

서비스직 근로자들의 영수증 접촉 정도에 따른 비스페놀A 노출량 조사

이유나 · 이유진 · 장지원 · 한가을 · 고영림[†]
을지대학교 보건환경안전학과

Exposure to Bisphenol A through Contact with Thermal Receipts among Service Industry Workers

Yuna Lee, Yujin Lee, Jiwon Jang, Gaeul Han, and Younglim Kho[†]
Department of Health, Environment and Safety, Eulji University

ABSTRACTS

Objectives: Bisphenol A, or BPA, is a chemical component in polycarbonate plastic with which many people come into contact every day. A great deal of controversy has arisen over its safety since this material, which is known to disrupt the human endocrine system and cause neurological difficulties and cancer, is commonplace in beverage containers, food can liners, and receipt paper rolls. In this study, we determined the levels of exposure to BPA of workers in the service industry depending on the number of receipts contacted.

Methods: The participants were 16 male and 18 female workers employed in the service industry. Using a questionnaire, we investigated general and job characteristics. Urine samples were collected and analyzed by the LC-MS/MS technique after enzymatic hydrolysis and solid phase extraction (SPE).

Results: The geometric mean (GM) concentration of urinary BPA from all subjects was 1.02 ng/ml. Workers were exposed significantly to more BPA according to the number of receipts they contacted, their work experience, and working hours per day. The BPA concentration of those who touched more than 100 receipts per day was 3.09 ng/ml, while that of the other participants was 0.61 ng/ml. It was shown that wearing gloves can protect from BPA exposure.

Conclusion: We determined the urinary BPA concentrations of workers in service industry and found that the contact with receipts could increase the BPA exposure of service workers.

Keywords: Bisphenol A, Endocrine, Workers, Urine, Receipts

I. 서 론

비스페놀A(Bisphenol A, BPA)는 폴리카보네이트 플라스틱의 필수 구성성분이며 세계적으로 가장 많이 생산되는 화학물질 중 하나이다. BPA는 유아용품, 음료수/식품 용기 및 표면처리제, 의료 장비, 영수증 표면의 감열지 등 다양한 소비자 용품에 사

용되고 있다.¹⁾ BPA는 2차 세계대전 이후 대중적으로 사용하게 되면서 그 사용량이 폭발적으로 증가하여 2010년에는 전 세계적으로 2천 600억 킬로그램이 소비되고 있다.^{2,3)} 우리나라의 연도별 BPA 생산량 및 수입량을 살펴보면, 생산량은 2006년의 경우 284,706톤, 2009년의 경우 540,398톤이며, 수입량은 2006년의 경우 23,892톤, 2009년의 경우 76,287톤이

[†]Corresponding author: Department of Health, Environment and Safety, Eulji University, Seongnam, 461-713, Korea, Tel.: +82-31-740-7142, Fax: +82-31-740-7327, E-mail: ylkho@eulji.ac.kr

Received: 04 December 2014, Revised: 18 December 2014, Accepted: 28 October 2014

었다.⁴⁾ 우리나라의 플라스틱 소비량은 2010년 기준으로 1인당 95 kg으로 세계 1위이다(2위 미국 87 kg, 3위 일본 62 kg).⁵⁾

BPA는 내분비계장애물질로 분류된다. 내분비계장애물질(EDCs, Endocrine disrupting compounds)은 체내의 항상성 유지와 발달과정을 조절하는 생체 내 호르몬의 생산, 분비, 이동, 대사, 결합작용 및 배설을 간섭하는 외인성 물질로서 인간에게 노출되는 주된 경로는 음식물을 통한 인체 내 축적 및 환경적 요인에 의한 노출 등이다. 내분비계장애물질의 노출은 인체 내 암을 유발시키고, 신경계장애, 호르몬의 불균형, 내분비계장애, 면역계 장애 및 심장혈관에도 영향을 주는 것으로 보고되었다.⁶⁾

BPA에 관한 건강영향은 동물실험에서 생식 계통에 영향을 주는 것으로 알려져 있는 것 외에도 BPA 노출은 심혈관계질환 진단과의 상관성이 밝혀졌으며 몇 가지 주요 체중 조절 작용과 관련성이 있는 물질이다.^{7,8)} 세계 야생 기금(The World Wildlife Fund, WWF)은 67개 화학물질을 EDCs로 지정하였으며 이중 BPA가 포함되어 있다.⁴⁾

BPA가 포함된 용기를 사용한 식품 또는 음료수를 섭취하거나 아말감 등의 치과용 충전재를 통해서 BPA 노출이 가능하다. 또한, 일상생활에서 쉽게 접촉할 수 있는 영수증 표면의 감열지에 다량의 BPA가 함유되어 있어 손을 통해 노출될 가능성이 있다. 한국 소비자원은 영수증 시료 27종 중 24종(89%)에서 BPA가 검출되었고 감열지 시료 1회 접촉 시 최대 이행량(접촉면적 4.0 cm², 물습윤상태)은 0.92 µg이지만 BPA 일일섭취허용량(TDI, 0.05 mg/kg body weight)과 비교할 때, 일반 소비생활에서의 접촉은 인체에 영향을 미치지 않는 수준으로 판단하였다.⁹⁾ 하지만, 영수증 자체에서 감지될 수 있는 BPA농도가 12인치마다 3~19 mg 정도 다양하게 분포되어 있다.¹⁰⁾ 사람이 직접 손으로 접촉 시, 5초만 잡고 있어도 대략 1 µg BPA (0.2~6 µg)가 손으로 이동하는데,¹¹⁾ 영수증을 직업적으로 취급하는 근로자의 경우 상당량의 BPA에 노출될 수 있을 것이다.

외국은 BPA에 대한 관련연구가 진행 중이다. 미국(EPA)은 2010년 3월에 우려화학물질목록에 BPA 포함 방침고려 발표하였고, 캐나다는 2010년 10월에 BPA를 독성화학물질 목록에 추가(CEPA)하였고, 미국(30개 주 등)은 2011년 1월에 BPA 등을 대상으

로 포함하는 새 화학물질 관리법 제정에 대한 결의안 채택하였으며, 유럽연합은 2011년 7월에 BPA 함유 젓병 제조, 수입, 판매 금지를 시행(Directive 2011/08/EU) 하였다.⁴⁾

국내에서도 유해화학물질관리법에 의해 BPA를 관찰물질로 지정하여 관리하고 있으며, 화장품법에 의해서는 배합 금지 원료로 지정하여 관리하고 있다. 식품위생법은 식품과 접촉되는 기구 및 용기, 포장 등 식품용기의 재질이 폴리카보네이트 폴리아릴레이트, 에폭시수지, 금속체 등에 대해 0.6 ppm 이하로 규정하고 있다. 현재는 유아용 젓병에 관한 사용 금지를 검토하고 있다고 알려져 있다. 하지만, BPA가 다량 함유되어 있고 대다수의 국민과 서비스직 근로자들이 매일매일 노출되고 있는 영수증으로부터의 노출 정도는 조사되지도 않고 규제도 되고 있지 않는 실정이다.

서비스 산업에 고용된 인구는 2000년 956만 명에서 2010년 1294만 명으로 연평균 3.1% 증가하였으며, 제조업이나 전체 산업에서의 고용증가보다 빠르게 성장하고 있다.¹²⁾ 서비스 산업 종사 근로자의 경우 직업과 관련된 유해물질 노출에 대한 관리기준이 없고 노출량을 측정한 예도 거의 없다. 일상생활에서 쉽게 노출될 수 있는 BPA의 경우, 직업적인 노출이 부가된다면 건강에 영향을 미칠 수 있는 수준으로 노출될 위험성이 있으므로 관련 직업 종사자들의 노출실태를 조사하고 대책을 마련하는 것이 필요할 것이다.

본 연구는 경기도 지역에서 서비스직에 종사하는 일부 근로자들을 대상으로 근무환경 및 영수증 접촉 정도에 따른 BPA의 인체 노출 수준을 파악하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 연구대상

본 연구는 비스페놀류가 함유된 영수증을 취급하는 작업장 근로자 31명과 일반인 3명을 대상으로 실시하였다. 조사 작업장의 형태는 롯데리아, 맥도날드 같은 패스트푸드점을 지칭하는 QSR(Quickly Service Restaurant), 커피전문점, 편의점, 식당의 4가지로 분류하였다. QSR의 경우, 조리과 고객응대 담당 근로자가 명확히 구분되어 있기 때문에 조리업무를 하는 근로자를 대조군, 고객을 응대하는 근로자를 노출군으로 선정하였다. 커피전문점, 편의점, 식당은 모든

근로자가 동일 업무를 행하므로 설문조사를 바탕으로 노출군과 대조군을 분류하였다. 먼저 근로자의 장갑 착용 유무를 통해 노출군과 대조군으로 분류하였다. 장갑을 착용한 근로자는 영수증 접촉으로 인한 BPA의 피부흡수가 적을 것으로 예상되어 대조군으로 분류하였고 대조군 중 주당 캔과 통조림 식품을 많이 섭취한 근로자는 연구대상에서 제외하였다. 장갑 미착용 근로자 중 하루 접촉 영수증 개수를 파악하여 영수증 접촉이 많은 근로자를 노출군으로 선정하였다. 영수증에 의한 BPA 노출을 정확히 파악하기 위해서 근로자가 아닌 일반인 3인을 대조군으로 추가하였다.

2. 설문조사 및 시료채취

연구 대상 근로자들의 성별, 흡연 유무, 음주 여부, 총 근무 경력, 하루 근무 시간, 주당 근무 일수, 하루 중 피부 노출 영수증 평균 개수, BPA에 대한 인식도, 장갑 착용 여부 등을 설문지를 통하여 조사하였다. 또한 소변 중 BPA의 농도에 영향을 미칠 것으로 예상되는 손 세척 횟수와 BPA가 함유되어 있는 통조림, 캔 등의 주당 섭취 개수를 조사해 BPA에 대한 중복노출을 조사하였다. 영수증에 의한 BPA의 영향을 보다 정확히 파악하기 위하여 시료 채취 시간을 기입하게 하였고, 근무 중이거나 근무 종료 후 12시간 이내에 채취한 시료를 수집하였다.

3. 소변 중 BPA 측정방법

(1) 시약 및 재료

본 연구에서는 BPA를 측정하기 위해 BPA 표준물질과 내부표준물질(IS)인 Bisphenol A-d₁₆을 Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA)사에서 구입하여 사용하였다. 전처리에 사용한 암모늄아세테이트(ammonium acetate), 염산(hydrochloric acid) 및 가수분해효소(β -glucuronidase/sulfatase) 또한 Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA)사에서 구입하였다. 가수분해 효소는 pH 5의 1M 암모늄아세테이트에 용해시켜 사용하였다. 고체상추출과 HPLC 이동상으로 이용된 메탄올(methanol)과 증류수 및 디클로로메탄(Dichloromethane)은 모두 Burdick & Jackson사(Muskegon, MI, USA)에서 구입하였다. 추출에 사용된 카트리지는 Strata-X 33u Polymeric Reversed Phase(30mg, 1m, Phenomenex, USA)를 사용하였다.

Table 1. LC-MS/MS parameters for analyzing BPA and internal standard

Parameters	BPA	BPA-d ₁₆
Q1(m/z)	227.2	241.3
Q3(m/z)	212.0, 132.0	223.1, 122.0
DP	-85	-80
CE	-26, -36	-28, -38
CXP	-3, -7	-13, -7
Mode	ESI negative	
Column	150×2.0 mm I.D. 3 μ m, Cadenza, Imtakt	
Flow rate	200 μ l/min	
Injection volume	5 μ l	
Mobile Phase	A : 5mM ammonium formate and 0.02% formic acid in water B : methanol	
Gradient	Time (min)	0 8 11 11.1 18
	B (%)	20 100 100 20 20

(2) 시료 전처리

근로자의 뇨 시료는 작업 종료 후 12시간 이내에 채취하였으며, 즉시 실험실로 운반 후 전처리 전까지 냉동 보관하였으며, 상온에서 완전히 녹인 후 혼합하여 전처리 및 분석에 이용하였다. 소변시료를 각각 1 ml씩 2 ml tube에 넣은 뒤 가수분해를 위해 Ammonium acetate(pH 5) 500 μ l, 내부표준물질(IS)과 효소(B-glucuronidase/sulfatase)를 첨가하고, 잘 섞은 다음 37°C로 맞춰진 배양기(Samhwa, I.B 122, Korea)에 4시간 동안 반응시켰다. 가수분해가 진행된 시료는 고형물 제거를 위해 원심분리 후, 15 ml 시험관에 옮겨 담았다. 추출 효율을 높이기 위해 1 M HCl을 넣고 완전히 혼합하여 고체상 추출을 진행하였다.^{13,14)}

고체상추출은 먼저 카트리지를 활성화하기 위해 디클로로메탄:메탄올 혼합용액(9:1)과 메탄올, 1 M HCl을 사용하여 pH를 3.5로 조정된 증류수를 각각 2 ml씩 용출시켰다. 여기에 준비된 시료를 용출시키고, 증류수 2 ml와 20% 메탄올 수용액 2 ml로 세척하였다. 비스페놀A의 용출은 4 ml 디클로로메탄:메탄올 혼합용액(9:1)을 이용하였다. 용출된 시료를 원심농축기(Eyela, CVE-3100, Japan)를 사용하여 건조시킨 후 메탄올 500 μ l로 용매를 재조정하고 HPLC 바이

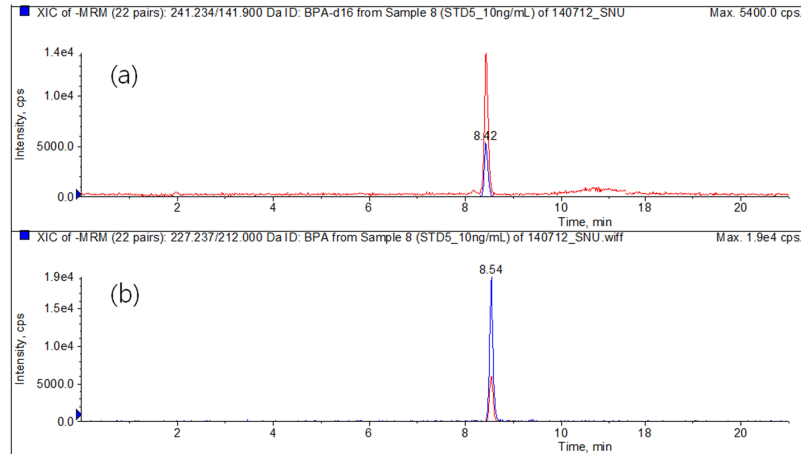


Fig. 1. LC-MS/MS Chromatogram of bisphenol A (a) and internal standard (b).

알(vial)에 담아 LC-MS/MS로 분석하였다(Table 1).

(3) LC-MS/MS 분석

전처리가 완료된 시료의 분석은 Agilent 1100 시리즈 HPLC(Agilent, USA) 및 API 4000 MS/MS 시스템(AppliedBiosystem, USA)을 이용하였다. 이동상 A는 0.1% 아세트산 수용액, 이동상 B는 아세토니트릴(0.1% 아세트산)을 사용하였다. 분석대상물질의 분리는 Imtakt사의 Cadenza컬럼(C₁₈, 150×2.0 mm, 3 mm)을 이용하였다. 유량은 200 µl/min으로 하고 경사용 매조성법(gradient mode)를 이용하였으며, 시료 주입량은 5 µl로 하였다.

BPA 및 내부표준물질의 질량분석기 조건을 확립하기 위하여 주입기(10 µl/min, Harvard Apparatus)로 최적화하는 과정을 수행하였다. 확립된 액체크로마토그래피-질량분석기 조건은 Table 1과 같다. 질량분석기의 조건은 분석의 감도를 최상으로 유지하기 위하여 curtain gas 20 psi, GS1 40 psi, GS2 60 psi, detector temperature 400°C로 설정하였다. Ion source는 electrospray ionization (ESI) negative 방식을 이용하였으며 ion source energy는 -4500 V를 유지하였다.

(4) 검정곡선 및 분석법 검증

분석대상물질의 농도를 결정하기 위하여 표준물질(STD)을 100% 메탄올로 희석하여 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 50, 100 ng/ml 농도가 되도록 검정곡선용 표준용액을 조제하였다. 표준용액 분석으로 작성된 BPA의 검량

선은 회귀직선의 결정계수(r^2)값이 0.99 이상으로 나타나 정량분석에 적합한 직선성을 보여주었다. 분석법 검증을 위해 검출한계, 정확도 및 정밀도 시험을 수행하였다. 검출한계의 경우 검정곡선 표준오차(standard error, SE)와 기울기(slope)를 이용하는 미국 식품의약품안전청(FDA) 방법을 이용하였으며, 0.17 ng/ml로 계산되었다. 정확도와 정밀도의 경우 소변시료에 표준용액(5 ng/ml)을 첨가(n=7)하고 시료와 같은 방법으로 전처리 후 분석하여 계산하였다. 정확도는 농도별 평균 회수율(recovery)을 이용하였으며, 정밀도는 농도별 상대표준편차(RSD)를 이용하였다. 계산된 정확도는 90.2%였으며, 정밀도의 경우 %RSD 값이 4.2%로 나타나 미량물질 분석에 적합한 값을 보였다. 본 연구에서 이용한 분석방법으로 작성된 BPA 및 내부표준물질의 크로마토그램은 Fig. 1과 같다.

(5) 통계분석

근로자들의 일반적인 특징 및 작업특성에 따른 소변 중 BPA 농도와의 관련성 분석을 위해 SAS 9.1 프로그램을 이용하였다. 기술통계량은 기하평균(GM) 및 기하표준편차(GSD)를 이용하였으며, 평균값의 비교를 위해서 비모수적 방법인 Kruskal-Wallis test 및 Mann-Whitney U test를 이용하였다.

III. 결 과

1. 조사대상자의 일반적 특징

조사대상자의 연령(평균±표준편차)은 33.6±12.8세였으며, 근무기간(평균±표준편차)은 2.2±2.8년이였다. 31명의 근로자는 QSR 8명, 식당 6명, 카페 7명, 편의점 10명이었으며 이들 중에서 3명만 작업시간 중 장갑을 착용하였다. 작업시간은 5시간 미만인 3명, 5~9시간 12명, 9시간 이상이 15명이었으며, 근무경력 1년 미만인 14명, 1~3년 7명, 3년 이상이 9명이였다. 일반인과 서비스 근로자를 포함하여 하루에 영수증을 5개 미만 접촉하는 사람은 7명, 5~50개 5명, 50~100개 11명, 100개 이상 접촉하는 사람이 10명이였다(Table 2).

2. 소변 시료 분석결과

일반인을 포함한 서비스직 근로자의 근무형태 및 일반적 특징에 따른 소변 중 BPA 농도의 기하평균(GM, ng/ml) 값은 Table 2와 같다. 일반적 특성과 관련하여 여성보다 남성의 소변 중 BPA 농도가 높았으며, 30대 이상 연령층은 20대 이하 연령층에 비해 통계적으로 유의하게 높은 농도로 노출되고 있었다. 흡연자와 음주군에서 비흡연자와 비음주군보다 높은 BPA 농도를 보였으나 유의하지는 않았다.

근로자의 소변 중 BPA 농도는 작업장의 종류에 따라 유의한 차이를 보였다. 이 중에서 음식점 종업원의 노출량이 가장 많았으며(4.65 ng/ml), 다음으로 카페, 편의점, QSR의 순으로 나타났다. 근무경력이 3년 미만인 근로자와 3년 이상인 근로자의 소변 중 기하평균 농도는 각각 0.70, 3.09 ng/ml로 근무경력이 길수록 유의하게 높게 나타났다. 하루 작업시간의 경우 5시간 미만 < 5~9시간 < 9시간 이상 근무자의 순으로 높은 소변 중 BPA 농도를 보였으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다.

하루에 만지는 영수증의 개수가 5개 미만, 5~50개, 50~100개, 100개 이상인 대상자의 소변 중 BPA 농도는 각각 0.22, 0.58, 1.22, 3.09 ng/ml로 나타나 영수증 접촉이 많을수록 통계적으로 유의하게 BPA에 노출되고 있었다. 장갑을 착용한 근로자의 경우 0.62 ng/ml로 장갑을 착용하지 않은 근로자의 노출 농도인 1.07 ng/ml에 비해 낮은 농도로 노출되고 있었으나 장갑착용 근로자의 수가 적어 통계적인 차이는 보이지 않았다. 또한, 통조림과 캔음료의 섭취량에 따른 BPA 노출량의 차이는 통계적으로 유의하지 않았다.

Table 2. Urinary bisphenol A concentrations by demographic and job characteristics

Characteristics	% (n)	GM(ng/ml)	p-value
Overall	100 (34)	1.02	
Gender			
Male	47.1 (16)	1.53	0.208
Female	52.9 (18)	0.71	
Age			
16-29	50.0 (17)	0.40	0.001
30-58	50.0 (17)	2.59	
Smoking			
Non-smoker	64.7 (22)	0.79	0.319
Smoker	35.3 (12)	1.52	
Alcohol			
Drink	67.6 (23)	1.40	0.135
Not drink	32.4 (11)	0.52	
Type of business			
QSR	23.5 (8)	0.17	0.002
Restaurant	17.6 (6)	4.65	
Café	20.6 (7)	1.71	
Convenience store	29.4 (10)	1.50	
No job	8.8 (3)	0.44	
Work experience			
< 3 year	70.0 (21)	0.70	0.038
≥ 3 years	30.0 (9)	3.09	
Working hours			
< 5 hrs	10.0 (3)	0.09*	<0.001
5 ~ 9 hrs	40.0 (12)	0.51	
≥ 9 hrs	50.0 (15)	3.31	
Number of receipt contact			
< 5	21.2 (7)	0.22	0.014
5 ~ 50	15.2 (5)	0.58	
50 ~ 100	33.3 (11)	1.22	
≥ 100	30.3 (10)	3.09	
Glove			
Wear	8.8 (3)	0.62	0.619
Not wear	91.2 (31)	1.07	

Note. *0.09 = 1/2 LOD

IV. 고 찰

본 연구결과에서 얻어진 소변 중 BPA 농도를 다른 연구자들의 결과와 비교 하였을 때, 대상자 전체

Table 3. Comparison of bisphenol A concentration with other studies

Author	Country	Classification (n)	BPA (GM)	
Yunjia Yang (2014) ⁶⁾	China	Gender Male (52)	0.75	
		Female (48)	0.90	
		Total (94)	0.89	
Catherine Pirard (2012) ⁷⁾	Belgium	Gender Male (65)	2.70	
		Female (66)	2.40	
		Total (131)	2.55	
Hind A. Beydoun (2014) ⁸⁾	USA	Gender	Male (797)	2.1
			Female (789)	1.9
		Age	18-19	2.6
			20-29	2.5
			30-39	2.0
			40-49	2.1
50-59	1.9			
60+	1.5			
Total (1586)	2.0			
Kisok Kim (2013) ⁹⁾	Korea	Group	Diabetes (99)	2.40
			Control (1111)	2.03
This Study (2014)	Korea	Group	Exposure \geq 100 receipt (10)	3.09
			Other (24)	0.61
			Total (34)	1.02

평균(GM)은 1.02 ng/ml로 벨기에¹⁵⁾의 2.55 ng/ml, 미국¹⁶⁾의 2.0 ng/ml, 한국의 다른 연구¹⁷⁾ 2.03~2.40 ng/ml 보다는 다소 낮은 농도를 나타내었으나 중국¹⁸⁾의 0.89 ng/ml 보다는 높은 농도를 나타내었다. 하루에 영수증을 100개 이상 접촉하는 서비스직 근로자의 경우 평균 3.09 ng/ml의 소변 중 BPA 농도를 보여 영수증에 자주 접할수록 BPA에 더 많이 노출될 수 있음을 확인할 수 있었다(Table 3).

직종별로 음식점이 가장 높은 농도를 보였는데, 이는 음식점에 종사하는 근로자의 근무시간이 가장 길었으며, 직업의 특성상 한 사업자에 많은 수의 근로자가 존재하지 않으므로 영수증 접촉횟수가 많았기 때문으로 보인다. 근무경력이 길수록, 하루에 근무하는 시간이 길수록 BPA 노출량이 높게 나타난 것은 비정규직 보다는 정규직 그리고 근무경력이 길수록 계산업무를 수행할 가능성이 커지기 때문일 것이다. 장갑을 착용한 근로자는 실제 5~100개 정도의 영수

증과 접촉함에도 불구하고 평균 0.62 ng/ml로 낮은 노출량을 보였다. 하루에 영수증을 100개 이상에 접촉하는 근로자의 평균 노출 농도인 3.09 ng/ml과 비교하면 유의한 차이를 보였으며, 이는 장갑 착용이 개인보호구의 역할을 하여 BPA에 대한 노출량을 줄일 수 있음을 의미한다.

BPA 노출은 당뇨, 비만과 같은 대사성질환과 관련되어 있음이 알려져 있다. 일본의 성인비만여성¹⁹⁾과 일반인여성을 비교해 보면 소변 중 BPA 농도는 각각 1.04, 0.71 ng/ml로 나타나 체질량지수(BMI)의 상관관계가 보여졌다.¹⁹⁾ 미국에서도 어린이와 사춘기 청소년의 BPA 노출과 비만의 상관관계가 있음이 보고되었다.²⁰⁾ 우리나라의 자료에서도 당뇨병환자의 소변 중 BPA 농도는 2.40 ng/ml로 대조군의 2.03 ng/ml에 비해 유의하게 높다는 것이 보여졌지만,¹⁷⁾ 소변 중 BPA 농도와 소아비만과의 관계는 유의하지 않았다.²¹⁾ 이는 BPA가 내분비계장애물질로 작용하여 저농도에서도 지속적인 노출이 계속되면 다양한 질환의 발생을 증가시킬 수 있음을 의미한다. 또한, BPA에 대한 노출이 소득 최상위층에서 가장 낮게 나타난 결과와²²⁾ BPA의 소변 중 농도가 성인보다 어린이들에게서 유의하게 높게 나타나는 결과를²³⁾ 볼 때 취약계층인 어린이와 대다수의 국민의 건강을 보호하기 위해서는 노출요인을 분석하여 관리하여야 한다. 본 연구의 대상인 서비스직 근로자의 경우 식이요인과 같은 일상생활에서의 BPA 노출에 지속적인 다량의 직업적 노출이 더해지므로 관리가 시급한 실정이다. 따라서 서비스직 근로자와 같이 영수증을 통해 BPA에 고농도로 노출될 수 있는 직업군의 노출량을 조사하고 발색촉매제로서 BPA 사용을 금지하도록 권고하여야 할 것이다. 현재의 기술에 의해서도 BPA가 포함되지 않은 감열지 생산이 가능하지만, 가격이 30% 이상 비싸기 때문에 널리 사용하지 않는다. 영수증에 BPA가 많이 검출 되는 이유는 저가의 일반 감열지를 코팅한 영수증을 점포에서 이용하고 있기 때문으로 판단된다.

V. 결 론

본 연구는 직업적으로 영수증에 자주 접촉하는 서비스직 근로자들의 작업형태에 따른 BPA 노출량을 확인하기 위해 수행되었다. 근로자의 소변 시료는 효

소에 의한 가수분해, 고체상추출에 의한 전처리와 LC-MS/MS 기법으로 분석하였다. 영수증 접촉 횟수가 증가할수록 BPA 노출량이 증가하였으며, 근로자의 근무경력이 길수록, 하루 근무시간이 길수록 더 많은 BPA에 노출되고 있었다. 향후 영수증으로 인한 BPA의 직업적 노출정도를 폭넓게 확인할 수 있는 연구가 수행되어야 하며, 다수의 근로자에게 BPA 노출을 증가시키는 영수증에 대한 규제가 필요할 것으로 판단된다.

References

- Vandenberg LN, Chahoud I, Heindel JJ, Padmanabhan V, Paumgartten FJR, Schoenfelder G. Urinary, Circulating, and Tissue Biomonitoring Studies Indicate Widespread Exposure to Bisphenol A. *Environ Health Perspect.* 2010; 118(8): 1055-1069.
- Freinkel S. Plastic: a toxic love story. New York: United States of America Press; 2011. p.125-169.
- Schettler T. Human exposure to phthalates via consumer products. *Int J Androl.* 2006; 29(1): 134-139.
- Ministry of Food And Drug Safety. Risk Profile, Bisphenol A. Cheongju: Ministry of Food And Drug Safety Press; 2010. p.3-63.
- Hana Institute of Finance. Outlook on the Domestic Petrochemical Market. Seoul: Hana Institute of Finance Press; 2010. p.24-25.
- Ministry of Food and Drug Safety. EDCs. Cheongju: Ministry of Food And Drug Safety Press; 2012.
- Rubin BS, Soto AM. Bisphenol A : Perinatal exposure and body weight. *Mol Cell Endocrinol.* 2009; 304(1-2): 55-62.
- Lang IA, Galloway TS, Scarlett A, Henley WE, Depledge M, Wallace RB, Melzer D. Association of Urinary BPA Concentration With Medical Disorders and Laboratory Abnormalities in Adults. *JAMA.* 2008; 300(11): 1303-1310.
- Korea Consumer Agency. Monitoring results of Endocrine Disruptors close to human life. Available: <http://find.kca.go.kr/RSA/front/Search.jsp> [accessed 28 October 2014].
- Mendum T, Stoler E, VanBenschoten H, Warner JC. Concentration of bisphenol A in thermal paper. *Green Chemistry Letters and Reviews.* 2011; 4(1): 81-86.
- Biedermann S, Tschudin P, Grob K. Transfer of bisphenol A from thermal printer paper to the skin. *Analytical and Bioanalytical Chemistry.* 2010; 398(1): 571-576.
- Park JS, Kim CK, Lee KW. Employment Structure and Job Creation Strategy. KIET Issue paper. 2012; 298: 23-24.
- Xiao J, Shao B, Wu XY, Wu YN. A Study on Bisphenol A, Nonylphenol, and Octylphenol in Human Urine samples Detected by SPE-UPLC-MS. *Biomed Environ Sci.* 2011; 24(1): 40-46.
- Markham DA, Waechter JM, Wimber M, Rao N, Connolly P, Chuang JC, et al. Development of a Method for the Determination of Bisphenol A at Trace Concentrations in Human Blood and Urine and Elucidation of Factors Influencing Method Accuracy and Sensitivity. *J Analytical Toxicol.* 2010; 34: 293-303.
- Pirard C, Sagot C, Deville M, Nathalie D, Charlier C. Urinary levels of bisphenol A, triclosan and 4-nonylphenol in a general Belgian population. *Environ Int.* 2012; 48: 78-83.
- Beydoun HA, Khanal S, Xonderman AB, Beydoun MA. Sex differences in the association of urinary bisphenol-A concentration with selected indices of glucose homeostasis among U.S. adults. *Ann Epidemiol.* 2014; 24(2): 90-97.
- Kim K, Park H. Association between urinary concentrations of bisphenol A and type 2 diabetes in Korean adults: A population-based cross-sectional study. *Int J Hyg Environ Health.* 2013; 216(4): 461-471.
- Yang Y, Guan J, Yin J, Shao B, Li H. Urinary levels of bisphenol analogues in residents living near a manufacturing plant in south China. *Chemosphere.* 2014; 112: 481-486.
- Takeuchi T, Tsutsumi O, Ikezuki Y, Takai Y, Taketani Y. Positive relationship between androgen and the endocrine disruptor, bisphenol A, in normal women and women with ovarian dysfunction. *Endocr J.* 2004; 51(2): 165-169.
- Trasande L, Attina TM, Blustein J. Association Between Urinary Bisphenol A Concentration and Obesity Prevalence in Children and Adolescents. *JAMA.* 2012; 308(11): 1113-1121.
- Yi B, Shin HJ, Na H, Lee NK, Yang M. Bisphenol A Exposure and Childhood Obesity. *J Environ Toxicol.* 2009; 24(4): 287-292.
- Calafat AM, Ye X, Wong LY, Reidy JA, Needham LL. Exposure of the U.S. Population to Bisphenol A and 4-tertiary-Octylphenol: 2003-2004. *Environ Health Perspect.* 2008; 116(1): 39-44.
- Bushnik T, Haines D, Levallois P, Levesque J, Oostdam JV, Viau C. Lead and bisphenol A concentrations in the Canadian population. *Statistics Canada Health Reports.* 2010; 21(3): 1-12.