

지대치 재료의 환경변화에 따른 물리적 성질에 관한 연구

황유숙¹ · 최경규^{1,2} · 박상진^{1,2*}

경희대학교 대학원 치의학과 치과보존학교실¹, 경희대학교 치과대학 구강생물학연구소²

ABSTRACT

THE EFFECT OF ENVIRONMENT ON THE PHYSICAL PROPERTIES OF CORE MATERIALS

Yoo-Sook Hwang¹, Kyoung-Kyu Choi^{1,2}, Sang-Jin Park^{1,2*}

¹Department of Conservative Dentistry, Division of Dentistry, Graduate School, Kyunghee University

²Oral Biology Research Institute, College of Dentistry, Kyunghee University

The purpose of this study was to measure the flexural strength and hardness of four core materials in 4 different medias and to evaluate the relationship between the physical properties.

For the flexural strength, the specimens were prepared from each of the following materials: Bisfil Core, Core Max, Fuji IX GP, Miracle Mix and randomly divided into four groups and stored at 37 degree C in the following medias: distilled water for 24 hours (DW/1), distilled water for 30 days (DW/30), 2% NaF for 30 days (NF/30), 0.02N lactic acid for 30 days (LA/30). After storage, the specimens were subjected to flexural strength testing and calculated to flexural modulus.

For hardness testing, specimens were prepared from four materials and stored in the uniform way. After storage, the specimens were subjected to Vicker's hardness testing.

1. The flexural strength of Core Max were the highest, and the flexural strength of Miracle Mix were the lowest.
2. The hardness of Bisfil Core were the highest.
3. The hardness of Core Max were the highest.
4. The hardness of Miracle Mix were the lowest.
5. 2% NaF and 0.02N lactic acid negatively affected the flexural strength and hardness of four core materials. [J Kor Acad Cons Dent 30(2):86-94, 2005]

Key words : Mechanical properties, Core materials, Flexural strength, Hardness

- received 2004. 7. 1, revised 2004. 8. 18, accepted 2004. 10. 9 -

I. 서 론

지대치 재료는 광범위한 치질결손부위에서 치관부에 해당하는 치질을 회복시키기 위하여 사용하며, crown이나 bridge 등과 같은 간접 치관부 수복이 용이하도록 사용되어 강도와 체적 안정성이 요구된다. 따라서 지대치의 물리적 성질은 수복물의 내구성에 직접 영향을 미친다¹⁾. 지대치 재료의 물리적 성질 중에서 굴곡강도는 취성재료의 파절저항

* Corresponding author: Sang-Jin Park

Dept. of Conservative Dentistry, Division of Dentistry,
Graduate school of KyungHee University,
1, Hoegi Dong, Dongdaemoon Gu, Seoul, Korea, 130-702
Tel : 82-2-958-9335
E-mail : psangjin@khu.ac.kr

성에 영향을 끼치며 crack, voids, 흠집 같은 표면결함에 민감하다. 굴곡강도가 높으면 표면 결함이나 부식 등에 저항성이 있고 계속적인 저작압에 대한 내구성을 발휘한다²⁾. 또 굴곡강도는 인장강도와 함께 glass ionomer cements 등과 같은 성형수복재로 치질결손부위를 수복시, 가장 중요한 물리적 성질로서 고려될 수 있다³⁾. 지대치 재료의 물리적 성질 중, 표면경도는 indentation이나 penetration에 재료가 저항하는 것을 의미한다⁴⁾. 그러나 재료의 표면 경도치 만으로는 재료에 가해지는 복잡한 응력에 관한 분석을 정확하게 파악할 수 없으며 고분자 화합물일 경우, 중합상태와 중합반응에 따라 다양한 수치로서 나타날 수 있다^{5,6)}. 따라서 지대치 재료의 굴곡강도는 광범위한 치질 결손부위에서 저작압에 대한 저항가능성을 의미하며, 표면경도는 수복 후 재료의 내구성과 체적 안정성 여부를 추정할 수 있다.

현재 crown이나 bridge로 사용되고 있는 비금속 지대치 재료에는 composite resin과 glass ionomer cement가 있다. 이들은 fluoride방출이나 치아와의 접착효과, 빠른 경화시간 및 조작성 등이 편리하여 널리 사용되고 있다³⁾.

1972년 소개된 glass ionomer cement⁷⁾는 치아와 유사한 열팽창 계수를 지니며 법랑질과 상아질에 화학결합을 하고 fluoride를 방출하지만 파절이 쉽고 낮은 마모저항을 갖는다^{8,9)}. 이러한 인장강도가 낮고 파절되기 쉬운 단점을 보완하기 위하여 glass ionomer cement 분말에 아말감 분말을 첨가하여 방사선 불투과성과 강도를 증가시킨 Miracle Mix가 시판되었으며^{10,11)} 임상 적용시 금속강화형 glass ionomer cement의 기계적 특성에 대하여 많은 논쟁이 있어왔다^{8,12-15)}. 그러나 모든 금속강화형 glass-ionomer cement의 특성은 천연치아와 동일한 치아색을 띠지 않고 밝은 회색에서 어두운 회색으로 나타난다는 것이다⁴⁾. 최근 치아색으로 강화형 glass-ionomer Fuji IX GP가 소개되어 Atraumatic Restorative Treatment (ART)에 사용되고 있으며, 아말감과 유사한 임상결과가 보고되고 있다¹³⁾.

Composite resin은 1960년대 초반에 소개된 후 법랑질에 비하여 열팽창계수가 높고 eugenol을 함유한 임시 가봉재 상부에서는 경화를 방해하는 단점도 있으나, 조작이 간편하고 레진 접착제를 병용시 치아에 접착가능하며 경화시간도 짧아 널리 사용되고 있으며⁶⁾ 물리적 성질의 개선과 접착시스템의 발달로 광범위한 구치부의 손상부위를 수복할

경우에도 치아의 생활력을 보존하면서 저작기능을 회복시켜 지대치 재료로 사용할 수 있는 재료이다.

그러나 이들 지대치 재료는 법랑질이나 상아질 대체 재료로 수복 후에 장기간 다양한 구강내의 환경에 간접적으로 노출되어 있다. Roulet과 Walti¹⁶⁾는 구강환경에서 하중이나 마모력이 존재하지 않을 경우에도 구강액에 의한 composite resin의 파괴 (degradation)를 보고하였으며, 구강액 뿐 아니라 구강내에서 영향을 미칠 수 있는 여러 화학용액에 의한 composite resin의 파괴 (degradation)에 대하여도 보고된 바 있다^{17,18)}. 이들 중 Lactic acid는 치태대사 (plaque metabolism) 과정에서 형성되어 치과용 cement를 파괴시킬 수 있다고 알려져 있으며¹⁹⁾ glass particle을 함유한 composite resin은 fluoride하에서 표면의 손상과 질량의 감소가 관찰되었다²⁰⁾. Glass ionomer cement에서도 lactic acid같은 산성용액이나 Ffluoride에 의한 degradation이 보고되었다^{19,21)}. 따라서 지대치 재료로 사용되고 있는 composite resin과 glass-ionomer cement를 구강내의 환경에서 화학용액에 대한 재료의 물성을 비교하는 것은 내구성 및 파괴에 관련되어 재료의 선택에 있어 중요한 평가기준이 될 수 있다.

지금까지 지대치 재료의 물성 평가는 dry, humidity 또는 wet상태에서 이루어졌으나, 구강내 환경하에서 여러 화학용액에 관한 영향을 연구한 실험은 희소한 바, 이 연구는 근관치료된 치아나 치관부 결손이 심한 치아의 수복을 위해 사용되고 있는 비금속 지대치 재료의 구강내 환경변화에 따른 물리적 성질을 구명하기 위하여 4종의 지대치 재료를 다양한 환경에 보관한 후, 물리적 성질로 굴곡강도 및 표면경도의 변화를 관찰하여 다소의 지견을 얻어 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

이 연구에는 4종의 지대치 재료가 사용되었다. 이 중 2종은 composite resin계로 Bisfil Core와 Core Max를 사용하였고 다른 2종은 glass ionomer cement계로 Fuji IX GP와 Miracle Mix를 사용하였다 (Table 1).

Table 1. Materials used in this study

Material	Code	Characteristics	Manufacturer
Bisfil Core	BC	Light-cured composite resin	Bisco, Inc. U.S.A.
Core Max	CM	Chemically cured composite resin	Densply-Sankin K.K. JAPAN
Fuji IX GP	FG	Conventional glass ionomer	GC Co. JAPAN
Miracle Mix	MM	Metal glass ionomer admixture	GC Co. JAPAN

2. 실험방법

1) 시편제작

모든 재료들은 제조회사의 지시에 따라 다음과 같이 시편을 제작하였다.

굴곡강도 및 굴곡탄성계수 측정용 시편제작은 국제표준규격 (ISO 4049)에 따른 3점 굴곡시험시편을 제작하였다²²⁾. 분리가 가능한 스테인레스 스틸 주형 (25 × 2 × 2mm)에 상기 4종의 실험재료를 충전하고 주형의 상·하면에 mylar strip을 놓고 그 위에 glass slab을 놓아 상하면이 주형의 두께와 동일하게 하여 경화시켰다. 광중합형 재료인 Bisfil Core는 상기와 동일한 방법으로 스테인레스 스틸 주형에 충전한 후, wide angle fiber tip이 부착된 광중합기를 이용하여 상하면의 각각 3부위에 40초간 광조사하여 중합시켰으며, Core Max는 powder/liquid ratio는 1.8g/0.5ml로 1 spoon level의 powder에 3 drops의 liquid를 취한 후 powder를 삼등분하여 liquid에 혼합하여 주형에 충전하여 3분 30초간 경화시켰고, Fuji IX GP는 powder/liquid ratio는 3.6g/1.0g로 1 spoon level의 powder에 1 drop의 liquid를 취한 후 powder를 이등분하여 liquid에 혼합하여 (혼합시간 25초) 주형에 충전한 후 4분 20초 동안 경화시켰고, Miracle Mix는 powder/liquid ratio는 4.7g/1.0g로 1 spoon level의 powder에 1 drop의 liquid를 취한 후 powder를 이등분하여 liquid에 혼합하여 (혼합시간 35초) 주형에 충전하여 5분 30초 동안 경화시켜 시편을 제작하였다. 4종의 실험재료를 각 실험군당 8개, 총 128개의 시편을 제작하였다.

경도실험을 위한 시편제작은 아크릴릭 레진 블록 (내경 5 mm, 깊이 3 mm)내에 4종의 실험재료를 상기방법으로 충전하고 중합시켜 시편을 제작하였다. 제작된 시편의 표면은 상하면이 평행하도록 600번, 800번, 1000번 및 1500번 SiC로 순차연마하고 1 μ m 산화알루미늄 (Al₂O₃)로 고도 연마하여 경도 측정용 시편을 제작하였다. 각 군당 3개의 시편을 제작하여 총 48개의 경도 측정용 시편을 제작하였다.

2) 실험군의 분류

제작된 시편은 Table 2와 같이 저장 방법에 따라 4개의 실험군으로 분류하여 저장하였다.

Table 2 Experimental groups and storage conditions

Group	storage media	storage time (day)
DW/1	37°C, distilled water	1
DW/30	37°C, distilled water	30
NF/30	37°C, 2% NaF	30
LA/30	37°C, 0.02N Lactic acid	30

환경변화에 따른 실험을 위하여 실험 저장용액의 제조 중 NaF용액은 2g의 sodium fluoride분말을 1 l의 증류수에 첨가하여 2% NaF용액을 제조하였으며, 85% lactic acid 용액 1.75ml를 1 l의 증류수에 첨가하여 0.02N Lactic acid를 제조하였다. 모든 제작된 시편은 각각의 저장용액 내에 실험방법의 저장방법에 따라 분류하여 37°C incubator에서 보관하였다 (Table 2).

3) 실험1 (굴곡강도와 굴곡탄성계수 측정)

굴곡강도측정을 위하여 3점 굴곡시험용 jig가 장착된 mechanical testing machine (EZ test, Shimadzu, Japan)에 시편을 위치시킨 후, 분당 하중속도 1mm로 수직 하중을 가하고 시편이 파단될 때까지의 최대하중을 측정하였다. 한편 응력-변형 곡선을 x-y record에 기록하여 탄성한도내의 기울기를 측정하고 굴곡탄성계수를 구하는데 이용하였다. 굴곡강도 (σ_F)와 탄성계수 (E)는 다음 공식에 의해 계산되었다.

$$\sigma_F = 3P \cdot L / 2b \cdot w^2$$

$$E = P \cdot L^3 / 4b \cdot d \cdot w^2$$

(P : maximum load at fracture, L : length of the span, b : thickness of the specimen, d : cross head travel, w : width of the specimen)

측정된 굴곡강도 및 탄성계수는 ANOVA와 Post Hoc test하여 유의수준 0.05에서 각각 비교 평가하였다.

4) 실험2 (표면경도측정)

표면경도를 측정하기 위하여 digital microhardness tester를 사용하여 제작된 경도 측정용 시편상에 50g 하중을 30초 동안 indentator에 가하여 indentation된 깊이 (mm)로 다음과 같이 Vickers hardness number (VHN)를 계산하여 실험재료의 표면경도로 하였다.

$$VHN = 0.1854 P / L^2$$

(P : load applied(N), D : average diagonal length of an indentation (mm))

경도측정은 각 시편 당 5번을 측정하였으며 측정된 hardness값은 실험 1과 같은 방법으로 통계분석 하였다.

III. 실험성적

실험 1. 굴곡강도 및 굴곡탄성계수

4개 군의 저장방법에 따른 실험재료별 굴곡강도는 Table 3 및 Figure 1에 나타나 있다.

즉 37°C 증류수에 24시간 저장한 DW/1군에서 Bisfil Core, Core Max, Fuji IX GP, Miracle Mix의 굴곡강도는 각각 95.70 ± 6.92 MPa, 141.00 ± 9.99 MPa,

26.08 ± 1.91 MPa, 16.96 ± 2.08 Mpa 이었다. 37℃ 증류수에 30일 저장한 DW/30군에서 Bisfil Core, Core Max, Fuji IX GP, Miracle Mix의 굴곡강도는 각각 97.94 ± 5.27 MPa, 140.25 ± 5.84 MPa, 26.85 ± 2.20 MPa, 22.64 ± 2.62 MPa 이었다. 37℃ 2% NaF에 30일 저장한 NF/30군에서 Bisfil Core, Core Max, Fuji IX GP, Miracle Mix의 굴곡강도는 각각 91.89 ± 11.22 MPa, 128.75 ± 11.02 MPa, 7.50 ± 1.22 MPa, 4.32 ± 0.26 MPa 이었다. 37℃ 0.02N Lactic acid에 30일 저장한 LA/30군에서 Bisfil Core, Core Max, Fuji IX GP, Miracle Mix의 굴곡강도는 각각 85.19 ± 10.75 MPa, 114.31 ± 15.32 MPa, 23.58 ± 1.59 MPa,

17.07 ± 1.94 MPa 이었다.

4 개 군의 저장방법에 따른 재료별 굴곡탄성계수는 Table 4 및 Figure 2에 나타나있다.

즉 37℃ 증류수에 24시간 저장한 DW/1군에서 Bisfil Core, Core Max, Fuji IX GP, Miracle Mix의 굴곡탄성계수는 각각 7.72 ± 1.25 GPa, 10.20 ± 0.80 GPa, 11.79 ± 0.93 GPa, 7.40 ± 1.18 GPa 이었다. 37℃ 증류수에 30일 저장한 DW/30군에서 Bisfil Core, Core Max, Fuji IX GP, Miracle Mix의 굴곡탄성계수는 각각 8.80 ± 0.85 GPa, 11.12 ± 0.95 GPa, 11.98 ± 1.28 GPa, 10.61 ± 1.42 GPa 이었다. 37℃ 2% NaF에 30일 저장한 NF/30군에서 Bisfil Core, Core Max, Fuji IX

Table 3. Flexural strengths of four groups at different conditions (MPa ± SD)

group \ materials	BC	CM	FG	MM
DW/1	95.70 ± 6.92	141.00 ± 9.99	26.08 ± 1.91	16.96 ± 2.08
DW/30	97.94 ± 5.27	140.25 ± 5.84	26.85 ± 2.20	22.64 ± 2.62
NF/30	91.89 ± 11.22	128.75 ± 11.02	7.50 ± 1.22	4.32 ± 0.26
LA/30	85.19 ± 10.75	114.31 ± 15.32	23.58 ± 1.59	17.07 ± 1.94

Table 4. Flexural Modulus of four groups at different conditions (GPa ± SD)

group \ materials	BC	CM	FG	MM
DW/1	7.72 ± 1.25	10.20 ± 0.80	11.79 ± 0.93	7.40 ± 1.18
DW/30	8.80 ± 0.85	11.12 ± 0.95	11.98 ± 1.28	10.61 ± 1.42
NF/30	9.25 ± 1.5	10.16 ± 0.80	3.29 ± 0.49	6.85 ± 1.51
LA/30	8.32 ± 2.02	10.70 ± 1.94	10.50 ± 0.80	10.52 ± 2.43

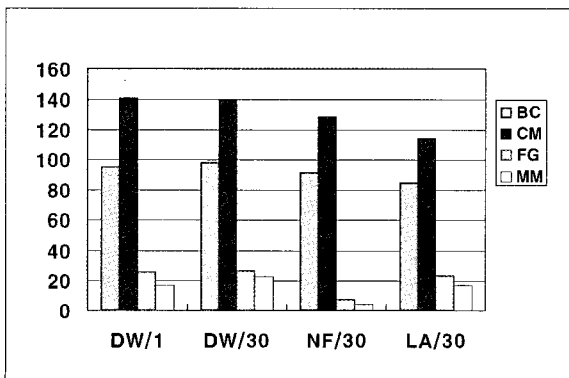


Figure 1. Flexural strengths (MPa ± SD) of four groups

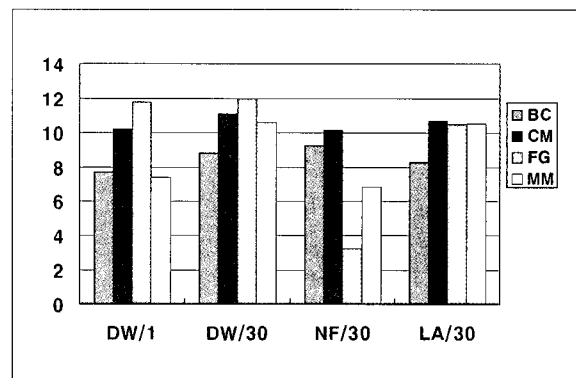


Figure 2. Flexural modulus (GPa ± SD) of four groups

Table 5. Vicker's Hardness number (VHN) of four groups at different conditions

group \ materials	BC	CM	FG	MM
DW/1	83.8 ± 2.9	71.6 ± 2.1	69.0 ± 3.7	62.0 ± 6.6
DW/30	72.8 ± 5.3	77.2 ± 5.9	70.0 ± 2.8	63.8 ± 5.0
NF/30	49.6 ± 2.4	57.6 ± 7.6	42.8 ± 6.5	41.0 ± 4.6
LA/30	59.2 ± 6.0	61.8 ± 7.2	38.8 ± 3.7	36.4 ± 2.5

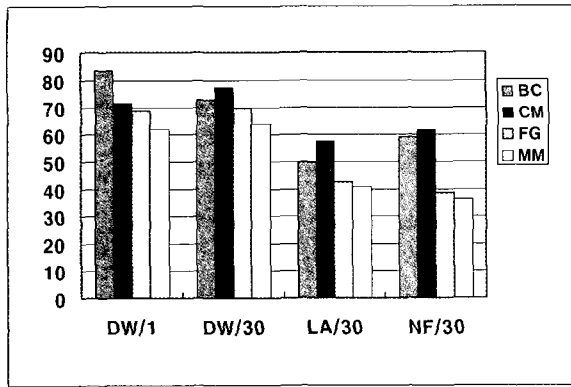


Figure 3. Vicker's Hardness Number (VHN) of four groups

GP, Miracle Mix의 굴곡탄성계수는 각각 9.25 ± 1.5 GPa, 10.16 ± 0.80 GPa, 3.29 ± 0.49 GPa, 6.85 ± 1.51 GPa 이었다. 37°C 0.02N Lactic acid에 30일 저장한 LA/30군에서 Bisfil Core, Core Max, Fuji IX GP, Miracle Mix의 굴곡탄성계수는 각각 8.32 ± 2.02 GPa, 10.70 ± 1.94 GPa, 10.50 ± 0.80 GPa, 10.52 ± 2.43 GPa 이었다.

실험 2. 표면경도 측정

4개 군의 저장방법에 따른 재료별 표면경도는 Table 5 및 Figure 3에 나타나있다.

즉 37°C 증류수에 24시간 저장한 DW/1군에서 Bisfil Core, Core Max, Fuji IX GP, Miracle Mix의 Vickers hardness number (VHN)는 각각 83.8 ± 2.9 , 71.6 ± 2.1 , 69.0 ± 3.7 , 62.0 ± 6.6 이었다. 37°C 증류수에 30일 저장한 DW/30군에서 Bisfil Core, Core Max, Fuji IX GP, Miracle Mix의 VHN은 각각 72.8 ± 5.3 , 77.2 ± 5.9 , 70.0 ± 2.8 , 63.8 ± 5.0 이었다. 37°C 2% NaF에 30일 저장한 NF/30군에서 Bisfil Core, Core Max, Fuji IX GP, Miracle Mix의 VHN은 각각 49.6 ± 2.4 , 57.6 ± 7.6 , 42.8 ± 6.5 , 41.0 ± 4.6 이었다. 37°C 0.02N

Lactic acid에 30일 저장한 LA/30군에서 Bisfil Core, Core Max, Fuji IX GP, Miracle Mix의 VHN은 각각 59.2 ± 6.0 , 61.8 ± 7.2 , 38.8 ± 3.7 , 36.4 ± 2.5 이었다.

IV. 고 찰

이 실험에서 각 지대치 재료의 환경변화에 따른 물리적 성질의 차이를 비교하기 위하여 지대치 재료의 굴곡강도와 표면 경도를 측정하여 평가하였다. 굴곡강도는 재료의 취성을 측정하는 방법으로 사용되어왔다²³⁾. Miyazaki 등²⁴⁾은 glass-ionomer cement의 surface coating이 굴곡강도에 미치는 영향에 관한 연구에서 tensile stress는 시편의 최외 표면에서 최대가 되기 때문에 파절은 시편의 표면에서 시작하고 더욱이 시편의 표면은 외부의 영향을 가장 많이 받을 수 있기 때문에 수분과의 접촉이 실험재료의 굴곡강도의 변화에 영향을 미칠 수 있다고 주장하였다.

이 연구에서 저장방법에 관계없이 Core Max에서 가장 높은 굴곡강도를 나타내었고 금속강화형 glass-ionomer cement인 Miracle Mix는 가장 낮은 굴곡강도를 나타내었다. 또 동일 재료에서도 저장환경에 따라 굴곡강도 값은 차이를 나타내었다. 이러한 결과는 재료가 실험에 사용된 저장용액이 재료의 물성변화에 영향을 미친 것으로 사료된다.

이 연구에서 2% NaF에 30일 저장한 NF/30군에서 composite resin계인 Bisfil Core와 Core Max는 동일기간 중 증류수에 저장한 DW/1 및 DW/30군보다 굴곡강도가 낮아졌으나 유의한 차이를 보이지 않았다. 이에 대하여 Kula 등²⁵⁾은 topical fluoride는 composite resin의 질량의 감소시키며 그것은 filler particles의 소실 때문이라고 보고하였고, Bowen과 Cleek²⁶⁾은 fluoride는 composite의 matrix-particle interface의 depolymerization을 야기시킨다고 보고하였다. 하지만 이 실험에 사용된 composite resin의 굴곡강도는 Kula 등²⁵⁾과 Bowen과 Cleek²⁶⁾의 연구에서 보고한 fluoride에 의한 composite resin의 degradation이 굴곡강도에 직접적인 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

한편 Hadley 등²⁷⁾은 glass ionomer cement와 NaF용액

의 작용을 연구하여 0.2% neutral NaF 용액에서 24시간 저장한 후 glass ionomer cement의 표면이 상당히 용해됨을 발견하였으며, 이는 NaF 용액이 fluorine을 함유한 cements에서 glass particle 사이에 polysalt matrix를 선택적으로 공격하기 때문이라고 주장하였다.²⁸⁾ 이 실험결과에서도 Fuji IX GP의 2% NaF 용액에 30일 저장한 NF/30군의 굴곡강도는 같은 시간 증류수에 저장한 DW/30군의 굴곡강도에 비하여 유의차 있는 낮은 값을 나타내었고 ($p < 0.05$) Miracle Mix의 2% NaF 용액에 30일 저장한 NF/30군의 굴곡강도는 같은 시간 증류수에 저장한 DW/30군의 굴곡강도보다 낮은 값을 나타내었으나, 유의차는 없었다. 따라서 fluoride가 표면에 노출된 glass ionomer cement의 구성성분을 공격하여 표면을 용해시킬 뿐 아니라 굴곡강도에도 영향을 줄 수 있었다고 생각할 수 있다.

Lactic acid는 'FDA Guidelines'¹⁷⁾에서 ethanol 용액이나 citric acid와 함께 음료수나 야채, 과일, 사탕 등의 food simulator로 사용하도록 추천된 화학용액으로 composite resin의 degradation과 관련된 연구가 보고되었으나²⁹⁻³¹⁾ composite resin의 물리적 성질에 미치는 영향을 보고한 연구는 없었다. Yap 등³⁰⁾은 conventional composite resin은 resin matrix를 연화시킬 수 있는 화학용액에 의해 마모저항성이 낮아지고 composite resin의 물리적 성질은 resin matrix의 특성보다는 inorganic reinforcing filler와 resin matrix와 filler 사이의 계면에 의해 좌우된다고 보고하였다. 저자의 연구에서 0.02N lactic acid에 저장한 LA/30군의 굴곡강도는 Bisfil Core는 같은 시간동안 증류수에 저장한 DW/30군의 굴곡강도보다 낮은 값을 나타내었으나, 유의차는 없었고, Core Max는 유의차 있는 낮은 값을 나타내었다 (Table 3; $p < 0.05$). 이에 대하여 Yap 등³⁰⁾의 연구에서도 0.02N lactic acid가 knoop 경도 값에 미치는 영향은 재료에 따라 다르게 나타났으며, 증류수에서 가장 큰 마모를 보고한 바 있다.

또 Hotta 등¹⁹⁾도 glass ionomer cement가 산성용액에 의해 matrix가 용해되고 많은 core particle이 노출되어 lactic acid하에서 glass ionomer cement는 표면 거칠기가 증가함을 보였음을 보고한 바 있다. 이번 실험결과에서는 Fuji IX GP와 Miracle Mix에서 0.02N lactic acid에서 30일 저장한 LA/30군의 굴곡강도는 같은 시간 증류수에 저장한 DW/30군보다 낮은 굴곡강도 값을 보였으나, 통계학적으로 유의차는 없었다 (Table 3).

한편 굴곡탄성계수는 37°C 증류수에 24시간 저장한 DW/1군에서 Fuji IX GP가 가장 높은 값을 나타내었으며, 이 값은 Core Max와는 유의차가 없었으며, Bisfil Core와 Miracle Mix와는 유의차를 보였다 ($p < 0.05$). Fuji IX GP와 Miracle Mix에서 2% NaF 용액에 저장한 NF/30군

을 제외하고 각각의 재료에서 실험군별 굴곡탄성계수는 유의한 차를 보이지 않았다. Fuji IX GP와 Miracle Mix에서 2% NaF 용액에 저장한 NF/30군의 굴곡탄성계수는 동일 기간동안 증류수와 0.02N lactic acid에 저장한 LA/30군의 굴곡탄성계수보다 유의할 만한 낮은 값을 보였다 (Table 4; $p < 0.05$).

표면경도는 indentation이나 penetration에 재료가 저항하는 것을 나타내는 것으로 이번 실험에서 다양한 환경조건에 따른 지대치 재료의 표면경도를 측정함으로써 구강 내에서 다양한 환경에서 재료가 내구성을 지니며 체적 안정성 여부를 평가할 수 있었다.

표면경도 실험에서 증류수에 24시간 저장한 DW/1군은 Bisfil Core가 가장 높은 표면경도 값을 나타내었고 Miracle Mix가 가장 낮은 표면경도 값을 나타내었고 저장 용액에 따라 각각 지대치 재료의 표면경도 값은 상당한 차이를 나타내었다 (Table 5).

Miracle Mix는 기존의 glass ionomer cement는 낮은 인장강도와 취성을 갖는 단점이 있어 glass ionomer cement에 아말감분말을 첨가하여 방사선 불투과성과 강도를 증가시킨 것이다. Yap 등³²⁾은 Miracle Mix와 Fuji IX GP의 물리적 성질을 비교한 실험에서 Fuji IX GP가 Miracle Mix보다 우수한 물리적 성질을 갖는다고 보고하였고 Fuji IX GP의 우수한 기계적 성질은 filler에 의해서가 아니라 향상된 화학작용 때문이라 주장하였다. 또 Sarkar³³⁾은 금속강화형 glass ionomer cement는 비강화형 glass ionomer cement보다 은입자와 polyacrylate matrix 사이에 interfacing bonding이 부족하다고 보고하였고, 이 때문에 Yap 등⁴⁾은 금속강화형 glass ionomer cement는 비강화형 glass ionomer cement보다 압축강도, 인장강도 및 표면경도가 낮다고 보고하였다. 이번 Fuji IX GP와 Miracle Mix의 굴곡강도와 표면경도 실험결과도 이를 뒷받침하였으며, 모든 실험군에서 Miracle Mix의 굴곡강도와 표면경도는 Fuji IX GP의 굴곡강도와 표면경도보다 낮은 값을 나타내었다.

2% NaF 용액과 0.02N lactic acid에 30일 저장한 LA/30군의 표면경도는 실험에 사용된 4종의 재료에서 모두 굴곡강도와 동일하게 같은 시간 증류수에 저장한 DW/30군보다 낮은 값을 나타내었다. Bisfil Core에서 2% NaF 용액에 30일 저장한 NF/30군의 표면경도는 0.02N lactic acid에 30일 저장한 LA/30군의 표면경도보다 유의차 있는 낮은 값을 나타내었고 ($p < 0.05$) Bisfil Core를 제외한 다른 재료들에서는 2% NaF 용액에 30일 저장한 NF/30군과 0.02N lactic acid에 30일 저장한 LA/30군의 표면경도는 유의한 차이를 보이지 않았다.

Fluoride는 composite resin의 filler particle의 표면을 손상시키며²⁵⁾ composite resin의 matrix-particle inter-

face의 depolymerization을 야기시켜²⁶⁾ 2% NaF용액에 30일 저장한 NF/30군에서 Bisfil Core와 Core Max의 표면경도는 같은 시간 증류수에 저장한 DW/30군보다 낮은 표면강도를 나타낸 것으로 생각된다. 또한 Billington 등²⁸⁾의 연구에서 NaF는 glass ionomer cement의 표면을 공격하여 표면거칠기를 증가시키며, 이는 용해된 fluoride이온이 glass ionomer cement의 표면에 polyacid matrix를 공격하기 때문이라고 주장하였다. 이 실험에서 같은 이유로 Fuji IX GP와 Miracle Mix의 표면경도는 2% NaF용액에 30일 저장한 NF/30군에서 같은 시간 증류수에 저장한 DW/30군보다 낮은 값을 나타내었다고 생각된다. 4종의 지대치 재료가 0.02N lactic acid에 30일 저장한 LA/30군에서 같은 시간 증류수에 저장한 DW/30군보다 낮은 표면경도 값을 나타내었으며 이는 Lactic acid가 composite resin과 glass ionomer cement의 matrix를 연화시키기 때문이다.^{19,31)}

이 실험을 통하여 Bisfil Core와 Core Max는 Fuji IX GP와 Miracle Mix보다 우수한 굴곡강도와 표면경도를 나타내었으므로 지대치 재료로 사용하기에 권장할 수 있는 재료라고 판단할 수 있다. 또한 실험에 사용한 4종의 비금속 지대치 재료는 구강에서 접촉할 수 있는 fluoride나 lactic acid 같은 chemicals에 의해서 굴곡강도와 표면경도가 저하되므로 금속 지대치 재료를 사용할 때보다 crown이나 bridge의 영구 수복 시 fluoride접촉이나 lactic acid접촉에 노출되지 않도록 유의하여야 할 것으로 사료된다.

V. 결 론

이 연구는 4종의 비금속 지대치 재료로 composite resin계 (Bisfil Core, Core Max)와 glass ionomer cement계 Fuji IX GP, Miracle Mix)를 37℃ 증류수에 24시간 저장한 DW/1군과 37℃ 증류수에 30일 저장한 DW/30군, 37℃ 2% NaF에 30일 저장한 NF/30군, 37℃ 0.02N lactic acid에 30일 저장한 LA/30군으로 분류하여 굴곡강도와 표면경도를 측정하는 실험을 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 모든 군에서 Core Max는 가장 높은 굴곡강도를 나타내었으며 Miracle Mix는 가장 낮은 굴곡강도를 나타내었다.
2. 37℃ 증류수에 24시간 보관한 군에서 Bisfil Core가 가장 높은 경도 값을 나타내었다.
3. 저장용액에 관계없이 30일 저장 군에서는 Core Max가 가장 높은 경도 값을 나타내었다.
4. 모든 군에서 Miracle Mix가 가장 낮은 경도 값을 나타내었다.
5. 2% NaF용액과 0.02N lactic acid용액은 증류수보다

지대치 재료의 굴곡강도와 표면경도를 저하시켰지만, 그 정도는 재료에 따라 다르게 나타났다.

참고문헌

1. Combe EC, Shaglouf A-MS, Watts DC, Wilson NHF. Mechanical properties of Direct core materials. *Dent mater* 15:158-165, 1999.
2. Cattani-Lorente M-A, Dupuis V, Payan J, Moya F, Meyer J-M. Effect of Water on the physical properties of resin-modified glass ionomer cements. *Dent Mater* 15:71-78, 1999.
3. Saygili G, Mahmali SM. Comparative study of the physical properties of Core materials. *Int J Periodontics Restorative Dent* 22(4):355-363, 2002.
4. Yap AU, Cheang PH, Chay PL. Mechanical properties of two restorative Reinforced glass-ionomer cements. *J Oral Rehabil* 29:682-688, 2002.
5. Bourke AW, Walls AW, McCabe JF. Light-activated glass polyalkenoate Cements: the setting reaction. *J Dent* 20(2):115-120, 1992.
6. Attar N, Onen A. Fluoride release and uptake characteristics of aesthetic restorative materials. *J Oral Rehabil* 29(8): 791-798, 2002.
7. Wilson AD, Kent BE. A new translucent cement for dentistry. The glass ionomer cement. *Br Dent J* 150: 132-133, 1972.
8. Kerby RE, Knobloch L. Strength characteristics of glass-ionomer cements. *Oper Dent* 17:170-174, 1992.
9. McLean JW. Glass-ionomer cements. *Br Dent J* 164: 293-300, 1988.
10. MaLean JW, Gasser O. Glass-cemet cements. *Quint Int* 16(5):333-343, 1985.
11. McLean JW. Cermet cements. *J Am Dent Assoc* 120 (1):43-47, 1990.
12. Kerby RE, Bleiholder RF. Physical properties of stainless-steel and Silver-reinforced glass-ionomer cements. *J Dent Res* 70(10):1358-1361, 1991.
13. Phantumvanit P, Songpaisan Y. Atraumatic restorative treatment(ART): a Three-year community field trial in Thailand-Survival of one-surface Restorations in the permanent dentition. *Journal of Public Health Dentistry* 56: 141-145, 1991.
14. Levartovsky S, Kuyinu E, Georgescu M, Goldstein GR. A comparison of the Diametral tensile strength, the flexural strength, and the compressive Strength of two new core materials to a silver alloy-reinforced Glass-ionomer material. *J Prosthet Dent* 72(5):481-485, 1994.
15. Cohen BI, Volovich Y, Musikant BL, Deutsch AS. Comparison of the flexural strength of six reinforced restorative materials. *Gen Dent* 49(5):484-488, 2001.
16. Roulet JF, Walti C. Influence of oral fluid on composite resins and glass Ionomer cement. *J Prosthet Dent* 52:182- 186, 1984.
17. Yap AU, Tan SH, Wee SS, Lee CW, Lim EL, Zeng KY. Chemical degradation of composite restoratives. *J Oral Rehabil* 28(11):1015-1021, 2001.
18. Nicholson JW, Millar BJ, Czarnecka B, Limanowska-Shaw H. Storage of polyacid-modified resin composites in lactic acid solution. *Dent Mater* 15:413- 416, 1999.
19. Hotta M, Hirukawa H, Aono M. The effect of glaze on restorative glass-ionomer cements: evaluation of envi-

- ronmental durability in lactic acid solution. *J Oral Rehabil* 22(9):685-689, 1995.
20. Yaffee and Zalkind. The effect of topical application of fluorides on composite resin restorations. *J Prosthet Dent* 45:59-62, 1980.
 21. De Witte AM, De Maeyer EA, Verbeeck RM. Surface roughening of glass ionomer cements by neutral NaF solutions. *Biomaterials* 24(11):1995-2000, 2003.
 22. Choi KK, Condon JR, Ferracane JL. The effects of Adhesive Thickness on Polymerization contraction stress of Composite. *J Dent Res* 79(3):812-817, 2000.
 23. Mitra SB, Kedrowski BL. Long-term mechanical properties of glass ionomers. *Eur J Oral Sci* 104:600-604, 1996.
 24. Miyazaki M, Moore BK, Onose H. Effect of surface coatings on flexural properties of glass ionomers. *Dent Mater* 10:78-82, 1994.
 25. Kula K, McKinney JE, Kula TJ. Effects of daily topical fluoride gels on resin composite degradation and wear. *Dent Mater* 13(5):305-311, 1997.
 26. Bowen RJ, Cleek GW. A new series of X-ray-opaque reinforcing fillers for composite materials. *J Dent Res* 51:177-182, 1972.
 27. Hadley PC, Billington RW, Pearson GJ, Williams JA. Effect of monovalent ions in glass ionomer cements on their interaction with sodium fluoride solution. *Biomaterials* 21(1):97-102, 2000.
 28. Billington RW, Hadley PC, Towler MR, Pearson GJ, Williams JA. Effects of adding sodium and fluoride ions to glass ionomer on its interactions with sodium fluoride solution. *Biomaterials* 21(4): 377-383, 2000.
 29. Turssi CP, Hara AT, Serra MC, Rodrigues AL Jr. Effect of storage media upon the surface micromorphology of resin-based restorative materials. *J Oral Rehabil* 29(9):864-871, 2002.
 30. Yap AU, Chew CL, Ong LF, Tech SH. Environmental damage and occlusal contact area wear of composite restoratives. *J Oral Rehabil* 29(1):87-97, 2002.
 31. McKinney J, Wu W. Chemical softening and wear of dental composites. *J Dent Res* 64(11):1326-1331, 1985.
 32. Yap AU, Teo JC, Teoh SH. Comparative wear resistance of reinforced glass ionomer restorative materials. *Oper Dent* 26(4):343-348, 2001.
 33. Sarkar NK. Metal-matrix interface in reinforced glass ionomers. *Dent Mater* 15(6):421-425, 1999.

국문초록

지대치 재료의 환경변화에 따른 물리적 성질에 관한 연구

황유숙¹ · 최경규^{1,2} · 박상진^{1,2*}

경희대학교 대학원 치의학과 치과보존학교실¹, 경희대학교 치과대학 구강생물학연구소²

비금속 지대치 재료의 구강 내 환경변화에 따른 물리적 성질을 구명하기 위하여 4종의 지대치 재료를 다양한 환경에 보관한 후 굴곡강도 및 표면경도의 변화를 관찰하여 조건에 따른 영향을 구명하고자 이 연구를 시행하였다.

Bisfil Core, Core Max, Fuji IX GP, Miracle Mix를 사용하여 굴곡강도 측정을 위한 시편을 제작한 후 최대하중을 측정하여 굴곡강도와 굴곡탄성계수를 계산하였다.

표면경도 측정을 위하여 아크릴릭 레진블럭에 상기 4종의 재료를 충전하여 중합시킨 후 순차 연마하여 경도측정을 위한 시편을 제작하고 Vickers hardness를 계산하였다.

1. 굴곡강도는 Core Max에서 가장 높고 Miracle Mix에서 가장 낮았다.
2. 37°C 증류수에 24시간 보관한 군에서 Bisfil Core가 경도가 가장 높았다.
3. 30일 저장군에서는 Core Max가 경도가 가장 높았다.
4. 모든 군에서 Miracle Mix가 가장 낮은 경도를 나타냈다.
5. 2% NaF용액과 0.02N lactic acid용액은 증류수보다 지대치 재료의 굴곡강도와 표면경도를 저하시켰다.

주요어 : 기계적 성질, 지대치 재료, 굴곡탄성계수, 굴곡강도, 경도