

슬라임(액체괴물) 중 붕소 함량과 어린이의 붕소 노출량 추정

박지영* · 임미영** · 이기영*,**†

*서울대학교 보건환경연구소, **서울대학교 보건대학원 환경보건학과

Estimation of Exposure to Boron from Children's Slime Use in Korea

Ji Young Park*, Miyoung Lim**, and Kiyong Lee***†

*Institute of Health and Environment, Seoul National University, Seoul, Korea

**Department of Environmental Health Sciences, Graduate School of Public Health, Seoul National University, Seoul, Korea

ABSTRACT

Objectives: This study was conducted to investigate the boron concentrations in 30 slime products and estimate children's dermal exposure to boron.

Methods: Thirty slime products from online and offline stores were purchased for boron analysis. The boron content of each slime sample was analyzed using ICP-OES. A nationwide survey was performed to determine use patterns of slimes by a home-visit survey of 10,000 children divided into three age groups: 0-2, 3-6, and 7-12 years. The dermal exposure to boron was calculated using an exposure algorithm for child slime users.

Results: The proportion of the child population using slime was 45.8%, and the mean use frequency was 2.5 ± 3.8 per week (range: 0.08-35). Mean time spent playing with slime was 19.6 ± 11.3 min (range: 1-100). Twenty-five of the thirty slimes contained a boron concentration exceeding the EU limit for toys made with sticky material of 300 mg/kg. Dermal exposure ranged from 0.0008-13.78 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ with the maximum weight fractions of boron in the 30 products. The dermal exposure estimate was the highest in 7-12 years old group.

Conclusion: Slime use among Korean children may cause high exposure to boron. Regulation is needed to minimize boron exposure from slime products.

Keywords: Slime, boron, boric acid, dermal exposure, exposure factor, children's exposure

I. 서 론

슬라임(Slime)은 젤리와 같이 끈끈한 액체성 점토로 어린이는 물론 어른 사이에서도 인기가 있는 장난감이며 흔히 액체괴물(액괴)이라고 한다. 이런 제품은 완제품을 구입할 수도 있고 집에서 만들어 사용하기도 한다. 최근에는 액체괴물에 색소나 반짝이, 비즈 등 여러 가지 물질을 넣어서 다양한 놀이를 즐기는 경우도 있다. 하지만 액체괴물과 관련된 유해물질에 대한 검출이 보고되고 있다. 최근 중국에서 수입한 14개의 액체괴

물 제품에서 폐손상을 초래할 수 있는 클로로메틸이소티아졸리논(CMIT)과 메틸이소티아졸리논(MIT) 등의 유해물질이 국가기술표준원의 조사 결과 기준치보다 높게 검출되어 리콜조치가 내려진 바 있다.¹⁾ 이 물질들은 우리나라에서 2018년부터 장난감에 사용이 금지되었다.

액체괴물은 폴리비닐 아세테이트(polyvinyl acetate, PVA)수지를 주성분으로 하는 액체풀에 붕산(boric acid, H_3BO_3)이나 붕사(borax, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)를 넣어 만든다. 고분자 수지인 PVA는 붕산과 교차결합(cross-linking)을 하여 점도가 높아져 잘 늘어나고 쫄깃쫄깃

†Corresponding author: Department of Environmental Health, Graduate School of Public Health, Seoul National University, Tel: 82-2-880-2735, Fax: 82-2-762-2888, E-mail: cleanair@snu.ac.kr

Received: 30 November 2018, Revised: 10 December 2018, Accepted: 18 December 2018

한 탄성이 좋은 재료가 되어 액체괴물로 이용된다. 액체괴물은 CMIT/MIT, 포름알데히드를 방출하는 방부제를 포함하고 피부 알러지를 일으키는 물질과 호흡기에 자극을 주는 용제들을 포함할 수 있다.²⁾ 액체괴물의 탄성을 유지하기 위해 붕산이나 그 유도체를 사용하는데 액체괴물 제조 시 사용된 붕산나 붕산에서 유래한 붕산염(borate)이 분산되어 있다.

이들 붕소 화합물은 생식독성과 배아의 발달 독성을 가지고 있기 때문에 어린이들이 반복적으로 노출되어서는 안 된다고 프랑스 식품 환경 직업 안전보건청(French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety, ANSES)은 경고하고 있다.²⁾ 캐나다 보건당국(Health Canada)은 집에서 만드는 액체괴물에 들어가는 붕사(Borax) 대한 위험성을 경고하였다.³⁾ 프랑스 ANSES는 시판되는 15개 액체괴물의 붕소 함량을 분석하여 이들 중 2개가 허용기준(300 mg/kg) 이상으로 검출된 액체괴물을 시장에서 퇴출시켰다²⁾. 영국에서는 온라인 상점에서 판매하는 슬라임 제품 11개를 테스트한 결과 3개 제품만이 EU 장난감 안전지침의 붕소기준인 300 mg/kg 이하였다. 나머지 제품은 560~1400 mg/kg의 붕소를 함유하고 있었고 온라인 상점인 아마존은 이들 제품의 판매를 금지시켰다⁴⁾.

붕산과 붕소의 잠재적인 영향을 고려하여 유럽연합은 유럽 표준 EN71-3에서 액체나 끈적한 재질로 이루어진 완구의 붕소 기준을 300 mg/kg으로 정하였다. 현재 우리나라는 완구류에서 붕소에 대한 함량기준이 없다. 캐나다 정부는 붕소 관련 위해성평가 초안에서 붕산에 과다노출 되면 발달과 생식계통에 영향을 미칠 가능성이 있다는 것을 발견하고 집에서 만든 슬라임이나 모형 점토에 붕사를 사용하지 말라고 경고하였다. 물과 과일, 채소를 먹으면서 자연스럽게 붕산에 노출되기 때문에 어린이와 임신부는 식품 외의 다른 노출원을 가능한 많이 줄여야 한다고 제안하였다.³⁾

본 연구에서는 우리나라에서 유통되고 있는 액체괴물 중 붕소 함량을 조사하고 액체괴물의 어린이 사용 패턴 자료를 이용하여 붕소의 피부노출량을 추정하였다.

II. 연구방법

1. 분석대상 제품 선정

시판되고 있는 액체괴물 제품 30개를 온·오프라인

매장에서 구입하였다. 초등학교 근처 문구점 2곳에서 22개, 온라인 쇼핑몰에서 8개의 액체괴물 제품을 구매하였다. 온라인 쇼핑몰은 문구점에서 구할 수 없는 제품 중에서 판매순위가 높은 것을 선택하였다. 구입한 제품에 표시된 제조국가, 국가통합인증마크(KC) 및 안전인증번호, 사용연령, 사용상 주의사항 표기 현황을 분석하였다.

2. 붕소 분석 방법

붕소 원소 분석을 위해 액체괴물은 마이크로웨이브를 이용한 산분해법으로 전처리를 하였다. 각 액체괴물 0.1 g을 취한 후 진한 질산 8 mL를 가하고 마이크로웨이브 시료 전처리 장치에 넣어 유기물질을 제거하였다. 산분해가 된 시료를 초순수 증류수로 25 mL까지 희석한 후, 유도결합플라즈마/발광분광기(Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry, ICP-OES)에 주입하여 파장 249.773 nm에서 붕소 원소를 분석하였다. 해당파장에 대한 크로마토그램을 작성하여 각 물질의 머무름시간에 해당하는 위치의 피크로부터 피크 면적을 측정하고, 미리 작성한 검정곡선으로부터 각각의 양을 구하여 시료중의 농도를 계산하였다.

3. 사용자 설문조사

본 연구에서는 환경부에서 어린이용품의 국민대표 노출계수를 산출하기 위한 전국단위 조사 중 액체괴물 사용에 관한 설문결과를 이용하였다. 서울과 수도권의 표본집중을 견제하고 지역별 사용실태 분석을 하기 위해 제공된 비례배분으로 지역 편차를 줄인 다음 연령과 성별로 층화하여 조사 대상자를 선정하였다. 설문조사 대상은 전국 만 0-12세의 자녀를 둔 1만 가구이고, 조사는 전국 16개 시도에서 이루어졌다. 연령과 성별로 어린이용품 설문조사에 참가한 인구의 구성을 Table 1에 제시하였다.

어린이용품 노출계수 조사는 2017년 8월 31일부터 2017년 10월 20일에 걸쳐 가구방문을 통해 이루어졌다. 숙련된 조사원이 각 가구에 방문하여 응답자와 직접 인터뷰를 실시하였다. 영아(0~2세)와 유아(3~6세)의 설문은 보호자가 모든 설문문항에 응답하였고, 초등학교를 다니는 7세 이상 12세 이하의 어린이는 보호자와 어린이가 동시에 참여하여 응답을 하도록 유도했다. 액체괴물의 설문 문항은 (1) 지난 3개월간의 사용 경험, (2) 사용빈도, (3) 사용시간, (4) 사용설명서 및

Table 1. The composition of study population by age group and gender

Age group	Infant	Toddler	School kids		Pooled
	0-2 years	3-6 years	7-9 years	10-12 years	
Boy	1352	1621	1027	1026	5026
Girl	1321	1625	992	986	4924
Pooled	2673	3296	2019	2012	10000

Table 2. Input parameters for dermal exposure calculation

Parameter	Unit	Variable	Source
ADD	μg/kg/day	Average daily dose	
WF	μg/g	Maximum or mean weight fraction of boron	Chemical analysis results in this study
EF	event/day	Exposure frequency	Survey results in this study
ET	min/event	Exposure time	Survey results in this study
AF	g/min/cm ²	Skin adhesion factor; 0.0013	(Guak et al., 2018) ⁵⁾
SA	cm ²	Skin contact area (hand); 274 for 0-2 years, 437 for 3-6 years, 551 for 7-9 years, 731 for 10-12 years	Korean exposure factors handbook for children ⁶⁾
ABS	-	Skin absorption factor, 0.00226	(Wester et al., 1998) ⁷⁾
BW	kg	Body weight; 10.8 for 0-2 years, 19.1 for 3-6 years, 30.2 for 7-9 years, 43.1 for 10-12 years	Korean exposure factors handbook for children ⁶⁾

주의사항 확인여부로 이루어졌다. 설문지는 연령별로 3개 군으로 나누어 개발되었으며, 어린이용품 사용 문항 외에 인구학적 특성 정보도 포함되었다. 본 설문조사는 인간을 대상으로 한 행동연구의 일환으로 서울대학교 연구윤리위원회의 승인(SNU IRB No. 1706/001-002)을 받은 후 이루어졌다.

4. 봉소 노출량 추정

액체피물은 어린이들이 손을 이용하여 놀이를 하는 제품으로 피부를 통한 화학물질의 노출이 주 노출경로가 된다. 경피노출량을 산출하기 위해 본 연구에서는 환경유해인자의 위해성 평가를 위한 절차와 방법 등에 관한 지침(환경부 예규 제 585호)에서 제시한 피부에 흡착되는 제품의 경피노출량을 계산하는 노출알고리즘을 이용하였다.

$$ADD = \frac{WF \times EF \times ET \times AF \times SA \times ABS}{BW}$$

봉소의 함량(WF)은 본 연구에서 분석한 액체피물 중 봉소함량의 평균과 최대 함량값을 각각 적용하였다 (Table 2). 액체피물의 사용빈도와 회당 평균 사용시간은 사용자 설문조사 결과를 이용하였다. 액체피물의 피

부점착계수는 점착실험을 통해 구해진 값을 사용했다.⁵⁾ 어린이의 손 표면적(SA)과 몸무게(BW)는 어린이노출계수 핸드북에서 제시한 연령군별 대표치를 사용하였다.

5. 통계 분석 방법

액체피물을 사용한다고 응답한 모든 어린이의 노출계수를 각각 적용하여 노출량을 산정하였고, 액체피물의 경피노출량의 기술통계분석을 실시하였다. 성별에 따른 노출계수의 차이를 보기 위해 Mann-Whitney 검정을 수행하였다. 연령군에 따른 노출계수와 노출량의 차이를 보기 위해 ANOVA 검정과 사후검정으로 Scheffe 검정을 수행하였다. 통계분석은 SPSS ver. 23 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 이용하여 수행하였고 SigmaPlot 10 (Systat Software, Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 그래프를 작성하였다.

III. 연구결과

1. 제품 내 표시 현황

시중에서 구입한 액체피물 30개 제품의 표시 현황을 Table 3에 제시하였다. 전체 제품 중 21개(70%)가 중국에서 제조되었다. 24개(80%) 제품이 KC마크와 안

Table 3. Characteristics of slime products used for study

ID	Place of purchase	Country of manufacture	Korea certification (KC) mark and safety certification number	Recommended age	Precautionary note
1	Retail store	China	Yes	8 years older	Yes
2	Retail store	No indicated	Yes	No indicated	No
3	Retail store	China	KC mark only	14 years older	No
4	Retail store	China	KC mark only	8 years older	No
5	Retail store	China	Yes	8 years older	Yes
6	Retail store	China	Yes	8 years older	Yes
7	Retail store	China	Yes	8 years older	Yes
8	Retail store	China	Yes	8 years older	Yes
9	Retail store	China	Yes	8 years older	Yes
10	Retail store	China	Yes	8 years older	Yes
11	Retail store	China	Yes	8 years older	Yes
12	Retail store	China	Yes	8 years older	Yes
13	Retail store	China	Yes	8 years older	Yes
14	Retail store	China	KC mark only	No indicated	No
15	Retail store	China	Yes	8 years older	No
16	Retail store	China	Yes	No indicated	No
17	Retail store	China	Yes	No indicated	No
18	Retail store	China	Yes	8 years older	Yes
19	Retail store	China	Yes	3 years older	No
20	Retail store	China	Yes	14 years older	Yes
21	Retail store	China	Yes	8 years older	Yes
22	Retail store	China	Yes	8 years older	Yes
23	Online store	Korea	Yes	3 years older	Yes
24	Online store	Korea	Yes	3 years older	Yes
25	Online store	Korea	No	14 years older	No
26	Online store	Korea	No	14 years older	No
27	Online store	Korea	No	14 years older	No
28	Online store	Korea	No	14 years older	No
29	Online store	Korea	No	14 years older	No
30	Online store	Korea	No	14 years older	No

전인증번호 혹은 KC마크를 표시하였다. 15개 제품 (50%)이 사용연령을 8세 이상으로 표시하였으며, 3세 이상(10%)과 14세 이상(26.7%)으로 표시한 제품도 존재하였다. 사용시 주의사항을 표시한 제품은 16개 (53.3%)이며 주의사항의 내용은 제품별로 차이가 있었다.

2. 붕소 함량 분석결과

수집한 액체괴물 30개의 분석결과는 Fig. 1에 제시하였다. 평균 함량은 1005 ± 626 mg/kg이었고 75~2278

mg/kg의 농도 범위로 포함되어 있었다. 전체 30개 중에서 5개를 제외한 액체괴물에서 완구 내 붕소의 유럽 연합 함량 기준인 300 mg/kg을 초과하였다. 중국산 액체괴물은 모두 유럽연합의 붕소 기준을 초과하였고 한국산 8개 제품 중에서 3개가 EU 기준을 초과하였다.

3. 사용 현황과 노출계수

액체괴물의 연령별 사용률과 노출계수를 Table 4에 제시하였다. 액체괴물의 전체 사용률은 45.8%였지만

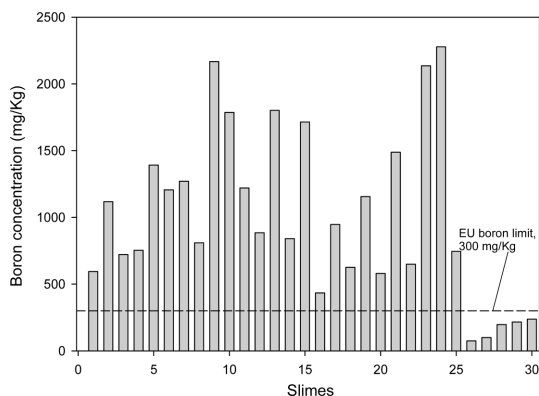


Fig. 1. Weight fraction of boron in slimes (mg/kg).

연령군별로 사용률이 다르게 나타났다. 영아군에서 19.2%로 가장 낮았고 초등 저학년군에서 66.6%로 가장 높은 사용률을 보였다. 영아를 제외한 나머지 군에서는 60~67%의 사용률을 보였는데 유아군, 초등 저학년군과 초등 고학년군 간의 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다. 연령군내에서 여아의 사용률이 남아의

것보다 높았으나 통계적인 유의한 차이를 보이지는 않았다. 노출계수는 역시 성별에 따른 통계적으로 유의한 차이가 없어 Table 4에 성별에 따른 노출계수는 별도로 제시하지 않았다. 연령별로는 초등학교생군이 영유아군보다 더 자주 더 오랜 시간 동안 액체괴물을 사용하는 경향을 보였으며, 이들의 차이는 통계적으로 유의하였다($p < 0.001$). 사용빈도의 경우 영아군을 제외한 모든 연령군에서 50분위수 값은 1주일에 1번이었고 영유아군의 95분위수는 주당 7회 (1일 1회)였고 초등학교생군은 주당 14회(1일 2회)였다. 사용시간의 경우도 영유아군보다 초등학교생군의 50, 75, 85, 95분위수에서 모두 높았다.

4. 붕소 노출량 추정치

액체괴물의 평균 붕소 함량 및 최고 함량을 이용하여 붕소의 노출량을 연령별로 추정한 결과가 Table 5이다. 각각의 함량 결과를 이용하여 노출량을 산정했을 때 연령군별 노출량은 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며($p < 0.001$), 영아군의 노출량이

Table 4. Slime use rate, use frequency (event/week) and use time (min/event) by age group

Age group	Infants, 0-2 years	Toddler, 3-6 year	School kids	
			7-9 years	10-12 years
Number of User	513	1504	1344	1219
Use rate (%)	19.2	60.1	66.6	60.6
Use frequency (event/week)	50Pctl	0.2	1.0	1.0
	75Pctl	2.0	2.0	3.0
	85Pctl	2.2	4.0	4.0
	95Pctl	7.0	7.0	14
Use time (min/event)	50Pctl	10	15	20
	75Pctl	15	20	30
	85Pctl	20	30	30
	95Pctl	30	30	50

*Pctl: percentile.

Table 5. Dermal exposure estimates ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$) of boron by age groups

Age group	Mean WF applied		Max WF applied		
	Mean \pm SD	Min-max	Mean \pm SD	Min-max	
Infants 0-2 years	0.20 \pm 0.41**	0.0008-3.74	0.44 \pm 0.93**	0.002-8.49	
Toddler 3-6 years	0.36 \pm 0.52	0.004-6.08	0.83 \pm 1.19	0.009-13.78	
School kids	7-9 years	0.42 \pm 0.68	0.0006-5.39	0.95 \pm 1.54	0.001-12.21
	10-12 years	0.41 \pm 0.74	0.002-6.01	0.92 \pm 1.68	0.004-13.62

*WF: weight fraction of boron in slime, ** $p < 0.001$.

다른 집단에 비해 낮은 것으로 판단되었고 나머지 연령군에서는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 평균 노출량은 초등 저학년군에서 가장 높은 수준을 보였다. 노출량의 범위를 고려하여 최대 노출량은 유아군에서 가장 큰 최대치를 보였는데 평균 함량을 적용하였을 때 6.08 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ 의 최고치를, 최고 함량을 적용하였을 때 13.78 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ 의 최고치를 보였다.

IV. 고 찰

1. 액체괴물 제품 관리

액체괴물은 어린이가 주로 사용하는 어린이제품이다. 만 13세 이하의 어린이가 사용하는 어린이제품은 「어린이제품 안전 특별법」에 의거하여 ‘어린이제품 공통 안전기준(산업통상자원부고시 제2017-18호)’에 따라 제조자명 또는 수입자명, 주소 및 전화번호, 제조년월, 제조국, 사용연령, 크기·체중의 한계, 사용상 주의사항, KC마크를 어린이제품의 표면 또는 최소 포장단위에 기재하도록 규정되어 있다. 어린이제품의 KC마크는 해당 제품이 어린이제품 공통안전기준에 적합하였음을 의미한다. 사용연령을 만 14세 이상으로 표기한 제품은 법적으로 어린이제품에 해당하지 않기 때문에 사용상 주의사항 등을 표시할 의무에서 벗어나며, 구입한 제품 중에서도 사용연령이 만 14세 이상으로 표시된 제품은 KC마크가 표기되지 않았다. 온라인마켓에서 구매한 제품 중 일부(ID 26-30)는 만 14세 이상 대상으로 표시된 ‘수제 슬라임’으로 물풀과 붕사, 색소 등 기존의 제품을 반응시켜서 액체괴물의 형태를 만들고 판매하는 형태의 제품이었다. 어린이들이 사용하는 제품과 동일하지만 만 14세 이상 제품으로 표기되어 어린이제품 관리 사각지대에 위치한 액체괴물 제품에 주의가 필요하다.

2. 붕소 검출 농도 비교

본 연구에서 조사한 30개 액체괴물은 유럽에서 조사한 액체괴물 내 붕소 함량보다 높은 것으로 나타났다. 2018년 영국과 프랑스에서 액체괴물을 수거하여 붕소의 함량을 시험했는데 EU기준을 초과하는 붕소 함량은 각 나라별로 13%와 72%였다. 본 연구에서 분석한 액체괴물의 83%가 EU 기준을 초과하고 있었고 이는 영국과 프랑스에서 보다 높은 결과이다. 영국의 경우 최대함량은 1400 mg/kg 이었는데 본 연구에서 분석한

최대 함량은 이보다 높은 2278 mg/kg 이었으며 1400 mg/kg 을 넘는 액체괴물이 전체 중 8개였다.

3. 붕소 노출량 비교

붕소는 비금속 원소로 자연상태에서 붕산염의 형태로 존재한다. 붕소는 붕산, 붕사, 붕산염의 형태로 살충제, 제초제, 보존제, 화장품 유리 비누 등 다양한 소비자용품에 널리 사용되고 있다. 붕소의 주요 소스는 음용수를 포함한 음식으로 알려져 있다.⁸⁾ 2003년 영국의 조사에 따르면 성인의 일일 최대 총섭취량(maximum total daily intake)은 5.67 mg/day 로 추정하고 있다. 붕소는 소비자제품이나 화장품에서 방부제나 pH 조절제로 사용되며 이를 통한 일일 섭취량은 최대 0.47 mg/day 로 추정하고 있다⁹⁾. 이는 70 kg의 어른이 정상적인 일상생활을 할 때 사람의 최대 노출량은 81 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ 로 소비자제품으로 들어오는 붕소의 섭취량은 6.7 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ 으로 환산할 수 있다. 본 연구에서 추정한 평균 노출량은 영국 성인의 소비자제품에서 사용에 의한 노출량에 비해 비교적 낮은 편이었다. 그러나 노출량 범위에서 최대치는 영국 성인의 전체 소비자 제품 사용으로 얻어진 노출량보다 높은 수준이었다. 액체괴물 사용 외에 어린이들이 소비자제품과 화장품 사용으로 인해 추가되는 붕소 노출량을 고려한다면, 일부 어린이의 노출량은 높아질 것이다.

현재 우리나라에서는 어린이용품 중 붕소 함량 기준치가 설정되어있지 않다. 만일 유럽 연합의 기준으로 설정한다면 액체괴물 내 붕소 함량 최대치를 이용하여 추정한 붕소 노출량의 8분의 1 수준으로 낮아지게 된다. 어린이의 붕소 최대 노출량 추정치도 13.78 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ 에서 1.80 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ 수준으로 낮아지는데 이는 영국 성인의 비식이섭취 최대량인 6.7 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ 보다 훨씬 낮은 수준이다. 어린이용품에 붕소 함량기준 설정과 이에 따른 관리가 제대로 이루어진다면 어린이들의 건강을 보호할 수 있을 것이다. 이런 정책이 시행되기 전에는 어린이들이 지나치게 자주 혹은 장시간 동안 사용하지 않도록 해야 할 것이다.

4. 연구 제한점

본 연구는 액체괴물 내 붕소의 경피노출만 고려하고 경구노출은 고려하지 않았다. 같은 설문조사에서 액체괴물과 유사한 제품인 점토완구류도 조사하였다. 점토완구류의 경우 0-6세 어린이 보호자에게 삼킨 경험에

관한 설문이었다. 해당 연령의 점토 사용자 중 20%, 3-6세는 15.8%가 삼킨 경험이 있다고 응답했다. 액체괴물 사용자 중에도 일부는 삼킨 경험을 있을 것으로 보인다. 하지만 액체괴물을 삼키는 것은 지속적으로 되기 보다는 단발적으로 이루어진 것으로 보인다. 삼키는 행위와 함께 손을 빠는 행위도 붕소노출에 영향을 줄 것으로 생각된다. 어린이노출계수 핸드북 자료에 의하면 0-2세의 어린이는 하루 평균 2.2회, 회당 평균 52초동안 손을 넣어 빠는 행위를 한다.⁶⁾ 성장하면서 헛수와 시간이 유의하게 줄어 주요한 노출 경로가 되지 않을 것으로 보인다. 하지만, 경구노출 시 위장관에서 붕소의 흡수율은 >90%로 피부를 통한 흡수와는 달리 높기 때문에 중요한 노출 경로로 붕소의 총노출량에 유의한 기여를 할 것으로 보인다. 이 논문에서는 액체괴물의 의도적인 사용만 고려해서 경피노출만을 산정했기 때문에 경구노출을 고려하지 않아 액체괴물 사용으로 발생할 수 있는 총 붕소노출은 실제보다 과소평가 되었을 것으로 보인다.

V. 결 론

본 연구에서는 어린이들에게 인기가 있는 액체괴물의 붕소 함량을 분석하고 어린이들의 액체괴물 사용패턴 자료를 이용하여 붕소의 경피 노출량을 계산하였다. 액체괴물 내의 붕소 함량은 조사된 제품 중 83%에서 유럽의 기준을 초과하였고 함량도 최근 보도된 유럽보다 더 높았다. 액체괴물 사용특성을 활용한 노출량 추정 결과 액체괴물을 과다 사용하는 일부 어린이들은 높은 노출량을 보일 수 있다. 붕소는 반복적인 노출에 의해 발달과 생식계통에 영향을 줄 수 있는 물질로 현재 국내 함량기준이 설정되지 않았다. 어린이들이 액체괴물을 안심하고 사용할 수 있도록 액체괴물에 관한 붕소 함량규제와 관리가 필요하다.

감사의 글

이 논문은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원(KEITI)의 지원을 받아 수행된 연구용역 생활공감 환경보건 기술개발사업(연구과제 2016001350001)의 일환으로 수행하여 작성된 논문입니다.

참고문헌

1. Ministry of Trade, Industry and Energy. Outdoor Activities in Winter Recall of 49 products including children's products and toys. Available: <http://ats.go.kr/content.do?cmsid=240&cid=19962&mode=view> [Accessed 30 Nov. 2018].
2. French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety. Slime: a very popular toy putty that is not without risk. Available: <https://www.anses.fr/en/content/slime-very-popular-toy-putty-not-without-risk> [Accessed 30 Nov. 2018].
3. Health Canada. Health Canada advises Canadians to avoid homemade craft and pesticide recipes using boric acid. Available: <http://www.healthycanadians.gc.ca/recall-alert-rappel-avis/hc-sc/2016/59514a-eng.php> [Accessed 30 Nov. 2018].
4. Chemical Watch. Anses warns against hazardous substances in homemade toy 'slime'. Available: <https://chemicalwatch.com/66731/anses-warns-against-hazardous-substances-in-homemade-toy-slime> [Accessed 30 Nov. 2018].
5. Guak S, Lim M, Shin H, Park JY, Lee K. Determination of skin adhesion rate of children's modeling clay for exposure assessment. *Korean Journal of Environmental Health*. 2018; 44(3): 238-243.
6. Seo J, Yoon H, Kim T, Kim J, Jo A, Lee B, Kim P, Choi K. Korean exposure factors handbook for children, 1st ed. Incheon: National Institute of Environmental Research; 2016. p. 9-42.
7. Wester RC, Hui X, Hartway T, Maibach HI, Bell K, Schell MJ, et al. In vivo percutaneous absorption of boric acid, borax, and disodium octaborate tetrahydrate in humans compared to in vitro absorption in human skin from infinite and finite doses. *Toxicol Sci*. 1998; 45(1): 42-51.
8. Van Engelen JGM, Park MVDZ, Janssen PJCM, Oomen AG, Brandon EFA, Bouma K, Sips AJAM, Van Raaij MTM. Chemicals in Toys: A general methodology for assessment of chemical safety of toys with a focus on elements, 1st ed. Bilthoven: Netherlands National Institute for Public Health and the Environment; 2008. p. 161-164.
9. European Food Safety Authorization. Opinion of the Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies on a request from the Commission related to the Tolerable Upper Intake Level of Boron (Sodium Borate and Boric Acid). *The EFSA Journal*. 2004; 80: 1-22.

저자정보

박지영(연구교수), 임미영(대학원생), 이기영(교수)