

치면열구전색 전후의 어린이 소변 내 Bisphenol-A의 농도 변화

신아라¹, 김지혜¹, 전은숙², 정윤숙¹, 송근배¹, 최연희¹

¹경북대학교 치의학전문대학원 예방치과학교실, ²춘해보건대학교 치위생학과

Changes in bisphenol A concentrations in urine according to sealant filling in children

Ah Ra Shin¹, Ji-Hye Kim¹, Eun Suk Jeon², Yun-Sook Jung¹, Keun-Bae Song¹, Youn-Hee Choi¹

¹Department of Preventive Dentistry, School of Dentistry, Kyungpook National University, Daegu,

²Department of Dental Hygiene, Choonhae College of Health Sciences, Ulsan, Korea

Received: March 8, 2017

Revised: November 14, 2017

Accepted: December 12, 2017

Corresponding Author: Youn-Hee Choi

Department of Preventive Dentistry,
School of Dentistry, Kyungpook National
University, 2177 Dalgubeol-daero, Jung-
gu, Daegu 41940, Korea
Tel: +82-53-660-6871

Fax: +82-53-423-2947

E-mail: cyh1001@knu.ac.kr

*This research was supported by Basic
Science Research Program through
the National Research Foundation of
Korea (NRF) funded by the Ministry
of Science, ICT & Future Planning
(2013R1A1A3010434).

Objectives: The objectives of this study were to investigate the changes in bisphenol A (BPA) concentrations in urine from before to after sealant filling and the relationship between BPA and the number of teeth with sealed surfaces.

Methods: Thirty-one children aged 6 and 7 years from three elementary schools in Daegu city who did not have any sealant and resin filling were selected as subjects. Urine samples were collected before and after sealant filling until 24 hours, with informed consent from their caregivers. The BPA concentration in all the collected urine samples was analyzed at Seegene Medical. Statistical analysis was performed using the Friedman test, Scheirer-Ray-Hope test, and the repeated-measures generalized linear mixed model of SPSS version 22.0.

Results: The BPA concentrations increased from 3.49-μg/g creatinine before to 4.91-μg/g creatinine 2-3 hours later and to 4.15-μg/g creatinine after 24 hours. The more teeth with sealed surfaces, the higher the BPA concentration in children, but the difference was not statistically significant ($P>0.05$).

Conclusions: The BPA concentrations were highest at 2-3 hours after sealant filling and decreased at 24 hours. Exposure to the sealant appears to have a meaningful correlation with the concentration of BPA in the urine of children.

Key Words: Bisphenol A (BPA), Children, Sealant, Urine

서론

치아우식증은 구강 내에서 발병하는 대표적인 질환 중 하나로 한번 손상되면 원래상태로 회복이 되지 않아 예방관리가 그 무엇보다 중요하다¹⁾. 치아우식증은 주로 교합면의 소와 및 열구에서 60%이상 발생한다고 알려져 있다²⁾. 그 이유는 교합면의 소와와 열구의 형태가 불규칙하며 좁고 깊어 칫솔강도가 잘 들어가지 못

해 관리가 어려울 뿐만 아니라 타액의 자정작용 역시 미치기가 어렵기 때문이다³⁾. 이러한 교합면의 소와와 열구 우식증을 예방하기 위한 가장 효과적인 방법은 치면열구전색으로⁴⁾, 건전한 구치부 교합면의 소와와 열구에 물리적 장벽을 형성하여 음식물 잔사와 미생물이 소와와 열구에 침투하는 것을 차단하여⁵⁾, 80-90%의 높은 우식예방 효과가 나타나는 것으로 알려져 있다⁶⁾. 이처럼 우수한 치아우식 예방 효과로 인해 2002년부터 치면열구전색사업을 국

가 차원의 구강보건사업으로 선정하였고⁷⁾, 2009년 12월부터는 치면열구전색이 건강보험 급여화 항목에 포함 되었다⁸⁾. 이러한 적극적인 치면열구전색 시행의 결과로 만 12세 아동의 치면열구전색 보유자율이 2006년 34%, 2010년 48.9%, 2012년 62.5%로 꾸준히 증가 하였으며, 2015년 57.8%로 감소하긴 하였으나, 여전히 높은 수준으로 상당수의 어린이들이 치면열구전색제를 보유하고 있는 것을 확인 할 수 있다⁹⁾. 그러나 최근 치면열구전색제로 널리 사용되는 레진계열의 전색제에, 충전재의 점도와 강도를 위해서 첨가된 Bisphenol-A-Glycidyl Methacrylate (Bis-GMA) 등의 BPA 유도체 중 일부가 타액 내 esterase에 의한 가수분해를 통해서, 환경호르몬이라고 알려진 내분비계 교란물질(endocrine disrupting compounds; EDCs)인 Bisphenol-A (BPA)가 유리된다는 연구결과로 논란이 되고 있다¹⁰⁾. BPA는 주로 아기젖병, 식품과 음료의 저장용기 및 포장재 등과 같은 폴리카보네이트 플라스틱이나 식품 및 음료캔, 수도관 부식방지용 내부코팅제, 치과용 충전재료 등에 사용되는 에폭시수지 물질로 일상생활용품에 주로 사용되어지는 유기화합물이다¹¹⁾. 이러한 BPA는 여성호르몬인 에스트로겐과 남성호르몬인 안드로겐 수용체와 결합하여 이들 호르몬과 유사한 작용을 하여 인체에 위대한 영향을 끼친다고 알려졌다^{12,13)}. 또한 어린이에서 조기 누출 시 불안과 우울증을 증가시키고, 과잉행동과 같은 정신적 문제와 성조숙증과 같은 신체적 문제가 증가한다는 보고도 있다¹⁴⁾. 이와 같은 BPA의 유해성으로 인해 외국에서는 다양한 연구들이 진행 되고 있으나^{15,16)}, 국내연구는 미비한 실정이다. 국내 연구로 Kim과 Choi¹⁷⁾의 연구는 그 대상자가 9명으로 적었고, Chung 등¹⁸⁾의 연구에서는 시간의 변화에 따른 BPA의 농도를 확인할 수 없었다. 또한 국내뿐 아니라 국외 연구에서도 플라스틱 용기사용과 같은 환경적 요인을 고려한 연구는 찾아볼 수 없었다. 따라서 본 연구는 어린이를 대상으로 치면열구전색 전과 후의 소변 내 BPA의 농도 변화와 치면열구전색을 시행한 치면 수에 따른 소변 내 BPA의 농도 변화를 확인 하고 소변 내 BPA 농도에 영향을 미칠 수 있는 환경적 요인을 고려하여 치면열구전색과 소변 내 BPA 농도 변화를 비교해 보고자 하였다.

연구대상 및 방법

1. 연구대상

경북대학교병원 임상연구윤리심의위원회(Institutional review board; IRB)로부터 연구 승인을 얻은 후(IRB NO: KNUH_2013-07-009) 2014년 6월부터 2015년 11월까지 대구광역시 소재 3개 초등학교의 1-2학년 재학생중 부모가 연구 참여에 동의한 학생 총 253명을 대상으로 구강검진을 시행 후 구강 내 제1대구치가 3개 이상 맹출 하고 레진계열의 충전물과 글래스이오노머 충전물이 없는 어린이 31명을 최종 대상자로 선정하였다. 글래스이오노머 충전물은 레진계열 충전물과 구분이 어려울 것으로 판단되어 대상자에서 제외하였다.

2. 연구방법

2.1. 구강검진 및 치면열구전색

WHO 기준에 의거하여 치과 의사 1인이 인공조명 하에서 치아 상태를 검사하였고, 치면열구전색은 제1대구치 건전한 치면의 소와와 열구에 3M ESPE Clinpro™ Sealant (3M, MS, USA)를 사용하였다. 치면열구전색제는 대상자들을 모집한 지역사회 치과의원에서 추천되는 제품을 편의적으로 선택하였다. 제조사의 지시에 따라 전색 대상 치아에 37% Phosphoric acid (Den Fil™ Etchant-37, VERICOM, Korea)로 30초간 산부식 후 Sealant를 도포하고 20초 가량 광중합기(BC300, B&B System, Korea)를 이용하여 광중합을 시행하였고 전색 완료 후 30초간 입을 행구도록 하였다.

2.2. 소변시료채취 및 분석

소변시료의 채취를 위해 연구자 본인이 대상자들의 학교를 방문하여 평균 처리된 1회용 스페시멘 컵(120 ml)을 사용하여 치면열구전색 전, 전색 2-3시간 후, 전색 24시간 후의 소변시료를 수집하였다. 소변채취시간은 Joskow 등¹⁹⁾의 연구를 참고 하였다. 기존 연구에서는 치면열구전색 전, 전색 1시간 후, 전색 24시간 후의 시간에 채취하였으나, 현실적으로 전색 전 소변채취를 하고 1시간 후에 다시 소변을 채취하는 과정이 쉽지 않아 2-3시간 후로 변경하였다. 수집된 소변은 중금속 오염의 우려가 없는 2 ml polypropylene conical tube에 분주하여 분석 전까지 -70°C 저온냉동고에 보관 후 분석업체(Seegene medical)에 의뢰하여 시료운반 및 소변 내 BPA의 농도와 크레아티닌 농도를 분석하였다. 크레아티닌은 근육의 크레아틴이 분해되어 소변으로 배설되는 산물로서 체내 근육량의 일일 대사율이 일정하기에 소변 내 유해물질의 양을 보정하는 기준으로 일반적으로 사용된다²⁰⁾.

2.3. 소변 시료의 BPA 분석

BPA분석에 사용한 장비는 액체크로마토그래피 질량분석기(HPLC-MSMS, Agilent 6410, USA)를 사용하였고, 질량분석기의

Blank, QC, sample	1 mL
+Acetate buffer	1 mL
+ Enzyme	20 µL
Enzyme hydrolysis	
-Mix 37°C at 180 rpm	16 hr
+HCl	100 µL
+ISTD	50 µL
+Diethyl ether	4 mL
-Mix	1 hr
-Centrifuge	5 min
-Extraction (upper phase)	
-Evaporation (N2)	
+ACN	300 µL
Analysis	5 µL

Fig. 1. Urine sample preparation.

이온화방식은 전기분무 이온화 (Electrospray ionization; ESI) 방법을 사용하였다(Fig. 1). 소변 시료는 전처리과정을 거친 후 시료의 질량값을 측정하여 검정곡선으로부터 농도를 구한 다음 검정곡선 범위가 20%가 넘는 농도로 나올 때에는 재검하도록 하였고, 검정곡선의 상관계수는 0.99 이상이 되도록 하였다. 검출한계(Limit of detection; LOD)는 0.112였고 이 수치 이하의 결과는 LOD의 1/2값으로 처리 하였다.

2.4. 설문조사

설문조사는 인구사회학적 요인으로 어린이의 성별, 연령, 부모의 소득수준, 부모의 교육수준 및 직업을 조사 하였으며, 소변 내 BPA의 농도에 영향을 미칠 수 있는 환경적 요인으로 통조림 음식의 섭취 빈도, 상업용 일회용 랩에 노출 빈도, 플라스틱 용기의 노출 빈도를 조사하였다. 이러한 환경적 요인의 선정 기준은 캐나다 연방보건국의 Health risk assessment of bisphenol A from food packaging applications 자료를 바탕으로 선정하였다²¹⁾.

3. 통계분석

수집된 모든 자료는 통계분석용 소프트웨어인 SPSS 22.0 프로그램(SPSS Inc, IL, USA)을 이용하여 분석하였다. 연구대상자의 치면열구전색 전과 2-3시간 후 그리고 24시간 후의 소변에서의 BPA의 농도변화 변수에 대해 정규분포성을 검정하였으나 이를 만족하지 않아 비모수분석 방법인 Friedman 검정을 통해 분석하였으며, 환경적요인의 노출, 그리고 치면열구전색 치면수에 따른 치면열구전색 전과 2-3시간 후 그리고 24시간 후의 소변에서의 BPA의 농도변화는 Scheirer-Ray-Hope test로 분석하였고, 통계적으로 유의한 차이가 인정되는 경우, 각각 Wilcoxon의 순위합 검정과 Mann-Whitney test를 이용하여 사후 검정을 수행하였다. 사후검정의 통계적 유의성 판단은 Bonferroni 방법으로 유의수준을 보정하여 해석하였다. 또한 소변 내 BPA에 영향을 미칠 수 있는 환경적 요인을 보정하여 치면열구전색이 소변 내 BPA의 농도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 소변 내 BPA 농도를 Log로 치환하여 Repeated measures generalized linear mixed model을 통하여 분석하였으며, 유의성 판정을 위한 유의수준은 5%로 고려하였다.

연구 성적

1. 치면열구전색 전후의 소변 내 BPA 농도 변화

연구대상자는 총 31명으로 남학생이 17명(54.8%), 여학생이 14명(45.2%)이었고, 나이는 8세가 25명(80.8%)이었고, 9세가 6명(19.4%)이었다.

치면열구전색 전의 소변에서의 BPA 농도는 3.49 ± 3.11 $\mu\text{g/g}$ Creatinine이었고, 전색 2-3시간 후 4.91 ± 4.09 $\mu\text{g/g}$ Creatinine으로 증가하였고, 전색 24시간 후 4.15 ± 3.02 $\mu\text{g/g}$ Creatinine으로 감소하였다. 이들 BPA 농도에 대한 Shapiro-Wilk 정규성 검정을 실시한 결과, 모두 정규성을 만족하지 못하였기에($P < 0.05$), 비모수검정방법인 Friedman 검정을 적용하였고, 시간에 따른 변화는 통계적으로 유의하였다($P < 0.05$). 사후분석 결과, 전색 전과 전색 2-3시간 후 간의 통계적으로 유의한 차이가 있었다($P = 0.001$, Fig. 2).

2. 치면열구전색 치면수에 따른 소변 내 BPA 농도 변화

치면열구전색 치면수에 따른 소변에서의 BPA 농도 변화는 치면열구전색 치면이 6면 이하인 경우 치면열구전색 전 3.38 ± 1.38 $\mu\text{g/g}$ Creatinine, 전색 2-3시간 후 4.81 ± 1.33 $\mu\text{g/g}$ Creatinine, 전색 24시간 후 3.66 ± 1.19 $\mu\text{g/g}$ Creatinine이었고, 7면 이상인 경우 치면열구전색 전 3.50 ± 3.30 $\mu\text{g/g}$ Creatinine, 전색 2-3시간 후 4.92 ± 4.37 $\mu\text{g/g}$ Creatinine, 전색 24시간 후 4.21 ± 3.21 $\mu\text{g/g}$

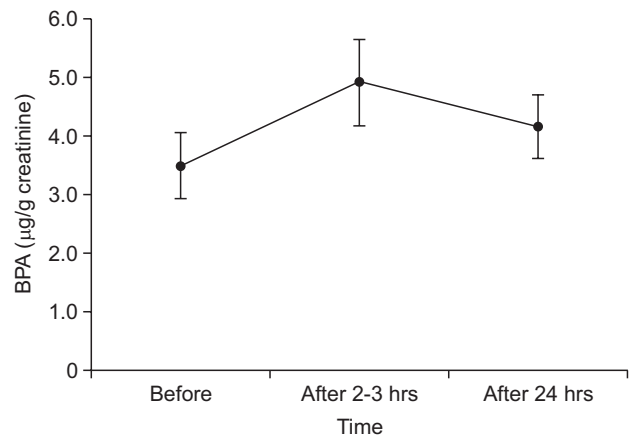


Fig. 2. Change of creatinine adjusted BPA concentrations before and after sealant restoration.

Table 1. Creatinine adjusted BPA concentrations according to number of dental sealant surfaces

	N (%)	BPA ($\mu\text{g/g}$ Creatinine)			P-value [†]		
		Before	After 2-3 hrs	After 24 hrs	Time ^{a)}	Factor ^{b)}	Time* factor ^{c)}
Sealant surfaces							
≤6	4 (54.8)	3.38 ± 1.38	4.81 ± 1.33	3.66 ± 1.19	.062	.127	.613
≥7	27 (45.2)	3.50 ± 3.30	4.92 ± 4.37	4.21 ± 3.21			

[†]Significances from Scheirer-Ray-Hare extension of Kruskal-Wallis test (P -value < 0.05) on ^{a)}the experimental times, ^{b)}grouping factors (e.g. plastic use, wrap use, and canned food), and ^{c)}their interactions.

Creatinine으로 전색 전에 비해 전색 2-3시간 후에서 BPA의 농도가 증가 하였고, 24시간 후 감소하였지만 통계적으로 유의한 차이는 없었다($P>0.05$, Table 1, Fig. 3).

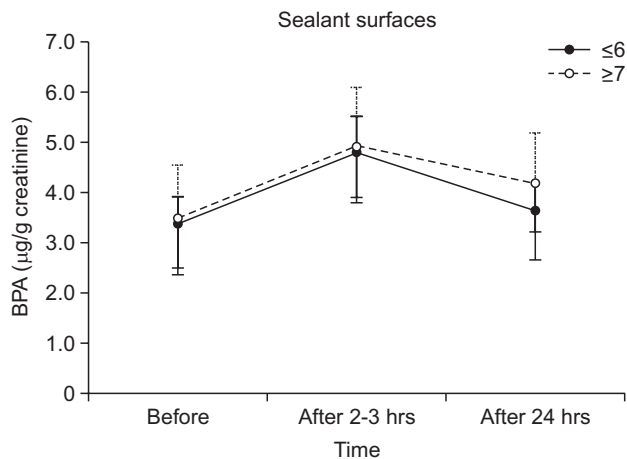


Fig. 3. Change of creatinine adjusted BPA concentrations according to the number of sealant surfaces.

3. 환경적 요인의 노출 빈도에 따른 치면열구전색 전후의 소변 내 BPA 농도 변화

플라스틱 용기의 노출 빈도에 따른 치면열구전색 전후의 소변에서의 BPA 농도 변화는 치면열구전색 전보다 전색 2-3시간 후에서 BPA의 농도가 증가 하였다가 전색 24시간 후 감소하여 통계적으로 유의한 차이가 있었고, 사후분석 결과 치면열구전색 전과 전색 2-3시간 후에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다($P<0.05$).

요인간의 차이는 상업용 일회용 랩 사용 빈도와 통조림 음식 섭취빈도에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다($P<0.05$, Table 2).

4. 치면열구전색이 소변 내 BPA 농도 변화에 미치는 영향

치면열구전색이 소변 내 BPA 농도 변화에 미치는 영향을 알아보기 위해 통조림 음식 섭취 빈도, 상업용 일회용 랩 및 플라스틱 용기의 노출 빈도와 같은 환경적 요인을 보정한 결과로 치면열구전색 전과 전색 2-3시간 후 그리고 전색 24시간 후의 시간의 경과에 따른 소변 내 BPA 농도는 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($P<0.05$). 그러나 치면열구전색 치면수에 따른 소변 내 BPA 농도 변화는 유의한 차이가 없었다($P>0.05$, Table 3).

Table 2. Change of creatinine adjusted BPA concentrations according to frequency of using plastic, wrap and eating canned food

	N (%)	BPA (µg/g Creatinine)			P-value [†]		
		Before	After 2-3 hrs	After 24 hrs	Time ^{a)}	Factor ^{b)}	Time* factor ^{c)}
Frequency of plastic use per month					.010*	.600	.514
Almost none	17 (54.8)	3.16±2.32	5.04±3.85	3.74±2.38			
More than once	14 (45.2)	3.89±3.92	4.70±4.50	4.64±3.68			
Frequency of wrap use per month					.091	.000*	.566
Almost none	12 (38.7)	5.50±3.93	7.50±5.01	5.74±3.71			
More than once	19 (61.3)	2.22±1.51	3.27±2.27	3.14±2.01			
Eating canned food per month					.059	.002*	.980
Almost none	7 (22.6)	2.54±1.92	4.07±4.22	3.13±2.33			
More than once	24 (77.4)	3.76±3.36	5.15±4.10	4.44±3.18			

[†]Significances from Sheirer-Ray-Hare extension of Kruskal-Wallis test (P -value <0.05) on ^{a)}the experimental times, ^{b)}grouping factors (e.g. plastic use, wrap use, and canned food), and ^{c)}their interactions. and "Before<After 2-3H" was significantly different in 'frequency of plastic use' from multiple comparison with Bonferroni corrected Mann-Whitney test (P -value=0.018).

Table 3. Repeated measures generalized linear mixed model results for log-transformed creatinine corrected BPA

	Log BPA (µg/g Creatinine)		P-value	95% CI	
	Coefficient/Estimate	SE		Lower	Upper
Time			0.012 [†]		
Sealant surfaces			0.808		
Time					
Before	ref.				
After 2-3 hrs	0.332	0.105	0.005 [†]	0.104	0.559
After 24 hrs	0.263	0.129	0.045 [†]	0.006	0.520
Sealant surfaces					
≤6	ref.				
≥7	-0.083	0.341	0.808	-0.761	0.595
AIC=201.24			BIC=217.28		

[†] P -value <0.05 : adjusted for frequency of using plastic, wrap and eating canned food.

Effect of the interaction between Time and Sealant surfaces was not significant (P -value=0.869).

고 안

치아우식증의 예방을 위해 일반적으로 사용되는 레진계열의 치면열구전색제는 내분비장애물질인 BPA가 구강 내 유리 되어 전신에 흡수될 수 있고^{7,15,19}, 그로인해 인체에 다양한 부작용을 일으킬 수 있다고 보고되었다^{12,13}. 특히 어린이의 경우 성인에 비해 더 취약할 수 있다. Taylor 등²²의 설치류 연구에 의하면 어린쥐에서 동일한 양의 BPA를 경구로 투여 하였을 때 어른 쥐에 비해 10배나 높게 나타났다. 그럼에도 불구하고 국내에서는 어린이를 대상으로 한 연구가 미흡한 실정이다. 또한 BPA는 치과재료뿐만 아니라 일상생활 환경에서 쉽게 노출되어있으므로¹¹, 이러한 환경적인 요인을 고려하고자 한다. 이에 본 연구는 어린이를 대상으로 치면열구전색 전후와 치면열구전색 치면수에 따른 소변 내 BPA 농도변화를 조사하고 소변 내 BPA 농도에 영향을 미칠 수 있는 환경적인 요인을 고려하여 치면열구전색으로 인한 소변 내 BPA 농도 변화를 확인하고자 하였다. 분석결과 치면열구전색 전($3.49 \mu\text{g/g Creatinine}$)에 비해 전색 2-3시간 후($4.91 \mu\text{g/g Creatinine}$) 소변 내 BPA 농도가 증가하였고, 전색 24시간 후($4.15 \mu\text{g/g Creatinine}$)에는 전색 2-3시간 후 보다는 감소하였지만 전색 전에 비해서는 증가된 것을 확인할 수 있었다. 이와 같은 결과는 Joskow 등¹⁹의 연구에서 소변 내 BPA의 농도가 치면열구전색 전 2.41 ng/ml 에 비해 1시간 후 20.1 ng/ml 까지 증가하였고, 24시간 후 5.14 ng/ml 감소하였지만 전색 전에 비해 증가하였다는 연구결과와 일치하였다. 하지만 Martin 등²³의 연구에서는 소변 내 BPA의 농도가 치면열구전색 전 0.26 ng/ml 에 비해 전색 24시간 후 1.18 ng/ml , 점점 증가해 7일에서 가장 높은 1.21 ng/ml 로 나타났고, 14일 후 0.73 ng/ml 로 감소하였지만 전색 전의 농도로 회복 되지는 않았다고 하였으며, Kingman 등²⁴은 레진 충전 후 30시간까지 충전 전 보다 증가한 상태로 나타났다고 하였다. 본 연구와 선행연구들의 결과에서 BPA의 농도가 치면열구전색 전에 비해 전색 후 증가하였고 일정 시간이 경과 후 감소하는 양상은 비슷하지만 BPA 농도 변화의 시점에 대한 다른 결과가 나타났다. 이는 각 연구에서 사용된 치면열구전색제의 종류와 사용량이 다르고, BPA 농도를 분석 하는 방법의 차이가 있었으며, 또한 소변 내 BPA 농도에 영향을 줄 수 있는 다른 환경적 요인의 고려가 없었기 때문으로 사료된다.

치면열구전색 치면수에 따른 소변 내 BPA 농도변화의 결과 (Table 1) 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 하지만 선행연구결과 치면열구전색 치면수가 많을수록 소변과 타액내의 BPA의 농도가 높게 나타났다^{18,25}. 이와같이 선행연구결과와 차이 나는 이유는 본 연구의 대상자의 수가 적어 치면열구전색을 적용한 치면의 수가 다양한 분포를 나타내지 않아 대상자들의 전체 BPA 농도에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 생각된다. 향후 표본의 수를 확대 하여 추가적인 연구가 필요할 것이다.

소변 내 BPA 농도에 영향을 미칠 수 있는 환경적인 요인을 보정하여 분석한 결과 (Table 3) 치면열구전색 치면수에 따른 소변 내 BPA의 농도는 통계적으로 유의한 차이가 없었지만 치면열구전색 전과 2-3시간 후 그리고 24시간 후 시간의 경과에 따른 소변 내

BPA 농도 변화는 치면열구전색 2-3시간 후 $1.37 \mu\text{g/g Creatinine}$, 전색 24시간 후 $1.30 \mu\text{g/g Creatinine}$ 이 전색 전에 비해 통계적으로 유의하게 증가 하는 것을 알 수 있었다. 하지만 검출된 농도는 식품의약품안전평가원의 인체안전기준치(Tolerable Daily Intake; TDI) $50 \mu\text{g/kg/day}$ 의 기준보다 낮은 수준으로 Yi²⁶의 연구의 레진 충전으로 인해 대상자가 1일 최대 흡입할 수 있는 추정 BPA의 양이 $4.41\text{--}6.62 \mu\text{g}$ 으로 TDI 기준보다 현저하게 낮아 전혀 문제가 되지 않는 수준이라는 결과와 일치하였다. 하지만 van Landuyt 등²⁷은 대구치에 레진계열의 치관을 수복 후 24시간이 지나면 BPA의 유출량은 평균적으로 $13 \mu\text{g}$ 에서 최대 30 mg 까지 검출된다고 하였다. 그래서 평균 BPA 유출량은 TDI기준에 비해 250배나 적은 것으로 나타났지만, 최대유출량의 경우에 TDI보다 10배 더 높게 검출된다고 하였다. 이와같이 유출량의 범위가 다르게 나타나는 것은 각각의 연구에서 사용되는 충전재료 및 사용량에 따라 차이가 나는 것으로 추정된다. 그러므로 치면열구전색 재료로 인한 BPA의 유출량에 대한 명확한 확인을 위한 추가 연구가 필요하다. 또한 아직 치면열구전색으로 인한 BPA의 유출량에 대한 안전성을 신뢰할 수 없으므로 BPA를 줄이기 위한 방안이 필요하다. 레진계열의 충전 재료에서 BPA의 발생은 충전물의 최외층에 존재하는 단량체가 산소에 직접 노출되어 중합되지 않는 층을 형성(미중합단량체)하여 발생 된다¹⁰. 그러므로 미중합 단량체를 빠른 시간 내에 제거하는 것이 중요하다. Rueggeberg 등²⁸의 연구에 의하면 치면열구전색 후 러버컵 등을 이용하여 충전물을 연마하거나 면구 등을 이용하여 충전물을 문질러 미중합 단량체를 제거할 수 있고, 특히 러버컵을 이용하여 연마 하였을 경우 95% 이상 제거할 수 있다고 보고하였다.

이 연구의 제한점은 구강 내 레진계열과 글래스이오노머 충전물이 전혀 없고, 제1대구치가 3개 이상 맹출 된 대상자 모집이 어려워 표본의 수가 적어 본 연구 결과를 모든 어린이에게 일반화하기가 어렵다. 또한 한 가지 제품의 치면열구전색제만을 사용하여 모든 치면열구전색제를 대표하지 못해 설명력이 부족하고, 치면열구전색 후 소변 내 BPA 농도변화에 대한 관찰 시점을 24시간까지만 확인 하여 장기잠복 기간에 대한 확인을 할 수 없었다. 그럼에도 불구하고 이 연구는 소변 내 BPA 농도에 영향을 미칠 수 있는 환경적 노출요인을 통제한 후 구강 내 레진충전물이 전혀 없는 어린이에게 치면열구전색으로 인한 소변 내 BPA 농도 변화를 확인한 것에 의의가 있다. 이 연구 결과 어린이에서 치면열구전색 전에 비해 전색 2-3시간 후 그리고 24시간 후의 소변 내 BPA 농도가 증가하는 것을 확인 할 수 있었다. 향후 치면열구전색으로 인한 BPA의 노출에 대해 다양한 치면열구전색 재료에 관한 추가 연구가 필요하다.

결 론

본 연구는 어린이에서 치면열구전색이 소변에서의 BPA 농도에 미치는 영향을 알아보고자 치면열구전색 전, 전색 2-3시간 후 그리고 전색 24시간 후의 소변에서의 BPA 농도 변화를 조사하여

다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 치면열구전색 전후 소변 내 BPA 농도는 치면열구전색 전에 비해 전색 2-3시간 후 가장 높게 증가하였고, 전색 24시간 후 감소하였지만 전색 전에 비해서는 증가 하여 통계적으로 유의한 차이가 있었다.

2. BPA에 노출된 환경적 요인과 치면열구전색 치면수에 따른 소변 내 BPA 농도는 환경적 요인 중 상업용 일회용 랩과 통조림 음식 섭취 빈도에서 요인간의 통계적으로 유의한 차이가 있었다.

3. 치면열구전색이 소변 내 BPA 농도 변화에 미치는 영향을 알아보기 위해 통조림 음식 섭취 빈도, 상업용 일회용 랩 및 플라스틱 용기의 노출 빈도와 같은 환경적 요인을 보정한 결과 치면열구전색 전과 2-3시간 후 그리고 전색 24시간 후의 소변 내 BPA 농도 변화는 통계적으로 유의한 차이가 있었지만, 치면열구전색 치면수에 따른 소변 내 BPA 농도 변화는 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 어린이에서 치면열구전색에방 치후 2-3시간부터 그리고 24시간까지 소변 내 BPA의 농도가 약 1.3 µg/g Creatinine 정도로 증가하였다. 향후 다양한 치면열구전색 재료 및 24시간 이후의 체내 잔류량에 대한 추가 연구가 필요하다.

References

- Kang BW, Kim KS. 5th Preventive dentistry. 5th ed. Seoul:Koonja; 2015:25-48.
- Menaker L, Morhart RE, Navia JM. The biologic basis of dental caries. London:Harper and Row publishers Inc;1979:461-481.
- Newbrun E. Cariology 3rd. Chicago:Quintessence;1989:315.
- Horowitz AM. Effective oral health education and promotion programs to prevent dental caries. Int Dent J 1983;33:171-181.
- Beauchamp J, Caufield PW, Donly KJ, Feigal R, Gooch B, Ismail A, et al. Evidence-based clinical recommendations for the use of pit-and-fissure sealants: a report of the American Dental Association Council on Scientific Affairs. J Am Dent Assoc, 2008;139:257-268.
- Park KH, Shin SC. A Clinical study on the retention rate of pit & fissure sealing. J Korean Acad Oral Health 1993;17:53-68.
- Korea Institute for Health and Social Affairs. 2007 report of oral health services. Seoul: Korea Institute for Health and Social Affairs;2008:92-94.
- Korea Ministry of Government Legislation. Legislation search, concerning standard of medical care expenses on national health insurance [Internet]. [cited 2016 Nov 07]. Available from <http://www.law.go.kr/lsSc.do?menuId=0&p1=&subMenu=1&nwYn=1§ion=&query=%EA%B5%AC%EA%B0%95%EB%B3%B4%EA%B1%B4%EB%B2%95&x=0&y=0#liBgcolor5>
- Ministry of Health & Welfare. 2015 Korean children's oral health survey. Sejong:Ministry of Health & Welfare;2016:147-148.
- Fung EY, Ewoldson NO, Germain HAS, Marx DB, Miaw CL, Siew C et al. Pharmacokinetics of bisphenol A released from a dental sealant. J Am Dent Assoc 2000;131:51-58.
- von Goetz N, Wormuth M, Scheringer M, Hungerbuhler K. Bisphenol A: how the most relevant exposure sources contribute to total consumer exposure. Risk Anal 2010;30:473-487.
- Trasande L, Attina TM, Blustein J. Association between urinary bisphenol A concentration and obesity prevalence in children and adolescents. J Am Med Assoc 2012;308:1113-1121.
- Trasande L, Attina TM, Trachtman H. Bisphenol A exposure is associated with low-grade urinary albumin excretion in children of the United States. Kidney Int 2013;83:741-748.
- Maserejian NN, Trachtenberg FL, Hauser R, McKinlay S, Shrader P, Tavares M, et al. Dental composite restorations and psychosocial function in children. Am Acad Pediatr 2012;130:e328-e338.
- Stahlhut RW, Welshons WV, Swan SH. Bisphenol A data in NHANES suggest longer than expected half-life, substantial non food exposure, or both. Environ Health Perspect 2009;117:784-789.
- Maserejian NN, Hauser R, Tavares M, Trachtenberg FL, Shrader P, McKinlay S. Dental composites and amalgam and physical development in children. J Dent Res 2012;91:1019-1025.
- Kim EK, Choi YH. Impact of the sealant on salivary and urinary bisphenol-A concentration in children. J Dent Hyg Sci 2015;15:32-37.
- Chung SY, Kwon H, Choi YH, Karmaus W, Merchant AT, Song KB, et al. Dental composite fillings and bisphenol A among children: a survey in South Korea. Int Dent J 2012;62:65-69.
- Joskow R, Barr DB, Barr JR, Calafat AM, Needham LL, Rubin C. Exposure to bisphenol A from bis-glycidyl dimethacrylate-based dental sealants. J Am Dent Assoc 2006;137:353-362.
- Hill RH Jr, Ashley DL, Head SL, Needham LL, Pirkle JL. p-Dichlorobenzene exposure among 1,000 adults in the United States. Arch Environ Health 1995;50:277-280.
- Health Canada. Health risk assessment of bisphenol A from food packaging applications. Ottawa:Health Canada;2008.
- Taylor JA, Welshons WV, Vom Saal FS. No effect of route of exposure (oral/subcutaneous injection) on plasma bisphenol A throughout 24 h after administration in neonatal female mice. Reprod Toxicol 2008;25:169-176.
- Martin MD, Bajet D, Woods JS, Dills RL, Poulten EJ. Detection of dental composite and sealant resin components in urine. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology 2005;99:429.
- Kingman A, Hyman J, Masten SA, Jayaram B, Smith C, Eichmiller F, et al. Bisphenol A and other compounds in human saliva and urine associated with the placement of composite restorations. J Am Dent Assoc 2012;143:1292-1302.
- Zimmerman-Downs JM, Shuman D, Stull SC, Ratzlaff RE. Bisphenol A blood and saliva levels prior to and after dental sealant placement in adults. J Dent Hyg 2010;84:145-150.
- Yi SK. Salivary bisphenol-A level related with composite resin restoration [Master's thesis]. Pusan:Pusan National University;2016. [Korean].
- van Landuyt KL, Nawrot T, Geebelen B, De Munck J, Snauwaert J, Yoshihara K, et al. How much do resin-based dental materials release? A meta-analytical approach. Dental Materials 2011;27:723-747.
- Rueggeberg FA, Dlugokinski M, Ergle JW. Minimizing patients exposure to uncured components in a dental sealant. J Am Dent Assoc 1999;130:1751-1757.