

## 어린이 노출평가를 위한 점토류의 피부 점착률 산출

곽수영\* · 임미영\* · 신혜린\* · 박지영\*\* · 이기영\*,\*\*†

\*서울대학교 보건대학원 환경보건학과, \*\*서울대학교 보건환경연구소

### Determination of Skin Adhesion Rate of Children's Modeling Clay for Exposure Assessment

Sooyoung Guak\*, Miyoung Lim\*, Hyerin Shin\*, Ji Young Park\*\*, and Kiyoung Lee\*\*\*†

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

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

#### ABSTRACT

**Objectives:** The purpose of this study was to determine skin adhesion rate of children's modeling clay for exposure assessment.

**Methods:** Children's modeling clays were classified into 10 categories as PVA clay, PVA soft clay, starch-based clay, foam clay, rubber clay, oil clay, muddy clay, terra clay, paper clay and slime. A total of 26 children's clay goods was selected. Moisture content (%) and hardness of clays were measured. Five adults aged 20 to 25 were recruited for experiment. Gravimetric difference of modeling clay was determined after 3 minutes playing time. Skin adhesion rate (g/min/cm<sup>2</sup>) was estimated by the amount of skin adhesion per minute (g/min) and each individual's palm surface area (cm<sup>2</sup>).

**Results:** Twenty four of the 26 children's modeling clay products were adhesive to skins. Two products of foam and rubber clay were not adhered to skin. For the 24 products, the average skin adhesion rate was  $5.5 \times 10^{-4} \pm 4.0 \times 10^{-4}$  g/min/cm<sup>2</sup>. The highest skin adhesion rate was  $1.3 \times 10^{-3} \pm 4.4 \times 10^{-4}$  g/min/cm<sup>2</sup> for paper clay. The lowest skin adhesion rate was  $4.6 \times 10^{-5} \pm 1.1 \times 10^{-4}$  g/min/cm<sup>2</sup> for oil clay. The skin adhesion rate was increased with increase of moisture content. Adhesion rates of some clays were varied by person and testing trials.

**Conclusion:** The study determined skin adhesion rate of children's modeling clay. The adhesion rate is useful for exposure and risk assessments and setting safety guideline to protect children's health.

**Keywords:** Adhesion, Children, Exposure assessment, Modeling clay, Skin adhesion rate

## I. 서 론

어린이는 민감취약계층으로 유해물질 노출에 취약할 수 있다. 어린이의 신경계, 폐, 혈액, 체세포, 상피 등 장거나 조직은 신진대사가 매우 빨라 성인에 비해 신진대사율이 1.5배 높고 면역기능과 효소대사 기능이 미성숙하여 유해물질에 대한 육체적 대항능

력이 떨어진다<sup>1)</sup>. 이런 생리학적 특성으로 성인보다 유해물질 노출에 훨씬 더 취약하며 활동량이나 호기심 등 행동학적 특성에 의해 유해물질의 노출이 더 빈번하게 발생할 수 있다. 이처럼 어린이의 모든 신체조직이 발생단계에 있기 때문에 유해물질 노출을 관리하는 것은 중요하다<sup>2)</sup>.

어린이 용품 중 점토는 13세 미만의 어린이들이

†Corresponding author: Department of Environmental Health Sciences, 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: 21 March 2018, Revised: 04 June 2018, Accepted: 05 June 2018

다양하게 사용하는 공예용품이자 교육 및 놀이용품으로 시중에 다양한 종류의 제품이 유통되고 있다. 최근 ‘액체괴물(Slime)’이라는 신종 점토류가 선풍적인 인기를 끌며 어린이들 사이에서 점토류의 놀이 수요가 많아지고 있다. 특히 점토류는 특성상 어린이가 손으로 만지며 사용할 뿐만 아니라 점토가 묻은 손을 입에 가져갈 경우 제품 섭취가 발생할 수 있기 때문에 다른 어린이 용품보다 더 위험할 수 있다<sup>3)</sup>.

점토류에는 중금속(납, 카드뮴, 비소, 수은 등), 프탈레이트계 가소제(DEHP, DBP, BBP 등), 방부제(페놀, BIT, CMIT, MIT, 포름알데하이드) 등의 여러 유해화학물질이 함유되어 있어서 보다 그 유해성에 대한 정확한 노출평가와 위해성 평가가 필요하다<sup>3)</sup>. 한국 소비자보호원에 따르면 국내에서 시판되는 점토류에서 프탈레이트계 가소제가 검출된 바 있다<sup>4)</sup>. 산업통상자원부의 2018년도 보도자료에 따르면 점토류에서 CMIT/MIT (방부제)가 기준보다 최대 2.8배 초과되었다고 조사되었다<sup>5)</sup>.

점토류를 사용하면 피부에 접촉이 일어나므로 점토류에 함유된 유해물질의 정확한 위해성평가를 위해서는 노출량 산정에 앞서 피부접촉률의 산정이 선행되어야 한다. 본 연구의 목적은 점토류의 정확한 노출평가를 위해 피부접촉률을 통한 피부접촉률의 값을 산출하고 평가하는 것이다. 시중에서 구입할 수 있는 26 종의 점토를 일정 시간 만지도록 하는 접촉실험을 통하여 피부 접촉률을 구하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험 재료의 선정

점토제품은 주성분과 물리적 특성에 따라 9개 그룹(PVA clay, PVA soft clay, Starch-based clay, Foam clay, Rubber clay, Muddy clay, Terra clay, Paper clay, Oil clay)과 폴리비닐 알코올(polyvinyl alcohol, PVOH, PVA, PVAI) 수지를 주성분으로 하는 신규 점토류 액체괴물(Slime)으로 분류하였다(Table 1). 분류된 그룹별로 1~3개씩 총 26개 점토류 제품을 실험대상으로 선정하였다.

### 2. 실험의 방법

점토의 물리적 특성으로 수분함량(%)은 식품건조기를 이용하여 72°C에서 48시간 건조시킨 전후 무

**Table 1.** Classification of modeling clays by main ingredient

Modeling clay	Main Ingredient
PVA clay	PVA resins
Starch-based clay	Starch, Flour
Foam clay	Synthetic resins, Polystyrene
Rubber clay	Synthetic resins, Rubber
Muddy clay	Mud
Terra clay	Mud, Pulp, Glue
Paper clay	Pulp, Glue
Oil clay	Starch, Wax, Oil
Slime	PVA resins, Borax

게 차이를 이용하였고, 경도(hardness)는 쇼어 경도 시험기 OO형(Shore Hardness Tester Ootype)을 사용하여 측정하였다.

점토류의 피부접촉계수 산정은 20대 초반 성인 남녀로 5명을 연구참여자로 모집하였다. 점토 제품을 어린이가 실제 점토를 가지고 노는 것과 유사한 환경에서 실시하는 것을 기준으로 제품당 3회씩 접촉 실험을 시행하였다. 단, 개인간의 편차를 보기 위해 10개의 점토 제품에 대해서는 각 연구참여자가 10회씩 반복 시행하였다. 참여자가 3분 동안 일정 크기의 점토제품을 양손으로 만진 다음 점토제품의 전후 무게를 측정하고 2분 동안 흐르는 물에 손을 깨끗이 씻어 건조한 후, 3분 동안 대기하는 것을 1세트로 하여 피부 접촉률(g/min)을 산정하였다. 본 실험에서는 2008년 국립환경과학원에서 발표한 어린이의 점토완구 접촉시간 평균인 7.15분의 42% 수준인 3분을 접촉 기준 시간으로 선택하였다<sup>6)</sup>. 1회 접촉량은 5 cm×5 cm×4.5 cm의 철제틀을 이용하여 112.5 cm<sup>3</sup> 정도로 정하였다. 이는 실험참여자가 손바닥에 충분히 문힐 수 있는 크기이자 점토 제품 한 개보다는 작은 양이다. 접촉률(g/min/cm<sup>2</sup>)은 피부접촉률을 연구 참여자 개인의 손목부터 중지 끝까지 길이(cm)로 측정하고 새끼손가락 시작부분부터 엄지가 닿는 부분까지의 너비(cm)를 측정하여 양손바닥 면적(cm<sup>2</sup>)으로 나눠서 도출하였다<sup>7)</sup>. 본 연구는 인간을 대상으로 한 행동연구의 일환으로 서울대학교 연구윤리위원회의 승인(SNU 17-05-048)을 받아 이루어졌다.

### 3. 통계분석의 방법

점토류의 제품별 점착량과 점착물의 기술통계분석은 SPSS (IBM SPSS Statistics for Windows version 24.0; IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 이용하여 수행되었고 SigmaPlot 10 (Systat Software, Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 그래프를 작성하였다. 점토류의 수분함량과 경도, 점착물간의 상관관계 분석을 위해 스피어만 상관계수(Spearman's correlations coefficient)를 이용하여 그 관계를 평가하였다. 개인 간 점착물 차이(between-person difference)와 한 개인이 반복 측정했을때의 차이(within-person difference)를 보기 위하여 two-way ANOVA를 이용하여 통계 분석 하였고 그 유의수준( $p$ -value)은 0.05이었다.

## III. 결 과

### 1. 경도와 수분함량

26종의 점토류에 대해 수분함량(%)과 경도를 조사하였고 그 결과를 Table 2에 나타내었다. foam clay 1종에서 수분함량을 측정할 수 없었고 경도의 경우 액체괴물(Slime)은 제형의 특성상 너무 물러서 측정이 불가능 하였다. 수분함량이 측정된 25종 점토류의 평균 수분함량은 46.7±29.7% 이었고 그 범위는 0.5~97.0%까지 조사되었다. 액체괴물(Slime) 4종을 제외한 22종의 평균 경도는 34.14±21.31 Shore OO 이었고 그 범위는 3.9~76.3 Shore OO로 조사되었다. 가장 높은 수분함량을 보인 점토류는 액체괴물(Slime) 이었고 가장 낮은 수분함량을 보인 rubber clay가 가장 높은 경도를 나타내었다. 수분함량과 경도의 상관관계를 분석한 결과 음의 상관관계를 나타내었고 그  $r$ 값은 -0.6593을 나타내었다.

### 2. 점착량과 점착물

26종의 대상 점토 중 4종을 제외한 22종의 점토에서 피부로 점착이 발생하였고 이를 이용하여 계산한 피부점착물을 Table 3에 나타내었다. 피부점착이 발생하지 않은 점토류는 foam clay 1종, rubber clay 1종이었다. 22종의 피부점착량의 평균은 0.13±0.12 g/min이었고 그 범위는 0.0047에서 0.36 g/min이었다. 피부점착량을 이용하여 피부점착물을 환산하였을 때 피부점착물의 평균은  $5.5 \times 10^{-4} \pm 4.0 \times 10^{-4}$  g/min/cm<sup>2</sup>이었다. 가장 큰 피부점착물을 보인 점토류는

Table 2. Moisture (%) and hardness in modeling clays

Modeling clay	Sample ID	Moisture content (%)	Hardness (Shore OO)
		Ave±Std	Ave±Std
PVA clay	1	59.18±1.09	34.30±2.75
	2	63.82±1.42	25.13±2.46
	3	61.24±1.86	19.67±1.32
PVA soft clay	4	77.18±3.40	3.87±0.35
Starch-based clay	5	44.47±0.58	13.03±1.04
	6	47.95±0.58	8.07±0.35
	7	53.01±0.29	18.30±1.55
Foam clay	8	59.87±3.36	14.43±1.31
	9	N.A.	15.93±1.46
	10	66.23±3.00	21.30±1.73
Rubber clay	11	3.08±0.53	71.27±2.25
	12	0.45±0.12	76.33±2.66
	13	0.66±0.52	68.03±1.42
Muddy clay	14	24.32±0.46	43.87±2.16
	15	22.49±0.33	53.20±1.44
	16	23.87±2.03	32.03±1.62
Terra clay	17	31.54±0.47	38.57±0.85
	18	41.04±0.24	32.73±3.14
Paper clay	19	30.58±0.15	41.50±2.11
	20	37.00±0.91	29.33±1.08
	21	48.87±0.55	67.43±2.35
Oil clay	22	0.85±0.33	22.83±1.21
	23	96.69±2.29	N.A.
Slime	24	89.65±0.32	N.A.
	25	86.85±0.77	N.A.
	26	96.96±1.25	N.A.

paper clay로 평균  $1.3 \times 10^{-3} \pm 4.4 \times 10^{-4}$  g/min/cm<sup>2</sup>이었다. 가장 낮은 피부점착물을 보인 점토류는 oil clay로 평균  $4.6 \times 10^{-5} \pm 1.1 \times 10^{-4}$  g/min/cm<sup>2</sup> 이었다.

점토의 수분함량과 점착물간의 상관관계를 분석한 결과 점토의 수분함량이 높을수록 점착물은 증가하였고  $r$ 은 0.2412이었다. 경도의 경우 경도가 클수록 점착물이 낮아지는 경향을 나타냈고  $r$ 은 0.1848이었다.

### 3. 실험자들 간 점착물 차이

10개의 점토 제품군에 대하여 각 연구참여자가 10번씩 반복 실험하여 얻은 각 실험자간의 점착물의

**Table 3.** Descriptive statistics of amount of skin adhesion (g/min) and skin adhesion rate (g/min/cm<sup>2</sup>) in modeling clays

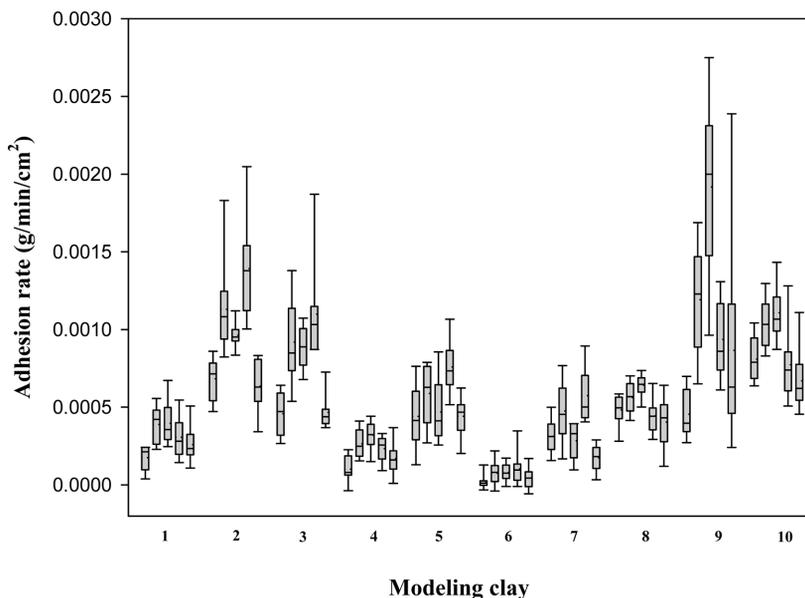
Modeling clay	Sample ID	Amount of skin adhesion (g/min) Skin adhesion rate (g/min/cm <sup>2</sup> )	
		Ave±Std	Ave±Std
PVA clay	1	0.06±0.03	2.2×10 <sup>-4</sup> ±1.2×10 <sup>-4</sup>
	2	0.08±0.03	3.1×10 <sup>-4</sup> ±1.1×10 <sup>-4</sup>
	3	0.05±0.02	1.9×10 <sup>-4</sup> ±8.9×10 <sup>-5</sup>
PVA soft clay	4	0.15±0.06	5.4×10 <sup>-4</sup> ±2.1×10 <sup>-4</sup>
Starch-based clay	5	0.10±0.06	3.6×10 <sup>-4</sup> ±2.0×10 <sup>-4</sup>
	6	0.08±0.03	3.1×10 <sup>-4</sup> ±1.2×10 <sup>-4</sup>
	7	0.11±0.07	4.0×10 <sup>-4</sup> ±2.3×10 <sup>-4</sup>
Foam clay	8	0.08±0.04	3.1×10 <sup>-4</sup> ±1.4×10 <sup>-4</sup>
	9	-0.01±0.02	N.A.
	10	0.07±0.03	2.6×10 <sup>-4</sup> ±1.1×10 <sup>-4</sup>
Rubber clay	11	0.00±0.01	N.A.
	12	0.01±0.02	4.8×10 <sup>-5</sup> ±6.0×10 <sup>-5</sup>
	13	0.02±0.02	6.5×10 <sup>-5</sup> ±7.7×10 <sup>-5</sup>
Muddy clay	14	0.21±0.07	7.8×10 <sup>-4</sup> ±2.2×10 <sup>-4</sup>
	15	0.23±0.09	8.2×10 <sup>-4</sup> ±2.7×10 <sup>-4</sup>
	16	0.27±0.11	9.6×10 <sup>-4</sup> ±3.6×10 <sup>-4</sup>
Terra clay	17	0.25±0.12	8.8×10 <sup>-4</sup> ±3.8×10 <sup>-4</sup>
	18	0.23±0.10	8.1×10 <sup>-4</sup> ±2.9×10 <sup>-4</sup>
Paper clay	19	0.21±0.10	7.7×10 <sup>-4</sup> ±3.3×10 <sup>-4</sup>
	20	0.33±0.18	1.2×10 <sup>-3</sup> ±5.5×10 <sup>-4</sup>
	21	0.36±0.14	1.3×10 <sup>-3</sup> ±4.4×10 <sup>-4</sup>
Oil clay	22	0.01±0.03	4.6×10 <sup>-5</sup> ±1.1×10 <sup>-4</sup>
Slime	23	0.24±0.08	8.8×10 <sup>-4</sup> ±2.4×10 <sup>-4</sup>
	24	0.15±0.04	5.4×10 <sup>-4</sup> ±1.2×10 <sup>-4</sup>
	25	0.14±0.04	5.1×10 <sup>-4</sup> ±1.4×10 <sup>-4</sup>
	26	0.36±0.18	1.3×10 <sup>-3</sup> ±7.0×10 <sup>-4</sup>

차이를 Figure 1에 나타내었다. 한 가지 제품에 대하여 5명의 실험자 간 점착률은 전 제품에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p < 0.01$ ). 5명의 실험자 간 점착률 차이가 0.0005 g/min/cm<sup>2</sup> 이상인 제품은 Slime 이었다.

동일한 제품 내에서 실험자 각 개인이 10번 반복한 점착률의 차이가 통계적으로 유의한 제품군은 PVA soft clay, rubber clay, starch-based clay, Slime 2종이었다( $p < 0.05$ ). 개인이 10번 반복한 점착률 차이가 0.0005 g/min/cm<sup>2</sup> 이상인 제품은 muddy clay, paper clay, Slime 2종이었고, 0.001 g/min/cm<sup>2</sup> 이상인 제품은 Slime 2종이었다.

#### IV. 고 찰

시중 판매되는 어린이 점토류는 사용 대상자가 13세 미만의 어린이지만 본 연구에서는 20대 초반의 실험참가자를 대상으로 실험을 진행하였다. 어린이들의 행동학적 특성상 참여자 모집과 실험 진행이 어려웠기 때문에 정해진 실험 조건과 프로토콜에 따를 수 있는 20대 초반 성인이 참여하였다. 어린이의 피부에 실제 점착되는 노출량에 최대한 근접하기 위하여 실험시 단순히 점착량만을 구한 것이 아니라 손바닥 체표면적을 계산하여 적용한 점착률을 구하여 그 한계점을 극복하였다.



**Fig. 1.** Variation of adhesion rate for 10 modeling clays products by 5 persons (1: foam clay, 2: muddy clay, 3: paper clay, 4: PVA clay, 5: PVA soft clay, 6: rubber clay, 7: starch-based clay, 8, 9, 10: Slime)

피부점착이 발생하지 않은 foam clay와 rubber clay 점토류는 점착이 잘 되지 않는 소재상의 특성을 나타냈다. foam clay의 스티로폼 알갱이를 접착제와 섞어 만든 점토로 점토류의 손에 닿는 겉면이 스티로폼 알갱이로 감싸져 있어 점착이 발생하지 않았다. rubber clay의 경우 고무재료를 천연고무와 합성고무로 만든 점토이다. 고무는 표면이 매끈하여 상온에서 반응성이 낮고 신장률, 마모성, 가공성, 점탄성이 우수하다<sup>8)</sup>. 이런 물리적 특성 때문에 점착이 발생하지 않은 것으로 사료된다. 또한 foam clay와 rubber clay 모두 수분함량이 5% 미만이라는 공통점을 나타냈다.

가장 점착이 높았던 paper clay는 종이, 펄프, 점토, 접착제 등을 섞어 만든 점토류이다. 시중에서 판매되는 종이죽과 지점토가 이에 해당한다. 소재가 펄프기 때문에 경도가 약하고 섬유질 재질이라 손에 점착이 발생하기 쉽다. 한편, paper clay는 재생펄프를 표백하여 쓰므로 점토의 바탕색이 흰색인데 이런 표백제와 접착제의 유해한 성분은 어린이들이 사용시 더 큰 위험성을 갖는다고 알려져 있다<sup>9)</sup>.

점토류 중 액체괴물(Slime)은 실험한 점토제품 중 수분함량이 가장 높았다. 액체괴물은 최근 선풍적인

기를 끌고있는 신종 점토류로 수분함량이 매우 높아 액체처럼 흘러내리는 성질을 가지며 신축성이 뛰어나기 때문에 경도를 측정할 수 없었다. 액체괴물(Slime)은 PVA 수지와 붕사(borax)를 반응시켜 중합체 분자의 가교결합으로 만들어진 점성과 탄성이 높은 물질이다<sup>10)</sup>. 주재료 외 화학물질이 첨가되기도 하며, 붕사를 액상에 녹여 사용했을 때 그 액체가 강한 알칼리성을 띄기 때문에 노출되면 피부가 벗겨지거나 화상을 입을 수 있다. 또한 붕사에 장기간 또는 반복노출되면 생식독성과 특정 표적장기(신장, 신경계, 호흡기관 등)의 손상을 일으킬 수 있다고 알려져 있다<sup>11)</sup>. 액체괴물은 유튜브(Youtube)나 개인블로그와 같은 매체를 통해 개인이 손쉽게 제작이 가능하기 때문에 소비자가 증가하고 있으므로 그 안전성에 대한 노출 및 위해성평가가 다른 점토류보다 시급하다.

Two-way ANOVA 분석 결과, 한 제품에 대하여 한 사람이 10번 반복한 점착률의 차이보다 5명의 참여자 간 차이가 모든 제품에서 유의하게 나타났다. 개인의 신체적, 행동학적 성향에 따라 제품을 핸들링 하는 것이 다르므로 점착률의 값도 달라지는 것을 알 수 있었다. 특히 Slime 제품은 사람간의 차이

나 실험간의 차이가 크게 나타나기 때문에 점착률을 노출평가에 적용할 때 평균 값을 사용할 경우 추정된 노출은 실제노출보다 과소평가 될 수 있다. 따라서 이번 변이가 큰 제품들은 평균값을 사용하는 대신 높은 퍼센타일의 점착률을 적용하여 보다 정확하게 점착되는 양에 대한 노출평가와 위해성 평가가 필요하다.

## V. 결 론

본 연구에서는 26종의 어린이 점토류를 성인 참여자가 일정 시간 동안 만지는 점착실험을 통하여 피부에 점착되는 양을 산정하고 이를 이용하여 피부점착률인 피부점착 노출계수를 도출하였다. 점착률이 가장 높은 점토류 paper clay 이외에도 신종 점토류 slime을 포함한 어린이 점토류의 안전성에 대한 노출 및 위해성평가가 시급한 실정이다. 본 연구결과로 얻은 피부점착률은 점토류에 함유된 유해물질의 노출 및 위해성평가에 활용과 위해성에 기반한 어린이 이용품 관리 및 국민건강 보호에 기여할 수 있을 것이다.

## 감사의 글

이 논문은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원 (KEITI)의 지원을 받아 수행된 연구용역 생활공감 환경보건 기술개발사업(연구과제 2016001350001)의 일환으로 수행하여 작성된 논문입니다. 데이터 통계 분석에 도움을 준 서울대학교 보건대학원 보건통계학연구실 안재훈 연구원에게 감사의 말씀 전해드립니다.

## References

1. Cohen EA, Sheldon LS, Burke JM, McCurdy TR,

Berry MR, et al. Children's exposure assessment: a review of factors influencing Children's exposure, and the data available to characterize and assess that exposure. *Environmental Health Perspectives*. 2000; 108(6): 475-486.

2. Ted S. Human exposure to phthalates via consumer products. *International Journal of Andrology*. 2006; 29(1): 134-139.
3. Samira K, Rayan S, Mey J, Robin T. Assessment of Toxic Metals and Phthalates in Children's Toys and Clays. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 2013; 65(3): 368-381.
4. Survey on safety of children's clay, Korea Consumer Agency; 2016.
5. Ministry of Trade, Industry and Energy, Outdoor activities in winter Recall orders for 49 products including children's products and toys, <http://www.safetykorea.kr/news/promote?fileID=281507&uid=2019>. [accessed 21 March 2018].
6. Survey on the Exposure to Hazardous Substances in Children's Products Risk Assessment Study (II), Korea Environment Institute; 2008.
7. Pawan A, Sashikant S. Determination of hand and palm area as a ratio of body surface area in Indian population. *Indian Journal of Plastic Surgery*. 2010; 43(1): 49-53.
8. Yong M, You-Ping W, Li-Qun Z, Qi-Fang L. (2008). The role of rubber characteristics in preparing rubber/clay nanocomposites by melt compounding. *Journal of Applied Polymer Science*. 2008; 109(3): 1925-1934.
9. Rahmani SH, Ahmadi S, Vahdati SS, Moghaddam HH. Venous thrombosis following intravenous injection of household bleach. *Human and Experimental Toxicology*. 2012; 31(6): 637-639.
10. Brian R. The Science of Slime. *ChemMatters*. 2004; 13-16.
11. Robert W, JR, Russell F. Toxicologic studies on borax and boric acid. *Toxicology and Applied Pharmacology*. 1972; 23(3): 351-364.