

## 타투화장품 및 문신용 염료의 유해금속 함량 연구

김미선\* , 김수언 , 정삼주 , 김영은 , 김민정 , 이명숙 , 황인숙 

서울특별시보건환경연구원 식품의약품부 화장품연구팀

## Hazardous Metal Content in Tattoo Cosmetics and Tattoo Inks

Mi Sun Kim\*, Su Un Kim, Sam Ju Jung, Young Eun Kim, Min Jung Kim, Myung Sook Lee, and In Sook Hwang

Cosmetic Research Team, Food and Drug Department, Seoul Metropolitan Government Research Institute of Public Health and Environment

### ABSTRACT

**Background:** Along with the increase in consumer interest in and consumption of tattoo products, the controversy over harmful heavy metals associated with the use of tattoo cosmetics is also increasing. Therefore, investigation of hazardous metals in these tattoo products is needed.

**Objectives:** This study was performed to provide useful data for establishing reasonable standards to securely manage tattoo cosmetics, tattoo stickers, and tattoo inks distributed in the market.

**Methods:** Thirteen kinds of hazardous metal contents (Pb, As, Cd, Sb, Ni, Co, Cu, Cr, Se, Ba, Zn, Sn, and Hg) were analyzed for 23 tattoo cosmetics, ten tattoo stickers, and 16 tattoo inks. Hg was measured through the combustion-gold amalgamation method, and other hazardous metals were measured by inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS) after acidic decomposition using a microwave apparatus.

**Results:** The detected ranges of Pb, As, Cd, Sb, Ni, and Hg in tattoo cosmetics were 0.07~1.18, 0.06~0.41, ND~0.07, 0.01~3.44, 0.12~2.75, and ND~0.01 µg/g, respectively. All of the hazardous metals detected were below the recommended maximum standards of the Ministry of Food and Drug Safety. The mean amount of Pb detected in tattoo stickers for children was 0.24 µg/kg and Cd was not detected, meaning both metals met the recommended criteria. There was no statistically significant difference in all measured metals between children's tattoo stickers and adults' tattoo stickers. In the results of the study on the hazardous metal content of tattoo inks, four products (25%) for Pb, one product (6%) for As, 13 products (81%) for Ni, four products (25%) for Cu, and five products (31%) for Zn exceeded the recommended standards approved by the government. The highest predicted exposure amount for hazardous metals exceeding the recommended level of tattoo inks in a single tattooing was 5.69 µg/kg for Ni, 8.51 µg/kg for Zn, 0.44 µg/kg for Pb, 8.07 µg/kg for Cu, 0.44 µg/kg for As, and 71.36 µg/kg for Ba.

**Conclusions:** It is necessary to prepare criteria for content limitation for the management of Co, Cr, Ba and Se tattoo cosmetics, and tattoo inks require thorough quality control.

**Key words:** Tattoo cosmetics, tattoo stickers, tattoo inks, hazardous metals, inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS), exposure amount

Received March 21, 2023

Revised April 18, 2023

Accepted April 19, 2023

### Highlights:

- All of the hazardous heavy metals in tattoo cosmetics were detected at below the recommended maximum standards of the Ministry of Food and Drug Safety.
- Pb, As, Ni, Cu, and Zn in tattoo inks exceeded the standards approved by the government.
- The highest predicted exposures to hazardous metals in tattoo inks were 5.69 µg/kg for Ni, 8.51 µg/kg for Zn, 0.44 µg/kg for Pb, 8.07 µg/kg for Cu, 0.44 µg/kg for As, and 71.36 µg/kg for Ba.

### \*Corresponding author:

Cosmetic Research Team, Food and Drug Department, Seoul Metropolitan Government Research Institute of Public Health and Environment, 30 Janggunmaeul 3-gil, Gwacheon 13818, Republic of Korea  
Tel: +82-2-570-3126  
Fax: +82-2-570-3129  
E-mail: mskim73@seoul.go.kr

## I. 서론

한국에서 문신은 10여 년 전까지만 해도 소수 특정 사람들의 사회 반항적 표현으로 사용되어 그 인식이 부정적이었으나,<sup>1)</sup> 자신의 개성을 중시하는 현대 사회에서는 자신을 표현하는 방법으로 사용되면서 문신 또는 타투라는 이름으로 대중화되고 있다. 한국보건사회연구원이 2019년 성별·연령·지역별 인구비례를 따져 조사한 결과 10대 7.4%, 20대 26.9%, 30대 25.5%, 40대 14.9%, 50대 이상이 8.8%가 타투시술을 받은 경험이 있는 것으로 조사되어 기성세대보다 젊은 층에서 타투의 대중화가 더 두드러진다.<sup>2)</sup> 타투는 화장이나 패션의 표현으로 사용될 뿐만 아니라 피부와 점막의 털이 없는 부위를 가리거나 백반증, 피부이식, 난치성 탈모나 흉터를 가리는 목적으로 그 쓰임 또한 확대되고 있다.<sup>3)</sup>

시중에 유통되는 타투제품을 살펴보면 타투화장품, 타투스티커, 문신용 염료가 있다. 타투화장품은 타투의 개념을 화장품에 접목시킨 제품으로 물과 땀에 지워지지 않고 기존화장품에 비해 오래 색을 유지하는 제품으로 지속시간은 수일이며, 눈썹용 아이브로우와 입술용 립제품이 많이 유통되고 있다.<sup>4)</sup> 타투스티커는 스티커를 이용해 원하는 그림, 무늬 등을 피부 표

면에 일시적으로 유지하는 제품으로 성인뿐만 아니라 어린이용 제품도 쉽게 찾아볼 수 있다. 문신용 염료는 문신시술을 위해 눈썹용, 아이라인용, 입술용, 전신용, 헤어라인용으로 사용되는 화학제품이다. 바늘로 살갓을 찌러 피부의 진피층까지 염료를 주입하여 영구적인 지속성을 갖는 영구문신과 마이크로 색소 침착을 위한 일회용 바늘이 달린 진동식 펜과 수동식 문신 펜을 사용하여 표피층 하부와 진피층 상부 사이에 염료를 주입, 최대 5년 정도의 지속성을 유지하는 반영구문신이 있다.<sup>5,6)</sup>

현재 타투화장품은 식품의약품안전처의 「화장품 안전기준 등에 관한 규정」으로 관리되고, 타투스티커는 만13세 이하 어린이 대상제품에 한정되어 산업통상자원부의 「어린이제품 공통안전 기준」으로 그리고 문신용 염료는 환경부의 「안전확인대상생활화학제품 지정 및 안전 표시기준」으로 각각 다른 관리부처와 관리기준을 가지고 있다. 문신용 염료의 경우 관리강화를 위한 소관부처 변경을 예고하고 있는 중으로 이들 타투제품에 대해 기준이 설정된 유해금속과 더불어 기준 이외의 유해금속에 관한 연구가 요구된다(Table 1).<sup>7-9)</sup>

우리나라에서는 화장품에 대해 납, 비소, 카드뮴, 니켈, 수은 6종, 어린이용 스티커에 납, 카드뮴 2종 그리고 문신용 염료에서는 납, 비소, 카드뮴, 니켈, 6가 크롬, 수은, 안티몬, 코발트,

**Table 1.** Related laws and standards for tattoo product type

Element	Tattoo cosmetics (µg/g)		Tattoo stickers (µg/g) (only for children's products)	Tattoo inks (mg/kg)
	Color make-up products	Eye make-up products		
Related laws	Regulations on the safety standards, etc. of cosmetics		Common safety standards for children's products	Designation of, and safety labeling standards for consumer chemical products to safety verification
Pb		20*	100 <sup>¶</sup>	1*
As		10*	-	5*
Cd		5*	75 <sup>¶</sup>	1*
Sb		10*	-	2 <sup>¶</sup>
Ni	30*	35*	-	Not detected*
Hg		1*	-	1*
Cr	- <sup>†</sup>		-	Not detected <sup>1*</sup> (only chromium (VI))
Co	- <sup>‡</sup>		-	25 <sup>¶</sup>
Cu			-	25 <sup>¶</sup>
Se	Unavailable raw materials <sup>§</sup>		-	2 <sup>¶</sup>
Ba	Unavailable raw materials <sup>  </sup>		-	50 <sup>¶</sup>
Zn			-	50 <sup>¶</sup>
Sn			-	50 <sup>¶</sup>

\*Permissible detection limit (less than).

<sup>†</sup>Do not use chromic: chromic acid and its salts.

<sup>‡</sup>Do not use cobalt chloride, cobalt benzenesulfonate and cobalt sulphate.

<sup>§</sup>Selenium salts with the exception of selenium aspartate.

<sup>||</sup>Barium salts with the exception of barium sulphate and lakes prepared from the coloring agents.

<sup>¶</sup>Content limit (less than).

구리, 셀레늄, 바륨, 아연, 주석 13종을 관리하고 있고,<sup>7-9)</sup> 각 금속들의 특징적인 유해성을 살펴보면 다음과 같다.

타투제품에 공통적으로 기준이 마련된 납은 산업계에서 다양하게 사용되는 미량금속으로 인체에 축적 독성이 강하고, 중독 증상으로 헤모글로빈 합성 저해 및 적혈구 수명 단축으로 인한 빈혈, 식욕부진, 소화불량, 뇌신경 장애 등을 일으키며, 유년기 혈중 납 농도는 과잉행동, 주의력결핍, 행동장애, 및 인지장애와 관련이 있다.<sup>10,11)</sup> 카드뮴은 적은 양에도 골격을 손상시키고, 신장손상, 관상동맥 손상을 일으키며, 체내 흡수되면 오랜 시간 배출되지 않는 특성을 가진 위해금속이다.<sup>3,12)</sup> 비소는 인체에 대한 독성이 매우 강한 것으로 알려져 있으며 위장 증상, 심혈관 장애, 피부 각화증, 뇌혈관 질환, 장기적인 신경적 영향 및 폐암, 방광암, 신장암, 피부암을 나타낼 수 있다.<sup>13)</sup> 수은은 호흡기관과 피부를 통해 흡수되며 급성 노출시 폐 손상을 일으키고, 만성중독에 의해서는 떨림과 같은 신경학적 증상을 나타낸다.<sup>12)</sup> 안티몬은 폐와 장관에 흡수되어 심근 변화, 진폐증 및 폐렴, 기관지염, 후두염, 안티몬 반점이라는 피부 발진 및 금속에 대한 접촉 알레르기를 유발한다.<sup>11)</sup> 니켈은 사람에게 접촉성 피부염, 인후통, 결막염, 메스꺼움, 구토, 습진과 가려움을 일으키며 폐암, 비강암으로 인한 사망 위험을 증가시키는 금속으로, 전 세계 8~19% 성인에서 니켈 민감성을 보이는 잘 알려진 알레르기 유발물질이다.<sup>11,14)</sup> 크롬 또한 알레르기 유발물질로 인체의 탄수화물대사에 관여하는 필수금속이나 피부 접촉 시 피부괴사와 화상을 일으키고,<sup>3)</sup> 구리는 화장품에서 색소 성분으로 사용 제한 없이 허용되어 있으나 간과 신장손상, 위경련, 구토를 일으키며 반복적으로 접촉할 때 과민성 피부를 유발한다고 알려져 있다.<sup>15)</sup> 바륨은 눈, 피부, 호흡기에 자극을 나타내며, 만성중독 시 호흡곤란, 복부경련, 설사, 구토, 혈액 및 신경계에 영향을 미칠 수 있으며,<sup>11,16)</sup> 셀레늄은 발육억제 및 간장 기능 장애를 일으킨다는 보고가 있다.<sup>17)</sup> 인체에 경·중도의 유해성을 나타내는 이런 중금속은 생체 내로 흡수되면 생체 내

물질과 결합하여 잘 분해되지 않고 체내에 축적되어 장기간에 걸쳐 인체에 해를 가하는 특성을 가지고 있다.<sup>18)</sup>

위와 같이 타투제품의 위해금속 오염으로 인한 문제는 신체적 문제를 일으킬 수 있어 타투제품에 관한 관심 및 소비 증가와 더불어 위해금속에 대한 논란도 증가하고 있다. 화장품 유형별 중금속 연구를 보고한 Lee 등<sup>19)</sup> 립메이크업 제품의 중금속 함량에 대한 연구를 발표한 Choi 등<sup>20)</sup>과 문신용 염료에서의 유해물질을 연구한 Lim과 Shin<sup>21)</sup>은 제품 기준에 따른 화장품과 문신용 염료의 위해금속에 관한 연구는 보고하고 있으나 관리기관과 기준이 서로 다른 타투제품의 위해금속 함량 및 제품간 위해금속 함량을 비교한 연구는 보고가 미비하다.

본 연구는 유통되고 있는 타투제품의 위해금속 분석을 통해 위해금속 오염도를 확인하고 타투제품 유형별 납 등 13개 항목에 관한 함량을 비교해 보고자 하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 재료

2022년 4월부터 8월까지 유명 온라인몰 2곳에서 유통되고 있는 제품 중 판매량이 높은 순으로 검색하여 제조사가 다른 제품으로 타투화장품 23건, 타투스티커 10건, 문신용 염료 16건을 수집하여 위해금속 함량을 조사하였다. 타투화장품은 색조화장용 제품 13건과 눈화장용 제품 10건, 타투스티커는 어린이용 제품 5건과 성인용 제품 5건, 문신용 염료는 국산제품 11건과 수입제품 5건으로 나누어 조사하였다.

### 2. 시약 및 표준품

분해용 시약으로 유해 중금속 측정용 질산(JTC Co. Ltd., Korea) 및 불산(J.T.Baker Co. Ltd., USA)을 사용하였고, 실험에 사용되는 증류수는 초순수제조장치(ULTRA GENETIC, ELGA, Korea)를 통과한 18.2 MΩ 이상인 정제수를 사용하

**Table 2.** Analytical conditions of ICP-MS

Parameters	Operating conditions
Spectrometer ICP/MS iCAP RQ (Thermo Scientific, USA)	
RF power	1,550 W
Argon gas flow rate	
Plasma	14.98 mL/min
Auxiliary	0.9 mL/min
Nebulizer	0.9 mL/min
Carrier	1.03 mL/min
He gas flow rate	0.21 mL/min
Mass	pb /As /Cd /Sb /Ni /Co /Cu /Cr /Se /Ba /Zn /Sn
(m/z)	208/75 /111/121/58 /59 /63 /52 /77 /137/66 /118

였다. 납, 비소, 카드뮴, 니켈, 코발트, 구리, 크롬, 셀레늄, 바륨, 아연 분석을 위해 IV-ICPMS-71A (10 µg/mL, Inorganic ventures, USA)와 안티몬, 주석 분석을 위해 IV-ICPMS-71B (10 µg/mL, Inorganic ventures, USA)를 표준용액으로 0.5 N HNO<sub>3</sub>로 희석하여 사용하였다. 회수율 검증을 위해 미국 표준과학기술원 표준인증 물질인 Peach Leaves 1547 (NIST, U.S.Department of commerce)과 Oyster Tissues 1566B (NIST, U.S.Department of commerce)를 사용하였다.

### 3. 시료의 전처리

납, 비소, 카드뮴, 안티몬, 니켈, 코발트, 구리, 크롬, 셀레늄, 바륨, 아연, 주석은 시료 0.2~0.5 g을 분해용 용기에 정확히 취한 후 질산 7 mL, 불화수소산 2 mL를 넣어 Hood에서 16시간 방치하는 예비 분해 후 마이크로웨이브(MARS 6, CEM, USA)를 이용하여 20분간 분해하였다. 분해된 시료는 증류수를 이용하여 적당한 농도로 희석하고, 여과 후 시험용액으로 사용하였다. 수은은 전처리 없이 시료 0.3~0.5 g을 달아 수은분석기로 분석하였다.

### 4. 기기분석

시험용액 중 납, 비소, 카드뮴, 안티몬, 니켈, 코발트, 구리, 크롬, 셀레늄, 바륨, 아연, 주석은 ICP-MS (iCAP RQ, Thermo Scientific, USA)로 분석하였으며, 분석조건은 Table 2와 같다. 질산 7 mL, 불화수소산 2 mL를 가지고 시험용액과 동일하게 조작하여 공시험액으로 사용하였고, IV-ICPMS-71A와 IV-ICPMS-71B를 섞은 멀티 표준원액을 0.5 N HNO<sub>3</sub>로 희석하여 0.5, 1, 10, 25, 50, 100, 200 µg/kg 수준의 농도로 만들어 ICP-MS에 주입하여 얻은 검량선을 가지고 12종류의 금속의 양을 측정하였다. 수은은 Mercury Analyzer (IT/6DMA-80, Milestone, Italy)를 사용하여 가열기화아말감법으로 측정하였다.

### 5. 통계처리

타투화장품, 타투스티커 및 문신용 염료의 검출결과 통계처리는 통계프로그램 IBM SPSS Statistics 24 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 사용하였다. 3가지 타투제품 유형별 유해금속 함량을 비교하기 위해 일원배치분산 분석(one-way ANOVA)을 수행하였고, 던칸 다중위검정법(Duncan's multiple range test)의 방법을 이용하여 p<0.05의 수준으로 유의성을 검증하였다. 타투화장품 중 색조화장용 제품과 눈화장용 제품, 타투스티커의 어린이용 제품과 성인용 제품, 그리고 문신용 염료의 국산제품과 수입제품 등 각 타투제품 유형 속 두 집단 간의 유해금속 함량의 유의성을 비교하기 위해 t-test를 실시하였다.

### 6. 노출평가

타투제품 중 기준초과를 보인 문신용 염료의 유해금속에 대한 인체의 노출 정도를 알아보기 위해 노출평가를 실시하였다. 노출평가(Exposure)는 문신시술 시 염료사용량(Usage<sub>tattooink</sub>)에 염료 중 유해금속의 함량(Concentration)과 피부 흡수율을 곱한 후 성인 평균 체중(Body weight<sub>adult</sub>)으로 나누어 1회 문신시술에 의한 성인의 유해금속별 노출량을 산출하였다. 「생활화학제품 및 살생물제의 안전관리에 관한 법률(국립환경과학원 고시 제2021-37호)」에서 제시한 문신시술에서 최초사용량 2 mL (2,000 mg)와 리터치 사용량 2 mL (2,000 mg)를 더한 4 mL (4,000 mg)의 염료사용량과 성인 평균 체중 64.2 kg을 적용하여 EU가 제시한 문신용 염료의 노출평가와 동일한 과정으로 계산하였다.<sup>22)</sup> 피부흡수율은 유럽연합의 문신용 염료 위해성 검토보고서(European Chemicals Agency [ECHA], 2017)<sup>23)</sup>와 같이 피부흡수율 100%를 적용하였다. 이는 문신시술이 표피와 진피 사이에 염료를 주입하기 때문에 유해금속 전량이 체내 흡수된다고 보아 피부흡수율 100%를 적용하였다.

Exposure (µg/kg)=

$$\frac{\text{Usage}_{\text{tattooink}} (\text{mg}) \times \text{Concentration} (\mu\text{g/g}) \times \text{피부흡수율}(100\%)}{\text{Body weight}_{\text{adult}} (\text{kg}) \times 1,000}$$

## III. 결 과

### 1. 검출 및 정량한계

12종 금속(납, 비소, 카드뮴, 안티몬, 니켈, 코발트, 구리, 크롬, 셀레늄, 바륨, 아연, 주석)의 0.5~200 µg/kg 농도범위의 ICP-MS 검량선 작성 결과 모든 금속에 대해 0.999 이상의 직선성을 보였고, 수은 또한 0.38~1.49 ng 범위의 표준인증 물질 Oyster tissues 1566b를 취하여 Mercury Analyzer로 검량선을 작성한 결과 0.999 이상의 직선성을 보였다. International Conference on Harmonisation of Technical Requirements for Registration of Pharmaceuticals for Human (ICH)에<sup>24)</sup> 따라 검량선의 기울기와 y절편을 이용하여 검출한계(Limit of detection, LOD) 및 정량한계(Limit of quantitation, LOQ)는 구하였다. 그 결과 납, 비소, 카드뮴, 안티몬, 니켈, 코발트, 구리, 크롬, 셀레늄, 바륨, 아연, 주석, 수은의 검출한계(LOD)는 0.004, 0.007, 0.001, 0.011, 0.028, 0.008, 0.019, 0.029, 0.096, 0.011, 0.002, 0.005, 0.041 µg/kg이고, 정량한계(LOQ)는 0.011, 0.021, 0.003, 0.035, 0.084, 0.025, 0.058, 0.087, 0.290, 0.034, 0.006, 0.017, 0.138 µg/kg이었다(Table 3).

**Table 3.** Overall results of the validation experiment for 13 elements

	Analyzed elements ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )												
	Pb	As	Cd	Sb	Ni	Co	Cu	Cr	Se	Ba	Zn	Sn	Hg
LOD*	0.004	0.007	0.001	0.011	0.028	0.008	0.019	0.029	0.096	0.011	0.002	0.005	0.041
LOQ <sup>†</sup>	0.011	0.021	0.003	0.035	0.084	0.025	0.058	0.087	0.290	0.034	0.006	0.017	0.138
Linearity ( $R^2$ )	>0.9999	>0.9999	>1.0000	>0.9994	>0.9999	>0.9999	>0.9999	>0.9998	>0.9997	>0.9998	>0.9995	>0.9998	>0.9999

\*Limit of detection.

<sup>†</sup>Limit of quantitation.**Table 4.** Recovery results of measured elements with certified reference material (CRM)

Element	Used CRM	Mean $\pm$ SD*		Recovery (%)	RSD (%) <sup>†</sup>
		Certified value ( $\mu\text{g}/\text{g}$ )	Measured value ( $\mu\text{g}/\text{g}$ )		
Pb	SRM 1547	0.869 $\pm$ 0.018	0.871 $\pm$ 0.036	100.2	4.1
As	SRM 1566b	7.65 $\pm$ 0.65	7.612 $\pm$ 0.28	99.5	3.7
Cd	SRM 1566b	2.48 $\pm$ 0.08	2.49 $\pm$ 0.028	100.4	1.1
Sb	SRM 1566b	1.07 $\pm$ 0.16	1.043 $\pm$ 0.042	97.5	4.0
Ni	SRM 1566b	1.04 $\pm$ 0.09	1.012 $\pm$ 0.038	97.3	3.8
Co	SRM 1566b	0.371 $\pm$ 0.009	0.342 $\pm$ 0.011	92.2	3.2
Cu	SRM 1547	3.75 $\pm$ 0.37	3.462 $\pm$ 0.07	92.3	2.0
Cr	SRM 1547	1 <sup>‡</sup>	0.994 $\pm$ 0.038	99.4	3.8
Se	SRM 1547	0.120 $\pm$ 0.017	0.09 $\pm$ 0.002	75.0	2.2
Ba	SRM 1566b	8.6 $\pm$ 0.3	8.161 $\pm$ 0.187	94.9	2.3
Zn	SRM 1547	17.97 $\pm$ 0.53	16.152 $\pm$ 0.582	89.9	3.6
Sn	SRM 1566b	0.031 $\pm$ 0.008	0.032 $\pm$ 0.001	103.2	3.1
Hg	SRM 1566b	0.0711 $\pm$ 0.0013	0.0704 $\pm$ 0.003	99.0	4.3

\*Standard deviation.

<sup>†</sup>Relative standard deviation (standard deviation/mean value $\times$ 100).<sup>‡</sup>Values are not certified and are given for information only.

$$\text{LOD} = 3.3 \times \delta / S$$

$$\text{LOQ} = 10 \times \delta / S$$

 $\delta$ : standard deviation of the response

S: the slope of the calibration curve

## 2. 정확도 및 정밀도

납, 비소, 카드뮴, 안티몬, 니켈, 코발트, 구리, 크롬, 셀레늄, 바륨, 아연, 주석 및 수은의 회수율은 미국 표준과학기술원의 표준인증 물질인 Peach Leaves 1547 (NIST, USA)과 Oyster Tissues 1566b (NIST, USA)로 회수율과 변동계수를 측정하였다. 납, 비소, 카드뮴, 안티몬, 니켈, 코발트, 구리, 크롬, 셀레늄, 바륨, 아연, 주석, 수은의 회수율은 100.2, 99.5, 100.4, 97.5, 97.3, 92.2, 92.3, 99.4, 75.0, 94.9, 89.9, 103.2, 99.0%였다 (Table 4).

## 3. 타투화장품 및 타투스티커의 유해금속

유통 타투화장품 중 색조화장용 제품 13건과 눈화장용 제품 10건의 분석결과 납은 0.07~1.18  $\mu\text{g}/\text{g}$ , 비소는 0.06~0.41  $\mu\text{g}/\text{g}$ , 카드뮴은 불검출~0.07  $\mu\text{g}/\text{g}$ , 안티몬은 불검출~3.44  $\mu\text{g}/\text{g}$ , 니켈은 0.12~2.75  $\mu\text{g}/\text{g}$ , 수은은 불검출~0.01  $\mu\text{g}/\text{g}$ 으로 전 항목 허용기준보다 낮게 검출되어 모두 적합하였다. 기준 미설정 유해금속인 크롬은 0.20~3.91  $\mu\text{g}/\text{g}$ , 코발트는 불검출~2.39  $\mu\text{g}/\text{g}$ , 구리는 0.31~3.34  $\mu\text{g}/\text{g}$ , 셀레늄은 불검출~0.06  $\mu\text{g}/\text{g}$ , 바륨은 9.77~940.78  $\mu\text{g}/\text{g}$ , 아연은 1.29~12.78  $\mu\text{g}/\text{g}$ , 주석은 0.04~3.70  $\mu\text{g}/\text{g}$ 으로 검출되었다 (Table 5). 유해금속 중 안티몬 함량 평균값은 눈화장용 제품이 0.92  $\mu\text{g}/\text{g}$ 이고 색조화장용 제품이 0.05  $\mu\text{g}/\text{g}$ 으로 눈화장용 타투화장품이 유의하게 높았다 ( $p < 0.05$ ). 그러나 구리의 함량 평균값은 눈화장용 제품이 0.57  $\mu\text{g}/\text{g}$ 이고 색조화장용 제품이 1.13  $\mu\text{g}/\text{g}$ 으로 색조화장용 타투화장품이 유의하게 높았고 ( $p < 0.05$ ), 아연의 함량 평균

**Table 5.** Average concentration ( $\mu\text{g/g}$ ) of hazardous metals determined in tattoo cosmetics

Element	Total (N=23)	Eye make-up products (N=10)	Color make-up products (N=13)	Permissible detection limit ( $\mu\text{g/g}$ )	No. of samples detected (%)
Pb	0.20±0.25 (0.07~1.18)*	0.14±0.06 (0.07~0.27)	0.26±0.31 (0.08~0.74)	20	23 (100)
As	0.15±0.07 (0.06~0.41)	0.13±0.04 (0.08~0.19)	0.16±0.09 (0.06~0.41)	10	23 (100)
Cd	0.003±0.01 (N.D~0.07)	0.01±0.02 (N.D~0.07)	N.D <sup>†</sup> (N.D)	5	1 (4)
Sb	0.43±0.86 (N.D~3.44)	0.92±1.12 (N.D~3.44)	0.05±0.12 (N.D~0.44)	10	11 (48)
Ni	0.71±0.80 (0.12~2.75)	0.95±0.89 (0.12~2.58)	0.52±0.66 (0.12~2.75)	Eye make-up: 35 Color make-up: 30	23 (100)
Hg	N.D (N.D~0.01)	N.D	N.D (N.D~0.01)	1	3 (13)
Cr	0.91±0.89 (0.20~3.91)	0.68±0.56 (0.20~2.21)	1.09±1.04 (0.39~3.91)	-	23 (100)
Co	0.15±0.48 (N.D~2.39)	0.04±0.03 (N.D~0.09)	0.24±0.63 (N.D~2.39)	-	15 (62)
Cu	0.89±0.68 (0.31~3.34)	0.57±0.17 (0.31~0.98)	1.13±0.82 (0.41~3.34)	-	23 (100)
Se	0.01±0.02 (N.D~0.06)	0.01±0.01 (N.D~0.03)	0.01±0.02 (N.D~0.06)	-	7 (30)
Ba	86.32±208.66 (9.77~940.78)	15.71±4.90 (9.77~23.48)	140.63±265.01 (10.82~940.78)	-	23 (100)
Zn	3.51±2.57 (1.29~12.78)	2.35±0.67 (1.29~3.44)	4.40±3.09 (1.37~12.78)	-	23 (100)
Sn	0.28±0.74 (0.04~3.70)	0.07±0.04 (0.04~0.14)	0.45±0.95 (0.04~3.70)	-	23 (100)

\*Data were expressed as average±standard deviation (minimum~maximum).

<sup>†</sup>N.D is not detected and means less than LOQ.

**Table 6.** Average concentration ( $\mu\text{g/g}$ ) of hazardous metals determined in tattoo stickers

Element	Total (N=10)	Products for children (N=5)	Products for adult (N=5)	limited con. ( $\mu\text{g/g}$ )	No. of samples detected (%)
Pb	0.23±0.05* (0.14~0.31)	0.24±0.03 (0.2~0.28)	0.22±0.06 (0.14~0.31)	100 <sup>‡</sup>	10 (100)
As	0.29±0.45 (0.08~1.64)	0.44±0.6 (0.12~1.64)	0.13±0.05 (0.08~0.21)	-	10 (100)
Cd	N.D <sup>†</sup> (N.D)	N.D (N.D)	N.D (N.D)	75 <sup>‡</sup>	0 (0)
Sb	0.17±0.15 (0.05~0.59)	0.25±0.18 (0.05~0.59)	0.09±0.02 (0.05~0.11)	-	10 (100)
Ni	0.67±0.72 (0.21~2.21)	0.31±0.09 (0.21~0.43)	1.03±0.88 (0.27~2.21)	-	10 (100)
Hg	0.01±0.02 (N.D~0.04)	0.02±0.02 (N.D~0.04)	N.D (N.D~0.01)	-	3 (30)
Cr	0.86±0.39 (0.49~1.93)	1.03±0.47 (0.63~1.93)	0.68±0.18 (0.49~0.93)	-	10 (100)
Co	3.65±5.25 (N.D~18.72)	4.96±7.01 (0.04~18.72)	2.34±1.57 (N.D~4.85)	-	9 (90)
Cu	49.93±30.57 (0.35~109.81)	39.09±11.88 (19.17~56.28)	60.77±38.63 (0.35~109.81)	-	10 (100)
Se	0.02±0.02 (N.D~0.06)	0.02±0.02 (0.02~0.06)	0.01±0.02 (N.D~0.04)	-	5 (50)
Ba	47.34±27.36 (12.82~87.79)	34.82±21.54 (12.82~66.71)	59.86±26.82 (15.1~87.79)	-	10 (100)
Zn	8.44±9.51 (2.01~36.41)	11.68±12.54 (2.64~36.41)	5.20±1.63 (2.01~6.51)	-	10 (100)
Sn	1.26±1.10 (0.07~3.97)	1.65±1.39 (0.21~3.97)	0.87±0.46 (0.07~1.47)	-	10 (100)

\*Data were expressed as average±Standard deviation (minimum~maximum).

<sup>†</sup>N.D is not detected and means less than LOQ.

<sup>‡</sup>Only for children's products.

값 또한 눈화장용 제품에서 2.35  $\mu\text{g/g}$ 이고 색조화장용 제품이 4.40  $\mu\text{g/g}$ 으로 색조화장용 타투화장품에서 유의하게 높았다 ( $p<0.05$ ). 그 외 금속들은 눈화장용 타투화장품과 색조화장용 타투화장품 간의 통계적 차이는 없었다.

타투스티커에서 납은 0.14~0.31  $\mu\text{g/g}$ , 비소는 0.08~1.64  $\mu\text{g/g}$ , 카드뮴 불검출, 안티몬은 0.05~0.59  $\mu\text{g/g}$ , 니켈은 0.21~2.21  $\mu\text{g/g}$ , 수은은 불검출~0.04  $\mu\text{g/g}$ , 크롬

은 0.49~1.93  $\mu\text{g/g}$ , 코발트는 불검출~18.72  $\mu\text{g/g}$ , 구리는 0.35~109.81  $\mu\text{g/g}$ , 셀레늄은 불검출~0.06  $\mu\text{g/g}$ , 바륨은 12.82~87.79  $\mu\text{g/g}$ , 아연은 2.01~36.41  $\mu\text{g/g}$ , 주석은 0.07~3.97  $\mu\text{g/g}$ 의 검출범위를 나타냈고, 카드뮴, 수은, 셀레늄을 제외한 모든 유해금속에 대해 검출율 100%를 나타냈다. 어린이용 타투스티커의 납의 함량 평균값은 0.24  $\mu\text{g/g}$ , 카드뮴은 불검출로 두 금속 모두 기준 이하로 검출되었고, 어린이용 타투

스티커와 성인용 타투스티커의 모든 유해금속 함량 평균값은 통계적 차이가 없었다(Table 6).

#### 4. 문신용 염료의 유해금속

문신용 염료에서 납의 검출범위는 0.05~7.06  $\mu\text{g/g}$ , 비소는 0.05~7.07  $\mu\text{g/g}$ , 카드뮴은 불검출~0.06  $\mu\text{g/g}$ , 안티몬은 0.03~1.03  $\mu\text{g/g}$ , 니켈은 불검출~91.40  $\mu\text{g/g}$ , 수은은 불검출~0.01  $\mu\text{g/g}$ , 크롬은 0.58~1,469.00  $\mu\text{g/g}$ , 코발트는 불검출~15.60  $\mu\text{g/g}$ , 구리는 0.59~198.04  $\mu\text{g/g}$ , 셀레늄은 불검출~0.17  $\mu\text{g/g}$ ,

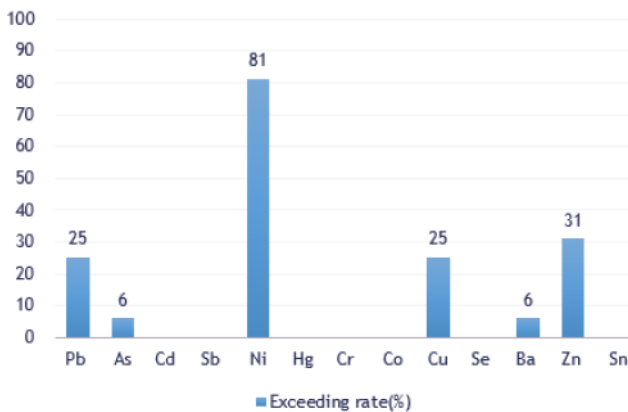


Fig. 1. Exceeding rate (%) of tattoo inks observed the study

바륨은 5.28~1,145.26  $\mu\text{g/g}$ , 아연은 2.29~136.56  $\mu\text{g/g}$ , 주석은 0.04~25.40  $\mu\text{g/g}$ 의 검출범위를 보였다. 납은 4건(25%), 비소 1건(6%), 니켈은 13건(81%), 구리 4건(25%), 바륨 1건(6%), 아연 5건(31%)이 기준을 초과하였다(Fig. 1). 구리, 아연과 안티몬은 국산제품에서 함량 평균값은 44.67  $\mu\text{g/g}$ , 50.68  $\mu\text{g/g}$ , 0.39  $\mu\text{g/g}$ 으로 수입제품 3.91  $\mu\text{g/g}$ , 14.02  $\mu\text{g/g}$ , 0.10  $\mu\text{g/g}$ 과 통계적으로 유의한 차이로 높게 검출되었으나( $p < 0.05$ ), 바륨은 수입제품 함량 평균값 240.31  $\mu\text{g/g}$ 이, 국산제품 함량 평균값 15.58  $\mu\text{g/g}$ 보다 15배 이상 높게 나타났으나 통계적 유의한 차이는 없었다. 주석과 셀레늄은 문신용 염료 기준함량이 50  $\mu\text{g/g}$ 과 2  $\mu\text{g/g}$ 이나, 함량 평균값이 3.91  $\mu\text{g/g}$ 과 0.01  $\mu\text{g/g}$ 으로 낮은 수준으로 검출되었다(Table 7).

#### 5. 타투유형별 유해금속 비교

화장품 안전기준에서 검출허용 한도가 설정된 납, 비소, 카드뮴, 안티몬, 니켈, 수은과 화장품과 어린이제품에는 안전기준이 설정되어 있지 않고 문신용 염료에만 함량기준이 설정되어 있는 코발트, 구리, 크롬, 셀레늄, 바륨, 아연, 주석에 대한 함량을 분석하여 통계적으로 비교하였다(Table 8).

납은 문신용 염료에서의 기준이 1  $\mu\text{g/g}$ 으로 다른 타투제품의 안전기준보다 낮으나, 함량 평균값이 1.14  $\mu\text{g/g}$ 으로 타투화장품 0.20  $\mu\text{g/g}$ 과 타투스티커 0.23  $\mu\text{g/g}$ 보다 유의한 차이로 높았다( $p < 0.05$ ). 문신용 염료에서 허용기준이 불검출인 니켈

Table 7. Average concentration ( $\mu\text{g/g}$ ) of hazardous metals determined in in tattoo inks

Element	Total (N=16)	Domestic products (N=11)	Imported products (N=5)	Criteria (mg/kg)	No. of samples detected (%)
Pb	1.14±1.86* (0.05~7.06)	1.46±2.15 (0.08~7.06)	0.44±0.43 (0.05~1.19)	1 <sup>†</sup>	16 (100)
As	2.00~2.11 (0.05~7.07)	2.08±1.79 (0.18~4.78)	1.83±2.69 (0.05~7.07)	5 <sup>†</sup>	16 (100)
Cd	0.01±0.01 (N.D <sup>†</sup> ~0.06)	0.01±0.02 (N.D~0.06)	0.01±0.01 (N.D~0.03)	1 <sup>†</sup>	2 (13)
Sb	0.30±0.34 (0.03~1.03)	0.39±0.37 (0.03~1.03)	0.10±0.07 (0.03~0.24)	2 <sup>§</sup>	16 (100)
Ni	20.30±23.70 (N.D~91.40)	18.76±16.39 (N.D~55.72)	23.95±34.44 (N.D~91.40)	Not detected <sup>†</sup>	13 (81)
Hg	N.D (N.D~0.01)	N.D (N.D~0.01)	N.D (N.D~0.01)	1 <sup>†</sup>	16 (100)
Cr	171.07±379.20 (0.58~1,469.00)	167.62±412.35 (4.83~1,469.00)	178.67±29.32 (0.58~759.60)	Not detected <sup>†,  </sup> (only chromium (VI))	16 (100)
Co	5.49±4.78 (N.D~15.60)	6.16±4.77 (0.29~15.6)	4.01±4.47 (N.D~11.92)	25 <sup>§</sup>	15 (94)
Cu	31.93±55.91 (0.59~198.04)	44.67±63.38 (0.70~198.04)	3.91±4.80 (0.59~13.34)	25 <sup>§</sup>	16 (100)
Se	0.01±0.04 (N.D~0.17)	N.D (N.D)	0.03±0.07 (N.D~0.17)	2 <sup>§</sup>	1 (6)
Ba	85.81±273.66 (5.28~1,145.26)	15.58±8.26 (5.28~30.26)	240.31±452.52 (7.09~1,145.26)	50 <sup>§</sup>	16 (100)
Zn	39.23±41.05 (2.29~136.56)	50.68±43.39 (3.77~136.56)	14.02±18.01 (2.29~49.61)	50 <sup>§</sup>	16 (100)
Sn	3.91±6.66 (0.04~25.40)	5.49±7.51 (0.08~25.40)	0.44±0.53 (0.04~1.47)	50 <sup>§</sup>	16 (100)

\*Data were expressed as average±standard deviation (minimum~maximum).

<sup>†</sup>N.D is not detected and means less than LOQ.

<sup>‡</sup>Permissible detection limit.

<sup>§</sup>Content limit.

<sup>||</sup> Only permissible detection limit of chromium (VI).

**Table 8.** The hazardous metals concentration ( $\mu\text{g/g}$ ) by tattoo product type

Element	Tattoo cosmetics (N=23)	Tattoo stickers (N=10)	Tattoo inks (N=16)
Pb	0.20 <sup>a</sup> ±0.25 (0.07~1.18)	0.23 <sup>a</sup> ±0.05 (0.14~0.31)	1.14 <sup>b</sup> ±1.86 (0.05~7.07)
As	0.15 <sup>a</sup> ±0.07 (0.06~0.41)	0.29 <sup>a</sup> ±0.45 (0.08~1.64)	2.00 <sup>b</sup> ±2.11 (0.05~7.07)
Cd	0.00 <sup>a</sup> ±0.01 (N.D~0.07)	N.D <sup>a</sup> (N.D)	0.01 <sup>a</sup> ±0.02 (N.D~0.06)
Sb	0.43 <sup>a</sup> ±0.86 (N.D~3.44)	0.17 <sup>a</sup> ±0.15 (0.05~0.59)	0.30 <sup>a</sup> ±0.34 (0.03~1.03)
Ni	0.71 <sup>a</sup> ±0.80 (0.12~2.75)	0.67 <sup>a</sup> ±0.72 (0.21~2.21)	20.30 <sup>b</sup> ±23.70 (N.D~91.40)
Hg	N.D <sup>a</sup> (N.D~0.01)	0.01 <sup>a</sup> ±0.02 (N.D~0.04)	N.D <sup>a</sup> (N.D~0.01)
Co	0.15 <sup>a</sup> ±0.48 (N.D~2.39)	3.65 <sup>b</sup> ±5.24 (N.D~18.72)	5.49 <sup>b</sup> ±4.78 (N.D~15.6)
Cu	0.89 <sup>a</sup> ±0.68 (0.31~3.34)	49.93 <sup>b</sup> ±30.57 (0.35~109.81)	31.93 <sup>b</sup> ±55.91 (0.59~198.04)
Cr	0.91 <sup>a</sup> ±0.89 (0.20~3.91)	0.86 <sup>a</sup> ±0.39 (0.49~1.93)	171.07 <sup>a</sup> ±379.20 (0.58~1469.00)
Se	0.01 <sup>a</sup> ±0.02 (N.D~0.06)	0.02 <sup>a</sup> ±0.02 (N.D~0.06)	0.01 <sup>a</sup> ±0.04 (N.D~0.17)
Ba	86.32 <sup>a</sup> ±208.66 (9.77~940.78)	47.34 <sup>a</sup> ±27.36 (12.82~87.79)	85.81 <sup>a</sup> ±273.66 (5.28~1145.26)
Zn	3.51 <sup>a</sup> ±2.57 (1.29~12.78)	8.44 <sup>a</sup> ±9.51 (2.01~36.41)	39.23 <sup>b</sup> ±41.05 (2.29~136.56)
Sn	0.28 <sup>a</sup> ±0.74 (0.04~3.70)	1.26 <sup>a,b</sup> ±1.10 (0.07~3.97)	3.91 <sup>b</sup> ±6.66 (0.04~25.40)

<sup>a,b</sup>Values with different superscripts are significantly different ( $p<0.05$ ).

은 함량 평균값이 20.30  $\mu\text{g/g}$ 으로 타투화장품의 함량 평균값 0.71  $\mu\text{g/g}$ 과 타투스티커의 함량 평균값 0.67  $\mu\text{g/g}$ 에 비해 유의하게 높았다( $p<0.05$ ). 비소 또한 문신용 염료의 함량 평균값이 2.00  $\mu\text{g/g}$ 으로 타투화장품의 0.15  $\mu\text{g/g}$ 과 타투스티커 0.29  $\mu\text{g/g}$ 에 비교하면 유의하게 높게 검출되었다( $p<0.05$ ).

코발트의 경우 타투화장품의 함량 평균값이 0.15  $\mu\text{g/g}$ 으로 타투스티커 3.65  $\mu\text{g/g}$ 과 문신용 염료 5.49  $\mu\text{g/g}$ 과 비교했을 때 유의하게 낮았고( $p<0.05$ ), 구리의 함량 평균값 또한 타투화장품이 0.89  $\mu\text{g/g}$ 으로 타투스티커 49.93  $\mu\text{g/g}$ 과 문신용 염료 31.93  $\mu\text{g/g}$ 보다 통계적으로 유의한 차이로 낮았다( $p<0.05$ ).

아연의 함량 평균값은 문신용 염료의 39.23  $\mu\text{g/g}$ 이 타투화장품의 3.51  $\mu\text{g/g}$ 과 타투스티커의 8.44  $\mu\text{g/g}$ 과 비교했을 때 유의하게 높았다( $p<0.05$ ).

주석의 함량 평균값은 타투화장품의 0.28  $\mu\text{g/g}$ 과 타투스티커 1.26  $\mu\text{g/g}$ 이 통계적으로 차이가 없었고, 타투스티커와 문신용 염료 3.91  $\mu\text{g/g}$ 도 통계적으로 차이가 없었으나, 타투화장품의 주석 함량 평균값은 문신용 염료의 주석 함량 평균값보다 유의하게 낮았다( $p<0.05$ ).

크롬의 경우 문신용 염료의 함량 평균값이 171.07  $\mu\text{g/g}$ 으로 타투화장품 0.91  $\mu\text{g/g}$ 과 타투스티커 0.86  $\mu\text{g/g}$ 보다 크나, 통계적으로 집단 간 유의한 차이는 없었다. 셀레늄은 모든 타투제품에서 0.01~0.02  $\mu\text{g/g}$ 으로 낮게 검출되었고, 바륨은 타투화장품 함량 평균값 86.32  $\mu\text{g/g}$ 와 타투스티커 함량 평균값 47.34  $\mu\text{g/g}$ , 문신용 염료 함량 평균값 85.81  $\mu\text{g/g}$ 으로 문신용 염료의 함량 기준인 50  $\mu\text{g/g}$ 에 비슷하거나 높은 함량 평균값을 보였다.

## 6. 문신용 염료의 유해금속 노출량

타투제품에 대한 유해금속 함량 연구결과 문신용 염료에서만 기준초과가 있었다. 16건의 문신용 염료 중 니켈은 13건, 아연은 5건, 납과 구리는 각각 4건 그리고 비소와 바륨에서 각각 1건이 기준을 초과한 것을 확인하였다. 기준 초과된 유해금속들의 노출량을 알아보려고 표준노출 계수들에 유해금속의 함량을 적용하여 노출량을 계산하였다. 그 결과 문신시술 1회 노출시 니켈의 노출량은 국산제품은 0.15~3.47  $\mu\text{g/kg}$ , 수입제품은 0.60~5.69  $\mu\text{g/kg}$ 이었고, 아연의 노출량은 국산제품에서만 기준을 초과하여 3.48~8.51  $\mu\text{g/kg}$ 이었다. 납의 노출량은 국산제품 3건에 대해 0.16~0.44  $\mu\text{g/kg}$ , 수입제품 1건에 대해 0.07 $\mu\text{g/kg}$ 을 보였고, 구리는 국산제품 4건에서 0.44~8.07  $\mu\text{g/kg}$ , 비소와 바륨은 같은 수입제품 1건에서 모두 초과되어 0.44  $\mu\text{g/kg}$ , 71.36  $\mu\text{g/kg}$ 의 노출량을 나타내었다(Table 9).

## IV. 고 찰

타투제품으로 유통되는 타투화장품, 타투스티커 및 문신용 염료는 관리부처와 기준법규가 모두 달라, 납 등 유해금속 13종의 함량을 조사 비교해 보았다.

「화장품 안전기준 등에 관한 규정」에서 검출허용 한도를 설정하여 관리되고 있는 타투화장품의 함량 평균값은 납 0.20  $\mu\text{g/g}$ , 비소 0.15  $\mu\text{g/g}$ , 카드뮴 0.003  $\mu\text{g/g}$ , 안티몬 0.43  $\mu\text{g/g}$ , 니켈 0.71  $\mu\text{g/g}$ , 수은은 불검출이었다.

독성이 강하고 생체 내에 축적되어 중독증상을 일으키는 카드뮴과 수은은 화장품의 유해금속에 관한 Lee 등<sup>19)</sup>과 Lee 등<sup>25)</sup>의 보고와 마찬가지로 타투화장품에서 함량 평균값이 가장 낮았다. 타투화장품 중 눈화장용 제품에서 납의 함량 평균



**Table 9.** Exposure amount of hazardous metals in violated tattoo inks

Element	Tattoo inks		Concentration in sample (μg/g) (B)	Exposure amount* (μg/kg)
Ni	Domestic (N=10)	TI-1	7.54	0.47
		TI-3	2.36	0.15
		TI-4	26.75	1.67
		TI-5	39.02	2.43
		TI-6	16.86	1.05
		TI-7	25.01	1.56
		TI-8	55.72	3.47
		TI-9	19.47	1.21
		TI-10	8.30	0.52
		TI-11	4.04	0.25
			Imported (N=3)	TI-12
TI-13	18.79			1.17
TI-16	91.40			5.69
Zn	Domestic (N=5)	TI-4	70.27	4.38
		TI-5	121.55	7.57
		TI-7	55.89	3.48
		TI-8	136.56	8.51
		TI-9	63.68	3.97
Pb	Domestic (N=3)	TI-4	2.61	0.16
		TI-5	4.04	0.25
		TI-8	7.07	0.44
	Imported (N=1)	TI-13	1.19	0.07
Cu	Domestic (N=4)	TI-4	92.54	5.77
		TI-5	129.55	8.07
		TI-7	34.00	2.12
		TI-8	7.07	0.44
As	Imported (N=1)	TI-16	7.07	0.44
Ba	Imported (N=1)	TI-16	1145.26	71.36

\*Exposure (μg/kg)=Usage<sub>tattooink</sub> (A)×Concentration (B)×Skin absorption rate (C)/Body weight<sub>adult</sub> (D)×1/1,000

A=4,000 mg (the amount of 1st used: 2.0 mL+the amount of retouch: 2.0 mL)

C=100% (skin absorption rate of heavy metals during tattooing)

D=64.2 kg

값은 0.14 μg/g으로 Lee 등<sup>19)</sup>의 1.69 μg/g과 Lee 등<sup>25)</sup>의 1.56 μg/g보다도 낮았고, 색조화장용 제품의 0.26 μg/g은 Lee 등<sup>19)</sup>의 0.19 μg/g과 Choi 등<sup>20)</sup>의 0.28 μg/g과 유사하였으나 Lee 등<sup>25)</sup>의 0.40 μg/g보다는 낮았다. Choi 등<sup>20)</sup>은 색조 화장품에서의 납 오염의 원인을 안료의 첨가로 보았다. 납, 비소, 카드뮴, 안티몬, 니켈 및 수은 모두 타투화장품에서 기준 이하로 낮게 검출되었고, 이는 Choi 등<sup>20)</sup>과 Lee 등<sup>25)</sup>의 결과와 같았다.

산업통상자원부에서는 「어린이제품 공통안전기준」을 마련하여 만 13세 이하의 어린이가 사용하는 물품 또는 부속품에 대해 공통적인 안전관리 기준을 적용하고 있다. 어린이용 제품 중 유해금속에 대한 기준은 납 100 μg/g 이하와 카드뮴 75 μg/g 이하가 있다. 어린이용 타투스티커에서 납의 함량 평균값은 0.24

μg/g, 카드뮴은 불검출로 모두 기준을 초과하지 않았다. Sim 등<sup>26)</sup>의 어린이용 제품 중 페인트 코팅제품의 납 함량 평균값 6.20 μg/g과 카드뮴 함량 평균값 0.25 μg/g과 비교하면 낮은 함량 평균값이었다.

문신용 염료는 환경부의 「생활화학제품 및 살생물제의 안전에 관한 법률」에서 안전확인대상 생활화학제품으로 지정되어 관리하고 있다. 검출허용 한도 기준이 설정된 납의 함량 평균값이 1.14 μg/g으로 16개 검체 중 4개에서 기준을 초과하여 25%의 기준 초과율을 보여 Jeong 등<sup>3)</sup>의 기준 초과율 56.7%보다 낮았다. 비소, 카드뮴, 수은은 함량 평균값 2.00 μg/g, 0.01 μg/g, 불검출로 Lim과 Shin<sup>21)</sup>의 2.7 μg/g, 0.6 μg/g, 0.0027 μg/g 보다 모두 낮게 검출되었다. Kluger<sup>27)</sup>는 문신용 염료, 문

신기술 시 사용하는 바늘, 문신한 피부에서 니켈 검출 등을 근거로 문신을 니켈의 새로운 노출 원인으로 지목하였다. 본 연구의 문신용 염료에서도 니켈은 81%의 높은 기준 초과율을 보였고, 검출범위는 불검출~91.40 µg/g이었다. Kluger<sup>27)</sup>의 0.037~9.595 µg/g과 Lim과 Shin<sup>21)</sup>의 0.5~33.7 µg/g 보다 최고 함유량은 높았으나, 기준 초과율은 Lim과 Shin<sup>21)</sup>의 88%와 유사하였다.

알레르기 유발물질인 크롬은 문신용 염료 16개 제품 모두에서 검출되었고, 가장 높은 농도는 1,469.00 µg/g이나 이번 실험방법으로는 Cr(III)와 Cr(VI)을 구분할 수 없어 기준과의 비교가 어려웠다. 그러나 크롬의 최고농도가 Lim과 Shin<sup>21)</sup>에서 23.5 µg/g와 Jeong 등<sup>3)</sup>의 83.4 µg/g 보다 현저히 높게 나타났다.

구리와 아연은 우리 몸에 필요한 필수 원소이나, 다량 섭취 시 구토, 위경련, 설사 및 신장손상을 일으키며 반복적으로 장기간 피부에 접촉할 때 피부염이 발생하는 것으로 알려져 있다.<sup>15,28)</sup> 문신용 염료에서는 구리 25 µg/g, 아연 50 µg/g으로 함량 기준을 마련하고 있다. 본 연구의 구리는 최고 함유량은 198.04 µg/g이었고 16건 중 4건(25%)에서 기준을 초과하였다. 이는 한국소비자원 문신용 염료 실태조사의<sup>29)</sup> 872.00 µg/g 보다 최고 함유량은 낮았으나 기준 초과율은 24%로 유사하였다. 아연은 동일 실태조사에서 48%의 기준 초과율과 최고 함유량 1,539 µg/g을, Jeong 등<sup>3)</sup>에서는 26% 기준 초과율, 814 µg/g의 최고 함유량을 나타냈으나 본 연구에서는 136.56 µg/g의 최고 함유량과 31% 기준 초과율을 보였다. 코발트는 여러 종류의 코발트 화합물이 화장품의 원료로 사용되고 있으며, 불용성 코발트 산화물들은 모두 안전성이 인정되어 국제적으로 화장품 원료로 널리 사용되고 있으나 코발트 화합물 중 수용성 염인 cobalt chloride는 알레르기를 유발한다고 알려져 있다.<sup>28)</sup> 본 연구의 타투화장품에서는 함량 평균값 0.15 µg/g으로 Liu 등<sup>30)</sup>의 0.28 µg/g보다 낮았다. Kim 등<sup>31)</sup>에서는 화장품에서의 코발트 검출은 화장품 원료로 사용하는 불용성 코발트 산화물 등에 기인한 것으로 알레르기 유발물질인 cobalt chloride와 무관하다고 보았으며, 화장품 안전관리에서도 코발트에 대한 화장품 안전기준을 마련하고 있지 않다. 그러나 타투화장품과 통계적으로 유의한 차이를 보인 문신용 염료에선 코발트의 함량 기준을 25 µg/g으로 제한하고 있어 안전관리에 대한 차이를 나타내고 있다.

문신기술의 유해물질 노출양상의 특이성을 고려하여 문신용 염료에서 기준을 초과한 유해금속 노출평가를 ECHA (2017)<sup>23)</sup>가 제시한 문신용 염료의 노출평가와 동일한 과정으로 계산하였다. ECHA (2017)<sup>23)</sup>에서는 평균 사용량 4,308 mg, 체중 60 kg를 사용하였으나, 본 연구에서는 「생활화학제품 위해성평가의 대상 및 방법 등에 관한 규정(2021)」의 문신용 염료의 노출계수를 적용한 Cho 등<sup>32)</sup>과 같이 평균 사용량 4,000

mg, 체중 64.2 kg를 채택하였다. 1회 노출시의 전신 영향을 평가하기 위해 문신기술 횟수를 고려하지 않은 노출량을 계산하였다. 한국인의 문신 1회 노출에 의한 니켈의 최고 노출량은 5.69 µg/kg, 아연은 8.51 µg/kg, 납은 0.44 µg/kg, 구리는 8.07 µg/kg, 비소 0.44 µg/kg, 바륨은 71.36 µg/kg이었다. 니켈, 비소, 바륨은 수입제품에서 가장 높은 노출량을 보였고, 아연, 납, 구리는 국산제품에서 가장 높은 노출량을 나타내었다. Cho 등<sup>32)</sup>의 연구에서 기존의 독성시험이 표피에서 진행되어, 진피로 바로 주입하는 문신기술의 노출 특이성을 반영한 독성 연구 부재를 연구 제한성으로 제시한 것과 같이, 앞으로 유해금속에 대한 독성자료 분석 및 문신기술과 동일한 방법으로 진행된 독성자료에 관한 연구를 통해 본 연구의 노출평가를 이용한 위해성 평가가 이루어져야 할 것이다.

본 연구를 통해 시중에 타투라는 이름으로 유통되고 있는 타투제품들의 유해금속 함량에 대한 실태조사 및 안전관리 상태를 파악하였다. 피부염을 일으키거나 알레르기 유발물질인 코발트, 크롬, 바륨, 셀레늄은 타투화장품에서 일정량 검출되고 있다. 이 유해금속들은 식품의약품안전처의 「화장품 안전기준 등에 관한 규정」에서 '사용할 수 없는 원료'에 포함되어 있으나 일부 염에 대해서는 제외하고 있어 현재의 실험법으로는 안전관리의 어려움이 있다. 이들에 대한 지속적인 함량조사 및 위해성 평가를 통해 문신용 염료의 관리처럼 함량 기준 마련이 요구된다. 문신용 염료는 높은 비율로 기준을 초과하고 있어, 보다 철저한 품질관리가 필요하다. 관리기관과 기준이 서로 다른 타투제품의 안전한 시장 유통 및 관리방안 마련을 위해 더 많은 조사가 앞으로 이루어져야 할 것이다.

## V. 결 론

2022년 4월부터 8월까지 온라인에서 구매한 타투화장품 23건, 타투스티커 10건, 문신용 염료 16건에 대한 납, 비소, 카드뮴, 안티몬, 니켈, 수은, 코발트, 구리, 크롬, 셀레늄, 바륨, 아연, 주석 13종의 유해금속 함량을 비교하였다.

타투화장품의 유해금속의 함유 평균값은 바륨>아연>크롬>구리>니켈>안티몬>주석>납>비소, 코발트>셀레늄>카드뮴>수은 순으로 타투화장품 중 바륨의 함유 평균값이 가장 높았고, 타투화장품에 기준이 설정된 납, 비소, 카드뮴, 안티몬, 니켈, 수은 모두 허용기준 이하로 검출되어 기준에 적합하였다. 타투스티커의 함량 평균값은 구리>바륨>아연>코발트>주석>크롬>니켈>비소>납>안티몬>셀레늄>수은>카드뮴 순으로 13종 유해금속 중 구리의 함량 평균값이 가장 높았고, 어린이용 제품에 한정하여 기준이 설정된 납과 카드뮴에 대해 어린이용 제품과 성인용 제품 모두 기준에 적합하였다. 그러나 크롬, 코발트, 구리, 셀레늄, 바륨, 아연 주석 등 기준이 없는 유해금속이 타투화장품과 타투스티커에서 높은 검출율을 보이고 있어

관리가 필요하다. 문신용 염료에서 유해금속의 함량 평균값은 크롬>바륨>아연>구리>니켈>코발트>주석>비소>납>안티몬>카드뮴, 셀레늄>수은 순으로 문신용 염료 중 크롬의 함량 평균값이 가장 높았고, 검출허용 한도기준으로 관리되는 납, 비소, 니켈과 함량기준으로 관리하는 구리, 바륨, 아연이 기준을 초과하였다.

문신용 염료의 납, 비소, 니켈, 아연 함량 평균값이 타투화장품과 타투스티커의 함량 평균값보다 높았고, 타투화장품의 코발트와 구리 함량 평균값이 타투스티커와 문신용 염료의 함량 평균값보다 낮았다.

기준을 초과한 문신용 염료의 1회 문신시술 시 인체에 노출되는 유해금속의 노출량 산출 결과 니켈은 수입제품에서 5.69 µg/kg, 아연은 국산제품에서 8.51 µg/kg, 납은 국산제품에서 0.44 µg/kg, 구리는 국산제품에서 8.07 µg/kg, 비소와 바륨은 동일 수입 제품에서 0.44 µg/kg과 71.36 µg/kg이었다.

타투화장품의 기준 이외의 유해금속인 코발트, 크롬, 바륨, 셀레늄은 현재의 안전관리 기준에서는 관리의 어려움이 있어, 문신용 염료의 함량 기준과 같은 기준이 마련이 필요하고, 문신용 염료는 철저한 품질관리가 요구된다.

이번 연구에서 수집한 타투제품이 통계적으로 충분한 표본 수를 확보하지 못하고 그 수가 고르지 못하였으며, 온라인 유통 제품에 한정하여 연구가 진행된 제한점이 있으나, 타투제품의 안전관리 실태 및 유해금속 함량에 대한 비교 연구가 타투제품의 유해성 연구 및 관리방안 마련을 위한 기초자료가 될 것이다.

## Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

## References

- Glietsch F. The Korean tattoo culture: an historical overview on the development and shift of perception on tattoos in Korean Society [dissertation]. [Stockholm]: Stockholm University; 2020.
- Kim DJ, Chio EJ, Kwon J, Sim JM, Kim BE. Safety investigation of tattoo procedures and the preparation of safety management plan. Sejong: Korea Institute for Health and Social Affairs; 2019 Mon. Report No.: 2019-122.
- Jeong MR, Lee HS, Lee JY, Lee SH. Analysis of heavy metals in dyes and pigments used in make up tattoo. *J Korea Converg Soc*. 2018; 9(4): 321-329.
- Korea Consumer Agency. Safety investigation of tattoo cosmetics and tattoo stickers. Available: <https://www.ciiss.go.kr/www/select-BbsNttView.do?bbsNo=84&nttNo=16673&key=187> [accessed 7 May 2022].
- Sergeant A, Conaglen P, Laurenson IF, Claxton P, Mathers ME, Kavanagh GM, et al. Mycobacterium chelonae infection: a complication of tattooing. *Clin Exp Dermatol*. 2013; 38(2): 140-142.
- Garg G, Thami GP. Micropigmentation: tattooing for medical purposes. *Dermatol Surg*. 2005; 31(8 Pt 1): 928-931; discussion 931.
- Ministry of Food and Drug Safety. Regulation on cosmetic standards and test methods. Available: [https://mfds.go.kr/brd/m\\_207/view.do?seq=2520&srchFr=&srchTo=&srchWord=&srchTp=&itm\\_seq\\_1=0&itm\\_seq\\_2=0&multi\\_itm\\_seq=0&company\\_cd=&company\\_nm=&page=156](https://mfds.go.kr/brd/m_207/view.do?seq=2520&srchFr=&srchTo=&srchWord=&srchTp=&itm_seq_1=0&itm_seq_2=0&multi_itm_seq=0&company_cd=&company_nm=&page=156) [accessed 23 May 2022].
- Ministry of Trade, Industry and Energy. Special act on the safety of children's products. Available: [http://www.motie.go.kr/motie/ms/nt/gosi/bbs/bbsView.do?bbs\\_cd\\_n=5&bbs\\_seq\\_n=64039](http://www.motie.go.kr/motie/ms/nt/gosi/bbs/bbsView.do?bbs_cd_n=5&bbs_seq_n=64039) [accessed 2 June 2022].
- National Institute of Environmental Research. Regulation for the designation of consumer chemical products subjected to safety check and the safety. Available: [https://www.law.go.kr/%ED%96%89%EC%A0%95%EA%B7%9C%EC%B9%99/%EC%95%88%EC%A0%84%ED%99%95%EC%9D%B8%EB%8C%80%EC%83%81%EC%83%9D%ED%99%9C%ED%99%94%ED%95%99%EC%A0%9C%ED%92%88%EC%8A%B9%EC%9D%B8%EB%93%B1%EC%97%90%EA%B4%80%ED%95%9C%EA%B7%9C%EC%A0%95/\(2021-2,20210107\)](https://www.law.go.kr/%ED%96%89%EC%A0%95%EA%B7%9C%EC%B9%99/%EC%95%88%EC%A0%84%ED%99%95%EC%9D%B8%EB%8C%80%EC%83%81%EC%83%9D%ED%99%9C%ED%99%94%ED%95%99%EC%A0%9C%ED%92%88%EC%8A%B9%EC%9D%B8%EB%93%B1%EC%97%90%EA%B4%80%ED%95%9C%EA%B7%9C%EC%A0%95/(2021-2,20210107)) [accessed 25 May 2022].
- Chung MJ, Shin JH, Lee SJ, Hong SK, Kang HJ, Sung NJ. Chemical components of wild and cultivated horned rampion, *Phyteuma japonicum* Miq. *Korean J Food Nutr*. 1998; 11(4): 437-443.
- National Institute of Food and Drug Safety Evaluation. Tox-Info. Available: <http://nifds.go.kr/toxinf> [accessed 5 June 2022].
- Järup L. Hazards of heavy metal contamination. *Br Med Bull*. 2003; 68: 167-182.
- Reilly C. Metal contamination of food: its significance for food quality and human health. 3rd ed. Oxford: Blackwell Science; 2002.
- Ahlström MG, Thyssen JP, Menné T, Johansen JD. Prevalence of nickel allergy in Europe following the EU Nickel Directive - a review. *Contact Dermatitis*. 2017; 77(4): 193-200.
- Jeung JY, Kim JM, Kim DH. A study on concentration of the airborne copper and biological exposure index in the workplaces manipulating the copper. *J Korean Soc Occup Environ Hyg*. 1993; 3(1): 78-90.
- Yoon BY, Moon DH, Park MH, Hwang YS, Ham SA, Son BC, et al. A study on heavy metal concentration in permanent agents. *Inje Med J*. 2002; 23(5): 615-625.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for barium and barium compounds. Available: <https://books.google.co.kr/books?id=-s6UHUTU87UC&printsec=frontcover&hl=ko#v=onepage&q&f=false> [accessed 2 April 2022].
- Braun JM, Sathyanarayana S, Hauser R. Phthalate exposure and children's health. *Curr Opin Pediatr*. 2013; 25(2): 247-254.
- Lee JH, Kim JY, Park SG, Lee JH, Yoon JH, Kim GT, et al. Comparative study of hazardous heavy metal contents by cosmetic type. *J Environ Health Sci*. 2019; 45(2): 154-163.
- Choi CM, Kim SU, Park AS, Kim JY, Kim YH, Lee MS, et al. A study on hazardous heavy metal contents of lip cosmetics. *J Soc Cosmet Sci Korea*. 2022; 48(2): 147-155.

21. Lim HH, Shin HS. Identification and quantification of phthalates, PAHs, amines, phenols, and metals in tattoo. *Bull Korean Chem Soc.* 2015; 36(8): 2039-2050.
22. National Institute of Environmental Research. Regulations on the subject and method of risk assessment of living chemical products. Available: [https://chem.safety.or.kr/bbs/board.php?bo\\_table=data&wr\\_id=96](https://chem.safety.or.kr/bbs/board.php?bo_table=data&wr_id=96) [accessed 4 August 2022].
23. European Chemicals Agency. Annex XV restriction report: proposal for a restriction. Substances in tattoo inks and permanent make up. Available: <https://echa.europa.eu/documents/10162/6f739150-39db-7e2c-d07d-caf8fb81d153> [accessed 28 July 2022].
24. International Council for Harmonisation of Technical Requirements for Pharmaceuticals for Human Use (ICH). ICH harmonised tripartite guideline: validation of analytical procedures: text and methodology Q2(R1). Available: <https://database.ich.org/sites/default/files/Q2%28R1%29%20Guideline.pdf> [accessed 1 August 2022].
25. Lee H, Yoo YJ, Park MH, Kim JH, Lee YH, Moon CS, et al. A study on heavy metal concentration of cosmetics on the market. *Korean J Prev Med.* 1998; 31(4): 666-679.
26. Sim KT, Noh S, Song KB, Kim IG, Seok KS, Kim DH. Oral exposure to heavy metals in children's products and risk assessment of ingestion. *J Korean Soc Environ Anal.* 2017; 20(2): 68-80.
27. Kluger N. Nickel and tattoos: where are we? *Contact Dermatitis.* 2021; 85(2): 136-140.
28. Choi CM, Hwang YH, Park AS, Jung SJ, Kim HJ, Kim JH. A study on heavy metal concentrations of color cosmetics in Korea market. *J Soc Cosmet Sci Korea.* 2014; 40(3): 269-278.
29. Baek MK; Korea Consumer Agency. Safety investigation of tattoo ink - focus on semi-permanent cosmetics. Available: <https://www.kca.go.kr/smartconsumer/sub.do?menukey=7301&mode=view&no=1001945133> [accessed 8 May 2022].
30. Liu S, Hammond SK, Rojas-Cheatham A. Concentrations and potential health risks of metals in lip products. *Environ Health Perspect.* 2013; 121(6): 705-710.
31. Kim YS, Jeong HJ, and Chang IS. Heavy metals and cosmetics. *J Soc Cosmet Sci Korea.* 2002; 28(1): 15-30.
32. Cho SR, Kim KH, Choi JW. Health risk assessment of toxic chemicals (phenol) in tattoo inks. *J Environ Health Sci.* 2019; 45(1): 9-17.

#### 〈저자정보〉

김미선(연구사), 김수연(연구사), 정삼주(연구사),  
 김영은(연구사), 김민정(연구사), 이명숙(연구관),  
 황인숙(연구관)