



Journal of Korean Society of Dental Hygiene

Original Article **칼슘 섭취 후 타액 내 칼슘 및 마그네슘 농도가 치아우식활성도에 미치는 영향**

박정은 · 황수연¹ · 김설악²

경희대학교 치과대학 예방/사회치과학교실 · ¹고려대학교 대학원 보건과학과 BK21+인간생명-사회환경 상호작용 융합사업단 · ²여주대학교 치위생과

The effect of calcium and magnesium concentration in saliva on dental caries activity after consuming calcium

Jung-Eun Park · Su-Yeon Hwang¹ · Seol-Ak Kim²

Department of Preventive and Social Dentistry, School of Dentistry, Kyung Hee University

¹BK21 PLUS Program in Embodiment: Health-Society Interaction, Department of Public Health Sciences, Graduate School, Korea University

²Department of Dental Hygiene, Yeosu Institute of Technology

Received: 21 February 2017

Revised: 10 April 2017

Accepted: 14 April 2017

Corresponding Author: Seol-Ak Kim, Department of Dental Hygiene, Yeosu Institute of Technology, Yeosu, Gyeonggi-do, Korea, Tel: +82-31-880-5381, Fax: +82-31-885-9110, E-mail: ksa5381@hanmail.net

ABSTRACT

Objectives: The purpose of the study was to investigate the effect of calcium concentration in saliva on dental caries activity after consuming calcium. **Methods:** A total of 59 adult women aged 20 to 40 years were surveyed for calcium intake. The daily average calcium intake was analyzed through dietary records of the subjects. The subjects were divided into two groups based on daily average calcium intake. Salivary pH and concentrations of minerals in the saliva were obtained from A group and B group. Calcium (Ca^{2+}) and magnesium (Mg^{2+}) concentrations in saliva were measured by HPLC-Ion chromatography using 15 mM sulfuric acid. The dental caries activity test was quantified by salivary buffer capacity test and plaque pH test. **Results:** The mean Ca^{2+} concentrations of A group was 12.75 $\mu\text{g}/\text{m}$, the mean Ca^{2+} concentrations in the B group was 16.30 $\mu\text{g}/\text{mL}$ ($p < 0.05$) and respectively, Mg^{2+} concentrations were found to be 0.48 $\mu\text{g}/\text{mL}$ and 0.51 $\mu\text{g}/\text{mL}$. Calcium intake and calcium concentration in saliva showed a significant correlation ($r = 0.380$). **Conclusions:** The mean Ca^{2+} concentrations in saliva was higher in the high calcium intake group. Therefore, calcium intake in saliva was correlated with dental caries.

Key Words: Calcium, Caries activity test, Dental caries, Magnesium, Saliva

색인: 마그네슘, 치아우식증, 치아우식활성검사, 칼슘, 타액

서론

치아우식증은 우리나라 국민의 10명 중 1명이 이환되어 있는 대표적인 만성 질환이다. 치아우식증의 발생 기전은 치아표면에 부착된 치면세균막 내 우식 유발성 세균의 대사과정에서 생성되는 유

기산이 치아 경조직의 칼슘과 인을 용해시킴으로써 생기는 현상이다. 치아우식은 전신 및 구강의 생물학적 요인에 따라 발병에 큰 영향을 미치며, 다양한 예방법이 소개되고 있다[1,2]. 일반적으로 치아우식을 예방하는 방법은 치면세균막 관리, 불소이용, 치면열구전색 및 식이조절 관리로 이루어지며 치아우식예방을 위한 식이조절은 당질 섭취를 제한하고, 치아의 구성성분을 보호하고 증진시키는 영양소를 적정수준으로 섭취하는 데 그 목적을 두고 있다[3,4].

그중 치아의 경조직과 관련된 칼슘은 치아와 치조골 등 석회화조직의 발달과 유지에 필수적인 영양소로서 전신적으로 섭취하면 대부분이 뼈, 치아와 같은 경조직의 구성성분으로 저장되고, 나머지 소량은 세포 소기관에 존재하여 호르몬 분비, 효소조절, 신경전도 및 혈액응고 등과 같은 인체의 대사 작용에서 중요한 역할을 담당한다[5]. 게다가 마그네슘은 체내에 약 20-30 mg 정도로 존재하며, 그중 50-60%는 골격과 치아를 구성한다. 치아의 조법랑아세포와 조상아모세포가 석회화될 때 필수 효소인 alkaline phosphatase의 조효소로 작용하며 법랑질을 강화시키고, 칼슘에 대한 안정성을 증대시키기 때문에[6-11] 칼슘과 마그네슘은 치조골의 흡수를 감소시키고 더불어 숙주의 치아우식 저항력에 영향을 줄 수 있을 것이다.

또한 선행연구로부터 미네랄 성분 중 칼슘과 마그네슘은 전신 및 구강조직에 중요한 성분인 것으로 보고되었다[12-14]. 칼슘과 마그네슘은 구강 내 경조직의 구성뿐만 아니라, 타액 분비에 의해서 치아에 끊임없이 접촉하게 된다. 접촉하는 해당 치면은 칼슘과 마그네슘의 이온효과로 인하여 법랑질의 용해를 감소시키고 재광화와 더불어, 치아우식 유발성 세균의 부착을 제한함으로써[15-19], 결과적으로 타액의 완충능력과 치면세균막의 수소이온농도까지 영향을 줄 수 있다. 또한 타액 내 칼슘은 임계 pH로 인해 치아의 광질 이탈이 가능하고, 식이섭취량에 영향을 받는다고 보고되었다[20]. 타액 성분 중 칼슘과 마그네슘 성분을 정량적으로 분석하는 방법은 주로 고성능액체크로마토그래피-이온 크로마토그래피(HPLC-Ion chromatography)법이 주로 활용되고 있으며[21,22], 그밖에 형광 검출법(fluorescence detection)[23] 등이 활용되고 있다. 치아우식활성정도의 평가를 위한 검사는 타액 완충능 및 치면세균막 수소이온농도 검사와 같은 비교적 간편한 kit를 사용하고, 비색적인 평가로 정량화가 가능하다[24,25].

근래의 예방치과 분야에서는 다양한 진단방법을 통해 치아우식활성정도를 평가하여 우식유발성을 평가하고 각 개인의 숙주환경을 고려한 예방법을 제시해줌으로써 개인 맞춤형 예방치과 처치를 진행하고 있다. 이러한 시점에서 다양한 식이습관과 타액의 성분까지 평가하는 과정이 필요할 것이다. 따라서 본 연구에서는 각 개인의 타액 내 칼슘과 마그네슘에 영향을 줄 수 있는 일일평균 칼슘섭취량과 타액 내 칼슘과 마그네슘을 정량적으로 분석하여 각 개인의 치아우식활성정도를 평가하여 칼슘과 마그네슘의 치아우식 예방에 대한 연관성을 확인하고자 하였다.

연구방법

1. 연구설계

본 연구에 대한 연구윤리심의는 D대학교 기관생명윤리위원회에서 승인받았다(IRB No. DKU

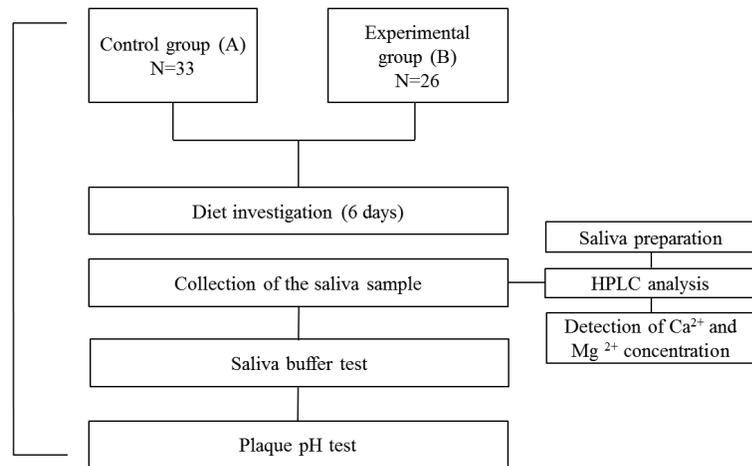


Fig. 1. Flow chart of study design

2016-10-012). 경기도 소재 대학의 만 18세 이상의 여성 중 전신 및 구강환경에 특이사항이 없는 대상자들을 선정하였다. 표본수는 G*Power 프로그램 3.1을 이용하여 계산하였다. 효과크기 0.3, 유의수준 0.05, 검정력 0.80에서 t-test에 필요한 표본수가 64명으로 산출하였다. 따라서 선정된 65명 중 중도탈락자 및 자료누락자를 제외하고 최종 연구대상자는 59명을 대상으로 실시하였다. 연구기간은 2016년 11월 13일부터 21일까지 약 일주일간 식이조사 및 분석, 타액시료의 채취와 치아우식활성 검사 등이 이루어졌으며, 연구대상자들은 실험 시 두 그룹으로 소집하여 실험을 실시하였다. 본 연구에 대한 설계 및 과정은 <Fig. 1>과 같다.

2. 식이조사 및 분석

연구대상자는 식이기록법에 의하여 2016년 11월 13일부터 11월 18일까지의 섭취식품을 기록하였다. 주중과 주말에 따른 섭취패턴 차이를 고려하여 주중 5일과 주말 1일을 포함한 총 6일간 기록하였다. 연구대상자는 직접 24시간 회상법으로 가정형 도량법을 이용하여 기록한 뒤, 연구자와의 상의 하에 식품군점수(Dietary diversity score, DDS)로 섭취량을 최종 적으로 평가하였다. 연구자는 일일 섭취 빈도를 계산할 때, 한국인의 기초 식품군(2군: 칼슘)의 기초식품표준등가표의 기준[26]에 의하여 분석하였으며, 칼슘섭취 1회에 해당하는 분량은 분유 25 g, 말린 멸치 30 g, 새우 30 g, 우유 180 cc로 산정을 기준으로 하였다. 또한 그 이외의 대치식품은 식품의 칼슘함유량에 따라 본 연구자와의 상의하에 결정하였다. 칼슘섭취에 따른 그룹화는 조사대상자의 연령(20세 이상 40세 이하)에 대한 기준으로 일일 평균 칼슘섭취량이 1회 미만인 경우 A그룹, 1회 이상인 경우를 B그룹으로 그룹화 하였다.

3. HPLC 분석

1) 시료 및 재료

실험에 사용된 표준물질은 무기 양이온 Calcium (Ca^{2+}) 및 Magnesium (Mg^{2+})을 Sigma Aldrich

(St. Louis, MO, USA)에서 analytical grade의 제품으로 순도 98% 이상의 HPLC grade로 구입하여 사용하였다. 칼슘과 마그네슘 분석에 사용된 이동상(H_2SO_4) 또한 Sigma Aldrich에서 구입하였다. 이동상 제조 및 샘플 희석에 사용된 탈이온수($\geq 18 M\Omega$)는 Millipore사(Bedford, MA, USA)의 MILLI-Q Water system을 이용하여 제조하였다. 실험에 사용된 용매는 Nylon membrane filter (47 mm I.D., 0.2 μm pore size)를 사용하여 여과하였다.

2) 시료 전처리

타액 시료를 수집하기 전 세치제 및 구강청결제의 구성성분에 따른 화학적 간섭을 피하기 위하여 실험 1시간 이전에 식음 및 칫솔질을 완료하도록 하였다. 타액 채취는 치아우식활성도 검사를 실시하기 직전인 오전 11시 경에 자극성 타액 500 μg 을 갈색 Eppendorf tube에 수집하였다. 모든 타액 시료는 갈색용기에 수집하여 $-20^\circ C$ 냉동 보관한 뒤, 분석 직전 해동 후 1,200 rpm으로 5분간 원심분리 및 상층액을 증류수에 20배 희석하여 시린지 필터(hydrophobic polytetrafluoroethylene (PTFE) membrane; pore size: 0.20 μm ; Advantec MFS, Inc., Tokyo, Japan) 처리를 하여 세균 및 효소를 제거하였다.

3) HPLC 분석조건

칼슘과 마그네슘을 분석하기 위한 장비로는 Dionex사의 ICS-1000 Ion chromatography System (Dionex, Sunnyvale, CA, USA)을 사용하였으며, Chromeleon 6.8 version의 software (Dionex, Sunnyvale, CA, USA)를 사용하였다. 분석에 사용된 컬럼(column)은 Dionex RFIC™ IonPac™ CS12A Analytical column (4 × 250 mm)을 사용하였고 Dionex RFIC™ IonPac™ CG12A guard column (4 × 50 mm)으로 보호하였다. 이동상은 15 mM sulfuric acid를 이용하여 용매가 해당 시간에 일정한 농도로 적용되는 등용매용리(isocratic elution)를 적용하였으며, 유속은 1.0 mL/min, 주입량 15 μl , 실온에서 분석하였다.

4) 표준곡선 검증 및 시료분석

외부 표준법을 이용하여 저장액(Stock solution)은 농도 1,000 $\mu g/mL$ 이 되도록 하였으며 칼슘과 마그네슘은 3차 증류수로 희석하여 전처리하였다. 표준물질은 6개의 칼리브레이션 포인트 농도를 설정하였다. 그 농도는 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 그리고 20 $\mu g/mL$ 로 하여 검량선 및 직선성(linearity)을 검사하였다. 검출한계(LOD: limits of detection)와 정량한계(LOQ: limits of quantification)는 HPLC chromatogram peak에서 signal to noise (S/N)의 3배 높이가 되는 피크의 농도를 검출한계로 하였으며, 검출한계의 5배의 농도를 정량한계로 결정하였다. 정확성을 평가하기 위한 회수율 실험은 spiked 검토를 통하여 간섭 피크가 없는 시료에 칼슘과 마그네슘을 첨가하여 분석하였으며, 각 농도 별 4일간 4회 반복적 측정을 하여 그 회수율을 검토하였다. 분석방법 개발 시 사용된 모든 표준물질은 매일 사용 시마다 제조하여 분석하였다.

4. 타액완충능 검사

연구대상자는 식이분석이 완료된 후 타액완충능 검사를 Saliva check buffer (GC America Inc., Alsip, IL, US)를 사용하여 검사하였으며, 제조사의 지시에 따라 시행하였다 <Fig. 2(a)>. 제품 부속품의 비가향 파라핀왁스를 저작한 후 30초간 분비된 타액을 뱉어내도록 하였으며, 그 후 5분간 분비된 타액을 채취하였다. 제품의 스트립 패드가 위를 향하게 배치한 후 전용 스포이드를 이용하여 타액을 패드 위에 떨어뜨렸다. 타액의 흡수가 용이하도록 90°로 세워둔 뒤, 2분 후 나타나는 결과를 비색표와 비색하여 평가하였다. 평가기준은 제조사에서 제시한 비색표를 기준으로 하고 최저 0점, 최고 12점으로 검사하였으며 높은 점수일수록 완충능이 높은 것을 의미한다.

5. 치면세균막 내 수소이온농도 분석

타액완충능 검사를 실시한 직 후 치면세균막 내 수소이온농도의 분석은 GC plaque check+pH kit (GC America Inc., Alsip, IL, US)을 이용하여 검사하였다 <Fig. 2(b)>. 검사 방법은 제조사의 지시에 따라 시행하였다. 연구대상자의 #16, 26, 36, 46 치아의 설면에 부착된 치면세균막을 전용 팁의 50% 이상이 되도록 채취한 뒤, pH 정도에 따라 색이 변화되는 plaque indicator solution A 용액을 1초간 치면세균막을 침적한 뒤, 공기 중에 5분간 반응시켜 비색표를 참고하여 pH 5.0부터 pH 7.2를 평가하였다.



Fig. 2. Dental caries activity test kit

6. 자료분석

그룹A, 그룹B에 대한 정규성 검정을 위해 Kolmogorov-Smirnov test 검정과 Shapiro wilks test 검정을 사용하였다. 분석한 결과 정규분포에 유의하지 않았으므로 평균 차이 분석을 위해 비모수 검정법인 Mann Whitney U test와 Pearson's correlation coefficient analysis를 실시하였다. 본 연구에서 실시한 모든 통계적 분석방법은 IBM SPSS Statistics for Windows, Version 23.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) 이용하였으며 유의성 검정은 0.05 수준을 고려하였다.

연구결과

1. HPLC 분석방법의 직선성과 회수율

각 성분에 대한 분석방법의 직선성과 회수율의 결과는 <Table 1>과 같다. 검량선의 직선성 (Linearity)을 측정한 결과 R^2 값 직선성은 0.9964 이상을 보였다. 칼슘과 마그네슘의 검출한계(limits of detection)는 0.45, 0.62 $\mu\text{g/mL}$ 이며, 정량한계(limits of quantification)는 1.37, 1.85 $\mu\text{g/mL}$ 로서 비교적 낮은 농도에서도 검출 및 정량이 가능하였다. 또한 칼슘과 마그네슘의 정밀도와 회수율의 평가를 위하여 intra-day 와 inter-day를 4일간 반복 측정하였다. 각 성분의 표준물질을 0.1, 0.25 및 0.5 $\mu\text{g/mL}$ 을 타액시료에 첨가하여 분석한 결과 평균 95.75-98.52%의 회수율을 보였다. 본 실험에서 적용된 HPLC 분석 chromatogram은 <Fig. 3>과 같다.

Table 1. Linear range, linear equation, correlation coefficient (r^2), LOD, and LOQ for calcium and magnesium

	Calcium	Magnesium
Linearity		
Range ($\mu\text{g/mL}$)	1-100	1-100
Linear equation*	$y = 182.69x + 0.831$	$y = 17.98x + 0.1221$
R^2	0.9964	0.9994
LOD ^a	0.45	0.62
LOQ ^b	1.37	1.85
Recovery (mean \pm SD)		
0.1 $\mu\text{g/mL}$ added	95.75 \pm 4.15	96.14 \pm 3.76
0.25 $\mu\text{g/mL}$ added	96.19 \pm 3.86	96.85 \pm 3.15
0.5 $\mu\text{g/mL}$ added	98.04 \pm 3.01	98.52 \pm 2.73

* $y=ax+by$ is the peak area and x is sample concentration

^aLOD: limits of detection; $3.3 \sigma/S$

^bLOQ: limits of quantification; $10 \sigma/S$

(σ , the standard deviation of the y-intercept of the regression; S , the slope of the calibration curve)

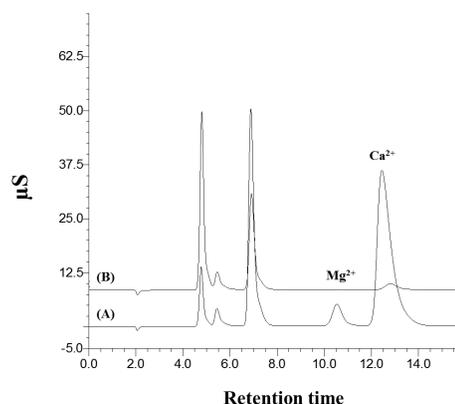


Fig. 3. Representative chromatograms of cations: (A) Standard solution 5 $\mu\text{g/mL}$; (B) 20-fold diluted human saliva

2. 칼슘섭취량에 따른 타액 내 칼슘과 마그네슘의 농도

연구대상자의 일일 평균 칼슘섭취량이 1회 미만인 A군, 1회 이상인 B군으로 그룹화하였으며, 각 그룹에 따른 타액 내 칼슘과 마그네슘의 농도는 <Table 2>와 같다. A그룹의 칼슘 섭취량은 0.26회이며, B그룹은 1.41회로 두 그룹 간의 차이는 5.4배인 것으로 나타났다. 타액 내 칼슘 농도는 A그룹이 12.75 µg/mL, B그룹이 16.30 µg/mL으로 3.55 µg/mL가량 차이가 있었으며 이는 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p=0.018$). 마그네슘의 농도는 A그룹이 0.48 µg/mL, B그룹이 0.51 µg/mL로 큰 차이가 없었다.

Table 2. Differences in calcium, magnesium intake and calcium, magnesium concentrations in saliva between the two groups (µg/mL) Unit: Mean±SD

	A group ^a	B group ^b	<i>p</i> [*]
Amount of Ca ²⁺ intake	0.26±0.22	1.41±0.49	<0.001
Range	0.00-0.9	1.00-3.00	
Ca ²⁺ concentration	12.75±3.18	16.30±7.53	0.018
Range	6.75-20.05	7.67-43.22	
Mg ²⁺ concentration	0.48±0.74	0.51±0.80	0.916
Range	<LOQ ^c -2.59	<LOQ ^c -2.44	

*by Mann Whitney U test at $\alpha=0.001$

^aaverage daily calcium intake of less than once

^baverage daily calcium intake of more than once

^cLOQ: limits of quantification; 10 σ /S

3. 칼슘섭취량에 따른 치아우식활성도

일일 평균 칼슘섭취량에 따른 그룹에 대한 치아우식활성도 검사결과는 <Table 3>과 같다. A그룹의 타액 완충능 점수는 10.69점, B그룹은 10.80점으로 B그룹에서 완충능이 더 높은 것으로 나타났으나, 수치상 큰 차이를 보이지 않으며 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 또한 치면세균막의 수소이온 농도를 분석한 결과 A그룹 6.82점, B그룹 6.91점으로 높게 나타났으나 통계적으로 유의하지 않았다.

Table 3. Differences in Buffer capacity of saliva, plaque pH test between the two groups

Unit: Mean±SD

	A group ^a	B group ^b	<i>p</i> [*]
Buffer capacity	10.69±2.18	10.80±1.54	0.753
Range	4.00-12.00	8.00-12.00	-
Plaque pH	6.82±0.38	6.91±0.34	0.417
Range	6.00-7.20	6.00-7.20	-

*by Mann Whitney U test at $\alpha=0.05$

^aaverage daily calcium intake of less than once

^baverage daily calcium intake of more than once

4. 타액 내 칼슘 및 마그네슘의 농도와 치아우식활성도의 간의 상관관계

타액 내 칼슘 및 마그네슘 농도와 치아우식활성도의 관련성을 분석한 결과 칼슘섭취와 타액 내 칼슘농도는($r=0.384$) 유의한 양의 상관성을 보였다. 그러나 칼슘농도와 마그네슘농도는 치아우식활성도와 상관성을 보이지 않았다<Table 4>.

Table 4. The correlation between mineral and calcium concentration in saliva and dental caries activity

	Calcium intake	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Buffer capacity	Plaque pH
Calcium intake	1				
Ca ²⁺	0.384*	1			
Mg ²⁺	0.508	0.085	1		
Buffer capacity	-0.076	0.162	-0.137	1	
Plaque pH	0.067	0.125	-0.221	0.212	1

*by pearson's correlation coefficient at $\alpha=0.05$

총괄 및 고안

치아우식 발생요인은 숙주요인, 환경요인, 병원체요인으로 구분하며, 다발성질환으로 숙주요인에 해당하는 타액의 성분, 점조도, 완충작용 등이 치아우식증의 유발에 영향을 준다[27]. 치아우식증을 예방하기 위하여 다양한 예방법이 소개되고 있는데 그중에서 당질 섭취를 제한하고 치아를 보호하는 식품 섭취를 권장하는 식이조절 방법도 대표적인 예방법으로 활용되고 있다.

다양한 영양소 중에서도 특히 칼슘, 인, 마그네슘 및 불소와 같은 무기질은 생체의 다양한 기능을 유지하고 경조직의 중요한 구성성분이다[28,29]. 이에 본 연구자들은 타액 내 칼슘 및 마그네슘의 농도에 영향을 줄 수 있는 각 개인의 칼슘 섭취량을 분석하였으며, 타액 내 칼슘과 마그네슘의 농도의 분석 및 치아우식활성도를 평가하였다. 칼슘 섭취량은 국내의 치위생 과정에서 실시하고 있는 식이 분석 방법을 통하여 정량화하였다.

또한 타액 내 칼슘과 마그네슘의 농도는 고성능액체크로마토그래피(High Performance Liquid Chromatography)중 이온-크로마토그래피(Ion chromatography)를 이용하여 분석하였다. 타액 내에는 불소, 나트륨, 칼륨, 칼슘 및 마그네슘 등 다양한 미네랄이 포함되어있다[30]. 그중에서 치아형성 및 치아우식과 연관된 물질은 칼슘, 마그네슘, 불소가 대표적이기 때문에 칼슘 섭취량에 대한 물질을 분석하기 위하여 양이온인 칼슘을 필수적으로 포함시켰고, 칼슘과 상호보완 및 치아우식예방과 관련된 마그네슘을 동시에 분석하였다. 불소는 연구대상자가 사용하는 세치제 및 구강청결제 사용 등에 의한 간섭을 피하기 위하여 제외하였다. 또한 분석하고자 하는 물질이 모두 양이온이기에, 음이온 관능기의 고정상 및 황산(H₂SO₄)이동상을 사용하여 분리된 물질들이 전기 전도도 검출기로 이동하여, 결국 이온의 전도도 값을 높게 함으로써 감도를 높여줄 수 있는 방법으로 최적화하여 분석하였다. 칼슘과 마그네슘의 분석결과 1-100 $\mu\text{g/mL}$ 범위 내에서 0.996 이상의 직선성과 95.75%의 회수율을 보였다.

실험결과 연구대상자들의 식이분석을 통한 칼슘섭취량에 따라 대조군 및 실험군으로 분류한 결과 칼슘섭취량이 높은 실험군에서 타액 내 칼슘($p=0.018$) 및 마그네슘의 농도가 높게 검출되었다. 선행 연구[31]에 의하면 섭취된 칼슘은 타액과 같은 체액으로 일부 분비되는 것으로 알려져 있어 식이요법에 의하여 타액성분에 영향을 받았을 것으로 보인다. 또한 바이프홀름(Vipeholm)을 기반으로 한 구스탐손(Gustafsson)의 연구에 의하면 칼슘 함량이 높은 우유 및 어패류 등을 섭취 식습관을 가진 대상자들은 그렇지 않은 군에 비하여 치아우식증이 적게 발생하는 것으로 보고되었다[32]. 이러한 결과는 칼슘섭취가 직·간접적으로 치아우식과 관련된 작용을 할 가능성이 있다는 것을 의미한다.

더불어 칼슘뿐만 아니라 마그네슘 및 인과 같은 화합물 등을 적절히 이용하면 치아탈회 예방 및 재광화 촉진과 관련된 위험요인을 상쇄할 수 있다고 보고된 바[33], 본 연구에서 분석한 칼슘과 마그네슘이 치아우식과 관련성이 있다고 볼 수 있을 것이다. 본 연구에서도 칼슘섭취와 타액 내 칼슘농도($r=0.384$)가 유의한 양의 상관성을 보였으며, 칼슘섭취량과 타액 내 칼슘의 농도가 높을수록 치아우식활성도에서 양호하게 나타나 기존의 연구결과와 동일한 결과를 보였다. 그러나 마그네슘의 농도와의 관련성은 통계적으로 유의하지 않았는데, 연구 디자인에서 마그네슘의 섭취량을 정량화하지 않아 객관적으로 평가할 수 없는 제한이 있을 것으로 보여 진다.

다양한 치아우식활성 검사 중에서 구강의 pH는 세균이 성장하고 증식하는 데 중요한 역할을 하는 요소이고, 감소된 타액 완충능은 구강이 산성화되어 치아우식 발생의 위험성을 증가시킨다[34-36]. 따라서 상기의 두 가지 요소가 타액 성분에 따라 직접적으로 영향을 받을 것으로 판단하여 치면세균막 pH 검사 및 타액완충능 검사를 실시하였다.

Edwards[37]의 *in-vitro* 연구에 의하면 미네랄이 포함된 용액이 기타의 음료에 비하여 pH 및 완충능력이 높은 것으로 조사되어, 타액 내 칼슘 및 마그네슘과 같은 미네랄 물질이 포함되어 있다면 치아우식에 저항할 능력이 있는 것으로 간주할 수 있다. 본 연구에서도 실제 타액 내 칼슘과 마그네슘의 농도가 높은 실험군에서 치면세균막 pH 및 타액 완충능력이 대조군보다 큰 것과 일치하였다.

그러나 김[38]의 국민건강영양조사 연구에 따르면, 칼슘섭취량이 치아우식 발생요인에 유의한 변수로 작용하지 않았으며, 일부 4세 아동의 우식경험 유치지수에서는 차이가 있는 것으로 보였다[39]. 이와 같이 각 연구자들의 연구결과는 다소 상이한 결과를 보이는데, 각 연구대상자의 생물학적 특성에 따라 편차가 존재하는 것으로 생각된다. 따라서 식품섭취와 타액의 다양한 성분에 의한 치아우식의 연구가 다양하게 진행되어야 할 것으로 보인다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째, 연구대상자들로 하여금 전과 후의 비교가 아닌 각 개인의 식이습관에 따른 타액성분 및 치아우식활성정도를 비교적 단기간에 평가하였다. 따라서 칼슘섭취뿐만 아니라 다양한 요인들로 인한 간섭을 배제할 수 없기 때문에 식이습관을 중점으로 전과 후의 비교가 향후 연구에서 진행되어야 할 것으로 사료된다. 둘째, 타액 내 무기화합물 성분들은 다양한 자극이나 타액 도관 종류에 따라 조성물들이 변화하며[40,41] 본 실험에서 분석하지 않은 phosphate, sulphate 및 chloride 등과 같은 성분에 의하여 타액 완충능에 영향을 주었을 가능성도 있을 것이다. 또한 타액 성분은 각 개인마다 편차가 매우 크게 작용하여 개인의 구강위생상태, 가족력, 전신질환 및 타액 분비량 등 영향을 받을 수 있는 요소가 다수 포함된다는 것을 감안해야 한다.

본 연구에서는 칼슘 섭취량이 낮은 군보다, 높은 실험군이 결국 타액 내 칼슘 및 마그네슘이 유의적으로 농도가 높게 검출되었으며, 치아우식활성정도가 양호하였다. 그렇기 때문에 칼슘섭취량이, 적어도 타액 내 다량의 칼슘 및 마그네슘의 농도가 치아우식 예방에 관여할 수 있다는 가능성을 설명할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 각 개인의 칼슘섭취량과 타액 내 칼슘과 마그네슘을 정량분석을 실시하였고, 타액 완충능 및 치면세균막 수소이온농도를 평가함으로써 칼슘섭취의 필요성을 인식할 수 있는 계기가 될 수 있을 것으로 사료된다. 향후 타액 내 칼슘 및 마그네슘 외에 성분들을 동시에 분석하여 평가한다면 보다 신뢰성 높은 연구가 될 것이라 사료되며, 다양한 분석방법으로 정량화하였기에 치과위생사의 예방과 관련된 업무에서도 폭넓게 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

결론

본 연구는 영양소 중 칼슘섭취와 타액 내 칼슘과 마그네슘의 농도를 정량 분석하여 이에 따른 치아우식활성 검사를 실시하였다. 20대 이상 40대 이하인 59명의 성인 여성을 대상으로 식이조사를 통해 칼슘섭취량을 조사한 후 칼슘섭취량이 1회 미만인 경우 A그룹, 1회 이상인 경우를 B그룹으로 그룹화 하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 이온-크로마토그래피를 활용하여 타액 내 칼슘과 마그네슘을 분석한 결과 직선성은 0.996 이상, 회수율은 95.75-98.52%로 분석되었다.
2. 식이분석을 통한 일일 평균 칼슘섭취량에 따라 두 그룹으로 분류하였으며, 그룹 간 타액 내 칼슘 농도는 A그룹 12.75 $\mu\text{g/mL}$, B그룹이 16.30 $\mu\text{g/mL}$ 이며($p=0.018$), 마그네슘 0.48 $\mu\text{g/mL}$, 0.51 $\mu\text{g/mL}$ 이 각각 검출되었다.
3. 두 그룹 간 타액 완충능과 치면세균막 수소이온농도검사 결과 A그룹의 타액 완충능 점수는 10.69점, B그룹은 10.80점으로 B그룹에서 완충능이 더 높았으며, 치면세균막의 pH는 A그룹 6.82, B그룹 6.91으로서 B그룹이 높았으나, 통계적으로 유의하지 않았다.
4. 칼슘섭취 후 타액 내 칼슘 및 마그네슘의 농도와 치아우식활성 검사 결과의 관련성을 분석한 결과 칼슘섭취와 타액 내 칼슘농도는 유의한 양의 상관성을 보였다($r=0.384$).

본 연구에서는 칼슘섭취량이 높을수록 타액 내 칼슘 농도가 높았으며, 타액 내 칼슘 농도와 칼슘섭취의 유의한 상관성을 확인하였다.

References

- [1] Keyes PH. Present and future measures for dental caries control. *J Am Dent Assoc* 1969;79(6): 1395-404. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1969.0037>
- [2] Loesche WJ. Role of streptococcus mutans in human dental decay. *Microbiol Rev* 1986;50(4): 353-80. [https://doi.org/10.1016/0003-9969\(73\)90078-2](https://doi.org/10.1016/0003-9969(73)90078-2)
- [3] Navia JM. Evaluation of nutritional and dietary factors that modify animal caries. *J Dent Res* 1970;49(6):1213-28. <https://doi.org/10.1177/00220345700490060701>
- [4] Kim JG, Cheon CW, Lee DC, Baik BJ. Relationship between dietary habits and dental caries experience in preschool children. *J Korean Acad Pediatr Dent* 2001;28(2):217-80.

- [5] Gropper SS, Smith JL, Groff JL. Advanced nutrition and human metabolism. 5th ed. Wadsworth, Canada: Cengage Learning; 2009: 431-7.
- [6] National research council study committee on the scientific evaluation of dietary reference intake: Dietary reference intakes for calcium, phosphorus, magnesium, vitamin D, and fluoride. National Academy Press 1997;288-313. <https://doi.org/10.17226/5776>
- [7] La Fontaine A, Zavgorodniy A, Liu H, Zheng R, Swain M, Cairney J. Atomic-scale compositional mapping reveals Mg-rich amorphous calcium phosphate in human dental enamel. *Sci Adv* 2016;2(9):e1601145. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1601145>
- [8] Levin MP, Yearwood LL, Carpenter WN. The desensitizing effect of calcium hydroxide and magnesium hydroxide on hypersensitive dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1973;35(5): 741-6. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(73\)90044-3](https://doi.org/10.1016/0030-4220(73)90044-3)
- [9] Krall EA, Wehler C, Garcia RI, Harris SS, Dawson-Hughes B. Calcium and vitamin D supplements reduce tooth loss in the elderly. *Am J Med* 2001;111(6):452-6. [https://doi.org/10.1016/s0002-9343\(01\)00899-3](https://doi.org/10.1016/s0002-9343(01)00899-3)
- [10] Adegboye AR, Twetman S, Christensen LB, Heitmann BL. Intake of dairy calcium and tooth loss among adult danish men and women. *Nutrition* 2012;28(7-8):779-84. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2011.11.011>
- [11] Somborac M. Improving nutrition for better oral health. *J Can Dent Assoc* 2010;76:a131. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4814287>
- [12] Flood A, Peters U, Chatterjee N, Lacey JV Jr, Schairer C, Schatzkin A. Calcium from diet and supplements is associated with reduced risk of colorectal cancer in a prospective cohort of women. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2005;14(1):126-32.
- [13] Dimal HP, Porta S, Wirnsberger G, Lindschinger M, Pamperl I, Dobnig H, et al. Daily oral magnesium supplementation suppresses bone turnover in young adult males. *J Clin Endocrinol Metab* 1998;83(8):2742-8. <https://doi.org/10.1210/jcem.83.8.5015>
- [14] Fogarty A, Lewis SA, Scrivener SL, Antoniak M, Pacey S, Pringle M, et al. Oral magnesium and vitamin C supplements I asthma: a parallel group randomized placebo-controlled trial. *Clin Exp Allergy* 2003;33(10):1355-9. <https://doi.org/10.1136/thx.2004.022616>
- [15] Lussi A, Jaeggi T, Zero D. The role of diet in the aetiology of dental erosion. *Caries Res* 2004;38(1):34-44. <https://doi.org/10.1159/000074360>
- [16] Danielsson NL, Hernell O, Johansson I. Human milk compounds inhibiting adhesion of mutans streptococci to host ligand-coated hydroxyapatite *in vitro*. *Caries Res* 2009;43(3):171-8. <https://doi.org/10.1159/000213888>
- [17] Kashket S, DePaola DP. Cheese consumption and the development and progression of dental caries. *Nutr Rev* 2002;60(4):97-103. <https://doi.org/10.1301/00296640260085822>
- [18] Kaufman E, Lamster IB. The diagnostic applications of saliva- a review. *Crit Rev Oral Biol Med* 2002;13(2):197-212. <https://doi.org/10.1177/154411130201300209>
- [19] Llana-Puy C. The role of saliva in maintaining oral health and as an aid to diagnosis. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2006;11(5):499-55. <https://doi.org/10.4317/medoral.19393>
- [20] Dawes C. What is the critical pH and why does a tooth dissolve in acid? *J Can Dent Assoc* 2003;69(11):722-4.
- [21] Yu BS, Yuan QG, Nie LH, Yao SZ. Ion chromatographic determination of calcium and magnesium cations in human saliva and urine with a piezoelectric detector. *J Pharm Biomed Anal* 2001;25(5-6):1027-32. [https://doi.org/10.1016/s0731-7085\(01\)00378-8](https://doi.org/10.1016/s0731-7085(01)00378-8)
- [22] de Caland LB, Silveira EL, Tubino M. Determination of sodium, potassium, calcium and magnesium cations in biodiesel by ion chromatography. *Anal Chim Acta* 2012;718:116-20. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2011.12.062>
- [23] Williams T, Bamett NW. Determination of magnesium and calcium by ion chromatography with post-column reaction fluorescence detection. *Anal Chim Acta* 1992;259(1):19-23. [https://doi.org/10.1016/0003-2700\(92\)00019-3](https://doi.org/10.1016/0003-2700(92)00019-3)

- org/10.1016/0003-2670(92)85069-i
- [24] Maldupa I, Brinkmane A, Mihailova A. Comparative analysis of CRT Buffer, GC saliva check buffer tests and laboratory titration to evaluate saliva buffering capacity. *Stomatologija* 2011; 13(2):55-61.
- [25] Walsh LJ, Tsang AK. Chairside testing for cariogenic bacteria: current concepts and clinical strategies. *Int Dent South Afr* 2008;10(2):50-65.
- [26] Baek DI. Preventive dentistry. Komoonsa Diet control. Publication No. 978-89-7386-470-6. 2011.
- [27] Keyes PH. Present and future measures for dental caries control. *J Am Dent Assoc* 1969;79(6): 1395-404. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1969.0037>
- [28] Bradford EW, Crabb HSM. Carbohydrate restriction and caries incidence. *Brit Dent J* 1961; 111:273-9. [https://doi.org/10.1016/0003-9969\(62\)90111-5](https://doi.org/10.1016/0003-9969(62)90111-5)
- [29] Navia JM. Evaluation of nutritional and dietary factors that modify animal caries. *J Dent Res* 1970;49(6):1213-28. <https://doi.org/10.1177/00220345700490060701>
- [30] So YR, Baik BJ, Kim JG, Yang YM, Kim HN. The study for the mineral contents of bottled water. *J Korean Acad Pediatr Dent* 2009;36(3):404-11.
- [31] Kim JH, Shin CS. Calcium metabolism and hyper and hypoparathyroidism. *Hanyang Med Rev* 2012;32(4):179-86. <https://doi.org/10.7599/hmr.2012.32.4.179>
- [32] Gustafsson BE, Quensel CE, Lanke LS, Lundqvist C, Grahnen H, Bonow BE, et al. The Vipeholm dental caries study; the effect of different levels of carbohydrate intake on caries activity in 436 individuals observed for five year. *Acta Odontol Scand* 1954;11(3-4):232-64. <https://doi.org/10.3109/00016355308993925>
- [33] Lee DH, Hong SO, Lee SR. Dental caries management of a patient with a high caries risk based on the caries risk assessment: A case report. *J Kor Soc Dent Matr* 2016;43(3):231-8. <https://doi.org/10.14815/kjdm.2016.43.3.231>
- [34] Jeong SJ, Apostolska S, Jankulovska M, Angelova D, Nares S, Yoon MS, et al. Dental caries risk can be predicted by simply measuring the pH and buffering capacity of saliva. *J Korean Soc Hyg Sci* 2006;6(3):159-62. <https://doi.org/10.13065/iksdh.2013.13.4.701>
- [35] Bradshaw DJ, Marsh PD. Analysis of pH-driven disruption of oral microbial communities *in vitro*. *Caries Res* 1998;32(6):456-62. <https://doi.org/10.1159/000016487>
- [36] Kim MY, Lee HJ. Influence of soft drinks supplemented calcium to enamel remineralization. *J Korean Soc Dent Hyg* 2008;8(3):13-22.
- [37] Edwards M, Creanor SL, Foye RH, Gilmour WH. Buffering capacities of soft drinks: the potential influence on dental erosion. *J Oral Rehabil* 1999;26(12):923-7. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2842.1999.00494.x>
- [38] Kim HN. Relationship between intake of energy and protein and permanent teeth caries. *J Korean Soc Dent Hyg* 2016;16(6):943-53. <https://doi.org/10.13065/jksdh.2016.16.06.943>
- [39] Kim HN, Min JH, Kim KR. Relationship between intake of vitamins and minerals and caries of primary teeth. *J Dent Hyg Sci* 2014;14(3):371-8. <https://doi.org/10.17135/jdhs.2014.14.3.371>
- [40] Chiappin S, Antonelli G, Gatti R, De Palo EF. Saliva specimen: A new laboratory tool for diagnostic and basic investigation. *Clin Chim Acta* 2007;383(1-2):30-40. <https://doi.org/10.1016/j.cca.2007.04.011>
- [41] Park YD, Jang JH, Oh YJ, Kwon HJ. Analyses of organic acids and inorganic anions and their relationship in human saliva before and after glucose intake. *Arch Oral Biol* 2014;59(1):1-11. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2013.10.006>