

어린이용품 함유 유해인자의 위해성평가를 위한 노출계수 조사

김정곤 · 서정관[†] · 김탁수 · 박건호*
국립환경과학원, *(주) 네오엔비즈 환경안전연구소

Survey of Exposure Factors for Risk Assessment of Hazardous Materials in Child-Specific Products

Jungkon Kim, Jung-Kwan Seo[†], Taksoo Kim, and Gun-Ho Park*

National Institute of Environmental Research, Incheon, Korea

*Institute of Environmental Protection and Safety, NeoEnBiz Co. Seoul, Korea

ABSTRACT

Background: Despite children's unique characteristics that distinguish them from adults, relatively few attempts have been made to measure exposure factors for characterization of children's exposure to hazardous chemicals in child-specific products (CSP). This study was conducted to establish the child-specific exposure factors for exposure and risk assessment of hazardous substances in CSP.

Methods: We investigated the exposure factors (e.g., time use of child-products, time and frequency of object-to-body contact, time and frequency of object-to-mouth contact) influencing children's exposure to CSP (e.g., toys, playmats, oil pastels, etc.) in 650 children through a parent-completed questionnaire using a web-based survey. Participants were recruited in five age groups, <1, 1-2, 2-3, 3-6, and 6-12 years of age.

Results: The child-specific exposure factors were presented as the mean, median, 95th percentile, minimum, and maximum values. Time activity for play mats was the longest among CSP and infants spent more time on them than did elder age groups (189.3-224.7 min/day for <1-2 years vs. 91.2 min/day for 6-12 years). It is apparent that time and frequency of toy block- and plastic toy-to-mouth contact significantly decreased as a function of age. When the variation of CSP use patterns was compared by gender, the only variable that was statistically different between genders was time activity in child-products exposure space.

Conclusion: We believe the five child-specific exposure factors suggested in the present study will be valuable for reducing uncertainty in the estimation of chemical exposure during risk assessment of CSP and furthermore, in the appropriate regulations to protect children's health.

Keywords: Child-specific products, Children's exposure, Non-dietary ingestion, Indirect ingestion

I. 서 론

최근 세계 각국은 제품을 사용함에 따라 발생하는 유해물질 노출로 인한 건강 위협을 저감하기 위해 소비단계에서의 화학물질 위해성 관리에 관심을 보이고 있다. 국내에서도 안전한 제품 사용에 대한 소비자

의 욕구가 증대되고 있는 실정이다.¹⁾ 특히, 어린이는 체구가 작고 성인에 비해 상대적으로 높은 대사속도를 가지고 있어, 유해물질 노출에 취약하기 때문에 외부 유해요인으로부터 특별한 보호가 필요하다.^{2,3)}

유럽과 미국 등의 선진국에서는 어린이용품에 대한 유해물질 위해성평가를 통해, 어린이에게 실질적

[†]Corresponding author: Risk Assessment Division, National Institute of Environmental Research, Kyungseo-Dong, Seogu, Incheon, 440-170, Korea, Tel: 032-560-7179, E-mail: jkseo@me.go.kr

Received: 14 February 2014, Revised: 25 February 2014, Accepted: 28 February 2014

으로 노출되어 유해 영향을 미칠 수 있는 우선 관리대상 물질을 파악하고, 위해도 저감 방안을 마련하고자 노력해오고 있다. 예를 들면, 미국소비자제품안전위원회(Consumer Product Safety Commission)는 2007년 납 기준치를 초과하였다는 이유로 수천만 개에 달하는 수입산 완구를 리콜하였다. 유럽연합에서도 완구에 포함되기 쉬운 100 여종의 유해물질에 대하여 인체전이율에 근거한 안전기준을 적용하여 관리하고 있다. 유럽연합의 소비자안전긴급경보시스템(Rapid Alert System for Dangerous Consumer Products)에서도 납, 크롬, 바륨 등이 과다하게 검출된 크레파스를 판매금지시키거나 리콜을 시행한 사례가 있다.⁴⁾ 국내의 상황 역시 다르지 않다. 녹색소비자연대에서 크레파스에 대한 유해물질의 함유 여부를 조사한 결과, 무독성으로 표시된 7개의 대상제품에서 크롬과 납이 검출되었으며 일부 제품은 납과 카드뮴을 1988 mg/kg과 395 mg/kg 함유하여 기준치(납: 90 mg/kg, 카드뮴: 25 mg/kg)를 초과하는 것으로 나타났다.⁵⁾ 최근 환경부는 이러한 문제점을 인식하여, 어린이가 주로 사용하거나 접촉하는 장난감 및 문구용품(이하 어린이용품) 등에 함유되어 어린이의 건강에 영향을 주는 환경유해인자의 종류 및 유해성 목록을 작성하여 고시할 수 있도록 지정하고, 이에 대한 위해성평가를 실시하도록 규정하였다(환경보건법 제 24조). 이와 같은 조치는 어린이가 사용하는 제품의 이용 및 접촉으로 인한 유해물질 노출에 따른 위해성을 체계적으로 평가하여 관리할 수 있는 법적 근거가 마련되었다는 점에서 큰 의의가 있다.

동일 제품이라 하더라도 그 제품에 함유된 유해물질에 노출될 수 있는 시나리오는 다양하게 존재할 수 있어, 어떠한 노출 시나리오를 노출평가에 활용하는가에 따라 노출량의 차이가 나타날 수 있다.⁶⁾ 따라서 정확한 노출 시나리오에 근거한 알고리즘과 실제 소비자의 노출형태에 근거한 노출계수 파악이 중요한 관점이 되고 있다.⁷⁾ 노출 시나리오는 제품을 사용하는 연령, 체중, 체표면적, 제품의 특성, 가능 경로 및 물질의 특성 등에 따라 달라지므로 제품의 사용 연령이 낮은 경우, 어린이의 행동 특성을 고려한 시나리오가 파악되어야 한다. 어린이는 활동영역이 보육시설이나 거주시설 등 주로 실내이므로 휘발성물질이 함유된 제품을 사용할 경우, 흡입경로를 통해 노출될 수 있다. 따라서, 제품의 사용시간은 어

린이 흡입노출을 측정할 수 있는 주요한 노출계수이다. 또한, 어린이는 무의식적으로 손에 잡히는 물건을 입으로 가져가는 특성이 있고 입으로 가져간 제품을 빨거나 씹어 먹기 때문에 이 행위로 인해 어린이는 제품의 화학물질에 경구노출 된다.⁸⁾ 따라서 제품을 집거나 만지는 행위 혹은 제품을 입으로 가져가는 행위의 시간과 빈도는 어린이용품에 함유된 화학물질의 경피 및 경구 노출량을 결정하는 요소가 된다.⁹⁾

환경부는 2007년부터 어린이용품에 함유된 유해물질의 노출실태 파악 및 위해성평가 체계 구축을 위해 노출경로 별로 단계적인 위해성평가 연구사업을 수행하여 어린이용품에 대한 노출계수를 확보하고 있다. 지금까지 수행된 연구사업을 통해, 경구노출에 취약한 어린이용품을 대상으로 어린이의 이용 실태를 파악하였으며, 노출계수가 확보된 제품은 젖병, 치아발육기 및 플라스틱 장난감 등이 있다.¹⁰⁾ 기존 사업의 연속으로, 어린이용품 중 프탈레이트, 중금속 및 비스페놀-A 등 위해가 우려되는 물질이 검출될 가능성이 있는 제품을 대상으로 경구노출경로 이외에 경피노출경로에 대한 노출계수를 도출하였다.¹¹⁾ 경피노출에 취약한 어린이용품 제품군의 확장으로 피부 접촉 가능성이 있는 어린이용품에 대한 설문조사를 실시하여 이용횟수, 접촉시간, 접촉면적 등의 노출계수를 도출하였다.¹²⁾ 또한, 어린이들이 사용할 수 있는 제품 중 흡입 노출이 가능한 문구, 가구류, 의류, 화장품류 및 어린이용 벽지 등에 대한 노출계수를 파악하였다.¹³⁾

본 연구에서는 지금까지 노출계수가 확보된 제품군 이외에 추가 확보가 필요한 제품군과 우선적으로 노출계수 파악이 필요하다고 판단되는 제품을 선정하여 노출계수 조사를 수행하였다. 또한, 어린이용품에 함유된 환경유해인자의 노출량을 산정하고 위해성평가를 수행하기 위해 필요한 요소인 노출계수(사용시간, 접촉시간, 접촉빈도 등)를 마련하기 위해 수행되었다. 선행연구에서 확보된 노출계수의 경우, 경구, 경피, 흡입으로 구분하여 진행하여 왔으나 노출 경로에 따라 0-5세에 한정되거나, 일부 노출경로에만 한정된 결과만이 존재하는 경우가 많아 대상 제품의 사용 연령대가 제한적이므로, 본 연구에서는 조사대상 제품 모두에 대해 통합된 노출평가가 가능하도록 노출계수를 조사하였다.

II. 연구방법

1. 설문조사 방법과 조사 대상

선행연구 수행결과 및 문헌 조사 등을 검토하여, 어린이 노출계수 조사에 적합한 방법으로 온라인 설문조사를 선택하였다. 조사대상 제품은 플라스틱 블록[이하 블록], 플라스틱 장난감, 코팅된 목제 장난감[이하 목제 장난감], 놀이매트, 크레파스)이며, 이 제품들은 예비조사에서 조사일 기준으로 3개월 이내에 사용한 적이 있는 어린이용품 중에서 가장 응답수가 높은 순으로 선정되었다. 본 연구에서는 0-12세 어린이의 부모가 대신 설문조사를 수행하는 방식으로 진행되었다. 피조사자는 각 설문문항에 대해 해당 수치를 직접 입력하고 시간에 관한 설문문항은 시, 분, 초 단위로 기입하도록 하였다. 연령대는 미 국립환경부 어린이노출계수 핸드북에서 제시한 값¹⁴⁾을 참조하여 <1, 1-2, 2-3, 3-6 그리고 6-12세로 층화하였다. 국내의 초등학교 취학연령인 6-12세 연령층은 유사한 시간활동도와 행동 양상을 나타낼 것으로 추정하여 동일 연령층으로 묶었다. 대상자는 수도권에 거주하는 어린이 650명으로 각 연령별로 50명씩 할당했으며, 각 연령 구간별 성비는 동일하다.

본 설문조사에 앞서 30명의 대상자를 임의로 선정하여 예비설문조사를 실시하였다. 이 과정을 통해, 설문항목에 대한 검토를 실시하고 설문문항 및 보기를 수정하였다.

2. 조사된 노출계수

조사된 노출계수는 사용시간과 제품-손 및 제품-입 접촉시간과 빈도이었다. 제품 사용시간은 제품으로부터 노출되는 공간에서의 활동시간을 말하며, 흡입을 통한 노출 알고리즘에서 제품 일일노출농도를 산출하는데 반드시 필요한 노출계수이다. 제품 접촉시간은 제품에 함유된 유해물질이 인체에 노출될 수 있는 시간으로 정의된다. 제품의 노출경로에 따라 인체에 노출되는 시간의 차이가 크게 나타날 수 있으나, 본 연구에서 대상이 되는 어린이용품의 경우 주로 손과 입 접촉이 주요 노출경로이다. 손 접촉은 제품을 집거나 만지는 행위를 지칭하며, 입 접촉은 물건을 빨기, 핥기, 깨물기 그리고 단순 입술 접촉을 일컫는다. 접촉빈도는 제품의 접촉횟수를 의미한다.

3. 자료분석

제품 사용시간과 접촉시간 및 빈도는 평균, 중위수, 제95백분위수, 최소값 그리고 최대값으로 제시하였다. 연령군내 성별간 노출계수의 비교에 있어, 각 집단이 비정규분포하여 비모수적 방법인 Mann-Whitney U test를 이용하여 유의성을 검증하였다. 수집된 자료는 SPSS 10.0 한글판 통계패키지를 사용하여 분석하였다.

III. 결 과

1. 제품 사용시간

제품으로부터 흡입노출되는 공간에서의 활동시간인 제품 사용시간의 조사 결과를 Table 1에 제시하였다. 연령에 따른 제품별 사용시간을 비교했을 때, 가장 많은 사용시간을 보인 연령층은 <1-2세이었으며, 특히, <1세의 경우 조사된 5개 제품중 4개에서 가장 긴 사용시간을 보였다. 제품별 사용시간을 살펴보면, 놀이매트의 경우 취학아동(6-12세)이 <1-2세에 비해 약 2배 적은 사용시간을 보이는 등 연령에 따라 감소하였다. 하지만, 그 이외의 제품에서는 연령에 따른 경향성이 나타나지 않았다.

조사 제품 중 놀이매트가 각 연령군별로 사용시간이 가장 긴 제품이었으며, 사용시간이 가장 적은 목제 장난감이나 크레파스에 비해 2.6배에서 최고 10.3배 높았다.

2. 제품-손 접촉시간과 빈도

조사된 어린이용품을 사용하는 어린이의 제품-손 접촉시간과 빈도 결과를 Table 2에 나타내었다.

1) 제품-손 접촉시간

어린이 전체를 대상으로 볼 때, 상위 5%의 접촉시간은 제품별 평균 접촉시간보다 2-4배 긴 것으로 나타났다. 연령별로는 취학아동이 블록(40.4분/회), 목제 장난감(27.6분/회), 크레파스(32.8분/회)의 제품-손 접촉시간이 가장 길었고, <1-2세는 플라스틱 장난감(49.4분/회)과 놀이매트(187.2분/회)와의 접촉시간이 가장 긴 것으로 나타났다. 특히, 1-2세의 놀이매트 접촉시간은 연령군 전체의 평균보다 2배 길었다. 제품별 접촉시간을 살펴보면, 블록의 경우 연령에 따라 증가하였으나, 놀이매트는 연령이 증가함에

Table 1. Summary of daily time use of child-products (min/day)

Age (# of subjects)		Toy block	Plastic toy	Coated wooden toy	Play mat	Oil pastel
Total (650)	N (%) [*]	336 (51.8)	431 (67.1)	296 (45.8)	303 (47.7)	513 (80.2)
	Mean	53.0	56.8	38.7	128.8	43.5
	Median	30.0	30.0	30.0	60.0	30.0
	p95 th	180.0	180.0	120.0	600.0	120.0
	Min	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	Max	1440.0	1440.0	1440.0	1200.0	1440.0
<1 (50)	N (%) [*]	24.0 (48.0)	32.0 (64.0)	25.0 (50.0)	24 (48.0)	28 (56.0)
	Mean	70.4	91.5	68.2	189.3	52.8
	Median	30.0	30.0	30.0	150.0	30.0
	p95 th	555.0	600.0	546.0	600.0	399.0
	Min	1.0	2.0	2.0	20.0	1.0
	Max	600.0	720.0	720.0	1020.0	720.0
1-2 (50)	N (%) [*]	27 (54.0)	40 (80.0)	20 (40.0)	30 (60.0)	27 (54.0)
	Mean	43.2	48.4	21.9	224.7	23.8
	Median	30.0	30.0	15.0	120.0	30.0
	p95 th	156.0	291.0	60.0	600.0	56.0
	Min	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	Max	180.0	300.0	600.0	600.0	60.0
2-3 (50)	N (%) [*]	33 (66.0)	39 (78.0)	29 (58.0)	32 (64.0)	39 (78.0)
	Mean	50.7	47.2	38.6	154.7	48.9
	Median	30.0	30.0	20.0	60.0	30.0
	p95 th	180.0	240.0	180.0	600.0	120.0
	Min	3.0	2.0	1.0	2.0	1.0
	Max	180.0	300.0	144.0	720.0	600.0
3-6 (200)	N (%) [*]	118 (59.0)	146 (3.0)	107 (53.5)	111 (55.5)	158 (79.0)
	Mean	60.7	60.8	39.4	118.2	45.2
	Median	30.0	30.0	30.0	60.0	30.0
	p95 th	183.0	219.0	120.0	468.0	183.0
	Min	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	Max	540.0	1080.0	300.0	1200.0	1440.0
6-12 (300)	N (%) [*]	134 (44.7)	174 (58.0)	115 (38.3)	106 (35.3)	261 (87.0)
	Mean	45.6	51.2	34.7	91.2	42.8
	Median	30.0	30.0	30.0	45.5	30.0
	p95 th	120.0	180.0	120.0	300.0	120.0
	Min	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	Max	1440.0	1440.0	300.0	1200.0	1440.0

^{*}Response rate. Abbreviation: N=number of respondents who use the product; Min=minimum; Max=maximum; p95th=95th percentile

Table 2. Time and frequency of object-to-time contact

Age (# of subjects)		Object-to- hand time (min/event)					Object-to-hand frequency (no. of contacts/day)				
		Toy block	Plastic toy	Coated wooden toy	Play mat	Oil pastel	Toy block	Plastic toy	Coated wooden toy	Play mat	Oil pastel
Total (650)	N (%)*	337 (51.8)	436 (67.1)	29 (45.8)	306 (47.1)	521 (80.2)	335 (51.5)	434 (66.8)	298 (45.8)	308 (47.4)	521 (80.0)
	Mean	34.4	36.8	24.7	92.1	30.3	4.2	4.5	3.8	6.3	3.5
	Median	30.0	25.0	15.0	32.5	20.0	2.0	3.0	2.0	3.5	2.0
	p95 th	120.0	120.0	60.0	360.0	60.0	10.0	15.0	10.0	20.0	8.0
	Min	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	Max	420.0	600.0	600.0	1200.0	420.0	100.0	200.0	100.0	100.0	50.0
<1 (50)	N (%)*	24 (48.0)	33 (66.0)	26 (52.0)	25 (50.0)	29 (58.0)	24 (48.0)	33 (66.0)	26 (52.0)	25 (50.0)	29 (58.0)
	Mean	23.3	49.4	21.3	112.4	30.3	3.0	6.7	4.3	6.6	3.3
	Median	17.5	10.0	10.0	60.0	15.0	2.0	3.0	2.0	4.0	2.0
	p95 th	105.0	276.0	60.0	420.0	180.0	19.8	29.0	33.0	44.0	16.0
	Min	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	Max	150.0	540.0	200.0	1200.0	200.0	60.0	50.0	40.0	100.0	20.0
1-2 (50)	N (%)*	27 (54.0)	40 (80.0)	20 (40.0)	29 (58.0)	27 (54.0)	27 (54.0)	40 (80.0)	20 (40.0)	29 (58.0)	27 (54.0)
	Mean	17.3	18.4	8.8	187.2	18.9	2.9	4.5	2.6	7.8	3.4
	Median	10.0	10.0	5.5	60.0	20.0	2.0	3.0	2.0	7.0	3.0
	p95 th	60.0	60.0	20.0	600.0	60.0	7.6	14.8	8.0	25.0	10.0
	Min	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	Max	120.0	180.0	180.0	1200.0	120.0	50.0	200.0	100.0	100.0	10.0
2-3 (50)	N (%)*	33 (66.0)	39 (78.0)	30 (60.0)	33 (66.0)	39 (78.0)	33 (66.0)	39 (78.0)	30 (60.0)	33 (66.0)	39 (78.0)
	Mean	35.4	39.7	26.2	112.4	26.1	3.0	3.7	2.5	5.2	2.6
	Median	20.0	20.0	12.5	30.0	20.0	2.0	3.0	2.0	3.0	2.0
	p95 th	138.0	180.0	147.0	600.0	90.0	10.0	10.0	8.4	19.5	5.0
	Min	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	Max	180.0	360.0	120.0	720.0	120.0	30.0	30.0	20.0	30.0	25.0
3-6 (200)	N (%)*	118 (59.0)	149 (74.5)	107 (53.5)	112 (56.0)	161 (80.5)	116 (58.0)	148 (74.0)	107 (53.5)	114 (57.0)	161 (80.5)
	Mean	33.5	37.1	24.9	69.4	29.1	4.8	5.0	4.3	6.9	3.9
	Median	30.0	30.0	10.0	30.0	20.0	3.0	3.0	2.0	4.0	2.0
	p95 th	120.0	120.0	60.0	300.0	60.0	11.5	17.8	13.0	22.5	9.9
	Min	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	Max	420.0	420.0	600.0	960.0	420.0	100.0	100.0	60.0	100.0	50.0
6-12 (300)	N (%)*	135 (45.0)	175 (58.3)	115 (38.3)	107 (35.7)	265 (88.3)	135 (45.0)	174 (58.0)	115 (38.3)	107 (35.7)	264 (88.0)
	Mean	40.4	37.7	27.6	78.9	32.8	4.5	3.9	3.9	5.6	3.1
	Median	30.0	30.0	20.0	60.0	22.0	2.0	2.0	2.0	3.0	2.0
	p95 th	120.0	120.0	60.0	300.0	120.0	11.0	10.0	10.0	16.0	7.8
	Min	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	Max	180.0	600.0	60.0	300.0	300.0	100.0	20.0	10.0	30.0	20.0

*Response rate. Abbreviation: N=number of respondents who use the product; Min=minimum; Max=maximum; p95th=95th percentile

Table 3. Time and frequency of object-to-mouth contact

Age (# of subjects)	Object-to-mouth time (min/event)					Object-to-mouth frequency (no. of mouthing/day)					
	Toy block	Plastic toy	Coated wooden toy	Play mat	Oil pastel	Toy block	Plastic toy	Coated wooden toy	Play mat	Oil pastel	
Total (650)	N (%) [*]	288 (44.3)	389 (59.8)	247 (38.0)	248 (38.2)	396 (60.9)	337 (51.8)	433 (66.6)	298 (45.8)	448 (68.9)	519 (80.0)
	Mean	7.8	10.6	8.5	12.8	11.7	2.0	2.6	1.8	2.7	1.8
	Median	3.0	5.0	3.0	5.0	5.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0
	p95 th	30.0	55.0	30.0	30.0	30.0	5.0	8.3	5.0	10.0	5.0
	Min	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Max	50.0	90.0	60.0	50.0	60.0	20.0	30.0	20.0	100.0	30.0
<1 (50)	N (%) [*]	23 (46.0)	33 (66.0)	23 (46.0)	22 (44.0)	25 (50.0)	24 (48.0)	33 (66.0)	26 (52.0)	37 (74.0)	28 (56.0)
	Mean	6.6	13.4	10.8	18.5	11.3	2.7	4.9	2.1	4.9	2.0
	Median	3.0	5.0	5.0	30.0	5.0	2.0	3.0	2.0	4.0	2.0
	p95 th	20.0	69.0	56.4	30.0	30.0	16.3	20.0	8.6	11.0	6.1
	Min	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0
	Max	40.0	75.0	60.0	30.0	30.0	20.0	20.0	10.0	100.0	30.0
1-2 (50)	N (%) [*]	25 (50.0)	37 (74.0)	17 (34.0)	25 (50.0)	20 (40.0)	27 (54.0)	40 (80.0)	20 (40.0)	43 (86.0)	27 (54.0)
	Mean	10.5	12.2	5.9	7.2	8.8	2.5	3.9	1.9	4.4	2.0
	Median	5.0	10.0	3.0	3.0	4.0	2.0	3.0	1.0	3.0	2.0
	p95 th	37.0	40.0	30.0	30.0	30.0	6.2	10.0	6.9	10.0	5.0
	Min	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0
	Max	50.0	90.0	60.0	30.0	30.0	7.0	30.0	7.0	100.0	5.0
2-3 (50)	N (%) [*]	28 (56.0)	36 (72.0)	24 (48.0)	26 (52.0)	28 (56.0)	33 (66.0)	39 (78.0)	30 (60.0)	46 (92.0)	39 (78.0)
	Mean	7.9	13.3	7.9	13.5	9.9	1.8	2.7	1.3	3.0	1.9
	Median	4.0	5.0	2.0	7.5	3.0	1.0	2.0	1.0	1.0	2.0
	p95 th	30.0	60.0	52.5	30.0	30.0	5.0	10.0	4.0	10.0	5.0
	Min	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Max	50.0	60.0	60.0	30.0	30.0	5.0	10.0	4.0	10.0	10.0
3-6 (200)	N (%) [*]	101 (50.5)	131 (65.5)	94 (47.0)	88 (44.0)	123 (61.5)	118 (59.0)	149 (74.5)	107 (53.5)	162 (81.0)	161 (80.5)
	Mean	10.7	12.1	9.8	13.9	10.8	2.0	2.7	1.9	2.2	1.8
	Median	5.0	5.0	5.0	7.5	4.0	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0
	p95 th	30.0	54.0	32.3	30.0	30.0	5.0	8.5	5.0	10.0	5.0
	Min	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Max	50.0	60.0	60.0	50.0	40.0	10.0	30.0	5.0	20.0	10.0
6-12 (300)	N (%) [*]	111 (37.0)	152 (50.7)	89 (29.7)	87 (29.0)	200 (66.7)	135 (45.0)	174 (58.0)	115 (38.3)	161 (53.7)	264 (88.0)
	Mean	4.9	7.8	7.2	11.5	12.8	1.9	2.2	1.7	2.3	1.7
	Median	1.0	2.0	2.0	4.0	5.0	2.0	2.0	1.0	2.0	1.0
	p95 th	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	5.0	5.0	4.2	10.0	5.0
	Min	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Max	30.0	60.0	60.0	30.0	60.0	10.0	30.0	20.0	30.0	30.0

^{*}Response rate. Abbreviation: N=number of respondents who use the product; Min=minimum; Max=maximum; p95th=95th percentile

따라 접촉시간이 감소하였다.

조사 제품 중 놀이매트가 각 연령군별로 제품-손 접촉시간이 가장 긴 제품이었다. 제품-손 접촉시간이 가장 낮은 제품은 목제 장난감과 크레파스였으며, 놀이매트에 비해 접촉시간이 2.8배에서 최고 21.2배 짧았다.

2) 제품-손 접촉빈도

어린이 전체를 대상으로 볼 때, 상위 5%의 접촉빈도는 제품별 평균 접촉빈도보다 2.3-3.3배 높은 것으로 나타났다. 연령별로는 <1-2세가 플라스틱 장난감(6.7회/일), 목제 장난감(4.3회/일), 놀이매트(7.8회/일)의 접촉빈도가 가장 높았고, 3-6세는 블록(4.8회/일)과 크레파스(3.9회/일)와의 접촉빈도가 가장 빈번한 것으로 나타났다. 각 제품에 대해서 연령군별 접촉빈도의 차이가 비교적 낮았으며 어떠한 경향성도 관찰되지 않았다.

조사 제품 중 플라스틱 장난감과 놀이매트가 각 연령군별로 접촉빈도가 높았다. <1세의 경우, 플라스틱 장난감에 6.7회/일 그리고 놀이매트에 6.6회/일 접촉하였다. 제품-손 접촉시간과 달리, 접촉빈도가 가장 낮은 제품은 블록, 목제 장난감, 크레파스 등으로 다양하게 나타났으며, 접촉빈도가 가장 높은 제품과의 비율도 1.8배에서 3.0배로 비교적 낮은 차이를 보였다.

3. 제품-입 접촉시간과 빈도

조사된 어린이용품을 사용하는 어린이의 제품-입 접촉시간과 빈도 결과를 Table 3에 나타내었다.

1) 제품-입 접촉시간

조사된 연령층 중 <1세가 플라스틱 장난감(13.4분/회), 목제 장난감(10.8분/회), 놀이매트(18.5분/회)의 제품-입 접촉시간이 가장 길었고, 3-6세 아동은 블록(10.7분/회) 그리고 취학아동은 크레파스(12.8분/회)와의 접촉시간이 가장 긴 것으로 나타났다.

제품별 접촉시간을 살펴보면, 블록과 플라스틱 장난감의 경우 연령에 따른 감소가 관찰되었다. 각 연령군별로 제품-입 접촉시간이 가장 긴 제품은 놀이매트 (<1, 2-3, 3-6세), 플라스틱 장난감(1-2세), 크레파스(6-12세)이었다. 제품-입 접촉시간이 가장 짧은 제품은 블록과 목제 장난감이었으며, 접촉시간이

가장 높은 제품과의 비율도 1.3배에서 2.6배로 비교적 낮은 차이를 보였다.

2) 제품-입 접촉빈도

연령층별로 볼 때, <1-2세가 블록(2.7회/일), 플라스틱 장난감(4.9회/일), 목제 장난감(2.1회/일), 놀이매트(4.9회/일), 크레파스(2.0회/일)의 접촉빈도가 가장 높았다. 제품별 접촉빈도를 살펴보면, 블록, 플라스틱 장난감 그리고 놀이매트의 경우, 연령에 따른 감소가 관찰되었다.

조사 제품 중 플라스틱 장난감과 놀이매트가 각 연령군별로 접촉빈도가 가장 높은 제품이었다. <1세의 경우, 플라스틱 장난감과 놀이매트가 4.9회/일로 동일한 접촉빈도를 보였다. 접촉빈도가 가장 낮은 제품은 목제 장난감과 크레파스였으며, 접촉빈도가 가장 높은 제품과의 비율은 1.4배에서 2.5배로 비교적 낮은 차이를 보였다.

4. 어린이 성별과 제품 노출계수

자료는 제시되지 않았으나, 노출계수 5가지 중 연령군별 남녀 평균값에서 유의한 차이를 보이는 것은 제품 사용시간이었으며, <1-2세에서만 남녀 차이가 확인되었다. <1세의 경우 블록과 플라스틱 장난감의 남녀 평균 사용시간은 각각 125.4과 153.3분/일 그리고 127.7과 59.5분/일로 조사되어 두 가지 제품 모두 남아가 여아에 비해 사용시간이 길었다($p<0.05$). 반면 1-2세의 경우, 블록, 플라스틱 장난감, 크레파스의 남녀 평균 사용시간은 각각 24.2와 58.4분/일, 35.3과 62.7분/일 그리고 17.5와 31.7분/일로 여아가 남아에 비해 사용시간이 유의하게 길었다($p<0.05$).

IV. 고 찰

조사된 5가지 어린이용품 중 놀이매트의 평균사용시간(128.8분/일)이 가장 길었고, 저연령층일수록 놀이매트에서 오랜 시간을 보내는 것으로 나타났다. 특히, <1-2세는 놀이매트에서 일일 평균 189.3분에서 224.7분을 보내는 것으로 나타나 91.2분인 6-12세 어린이보다 2배 이상 오래 머무르는 것으로 확인되었다. 이러한 차이는 저연령 어린이의 경우 취학아동보다 실내에서 머무르는 시간이 많고 실내에서도 안전사고를 방지하기 위해 놀이매트에서 활동하기 때

문인 것으로 여겨진다. 어린이는 어른에 비해 대사를 높고 이로 인한 산소 소모량이 높기 때문에 호흡으로 인한 오염물질의 노출잠재성이 크다.³⁾ 따라서, 놀이매트에서 많은 시간을 보내는 영유아의 건강성 확보를 위해 놀이매트에 대한 제품유해성 점검이 필요할 것으로 여겨진다.

어린이의 손은 물건-손 혹은 손-입 접촉을 통한 유해물질의 비접촉노출원이 된다.⁹⁾ 또한, 손 접촉행위에 대한 자료는 손 표면이나 비식이섭취를 통해 오염물질이 얼마나 침투하는지를 알려줄 수 있다.¹⁵⁾ 본 연구에서는 어린이의 제품-손 접촉시간과 빈도를 제시함으로써 어린이용품에 함유된 유해물질의 손 피부를 통한 노출을 정량 할 수 있는 기초를 마련했다는 점에서 큰 의의가 있다.

손-입 접촉과 더불어 물건-입 접촉행동은 어린이에게서 가장 빈번하게 확인된다.¹⁶⁾ 입 접촉 시간을 정량하기 위한 첫 번째 시도는 네덜란드에서 3-36개월 어린이를 대상으로 수행한 연구이었다.⁶⁾ 이 연구에서는 2일간 매회 15분 동안 10회에 걸쳐 8명의 어린이를 관찰하도록 다섯 명의 부모에게 시계를 이용하여 입 접촉 시간을 측정하도록 하였다. 그 결과 관찰한 양일간 혹은 피관찰대상의 성별에 따른 차이는 없었지만, 연령에 따른 전체 입 접촉시간에는 차이가 관찰되었다. 어린이의 연령에 따른(3-6, 6-12, 12-18, 18-36개월) 일일 평균 입 접촉시간은 36.6, 44.0, 16.4 그리고 9.3분이었다. Smith와 Norris¹⁷⁾의 연구에 의하면, 18-21개월 아동은 하루 1시간 58분 49초 동안 물건에 입을 접촉하였으며, 4세는 50분 5초인 것으로 나타났다. 또한, 6-12세 아동의 최대 일일 입 접촉 시간이 44분으로 조사된 사례도 있었다.⁶⁾ 이들 연구에서는 공통적으로 어린이의 입 접촉 행위가 연령에 의존적임을 확인하였다.¹⁸⁾ 본 연구에서는 전체 입-물건 접촉시간을 측정하지 않았으나, 어린이에게 선호도가 높은 블록과 플라스틱 장난감의 경우, 연령이 증가함에 따라 입 접촉시간이 감소함을 확인 할 수 있었다.

네덜란드 국립보건환경연구원은 장난감을 빼는 등의 장난감-입 접촉행위로 인한 화학물질 노출량 산정을 위해, 노출계수의 초기 설정값을 3세 이하는 3시간, 3세 이상은 1시간으로 정하였다.¹⁹⁾ 캐나다보건성은 3-12개월 아동의 경우, 플라스틱 장난감과 입 접촉시간을 2시간 그리고 1-3세의 경우 2.5시간으로

정하고 있다.²⁰⁾ 본 연구에서는 조사 물품 중에서 가장 높은 응답률을 보였던 제품인 블록과 플라스틱 장난감을 대상으로 각 연령대별(<1, 1-2, 2-3, 3-6, 6-12세) 입 접촉시간을 산출한 결과, 83.5, 73.9, 50.1, 54.1 그리고 26.5분/일(입 접촉시간[분/회] × 입 접촉빈도[회/일])인 것으로 나타나 위 두 기관에서 설정한 값과 상당히 일치한다는 것을 알 수 있었다.

일반적으로 저연령의 어린이일수록 높은 입-물건 접촉빈도를 보인다.⁹⁾ Tulve 등²¹⁾은 10-60개월 어린이 90명을 대상으로 장난감-입 접촉빈도를 조사한 결과, 어린이의 평균 장난감-입 접촉빈도가 시간당 48회인 것을 확인하였다. 또한, 24개월 미만의 어린이가 24개월 이상의 어린이에 비해 접촉빈도가 유의하게 높은 것으로 나타났다. Groot 등⁶⁾의 조사에서도 낮은 연령의 어린이일수록 높은 장난감-입 접촉빈도를 보인다는 것을 확인하였다. 하지만, 미국 국가인체노출평가조사(National Human Exposure Assessment Survey)사업에서 도출된 노출계수 중 전체 연령층(3-4, 5-6, 7-8, 10-12세)을 거쳐 통계적으로 유의한 차이를 보인 것은 3세의 물건-입 접촉빈도이었으며, 6±7회/시간으로 다른 연령층에 비해 유의하게 높았다.⁹⁾ 본 연구에서 조사된 바로는 어린이 전체의 평균 장난감-입 접촉빈도는 1.8-2.6회/일이었으며 이는 위의 연구사례와 상당한 차이가 있다. 이러한 차이는 부모의 양육방식이 원인일 수도 있다. 저연령의 아이들은 입에 접촉하는 대상에 대한 선호도가 있기보다는 손이 닿을 수 있는 범위의 물건이 주로 대상이 된다. 따라서 부모가 아이들에게 입 접촉을 금지하도록 교육하거나 어린이의 활동 범위 내에 물건을 두지 않는다면 입 접촉빈도가 낮을 수 있을 것이다.

Hines²²⁾는 성별에 따라 장난감에 대한 선호도에서 확연한 차이가 있다고 보고하였다. 또한, 미국 국가인체노출평가조사사업의 보고서에서는 연령층 내에서 여아의 입-물건 접촉빈도가 남아보다 높았다. 하지만 이것은 남아의 바깥놀이 활동시간이 많기 때문이었다. Smith와 Norris¹⁷⁾의 보고에 의하면 0-5세 어린이의 하루 동안 장난감-입 접촉시간은 성별간 통계적 유의성이 나타나지 않았다. 뿐만 아니라 입 접촉 시간을 정량하기 위해 3-36개월 어린이를 대상으로 네덜란드에서 수행한 연구에서도 피관찰대상의 성별에 따른 차이는 없었다.⁶⁾ 본 연구도 성별에 따

른 어린이용품의 노출계수를 분석하였으나 <1-2세의 사용시간을 제외하고는 차이가 없었다. 한국의 어린이들은 남녀 모두 실내에서 머무르는 시간이 높기 때문에 나타난 결과인 것으로 여겨진다.²³⁾ <1-2세 어린이의 사용시간에서 관찰된 성별차이는 남녀를 구분하는 한국 사회의 문화적 특수성이 반영되었기 때문인 것으로 생각되어진다. 즉, 어린이가 사용하게 되는 품목이 부모의 성별에 대한 고정관념에 의해 결정되기 때문에 나타난 결과인 것으로 추정된다.

본 연구조사에서 제시된 노출계수는 수도권에 거주하는 인구집단을 대상으로 수행된 단면조사이므로 자료의 대표성과 신뢰도에 한계가 있다. 따라서 향후 어린이용품의 위해성평가에 본 연구의 노출계수를 범용적으로 사용하기 위해서는 전국 어린이집단을 대상으로 반복적인 조사를 통해 검정과 보완이 필요하다.

V. 결 론

본 연구는 어린이용품에 함유된 환경유해인자의 노출량을 산정하고 위해성평가를 수행하기 위해 필요한 요소인 노출계수를 조사하기 위해 수행되었다. 조사연구를 통해 얻어진 결과는 다음과 같다. 블록, 플라스틱 장난감, 목제 장난감, 놀이매트, 크레파스의 평균 사용시간은 평균 53.0, 56.8, 38.7, 128.8, 43.5분/일이었으며, <1세의 어린이가 조사된 제품을 가장 오랫동안 사용하는 것으로 나타났다. 블록, 플라스틱 장난감, 목제 장난감, 놀이매트, 크레파스의 평균 제품-손 접촉시간과 빈도는 34.4, 36.8, 24.7, 92.1, 30.3분/회와 4.2, 4.5, 3.8, 6.3, 3.5회/일이었으며, 제품-입 접촉시간과 빈도는 7.8, 10.6, 8.5, 12.8, 11.7분/회와 2.0, 2.6, 1.8, 2.7, 1.8회/일로 조사되었다. 또한, <1-2세 아동의 제품 사용시간을 제외하고는 노출계수의 성별간 차이는 없었다. 이 자료는 향후 어린이용품의 잠재된 위해성을 관리하는데 유용하게 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 2013년도 국립환경과학원 박사후연구과정 지원사업에 의해 이루어진 것임.

참고문헌

1. Kim M. Direction for improvement and domestic status of risk management of chemicals in consumer products. Spring Symposium of the Korean Society of Environmental Health and Toxicology. 2012: PL-2.
2. Goldman LR. Children--unique and vulnerable. environmental risks facing children and recommendations for response. *Environ Health Perspect.* 1995; 103: 13-18.
3. Bearer CF. How are children different from adults. *Environ Health Perspect.* 1995; 103: 7-12.
4. European Commission. EU Rapid Alert System. Available: http://ec.europa.eu/consumers/dyna/rapex/rapex_archives_en.cfm [accessed 23 November 2013].
5. Green Consumer Network in Korea. Available: <http://cafe.gcn.or.kr/> [accessed 23 November 2013].
6. Groot ME, Lekkerkerk MC, Steenbekkers LPA. Mouthing Behaviour of Young Children: An Observational Study. The Netherlands: Agricultural University Wageningen Press; 1998.
7. Babich MA. Risk assessment of low-level chemical exposures from consumer products under the U.S. consumer product safety commission chronic hazard guidelines. *Environ Health Perspect.* 1998; 106: 387-390.
8. Xue J, Zartarian V, Tulve N, Moya J, Freeman N, Auyeung W, et al. A meta-analysis of children's object-to-mouth frequency data for estimating non-dietary ingestion exposure. *J Expo Sci Environ Epidemiol.* 2010; 20(6): 536-545.
9. Cohen Hubal EA, Sheldon LS, Burke JM, McCurdy TR, Berry MR, Rigas ML, et al. Children's exposure assessment: a review of factors influencing children's exposure, and the data available to characterize and assess that exposure. *Environ Health Perspect.* 2000; 108(6): 475-486.
10. National Institute of Environmental Research. Exposure and risk assessment of hazardous substances in child-products(I): oral exposure. Incheon: National Institute of Environmental Research Press; 2007.
11. National Institute of Environmental Research. Exposure and risk assessment of hazardous substances in child-products(II): oral exposure. Incheon: National Institute of Environmental Research Press; 2008.
12. National Institute of Environmental Research. Exposure and risk assessment of hazardous substances in child-products(III): dermal exposure. Incheon: National Institute of Environmental Research Press; 2009.

13. National Institute of Environmental Research. Exposure and risk assessment of hazardous substances in child-products(IV): inhalation exposure. Incheon: National Institute of Environmental Research Press; 2010.
14. US EPA. Child-specific exposure factors handbook. In: Agency UEP, editor. Washington DC: US EPA Press; 2008.
15. AuYeung W, Canales RA, Beamer P, Ferguson AC, Leckie JO. Young children's hand contact activities: an observational study via videotaping in primarily outdoor residential settings. *J Expo Sci Environ Epidemiol*. 2006; 16(5): 434-446.
16. Freeman NCG, Jimenez M, Reed KJ, Gurunathan S, Edwards RD, Roy A, et al. Quantitative analysis of children's microactivity patterns: the minnesota children's pesticide exposure study. *J Expo Anal Environ Epidemiol*. 2001; 11(6): 501.
17. Smith SA, Norris B. Reducing the risk of choking hazards: Mouthing behaviour of children aged 1 month to 5 years. *Inj Control Saf Promot*. 2003; 10(3): 145-154.
18. Juberg DR, Alfano K, Coughlin RJ, Thompson KM. An observational study of object mouthing behavior by young children. *Pediatrics*. 2001; 107(1): 135.
19. Van Engelen JGM, Park MVDZ, Janssen PJCM, Oomen AG, Brandon EFA, Bouma K, et al. Chemicals in toys: a general methodology for assessment of chemical safety of toys with a focus on elements. *RIVM*; 2006.
20. Health Canada. Risk Assessment on Diisononyl Phthalate in Vinyl Children's Products. In: Division CP, editor. Ottawa: Health Canada Press; 1998.
21. Tolve NS, Suggs JC, McCurdy T, Cohen Hubal EA, Moya J. Frequency of mouthing behavior in young children. *J Expo Anal Environ Epidemiol*. 2002; 12(4): 259-264.
22. Hines M. Prenatal endocrine influences on sexual orientation and on sexually differentiated childhood behavior. *Front Neuroendocrin*. 2011; 32(2): 170-182.
23. Yang W, Lee K, Yoon C, Yu S, Park K, Choi W. Determinants of residential indoor and transportation activity times in Korea. *J Expo Sci Environ Epidemiol*. 2011; 21(3): 310-316.