

수종 인공타액의 초기인공우식 법랑질 재광화 효과에 대한 비교연구

정성숙^{1,2}, 정기호³전남대학교 치의학전문대학원 ¹예방치과학교실, ²치의학연구소, ³연세대학교 치과대학 예방치과학교실

Comparative remineralization effects of human and artificial saliva compositions on incipient dental caries

Seong-Soog Jeong^{1,2}, Ki-Ho Chung³¹Department of Preventive & Public Health Dentistry, Chonnam National University School of Dentistry,²Dental Science Research Institute, Chonnam National University School of Dentistry, Gwangju,³Department of Preventive Dentistry and Public Oral Health, Yonsei University College of Dentistry, Seoul, Korea

Received: February 19, 2017

Revised: March 21, 2017

Accepted: March 22, 2017

Corresponding Author: Ki-Ho ChungDepartment of Preventive Dentistry and
Public Oral Health, Yonsei University
College of Dentistry, 50 Yonsei-ro,
Seodaemun-gu, Seoul 03722, Korea
Tel: +82-2-2228-3070
Fax: +82-2-392-2926
E-mail: yspd8050@naver.com

Objectives: The purpose of this study was to compare enamel remineralization effects of human whole saliva and currently available artificial saliva compositions, using teeth exposed to chemical pH cycling conditions, and to obtain data that can inform future design and manufacturing of additional artificial saliva compositions.

Methods: Seventy-two specimens of bovine tooth enamel were embedded in resin, then polished and exposed to a lactate/carbopol buffer system for 48-52 hours. Specimens were allocated into six experimental groups (n=12 specimens per group) by randomized blocks, such that each group contained an equivalent proportion of specimens at each Vickers hardness number (VHN) stratum: deionized water as a negative control, human whole saliva and artificial saliva compositions A, B, C and D. Surface hardness was measured before and after 15 days of chemical pH cycling. Surface microhardness was measured (Fm-7, Future-tech Corp, Japan) before and after treatment with test saliva compositions. One-way ANOVA, with *post hoc* Tukey test, was used to evaluate statistical differences with a significance threshold of $P < 0.05$.

Results: The intragroup changes in microhardness (Δ VHN) for treatment with each saliva composition were (in ascending order of Δ VHN): -0.39 ± 16.08 (deionized water control), 7.32 ± 11.52 (artificial saliva B), 39.18 ± 11.94 (artificial saliva C), 3.83 ± 13.81 (artificial saliva D), 62.44 ± 29.23 (artificial saliva A) and 102.90 ± 25.89 (human whole saliva). Enamel treated with human saliva, or with artificial saliva compositions A, C, or D, demonstrated comparatively greater microhardness than enamel treated with deionized water or artificial saliva B. There was no difference in surface hardness between enamel treated with artificial saliva B and enamel treated with deionized water.

Conclusions: Our study suggests that human saliva and artificial saliva compositions A, C, and D are effective remineralization solutions for use in pH cycling.

Key Words: Artificial saliva, Dental caries, Remineralization

서 론

구강내에서 법랑질 표면은 탈회와 재광화가 연속적으로 반복된다. 타액은 법랑질 초기 우식병소의 재광화를 촉진시키며, 또한 치면 세균막에서 형성된 산에 의한 탈회를 억제하는 작용을 하며, 편안하게 이야기하고 음식을 삼키도록 해주는 윤활제로서의 작용, 또한 음식물 잔사를 씻어주는 자정작용, 구강내에 느슨하게 붙어 있는 미생물을 씻어내고 세균의 발육을 지지하는 항균작용, 향미 생물작용, 그리고 산성에 가까워진 환경을 중성으로 회복시켜주는 완충작용, 타액내 함유된 칼슘 인 그리고 단백질에 의해 펠리클을 형성하여 치아를 보호하는 등 여러 기전으로 설명되고 있다¹⁻⁵⁾.

특히 타액의 우식에 대한 방어기전은 다발성 우식이 있는 환자에게 주로 타액의 기능저하가 있음을 통해 이미 알려져 있다²⁾. 타액은 우식으로부터 치아를 보호하는 여러 요소를 포함한다. 항세균성 요소, 항체, 치태에 의한 기본 화합물을 합성하는 urea, arginine peptide, nitrogenous substance 같은 유기화합물과 탄수화물 및 치태내 산을 희석하고 씻어내는 작용을 하는 수분, 치태 내 산도를 조절하는 완충작용이 있는 중탄산염에 의해 타액의 포화도를 유지하는 칼슘과 인 이온 등의 무기화합물을 포함함으로써 치아 광물질은 그 형태를 유지한다^{3,4)}.

Head⁶⁾에 의해 산부식된 법랑질의 재광화 현상이 최초로 보고되었는데 타액내에 담가둔 치아가 더 단단해졌으며 이는 타액내의 성분인 중탄산염 때문이라고 하였다. ten Cate와 Arends⁷⁾는 타액같은 재광화용액이 산부식된 법랑질과 법랑질 병소에 광물질을 침착시켜 만들어진 재광화 조직에서는 결정(crystallite)의 방향이 건전 법랑질과 달랐으며 방향도 일정하지 않았고 광물질의 밀도도 건전 법랑질과 달라서 정지된 병소(arrested lesion)에서는 세공이 존재함을 보고하면서 구강내에 자연적인 재광화 과정이 존재하며 그 기전을 이해하면 효과적인 치아우식에 관한 예방이 가능하다고 하였다. 또한 Koulourides와 Housch⁸⁾은 타액과 비슷한 조성을 가진 재광화 용액과 접촉한 법랑질이 본래 경도를 되찾고 Koulourides 등⁹⁾은 재광화용액에 불소첨가시 광물질 침착속도가 증가함을 보고하였다.

법랑질 탈회를 재광화하는 방법으로 pH, 포화도, 불소농도, 무기산 농도, 칼슘이나 인의 농도 등을 이용한 여러 방법¹⁻⁸⁾이 있으며 구강 내와 유사한 조건을 만들기 위해서는 타액을 필요로 하게 된다. 그러나 사람의 타액은 많은 양을 구하기가 쉽지 않으며 사람타액의 경우 채취시마다 성분의 불안정성과 불규칙성 등으로 인하여 실험의 정확한 재연과 반복이 불가능하다. 이런 이유로 사람의 타액성분과 유사하면서 실험에서 재연과 반복이 가능한 인공타액을 실험에 이용하여야 할 필요가 있다.

인공타액을 이용한 연구로는 1931년 Souder와 Sweeney¹⁰⁾는 아말감의 수은독성연구에 인공타액을 최초로 사용하였고 1947년에 Muhler와 Swenson¹¹⁾은 11명의 수집된 사람타액을 분석 후 이에 근거하여 새로운 조성의 인공타액 사용을 제시하였다. 1958년 Swartz 등¹²⁾에 의하여 구강조건을 모방한 인공타액연구가 이루어졌으며 이후 Fusayama 등¹³⁾에 의하여 치과재료의 전기화학, 생물

학적 검사에 폭넓게 응용되었다. Matzker와 Schreiber¹⁴⁾는 타액분비감소증의 치료와 구강건조증 치료를 위하여 소 침샘의 추출물을 사용한 새로운 조성의 인공타액 사용을 제안하였다.

ten Cate와 Duijster¹⁵⁾는 법랑질의 우식예방효과 연구는 탈회와 재광화가 연속적으로 반복되는 구강내의 환경과 유사한 조건에서 측정할 필요성이 있음을 제안하였으며 Stookey와 Stahlman¹⁶⁾은 법랑질의 불소 침착과 치아우식과정 연구에 새로운 조성의 인공타액을 적용하였고 Leung과 Darvell¹⁷⁾은 지금까지 *in vitro* 연구에 활용된 인공타액 27종을 문헌에 근거하여 Ca의 유무에 따른 pH 변화를 고찰하였으며 특히 Featherstone 등¹⁸⁾과 ten Cate 등¹⁹⁾은 초기우식법랑질을 구강내 환경과 유사한 pH 순환과정을 사용하여 하였다.

본 연구의 목적은 기존에 구강내 상태 재연을 위해 여러 실험에서 사용되었던 수증의 인공타액들을 pH 순환과정을 사용하여 재광화 효과를 비교분석함으로써 실험시 인공타액의 제조와 선택에 대한 유용한 자료를 얻고자 하였다.

연구대상 및 방법

1. 실험용액

국내외의 논문에 기 보고된 인공타액 4종 A²⁰⁾, B²¹⁾, C²²⁾, D²³⁾와 음성대조군으로 증류수, 양성대조군으로 사람타액을 실험용액으로 준비하였다(Table 1).

2. 연구방법

2.1. 시편 제작 및 초기인공우식병소 형성

치아우식증이 없고, 표면이 매끈한 건전한 법랑질 표면을 가진 소의 하악전치로부터 직경 3 mm의 원통형 법랑질 시편을 취한 후 직경 7 mm 높이 5 cm의 아크릴 봉에 자가중합형 레진으로 시편의 법랑질 표면을 제외한 모든 면을 포매하였다. 포매된 시편의 표면에 대해 직각으로 법랑질 표면이 평면이 되게 60, 240, 600번 연마지(Carbinet, Buehler, Illinois, USA)와 감마산화알루미나(γ alumina oxide)를 사용하여 법랑질 표면을 연마하였다.

50% 과포화된수산화인산칼슘(calcium phosphate tribasic; Sigma, MO, USA)과 0.1 mol 젖산(lactic acid; Sigma, USA)과 0.2% Carbopol C907 (# 907, BF Goodrich, USA)을 함유한 pH 5.0 용액에 시편을 48-52시간 처리하여 인공우식병소를 형성하였다. 우식이 형성된 시편을 표면경도계(Fm-7, Future-tech Corp, Japan)를 이용하여 200 g의 하중으로 10초간 압입하여 법랑질 표면의 상, 하, 좌, 우측의 4 부위에서 Vickers hardness number (VHN)를 측정하였다. VHN 25-45 범위의 시편을 각 군당 12개씩 준비하였다.

2.2. 시편의 순환처리

시편의 순환처리는 탈회와 재광화가 연속적으로 반복되는 구강 내의 상태를 재연하기 위해 White²⁴⁾와 Hong 등²⁰⁾의 방법을 응

Table 1. Composition of test treatment solution

Code	Test Group	Composition
1	Negative Control (Deionized water)	Deionized water at pH of 6.0
2	Positive Control (Human whole saliva)	Centrifuge; rpm 8,000, temp 4°C, time 30 min, at pH of 7.8
3	Artificial Saliva A	CaCl ₂ · 2H ₂ O (0.0213%), gastric mucin (0.22%), NaCl (0.038%), KH ₂ PO ₄ (0.0738%), KCl (0.1114%) at pH of 7.0
4	Artificial Saliva B	CaCl ₂ (15 mg), Na-CMC (1 g), MgCl ₂ (5 mg), KCl (120 mg), NaCl (84 mg), K ₂ HPO ₄ (34 mg), d-sorbitol (3 g) at pH of 7.7, in 100 ml DW
5	Artificial Saliva C	NaH ₂ PO ₄ (0.033%), KCl (0.077%), CaCl ₂ · 2H ₂ O (0.03%), MgCl ₂ (0.007%), NaHCO ₃ (0.0105%), sucrose (25 ml) at pH of 6.5
6	Artificial Saliva D	1.5 mmol/L CaCl ₂ , 1.0 mmol/L KH ₂ PO ₄ , 50 mmol/L NaCl at pH of 7.0

용하여 1일 3분 동안 3회 재광화용액에 처리하였으며 또한 1일 4시간 구강내의 탈회과정의 재연을 위해 인공우식병소 형성에 사용된 용액을 탈회용액으로 사용하였고 이 외의 시간동안은 실험용액에 침지하였다. 이러한 순환일정을 15일간 수행하였다. 실험에 사용된 실험용액은 실험실에서 직접 제조하여 사용하였으며 24시간 간격으로 교체하였다(Table 2).

2.3. 순환과정 처리후 시편의 표면경도 측정

pH순환 처리 전 표면경도를 측정하였던 4부위와 인접한 곳에서 VHN 측정부의 인접 부위에서 재차 VHN을 측정하여 전후의 VHN 차이를 실험용액의 재광화 효과로 산정하였다.

2.4. 자료분석

인공타액에 의한 법랑질 표면경도 차이를 비교하기 위해, 각 군의 평균과 표준편차를 계산하고 각 군간의 차이를 일원분산분석을 이용하여 검정하였다. 군간의 유의성은 유의수준 5%에서 Tukey의 다중비교법으로 사후 검정하였다. 통계분석은 SPSS (Statistics Packages for Social Science 12.0 SPSS Inc., Chicago, IL, USA)통계프로그램을 사용하였다.

연구 성적

pH 순환처리전의 법랑질 표면 경도는 6개 실험군 각각 34.21 ± 5.66-34.17 ± 5.59 VHN으로 각 군 간의 유의한 차이는 없었으며, 15일처리 후의 표면경도 변화량은 높은 순서부터 사람타액군, 인공타액 A군, 인공타액 D군, 인공타액 C군, 인공타액 B군, 그리고 증류수군 순서로 나타났다.

표면경도변화량(delta VHN)은 음성대조군인 증류수군은 다른 군에 비해 유의하게 낮게 나타났다($P < 0.05$). 양성대조군인 사람타액군은 102.90 ± 25.89 delta VHN로 나타나 가장 큰 표면 증가량을 나타냈다($P < 0.05$). 인공타액 4군중 인공타액 A군의 표면경도변화가 인공타액 B와 C군에 비해 유의하게 높게 나타났다($P < 0.05$). 인공타액 B군은 증류수군에 비해 높으나 다른 군에 비

Table 2. The treatment schedule to be used for pH cycling (15 days)

Time	Treatment
9:00-9:03	Remineralizing solution (0.22% NaF solution)
9:03-11:00	Test solution (Human saliva and artificial saliva)
11:00-11:03	Remineralizing solution (0.22% NaF solution)
11:03-13:00	Test solution (Human saliva and artificial saliva)
13:00-17:00	Demineralizing solution (0.1 M lactic acid, 0.2% Carbopol solution)
17:00-17:03	Remineralizing solution (0.22% NaF solution)
17:03-9:00	Test solution (Human saliva and artificial saliva)

해 유의하게 낮음($P < 0.05$)을 보였으며 인공타액 A군과 D군간에 유의한 차이가 없었고 또한 인공타액 D군과 C군간에 유의한 차이가 없었다($P > 0.05$) (Table 3).

고 안

인공타액은 구강내 상황과 유사한 환경을 재연하기 위해 여러 연구^{7,11-15})에 사용되고 있으며 이러한 인공타액에 포함된 성분들에 의하여 나타나는 연구결과 역시 다양함을 알 수 있다. 따라서 인공타액의 성분조성에 따른 재광화에 미치는 여러 요인들에 대한 지속적 연구가 필요하다고 생각된다. 저자는 인공타액의 조성구성과 타액의 성분비율에 따라 초기우식병소의 재광화에 미치는 효과를 비교하였다.

본 연구 결과에서 나타난 바와 같이 실험군들 가운데 사람타액군이 가장 재광화 효과가 큰 것으로 나타났으며, 사람타액군 다음으로 인공타액 A군이 우수한 재광화효과를 나타냈다. 인공타액 B를 제외한 인공타액군 A, C, D군의 표면경도가 사람타액군의 표면경도보다는 유의하게 낮았지만 인공타액 자체로서도 재광화 효과를 나타냈다고 볼 수 있다.

타액이 재광화 효과를 나타내는 이유에 대하여 구강환경과 법랑질 자체내에서 기인한 불소나 인과 같은 성분이 우식병소의 진행동안 법랑질로 확산됨으로 보호표면층을 형성하여 탈회를 억제시킨다는 Christoffersen과 Arends의 보고²⁵⁾는 타액 성분에 함유

Table 3. Change of surface hardness and comparison between test solution

(unit: VHN)

Test Group	Pre treatment	Post treatment*	Difference*
Deionized water	34.21 ± 5.66	33.82 ± 12.17 ^a	-0.39 ± 16.08 ^a
Whole saliva	34.24 ± 5.78	137.14 ± 24.26 ^d	102.90 ± 25.89 ^d
Artificial saliva A	34.17 ± 5.68	96.61 ± 27.92 ^c	62.44 ± 29.23 ^c
Artificial saliva B	34.15 ± 5.72	41.47 ± 9.00 ^a	7.32 ± 11.52 ^a
Artificial saliva C	34.18 ± 5.69	73.36 ± 10.72 ^b	39.18 ± 11.94 ^b
Artificial saliva D	34.17 ± 5.59	88.00 ± 20.84 ^{b,c}	53.83 ± 13.81 ^{b,c}

Values are mean ± standard deviation.

* $P < 0.05$, by one way ANOVA.^{a, b, c, d}Values with same superscript letter are not statistically significant by Tukey's multiple range test at $\alpha = 0.05$.

된 무기성분들이 초기우식법랑질에 침착되면서 표면 경도를 증가시켜 증류수로 처리한 대조군과 비교하여 우수한 재광화 효과를 나타낸 본 연구와 상응한 결과라 해석할 수 있다.

Bakalatz²⁶⁾은 타액에서 유래된 당단백질(glycoprotein)에 의해 1 μm 미만의 무세포성 막인 획득 피막(acquired pellicle)이 치아표면에 형성됨으로 우식병소에 저항을 나타낸다고 하였으며 Edgar 등⁵⁾은 사람타액을 사용한 연구결과 치아표면에 부착된 musin pellicle의 존재는 산(acid)으로부터 치아를 보호한다고 하였다. 이는 재광화 효과가 타액에 의해 증대됨을 시사하며 타액내의 완충효과와 타액내의 단백질에 의한 법랑질의 보호작용이 복합되어 나타난 결과로 생각된다. 또한 인공타액 A군의 경우 소에서 추출한 gastric mucin이 0.22% 함유됨으로 인해 사람타액군 다음으로 우수한 재광화 효과를 나타낸 것으로 생각되어 타액내의 mucin의 역할을 뒷받침한 연구결과라 해석하였다.

본 연구에 사용된 인공타액 A군, B군, C군, D군에 Ca, Na, K, Cl, P 등이 공통적으로 들어있는 무기성분이었으며 다른 성분으로는 인공타액 A군의 경우 소에서 추출한 gastric mucin이 0.22%가 추가 조성됨으로 인해 사람타액군 다음으로 재광화 효과가 나타났을 것으로 생각되었으나 이번 연구결과를 가지고 직접 비교되는 연구가 없으므로 인공타액 A군의 gastric mucin을 제외한 처방으로 다른 군들과의 추가적인 재광화 연구가 이루어져야 할 것이다.

또한 병원에서는 많은 구강건조증 환자들을 위해 인공타액을 사용하고 있는데 쇼그렌 증후군(Sjögren syndrome), 정신성 또는 특발성 원인의 건조, 당뇨병, 구강캔디다증, 과도한 알콜섭취, 방사선 치료 등의 타액분비 억제 약물복용과 화학요법에 의해 발생하는 구강건조증은 타액의 완충능력을 감소시켜 우식유발 미생물의 급격한 증가를 초래함으로 인하여 구강건조 환경내에서 우식활성이 급속히 가속화된다²⁷⁾. 이러한 건조한 구강을 완화시킬 수 있음으로 인하여, 실제 임상에서 사용되고 있는 인공타액이 우식 재광화에 효과가 있는지의 여부도 조사하고자, 시중에 판매되고 있는 국내의 제약회사 제품과 같은 조성의 B군을 실험군에 포함하였다. 연구결과를 살펴보면 인공타액 B군은 실험 전 후의 표면경도 변화량이 7.32 ± 11.52 VHN으로 증류수군과 유의차가 없는 재광화 효과를 보였다.

인공타액 B군은 다른 실험군들과 다른 성분으로는 1% carboxymethyl cellulose sodium salt (Na-CMC)와 d-sorbitol 3%

가 처방되었다. Na-CMC는 인체에 무해, 무독하며 증점, 촉감, 보향, 보습, 안정, 분산 등의 특징을 갖고 있으며 부유상태를 유지시켜주는 역할로 사용되고 있다. 또한 d-sorbitol은 감미제와 방부제 역할로 사용되고 있다. 이들 성분만으로는 재광화에 영향을 주는 성분으로 볼 수 없으나 칼슘이나, 나트륨, 인 성분들과의 반응이나 결합작용으로 인하여 재광화의 효과가 억제될 수 있음도 배제할 수 없는 요인이다. 증류수군과 유의차가 없는 결과를 나타냄으로써 인공타액 B의 경우는 재광화를 위한 용도로는 부적절할 것으로 생각되었으나 다른 목적연구를 위해 구강내의 재연을 위한 용도로는 사용이 가능할 것으로 생각되며 추후 시판완제품을 이용한 재광화 실험이 보완되어야 할 것으로 생각되었다.

인공타액 C의 성분으로는 Ca/P의 비율이 동량으로 함유되어 있다. 인공타액 A군, B군, D군은 Ca/P의 비율이 각각 1/3.46, 1/2.27, 1/0.62로 함유되어 있다. NaHCO_3 와 자당이 함유된 것도 비교하는 인공타액의 3개군과 다른 성분이다. 또한 인공타액 A군, B군, D군이 potassium phosphate를 함유하고 있으나 sodium phosphate를 함유하는 것도 다른 점이다. 이러한 차이에도 불구하고 인공타액 D군과 유의성 없는 표면경도변화량을 보임으로 인하여 재광화용액으로의 사용이 가능하다고 할 것이다.

인공타액 D군은 조성성분이 가장 단순하게 3종이 배합되었는데 Ca/P의 배합비율이 1/0.62로 다른 군들의 Ca/P의 비율에서 인의 P성분이 더 많거나 동일한 것에 비하여 반대로 인 성분이 더 적은 양으로 조성되었다. 그러나 표면경도변화는 gastric mucin을 포함한 인공타액 A군과 유사하게 높은 재광화 효과를 보였다.

구강의 타액선의 종류에 따라 분비되는 Ca/P의 조성이 차이가 난다. 타액내의 혈장과 소타액선에서는 Ca/P의 비율이 2.5/1.0, 2.1/0.4로 칼슘의 농도가 더 높았으며, 이하선과 악하선에서는 각각 0.9/3.5, 2.0/2.9의 비율을 보여 인의 농도가 더 높은 것으로 보고되어 있다²⁷⁾. 그러나 건전치아의 법랑질과 상아질의 Ca/P²⁸⁾의 건조중량비율(%)은 36/17.5, 27/13으로 칼슘대비 인이 2:1로 타액과 법랑질은 다른 양상을 보이고 있다. 탈회과정은 법랑질의 광물질과 접촉한 용액의 화학적 반응의 결과라고 Margolis 등²⁹⁾은 보고하였는데 치아가 담긴 용액이 불포화일때 치아에서 무기질이 빠져나가서 탈회가 일어나게 되고 빠져나간 용액의 칼슘, 인, 이온이 dicalcium phosphate dihydrate (DCPD)의 형태로 침착이 일어나 표면하층을 형성한다고 하였다. 인공타액 D군은 타액의 포화

도를 유지하는 칼슘, 인 그리고 나트륨의 적절한 성분조성에 의하여 나타나는 재광화의 효과로 볼 수 있다. 이런 단순 조성은 다른 성분들의 배합으로 인하여 야기될 수 있는 역제요인을 최소화함으로써 재광화를 위해 인공타액을 사용하는 연구에 효과적이며 또한 비용면에서도 장점이라고 생각된다.

본 연구에서는 인공우식을 형성하기 위해 사람치아를 사용하지 않고 비교적 물리적 성분이 균일한 소의 영구절치를 이용하였으며 인위적인 인공우식을 이용함으로써 병소를 비교적 규격화하고 실험상 변이를 최소화 하고자 하였다.

현재 보고된 화학적 인공우식형성방법으로는 diphosphonate (MHDP)가 함유된 lactate buffer system을 이용하는 방법¹⁹⁾, gelatine system이나 불포화된 calcium phosphate fluoride acetate system이나²⁸⁾, polyphosphate나 phytate 같은 알려진 표면층 보호화합물을 이용하는 방법³⁰⁾, 알려진 화학조성과 hydroxyapatite에 대한 정의된 포화도를 가지는 buffer system³¹⁾ 등이 있다. Theuns 등³²⁾은 완충용액을 이용하여 인공우식병소를 형성할 때 포화도가 중요하며 탈회속도는 완충용액의 포화도 및 pH, 유기산의 비이온화된 형태의 농도에 따라 영향을 받는다고 하였다.

음성대조군으로 사용된 증류수는 3차 증류수로 증류수는 일반적으로 중성(pH 6.8-7.2)이라 생각되었는데 연구기간동안의 실제 값은 pH 5.8에서 pH 6.4를 기록하였다. 이러한 이유로 증류수 처리군은 처리전보다 미미하기는 하나 표면경도 변화량이 감소한 것으로 보이며 또한 증류수에 사용되는 수도물의 pH 변화가 있을 수 있음을 생각해 봐야 하여 증류수 기기와 필터의 상태에 따라 달라지는 pH를 감안하여 증류수를 사용하는 연구에 이를 고려할 필요가 있다고 생각되었다.

본 연구는 실험실 연구이므로 실제로 사람의 구강내 상황과 여러 부분에서 차이가 있을 수 있어 이에 대한 고려가 필요하다. 실제 구강내에는 타액이 지속적으로 새롭게 분비되나 본 연구에서는 당일 오후에 교체하여 사용한 인공타액을 다음날 오후까지 24시간 동안 사용하였고 구강내 온도가 37°C라는 것을 고려하여 산 처리 및 인공타액 처리시에도 배양기에서 37°C를 유지하였다. 또 지속적인 새로운 생성은 어려웠지만 지속적인 타액의 저류상태를 재연하기 위해 산 처리 4시간을 제외한 모든 시간에 인공타액에 침지하였다.

본 연구의 한계점으로는 고려할 수 있는 것은 연구분석에 표면경도 측정결과를 이용하였는데 법랑질의 재광화 효과와 시편내의 밀도변화, 병소의 깊이 변화 등을 다각적으로 평가하기에는 부족한 부분이 있어 추후 좀 더 다양한 평가방법을 추가적으로 사용할 필요가 있다. 표면경도를 측정하는 방법을 재광화 및 병소의 진행을 평가하는 데는 간단하고 유용하게 사용할 수 있으나 표면층에만 한정된 평가방법이므로 좀 더 깊은 우식이나 표면하층의 변화를 관찰하기 위해서는 다양한 평가방법을 함께 사용하는 것을 고려해야 한다.

그리고 앞으로의 연구에서는 순환과정을 통해 처리시 걸리는 시간에 따라 법랑질의 탈회가 어떠한 영향을 주는지, 구강내 상태를 재연하기 위해 인공타액을 이용한 다각도의 검증이 지속적으로

필요할 것으로 생각된다.

결론

본 연구는 기존에 구강내 상태 재연을 위해 여러 실험에서 사용되었던 수종의 인공타액들의 재광화 효과를 비교분석함으로써 실험시 인공타액 제조와 선택에 유용한 자료를 얻고자 우치(bovine teeth)에 인공우식병소를 형성한 후 인공타액 A, B, C, D 4종과 음성대조군으로 증류수군, 양성대조군으로 사람타액을 이용하여 산도회로(pH cycling)법으로 15일간 순환처리한 후 우치법랑질 표면의 경도변화를 Vickers hardness number로 측정하여 재광화 정도를 비교하였다. 연구결과는 다음과 같다.

1. 인공타액의 표면경도증가량은 A, C, D, B 순으로 나타났으며 인공타액 A, C, D군의 표면경도증가량은 음성대조군의 증류수 처리군보다 통계적으로 유의하게 높게 나타났다($P<0.05$).

2. 인공타액 B의 표면경도 증가량은 증류수 처리군인 대조군보다 높게 나타났으나 유의한 차이는 없었고($P>0.05$) 다른 실험군들에 비해 유의하게 낮게 나타났다($P<0.05$).

3. 양성대조군인 사람타액의 표면경도 증가량은 인공타액군보다 통계적으로 유의하게 높게 나타났다($P<0.05$).

이상의 결과에서 인공타액 A군, C군, D군은 사람타액의 경도 수준에는 도달하지 못하지만 재광화 목적으로 사용이 가능할 것으로 생각되었다. 사람타액이 가장 좋은 재광화 효과를 나타냈으나 사람의 타액을 구하기 어렵거나 구강내에 사용할 필요가 있는 경우 인공타액 A가 유용하게 사용될 수 있을 것으로 생각되었다.

References

1. Edgar WM, O'Mullane DM. Saliva and oral health. 2nd ed. London: British Dental Assoc; 1996:1-25.
2. Tenovuo, J. Salivary parameters of relevance for assessing caries activity in individuals and populations. Community Dent Oral Epidemiol 1997;25:82-86.
3. Heintze U, Birkhed D, Björn H. Secretion rate and buffer effect of resting and stimulated whole saliva as a function of age and sex. Swed Dent J. 1983;7:227-38.
4. Lagerof F, Oliveby A. Caries protective factors in saliva. Adv Dent Res 1994;8:229-238.
5. Edgar WM, Higham SM, Manning RH. Saliva stimulation and caries prevention. Adv Dent Res 1994;8:239-245.
6. Head JA. A study of saliva and its action on tooth enamel in reference to its hardening and softening. J Am Med Assoc 1912;19:333-385.
7. ten Cate JM, Arends J. Remineralization of artificial enamel lesion *in vitro* III. A study of the deposition mechanism. Caries Res 1980;14:351-358.
8. Koulourides T, Housch T. Hardness testing and microradiography of enamel in relation to intra-oral de- and remineralization; in Leach, Edgar, Demineralization and remineralization of the teeth. IRL Press, Oxford. 1983:255-272.
9. Koulourides T, Phantumvanit P, Munkgaard EC, Housch T. An intraoral model used for studies of fluoride incorporation in enamel. J Oral pathol 1974;3:185-195.

10. Souder W, Sweeney WT. Is mercury poisonous in dental amalgam restoration. *Dental Cosmos* 1931;73:1145-1152.
11. Muhler JC, Swenson HM. Preparation of synthetic saliva from direct analysis of human saliva. *J Dent Res* 1947;26:474.
12. Swartz ML, Phillips RW, Tannir MD. Tarnish of certain dental alloys. *J Dent Res* 1958;37:837-847.
13. Fusayama T, Katayori T, Nomoto S. Corrosion of gold and amalgam placed in contact with each other. *J Dent Res* 1963;42:1183-1197.
14. Matzker J, Schreiber J. Synthetic saliva for treatment of hypoplasia especially in radiation induced sialadenitis. *Quintessence Int* 1973;4:87-88.
15. ten Cate JM, Duijsters PP. Alternating demineralization and remineralization of artificial enamel lesions. *Caries Res* 1982;16:201-210.
16. Stookey GK, Stahlman DB. Enhanced fluoride uptake in enamel with a fluoride-impregnated prophylactic cup. *J Dent Res* 1976;55:333-341.
17. Leung VW, Darvell BW. Artificial salivas for *in vitro* studies of dental materials. *J Dent* 1997;25:475-484.
18. Featherstone JD, Shariati M, Brugler S, Fu J, White DJ. Effect of an anticalculus dentifrice on lesion progression under pH cycling conditions *in vitro*. *Caries Res* 1988;22:337-341.
19. ten Cate JM, Timmer K, Shariati M, Featherstone JDB. Effect of timing of fluoride treatment on enamel de- and remineralization *in vitro*: A pH cycling. *Caries Res* 1988;22:20-26.
20. Hong SJ, Park KC, Stookey GK. Effect of fluoride dentifrices on subsurface enamel caries. *J Korean Acad Oral Health* 1996;20:1-10.
21. KIMS Medicine Information Center. [internet]. [cited 2006. Feb. 02]. Available from: http://kimsonline.co.kr/drugsearch/result_form_print.asp?bi=2536&mpi=7192.
22. Oh KT, Choo SU, Kim KM, Kim KN. A stainless steel bracket for orthodontic application. *Eur J of Orthod* 2005;27:237-244.
23. Isabelle VE, Bart VV, Henrich W. Influence of a soft drink with low pH on enamel surface: An *in vitro* study. *Am J Orthop* 2005;128:372-377.
24. White DJ. Reactivity of fluoride dentifrices with artificial caries. II. Effects on subsurface lesions: F uptake, F distribution, surface hardening and remineralization. *Caries Res* 1988;22:27-36.
25. Christoffersen J, Arends J. Progress of artificial carious lesions in enamel. *Caries Res* 1982;16:433-439.
26. Bakaletz LO. Developing animal models for polymicrobial diseases. *Nat Rev Microbiol* 2004;2:552-568.
27. Edgar WM, O'Mullane DM. Saliva and oral health. 2nd Ed. *British Dental J London* 1996;27-41, 43-66.
28. Park KC. Prospective preventive dentistry. Seoul. Jungmunkag 1997:161-166.
29. Margolis HC, Moreno EC, Murphy BJ. Effects of low levels of fluoride in solution on enamel demineralization *in vitro*. *J Dent Res* 1986;65:23-29.
30. Featherstone JDB, Duncan JF, Cutress TW. A mechanism for dental caries based on chemical processes and diffusion phenomena during *in vitro* caries simulation on human tooth enamel. *Archs oral Biol* 1979;24:101-112.
31. Edgard C, Moreno EC, Zahradnik RT. Chemistry of enamel subsurface demineralization *in vitro*. *J Dent Res sup. 2* 1974;53:226-235.
32. Theuns HM, van Dijk JWE, Driessens FCM, Groeneveld A. Effect of time, degree of saturation, pH and acid, concentration of buffer solutions on the rate of *in vitro* demineralization of human enamel. *Archs oral Biol* 1985;30:37-42.