



탄산수가 레진계 치면열구전색제의 화학적 열화에 미치는 영향

김현진¹, 신해은², 민희홍^{3*}

경북대학교 대학원 치의과학과¹, 경북대학교 치의학전문대학원 예방치과학교실², 대전보건대학교 치위생과^{3*}

Influence of carbonated water on degradation of dental resin-based pit and fissure sealant

Hyun-Jin Kim¹, Hae-Eun Shir², Hee-Hong Mir^{3}*

¹Department of Dental Science, Graduate School, Kyungpook National University

²Department of Preventive Dentistry, School of dentistry, Kyungpook National University

³Department of Dental Hygiene, Daejeon Health Institute of Technology

The critical oral environment conditions (i.e. pH changes and humidity) may increase resin-based materials degradation over time. The purpose of this study was to determine the influence of carbonated waters (acidic beverages) on the degradation of resin based pit and fissure sealant materials. Conventional dental sealant material (Chamseal) was selected for this study. Disc-shaped resin specimens (8 mm in diameter and 1 mm in thickness) were prepared according to manufacturers' instructions. Resin specimens were measured the initial roughness (Ra). And then, the specimens were individually immersed in 5 mL of the storage solutions (Distilled water, Trevi, Perrier, Chojung and Coca-Cola) and stored at 37° C. After 72 hours of storage, the specimens surface roughness readings were done. The concentration of residual monomer released was determined by high performance liquid chromatography (HPLC). The resin specimen surface morphology was evaluated by scanning electron microscopy (SEM). Statistical analysis was performed by Kruskal-Wallis and Duncan test. In the present study, we observed that the increased the surface roughness of resin specimens after immersed in carbonated waters (p<0.05). Surface morphological changes were observed in a situation of acid challenge. In addition, acidic conditions lead to a higher monomer release from resin-based materials. Therefore, we concluded that under acidic conditions, the resin-based sealant materials were more susceptible to degradation.

Key words : Carbonated water, Degradation, Dental resin-based pit and fissure sealant

서 론

레진을 기반으로 하는 수복재료는 심미성이 우수하고 취급이 용이하며 치질과 결합하는 능력이 뛰어나 다양한 치과 임

상분야에서 사용되고 있다. 그 중 치면열구전색재(pit and fissure sealants)는 어린이의 구치부 우식예방을 위해 소와와 열구를 폐쇄하는데 사용되는 재료로 여러 종류의 전색재 중 광중합을 이용하는 Bis-GMA 레진 계열의 치면열구전색재가 주로 사용되고 있다(Valentini¹ 등, 2009; Veiga 등, 2014; Zanatta 등, 2016).

이러한 Bis-GMA계 레진 수복재료의 임상적 성능은 구강 내의 환경 변화에 의해 크게 영향을 받는다(Kwon, 2015). 특히 산성식품이나 산성음료 등은 레진 수복물의 내구성과 수명

* Correspondence: 민희홍 (ORCID ID: 0000-0002-6587-5639)
 21, Department of Dental Hygiene, Daejeon Health Institute of Technology, Chungjeong-ro, Dong-gu, Daejeon, 330-771, Korea
 Tel: +82-42-670-9194, Fax: +82-42-670-9586
 E-mail: hhmin1@hanmail.net

Received: Sep. 11, 2017; Revised: Sep. 22, 2017; Accepted: Sep. 22, 2017

에 영향을 주는 중요한 요인 중 하나로 낮은 산도에 의해 수복 재료에 물리적 성질의 저하와 화학적인 분해를 일으킬 수 있다(Han 등, 2008). 이전의 많은 연구들에서 산성음료가 치아 수복재료에 미치는 영향에 대해 보고 하고 있는데 Yanikoğlu 등(2009)은 커피, 차, 산성식품 및 저pH 음료가 레진계 복합 재료의 표면 경도의 감소에 영향을 줄 수 있다고 보고하였고, Erdemir 등(2013)은 낮은 pH의 스포츠 음료와 에너지 음료가 수복재료의 분해과정을 촉진시키고 경도를 감소시켜 수명을 단축시킨다는 연구 결과를 보고하였다.

이처럼 산성음료들이 치아뿐만 아니라 치과수복재료에도 부정적인 영향을 끼친다는 연구보고가 증가함에 따라 소비자 들의 인식도 변화하여 최근에는 음료 또한 건강에 이로울 것 을 선호하고 있다(Parry 등, 2001). 그 중 탄산음료와 달리 칼로리가 낮고 카페인 없는 탄산수가 건강음료라는 인식으 로 인해 소비가 폭발적으로 증가하고 있다(Brown 등, 2007). 탄산수는 당이나 다른 합성 첨가물 없이 물에 이산화탄소만을 함유시킨 것으로 완제품으로 판매되는 상품뿐만 아니라 탄산 수 제조기나 탄산수가 나오는 정수기와 같은 생활가전제품까 지 출시되어 생수 대신으로 음용하고 있다. 또한 탄산수에 각종 음료 맛을 섞어 아이들이 좋아하는 탄산음료를 제조하는 등 가정에서의 선호도 또한 높아진 추세이다.

그러나 조사에 따르면 탄산수의 수소이온농도는 pH 5.5 정도로 생수보다는 낮고 최근에는 더 낮은 pH를 가지는 탄산 수들도 국내에 시판이 되고 있다. 이로 인해 탄산수에 의한 치아 침식 우려가 제기되고 있으며 탄산수에 의한 치아 침식의 심각성을 보고하는 연구들이 발표가 되고 있다(Parry 등, 2001).

여전히 탄산수는 건강음료라는 소비자들의 인식에 의해 지 속적으로 소비가 증가하고 있는 상황에서 탄산수가 치아수복 재료에 미치는 영향에 대해 표면의 경도 변화와 같이 물리적 인 성질을 비교한 연구는 있으나 아직까지 화학적인 분해에 대한 연구는 미비한 실정이다. 그리고 단지 물리, 기계적인 간접적 실험방법만으로 탄산수의 영향을 규명하는 것에는 한 계가 있다. 이에 본 연구에서는 임상에서 사용중인 Bis-GMA 레진 계열의 치면열구전색재를 국내에 시판중인 탄산수에 침 지하여, 시간경과에 따라 용출되는 레진의 성분을 고성능액체 크로마토그래피(High performance liquid chromatography, HPLC)를 이용하여 확인하고 탄산수의 낮은 pH가 치면열구전 색재의 화학적인 분해와 표면양상에 미치는 영향을 평가하고 자 하였다.

재료 및 방법

1. 연구 재료

본 실험에서는 레진계 수복재료의 기본 구성성분인 Bis-GMA, UDMA, TEGDMA가 모두 포함되어 있는 치면열구전색 재료 Charmseal (DentKist, Inc., Korea)을 사용하였으며 구 성성분, 제조회사, 제품번호는 Table 1과 같다. 그리고 실험 음료로는 시중에 시판 되고 있는 국내 외 탄산수 중 판매량이 높은 트레비(Trevi, Lotte Chilsung Beverage, Korea), 페리에 (Perrier, Nestle, Korea), 초정(Chojung, Ilhwa, Korea) 3종을 실험군으로 선정하였고, 음성대조군으로 증류수(distiller

Table 1. Materials tested in this study

Brand name	Manufacturer	Composition	wt%
CharmSeal®	DentKist, Inc., Korea	Bis-GMA	5-30
		TEGDMA	10-30
		UDMA	100-300
		Titanium dioxide	0.1-5
		Silicone dioxide	3-20

* Manufacturer supplied.

Abbreviations: Bis-GMA, bisphenol A glycidyl methacrylate; TEGDMA, triethylene glycol dimethacrylate; UDMA, urethane dimethacrylate.

Table 2. Storage solutions (control and carbonated water) used in this study.

Brand name	Groups	Manufacturer	Composition
Distilled water	Control	-	Distilled water
Trevi	Carbonated water	Lotte Chilsung, Korea	Purified water, Carbonate dioxide
Perrier		Nestle, Korea	Purified water, Carbonate dioxide
Chojung		Ilhwa, Korea	Purified water, Carbonate dioxide
Coca-Cola	Positive control	Coca-Cola Beverage, Korea	Carbonated water, high fructose corn syrup, Caramel color, Phosphoric acid, Natural flavors, Caffeine

water)와 양성대조군으로 코카콜라(Coca-Cola, Coca-Cola Beverage, Gyeongnam, Yangsan, Korea)를 선정하였다 (Table 2).

2. 음료의 pH 측정

각 음료들은 실험 전 동일한 온도 조건을 위해 구입 후 실온에서 6시간 이상 방치하였고 pH meter (Seven Compact pH/ion S220, Mettler Toledo, USA)를 이용하여 각 음료의 pH를 측정하였다. 측정 전 pH의 전극은 표준완충용액(pH 4.01, 7.00, 9.21, 11.00)으로 보정하였고 모든 음료는 5회 반복 측정하여 평균값과 표준 편차를 산출하였다. 모든 실험에서는 일정한 pH 유지를 위해 각각의 반복 수행 시 공기 중에 노출되지 않은 새로운 제품을 개봉하여 사용하였다.

3. 시편 제작 및 시편 침지

동일한 크기의 시편을 위해 직경 8 mm, 두께 1 mm의 양쪽 끝이 개방되어 있는 원형의 Teflon 몰드를 제작하였다. 유리 슬라이드 위에 Mylar strip을 대고 Teflon 몰드를 위치시킨 후 레진계 치면열구전색제를 기포가 발생되지 않도록 주의하여 충전하였다. 치면열구전색제가 충전된 몰드 위에 mylar strip과 유리 슬라이드를 차례로 위치시켜 손으로 약간의 압력을 가한 후 제조사의 지시에 따라 광조사기(Bluephase® 20i, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)로 20초간 광중합을

시행 하였다. 중합 된 시편은 몰드에서 분리하여 과잉의 재료를 제거하기 위해 800번 사포로 주변부를 연마하였다.

실험 직전 개봉한 음료를 동일한 멸균 용기(15 mL conical tube)에 5 mL씩 분주 한 다음 레진 시편을 담아 시편의 모든 부분이 침지 용액과 접촉할 수 있도록 하였다. 공기와의 접촉을 차단하기 위해 각 용기의 뚜껑 부분을 얇은 투명 필름(Para-film)을 이용하여 완전히 밀봉을 시킨 다음, 3, 6, 12, 24, 48, 72 시간 동안 37°C 오븐에서 보관하였다. 음료는 매 12간 마다 새로운 음료로 교환해 주었다.

4. 표면거칠기 변화 측정

레진 표면의 거칠기 변화를 측정하기 위해 음료에 침지 전 초기 거칠기 값을 측정한 후 실험음료에 레진 시편을 침지하였다. 각 실험 음료에 침지된 레진 시편을 시간 별로 회수하여 증류수에 1분간 세척 한 후 표면거칠기 측정장치(Surftest SV-400, Mitutoyo)를 사용하여 표면거칠기값(Ra)을 측정하였다. 모든 시편은 4 부위(상, 하, 좌, 우)에서 측정한 후 평균과 표준편차를 구하였다.

5. 주사전자현미경을 이용한 레진 시편의 표면 관찰

주사전자현미경으로 관찰하기 전 실험 음료에서 회수한 시편에 남아 있는 수분을 제거하기 위해 진공 데시케이터에서 48시간 동안 건조시킨 후 진공상태에서 1분씩 3회 백금 피복을 하였다. 백금 피복된 레진 시편을 주사전자현미경(Scann-

ing Electron Microscopy, SEM, JSM-6700F, Jeol, Tokyo, Japan) 내에 위치시킨 후 5 kV의 전압에서 40,000배의 배율로 표면형태를 관찰하였다.

6. 고성능액체크로마토그래피를 이용한 유출 단량체의 분석

침지시간이 경과한 후 시편을 제거한 침지용액은 유출된 단량체의 성분 분석을 위해 분석 전까지 -70°C 냉동고에 보관하였다. 표준단량체는 레진계 치면열구전색재의 주 구성성분인 Bis-GMA (Sigma Co., USA), UDMA (Sigma Co., USA), TEGDMA (Sigma Co., USA)를 사용하였고 표준단량체의 피크와 침지용액의 피크를 비교 분석하여 각 실험 음료 별로 레진 시편에서 용출되어 나온 단량체를 확인하였다. 각 침지용액은 필터링을 거친 후 10 µL씩 고성능액체크로마토그래피 (HPLC, LC-20AD, Shimadzu Co., Japan) 장치에 부착된 컬럼

에 투입되었다. 이동상은 40% distilled water (용매A, Sigma Co., USA)와 60% Acetonitrile (용매B, Sigma Co., USA)를 조합한 용매를 사용하였고 유속은 1,000 mL/min 이었으며, UV detector를 사용하여 220 nm의 파장에서 분석하였다.

7. 통계분석

각 레진 시편에 대해 침지시간과 침지된 음료에 따른 표면 거칠기의 차이를 비교하기 위해 Kruskal-Wallis을 시행하였고, 사후검정 방법으로 Duncan's test를 사용하였다. 모든 통계는 SPSS 21.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하여 분석하였으며, 통계적 유의성 판정을 위한 유의수준은 5%로 하였다.

결 과

1. 음료의 pH측정 결과

실험에 사용된 총 5가지 실험음료의 개봉 직후 각 평균 pH는 2.42-6.30까지의 분포를 나타내었다(Table 3). 양성 대조군으로 사용한 코카콜라가 가장 낮은 pH 2.42를 나타내었고, 탄산수에서는 트레비(pH 4.46), 초정(pH 5.01), 페리에(pH 5.38) 순이었다. 그리고 음성 대조군인 증류수는 pH 6.30으로 가장 높은 pH 값을 나타내었다.

Table 3. Test storage solution

Groups	Brand name	pH
Control	Distilled water	6.30
Carbonated water	Perrier	5.38
	Trevi	4.46
	Chojung	5.01
	Coca-Cola	2.42

Table 4. Means and standard deviations of ΔR values for each experimental time

Groups	12 h	24 h	48 h	72 h
Distilled water	0.00 (0.01)a	-0.01 (0.01)a	-0.01 (0.02)a	-0.02 (0.02)a
Perrier	0.02 (0.01)a,b	0.04 (0.01)b	0.03 (0.01)b	0.03 (0.01)b
Trevi	0.02 (0.01)a,b	0.03 (0.01)b	0.09 (0.01)c	0.08 (0.02)c
Chojung	0.01 (0.01)a,b	0.03 (0.03)b	0.03 (0.02)b	0.07 (0.01)b,c
Coca-Cola	0.03 (0.02)b	0.06 (0.02)b	0.08 (0.02)c	0.22 (0.06)d
P-value	0.063	0.061	0.007	0.005

Different letters show statistical difference between the groups tested ($p < 0.05$). Capital letters show statistical difference between the experimental times for each group.

2. 침지용액과 시간경과에 따른 표면거칠기의 변화

침지용액에 처리 후 시간 경과에 따른 표면거칠기는 증류수에서는 차이가 없었다. 반면, 탄산수들에서는 24시간 이후부터 유의한 차이가 있었고 페리에와 초정보다 트레비에서 침지시간이 경과할수록 표면거칠기가 증가하였다. 양성 대조

군인 코카콜라는 침지 후 12시간 이후부터 표면거칠기가 통계적으로 유의한 차이가 있었고, 실험음료 중 가장 크게 표면거칠기가 증가하였다(Table 4).

3. 주사전자현미경을 통한 레진 시편의 표면 변화 관찰 결과

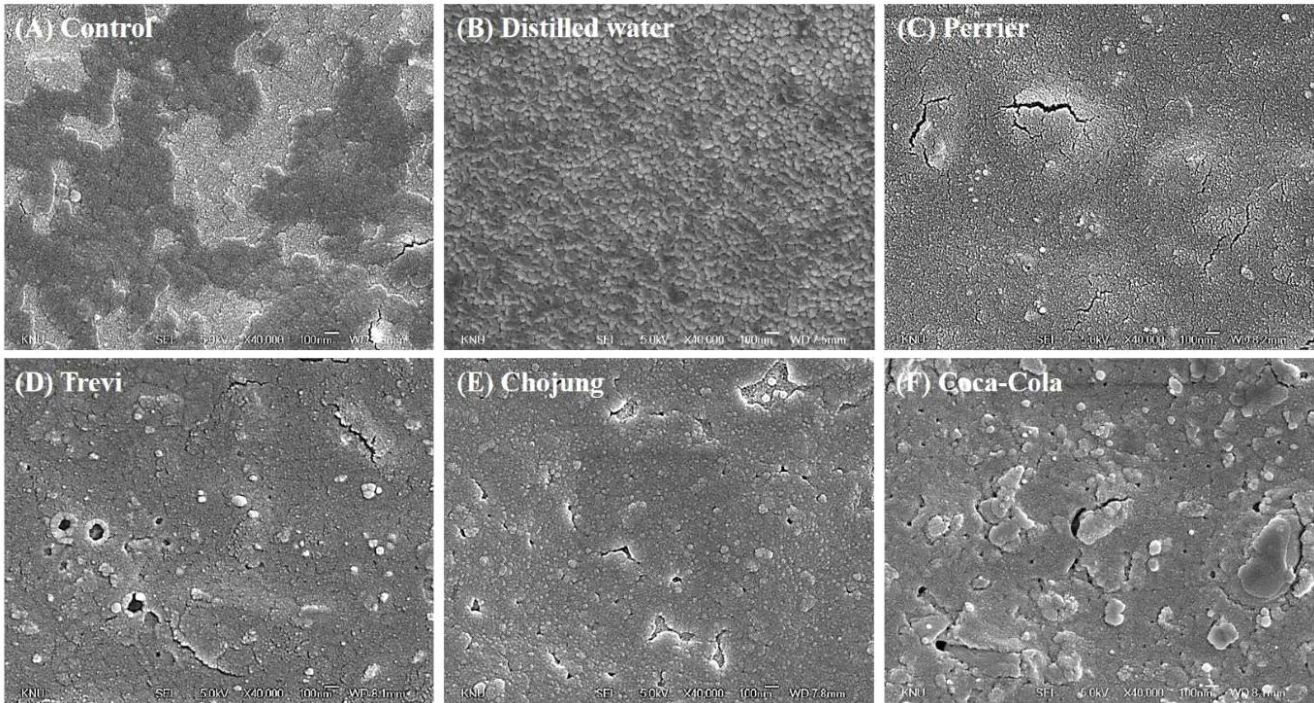


Figure 1. SEM images of the specimens surface: (A) before immersion, (B)-(F) immersed in the storage solution for 72 h (original magnification 40,000 \times).

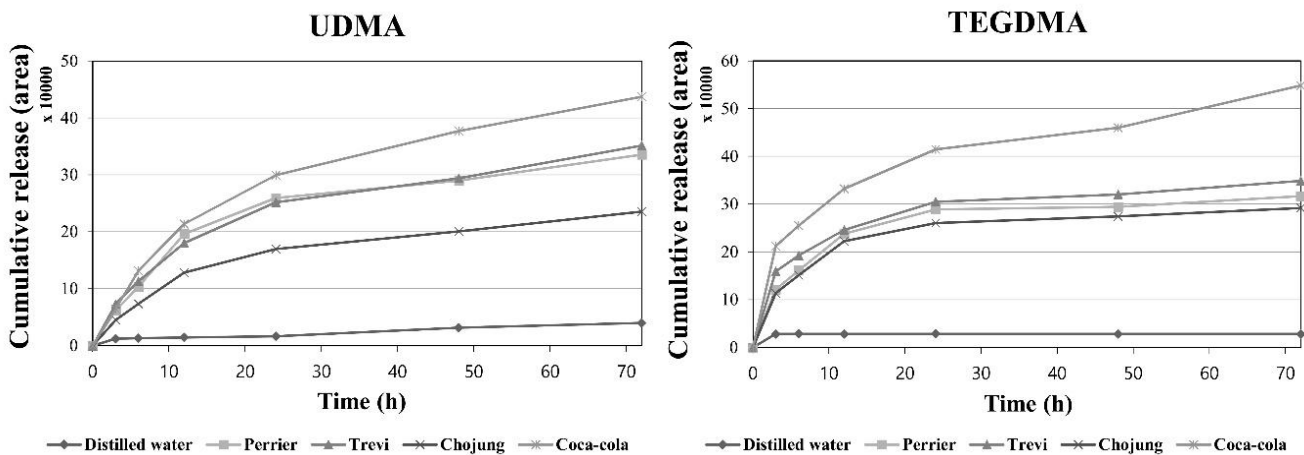


Figure 2. In vitro release profile of the specimens in storage solution during the experimental period of 72 h.

음료 처리 전 후 레진 시편의 표면 변화를 주사전자현미경을 이용하여 관찰하였다. 음료 처리 전의 레진 시편(Fig. 1A)과 비교하여 증류수(Fig. 1B)에 72시간 침지되었던 시편은 표면의 균열이나 레진 기질의 소실이 거의 일어나지 않았다. 반면에 탄산수인 페리에와 초정예(Fig. 1C, 1E) 침지된 시편은 거친 표면과 균열이 나타났고 트레비와 코카콜라(Fig. 1D, 1F)에 72시간 침지된 후의 레진 시편은 거친 표면과 균열 이외에 레진 기질이 탈락되는 등의 심한 표면 손상을 보여 주었다.

4. 고성능액체크로마토그래피를 통한 용출 단량체 분석

레진계 치면열구전색제를 구성하는 3종의 표준 단량체들의 분리시간은 TEGDMA 6.2분, UDMA 9.5분, Bis-GMA 12.7분이었다. 레진 시편에서 용출되어 나온 단량체들은 고성능액체크로마토그래피의 peak 면적을 적분하여 그 양을 비교 분석하였다. Fig. 2는 5종의 실험 음료에서 침지시간 별 단량체들의 누적 유출량 평균값을 비교한 그래프이다. 단량체 중 Bis-GMA는 모든 실험음료에서 용출되어 나오지 않았고 UDMA와 TEGDMA도 증류수에서는 침지시간이 경과하여도 유출량이 증가하지 않았다. 반면에 코카콜라에서는 시간이 경과함에 따라 가장 많은 양의 UDMA와 TEGDMA 단량체가 유출된 것을 확인하였고 각 탄산수들에서도 UDMA와 TEGDMA의 용출은 침지시간이 증가함에 따라 유출량이 증가하는 경향을 보였다.

고 찰

레진을 기반으로 하는 수복재료는 다른 치과재료들과 마찬가지로 구강 내 환경변화에 대해 충분한 안정성과 내구성을 유지할 수 있어야 한다. 그러나 이 재료는 다양한 종류의 수용성 환경에 의해 기계적, 물리적 성질을 저하시킨다고 알려져 있다. 특히 낮은 pH를 가지는 산성용액에 지속적으로 노출될 경우 재료 내의 수분 흡수를 가속화 시켜 레진 기질을 분해하거나 표면 구조를 손상시킬 수 있다(Valinoti 등, 2008). 이러한 표면 손상은 세균의 부착을 용이하게 하고 결과적으로 구

강질환의 위험을 증가시킬 수 있기 때문에 임상적으로 매우 중요하다(Kantovitz 등, 2009).

최근 우리나라에서는 산성음식과 음료의 소비가 지속적으로 증가하고 있고 탄산음료와 더불어 에너지 음료, 스포츠 음료, 주스, 커피 등의 음료들은 수소이온농도가 평균 pH 2.0~4.9로 대부분이 산성을 나타내고 있다(Valinoti 등, 2008). Ilday 등(2010)에 의하면 낮은 pH를 가지고 있는 코카콜라(pH 2.3)와 오렌지 주스(pH 3.2)에 침지시켰던 치과수복재료의 표면거칠기가 시간경과에 따라 증가하는 것을 확인하였고 Bajwa 등(2014)도 코카콜라에 침지된 치과수복재료의 표면에서 시간 경과에 따른 표면거칠기의 증가와 심각한 분해를 초래하였다고 보고하였다.

이와 유사하게 본 연구에서도 실험음료에 침지 전과 후의 레진계 치면열구전색제의 표면거칠기는 침지 시간이 경과함에 따라 증가하였다. 증류수에 침지한 경우는 표면거칠기에 변화를 보이지 않았고, pH가 2.42로 가장 낮은 코카콜라에서 가장 많은 표면거칠기 증가가 나타났다. 그리고 코카콜라보다는 표면거칠기의 증가가 낮았지만 탄산수에 침지되었던 레진 시편의 경우 pH 4.46으로 가장 낮은 트레비에서 페리에와 초정보다 표면 거칠기가 시간 경과에 따라 더 많이 증가하는 것을 확인하였다.

그리고 표면거칠기에 따른 레진 시편의 표면 변화를 주사전자현미경으로 관찰한 결과에서도 양성대조군인 코카콜라와 탄산수 중 pH가 낮은 트레비에서 거친 표면과 균열이 나타나고 레진 기질들이 탈락하는 현상을 보여 낮은 pH에 의해 레진 시편의 표면 변화가 더 많이 일어난 것을 확인할 수 있었다. 이러한 표면 거칠기의 변화는 레진 시편의 화학적인 용해의 결과라고 할 수 있다. Bagheri 등(2010)에 따르면 구강환경에서 재료의 열화는 온도 변화나 pH 변화 등 심각한 조건에 노출이 되었을 경우 재료의 기질에 먼저 작용하여 화학적인 분해를 일으키고 결과적으로 마모나 경도, 거칠기와 같은 기계적인 분해에 영향을 미친다고 보고하였다.

레진을 기반으로 하는 수복재료의 대부분은 Bis-GMA/TEGDMA 등과 같은 여러 단량체의 가교결합으로 형성된다(Silva 등, 2013). 하지만 Bis-GMA/TEGDMA 등으로 구성된 수복재료의 불완전한 중합과 높은 친수성은 수분흡수를 증가시킨다. 특히 Bis-GMA, UDMA 및 TEGDMA 단량체에 존재하

는 에스테르기는 낮은 pH를 가진 환경에서 물질 내 수분 흡수 속도를 가속화하여 기질 내 분해를 촉진시키고 단량체들을 타액이나 다른 용매로 유출시킨다(Geurtsen, 1998; Jeon 등, 2004). Borges 등(2011)은 pH 사이클링 후 일부 레진 기반 수복재료의 더 높은 분해를 보여 주었고 이것이 산성 환경에서의 낮은 pH로 인한 것이라고 보고하였다. 또한, 산성 음료 (pH 7.0, 3.9 및 3.1)에 담긴 일부 수복재료의 거동을 분석한 Rahim 등(2012)은 저pH 음료에 담그면 용해도가 더 높다는 것을 발견하였고(pH=3.1) 낮은 pH는 미반응 단량체 및 무기 충전제의 방출을 촉진시키는 데 영향을 미친다고 하였다.

본 실험에서도 각 실험용액에 침지시킨 후 용출되어 나온 레진 단량체들을 증류수를 제외한 모든 용액에서 확인할 수 있었다. Bis-GMA보다 분자량이 작고 친수성인 TEGDMA와 UDMA는 빠른 시간 내에 비교적 많은 양이 유출되었고 pH가 가장 낮은 코카콜라뿐만 아니라 탄산수들에서도 시간이 경과됨에 따라 유출량이 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 음료의 낮은 산도가 레진의 기질을 연화시켜 수분 흡수를 유도함으로써 레진 내에 있는 단량체들의 유출에 어느 정도 영향을 미쳤음을 시사한다. 반면에 중합 전 시료에 상당 부분의 Bis-GMA가 포함되어 있었으나 모든 침지 용액에서 유출성분으로 확인되지 않았다. 이는 Bis-GMA가 분자량이 크고 친수성이 높지 않으며 비교적 견고한 결합을 형성하고 있어 다른 단량체보다 유출량이 극히 적은 것으로 사료된다.

본 연구를 통해 레진계 치면열구전색재가 낮은 산도의 수분환경에서 레진 단량체들의 지속적인 용출과 표면 거칠기의 증가가 일어남을 확인할 수 있었다. 이는 외부적 응력이 없이도 구강 내의 다양한 수용액이나 낮은 산도에 의해 화학적인 분해와 물리적 저하가 진행될 수 있음을 의미하고 음료에 따라 차이는 있으나 산도 변화에 의해 그 차이는 클 것으로 예상된다.

이상의 결과로 pH가 낮을수록 치아수복재료의 표면 분해와 거칠기 변화에 더 큰 영향을 미치는 것으로 보이며 탄산수를 빈번하게 음용하는 것은 치아수복재료에 위험을 초래할 수 있으므로 탄산수 섭취 시 이를 고려해야 할 것으로 생각된다. 하지만 이번 연구에서는 다양한 구강환경을 재현해내지 못했고 단량체의 용출량의 비교만으로는 레진 수복재료의 화학적 분해와 약화된 정도를 판단하는 데에는 한계가 있다.

따라서 다양하게 구강 내 환경을 재현하고, 장기간 수분환경에 노출되었을 때 단량체의 유출량뿐만 아니라 기계적 분해와 유기물들이 미치는 생물학적 영향에 대한 더 많은 연구가 필요하다.

결론

본 실험에서 국내 시판 중인 탄산수의 레진계 치면열구전색재에 대한 화학적인 분해와 표면양상에 미치는 변화에 대해 확인한 결과, pH가 낮은 탄산수는 치아수복재료의 표면 분해와 거칠기 변화에 더 큰 영향을 미치는 것으로 보이며 물 대용으로서 탄산수를 지속적으로 음용하는 것은 차이뿐만 아니라 치아수복재료의 침식과 분해에도 위험을 초래할 수 있으므로 소비자들의 인식에 변화가 필요할 것으로 생각된다.

참고문헌

- Bagheri R, Mese A, Burrow MF, Tyas MJ (2010). Comparison of the effect of storage media on shear punch strength of resin luting cements. *J Dent* 38: 820-827.
- Bajwa NK, Pathak A (2014). Change in Surface Roughness of Esthetic Restorative Materials after Exposure to Different Immersion Regimes in a Cola Drink. *ISRN Dentistry* 2014
- Borges MA, Matos IC, Mendes LC, Gomes AS, Miranda MS (2011). Degradation of polymeric restorative materials subjected to a high caries challenge. *Dent Mater* 27: 244-252.
- Brown CJ, Smith G, Shaw L, Parry J, Smith AJ (2007). The erosive potential of flavoured sparkling water drinks. *Int J Paediatr Dent* 17(2):86-91.
- Erdemir U, Yildiz E, Eren MM, Ozel S (2013). Surface hardness evaluation of different composite resin materials: influence of sports and energy drinks

- immersion after a short-term period. *J Appl Oral Sci* 21(2):124-131.
- Geurtsen W (1998). Substances released from dental resin composites and glass ionomer cements. *Eur J Oral Sci* 106:687-95.
- Han L, Okamoto A, Fukushima M, Okiji T (2008). Evaluation of flowable resin composite surfaces eroded by acidic and alcoholic drinks. *Dent Mater J* 27(3): 455-465.
- Ilday N, Bayindir YZ, Erdem V (2010). Effect of three different acidic beverages on surface characteristics of composite resin restorative materials. *Mater Res Innovations* 14(5):385-391.
- Jeon CM, Yoo HM, Kwon HC (2004). Effect of pH and Storage time on the Elution of Residual monomers from Polymerized Composite Resins. *Restor Dent Endod* 29(3):249-266.
- Kantovitz KR, Pascon FM, Correr GM, Alonso RCB, Rodrigues LKA, Alves MC, Puppim-Rontani RM (2009). Influence of environmental conditions on properties of ionomeric and resin sealant materials. *J Appl Oral Sci* 17(4).
- Kwon TY (2015). Influence of storage media on degradation of dental composite resins. *Kor J Dent Mater* 42(4): 375-383.
- Parry J, Shaw L, Arnaud MJ, Smith AJ (2001). Investigation of mineral waters and soft drinks in relation to dental erosion. *J Oral Rehabil* 28(8):766-772.
- Rahim TN, Mohamad D, Md Akil H, Ab Rahman I (2012). Water sorption characteristics of restorative dental composites immersed in acidic drinks. *Dent Mater* 28:e63-70.
- Parry J, Shaw L, Arnaud MJ, Smith AJ (2001). Investigation of mineral waters and soft drinks in relation to dental erosion. *J Oral Rehabil* 28(8):766-772.
- Silva EM, Noronha-Filho JD, Amaral CM, Poskus LT, Guimarães JG (2013). Long-term degradation of resin-based cements in substances present in the oral environment: influence of activation mode. *J Appl Oral Sci* 21(3):271-277.
- Valentini F, Oliveiral SGD, Guimarães I GZ, Sousa Barbosai RP, Moraes I RR (2011). Effect of Surface Sealant on the Color Stability of Composite Resin Restorations. *Braz Dent J* 22(5).
- Valinoti AC, Neves BG, da Silva EM, Maia LC (2008). Surface degradation of composite resins by acidic medicines and pH-cycling. *J Appl Oral Sci* 16(4):257-265.
- Veiga NJ, Ferreira PC, Correia IJ, Pereira CM (2014). Fissure Sealants: A Review of their Importance in Preventive Dentistry. *Oral Health Dent* 13(4):2014.
- Yanikoğlu N, Duymuş ZY, Yılmaz B (2009). Effects of different solutions on the surface hardness of composite resin materials. *Dent Mater J* 28:344-351.
- Zanatta EF, Carvalho AC, Martinelli J, Menezes FCH, Valentino TA, Lepri CP, Dumont MG, Dibb RGP, Menezes Oliveira MAH (2016) Effect of Thermal Cycling on Bond Strength of Pit and Fissures Sealants to Dental Enamel. *J Dent Oral Health* 2(1):026.

탄산수가 레진계 치면열구전색제의 화학적 열화에 미치는 영향

김현진¹, 신해은², 민희홍^{3*}

경북대학교 대학원 치의과학과¹,
경북대학교 치의학전문대학원 예방치과학교실²,
대전보건대학교 치위생과^{3*}

치명적인 구강 환경 조건(즉, pH 변화 및 습도)은 시간이 지남에 따라 레진 복합재료의 분해를 증가시켜 재료의 내구성에 영향을 줄 수 있다. 이 연구의 목적은 국내에서 시판중인 탄산수가 레진 기반의 치면열구전색제의 물리, 화학적 분해에 미치는 영향을 조사하는 것이다. 본 연구에서는 임상에서 주로 사용되는 레진을 기반으로 하는 치면열구전색제 (Charmseal)를 사용하였다. 제조사의 지시에 따라 디스크 모양의 시편(직경 8 mm, 두께 1 mm)을 제작하였고 레진 시편의 초기 표면거칠기(Ra) 값을 측정 하였다. 그런 다음 시편을 각 실험 용액(증류수, 트레비, 페리에, 초정 및 코카콜라) 5 mL에 침지시켜 37°C에서 보관하였고, 72간 후 시편의 표면 거칠기 변화를 측정하였다. 레진 시편의 표면 형태의 변화는 주사전자현미경(SEM)으로 확인하였고 시편에서 용출되어 나온 잔류 단량체의 종류와 용출량은 고속액체크로마토그래피(HPLC)로 비교 분석하였다. 통계 분석은 Kruskal-Wallis와 Duncan test에 의해 수행되었다. 본 연구에서는 탄산수에 침지 후 시간 경과에 따라 레진 시편의 표면 거칠기가 증가 하였고($p < 0.05$), 레진 표면의 균열과 기질의 탈락이 일어나는 것을 확인하였다. 그리고 증류수를 제외한 모든 실험 음료에서 시간 경과에 따른 레진 단량체의 방출을 확인하였고 pH가 낮을수록 그 정도가 증가하였다. 이상의 결과로 pH가 낮은 탄산수는 치아수복재료의 기질을 연화시켜 표면 분해와 거칠기 변화에 더 큰 영향을 미치는 것으로 생각된다.

색인 단어 : 탄산수, 열화, 치과용 레진계 치면열구전색제