

생체시료를 이용한 프탈레이트의 실내 노출인자 연구

양지연¹ · 신동천² · 이시은¹ · 이건우¹ · 김준혁¹ · 이용진¹ · 임영욱^{1*}

¹연세대학교 의과대학 환경공해연구소, ²연세대학교 의과대학 예방의학교실

Study on the indoor exposure factors of phthalates using bio-monitoring data

Ji Yeon Yang¹ · Dong Chun Shin² · Si Eun Lee¹ · Geon Woo Lee¹ · Joon Hyeog Kim¹
Yong Jin Lee¹ · Young Wook Lim^{1*}

¹Institute for Environmental Research, Yonsei University College of Medicine

²Preventive medicine department, Yonsei university college of medicine

(Received 30 May 2018; Revised 28 September, 2018; Accepted 10 December, 2018)

Abstract

Phthalate is an endocrine disruptor that interferes with homeostasis and developmental regulation. It is highly toxic to the environment and is associated with various diseases of the human body. Using biological samples from 140 adult subjects, to evaluate the influencing factors which are related to contaminant concentration levels, we used correlation analysis and multiple regression analysis. Lastly, in order to analyze the health effects related to exposure to phthalates, we conducted a risk assessment by estimating acceptable daily intake exposure according to the influential factors. When we compared the concentration level according to influential factors, in general, the subjects who had engaged in home remodeling work had higher urinary phthalate metabolite concentrations levels than the subjects who had not engaged in home remodeling work. We can confirm statistically significant differences in DBP metabolites. In addition, we can confirm the concentration appeared higher in the categories such as using air freshener, sofa and foods. Through conducting a risk assessment of DEHP, BBzP, DiBP, and DnBP by using data on phthalate metabolite concentration in urine, it was found that the average concentration of all metabolites did not exceed TDI.

Keywords : Endocrine disruptor, Indoor exposure factor, Metabolites, Phthalate, Risk assessment

1. 서 론

내분비계장애물질(Endocrine-disrupting chemicals; 이하 EDCs)은 발달독성, 발암성, 변이원성, 면역독성 및 신경 독성 등 독성학적 발현의 관점으로 분류할 수 있다(Derosa et al., 1998; Choi et al., 2004). 프탈레이트(Phthalates)는 합성수지의 원료로 폴리염화비닐(polyvinyl chloride; PVC) 제품에 유연성을 주기 위한 가소제로 사용되고 있다. 주로 의료기기, 장난감, 비닐바닥, 벽지, 식품포장, 세제, 용제 및 화장품 등 우리 주

변에서 다양하게 사용되고 있으며(CMA, 1999; Koo and Lee, 2004; Liu et al., 2012; Zota et al., 2014; Liyo et al., 2015), 제품뿐만 아니라 생활환경 내에서도 널리 분포되어 있다(Yang et al., 2009; Lim et al., 2012). 프탈레이트는 내분비계 교란 물질의 일종으로 환경에서 잔류하는 독성이 매우 높다. 따라서 유럽에서는 생식독성물질로 분류하고 있으며, 카드뮴 등이 속하는 유해물질 군으로 분류하여 영유아 장난감 등 사용에 금지하고 있다(Christen, 2000; Wang et al., 2010; Sun et al., 2018). 동물 실험에서 프탈레이트 노출은 간과 신장, 허파 등에 영향을 미치며(Gray et al., 2016; Urbanek-Olejnik et al., 2016), 인체에서도 여러 가지 질환과의 연관성이 제기되고 있다(Meeker et al., 2007;

*Corresponding author
Tel : +82-2-2228-1898

E-mail : envlim@yuhs.ac

Trasande et al., 2013; Kay et al., 2014; Choi et al., 2017; Praveena et al., 2018).

따라서 본 연구에서는 생체시료 중 농도를 이용하여 프탈레이트 노출에 대한 주요 영향요인을 분석하고, 인체 노출 시나리오를 정립하여 일일섭취노출량 및 위해 수준을 평가하고자 하였다.

2. 실험방법

2.1 연구대상자

한국의학연구소 지사에서 2015년에 건강검진을 받은 성인을 대상으로 하였다. 노출행태와 생체시료 중 프탈레이트 농도 간 분석에 대하여 총 140명의 성인을 대상으로 선정하였으며, 이들은 만 23세 ~ 만 65세에 해당한다. 대상자의 특성은 다음 Table 1에 제시하였다.

2.2 연구 대상항목

대상항목은 대상자의 노 중 프탈레이트 대사체 7종 (MEHP, MECPP, MEHHP, MEOHP, MBzP, MiBP, MnBP)에 대하여 조사하였다.

2.3 설문조사

설문조사는 프탈레이트류의 노출을 평가하기 위한 설문지를 개발하여 연구대상자의 노출환경 및 노출요인을 조사하였다.

프탈레이트의 경우 사용처가 매우 다양하고 환경 중에서도 광범위하게 오염되어 있어 오염원을 그룹화하여 설문을 구성하였다. 특히 DEHP의 경우 대기, 수질, 토양으로의 배출량 조사가 진행되었으며, 일정 수준의 배출이 지속되는 것을 확인할 수 있다(ME, 2009). 조사 항목에 대한 내용은 거주 특성에 대한 항목으로써 거주형태(아파트, 단독 거주 등)와 거주기간 및 산업단지 인근 거주 여부, 실내공기 중 노출과 관련하여 가정 내 환기여부, 6개월 이내 건축자재 등 리모델링 여부(벽지, 페인트 등), 내장재(벽지, 바닥재 등)의 종류와 함께 방향제, 침대, 정수기 등과 같은 생활용품 사용여부, 1회용 플라스틱 용기 사용여부, 흡연여부, 음주여부, 각종 식품 섭취 습관으로 구성되었다.

Table 1. Demographic characteristics of the subjects

	Male (n=71)	Female (n=69)	Total (n=140)
Age	42 ± 9	41 ± 11	42 ± 10
Weight (kg)	74.1 ± 10.3	55.8 ± 6.3	65.2 ± 12.6
Height (cm)	173.3 ± 5.6	160.3 ± 5.3	166.9 ± 8.5
BMI (kg/m ²)	24.8 ± 2.7	22.0 ± 2.8	23.5 ± 3.1

2.4 프탈레이트 대사체 분석 및 통계분석

프탈레이트 대사체는 액체크로마토그래피 질량분석법(LC-MS/MS)으로 분석하였다.

본 연구의 통계분석은 IBM SPSS (version 20, US)을 사용하였다. 조사대상자의 일반적 특성 분포는 기술통계를 이용하여 분석하였다. 각 영향요인(흡연, 음주 여부, 리모델링 여부, 제품 사용여부, 캔/플라스틱 등 사용여부 등)별 생체시료 중 농도 차이를 분석하기 위하여 일원배치 분산분석과 t-test를 통하여 유의성을 확인하였다. 노출요인 행태에 따른 생체 시료와의 상관성을 분석하기 위하여, Pearson correlation 분석방법을 이용하였다.

2.5 위해성평가

David (2000), Koch et al. (2007)의 연구자료를 이용하여 위해성평가를 실시하였다.

$$DI (\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}) =$$

$$\frac{UE(\mu\text{g}/\text{g}) \times CE(\text{mg}/\text{kg}/\text{day})}{F_{UE} \times 1,000(\text{mg}/\text{g})} \times \frac{MW_d}{MW_m}$$

일일섭취량(DI)과 섭취한계량(TDI) 값을 통하여 위험도지수(Hazard index; HI)를 산출하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 대상자의 생체 시료 농도

140명 대상의 생체 시료 농도는 성별과 연령에 따라 구분하였으며, 결과는 다음 Table 2에 제시하였다. 남성에 비해 여성의 노 중 프탈레이트 농도가 높은 것을 확인할 수 있었으며, 연령 증가에 따른 농도 수준의 변화는 확인하기 어려웠다.

3.2 영향요인별 농도비교

3.2.1 거주 특성

거주 특성과 관련하여 거주 형태 및 산업단지 인근 거주 여부, 환기 여부에 따른 결과는 통계적 유의성은 확인할 수 없었으나, 대상자별 벽 혹은 방바닥 변경,

Table 2. The concentration of urinary phthalate metabolites of subjects (µg/g cr.)

		MEHP_U	MECPP_U	MEOHP_U	MEHHP_U	MBzP_U	MiBP_U	MnBP_U
Sex	Male (n=71)	0.25 ± 0.15	0.87 ± 0.51	0.50 ± 0.29	0.80 ± 0.55	0.33 ± 0.47	1.05 ± 0.73	1.08 ± 0.77
	Female (n=69)	0.45 ± 0.46	1.53 ± 1.20	0.87 ± 0.48	1.23 ± 0.76	1.23 ± 1.88	1.15 ± 1.99	1.49 ± 1.37
Age	20s (n=20)	0.28 ± 0.21	1.19 ± 0.95	0.73 ± 0.56	1.02 ± 0.77	0.62 ± 1.58	1.20 ± 1.11	1.30 ± 1.10
	30s (n=36)	0.40 ± 0.20	1.25 ± 0.81	0.66 ± 0.33	1.01 ± 0.62	0.59 ± 0.72	0.91 ± 0.42	1.16 ± 0.59
	40s (n=55)	0.26 ± 0.15	1.07 ± 0.71	0.65 ± 0.36	0.98 ± 0.65	0.61 ± 1.51	1.14 ± 2.15	1.28 ± 1.35
	50s (n=21)	0.35 ± 0.26	1.13 ± 0.73	0.66 ± 0.33	0.91 ± 0.45	0.68 ± 0.74	1.07 ± 0.98	1.29 ± 1.17
	60s (n=8)	0.83 ± 1.24	2.04 ± 2.58	0.99 ± 0.94	1.49 ± 1.39	1.26 ± 1.32	1.37 ± 0.95	1.76 ± 1.17
Total (n=140)		0.34 ± 0.35	1.20 ± 0.97	0.68 ± 0.43	1.01 ± 0.69	0.66 ± 1.26	1.10 ± 1.48	1.28 ± 1.12

Table 3. The concentration of urinary phthalate metabolites by remodelling (µg/g cr.)

Usage of products		MEHP_U	MECPP_U	MEOHP_U	MEHHP_U	MBzP_U	MiBP_U	MnBP_U
Wall or floor	Yes (n=6)	0.36 ± 0.19 ¹	1.26 ± 0.88	0.71 ± 0.37	1.08 ± 0.83	0.42 ± 0.35	2.65 ± 4.42	2.18 ± 2.39
	No (n=86)	0.33 ± 0.37	1.18 ± 1.01	0.67 ± 0.45	0.96 ± 0.65	0.67 ± 1.32	0.95 ± 0.69	1.19 ± 0.88
	p-value	0.795	0.783	0.756	0.533	0.639	< 0.01	< 0.01
Paint	Yes (n=6)	0.40 ± 0.22	1.50 ± 0.65	0.95 ± 0.43	1.34 ± 0.89	0.63 ± 0.58	1.49 ± 1.04	2.01 ± 1.20
	No (n=86)	0.33 ± 0.37	1.18 ± 1.02	0.65 ± 0.44	0.94 ± 0.64	0.66 ± 1.33	1.08 ± 1.57	1.24 ± 1.12
	p-value	0.518	0.337	< 0.05	0.073	0.957	0.413	< 0.05
Wall paper	Yes (n=20)	0.30 ± 0.17	1.07 ± 0.69	0.67 ± 0.32	0.98 ± 0.66	0.37 ± 0.36	1.65 ± 2.93	1.64 ± 1.69
	No (n=75)	0.35 ± 0.38	1.24 ± 1.05	0.69 ± 0.47	0.99 ± 0.68	0.72 ± 1.41	1.22 ± 0.72	1.22 ± 0.91
	p-value	0.583	0.431	0.828	0.968	0.279	0.072	0.578

¹ Mean ± Standard deviation

페인트칠, 벽지 및 장판 변경, 새 가구 구매와 관련한 리모델링 여부에 대하여 조사결과와 프탈레이트 대사체 농도 수준을 비교해본 결과, 일부 대사체 농도 변화에 대한 통계적 유의성을 확인할 수 있었다. 벽 또는 방바닥을 리모델링하였을 때, 리모델링을 하지 않은 군에 비해서 노 중 MiBP, MnBP의 농도 수준이 유의하게 높았다. 페인트칠을 하였을 때, MnBP의 농도 수준이 페인트칠을 하지 않은 군보다 높게 나타났다. 벽지를 교체한 군에서는 통계적 유의성은 확인되지 않았으나 MiBP, MnBP의 농도 수준이 하지 않은 군보다 높게 나타났다. 종합적으로 살펴보면, 리모델링을 한 대상자군에서 노 중 MiBP, MnBP의 농도 수준이 하지 않은 군보다 높게 나타났다. 실제 내장재 중 판매된 8개의 벽지 중 6개의 벽지에서 프탈레이트가 검출되는 것을 확인할 수 있었으며(Lee et al., 2008), 이러한 결과는 생체 시료 농도를 증가시킬 수 있다. 제한점으로는 벽, 방바닥 및 페인트 리모델링한 사람의 경우 6명, 벽지 리모델링한 사람의 경우 20명을 대상으로 분석한 결과이기 때문에 리모델링을 하지 않은 대상들에 비해 상대적으로 적다. 또한 설문 대상의 시공 시기와 페인

트 및 벽지 종류와 같은 항목별 세부 정보는 설문하지 않았기 때문에 프탈레이트가 함유된 정확한 정보는 확인할 수 없었다. 하지만 MiBP, MnBP의 경우 리모델링을 한 대상들에게서 모두 높은 것을 확인할 수 있었기 때문에 노출의 영향이 있을 것이라고 판단되며, 제품에 대한 평가가 필요할 것으로 사료된다.

리모델링과 별도로 대상자가 현재 생활하는 공간의 벽, 바닥, 천장, 가구 내장재의 재질을 조사하였으며, 이에 따른 생체시료 중 프탈레이트 대사체 농도를 비교하였다. 벽지는 목재, 방풍 혹은 단열 목적의 비닐, 페인트, 실크, 기타로 구분하여 비교하였으며, 노 중 MBzP와 MnBP 물질에서 내장재 별 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<0.05). 두 물질 모두 페인트 벽에 노출된 군에서 농도가 가장 높았으며, 평균은 각각 4.39 µg/g cr., 4.53 µg/g cr.이었다. 본 연구에서 조사된 대상자들의 벽의 상태를 페인트로 체크한 케이스는 7명으로 상대적으로 적은 인원으로 확인되었으며 페인트 칠 시기는 확인할 수 없었으나, 다매체, 다경로 위해성평가를 수행한 연구를 검토한 결과, 일부 프탈레이트의 경우 흡입과 접촉의 주요 오염원 중 하나가 페인

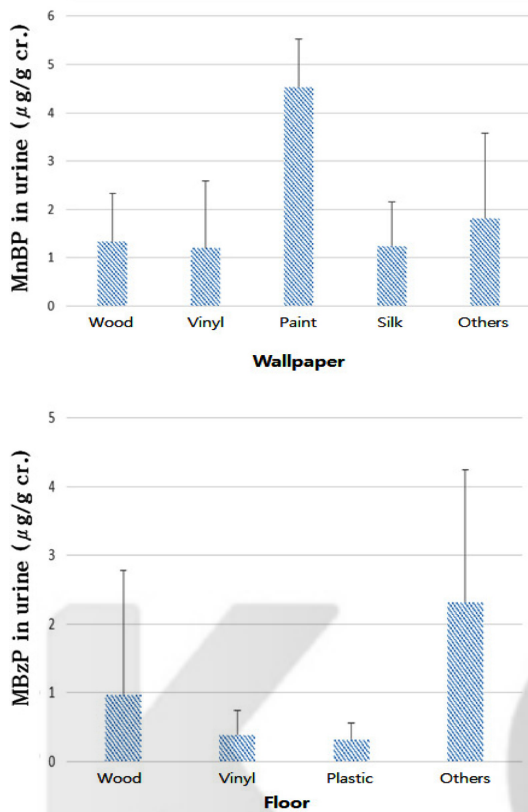


Fig. 1. Analysis of urinary MBzP, MnBP difference according to use of interior materials.

트인 것으로 분석되었다(Wormuth et al., 2006). 거주 바닥은 나무, 비닐, 플라스틱, 기타로 구분하였고, 뇨 중 MBzP에서 바닥 종류별 유의한 차이가 있는 것으로 확인되었다($p < 0.05$). 기타 종류를 제외한 다음으로는 목재 바닥에 노출된 대상자 군에서 평균 $0.98 \mu\text{g/g cr.}$ 으로 높게 나타났다. 국내에서 수행된 연구 중 목재로 만들어진 바닥재 사용으로 인한 노출 수준은 보고되지 않았으나 비닐장판 사용에 따라 노출량이 증가하는 것을 확인할 수 있었다(ME, 2009). 목재 바닥재 사용에 따른 노출 관련성에 대한 연구와 각 내장재별 프탈레이트 농도를 확인함으로써 복합 노출에 대한 평가가 필요할 것으로 판단된다. 천장의 경우 내장재 종류별 뇨 중 프탈레이트 대사체에는 유의한 차이가 없는 것으로 확인되었으며, 가구도 마찬가지로 내장재 별 유의한 차이는 나타나지 않았지만 대체적으로 원목 및 도색나무에서 농도가 높게 나타남을 확인하였다. 벽지와 바닥재 종류에 따라 대사체 농도에 미치는 결과는 다음 Fig. 1에 제시하였다.

3.2.2 제품 사용유무

거주하는 공간에서 사용하는 주요 제품에 대하여 조사하였다. 항목은 쇼파, 난방용 매트, 벽난로, 가습기, 에어컨, 공기청정기, 정수기, 카펫, 인형, 방향제, 침대, 스팀청소기 등이다. 제품을 사용하지 않는 군과 사용하는 군을 나누어 생체시료 내 프탈레이트 대사체를 비교해보았다. 국내 연구 결과, 화장품, 장난감, 매트 등의 제품 사용에 따른 프탈레이트 노출이 증가하는 것으로 확인할 수 있었다(ME, 2009). 본 연구에서는 쇼파의 경우 통계적으로 유의한 결과는 확인할 수 없었으나, 대부분 쇼파를 사용하는 군에서 농도가 높게 나타남을 알 수 있었다. 이와 마찬가지로 매트를 사용하는 군에서 사용하지 않는 군에 비해 대부분의 물질의 농도가 높게 나타남을 확인할 수 있었다. 제품 중 방향제의 경우, 뇨 중 DBP의 대사체인 MiBP, MnBP에서 사용유무에 따른 유의한 차이를 확인할 수 있었으며($p < 0.05$), 방향제를 사용하는 군에서 뇨 중 MiBP 농도 수준은 $1.50 \mu\text{g/g cr.}$ 으로 사용하지 않는 군의 농도 수준인 $0.91 \mu\text{g/g cr.}$ 보다 높게 나타났다. 뇨 중 MnBP의 농도 수준은 사용하는 군에서 $1.65 \mu\text{g/g cr.}$, 사용하지 않는 군에서 $1.12 \mu\text{g/g cr.}$ 으로 나타났다. 반면, 침대의 경우, 사용하는 군에 비해 사용하지 않는 군에서 농도가 높게 나타나는 경우가 많았으며, 특히 뇨 중 MEHP, MEOHP, MiBP, MnBP에 대해서는 사용유무에 따른 유의한 차이를 확인할 수 있었다($p < 0.05$). 가습기, 에어컨, 공기청정기 등과 같은 나머지 제품에 대해서는 제품 사용유무에 따른 대사체 농도 변화와 관련된 결과를 확인할 수 없었다. 세부 결과는 다음 Table 4에 제시하였다.

3.2.3 식이습관

참여자를 대상으로 식이습관에 따른 대사체 농도 차이를 확인하였으며, 빵 과자류, 당류, 두류(두유, 콩 통조림, 팔죽 등), 우유류, 채소류, 통조림 채소류, 음료, 주류, 육류(돼지고기, 소고기), 치킨, 닭고기류, 육가공품(햄, 소시지 등), 통조림 번데기, 생선류, 과일류, 과일통조림, 과일주스를 대상 식품으로 선정하였다. 일부 식품군에 있어서 프탈레이트 대사체 농도에 영향을 주는 것을 확인할 수 있었다. 모든 식품에서 섭취빈도별 프탈레이트 대사체 농도에는 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 일부 식품군에서 섭취빈도가 증가할수록 프탈레이트 대사체 농도가 높아지는 경향은 확인할 수 있었다. 주로 지방 함유가 높은 식품군에서 이러한 경향이 나타났으며, 해당하는 식품은 통조림 채소, 육류, 다년생어류, 육가공품이다. 결과는 다음 Fig. 2와 같다.

Table 4. The concentration of urinary phthalate metabolites by using the products (µg/g cr.)

Usage of products	MEHP_U	MECPP_U	MEOHP_U	MEHHP_U	MBzP_U	MiBP_U	MnBP_U	
Air Freshener	Yes (n=43)	0.34 ± 0.18 ¹	1.27 ± 0.81	0.73 ± 0.38	1.13 ± 0.69	0.52 ± 0.54	1.50 ± 2.44	1.65 ± 1.65
	No (n=97)	0.35 ± 0.41	1.17 ± 1.04	0.66 ± 0.46	0.96 ± 0.69	0.72 ± 1.46	0.91 ± 0.70	1.12 ± 0.74
	p-value	0.923	0.567	0.393	0.198	0.484	< 0.05	< 0.05
Sofa	Yes (n=94)	0.35 ± 0.39	1.23 ± 1.06	0.70 ± 0.42	1.05 ± 0.73	0.70 ± 1.35	0.95 ± 0.67	1.21 ± 0.92
	No (n=46)	0.34 ± 0.22	1.13 ± 0.78	0.65 ± 0.45	0.94 ± 0.63	0.57 ± 1.08	1.40 ± 2.40	1.43 ± 1.45
	p-value	0.894	0.583	0.577	0.362	0.632	0.093	0.285
Bed	Yes (n=115)	0.30 ± 0.18	1.14 ± 0.77	0.65 ± 0.33	0.97 ± 0.59	0.67 ± 1.33	0.98 ± 0.74	1.19 ± 0.86
	No (n=25)	0.52 ± 0.68	1.44 ± 1.61	0.86 ± 0.73	1.23 ± 1.03	0.60 ± 0.86	1.63 ± 3.13	1.73 ± 1.88
	p-value	< 0.05	0.159	< 0.05	0.089	0.844	< 0.05	< 0.05

¹ Mean ± Standard deviation

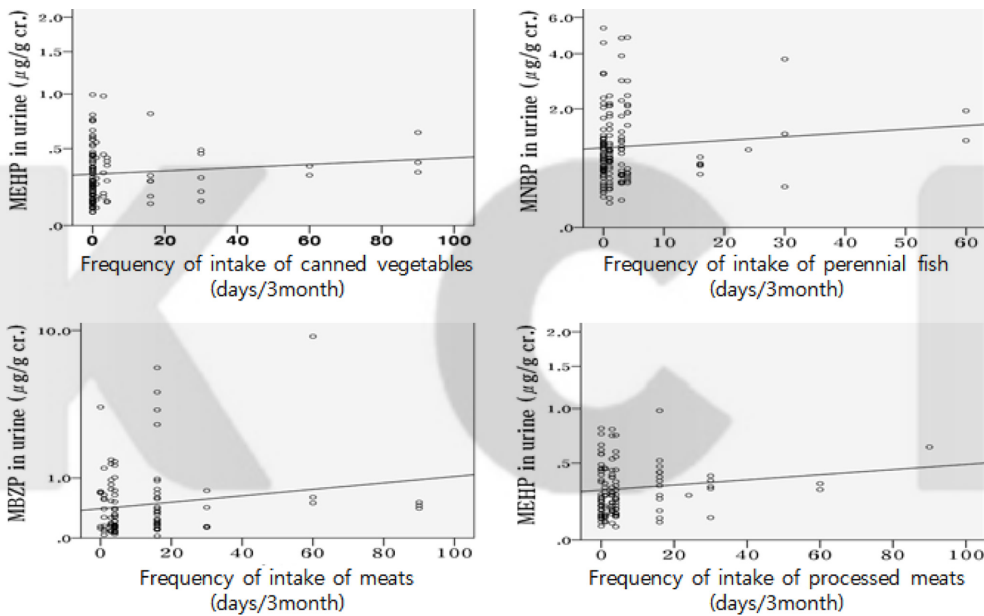


Fig. 2. Analysis of the difference in the concentration of phthalate metabolites in urine with increasing frequency of food intake.

각 개별 음식에 대한 섭취 빈도에 따른 생체시료 농도가 증가하는 것은 크지 않아 보일 수 있으나 여러 가지 식품을 섭취하는 것을 가정한다면 영향이 클 것으로 판단된다. 타 연구 결과에서도 생체 시료에 영향을 미치는 요인 중 식품 섭취가 상당히 큰 것을 확인할 수 있었다(Dewalque et al., 2014).

3.3 상관성 분석

노 중 프탈레이트 대사체와 각 영향요인 사이에 일부 유의한 결과가 확인되었다. 나이, 성별, 체질량지수, 환기시간, 리모델링 여부 간의 상관분석을 한 결과, 나이, 성별, 리모델링여부에 대하여 양의 상관성을 나타

내었으며, 체질량지수 및 환기시간에 대해서는 음의 상관성을 나타내었다. 성별 및 리모델링 여부에 대해서는 일부 강한 상관성이 나타남을 확인할 수 있었다 (p<0.05).

제품 사용유무 및 빈도에 따라 상관관계를 분석하였으며, 방향제, 쇼파, 플라스틱 사용에 대하여 대부분 물질에서 양의 상관관계를 나타내었다. 노 중 MiBP와 MnBP의 경우 방향제 사용과 침대 사용여부에 대하여 통계적인 유의성이 확인되었다. 침대에 대해서는 MBzP 물질을 제외하고는 나머지 물질 모두 음의 상관관계를 나타내었으며, 대부분 물질에서 통계적인 유의성이 확인되었다. 캔의 경우 음의 상관관계를 나타내었

으며, 플라스틱의 경우 대부분 양의 상관관계를 나타내었고 통계적 유의성은 없었다.

식품 섭취빈도에 따른 상관성 분석을 실시하였으며, 채소를 제외한 나머지 육류, 가공육류, 다년생어류, 통조림채소 식품에서 대부분 대사체 물질에 대하여 양의 상관성을 나타내었다. 대부분 양의 상관성을 나타내었던 식품으로는 고지방 함유 식품, 통조림 식품 등으로 조사되었다. 육류의 경우 MBzP 물질에서 통계적인 유의성이 확인되었고, 다년생어류 식품의 경우 DEHP의 대사체인 MECPP 물질에서 통계적인 유의성이 확인되었다.

3.4 위해성평가

노 중 프탈레이트 대사체 MEHP, MECPP, MEOHP, MEHHP, MBzP, MiBP, MnBP를 통하여 DEHP, BBzP, DiBP, DnBP의 위해성평가를 수행하였다. 생체시료 중 프탈레이트의 검출률이 낮은 점을 고려하여 분석을 진행하였으며, 그에 따라 일일섭취량(Daily Intake; DI)이 현저하게 낮게 나타남을 확인할 수 있었다. 평균 일일 섭취량은 DEHP에서 가장 높게 나타났으며, 그 값은 0.30 µg/kg/day로 산출되었다. 나머지 세 가지 물질은 비슷한 수준으로 조사되었으며, 전체 평균값은 다음과 같다. BBzP는 0.01 µg/kg/day, DiBP는 0.03 µg/kg/day, DnBP는 0.03 µg/kg/day로 산출되었다. 일일섭취량을 사용하여 위해도지수(Hazard Indices; HI)를 산출한 결과, DEHP는 0.015, BBP는 0.00002, DiBP는 0.003, DnBP는 0.003으로 나타났으며, 모두 0.1 미만으로 확인되었다.

4. 결 론

본 연구는 프탈레이트에 대한 노출 정도를 파악하기 위하여, 140명 성인대상자의 생체시료 중 오염물질 농도 수준과 관련된 영향요인을 평가하고, 프탈레이트 노출로 인한 건강영향 분석을 위해 영향요인별 일일섭취 노출량을 추정하여 위해성평가를 실시하였다.

대체적으로 리모델링을 하지 않은 대상자군보다 리모델링을 한 공간에 거주하는 대상자에게서 노 중 프탈레이트 대사체 농도 수준이 높았으며, 특히, DBP의 대사체인 MiBP, MnBP에서 통계적으로 유의한 차이를 확인할 수 있었다. 또한 방향제, 쇼파를 사용하는 군에서 농도가 높게 나타남을 확인할 수 있었다.

식품 섭취빈도에 따라 농도수준을 비교한 결과, 주로 지방 함유가 높은 식품군에서 섭취빈도가 증가할수록 프탈레이트 대사체 농도가 높아지는 경향을 확인할

수 있었다.

노 중 프탈레이트 대사체 농도자료를 이용하여 DEHP, BBzP, DiBP, DnBP에 대한 위해성평가를 수행하였다. 모든 물질이 TDI를 초과하지 않았으며, 일일 섭취량을 적용하여 위해지수를 산출한 결과, 모두 0.1 미만이었다.

감사의 글

이 논문은 2016년 식품의약품안전처(15162MFDS 631)의 지원을 받아 연구되었음

References

- Choi, K. Y., Cho, K., Seo, S. C., 2017. Environmentally hazardous substances and associated environmental factors in homes of atopic dermatitis children: a case-control study. *Journal of Odor and Indoor Environment* 16(3), 235-241. (in Korean with English abstract)
- Choi, S. M., Yoo, S. D., Lee, B. M., 2004. Toxicological characteristics of endocrine-disrupting chemicals: developmental toxicity, carcinogenicity, and mutagenicity. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B Critical Reviews* 7(1), 1-24.
- Christen, K., 2000. European Union bans phthalate softeners in baby toys. *Environmental science and technology* 34(1), 11A-11A.
- Chemical Manufacturers Association. 1999. Comments of the Chemical Manufacturers Association phthalate esters panel in response to request for public input on seven phthalate esters. FR Doc. 99-9484. Washington, DC: CMA.
- David, R. M., 2000. Exposure to phthalate esters. *Environmental health perspectives* 108(10), A440.
- DeRosa, C., Richter, P., Pohl, H., Jones, D. E., 1998. Environmental exposures that affect the endocrine system: public health implications. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B Critical Reviews* 1(1), 3-26.
- Dewalque, L., Charlier, C., Pirard, C., 2014. Estimated daily intake and cumulative risk assessment of phthalate diesters in a Belgian general population. *Toxicology Letters* 231(2), 161-168.
- Gray L. E. Jr., Furr, J., Tatum-Gibbs, K. R., Lambright, C., Sampson, H., Hannas, B. R., Wilson, V. S., Hotchkiss, A., Foster, P. M., 2016. Establishing the "Biological Relevance" of dipentyl phthalate reductions in fetal rat testosterone production and plasma and testis testosterone levels. *Toxicological Sciences* 149(1), 178-191.
- Kay, V. R., Bloom, M. S., Foster, W. G., 2014. Reproductive

- and developmental effects of phthalate diesters in males. *Critical reviews in toxicology* 44(6), 467-498.
- Kim, H. H., Yang, J. Y., Lee, Y. J., Lee, C. S., Lee, G. W., Park, J. H., Gqak, Y. K., Shin, D. C., Lim, Y. W., 2012. Health risk assessment of phthalate exposure in children's facilities : focused on elementary-schools and institutes. *Journal of Odor and Indoor Environment* 9(4), 367-381. (in Korean with English abstract)
- Koch, H. M., Becker, K., Wittassek, M., Seiwert, M., Angerer, J., Kolossa-Gehring, M., 2007. Di-n-butylphthalate and butylbenzylphthalate-urinary metabolite levels and estimated daily intakes: pilot study for the german environmental survey on children. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology* 17(4), 378-387.
- Koo, H. J., Lee, B. M., 2004. Estimated exposure to phthalates in cosmetics and risk assessment. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A* 67(23-24), 1901-1914.
- Lee, C. W., Jung, T. K., Kim, M. G., 2008. Content of plasticizers and heavy metals in the selling PVC wallpapers. *Analytical Science and Technology* 21(2), 135-142. (in Korean with English abstract)
- Lioy, P. J., Hauser, R., Gennings, C., Koch, H. M., Mirkes, P. E., Schwetz, B. A., Kortenkamp, A., 2015. Assessment of phthalates/phthalate alternatives in children's toys and childcare articles: review of the report including conclusions and recommendation of the chronic hazard advisory panel of the consumer product safety commission. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology* 25(4), 343-353.
- Liu X., Yu J., Li S., Wang H., Liu J., 2012. HPLC method to determine DEHP released into blood from a disposable extracorporeal circulation tube. *Journal of Biomedical Engineering* 30(4), 756-761.
- Meeker, J. D., Calafat, A. M., Hauser, R., 2007. Di (2-ethylhexyl) phthalate metabolites may alter thyroid hormone levels in men. *Environmental health perspectives* 115(7), 1029-1034.
- Ministry of Environment(ME), 2009. The case study to develop a comprehensive exposure assessment guideline.
- Praveena, S. M., Teh, S. W., Rajendran, R. K., Kannan, N., Lin, C.-C., Abdullah, R., Kumar, S., 2018. Recent updates on phthalate exposure and human health: a special focus on liver toxicity and stem cell regeneration. *Environmental Science and Pollution Research international* 25(12), 11333-11342.
- Sun, W. L., Zhu, Y. P., Ni, X. S., Jing, D. D., Yao, Y. T., Ding, W., Liu, Z. H., Ding, G. X., Jiang, J. T., 2018. Potential involvement of Fgf10/Fgfr2 and androgen receptor (AR) in renal fibrosis in adult male rat offspring subjected to prenatal exposure to di-n-butyl phthalate (DBP). *Toxicology letters* 282, 37-42.
- Trasande, L., Spanier, A. J., Sathyanarayana, S., Attina, T. M., Blustein, J., 2013. Urinary phthalates and increased insulin resistance in adolescents. *Pediatrics* 132(3), e646-e655.
- Urbanek-Olejnik, K., Liszewska, M., Winczura, A., Kostka, G., 2016. Changes of c-Myc and DNMT1 mRNA and protein levels in the rat livers induced by dibutyl phthalate treatment. *Toxicology and industrial health* 32(5), 801-808.
- Wang, J., Li, L., Cai, F. Y., Zeng, Q., Yang, X., 2010. Study on the DNA damage of rat lung cells induced by butylbenzyl phthalate, *In Proceeding of the 2010 4th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering*, IEEE, Chengdu, 1-3.
- Wormuth, M., Scheringer, M., Vollenweider, M., Hungerbuhler, K., 2006. What are the sources of exposure to eight frequently used phthalic acid esters in europeans?. *Risk Analysis* 26(3), 803-824.
- Yang, J. Y., Kim, H. H., Lee, C. S., Kim, S. D., Shin, D. C., Lim, Y. W., 2009. Evaluation and analysis of exposure levels of phthalate - focused on indoor playgrounds and day-care centers. *Journal of Korean Society for Indoor Environment* 6(1), 15-26.
- Zota, A. R., Calafat, A. M., Woodruff, T. J., 2014. Temporal trends in phthalate exposures: findings from the national health and nutrition examination survey, 2001-2010. *Environmental health perspectives* 122(3), 235-241.