

Copper, Zinc, and Aluminium Level in Scalp Hair Samples of Daegu and Kyungbuk Residents

Minjeong Kim and Kisok Kim[†]

Department of Public Health, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea

Although copper and zinc are essential metals for human health, excessive level of these metals is toxic. Besides, aluminum is known to induce various adverse health effects including neurological disorders. Therefore, monitoring the human body burden of these metals is important in preventing adverse health effects. In this study, we assessed the exposure to copper, zinc, and aluminum among an adult population residing in Daegu and Kyungbuk areas. Based on data from 171 participants, we found that the geometric mean copper, zinc, and aluminum concentrations in hair were 15.1 µg/g [95% confidence interval (CI): 13.1~17.5], 76.9 (95% CI: 70.4~84.1), and 1.11 µg/g (95% CI: 0.81~1.51), respectively. The copper concentrations in hair were significantly related to age, education, and residence area. In addition, zinc concentrations in hair were significantly related to age, whereas higher hair aluminum concentrations were related to alcohol drinking. Correlations between copper and zinc in hair had a significant positive correlation. Our findings suggest that the body burden of copper, zinc, and aluminum varies according to demographic factors, and hair could be used as a valuable biological medium for metal exposure.

Key Words: Copper, Zinc, Aluminum, Hair, Body burden

서 론

환경 오염의 증가와 더불어 인간이 금속에 노출될 가능성이 높아지고 있어 이러한 금속의 노출에 의한 건강상의 문제가 보건학적 주요 관심사 중의 하나로 부각되고 있다. 금속은 생물체의 정상적인 생리기능을 유지하기 위해 필수적인 필수금속과 생체에 비필수적이며 유해한 영향을 미치는 금속인 유해금속으로 나눌 수 있다. 필수금속은 생체의 기능유지에 필수적이지만 부족하거나 과잉 섭취하면 독성을 일으킬 수 있다. 반면, 유해금속은 식품, 수질, 대기 오염 등 다양한 경로로 인간에게 노출될 수 있으며 저농도라고 할 지라도 지속적으로 노출되면 생체내 축적을 통해 건강장애를 초래할 수 있다 (Mortada et al., 2002).

필수금속 중 하나인 구리 (Cu)는 자연수에 4~10 µg/l 농도로 존재하고, 생체 내 구리 농도는 식이에 많은 영향을 받는다 (Sandstend, 1995). 체내 구리의 흡수는 음식의

구성요소와 화학적 특성을 포함한 여러 요인에 영향을 받으며 소장으로부터 흡수된 구리는 혈액 내 알부민, 트랜스쿠프레인 (transcuprein)과 결합하여 체내 각 조직으로 이동된다 (Tumlund et al., 1998). 구리의 유해성에 관한 연구에서 직업적, 환경적 혹은 사고에 의한 과량 혹은 만성적 구리 노출이 세포에서 산화성 손상을 야기한다고 보고되었다 (Sandstend, 1995). 또한 과일과 야채를 통한 많은 구리 노출이 위장관 암의 발생을 증가시킨다고 밝혀졌다 (Sharma et al., 2008).

아연 (Zn)은 구리와 유사하게 대부분 식품을 통해 섭취되며 우리나라 국민의 아연 섭취는 45%가 곡류로부터 섭취된다고 보고되었다 (Choi et al., 2005). 과량의 아연 섭취는 장, 간장, 신장에서 구리 흡수를 방해하여 아연을 과다하게 섭취하면 조직 내 구리 결핍을 유발한다 (Gaetke and Chow, 2003). 따라서, 구리의 배설기능이 손상되어 혈중에 구리가 축적되는 월슨병 환자에게 고농도의 아연을 투여하면 구리 농도가 감소한다고 보고되었다 (Brewer et al., 2001).

유해금속 중 하나인 알루미늄 (Al)의 노출은 주로 토양 오염 같은 환경요인에 의해 야기되며 인간에게 응용수, 조리기구, 음식, 차와 같은 음료를 통해 노출된다 (Gupta et al., 2005; Verstraeten et al., 2008). 알루미늄 흡수의

*접수일: 2010년 12월 10일 / 수정일: 2010년 12월 22일

채택일: 2010년 12월 24일

[†]교신저자: 김기석, (우) 704-701 대구광역시 달서구 신당동 1000, 계명대학교 공중보건학과

Tel: 053-580-5932, e-mail: kimkisok@kmu.ac.kr

주요 경로는 위장, 피부, 구강 상피 (oral epithelia)를 통해서 이루어지고 일부는 코 속 상피에서 축삭 수송을 통하여 뇌에 흡수, 분포될 수 있다. 흡수된 알루미늄은 트랜스페린과 구연산에 주로 결합되어 이동되어 모발 등에 축적된다. 알루미늄의 독성은 영아와 신장기능 이상 환자에게서 신경독성을 일으킬 수 있다 (Verstraeten et al., 2008). 또한 알츠하이머병이나 파킨슨병 환자의 뇌에서 알루미늄이 비정상적으로 증가됨이 발견되어 알루미늄이 이러한 질환의 발생에 연관되어 있을 것으로 생각되고 있다 (Meyer-Baron et al., 2007; Zhang et al., 2000).

구리, 아연, 알루미늄 같은 미량금속의 인체 내 노출 경로는 매우 다양하고 개인마다 흡수 및 대사 등의 차이로 인해 적절한 생체 시료를 이용하여 정확한 노출 정도를 평가할 필요가 있다. 미량금속을 측정할 수 있는 생체 시료로써 모발, 손톱, 혈액, 침, 소변, 땀, 치아 등이 연구되었다 (Barbosa et al., 2005; Nowak and Chmielnicka, 2000). 이 중 혈액과 소변은 최근의 노출량 정보를 제공함에 반하여 모발은 체내 신진대사 활동으로부터 분리되어 장기간 노출의 회고지수 (retrospective index)를 제공한다 (Barbosa et al., 2005; Batista et al., 2008; Chojnacka et al., 2006; Sreenivasa et al., 2002). 또한 모발은 80~90%가 케라틴 (keratin) 단백질로 구성되어 있어 금속과 쉽게 결합하는 산성기로 인해 쉽게 금속이온을 흡수한다. 따라서, 모발은 구리, 아연, 알루미늄을 포함하여 많은 금속에 대한 노출량을 반영시키는 생체 시료로 유용하게 사용될 수 있다 (Nowak and Chmielnicka, 2000).

우리나라에서 지역주민에 대한 모발 내 미량금속 분포를 분석한 연구가 일부 보고되었으나 혼란변수에 의한 영향을 통제한 연구는 부족하다. 따라서, 본 연구에서는 대구와 경북 지역에 거주하는 주민을 대상으로 인구학적 특성별로 구리, 아연, 알루미늄의 분포량을 조사하고 이와 아울러 금속 분석결과에 영향을 미칠 수 있는 변수를 통제하여 대상자의 모발 내 금속량을 비교하고자 한다. 또한 모발 내 각 금속의 농도 간 상관관계를 규명하여 대구, 경북 지역 주민의 모발 내 금속의 분포와 그 분포에 영향을 미치는 인구학적 변수를 규명하고자 한다.

재료 및 방법

연구대상

대구, 경북 지역 중 2개 지역을 임의 추출하여 표본 집단을 설정하였다. 대구에서는 북구와 동구에서 각 1개 표

본 지역구와 경북에서는 김천과 상주에서 각 1개 표본 지역구를 선정하여 각 지역구에 거주하는 20세 이상 성인을 대상으로 총 171명의 연구대상자가 선정되었다. 조사기간은 2008년 7월 8일에서 7월 29일까지이며 모든 연구대상자는 실험참여 동의서를 작성, 제출하였다.

면접조사 및 모발 채취

연구에 참여한 지역주민들은 성별, 나이, 교육수준, 음주 및 흡연 상태, 식이 습관, 차/커피 소비, 주거 지역 등의 인구학적 특성에 관한 설문을 작성하였다. 모발은 알코올로 소독된 스테인리스 가위로 후두부에서 4~5 cm 가량의 모발을 45~50 mg 이상으로 채취하였으며 긴 머리의 경우 모근 쪽에서 가까운 부분을 사용하였다. 채취된 모발은 10% 염산과 3차 증류수로 세척한 vial에 넣어 즉시 라벨링된 후 저장되었다.

금속함량 분석

모발의 내생원소 외에 땀, 대기분진 등의 오염성분을 제거하기 위해 IAEA 방법 및 선행논문을 참고하여 아세트/초순수/초순수 순서로 각각 5분씩 세척하였다 (Gentili et al., 2004; Lorenzo Alonso et al., 2005; Mandal et al., 2003). 모발 시료는 vial에서 옮겨지는 과정 없이 바로 교반기 (orbital shaker, SH30, Finpco, Korea)를 이용하여 세척된 후 건조기에서 75°C 약 24시간 건조하였다. 시료의 분해는 질산으로 세척한 테프론 용기에 시료를 담고 질산과 과산화수소를 2:1로 넣은 후 microwave acid digestion system (MARS 5, CEM, USA) 안에서 산 분해하였다 (Forte et al., 2005; Martinez et al., 2005; Rodushkin and Axelsson, 2000; Sekhar et al., 2002). 전처리를 마친 시료는 깨끗이 세척된 메스실린더에 옮겨져 분석이 가능한 농도로 희석한 후 inductively coupled plasma-mass spectrometer (ICP-MS, ELAN 9000, Perkin Elmer, USA)로 구리, 아연, 알루미늄을

Table 1. ICP-MS operating conditions

Description	Current value	Step value	Setting time (sec)
Nebulizer gas flow	0.9	0.01	10
Lens voltage	5.75	0.25	0
ICP RF power	1300	25	15
Analog stage voltage	-2120	-100	2
Pulse stage voltage	1100	50	2
Discriminator threshold	55	5	2
AC rod offset	-2.5	0.5	0

정량하였다. ICP-MS 분석 조건은 Table 1과 같다.

정도관리

기계적 편차, 간섭물질의 영향 등을 보정하기 위해 내부표준물질 Rh을 사용하여 내부정도관리를 수행하였다. 또한 ICP-MS 분석의 정확성은 표준참고물질 (CRM)인 GBW07601에 의해 적합여부가 확인되었으며 표준참고물질 결과는 제시된 값과 좋은 일치를 보였다. 그리고 외부정도관리를 위하여 매년 상반기, 하반기로 나누어 국립환경과학원과 식품의약품안전청에서 실시하는 정도관리에 참여하여 정확성을 확인하였다. 분석장비에 대해서는 매년 2~3달에 한번 씩 기기 유지 및 보수 확인을 정

기적으로 시행하였으며 담당 전문가가 확인하였다.

통계분석

결과의 분석에는 SAS (V 9.1) 통계프로그램을 이용하였으며 각 독립변수 별로 금속의 기하평균 (geometric mean)과 95% 신뢰구간을 구하였고 기하평균의 평균차이를 비교하기 위해 F-test 방법으로 분석을 하였다. 공변량 (covariate)의 영향을 제거하기 위하여, 인구학적 특성별로 log를 취한 금속의 양과 인구학적 변수에 대한 다중회귀분석의 계수 (coefficient)를 참조치 (reference)에 대한 보정비례변화율 (adjusted proportional change)로 하였고 이에 대한 95% 신뢰구간을 구하였다. 또한 모발

Table 2. Hair copper concentrations in adults by demographic characteristics

Variable	No.	Geometric mean [$\mu\text{g/g}$ (95% CI)]	Adjusted proportional change [$\mu\text{g/g}$ (95% CI)] ^a	P-value ^b
Total	171	15.1 (13.1~17.5)	-	
Sex				0.262
Male	37	11.7 (8.8~15.5)	1.00 (reference)	
Female	134	16.2 (13.7~19.2)	1.26 (0.84~1.88)	
Age (years)				<0.001
20~49	36	33.8 (20.8~54.9)	2.02 (1.32~3.10)	
50~69	63	13.1 (11.3~15.3)	0.73 (0.57~0.95)	
≥ 70	72	11.4 (9.7~13.4)	1.00 (reference)	
BMI				0.718
<23	84	15.6 (12.5~19.4)	0.96 (0.78~1.18)	
≥ 23	87	14.7 (12.1~17.9)	1.00 (reference)	
Education				0.024
< middle school	120	17.0 (14.0~20.5)	1.39 (1.04~1.84)	
\geq middle school	51	11.5 (9.7~13.8)	1.00 (reference)	
Cigarette smoking status				0.047
Yes	59	16.8 (13.0~21.7)	1.26 (1.00~1.58)	
No	112	14.3 (12.0~17.1)	1.00 (reference)	
Alcohol drinking status				0.571
Yes	56	15.5 (11.8~20.5)	0.94 (0.76~1.17)	
No	115	14.9 (12.6~17.7)	1.00 (reference)	
Dietary patterns				0.070
Vegetables	101	14.1 (11.9~16.7)	0.82 (0.67~1.02)	
Others	70	16.7 (12.8~21.6)	1.00 (reference)	
Tea/Coffee consumption				0.981
Yes	109	15.2 (12.6~18.4)	1.00 (0.79~1.25)	
No	62	14.9 (11.9~18.6)	1.00 (reference)	
Residence				<0.001
Daegu	105	10.0 (9.2~11.0)	0.39 (0.31~0.49)	
Kyungbuk	66	29.0 (21.7~38.7)	1.00 (reference)	

^aThe exponentiated β -coefficient from a log-linear multiple regression that includes all covariates in the table with hair perm and hair dyeing. ^bP-Values from F-test for difference in geometric mean concentrations between groups.

모발에서 유해금속 간 상관관계를 비교하기 위해 회귀 분석 (regression analysis)을 통하여 회귀직선과 그에 대한 95% 신뢰구간을 구하였다.

결과 및 고찰

인구학적 특성에 따른 성인의 모발 내 구리 농도

대상 인구 집단 내 성인의 모발 내 구리의 농도를 성, 연령, 체질량 지수, 교육수준, 흡연 상태, 음주 상태, 식이 유형, 차/커피의 소비, 거주 지역 별로 분석한 결과는 Table 2와 같다. 전체 연구대상자의 모발 내 구리의 기하평균 (95% 신뢰구간)은 15.1 (13.1~17.5) $\mu\text{g/g}$ 이었다. 인구

학적 특성 별 모발 내 구리 농도는 연령, 교육수준, 거주 지역 별 집단간 유의한 차이가 나타났고 ($P < 0.05$), 그 외의 변수는 통계적으로 유의하지 않았다. 연령에서는 20~49세, 50~69세, 70세 이상 연령층의 모발 내 구리 기하평균 [$\mu\text{g/g}$ (95% 신뢰구간)]이 각각 33.8 (20.8~54.9), 13.1 (11.3~15.3), 11.4 (9.7~13.4)로 젊은 연령층일수록 통계적으로 유의하게 구리 농도가 높았다. 인구학적 변수와 피부 및 염색의 영향을 보정한 보정비례변화율 [$\mu\text{g/g}$ (95% 신뢰구간)] 또한 70세 이상 집단에 비해 20~49세 연령 집단이 모발 내 구리 농도가 2.02 (1.32~3.10)배 더 높았다. 그리고 교육수준에 따른 모발 내 구리 농도 분포에서 중학교 이하와 중학교 이상 집단의 기하평균은 각각

Table 3. Hair zinc concentrations in adults by demographic characteristics

Variable	No.	Geometric mean [$\mu\text{g/g}$ (95% CI)]	Adjusted proportional change [$\mu\text{g/g}$ (95% CI)] ^a	P-value ^b
Total	171	76.9 (70.4~84.1)	-	
Sex				0.573
Male	37	75.5 (67.0~85.0)	1.00 (reference)	
Female	134	77.3 (69.3~86.2)	1.08 (0.83~1.38)	
Age (years)				0.003
20~49	36	115.9 (94.9~141.5)	1.69 (1.25~2.28)	
50~69	63	77.2 (67.3~88.5)	1.16 (0.90~1.50)	
≥ 70	72	62.5 (55.2~70.7)	1.00 (reference)	
BMI				0.309
< 23	84	76.6 (66.7~88.0)	0.91 (0.77~1.09)	
≥ 23	87	77.2 (68.8~86.7)	1.00 (reference)	
Education				0.325
$<$ middle school	120	84.5 (75.8~94.3)	1.12 (0.89~1.41)	
\geq middle school	51	61.7 (53.6~71.0)	1.00 (reference)	
Cigarette smoking status				0.771
Yes	59	82.8 (69.8~98.2)	1.03 (0.85~1.25)	
No	112	74.0 (66.8~82.1)	1.00 (reference)	
Alcohol drinking status				0.224
Yes	56	76.4 (66.7~87.4)	0.91 (0.78~1.06)	
No	115	77.2 (68.7~86.7)	1.00 (reference)	
Dietary patterns				0.708
Vegetables	101	76.9 (69.3~85.4)	0.97 (0.82~1.15)	
Others	70	76.9 (65.5~90.3)	1.00 (reference)	
Tea/Coffee consumption				0.456
Yes	109	79.8 (70.8~90.1)	1.07 (0.90~1.27)	
No	62	72.1 (63.5~81.9)	1.00 (reference)	
Residence				0.267
Daegu	105	71.7 (64.4~79.8)	0.90 (0.75~1.08)	
Kyungbuk	66	85.9 (73.6~100.3)	1.00 (reference)	

^aThe exponentiated β -coefficient from a log-linear multiple regression that includes all covariates in the table with hair perm and hair dyeing. ^bP-Values from F-test for difference in geometric mean concentrations between groups.

17.0 (14.0~20.5)와 11.5 (9.7~13.8)로 교육수준이 낮은 집단이 통계학적으로 유의하게 모발 내 구리 농도가 높았다. 보정비례변화율 또한 중학교 이하의 교육수준 집단이 중학교 이상 수준 집단에 비해 1.39 (1.04~1.84)배 더 높았다. 한편, 거주 지역 간 차이는 대구와 경북의 기하 평균이 각각 10.0 (9.2~11.0)와 29.0 (21.7~38.7)이었으며, 보정비례변화율 또한 경북에 비해 대구 거주 집단의 구리 농도가 0.39 (0.31~0.49)배 더 낮았다.

본 연구에서 나타난 평균 모발 내 구리의 농도는 Chojnacka 등 (2005)이 제시한 사람의 모발 내 일반적인 구리 농도 범위인 13~35 $\mu\text{g/g}$ 과 일치하였으며 Rodushkin 과 Axelsson (2000)이 114명을 대상으로 조사한 모발 시

료 내 구리 농도 범위인 8.5~96 $\mu\text{g/g}$ 에 포함되었다. 연령이 젊을수록 모발 내 구리 농도가 증가하는 본 연구의 결과는 청장년층의 성장 및 높은 에너지와 영양 섭취에 의한 것으로 사료된다. 그러나 Sreenivasa 등 (2002)의 보고에서는 인도거주자의 모발 내 구리 농도가 연령 증가와 더불어 증가하였고 Takeuchi 등 (1982)이 일본인을 대상으로 조사한 연구에서도 연령의 증가에 따라 구리의 양이 증가하는 것을 보고하였다. 이러한 차이는 식이, 환경, 인종/민족의 차이에서 기인한 것으로 생각된다. 또한 이와 아울러 구리 분석결과에 혼란변수로 작용할 수 있는 피머나 염색과 같은 변수의 영향을 통제하지 않은 것도 영향을 미칠 수 있을 것으로 사료된다.

Table 4. Hair aluminum concentrations in adults by demographic characteristics

Variable	No.	Geometric mean [$\mu\text{g/g}$ (95% CI)]	Adjusted proportional change [$\mu\text{g/g}$ (95% CI)] ^a	P-value ^b
Total	171	19.0 (16.9~21.3)	-	
Sex				0.756
Male	37	21.2 (15.6~28.9)	1.00 (reference)	
Female	134	18.4 (16.3~20.9)	1.08 (0.67~1.74)	
Age (years)				0.547
20~49	36	18.1 (13.6~24.1)	0.79 (0.52~1.21)	
50~69	63	18.9 (15.9~22.4)	0.90 (0.66~1.23)	
≥ 70	72	19.6 (16.1~23.8)	1.00 (reference)	
BMI				0.290
<23	84	20.2 (17.0~24.1)	1.14 (0.89~1.45)	
≥ 23	87	17.9 (15.2~20.9)	1.00 (reference)	
Education				0.360
< middle school	120	18.1 (15.6~21.1)	0.87 (0.65~1.17)	
\geq middle school	51	21.1 (17.7~25.1)	1.00 (reference)	
Cigarette smoking status				0.778
Yes	59	19.6 (16.2~23.7)	1.04 (0.81~1.32)	
No	112	18.7 (16.1~21.7)	1.00 (reference)	
Alcohol drinking status				0.012
Yes	56	23.3 (18.7~28.9)	1.38 (1.08~1.76)	
No	115	17.2 (15.0~19.8)	1.00 (reference)	
Dietary patterns				0.663
Vegetables	101	18.6 (16.0~21.7)	0.95 (0.75~1.20)	
Others	70	19.5 (16.1~23.6)	1.00 (reference)	
Tea/Coffee consumption				0.088
Yes	109	17.9 (15.4~20.8)	0.82 (0.66~1.03)	
No	62	21.1 (17.5~25.4)	1.00 (reference)	
Residence				0.277
Daegu	105	18.0 (15.7~20.7)	0.85 (0.64~1.14)	
Kyungbuk	66	20.6 (16.6~25.6)	1.00 (reference)	

^aThe exponentiated β -coefficient from a log-linear multiple regression that includes all covariates in the table with hair perm and hair dyeing. ^bP-values from F-test for difference in geometric mean concentrations between groups.

인구학적 특성에 따른 성인의 모발 내 아연 농도

대상 인구 집단 내 성인의 모발 내 인구학적 특성별 구리의 농도를 분석한 결과는 Table 3과 같다. 모발 내 아연의 기하평균 (95% 신뢰구간)은 76.9 (70.4~84.1) $\mu\text{g/g}$ 이며 연령별로는 20~49세, 50~69세, 70세 이상 연령 집단의 모발 내 아연 기하평균 [$\mu\text{g/g}$ (95% 신뢰구간)]이 각각 115.9 (94.9~141.5), 77.2 (67.3~88.5), 62.5 (55.2~70.7)로 젊은 연령층일수록 통계학적으로 유의하게 아연의 농도가 높았다. 공변량을 보정한 보정비례변화율 [$\mu\text{g/g}$ (95% 신뢰구간)] 또한 70세 이상에 비해 20~49세 연령 집단이 모발 내 아연 농도가 1.69 (1.25~2.28)배 더 높았다. 그리고 교육수준에 따른 모발 내 아연 농도는 중학교 이하와 중학교 이상 집단의 기하평균은 각각 84.5 (75.8~94.3)와 61.7 (53.6~71.0)으로 중학교 이하의 교육수준 집단이 중학교 이상의 교육수준 집단보다 유의하게 모발 내 아연 농도가 높았다. 보정비례변화율은 중학교 이하의 교육수준이 중학교 이상 수준에 비해 1.12 (0.89~1.41)배 더 높았지만 통계학적으로 유의하지는 않았다. 반면, 성, 체질량 지수, 음주, 흡연, 식이, 커피/차 소비, 거주 지역 등의 변수에 따라서는 모발 내 아연의 농도가 통계적으로 유의하게 영향을 받지 않았다.

본 연구에서 나타난 모발 내 아연의 농도는 Rodushkin과 Axelsson (2000)이 114명을 대상으로 조사한 결과의 범위인 68~198 $\mu\text{g/g}$ 에 포함되지만 Chojnacka 등 (2005)의 연구에서 보고된 범위인 125~165 $\mu\text{g/g}$ 보다 약간 낮았다. 연령이 젊을수록 모발 내 아연 농도가 증가하는 본 연구결과는 Chojnacka 등 (2006)이 보고한 내용과 일치했으며 이러한 결과는 구리와 유사하게 청장년층의 높은 에너지와 영양 섭취에 의한 것으로 사료된다. 그러나 Sreenivasa 등 (2002)의 보고에서 인도주민의 모발 내 아연 농도가 나이와 더불어 증가하였다는 결과가 있어 인종/민족 간의 차이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

인구학적 특성에 따른 성인의 모발 내 알루미늄 농도

대상 인구 집단의 모발 내 알루미늄 농도를 성, 연령, 체질량 지수, 교육수준, 흡연 상태, 음주 상태, 차/커피의 소비, 거주 지역 별로 분석하였다. Table 4에 요약되어 있는 것과 같이 연구대상자 171명의 기하평균 (95% 신뢰구간)은 19.0 (16.9~21.3)였다. 모발 내 알루미늄 농도는 음주 습관에 따라 유의한 차이를 나타냈고 ($P < 0.05$), 음

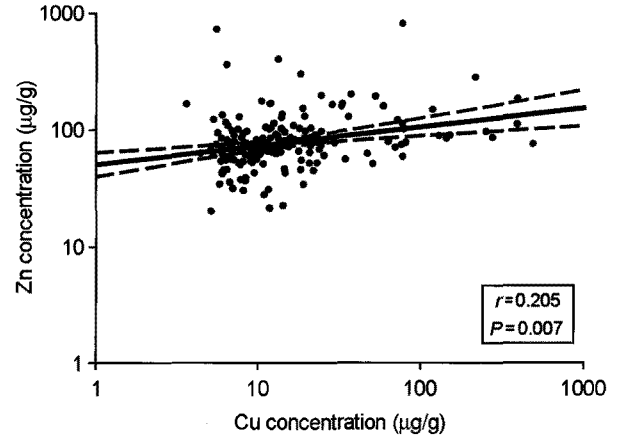


Fig. 1. Correlations between concentrations of copper (Cu) and zinc (Zn) concentrations in hair (n=171). Dotted lines denote 95% confidence intervals for regression line.

주 습관을 제외한 나머지 변수에서는 통계적으로 유의하지 않았다. 평소 음주를 하는 사람과 음주를 하지 않는 사람의 기하평균 (95% 신뢰구간)이 각각 23.3 (18.7~28.9) $\mu\text{g/g}$, 17.2 (15.0~19.8) $\mu\text{g/g}$ 으로 음주자가 비음주자에 비해 모발 내 알루미늄 농도가 높았으며 특히, 피며 및 염색을 포함한 다른 변수의 영향을 보정한 보정비례변화율은 음주자가 비음주자에 비해 1.38 (1.08~1.76)으로 통계적으로 유의하였다.

Rodushkin과 Axelsson (2000)이 114명을 대상으로 조사한 결과에서 모발 내 알루미늄 범위가 2.7~25.6 $\mu\text{g/g}$ 로 나타나 본 연구결과와 일치하였으나 Chojnacka 등 (2005)의 조사 결과에서 나타난 12 $\mu\text{g/g}$ 이하 보다는 본 연구결과가 약간 높았다. 알루미늄의 모발 내 침착이 음주와 동반되어 증가된다는 본 연구의 결과는 알루미늄이 알츠하이머병과 유사한 신경질환의 원인물질로 밝혀지고 있어 음주에 수반된 알루미늄의 노출을 감소할 수 있는 대책이 마련되어야 할 것으로 사료된다.

모발 내 금속 분포량의 상관관계

모발 내 구리, 아연, 알루미늄의 분포량 간 상관관계를 분석한 결과, 구리와 아연 간의 상관관계가 가장 높게 나타났다 ($r=0.205$, $P=0.007$, Fig. 1). 따라서 필수금속인 구리와 아연은 유해금속 중의 하나인 알루미늄과는 서로 다른 생체 내 동태를 보일 것으로 생각되며 필수금속인 구리와 아연은 비교적 유사한 모발 내 침착 양상을 보이는 것으로 사료된다.

결 론

본 연구는 대구와 경북 지역에 거주하는 지역주민 171명을 대상으로 모발 내 구리, 아연, 알루미늄의 분포양상을 인구학적 변수에 따라 분석하였다. 그 결과 모발 내 구리의 분포에 영향을 미치는 인구학적 변수는 연령, 교육수준, 거주 지역이었으며 아연의 분포와 관련된 인구학적 변수는 연령, 그리고 알루미늄의 모발 내 침착에는 음주가 가장 중요한 변수로 나타났다. 또한 모발 내 구리, 아연, 알루미늄의 분포량에 대한 상관관계는 구리와 아연이 가장 높게 나타났다.

Acknowledgement

본 연구는 2010년 대구경북연구원의 지원을 받아 수행되었음.

REFERENCES

- Barbosa FJ, Tanus-Santos JE, Gerlach RF, Parsons PJ. A critical review of biomarkers used for monitoring human exposure to lead: advantages, limitations, and future needs. *Environ Health Perspect*. 2005. 113: 1669-1674.
- Batista BL, Rodrigues JL, Nunes JA, Tormen L, Curtius AJ, Barbosa FJr. Simultaneous determination of Cd, Cu, Mn, Ni, Pb and Zn in nail samples by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) after tetramethylammonium hydroxide solubilization at room temperature: comparison with ETAAS. *Talanta* 2008. 76: 575-579.
- Brewer GJ, Dick RD, Johnson VD, Fink JK, Kluin KJ, Daniels S. Treatment of wilson's disease with zinc XVI: treatment during the pediatric years. *J Lab Clin Med*. 2001. 137: 191-198.
- Choi M, Kim H, Lee W, Lee H, Ze K, Park J. Comparative evaluation of dietary intakes of calcium, phosphorus, iron, and zinc in rural, coastal, and urban district. *J Kor Soc Food Sci Nutr*. 2005. 34: 659-666.
- Chojnacka K, Gorecka H, Chojnacki A, Gorecki H. Interelement interactions in human hair. *Environ Toxicol Pharmacol*. 2005. 22: 52-57.
- Chojnacka K, Gorecka H, Gorecki H. The effect of age, sex, smoking habit and hair color on the composition of hair. *Environ Toxicol Pharmacol*. 2006. 22: 52-57.
- Chojnacka K, Gorecka H, Gorecki H. The effect of age, sex, smoking habit and hair color on the composition of hair. *Environ Toxicol Pharmacol*. 2006. 22: 52-57.
- Forte G, Alimonti A, Violante N, Di Gregorio M, Senofonte O, Petrucci F, Sancesario G, Bocca B. Calcium, copper, iron, magnesium, silicon and zinc content of hair in Parkinson's disease. *J Trace Elem Med Biol*. 2005. 19: 195-201.
- Gaetke LM, Chow CK. Copper toxicity, oxidative stress, and antioxidant nutrients. *Toxicology* 2003. 189: 147-163.
- Genili S, Cometta M, Macchia T. Rapid screening procedure based on headspace solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry for the detection of many recreational drugs in hair. *J Chromatogr*. 2004. 801: 289-296.
- Gupta VB, Anitha S, Hegde ML, Zecca L, Garruto RM, Ravid R, Shankar SK, Stein R, Shanmugavelu P, Jagannatha Rao KS. Aluminium in Alzheimer's disease: are we still at a crossroad?. *Cell Mol Life Sci*. 2005. 62: 143-158.
- Lorenzo Alonso MJ, Bermejo Barrera A, Cocho de Juan JA, Fraga Bermúdez JM, Bermejo Barrera P. Selenium levels in related biological samples: human placenta, maternal and umbilical cord blood, hair and nails. *J Trace Elem Med Biol*. 2005. 19: 49-54.
- Mandal BK, Ogra Y, Suzuki KT. Speciation of arsenic in human nail and hair from arsenic-affected area by HPLC-inductively coupled argon plasma mass spectrometry. *Toxicol Appl Pharmacol*. 2003. 189: 73-83.
- Martinez V, Creus A, Venegas W, Arroyo A, Beck JP, Gebel TW, Surrallés J, Marcos R. Micronuclei assessment in buccal cells of people environmentally exposed to arsenic in northern Chile. *Toxicol Lett*. 2005. 155: 319-327.
- Meyer-Baron M, Schäper M, Knapp G, van Thriel C. Occupational aluminum exposure: evidence in support of its neuro-behavioral impact. *Neurotoxicology* 2007. 28: 1068-1078.
- Mortada WI, Sobh MA, el-Defrawy MM, Farahat SE. Reference intervals of cadmium, lead, and mercury in blood, urine, hair, and nails among residents in Mansoura city, Nile delta, Egypt. *Environ Res*. 2002. 90: 104-110.
- Nowak B, Chmielnicka J. Relationship of lead and cadmium to essential elements in hair, teeth, and nails of environmentally exposed people. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2000. 46: 265-274.
- Rodushkin I, Axelsson MD. Application of double focusing sector field ICP-MS for multielemental characterization of human hair and nails. Part I. Analytical methodology. *Sci Total Environ*. 2000. 250: 83-100.
- Sandstead HH. Requirements and toxicity of essential trace

- elements illustrated by zinc and copper. *Am J Clin Nutr.* 1995. 61: 621-624.
- Sekhar C, Chary NS, Kamala CT, Anupama M, Reddy MRP. Determination of total arsenic concentration in clinical samples for epidemiological studies using ICP-MS. *Spectrochim Acta Part B At Spectrosc.* 2002. 23: 170-175.
- Sharma RK, Agrawal M, Marshall FM. Heavy metal (Cu, Zn, Cd and Pb) contamination of vegetables in urban India: A case study in Varanasi. *Environ Pollut.* 2008. 154: 254-263.
- Sreenivasa RK, Balaji T, Prasada Rao T, Babu Y, Naidu GRK. Determination of iron, cobalt, nickel, manganese, zinc, copper, cadmium and lead in human hair by inductively coupled plasmaatomic emission spectrometry. *Spectrochim Acta Part B* 2002. 57: 1333-1338.
- Takeuchi T, Hayashi T, Takada J, Hayashi Y, Koyama M, Kozuka H, Tsuji H, Kusaka Y, Ohmori S, Shinogi M, Aoki A, Katayama K, Tomiyama T. Variation of elemental concentration in hair of the Japanese in terms of age, sex and hair treatment. *J Radioanal Chem.* 1982. 70: 29-55.
- Turnlund JR, Keyes WR, Peiffer GL, Scott KC. Copper absorption, excretion, and retention by young men consuming low dietary copper determined by using the stable isotope ⁶⁵Cu. *Am J Clin Nutr.* 1998. 67: 1219-1225.
- Verstraeten SV, Aimo L, Oteiza PI. Aluminium and lead: molecular mechanisms of brain toxicity. *Arch Toxicol.* 2008. 82: 789-802.
- Zhang F, Bi S, Zhang J, Bian N, Liu F, Yang Y. Differential pulse voltammetric indirect determination of aluminium in drinking waters, blood, urine, hair, and medicament samples using L-dopa under alkaline conditions. *Analyst* 2000. 125: 1299-1302.
-