 생각된다.

GI 수복재의 치아우식증 억제 효과는 지속적으로 일어나는

불소이온의 용출에서 기인하는 것으로 알려져 있다. Toumba와 Curzon²⁵⁾은 불소방출성 수복재의 사용으로 구강 내의 불소 농도를 증가시킴에 따라 치아우식증의 억제효과가 나타났다고 하였고, Forsten²⁶⁾은 레진강화 GI 수복재의 GIC에서와 유사한 우식억제효과가 나타나지만 콤포머의 경우에는 이러한 효과를 보이지 않는다고 하였다. Grobler 등²⁷⁾, Yap 등²⁸⁾은 GIC의 불소이온 용출은 처음 24시간 동안 가장 높게 나타난 이후 급격한 감소를 보인다고 하였고, Diaz-Arnold 등²⁹⁾, Shaw 등⁷⁾은 레진강화 GI 수복재의 불소이온 용출은 초기에는 다량의 급격한 용출을 보이지만 약 40일이 경과한 이후에는 콤포머와 유사한 수준의 낮은 용출을 보인다고 하였다. Tay와 Braden³⁰⁾은 레진강화 GI 수복재의 불소이온 용출은 2단계의 용출 특성을 보이는데, 첫 번째 단계는 짧고 빠르게 일어나지만, 두 번째 단계는 점진적이면서도 지속적으로 일어난다고 하였다. Rothwell 등³¹⁾은 레진강화형 GI 수복재의 경우에는 수분의 확산과 함께 표면층의 유실로 인해 초기단계에 높은 불소이온의 용출을 보이지만 콤포머의 경우에는 수분의 확산에만 의존하므로 초기단계로부터 낮은 불소이온의 용출을 보인다고 하였다. Kuramochi³²⁾는 레진강화 GI 수복재의 APF 겔 처리 시 강도의 큰 손상이 없이도 불소의 재충전이 가능하다고 하였고, Hsu 등³³⁾은 재래형 GIC의 불화나트륨 처리 후 불소의 재충전과 90분 동안에 걸친 재방출이 일어났다고 하였다. 본 연구에서 불소치약 Perio Alpine Herb로 칫솔질을 시행한 후 5시간 동안의 불소이온 용출량을 조사한 결과, 콤포머 시험재료군의 경우 2시간이 경과할 때까지는 CF군에서 상대적으로 높은 용출을 보였지만 이후에는 모든 시험군에서 차이를 보이지 않고 시간의 경과에 따라 선형적인 감소 양상을 보였다. 칫솔질 개시로부터 약 5시간이 경과한 이후에는 불소치약에 의한 칫솔질 효과는 거의 사라지고 수복재에서 자체적으로 용출되는 수준으로 감소되었다. 불소방출성 콤포짓트 레진의 TC군의 경우에는 초기단계로부터 상대적으로 낮으면서도 지속적인 용출을 보였는데, 이는 레진기질을 통한 수분의 흡수가 GI계에 비해서 상대적으로 느리게 진행되기 때문으로 생각된다.

V. 결 론

본 연구에서는 구강 환경과 유사한 액상의 조건에서 불소방출성을 보이는 콤포짓트 레진계 수복재의 내구성과 불소방출성을 조사하기 위해 4종의 콤포머와 1종의 불소방출성 콤포짓트 레진을 실험재료로 선택하였다. 5 ℃와 55 ℃ 수중에서의 열순환 처리 후의 인장강도, 열순환 처리 후 칫솔에 대한 작용력 1.5N으로 100,000회 칫솔질을 시행하였을 때의 표면조도 및 불소치약 칫솔질 후 37 ℃ 수중에서의 불소이온 용출 양상을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 인장강도는 TC군에서 32.3 MPa로서 가장 크고 CF군에서 16.8 MPa로서 가장 작게 나타났으며, TC군과 DF군 및 CF군 사이에서 상호간에 통계학적으로 유의한 차이를 보

였다(P<0.05).

2. 칫솔질 마모시험 후의 표면조도 Ra는 TC군에서 0.287로서 가장 작고 FT군에서 1.516으로 가장 크게 나타났으며, FT군과 나머지 시험군 사이에서 상호간에 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(P<0.05).
3. 칫솔질 마모시험 후 표면에서는 기질의 선택적인 마모로 인한 필러의 돌출과 탈락 양상이 관찰되었다.
4. 불소치약 Perio Alpine Herb로 칫솔질 한 후 콤포머의 경우에는 초기에 상대적으로 높은 용출을 보인 후 시간이 경과하면서 점진적으로 용출량이 감소하는 양상을 보였지만, 불소방출성 콤포짓트 레진의 TC군에서는 초기단계로부터 상대적으로 낮으면서도 지속적인 용출을 보였다.
5. 불소치약 Perio Alpine Herb로 칫솔질한 후 1시간이 경과하였을 때의 불소이온 용출량은 CF군에서 2.064 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 으로 가장 높고 TC군에서 0.119 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 으로 가장 낮게 나타났으며, CF군의 용출량이 나머지 모든 시험군에 비해 유의하게 높은 값을 보였다(P<0.05).

참고문헌

1. Wilson AD : Developments in glass-ionomer cements. *Int J Prosthodont*, 2:438-446, 1989.
2. Bourke AM, Walls AW, McCabe JF : Light-activated glass polyalkenoate (ionomer) cements : the setting reaction. *J Dent*, 20:115-120, 1992.
3. McLean JW, Nicholson JW, Wilson AD : Proposed nomenclature for glass-ionomer dental cements and related materials(guest editorial). *Quintessence Int*, 25:587-589, 1994.
4. Attin T, Vataschki M, Hellwig E : Properties of resin-modified glass-ionomer restorative materials and two polyacid-modified resin composite materials. *Quintessence Int*, 27:203-209, 1996.
5. Xu X, Burgess JO : Compressive strength, fluoride release and recharge of fluoride-releasing materials. *Biomaterials*, 24:2451-2461, 2003.
6. Mathis RS, Ferracane JL : Properties of a glass-ionomer/ resin-composite hybrid material. *Dent Mater*, 5:355-358, 1989.
7. Shaw AJ, Carrick T, McCabe JF : Fluoride Release from glass-ionomer and compomer restorative materials: 6-month data. *J Dent*, 26:355-359, 1998.
8. Söderholm KJ : Degradation of glass filler in experimental composites. *J Dent Res*, 60:1867-1875, 1981.
9. Indrani DJ, Cook WD, Televantos F, *et al.* : Fracture toughness of water-aged resin composite

- restorative materials. *Dent Mater*, 11:201-207, 1995.
10. 이봉규, 이난영, 이상호 : C-factor와 충전법이 복합레진의 중합 수축에 의한 치질에서의 수축 응력에 미치는 영향. *대한소아치과학회지*, 33:233-243, 2006.
 11. 박용우, 김중수, 유승훈 : 유동성 레진 수복물에서 접착제 중합 여부에 따른 미세누출과 전단결합강도에 관한 연구. *대한소아치과학회지*, 34:233-243, 2007.
 12. Truong VT, Tyas MJ : Prediction of in vivo wear in posterior composite resins : a fracture mechanics approach. *Dent Mater*, 4:318-327, 1988.
 13. Mair LH, Vowels R : The effect of thermal cycling on the fracture toughness of seven composite restorative materials. *Dent Mater*, 5:23-26, 1989.
 14. Pearson GJ, Atkinson AS : Long-term flexural strength of glass ionomer cements. *Biomaterials*, 12:658-660, 1991.
 15. Momoi Y, Hirosaki K, Kohno A, *et al.* : Flexural properties of resin-modified "hybrid" glass-ionomers in comparison with conventional acid-base glass-ionomers. *Dent Mater J*, 14:109-119, 1995.
 16. Uno S, Finger WJ, Fritz U : Long-term mechanical characteristics of resin-modified glass ionomer restorative materials. *Dent Mater*, 12:64-69, 1996.
 17. Tosaki S, Hirota K : Current and future trends for light cured systems, Glass-Ionomers. The next generation, *Proceedings of the 2nd International Symposium on Glass Ionomers*. Hunt PR Editor, 35-46, 1994.
 18. Li J, von Beetzen M, Sundström F : Strength and setting behavior of resin-modified glass ionomer cements. *Acta Odontol Scand*, 53:311-317, 1995.
 19. Gladys S, Van Meerbeek B, Braem M, *et al.* : Comparative physico-mechanical characterization of new hybrid restorative materials with conventional glass-ionomer and resin composite restorative materials. *J Dent Res*, 76:883-894, 1997.
 20. Roulet JF, Wälti C : Influence of oral fluid on composite resin and glass-ionomer cement. *J Prosthet Dent*, 52:182-189, 1984.
 21. Jordan RE, Suzuki M, Gwinnett AJ, *et al.* : Restoration of fractured and hypoplastic incisors by the acid etch resin technique : a three-year report. *J Am Dent Assoc*, 95:795-803, 1977.
 22. Stanford WB, Fan PL, Wozniak WT : Effects of finishing on color and gloss of composites with different fillers(Abstr No 451). *J Dent Res*, 62:219, 1983.
 23. Berry LL, Berry III EA, Powers JM : Prophylaxis abrasives affect surface roughness of composites and hybrid ionomers(Abstr No 948). *J Dent Res*, 73:220, 1994.
 24. Momoi Y, Hirosaki K, Kohno A, *et al.* : In vitro toothbrush- dentifrice abrasion of resin-modified glass ionomers. *Dent Mater*, 13:82-88, 1997.
 25. Toumba KJ, Curzon MEJ : The prevention of dental caries using fluoride slow-releasing glass devices in children. *Caries Res*, 30:306-307, 1996.
 26. Forsten L : Fluoride release and uptake by glass-ionomer and related materials and its clinical effect. *Biomaterials*, 19:503-508, 1998.
 27. Grobler SR, Rossouw RJ, Van Wyk Kotze TJ : A comparison of fluoride release from various dental materials. *J Dent*, 26:259-265, 1998.
 28. Yap AU, Tham SY, Zhu LY, *et al.* : Short-term fluoride release from various aesthetic restorative materials. *Oper Dent*, 27:259-265, 2002.
 29. Diaz-Arnold AM, Helmes DC, Wistrom DW, *et al.* : Short-term Fluoride release/uptake of glass ionomer restoratives. *Dent Mater*, 11:96-101, 1995.
 30. Tay WM, Braden M : Fluoride ion diffusion from polyalkenoate (glass-ionomer) cements. *Biomaterials*, 9:454-456, 1988.
 31. Rothwell M, Anstice HM, Pearson GJ : The uptake and release of fluoride by ion-leaching cements after exposure to toothpaste. *J Dent*, 26:591-597, 1998.
 32. Kuramochi KI : Characteristics of fluoride-releasing restorative materials after fluoride recharging. *J Dent Mater*, 22:485-495, 2003.
 33. Hsu HM, Huang GF, Chang HH, *et al.* : A continuous flow system for assessing fluoride release/uptake of fluoride-containing restorative materials. *Dental Materials*, 20:740-749, 2004.

Abstract

PROPERTIES OF FLUORIDE-RELEASING RESIN COMPOSITE RESTORATIVE MATERIALS

Sang-Hoon Kim, Byeong-Ju Baik, Jae-Gon Kim, Yeon-Mi Yang, Jeong-Yeol Park

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

The objectives of this study were to examine the properties of fluoride-releasing resin composite restorative materials. Four commercially available compomer materials (Compoglass F: CF, Dyract® AP: DA, Dyract® flow: DF, F2000: FT) and one fluoride-releasing composite resin (Tetric® Ceram: TC) were selected as experimental materials. Rectangular-shaped tensile test specimens were fabricated in a teflon mold giving 5 mm in gauge length and 2 mm in thickness. Disk-shaped specimens were fabricated in the split teflon mold with diameter of 15 mm and thickness of 1 mm. After curing for an hour, specimens were immersed in deionized water at $37\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ for 30 days. All specimens were thermocycled for 10,000 cycles with 15 seconds of dwelling time in each $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ water baths. Toothbrush abrasion test was conducted under a load of 1.5 N and the abraded surfaces were examined with surface roughness tester (SV-3000, Mitutoyo Co, Japan) and SEM (JSM-5800, JEOL, Japan). Fluoride recharging was done by toothbrushing for 3 min. using a fluoride toothpaste (Perio Alpine Herb, LG Household & Health Care, Korea).

The results obtained were summarized as follows:

1. The highest tensile strength value of 32.3 MPa was observed in TC group and the lowest value of 16.8 MPa was observed in CF group. The tensile strength of TC group was significantly higher than those of CF and DF groups ($P < 0.05$).
2. The lowest Ra value of 0.287 was observed in TC group and the highest value of 1.516 was observed in FT group. The Ra value of FT group was significantly higher than other groups ($P < 0.05$).
3. The abraded surfaces revealed the increase of surface roughness due to the protrusion and missing of filler particles.
4. The release of fluoride of compomers after tooth brushing by Perio Alpine Herb was initially large and then followed by small and continuously. But it remains small and constant in fluoride-releasing composite resin of TC.
5. The highest value of fluoride release after toothbrushing by Perio Alpine Herb was $2.064\text{ }\mu\text{g}/\text{cm}^2$ in CF group and the lowest value was $0.119\text{ }\mu\text{g}/\text{cm}^2$ in TC group. The amount of fluoride release of CF group was significantly higher than other groups ($P < 0.05$).

Key words : Fluoride-releasing resin composite, Compomer, Fluoride-releasing