

구강 내 자당 및 포도당 잔류 경과 시간에 따른 칼륨과 마그네슘 농도 변화

Survey on the Changes of Potassium and Magnesium Concentration according to the Retention Time After Rinse of Sucrose and Glucose in Oral

이혜진, 양달님
동부산대학교 치위생과

Hye-Jin Lee(onlyhelena@hanmail.net), Dal-Nim Yang(nargonarja@naver.com)

요약

본 논문은 설탕물 양치 전후, 타액 내 칼륨과 마그네슘의 농도 변화를 분석한 연구이다. 타액 샘플은 10% 자당(포도당) 용액으로 양치하기 전과 양치 직후부터 60분까지 채취하였고 이온크로마토그래피법으로 분석하였다. 설탕물 양치 전 칼륨의 평균 농도는 274.3 ± 77.9 mg/l (279.2 ± 62.1 mg/l)이며, 마그네슘의 평균 농도는 4.5 ± 2.5 mg/l (4.8 ± 2.0 mg/l)이다. 설탕물 양치 직후, 칼륨과 마그네슘의 농도는 자당의 경우 143.9 ± 55.4 mg/l, 2.7 ± 3.1 mg/l이며, 포도당의 경우 150.9 ± 64.2 mg/l, 2.6 ± 0.7 mg/l로 대조군에 비해 급격히 낮아졌으나, 양치 후 60분에서 대조군의 이온 농도 수준으로 회복됨을 확인하였다. 즉 설탕물 양치 직후에는 자극에 의해 타액 내 칼륨과 마그네슘 이온 농도가 낮아지나, 60분 후에는 타액의 자정작용으로 구강 내 항상성이 회복되었다. 본 논문은 타액에 관한 기초자료를 축적하는 것에 의의를 두고 연구하였다.

■ 중심어 : 소칼륨 | 마그네슘 | 이온크로마토그래피 | 타액 |

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the salivary concentration of Potassium and Magnesium cations and their variation before and after sucrose and glucose rinse, and to investigate the relationship between the levels of each compound. Saliva samples were obtained from 40 subjects before and up to 60 min after intake of a 10% sucrose and glucose solution at 1-month intervals. Potassium and Magnesium in human saliva were determined via anion-exchange chromatography with an anion-suppressed conductivity detector using 12 mM sulfuric acid. The concentrations of Potassium and Magnesium before sucrose rinse were 274.3 ± 77.9 mg/l and 4.5 ± 2.5 mg/l, also, the concentrations of Potassium and Magnesium before glucose rinse were 279.2 ± 62.1 mg/l and 4.8 ± 2.0 mg/l, respectively. Potassium and Magnesium concentrations were significantly decreased ($p < 0.05$) after sucrose rinse. The content of potassium and magnesium in saliva before and after rinsing sucrose and glucose is difficult to standardize or classify, as previous research. The reason for the variation between individuals is large, and easily changed by chemical or physiological stimulation. However, this study was experiment for the purpose of accumulating basic data for saliva.

■ keyword : Potassium | Magnesium | Ion Chromatography | Saliva |

I. 서론

인체의 세포 내에는 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 아연, 구리, 나트륨, 망간, 아미노산 등의 미네랄이 존재하며 중요한 역할을 수행한다[1].

특히 칼륨 이온은 세포내액 중 가장 많이 존재하는 양이온으로서, 혈청 칼륨 농도는 3.5-5.5 mEq/l 이고, 95%가 세포 내에 존재하며 삼투압과 수분 평형을 유지하고, 세포막의 운반작용 및 세포의 증식과 성장에 영향을 준다[2-4]. 칼륨은 신경 전달자극과 뇌의 산소 공급의 촉매작용 역할을 수행하고 근육의 수축작용과 에너지 대사에 관여하는 무기질이며, 심박동과 맥박 및 혈압을 정상으로 유지시킨다[5][6]. 구강 내에서의 칼륨의 역할은 충치 및 치주질환 원인균의 생성 및 치면 부착 억제, 타액 분비량 및 완충능 조절, 치아의 재석회화 촉진 등으로 구강 질환의 유병률을 낮춘다[7-9]. 이처럼 칼륨은 대사 작용과 생리적 기능 등을 담당하는 매우 중요한 전해질이다.

마그네슘 이온은 염록소의 구성 원소로, 체내에 존재하는 마그네슘의 40%는 연조직과 혈액에 양이온의 상태로 체류하며, 60%는 골격과 치아의 구성성분으로 존재한다[10][11]. 마그네슘은 심혈관계 질환의 위험률을 감소시키고, 혈액 순환을 촉진시키며, 단백질의 합성과 지방 대사를 유도한다[12]. 또한 마그네슘은 골의 석회화에 필수적으로 관여하고, 인슐린 분비와 기능을 조절하며, 근육의 긴장도를 조절하는 중요한 미네랄 중의 하나이다[13-16]. 구강 내에서의 마그네슘 역할은 alkaline phosphatase의 효소로 작용하여 치아 경조직인 법랑질과 상아질을 형성하고, 치아의 석회화와 재광화에 필수적으로 관여하며, 구강 내 pH를 조절하고 치조골의 흡수를 감소시켜 구강 질환의 저항성을 높인다[17][18].

이처럼 구강 내 타액은 하루 약 1500 mL가 분비되고, 95%는 물이며 0.5%는 칼륨, 마그네슘, 아미노산 등 다양한 미네랄 성분들로 구성되어 있다[7]. 이러한 타액이 치아와 접촉함으로써 건강한 상태를 유지하게 되나, 당질 음식물의 섭취와 유해 세균의 대사 작용으로 치아우식증 및 치주질환이 유발된다[7]. 따라서 당질 함유 식품의 섭취는 구강조직과 관련된 다양한 이온들의 농도를 변화시키리라 예측하였으나, 당분 섭취에 따른 타액 이

온의 변화를 분석한 연구는 부족한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 구강 및 치아조직의 건강과 관련성이 높은 칼륨과 마그네슘이 당 성분(자당, 포도당)에 노출되었을 때, 접촉시간에 따른 이온의 농도 변화와 회복시간을 이온 크로마토그래피법으로 정량 분석하였고, 치아우식증 및 치주질환 예방을 위한 기초자료로 의의가 있다고 사료되어 본 연구를 수행하였다.

II. 연구방법

1. 연구설계

본 연구의 피실험자는 D 대학교 치위생과 게시판을 활용하여 모집하였고, 모집 기간은 2018년 9월부터 12월까지 3개월 동안 진행되었다. 실험 참여에 지원한 143명 모두에게 개별적으로 연구 윤리 및 취지, 목적 등을 충분히 설명한 후 자발적으로 동의를 한 대상자 가운데, 문진과 시진으로 치과 및 의과 병력(치아우식증, 임플란트, 치아보철, 당뇨병, 치은염, 대사성 질환, 흡연자) 환자를 제외하였고, 신체와 치아가 건강한 20대 여성 40명을 연구대상자로 선정하였다. 연구 설계 모형은 [그림 1]과 같다.

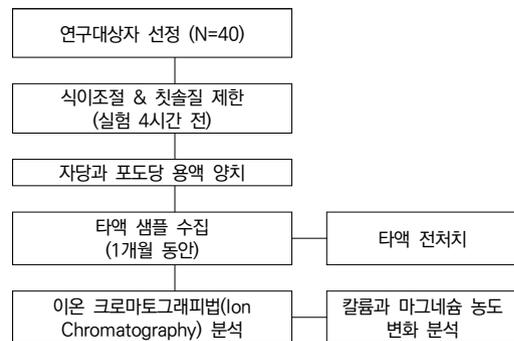


그림 1. 연구설계모형

2. 이온 크로마토그래피(IC) 분석

2.1 타액 샘플 채취

본 실험에 사용된 타액 샘플은 간섭 인자의 영향을 최대한 받지 않고 채집하기 위하여, 샘플 수집 4시간 전부터 음식 및 음료의 섭취를 제한하고 칫솔질을 삼가하도

록 연구대상자들을 교육한 후 실험을 수행하였으며, 연구대상자는 매일 12시부터 13시 사이에 점심식사 및 칫솔질을 하였고, 연구진은 4시간 뒤인 17시에 타액 샘플을 수집하였다. 자당과 포도당 용액의 상호 간섭을 줄이기 위하여, 당별 타액 채집 일을 각각 2주로 구분하였다.

우선 자당과 포도당 용액으로 양치하기 전, 연구대상자들로부터 0.5mL의 대조군 타액을 수집하였고, 10 % 자당과 포도당 용액 30 mL로 1분 동안 양치 후 일회용 마이크로 튜브(centrifuge tube)에 연속적으로 타액을 채집하였다. 자당과 포도당 용액으로 양치한 직후, 5분, 10분, 20분, 30분, 45분, 60분에 자극성 타액 샘플을 0.5 mL씩 각 30초 동안 수집하였고, 타액 샘플은 1개월 동안 채취하였으며, 이온 크로마토그래피(IC) 분석 전까지 -20 °C에서 냉동 보관하였다. 이온 크로마토그래피 분석 직전, 해동하여 1,200 rpm으로 5분간 원심분리 후 상층액을 분리하였고, 칼륨과 마그네슘 이온 농도를 분석하기 위해 탈이온수(deionized water)로 10배 희석한 후, 0.2 mm 일회용 셀룰로스아세테이트 시린지 필터를 통해 여과하여 효소 및 박테리아를 분리한 후 타액 샘플로 사용하였다.

2.2 시약 및 용매 준비

칼륨과 마그네슘 이온은 모두 양이온이기에 시약은 Exaxol Chemical Corporation(Clearwater, FL, USA)사의 양이온 표준(1000.0ppm) 시약을 사용하였다. 이동상(mobile phase) 제조 및 타액 희석에 사용된 탈 이온수는 Milli-Q 시스템(Millipore, Bedford, MA, USA)으로 얻은 고순도의 물(18 MV resistivity)을 사용하였다. 이동상은 Fisher Scientific(Fairlawn, NJ, USA)에서 구입하였고, 실험에 사용된 모든 시약 및 용매는 분석 또는 보증 기준을 준수하였다. 모든 타액 샘플의 여과는 Advantec MFS, Inc.(Tokyo, Japan)에서 구입한 일회용 시린지 필터(hydrophobic polytetrafluoroethylene membrane ; pore size, 0.20mm)를 통해 여과시킨 후, 이온 크로마토그래피 장치(Sunnyvale, CA, USA)에 주입하여 사용하였다.

2.2.1 칼륨과 마그네슘 샘플 화합물 농도의 타당성 실험에 사용된 칼륨과 마그네슘 화합물에 대한 선형

범위(range), 선형 방정식의 기울기, y 절편, 상관계수(r2), 검출한계(LOD) 및 정량한계(LOQ)의 매개 변수를 [표 1]에 정리하였다. 칼륨 샘플 화합물은 50 mg/L까지 상관계수(r²)가 0.9977을 보였으며, 마그네슘 샘플 화합물은 상관계수(r²)가 0.9997로 매우 우수한 선형성을 보였다. 칼륨 샘플 화합물의 검출한계는 0.064 mg/L이며, 정량한계는 0.162 mg/L였고, 마그네슘 샘플 화합물의 검출한계는 0.062 mg/L이며, 정량한계는 0.144 mg/L였다[표 1].

칼륨과 마그네슘 이온이 첨가된 타액 샘플의 정밀도와 회복도를 검증하기 위하여, 샘플 내 카르복실산과 무기 음이온을 혼합한 후 intra-and inter-day 분석으로 4 일 간 반복적으로 측정하여 회복율을 평가하였다[표 2].

표 1. 칼륨과 마그네슘 샘플 화합물의 선형 범위(range), 기울기, y 절편, 상관계수(r2), 검출한계(LOD), 정량한계(LOQ)

이온	Range (mg/L)	기울기	y-절편	r ²	LOD (mg/L)	LOQ (mg/L)
칼륨	0.01 -50	0.7242	0.0075	0.9977	0.064	0.162
마그네슘	0.01 -50	0.9546	0.0359	0.9997	0.062	0.144

표 2. Intra-and inter-day 분석에서의 타액 내 칼륨과 마그네슘 회복율

		대조 (µg)	첨가 (µg)	1일	2일	3일	4일	총
				n=5	n=5	n=5	n=5	n=20
				(Mean ± SD)				
칼륨	카르복실산	294.4	40	97.10 ±1.51	94.56 ±9.36	96.40 ±5.4	97.78 ±8.17	96.46 ±6.11
	무기 음이온	294.4	200	98.50 ±2.31	94.47 ±5.70	93.17 ±3.79	96.18 ±5.21	95.58 ±4.25
마그네슘	카르복실산	5.2	1	102.22 ±4.52	94.27 ±6.05	103.18 ±4.56	105.16 ±10.25	99.54 ±9.57
	무기 음이온	5.2	5	96.82 ±2.31	97.25 ±7.41	99.52 ±5.24	98.46 ±4.29	95.27 ±5.07

[표 2]와 같이, 대조 타액 내 칼륨 이온은 294.4 µg/l이며, 마그네슘 이온은 5.2 µg/l이다. 카르복실산을 첨가한 후 타액 내 칼륨 이온은 40.0 µg/l, 마그네슘 이온은 1.0 µg/l이며, 무기 음이온(Anion)을 첨가한 후

타액 내 칼륨 이온은 200.0 $\mu\text{g}/\ell$, 마그네슘 이온은 5.0 $\mu\text{g}/\ell$ 로 측정되었다. Intra-and inter-day 분석에 의해 측정된 타액 내 칼륨 이온의 평균 회복률은 93.17%에서 98.50%였고, 마그네슘 이온의 평균 회복률은 94.27%에서 105.16%였다. 따라서, 화합물 농도 결정에 대한 신뢰성은 높은 것으로 평가되어, 샘플의 회색 농도로 결정하였다.

2.3 이온 크로마토그래피(IC) 분석조건

칼륨과 마그네슘 이온의 농도는 Dionex 이온 크로마토그래피 시스템을 사용하여 분석되었다. Dionex 이온 크로마토그래피 시스템은 GP50 gradient pump와 ED50 전도도 검출기 그리고 LC20 96 chromatography enclosure (10 $\mu\ell$ sample loop)과 양이온 자체 재생 억제제(ASRS)가 내장되어 있으며, 자동 감압 재순환 모드로 작동되는 시스템이다.

분리는 IonPac CG12A(50mmx4mm) 보호 컬럼이 장착된 Dionex IonPac CS12A 컬럼(250mmx4mm)을 사용하였으며, 12mM 이동상은 20분 전에 초음파 처리 및 감압 여과 후 겔크로마토그래피와 같이 용매의 농도를 일정하게 유지하여 용리하는 방식인 등용매용리(isocratic elution)로 실험하였다. 샘플은 실온에서 분석하였고, 이동상의 유속은 1 mL/min이다. 데이터 수집 및 기기 제어는 Dionex Chromeleon 프로그램을 사용하였다.

2.4 이온 크로마토그래피(IC) 분석방법

표준 용액 100 ppm을 탈이온수로 희석하여 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 25, 50 mg/L의 8개 고정점(calibration points)을 설정하였고, 연구모형의 선형 회귀 방정식은(수식 1)과 같다.

$$y = ax + b \quad (1)$$

검정 곡선은 표준 샘플 농도(x)와 peak area의 관계를 나타낸다. 본 연구에 사용된 각 화합물의 검출한계(LOD)와 정량한계(LOQ)는 국제의약품규제조사위원회(ICH)의 가이드라인 Q2B에 의거하였으며, 검출한계(LOD)는 3.3 s/S (s=표준 편차, S=검정 곡선의 기울기)

이고, 정량한계(LOQ)는 10 초/S이다. 분석의 정밀 정확도는 상대표준편차(% RSD)로 평가하였고, 타액 내 칼륨과 마그네슘 이온 농도를 정량분석하기 위하여, 0.8 mL의 타액 샘플에 각각 0.2 mL의 칼륨과 마그네슘 표준 용액을 혼합하였고, 이를 타액 샘플로 사용하여 변화를 분석하였다.

3. 자료분석

분석 데이터는 Excel(Microsoft Corp, Washington, USA) 소프트웨어에 입력하여 SPSS Statistics for Window, Version 23.0(IBM Corp, Armonk, USA)로 분석하였다. 유의 수준은 $p < 0.05$ 로 설정하였으며, 타액 샘플 간의 선형적 관계를 분석하고자 상관 분석(Correlation analysis)을 수행하였고, 샘플 간의 집단평균을 비교하기 위해 일원분산분석(one-way ANOVA)을 시행하였다.

III. 연구결과

1. 자당과 포도당 용액 양치 전·후의 타액 내 칼륨과 마그네슘 이온 함량 및 평균 농도 변화

자당과 포도당 용액 양치 전·후의 타액 내 칼륨 및 마그네슘 이온의 함량 및 평균 농도와 범위를 분석 결과의 신뢰도를 향상시키기 위하여 1개월간 실험을 반복한 후 결과치를 분석하였고, 그 결과는 [표 3]과 같다. 타액 샘플은 용액 양치 전(대조군), 양치 직후(0분), 5분, 10분, 20분, 30분, 45분, 60분에 채취하였다. 자당 용액 양치 전 대조 타액 내 칼륨 이온의 평균 농도는 274.3 ± 77.9 mg/ ℓ 이며, 포도당 용액 양치 전 대조 타액 내 칼륨 이온의 평균 농도는 279.2 ± 62.1 mg/ ℓ 이다. 자당 용액 양치 전 대조 타액 내 마그네슘 이온의 평균 농도는 4.5 ± 2.5 mg/ ℓ 이며, 포도당 용액 양치 전 대조 타액 내 마그네슘 이온의 평균 농도는 4.8 ± 2.0 mg/ ℓ 이다. 자당으로 양치한 직후 타액 내 칼륨 이온의 평균 농도는 143.9 ± 55.4 mg/ ℓ 로 낮아졌으나, 5분 후 228.3 ± 69.6 mg/ ℓ 로 급격히 높아졌고, 10분 후 235.2 ± 69.5 mg/ ℓ , 20분 후 252.9 ± 74.1 mg/ ℓ , 30분 후 259.8 ± 82.7 mg/ ℓ , 45분 후 265.2 ± 85.1 mg/ ℓ , 60분 후 269.6 ± 87.2 mg/ ℓ 로

서서히 회복되었다. 또한 자당 용액으로 양치한 직후와 5분에 채취한 타액에서 칼륨 이온의 평균 농도가 95% 신뢰수준에서 유의하게 감소됨을 확인하였다(p<0.05).

자당 용액으로 양치한 후 타액 내 마그네슘 이온의 평균 농도는 양치 직후에는 2.7±3.1 mg/l 로 급격히 낮아졌으나, 5분 후 3.5±2.4 mg/l 로 높아졌고, 10분 후 3.7±2.3 mg/l, 20분 후 3.9±2.2 mg/l, 30분 후 4.0±2.5 mg/l, 45분 후 4.1±2.1 mg/l, 60분 후 4.3±2.1 mg/l 로 서서히 회복되었다. 또한 자당 용액으로 양치한 직후에 채취한 타액에서 마그네슘 이온의 평균 농도가 95 % 신뢰수준에서 유의하게 감소됨을 확인하였다(p<0.05).

포도당 용액으로 양치한 후 타액 내 칼륨 이온의 평균 농도는 양치 직후 150.9±64.2 mg/l 로 떨어졌으나, 5분 후 181.1±62.1 mg/l 로 자당 용액의 결과와 같이 급격히 높아졌고, 10분 후 212.7±81.5 mg/l, 20분 후 227.2±78.1 mg, 30분 후 235.1±82.4 mg/l, 45분 후 238.2±71.4 mg/l, 60분 후 241.9±65.3 mg/l 로 서서히 증가되었다. 포도당 용액으로 양치한 직후, 5분에 채취한 타액에서 칼륨 이온의 평균 농도가 95 % 신뢰수준에서 유의하게 감소됨을 확인하였고(p<0.05), 포도당에 비해 자당으로 양치할 경우 더 빨리 회복되었다. 포도당 용액으로 양치한 후 타액 내 마그네슘 이온의 평균 농도

는 양치 직후 2.6±0.7 mg/l 로 급격히 떨어졌으나, 5분 후 4.0±2.2 mg/l 로 자당 용액과 같이 급격히 높아졌고, 10분 후 4.2±2.1 mg/l, 20분 후 4.4±2.2mg/l, 30분 후 4.3±2.2 mg/l, 45분 후 4.4±1.9 mg/l, 60분 후 4.3±2.5 mg/l 로 분석되었다. 포도당 용액으로 양치한 직후에 채취한 타액에서 마그네슘 이온의 평균 농도가 95 % 신뢰수준에서 유의하게 감소함을 확인하였다 (p<0.05). 마그네슘 이온은 자당 용액으로 양치한 경우, 경과시간에 따라 서서히 대조군의 평균 농도로 회복되는 경향을 보였다. 그러나 포도당 용액의 경우, 양치한 직후부터 20분까지는 대조군의 평균 농도로 회복되는 경향을 보였으나 더 이상의 회복양상은 관찰되지 않았다[표 3].

[그림 2]는 자당 용액으로 양치한 후 연구대상자들의 타액 내 칼륨과 마그네슘에 대한 이온 크로마토그램을 보여준 것이며, (1)은 대조군인 자당 용액 양치 전, (2)는 자당 용액 양치 직후, (3)은 자당 용액 양치 20분 후이다.

[그림 3]은 포도당 용액으로 양치한 후 연구대상자들의 타액 내 칼륨 및 마그네슘에 대한 이온 크로마토그램을 보여준 것이며, (1)은 대조군인 포도당 용액 양치 전, (2)는 포도당 용액 양치 직후, (3)은 포도당 용액 양치 20분 후이다. [그림 2]와 [그림 3]의 (1, 2, 3) 모두

표 3. 자당과 포도당 용액 양치 전후의 칼륨 및 마그네슘 이온의 평균 농도와 범위

	매개변수	대조군	자당과 포도당 용액 양치 후 경과시간							
			0분	5분	10분	20분	30분	45분	60분	
자당	칼륨	평균 ±표준편차	274.3±77.9	143.9 ±55.4*	228.3 ±69.6*	235.2±69.5	252.9±74.1	259.8±82.7	265.2±85.1	269.6±87.2
		범위	127.1 -412.7	24.7 -260.1	85.4-351.7	135.2 -367.7	173.0 -415.1	117.6 -431.7	152.9 -441.9	125.4 -471.9
	마그네슘	평균 ±표준편차	4.5±2.5	2.7±3.1*	3.5±2.4	3.7±2.3	3.9±2.2	4.0±2.5	4.1±2.1	4.3±2.1
		범위	1.1-12.9	1.5-12.1	1.8-12.5	1.2-9.1	1.7-9.8	1.6-7.9	17-8.0	1.6-8.9
포도당	칼륨	평균 ±표준편차	279.2±62.1	150.9 ±64.2*	181.1 ±62.1*	212.7±81.5	227.2±78.1	235.1±82.4	238.2±71.4	241.9±65.3
		범위	159.2 -457.1	46.7 -266.4	70.1 -352.7	78.4-455.2	85.1-366.5	152.1 -499.2	108.2 -457.4	127.4 -512.7
	마그네슘	평균 ±표준편차	4.8±2.0	2.6±0.7*	4.0±2.2	4.2±2.1	4.4±2.2	4.3±2.2	4.4±1.9	4.3±2.5
		범위	0.8-11.5	1.4-14.7	1.7-11.4	1.7-11.7	1.2-13.4	0.9-8.0	0.8-12.4	0.9-9.5

* p<0.05

retention time 10분에 측정된 peak가 칼륨 이온이며, 13분에 측정된 peak가 마그네슘 이온이다.

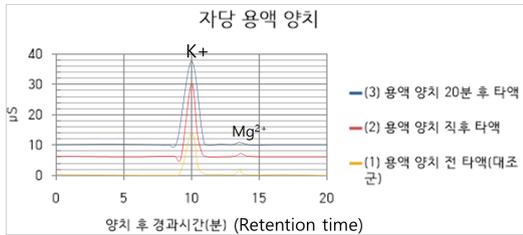


그림 2. 자당 용액 양치 후 타액 내 칼륨과 마그네슘에 대한 이온 크로마토그램

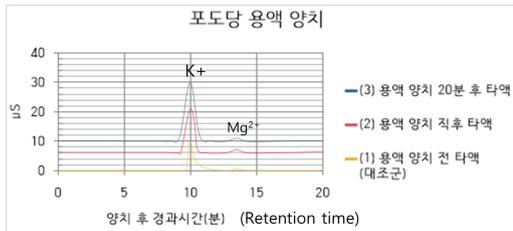


그림 3. 포도당 용액 양치 후 타액 내 칼륨과 마그네슘에 대한 이온크로마토그램

2. 타액 내 칼륨과 마그네슘 이온의 상관 계수

[표 4]는 대조군 타액과 자당 및 포도당 용액 양치 후 경과 시간에 따른 타액 내 칼륨 이온과 마그네슘 이온 농도의 상관 계수를 정리한 것이다.

대조군 타액과 자당 용액 양치 후 타액 내 칼륨 이온 농도는 자당 용액 양치 후 5분에 채취한 타액($r=0.68$)과 10분 뒤에 채취한 타액($r=0.60$)에서 유의한 양의 상관성

을 보였다. 대조 타액과 포도당 용액 양치 후 타액 내 칼륨 이온 농도는 양치 후 30분 뒤에 채취한 타액($r=0.44$)에서 양의 상관 관계가 유의하게 성립되었다. 대조 타액과 자당 용액 양치 후 타액 내 마그네슘 이온 농도는 자당 용액 양치 후 즉시 채취한 타액($r=0.47$)과 20분 뒤에 채취한 타액($r=0.93$)에서 유의한 양의 상관 관계를 보였다. 대조 타액과 포도당 용액 양치 후 타액 내 마그네슘 이온 농도는 양치 후 5분 뒤에 채취한 타액($r=0.68$)과 20분 뒤에 채취한 타액($r=0.75$)에서 유의한 양의 상관성을 보였다. 그러나 자당 용액 양치와 포도당 용액 양치 간의 타액 내 칼륨 이온과 마그네슘 이온 농도의 상관성은 95% 신뢰수준에서 유의하게 관찰되지 않았다.

IV. 고 찰

구강질환과 관련된 요인은 숙주요인, 환경요인, 병원체요인으로 알려져 있으며, 그중 당질 함유 식품의 섭취는 타액 내 다양한 이온들의 농도를 변화시켜 구강 건강에 악영향을 미친다는 선행연구[19-22]에 기인하여 본 연구를 설계하였고, 타액 성분 중 구강 및 치아조직의 건강과 관련성이 높은 칼륨과 마그네슘 이온이 당 성분(자당, 포도당)에 노출되었을 때, 접촉시간에 따른 이온 농도 변화와 회복시간을 이온 크로마토그래피법으로 정량 분석하여 평가하고자 하였다.

선행연구에서 타액 내 양이온 농도를 분석한 방법으로 고성능 액체 크로마토그래피법[22], 칼슘 전극법[23], 광도계법[24][25]과 원자 흡수 분광법[26-28] 등이 있었

표 4. 대조군(용액 양치 전) 타액과 자당 및 포도당 용액 양치 후 타액 간의 상관계수(r)

	시간(분)	대조군							자당						
		0	5	10	20	30	45	60	0	5	10	20	30	45	60
칼륨	대조군	1													
	자당	0.44	0.68*	0.60*	0.64	0.74	0.55	0.62	1						
	포도당	0.26	0.63	0.64	0.79	0.44*	0.75	0.61	0.47	0.73	0.75	0.87	0.71	0.59	0.51
마그네슘	대조군	1													
	자당	0.47*	0.64	0.66	0.93*	0.71	0.59	0.69	1						
	포도당	0.41	0.68*	0.53	0.75*	0.67	0.86	0.76	0.32	0.62	0.69	0.75	0.54	0.66	0.71

* pearson's correlation coefficient($\alpha=0.05$)

다. Guidozzi 등의 연구[28]에서는 타액 내 칼륨은 60.1 mmol/L(2350 mg/L), 마그네슘은 0.15 mmol/L(3.6 mg/L)라고 측정하였다. 또한 Huizenga 등의 연구[29][30]에서는 칼륨은 17 mmol/L(664 mg/L), 마그네슘은 0.12 mmol /L(3.3 mg/L)로 분석되었다. Shannon 등의 연구[31]에서는 소아 타액 내 마그네슘 농도를 3.3 mg/L로 검출하였고, Gilfrich 등의 연구[32]에서는 0.17 mmol/L(4.1 mg/L)로 타액 내 마그네슘 농도를 측정하였다. 이처럼 타액 내 칼륨과 마그네슘 농도에 대한 연구는 활발히 진행되고 있으나, 측정값에는 큰 차이가 있음을 확인하였다. 이는 분석방법의 차이와 분석조건, 연구대상자의 편차 등의 영향이 크게 작용하는 타액 실험의 특성이라 사료된다. 본 연구의 대조 타액 내 칼륨 이온의 평균 농도는 각각 274.3 ± 77.9 mg/l, 279.2 ± 62.1 mg/l 였으며, 마그네슘 이온의 평균 농도는 4.5 ± 2.5 mg/l, 4.8 ± 2.0 mg/l 였다. 자당과 포도당 양치에 따른 타액 내 칼륨 이온의 평균 농도는 양치 직후와 5분에 채취한 타액에서 유의하게 감소됨을 확인하였고($p < 0.05$), 마그네슘 이온의 평균 농도는 양치 직후에 채취한 타액에서 유의하게 감소됨을 확인하였다($p < 0.05$). 즉, 당분을 섭취하면 EMP (Embliden Meyerhof Parnas) 순환을 통한 해당 과정의 결과로 치아우식증을 유발하는 유기산이 생성되며[33][34], 당분 식음료를 섭취한 후 5분 경에 채취한 타액에서 유기산의 농도가 급격하게 높아졌음을 보고한 선행연구[20][21]와 본 연구의 결과를 종합하면, 당질 식품을 섭취한 직후에서 5분 사이의 구강 내 변화는 유기산을 비롯한 구강 건강 위험 인자의 농도는 증가하는 반면, 칼륨 및 마그네슘 등 구강 건강에 기여하는 미네랄 농도는 낮아짐을 확인하였다.

또한 대조 타액과 자당 및 포도당 용액 양치 후 경과 시간에 따른 타액 내 칼륨 및 마그네슘 이온의 상관성을 분석한 결과, 자당 용액 양치 후 5분($r=0.68$), 10분($r=0.60$) 에 채취한 타액에서 칼륨 농도가 유의한 양의 상관성을 보였으며, 포도당 용액은 30분($r=0.44$) 후에 상관성을 확인할 수 있었다. 마그네슘 이온은 자당 양치 후 즉시 채취한 타액($r=0.47$)과 20분에 채취한 타액($r=0.93$)에서 유의한 양의 상관관계를 보였으며, 포도당 양치 후 5분($r=0.68$)과 20분($r=0.75$)에서 유의한 양의

상관관계를 확인하였다. 이는 박 등의 연구[34]에서도 당 섭취 직후에는 유기산의 농도가 급격히 높아지나, 타액의 유출량과 자정작용의 영향으로 20분까지 유기산 농도가 서서히 낮아지고, 30분 경과 후에도 계속적으로 감소되나 큰 차이 없이 지속되었다는 연구결과와 유사하였다. 즉, 음식물 섭취 후 최대 30분까지는 자극에 의해 타액 내 이온 농도의 변화가 야기되나, 그 이후에는 타액 이온 농도가 유지됨을 확인하였다.

본 연구의 한계점은 다음과 같다. 첫째, 연구대상자를 전신과 구강질환이 없는 20대의 건강한 여성으로만 선정하여 타액 내 칼륨과 마그네슘 이온을 평가하였다. 이는 표본의 대표성을 평가하기에 한계가 있으므로 향후 연구에서는 남성과 다양한 연령층을 보완할 필요가 있다. 둘째, 본 연구에서는 당 성분 접촉시간에 따른 칼륨과 마그네슘 이온 농도 변화와 회복시간 만을 파악하였다. 따라서 추후 연구에서는 구강 내 타액을 구성하는 다양한 이온들에 대한 복합적인 분석이 필요하며, 더불어 타액 이온 농도 변화가 구강질환에 미치는 영향 등의 구체적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

선행연구와 같이 인체의 개별 특성으로 인하여 타액 성분의 이온 함량을 표준화하거나 분류하는 것은 어려우나, 본 연구에서는 당분이 함유된 음식물 섭취 시 구강 내의 칼륨과 마그네슘의 농도 변화를 정량분석하였기에 구강질환을 유발하는 시간을 예측하고, 예방법 마련을 위한 기초자료로 활용될 수 있으리라 사료된다.

V. 결론

본 논문은 자당과 포도당 용액 양치 후 타액 내 칼륨 및 마그네슘 이온의 농도를 정량 분석하였고, 아래와 같은 결론을 도출하였다.

1. 본 연구에 사용된 칼륨과 마그네슘 샘플은 50 mg/l 까지 각각 $r^2 > 0.9977$, $r^2 > 0.9997$ 로 우수한 선형성을 보였고, 선형 방정식의 기울기는 0.7242, 0.9546이며, 검출한계는 0.064 mg/l, 0.062 mg/l, 정량한계는 0.162 mg/l, 0.144 mg/l 로 각각 분석되었다.

2. 자당과 포도당으로 양치하기 전의 대조 타액 내 칼륨 이온의 평균 농도는 각각 274.3 ± 77.9 mg/l,

279.2±62.1mg/l 였으며, 자당과 포도당으로 양치하기 전의 대조 타액 내 마그네슘 이온의 평균 농도는 각각 4.5±2.5 mg/l, 4.8±2.0 mg/l 이었다.

3. 자당과 포도당 양치에 따른 타액 내 칼륨 이온의 평균 농도는 양치 직후와 5분에 채취한 타액에서 유의하게 감소됨을 확인하였고(p<0.05), 포도당에 비해 자당으로 양치할 경우 더 빨리 회복되었다. 자당과 포도당 용액 양치에 따른 마그네슘 이온의 평균 농도는 양치 직후에 채취한 타액에서 유의하게 감소됨을 확인하였다(p<0.05).

4. 대조 타액(Control)과 자당 용액 양치 후 경과 시간에 따른 타액 내 칼륨 이온의 상관계수는 자당 용액 양치 후 5분에 채취한 타액(r=0.68)과 10분 뒤에 채취한 타액(r=0.60)에서 유의한 양의 상관성을 보였다. 마그네슘 이온의 상관계수는 양치 후 즉시 채취한 타액(r=0.47)과 20분 뒤에 채취한 타액(r=0.93)에서 유의한 양의 상관관계를 보였다.

5. 대조 타액(Control)과 포도당 용액 양치 후 타액 내 칼륨 이온 농도는 양치 후 30분 뒤에 채취한 타액(r=0.44)에서 양의 상관관계가 유의하게 성립되었다. 마그네슘 이온 농도는 양치 후 5분 뒤에 채취한 타액(r=0.68)과 20분 뒤에 채취한 타액(r=0.75)에서 유의한 양의 상관성을 보였다. 그러나 자당과 포도당 용액 양치 간의 타액 내 칼륨 이온과 마그네슘 이온 농도의 상관성은 95 % 신뢰수준에서 유의하게 관찰되지 않았다.

참 고 문 헌

[1] 안구윤, 김보영, 이승원, 김경근, 박성식, "신장에서 칼륨 식이 변화에 따른 H/K-ATPase α Subunit(HK α 2a, HK α 2b) 유전자 발현의 변화," 대한신장학회지, 제 18권, 제5호, pp.672-682, 1999.
 [2] B. B. Meyer, M. Y. Ibrahim, C. B. Bas, L. Cheval, S. Marsy, and A. Doucet, "K depletion modifies the properties of Sch 28080-sensitive K-ATPase in rat collecting duct," J. of American physiology, Vol.272, No.1, pp.124-131, 1997.
 [3] 신경남, 이혜상, 권정숙, "제2형 당뇨병환자에 대한 영양교육이 당뇨병 관리와 혈액 항산화 상태에 미치는 영향," 한국식품영양과학회지, 제40권, 제5호,

pp.689-695, 2011.
 [4] P. Newmark, "Events at the surface of the cell," J. of Nature, Vol.317, No.6036, p.380, 1985.
 [5] I. L. Cameron, N. K. R. Smith, T. B. Pool, and R. L. Sparks, "Intracellular concentration of sodium and other elements as related to mitogenesis and oncogenesis in vivo," J. of Cancer Research, Vol.40, pp.1493-1500, 1980.
 [6] 조훈, 정지강, 김소영, 박건영, "칼륨축염의 in vitro 항암 기능성 증진 효과," 한국식품영양과학회지, 제41권, 제9호, pp.1248-1252, 2012.
 [7] I. Z. Nagy, G. Lustyik, G. Lukács, V. Z. Nagy, and G. Balázs, "Correlation of malignancy with the intracellular Na⁺:K⁺ ratio in human thyroid tumors," J. of Cancer Research, Vol.43, No.11, pp.5395-5402, 1983.
 [8] 임인석, "저칼륨혈증과 고칼륨혈증," 대한소아과학회지, 제49권, 제5호, pp.470-474, 2006.
 [9] D. N. Zull, "Disorders of potassium metabolism," J. of the Emergency Medicine Clinics of North America, Vol.7, No.4, pp.771-865, 1989.
 [10] P. J. M. Tutton and D. H. Barkla, "The influence of dibutyryl adenosine cyclic monophosphate on cell proliferation in the epithelium of the jejunal crypts, the colonic crypts and colonic carcinoma of rat," J. of Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology, Vol.7, pp.275-280, 1980.
 [11] J. D. Wilhelm, and M. Ketteler, "Magnesium basics," J. of Clinical Kidney, Vol.5, No.1, pp.3-14, 2012.
 [12] I. Bodaker, I. Sharon, M. T. Suzuki, R. Feingersch, M. Shmoish, E. Andreishchev, M. L. Sogin, M. Rosenberg, M. E. Maguire, S. Belkin, A. Oren, and O. Béjà, "Comparative community genomics in the Dead Sea: an increasingly extreme environment," J. of International Society for Microbial Ecology, Vol.4, No.3, pp.399-407, 2010.
 [13] M. E. Maguire and J. A. Cowan, "Magnesium chemistry and biochemistry," J. of Biometals, Vol.15, No.3, pp.203-210, 2002.
 [14] H. Geiger and C. Wanner, "Magnesium in

- disease," *J. of Clinical Kidney*, Vol.5, No.1, pp.25-38, 2012.
- [15] J. H. Baaij, J. G. Hoenderop, and R. J. Bindels, "Regulation of magnesium balance: lessons learned from human genetic disease," *J. of Clinical Kidney*, Vol.5, No.1, pp.15-24, 2012.
- [16] D. M. Spiegel, "Magnesium in chronic kidney disease: unanswered questions," *J. of Blood Purification*, Vol.31, pp.172-176, 2011.
- [17] A. L. Fontaine, A. Zavgorodniy, H. Liu, R. Zheng, M. Swain, and J. Cairney, "Atomic-scale compositional mapping reveals Mg-rich amorphous calcium phosphate in human dental enamel," *J. of science advances*, Vol.2, No.9, pp.1-6, 2016.
- [18] M. P. Levin, L. L. Yearwood, and W. N. Carpenter, "The desensitizing effect of calcium hydroxide and magnesium hydroxide on hypersensitive dentin," *J. of oral surgery oral medicine oral pathology*, Vol.35, No.5, pp.741-746, 1973.
- [19] P. H. Keyes, "Present and future measures for dental caries control," *J. of American Dental Association*, Vol.79, No.6, pp.1395-1404, 1969.
- [20] Y. D. Park, J. H. Jang, Y. J. Oh, and H. J. Kwon, "Analyses of organic acids and inorganic anions and their relationship in human saliva before and after glucose intake," *J. of Archives of Oral Biology*, Vol.59, No.1, pp.1-11, 2014.
- [21] S. M. Yoo and G. S. Ahn, "Correlation of Oral Microorganism and Carboxylic Acid in Oral Cavity," *J. of International Journal of Clinical Preventive Dentistry*, Vol.11, No.3, pp.165-170, 2015.
- [22] 박정은, 황수연, 김설악, "칼슘 섭취 후 타액 내 칼슘 및 마그네슘 농도가 치아우식활성도에 미치는 영향," *한국치위생학회지*, 제17권, 제2호, pp.283-294, 2017.
- [23] F. Guidozzi, M. MacLennan, K. M. Graham, and C. P. Jooste, "Salivary calcium, magnesium, phosphate, chloride, sodium and potassium in pregnancy and labour," *J. of South African Medical*, Vol.81, No.3, pp.152-156, 1992.
- [24] T. Shpitzer, G. Bahar, R. Feinmesser, and R. M. Nagler, "A comprehensive salivary analysis for oral cancer diagnosis," *J. of Cancer Research Clinical Oncology*, Vol.133, No.9, pp.613-617, 2007.
- [25] L. P. Carmen, "The rôle of saliva in maintaining oral health and as an aid to diagnosis," *J. of Medicina Oral Patologia Oral Cirurgia Bucal*, Vol.11, No.5, pp. 449-455, 2006.
- [26] C. Dawes, "Salivary flow patterns and the health of hard and soft oral tissues," *J. of American dental association*, Vol.139, pp.18-24, 2008.
- [27] M. Rabiei, I. S. Masooleh, E. K. Leyli, and L. R. Nikoukar, "Salivary calcium concentration as a screening tool for postmenopausal osteoporosis," *J. of Rheumatic Diseases*, Vol.16, No.2, pp.198-202, 2013.
- [28] F. Guidozzi, M. MacLennan, K. M. Graham, and C. P. Jooste, "Salivary calcium, magnesium, phosphate, chloride, sodium and potassium in pregnancy and labour," *J. of South African Medical*, Vol.81, No.3, pp.152-154, 1992.
- [29] J. R. Huizenga, A. Vissink, E. J. Kuipers, and C. H. Gips, "Helicobacter pylori and ammonia concentrations of whole, parotid and submandibular/ sublingual saliva," *J. of Clinical Oral Investigations*, Vol.3, No.2, pp.84-91, 1999.
- [30] J. R. Huizenga and C. H. Gips, "Determination of ammonia in saliva using indophenol, an ammonium electrode and an enzymatic method: A comparative investigation," *J. of Clinical chemistry and clinical biochemistry*, Vol.20, No.8, pp.571-575, 1982.
- [31] I. L. Shannon and R. P. Feller, "Parotid saliva flow rate, calcium, phosphorus, and magnesium concentrations in relation to dental caries experience in children," *J. of Pediatric Dentistry*, Vol.1, No.1, pp.16-20, 1979.
- [32] H. J. Gilfrich, H. J. Engel, and W. Prellwitz, "Magnesium concentration in saliva -- An indicator of digitalis toxicity," *J. of Wiener Klinische Wochenschrift*, Vol.59, No.12,

pp.617-621, 1981.

- [33] N. Takahashi and T. Yamada, "Glucose and lactate metabolism by Actinomyces naeslundii," J. of Critical Reviews in Oral Biology and Medicine, Vol.10, No.4, pp.487-503, 1999.
- [34] 박정은, 장종화, "자당 및 탄산은로 섭취 후 생성되는 구강 내 치아우식 유발성 유기산의 농도 차이," 한국치위생학회지, 제17권, 제3호, pp.381-394, 2017.

저 자 소 개

이 혜 진(Hye-Jin Lee)

정회원



- 2003년 2월 : 단국대학교 치의학과 (치의학석사)
- 2011년 2월 : 경북대학교 치의학과 (치의학박사)
- 2004년 3월 ~ 현재 : 동부산대학교 치위생과 부교수

〈관심분야〉 : 예방치위생, 치과생체재료

양 달 님(Dal-Nim Yang)

정회원



- 2013년 2월 : 가톨릭대학교 의료경영학과(의료경영학석사)
- 2017년 2월 : 경희대학교 치의학과 (치의학박사)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 동부산대학교 치위생과 겸임교수

〈관심분야〉 : 예방치위생, 치과생체재료