



### 저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



**저작자표시.** 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



**비영리.** 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



**변경금지.** 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

**저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.**

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

의학 석사학위 논문

모발 조직 내 아연 및 구리 농도와  
대사증후군 지표와의 상관관계

아주대학교 대학원

의학과

이태영

모발 조직 내 아연 및 구리 농도와  
대사증후군 지표와의 상관관계

지도교수 박 셋 별

이 논문을 의학 석사학위 논문으로 제출함.

2008년 2월

아 주 대 학 교 대 학 원

의 학 과

이 태 영

이태영의 의학 석사학위 논문을 인준함.

심사위원장 박 셋 별 인

심사위원 이 경 종 인

심사위원 김 혜 진 인

아 주 대 학 교 대 학 원

2007년 12월 21일

## I. 서 론

한국의 2005년 제 3차 국민건강 영양 조사에 따르면 20세 이상 성인의 대사증후군 유병률은 꾸준히 증가하여 미국의 National Cholesterol Education Program-Adult Treatment Panel III 기준에 의거, 전체적으로 31.6%에 이르는 것으로 나타났다(Kim 등, 2006). 유전적 배경과 생활습관의 변화로 야기되는 비만인구의 증가가 대사증후군의 발생과 연결되며, 따라서 식이와 운동을 통한 비만의 예방과 치료는 대사 증후군 관리에 있어 가장 기초적이면서 중요하다고 할 수 있다. 비만에서 어떻게 먹어야 하는가, 즉, 영양학적 관심의 대상은 주로 에너지 요구량과 3대 영양소의 섭취비율에 대한 것이었으나, 체내에서 이러한 영양소들이 에너지로 이용되는 기전이 알려지면서 미량 영양소에 대한 관심이 모아지고 있다(Vaskonen, 2003). 그 중 아연과 구리는 몇몇 체외 실험과 동물 실험을 통해 비만이나 당뇨와 관련이 있는 것으로 나타났는데, 아연이 결핍되었을 때 췌장의 인슐린 함량은 변하지 않지만 췌장에서 분비되는 인슐린 양이 감소되었으며, 이는 아연 결핍으로 인한 인슐린 저항성의 증가를 암시하고 있다(Mooradian와 Morley, 1987). Yakinici의 보고에 의하면 비만군의 혈청 구리 함량이 정상군에 비하여 유의하게 높은 것으로 나타났으며(Yakinici 등, 1997), 청소년을 대상으로 한 연구에서는 혈청 구리가 체중, 체질량 지수와 양의 상관관계를 나타내었다고 하였다(Latinen 등, 1994). 아연/구리 비율은 체질량 지수 및 복부 둘레와 유의한 음의 상관관계를 갖는 것으로 보고되었다(Huber과 Gershoff, 1973; 신현택 등, 2004). 그러나 인체를 대상으로 하는 역학연구의 결과는 미네랄 상태를 평가하는 지표와 대상에 따라 결과에 차이가 있고, 아연과

구리의 정상치에 대한 기준이 정의되지 않은 문제가 있었다(Ram 등, 1998; Hilderbrand, 1974; 김미현 등, 1999). 본 연구는 장기간의 조직 내 미네랄 수준을 비교적 정확히 반영한다고 평가되고 있는 모발 미네랄 분석법을 이용하여 조직내 아연과 구리 수준을 측정하였고(한국영양학회, 2003), 이를 통해 한국의 일부 성인을 대상으로 모발 아연 및 구리 수준과 대사증후군 관련 지표와의 연관성을 살펴보고자 하였다.

## II. 재료 및 방법

### A. 연구 대상자

본 연구는 2003년 10월부터 2007년 2월까지 아주대학교 병원 건강 검진 센터를 방문하여 모발 검사를 시행한 20세의 성인 남녀 320명을 대상으로 하였다. 자기 기입 식 설문조사를 통해 과거력 및 현병력을 조사하여 악성 종양, 만성 간질환 및 신장 질환의 병력이 있거나 현재 갑상선 질환 및 결핵 등의 소모성 질환으로 약물 치료를 받고 있는 경우는 제외한 후, 총 203명의 자료를 분석에 이용하였다.

### B. 측정 방법

#### 1. 혈압 측정 및 신체계측

수축기 혈압과 이완기 혈압은 자동혈압측정계(Automatic blood pressure monitor TM-2650A)를 이용하여 우측 상완부의 혈압을 측정하였다. 허리둘레는 직립자세에서 최하위 늑골하부와 골반장골 능의 중간부위에서 측정하였고, 신체 자동 측정기 (Health Guard, Finics)를 이용하여 연구대상자의 키(m)와 체중(Kg)을 조사한 후 체질량지수(Body Mass Index: BMI, Kg/m<sup>2</sup>)를 계산하였다.

#### 2. 혈액 검사

8시간 공복 상태에서 정맥혈을 채취하여 측정한 중성지방(Triglycerid, mg/dL), 고밀도지단백콜레스테롤(HDL-Cholesterol, mg/dL), 공복 혈당(Fasting glucose, mg/dL), 공복 인슐린(Fasting insulin, uU/mL)을 조사하였다. 인슐린

저항성 지표(Homeostasis Model Assessment of Insulin Resistance, HOMA-IR)은  $\text{insulin}(\text{uU/mL}) \times \text{fasting glucose}(\text{mg/dL}) / 405$ 로 계산하였다.

### 3. 모발 조직 미네랄 검사

피며와 염색 2주 이상 경과 후, 두피로부터 5cm이내의 모발 1.5g을 채취하였다. 모발 표본을 3mm이내로 잘게 잘라 질산 및 차염소산을 첨가하여 1일간 소화 (CEM Mars 5 Plus Microwave Digestion apparatus)시켜 건조시킨 후 deionized water와 gold solution으로 희석하여 Perkin-Elmer Mass Spectrometer(Sciex Elan 6100 or 9000)로 각 미네랄의 흡광도를 측정하는 방식으로 분석하였으며 모발 분석 기관인 미국 Trace Elements, INC(TEI)에 의뢰하였다. 단위는  $\text{mg}\% (= \text{ppm}/10 = \text{ug}/\text{g}/10)$ 으로 표시하였다.

### C. 진단 기준

대사증후군에 대한 진단기준은 National Cholesterol Education Program-Adult Treatment Panel III(NCEP-ATP III): 아시아-태평양 기준을 참고하여 복부비만(허리둘레 남자 90cm이상, 여자 80cm이상), 고혈압(130/85mmHg이상 또는 고혈압약을 복용중인 경우), 고중성지방혈증(150mmHg이상 또는 지질 개선제를 복용중인 경우), 저HDL-콜레스테롤혈증(남자 40mmHg, 여자 50mmHg), 고혈당(공복혈당 110mmHg이상 또는 당뇨약을 복용중인 경우)의 다섯 가지 항목 중 세가지 이상을 만족하는 경우 대사증후군으로 정의하였다.

### D. 자료분석

연구 대상자의 연령, 대사 위험인자, 모발 내 구리와 아연수준 및 모발 아연/구리 수준의 평균을 구하고, 성별에 따른 미네랄의 차이를 독립표본 T



검정을 통해 분석하였다. 모발 내 아연, 구리 수준과 아연/구리 수준을 사분위로 나누어 일원배치 분산분석법(ANOVA)을 이용하여 혈압상승, 복부 비만, 고밀도콜레스테롤 농도 저하, 고중성지방혈증, 공복 혈당 증가에 대한 양-반응 관계를 알아보고, 연령을 보정한 후 선형회귀 분석을 통해 모발 내 미네랄 수준에 따른 인슐린 저항성의 변화에 대해 분석하였다. 모발 내 미네랄 수준에 따른 대사증후군 유병률과 발생위험도에 대한 분석은 각각 교차분석과 다중회귀 분석을 이용하였다. 모든 분석은 SPSS version 11을 사용하였고, 통계적 유의수준은 0.05미만인 경우로 하였다.

### III. 결과

#### 1. 조사 대상자들의 특성

여자의 경우 남자보다 모발 내 구리 수준이 유의하게 높은 것으로 나타났다. 모발 내 아연/구리 수준은 여자에서 낮았지만 통계적으로 유의하지 않았고, 아연 수준은 남녀간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 대사증후군 관련지표 중 고밀도콜레스테롤 만이 남녀간 유의한 차이를 보였다(Table 1).

**Table 1. General characteristics.**

	Mean±Standard Deviation		p-value
	Men (n=167)	Women (n=36)	
Age(years)	46.7 ± 9.3	47.7 ± 12.7	ns
BMI (Kg/m <sup>2</sup> )	24.6 ± 3.1	24.6 ± 3.0	ns
WC (cm)	85.4 ± 7.8	83.9 ± 7.3	ns
SBP (mmHg)	123.1 ± 17.3	127.1 ± 18.6	ns
DBP (mmHg)	80.3 ± 10.2	82.5 ± 11.3	ns
TG (mg/dL)	169.3 ± 96.1	148.1 ± 103.0	ns
HDL(mg/dL)	50.0 ± 12.5	55.4 ± 12.4	0.021
f-Glu (mg/dL)	99.1 ± 24.8	101.1 ± 23.8	ns
f-Ins (uU/mL)	8.5 ± 5.4	8.8 ± 4.9	ns
HOMA-IR	2.1 ± 1.6	2.3 ± 1.9	ns
Hair Zn level (mg%)	16.1 ± 3.6	16.67 ± 6.3	ns
Hair Cu level (mg%)	3.43 ± 3.2	6.64 ± 7.4	0.000
Hair Zn/Cu	7.5 ± 4.6	5.8 ± 5.5	ns

BMI: Body Mass Index, WC: Waist circumference, SBP: Systolic blood pressure, DBP: Diastolic blood pressure, TG: Triglyceride, HDL: High density lipoprotein, f-Glu: Fasting glucose, f-Ins: fasting insulin, HOMA-IR: Homeostasis model assessment of insulin resistance, Zn: Zinc, Cu: Copper, Zn/Cu: Ratio of hair Zinc to Copper, ns: non-significant p values were from independent t-test

## 2. 모발 내 아연, 구리 및 아연/구리 수준과 대사증후군 관련 지표

모발 내 아연 및 구리 수준과 아연/구리 수준을 사분위로 분류하여 대사증후군 관련 지표와의 관계를 알아본 결과, 모발 내 아연 수준에 따른 대사증후군 관련지표는 공복혈당을 제외하고는 그룹별 유의한 차이를 나타내지 않았다. 그러나 모발 내 구리수준에 대하여는 구리 수준이 가장 낮은 군(Cu: 0.8-1.5mg%)의 경우 가장 높은 군보다 수축기 및 이완기 혈압, 공복 시 혈당에 있어서 유의하게 낮은 수치를 보였다. 또한 모발 내 아연/구리 수준이 가장 낮은 군( $Zn/Cu \leq 3.33$ )은 수축기와 이완기의 혈압이 유의하게 상승하였고, 아연/구리 수준이 가장 높은 군( $Zn/Cu \geq 10.01$ )의 경우 다른 그룹에 비해 공복 시 혈당이 유의하게 낮은 것을 관찰할 수 있었다(Table 2).

**Table 2. Metabolic indexes by hair Zn, Cu and Zn/Cu quartiles.**

	SBP (mmHg)	DBP (mmHg)	f-Glu (mg/dL)	TG (mg/dL)	HDL (mg/dL)	WC (cm)
Zn(mg%)	Mean±Standard deviation					
Q1(7-13)	126±22	83.4±9	112±36 <sup>a</sup>	163±77	50.6±13	86.8±8
Q2(14-15)	122±14	78.0±10	97.6±16	155±79	50.0±11	86.2±8
Q3(16-18)	123±17	78.8±10	95.8±19	167±104	51.5±13	84.8±8
Q4(19-40)	124±16	81.6±10	95.6±24	177±121	51.4±14	82.9±7
P	ns	ns	0.003	ns	ns	ns
Cu(mg%)	Mean±Standard deviation					
Q1(0.8-1.5)	120±21 <sup>c</sup>	77±10 <sup>c</sup>	92.3±24 <sup>c</sup>	138.4±68	51.9±14	83.2±8
Q2(1.6-2.5)	123±13	80±8	97.4±29	170.7±100	51.8±13	86.6±7
Q3(2.6-4.5)	120±18	78±11	100.9±18	170.2±100	49.2±13	84.7±9
Q4(4.7-33)	131±16	86±10	107.4±24	182.6±111	50.9±10	86.0±7
P	0.004	0.000	0.017	ns	ns	ns
Zn/Cu	Mean±Standard deviation					
Q1(0.3-3.40)	132±15 <sup>a</sup>	86.5±9 <sup>a</sup>	108±24	184±111	50.1±9	86.2±7
Q2(3.41-6.00)	120±18	78.3±11	101±18	164±99	50.9±14	85.3±8
Q3(6.01-11.0)	123±20	80.8±9	102±33	166±924	50.8±13	86.0±8
Q4(11.1-10.6)	120±13	76.8±9	86.8±13 <sup>b</sup>	147±85	52.1±14	82.8±8
P	0.001	0.000	0.000	ns	ns	ns

SBP: Systolic blood pressure, DBP: Diastolic blood pressure, f-Glu: fasting glucose, TG: triglyceride, HDL: high density lipoprotein, WC: waist circumference, Zn: Zinc, Cu: Copper, Zn/Cu: Ratio of Zinc to Copper, ns: non-significant

p values were from ANOVA test

a: comparison between Q1 and others, b: comparison Q4 and others, and c: comparison Q1 and Q4 based on Scheffe's multiple comparison test

### 3. 모발 아연, 구리 및 아연/구리 수준과 인슐린 저항성

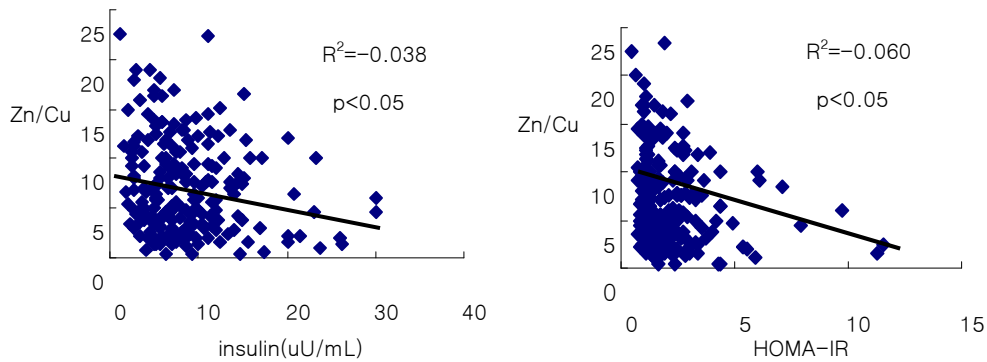
모발 내 구리 수준이 가장 높은 군이 가장 낮은 군에 비해 HOMA-IR 이 유의하게 증가하였고, 또한 아연/구리 수준이 가장 낮은 경우 공복 시 인슐린과 HOMA-IR, 즉 인슐린 저항성이 유의하게 상승하였다. 모발 아연 수준은 인슐린 저항성에 대해 일괄적이지 않은 결과를 보여주고 있다(Table 3). 모발의 아연/구리 수준의 변화함에 따른 공복 시 인슐린과 HOMA-IR 의 변화양상을 보기 위한 선형 회귀 분석에서, 결정계수( $R^2$ )는 각각  $-0.038(p=0.006)$ ,  $-0.060(p=0.000)$ 으로, 모발 아연/구리 수준은 인슐린 저항성의 변화에 있어 유의한 음의 상관성을 지니고 있는 것으로 나타났다(Fig 1).

**Table 3. Fasting insulin and HOMA-IR by hair Zn, Cu and Zn/Cu quartiles.**

		f-Insulin (uU/mL)		HOMA-IR	
		Mean±SD	P	Mean±SD	P
Zn(mg%)	Q1(7-13)	10.0 ± 6.4	ns	2.8 ± 2.2	ns
	Q2(14-15)	9.3 ± 5.5	ns	2.3 ± 1.4	ns
	Q3(16-18)	7.6 ± 4.7	ns	1.8 ± 1.3	ns
	Q4(19-40)	7.9 ± 4.3	ns	2.0 ± 1.7	ns
Cu(mg%)	Q1(0.8-1.5)	7.2 ± 4.5	ns	1.7 ± 1.2 <sup>a</sup>	0.015
	Q2(1.6-2.5)	9.1 ± 5.4	ns	2.3 ± 1.7	ns
	Q3(2.6-4.5)	8.1 ± 5.1	ns	2.0 ± 1.3	ns
	Q4(4.7-33)	9.8 ± 5.8	ns	2.7 ± 2.2	ns
Zn/Cu	Q1(0.3-3.40)	10.1 ± 5.8 <sup>a</sup>	0.007	2.8 ± 2.1 <sup>a</sup>	0.000
	Q2(3.41-6.00)	7.9 ± 5.0	ns	2.0 ± 1.3	ns
	Q3(6.01-11.0)	9.4 ± 5.6	ns	2.4 ± 1.8	ns
	Q4(11.01-10.6)	6.8 ± 4.0	ns	1.5 ± 0.9	ns

SD: standard deviation, Zn: Zinc, Cu: Copper, Zn/Cu: Ratio of hair Zinc to Copper, ns: non-significant, P values were from ANOVA test

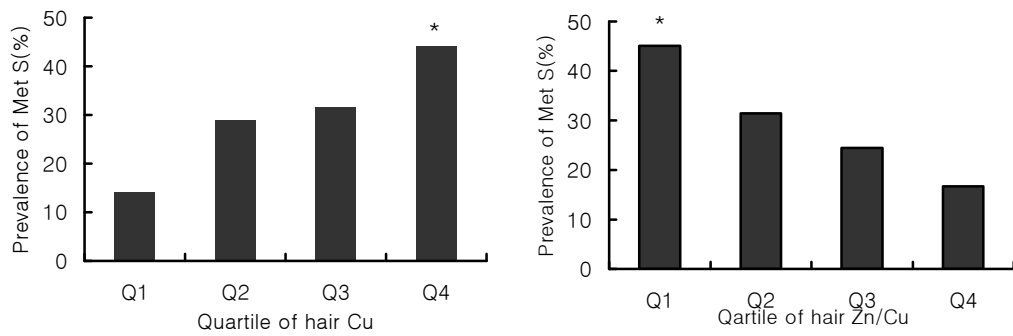
a: comparison between Q1 and Q4 based on Scheffe's multiple comparison test



**Fig. 1. Insulin resistance and Zn/Cu Level.** Fasting Insulin and HOMA-IR according to Zn/Cu ratio assessed by linear regression, age adjusted. Zn/Cu: Ratio of Zinc to Copper

#### 4. 모발내 아연, 구리 및 아연/구리 수준과 대사증후군

모발 구리수준이 증가할수록 대사증후군의 유병률은 유의하게 증가하는 양상을 보이며( $P=0.001$ ), 모발 구리수준이 가장 낮은 군은 가장 높은 군에 비해 대사증후군 발생 위험도가 유의하게 저하되었다(OR: 0.21, 95%CI: 0.1-0.6). 아연/구리 수준이 증가할수록 대사증후군의 유병률은 유의한 감소를 보이고( $P=0.001$ ), 모발 내 아연/구리 수준이 가장 낮은 군은 가장 높은 군에 비해 대사증후군 발생 위험도가 4배 가량 증가하는 것을 확인할 수 있었다. (OR: 4.11, 95% CI: 1.6-10.5) (Fig. 2, Table 4).



**Fig. 2. Prevalence of metabolic syndrome according to hair Cu and Zn/Cu quartiles.** Prevalence of metabolic syndrome decrease according to hair Copper level and increase according to hair Zn/Cu ratio. Met S; metabolic syndrome, Cu: Copper, Zn/Cu: Ratio of Zinc to Copper.

\*:  $p < 0.005$ , Q1 vs Q4 by linear by linear association.

**Table 4. Odds ratio of metabolic syndrome according to hair Zn, Cu and Zn/Cu quartiles.**

		Odds ratios (95% CI)
Zn(mg%)	Q1(7-13)	1.33 (0.5-3.3)
	Q2(14-15)	1.77 (0.7-4.3)
	Q3(16-18)	0.83 (0.4-1.9)
	Q4(19-40)	1
Cu(mg%)	Q1(0.8-1.5)	0.21(0.1-0.6)*
	Q2(1.6-2.5)	0.54 (0.2-1.2)
	Q3(2.6-4.5)	0.61(0.3-1.4)
	Q4(4.7-33)	1
Zn/Cu	Q1(0.3-3.40)	4.01 (1.5-10.4) <sup>†</sup>
	Q2(3.41-6.00)	2.28 (0.9-5.9)
	Q3(6.01-11.0)	1.63 (0.6-4.4)
	Q4(11.01-10.6)	1

Adjusted by age, CI: confidence interval, Zn: hair Zinc, Cu: hair Copper, Zn/Cu: Ratio of hair Zinc to Copper

\*: p=0.001, †: p=0.003 by multiple regression analysis



## IV. 고찰

아연은 인슐린의 저장 형태에 아연 분자량을 포함한 결정체로 존재하고(Scott와 Fisher, 1938), 이 결정체의 아연: 인슐린 비율의 변동은 항원적 특성을 변화시키는 등(Arquilla 등, 1978)의 구조적인 역할이 있으므로 아연대사 장애는 당뇨병과 그 합병증의 발생에 어떠한 역할을 할 수 있을 것으로 추정하고 있다(Kinlaw 등, 1983). 또한 동물 실험을 통해 아연이 인슐린 작용에 필수적이진 않더라도 인슐린 작용을 조절하는데 있어 중요한 역할을 지님이 밝혀졌다(Goldman와 Carpenter, 1974; Huber와 Graxhoff, 1973). 이는 아연이 지닌 인슐린 감수성 개선효과를 의미하는데, 즉, 인슐린의 분비와 활성을 촉진시키고, 인슐린 신호전달 과정에 직접 참여하여 인슐린 양 효과를 나타내는 전사인자인 PPARs(Peroxidase proliferators-activated receptors)의 DNA결합부위 4차 구조를 안정화 시키는 기전으로 설명하고 있다(Meerarani 등, 2003; Sharon과 Carla, 2001; Levin 등, 1983; Tang와 Shay, 2001). 또한 인슐린 저항성으로 인한 인슐린 분비 증가는 췌장 내 아연을 고갈시키고 이는 항산화 효소로서 췌장의 베타 세포를 보호하는 메탈로치오네인 합성을 저하시켜 췌장 손상 및 당뇨를 유발할 수 있다(Ohly등, 2000; Arthur, 1998; Robert, 2000; Ozata, 2002). 한편 아연이 갑상선 호르몬의 T3 T4전환과 T3활성화에 기여하고 glycer aldehyde-3-phosphate dehydrogenase를 활성화시켜 해당과정을 촉진시킴으로써 당이 지방으로 합성되는 것을 줄인다는 연구결과도 있다(Collipp, 1984; Hedley 등, 2001; Abdulkerin 등, 2004).

하지만 본 연구에서는 모발 내 아연 수준에 대한 단독 측정치는 인슐린 저

항성을 민감하게 반영하기 힘든 것으로 나타났고, 오히려 모발 내 구리 및 아연/구리 수준이 인슐린 저항성을 비롯한 대사증후군 관련 지표와 유의한 관련성을 지니고 있는 것으로 보였다. 이때 아연/구리 수준과 인슐린 저항성과의 결정계수는( $R^2$ ) -0.038 ( $p=0.006$ ), HOMA-IR과의 결정계수( $R^2$ )는 -0.060 ( $p=0.000$ )으로, 아연/구리 수준에 변화를 받는 인슐린 저항성의 정도는 비교적 적은 수치이지만 통계적으로 유의한 음의 상관성을 나타냈고, 결과적으로 모발 내 아연/구리 수준이 가장 낮은 군은 가장 높은 군에 비하여 대사증후군의 발생 위험도가 유의하게 증가하는 것을 관찰할 수 있었다. 이는 아연이 흡수 과정에서 Albumin분자와의 결합부위에 구리와 경쟁적으로 결합하여 흡수되는 성질로 설명할 수 있다. 따라서 아연과 구리 중 어느 하나의 과잉은 서로의 결핍을 유도하며(Zargar 등, 1998), 곧 낮은 양의 구리 섭취 시 아연 흡수율이 증가하고, 높은 양의 구리 섭취 시에는 아연 흡수율이 감소함을 의미한다. 또한 체내에서 Metallothionein에 결합함에 있어서도 아연과 구리는 서로 경쟁적이기 때문에 길항작용을 통하여 생체 내 항상성을 유지하며 여러 질환, 특히 악성 질환의 진단 및 치료에 대한 평가에 도움이 된다고 제안되었다(Chung 등, 1991). 정상 성인을 연구한 Cabre 등이 보고한 혈청 Zn/Cu의 비율은 9.4였으며, Zn/Cu의 비율이 정상 비율보다 저하됨에 따라 허혈성 심질환이 초래될 수 있다는 보고가 있다(Carbe 등, 1992).

또한 구리 자체가 지닌 공복혈당과의 관련성에 대해 보고한 연구들이 있는데, 제 2형 당뇨병환자의 경우 혈청 구리 농도가 대조군보다 높거나(Willam, 1998; Kanabrocki 등, 1967) 차이가 없는 것으로 나타났고(Martin 등, 1978; Chen 등, 1995), 특히 당뇨로 인한 합병증이 있거나 연령이 높을 경우에 혈청 구리 수준이 더욱 높았으며(Zargar 등, 1998), 당뇨병 쥐의 경우에는 소장 구리 흡수가 눈에 띄게 높아지고, 이것이 조직의 구리 함량을 증가시키는데 기여할 수 있다고

보고하였다(Terres 등, 1998). 즉 대사 관련 질환을 비롯하여 아연수준에 영향을 받는 기타의 질환에 대해 진단적 정보를 얻거나 영양학적인 치료계획을 세움에 있어서 조직 내 아연의 함량만을 단독으로 이용하기 보다는 구리의 함량을 확인하고 아연/구리 수준을 고려하여 서로의 적당한 길항 정도를 평가함이 정확한 정보를 위해 필요하리라 여겨진다.

현재까지 미네랄과 대사증후군 사이의 연관성을 평가한 연구들의 제한점은 대상자와 아연 및 구리 상태를 평가하는 지표에 따라 일관성이 없고, 특히 정확한 아연 결핍이나 구리 과잉의 기준 또한 없다는데 있다. 미네랄 상태를 평가하는 지표로 혈장 또는 혈청 미네랄 농도, 미네랄 의존 효소 또는 미네랄 관련 전사 인자 및 호르몬이나 면역상태 등을 측정하는 방법이 있긴 하지만 연령과 인종에 따라 차이가 나고 미네랄의 섭취가 심각하게 부족한 경우에만 수치의 감소를 보이므로 민감도가 낮은 단점이 있다. 본 연구는 모발을 이용해 조직 내 미네랄 함량을 분석하였는데, 모발 중 미네랄 함량과 혈중 미네랄 함량을 비교한 연구에서 모발에서 10배-10000배에 이르는 함량의 차이가 존재하고 있음은 모발 중 미네랄 검사가 단순히 혈액검사를 대체하기 위한 수단으로 사용되기 보다는 혈액 내에서 그 변동 사항을 파악하기 어려운, 특정 미네랄의 함량 변화를 보다 뚜렷하게 관찰하거나, 장기간에 걸쳐 누적된 변화를 확인하기 위한 유용한 수단으로 사용될 수 있음을 시사한다(김진아와 송해준, 2002).

그러나, 모발은 검체가 외부에 노출되어 있으므로 땀이나 사용하는 모발의 종류에 따라 특정 미네랄 함량의 변화가 생길 수 있고, 표본 세척 과정의 선택 및 효과에 따라 영향을 받을 수 있으며, 두발의 손질, 위치, 직경, 연령, 개정, 성장속도 및 분석 방법에 따라서 영향을 받는 문제점이 있다. 또한 모발중의

미네랄 함량이 인체 전 조직에 함유되어 있는 미네랄의 함량을 얼마나 반영할 것인지에 대해서는 아직까지 이견이 많은 실정이다(장수익 등, 2002; Laker, 1982). 해외에서는 모발 중에서의 미네랄 함량의 참고치 내지는 정상수치를 확립하려는 대규모의 연구가 시도되었으나(Jacob 등, 1978; Rivlin, 1983), 국내에서는 이에 대한 연구 및 대사성 질환을 대상으로 한 연구가 미미하다. 따라서 본 연구의 결과를 일반화 시키기에는 다소 무리가 있다고 생각되며, 대사증후의 유병률을 결정함에 있어 흡연, 음주, 운동량 등의 생활습관과 관련된 요인이 갖는 중요성을 생각할 때 본 연구에서는 이들의 영향을 고려하지 않았기 때문에 결과 해석에 중요한 제한요인으로 작용했으리라 여겨진다.

최근에 들어와서 미네랄의 역할에 대해 재평가가 이루어지고 있으며, 미네랄의 결핍이나 축적 등의 불균형으로 심혈관계, 소화기계, 근골격계, 면역계, 내분비계의 질환이 발생할 수 있다는 사실이 널리 알려 지고 있고, 이에 대한 연구도 활발히 행해지고 있다(King 등, 2000; Jacobson, 1989; Matthews 등, 1985). 따라서 앞으로 혈중 미네랄 값과 조직내 미네랄 값의 비교를 통한 상관관계에 대한 연구가 필요할 것으로 생각되며, 보다 정확한 연구 대상자 선별과 질환에 따른 미네랄 함량의 변화에 대한 연구가 진행되어야 할 것으로 보인다.

## V. 결론

모발 내 높은 구리 수준과 낮은 아연/구리 수준은 인슐린 저항성 증가, 혈압 상승과 관계되며, 대사증후군의 발생 위험도와 유의한 상관관계를 지니고 있다. 따라서 조직 내 구리의 함량 및 아연/구리 수준을 확인하고 서로의 길항 정도를 평가하는 것은 대사증후군 관리에 있어 유용한 정보를 제공할 수 있을 것으로 여겨진다.

## 참고 문헌

1. 김미현, 승정자, 이윤신. 일부 사춘기 여중생의 체질량 지수에 따른 구리, 아연의 영양상태. *대한비만학회지* 8(2): 130-144, 1999
2. 김진아, 송해준: 아동 모발 중 미네랄 함량의 정상 참고치에 관한 연구. *대한 피부과 학회지* 40(12): 1519-1526, 2002
3. 대한 임상영양학회. 영양 균형과 모발 미네랄 검사. 서울; p. 1-13, 2003
4. 신현택, 송재철, 이재성, 이경희 모발미네랄 분석결과와 비만도의 상관성. *대한한방비만학회지* 4(1): 67-80, 2004
5. 장수익, 김경곤, 이복기, 김형준, 유수현, 강희철 외. 당뇨병환자의 모발 내 미네랄(무기질)의 함량-당뇨군과 비당뇨군을 비교하여 시행한 환자 대조군 연구. *가정의학회지* 23(9): 1133-1140, 2002
6. 한국영양학회. 영양학의 최신정보. 8차 개정판. 서울: 중앙문화사 p. 346-362, 2003
7. Abdulkerim KB, Rasim M, Aylin K, CemSB, Aysegul U. Opposite effects of zinc and melatonin on thyroid hormones in rats. *Toxicology* 195:69-75, 2004
8. Arquilla E, Thiene P, Brungman T, Ruess W, Sugiyama R. Effects of Zn on the conformation of antigenic determinants of insulin. *Biochem J* 175:289-297, 1978
9. Arthur BC, Zinc, Insulin and Diabetes. *J Am Coll Nutr* 17(2):109-115, 1998
10. Batzevich VA. Hair trace element analysis in human ecology studies. *Sci Total Environ* 164:89-98, 1995
11. Carbe E, Periago JL, Mingorance MD, Banares FF, Abad A, Esteve M, Gil A, Lachica M, Huix FG, Gassull MA. Factors related to the plasma fatty acid profile in health subjects with reference to antioxidant micronutrient status: A multivariate analysis. *Am J Clin Nutr* 55:831-837,

1992.

12. Chen MD, Lin PY, Tsou CT, Wang JJ, Lin WH. Selected metals status in patients with noninsulin-dependent diabetes mellitus. *Biol Trace Elem Res* 50(2):119-124, 1995
13. Collipp PJ. New development in medical therapy of obesity: thyroid and zinc. *Pediatr Ann* 13:465-472, 1984
14. Chyng YD, Hong SI, Na HB, Shing YH. The study on concentration of serum copper and zinc in stomach cancer patient. *Kor J Inter Med* 33:3-8, 1987
15. Goldman J, Carpenter FH. Zinc binding, circular dichroism, and equilibrium sedimentation studies on insulin (Bovine) and several of its derivatives. *Biochemistry* 13:4566-4574, 1974
16. Hedley CF, Kristen EG, Krishna G, Chunli H, Steven AZ. Actions and interactions of thyroid hormone and zinc status in growing rats. *J. Nutr* 131:1135-1141, 2001
17. Hilderbrand DC, White DH. Trace-element analysis in hair: an evaluation. *Clin Chem* 20:148-151, 1974
18. Huber AM, Gershoff SN. Effect of zinc deficiency in rats on insulin release from the pancreas. *J Nutr* 103:1739-1744, 1973
19. Isomaa B, Almgren P, Tuomi T, Forsen B, Lahti K, Nissen M, et al: Cardiovascular morbidity and mortality associated with the metabolic syndrome. *Diabetes care* 24: 683-689, 2001
20. Jackson MJ, Physiology of zinc: general aspect. New York: *Springer-Verlag*: 1-14, 1989
21. Jacob R, Klevay L, Logan G. Hair as a biopsy material index of hepatic copper. *Am J Clin Nutr* 31:477-481, 1978
22. Kanabrocki EL, Case lf, Graham L et al. Nondialyzable manganese and

- copper levels in serum of patients with various disease. *J Nucl Med* 8:166-172, 1967
23. Kim YT Oh JM PJ, Lee YK. Korean National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES III) 2005. In Korea Center for Disease Control and Prevention. Seoul: Korean Ministry of Health and Welfare, 2006
  24. Kinlaw WB, Levine AS, Morley JE, Silivis SE, McClain CJ. Abnormal zinc metabolism in type II diabetes mellitus. *Am J Med* 75:273-277, 1983
  25. King JC, Shamse DM, Woodhouse LR. Zinc homeostasis in humans. *J Nutr* 130:1360S-1366S, 2000
  26. Laker M. On determining trace element levels in man: the use of bleed and hair. *Lancet* 31:260-262, 1982
  27. Latinen R, Vuori E, Viikari J: serum zinc and copper in blood serum in children and young people between 5 and 18 years of age. *Przegllea* 51:401-405, 1994
  28. Levin AS, McClain CJ, Handwerger BS, Brown DW, Morley JE. Tissue zinc status of genetically diabetic and streptozocin induced diabetic mice. *Am J Clin Nutr* 37:382-386, 1983
  29. Martin Mateo MC, Bustamante F, Gonxalez. Cantalapedra MA. Serum zinc, copper and insulin in diabetes mellitus. *Biomedicine* 29:56-58, 1978
  30. Matthews DR, Hosker JP, Rudenski AS, Naylor BA, Treacher DF, Turner RC: Homeostasis model assessmentL insulin concentration in men. *Diabetologia* 28:412-419, 1985
  31. Meerarani P, Reiter G, Toborek M, Henning B. Zinc modulates PPAR $\gamma$  signaling and activation of porcine endothelial cells. *J. Nutr* 133:3058-3064, 2003
  32. Ohly P, Dohle C, Abel J, Seissler J, Gleichmann H. Zinc sulphate induces metallothionein in ancreatic islets of mice and protects against diabetes



- induced by multiple low doses of streptozocin. *Diabetologia* 43(8):1020-1030, 2000
33. Ozata M. Increased oxidative stress and hypozincemia in male obesity. *Clin Biochem* 35(8):627-631, 2002
  34. Ram BS, Mohammad AN, Shanti SR, Sarita B, Zhang G, Zhu S. Current zinc intake and risk of diabetes and coronary artery disease and factors associated with insulin resistance in rural and urban populations of North India. *J Am Coll Nutr* 17(6):564-570, 1998
  35. Rivlin RS. Misuse of hair analysis for nutritional assessment. *Am J Med* 75:489-493, 1983
  36. Robert AD. Zinc in relation to diabetes and oxidative disease. *J. Nutr* 130:1509S-1511, 2000
  37. Scott DA, Fisher AM, The insulin and zinc content of normal and diabetic pancreas. *J. Clin Invest.* 17:725-731, 1938
  38. Sharon FS, Carla GT. Dietary zinc supplementation attenuates hyperglycemia in db/ab mice. *EBM* 226:43-51, 2001
  39. Terres-Martos C, Navarro-Alarcon M, Martin-Lagos F. Serum zinc and copper concentrations and Cu/Zn ratios in patients with hepatopathies or diabetes mellitus. *J Trace Elem Med Biol* 12(1):44-49, 1998
  40. Tang XH, Shay NF. Zinc has an Insulin-like effects on glucose transport mediated by phosphoinositol-3-kinase and Akt in 3T3-L1 fibroblast and adipocytes. *J. Nutr* 131:1414-1420, 2001
  41. Vaskonen T. Dietary minerals and modification of cardiovascular risk factors. *J Nutr Biochem* 14(9):492-506, 2003
  42. Williams SR. Nutrition and Diet Therapy. 8th ed. Mosby, St. Louis, p235-240, 1998
  43. Yainci C, Pac A, Kucukbay F, Tayfun M, Gul A. Serum zinc, copper and

magnesium levels in obese children. *Acta paediatr jpn* 39:339-341, 1997

44. Zargar AH, Shah NA, Masoodi SR, Laway BA, Dar FA, Khan AR, Sfi FA, Wani AL. Copper, zinc, and magnesium levels in non-insulin dependent diabetes mellitus. *Postgrad Med J* 74(877):665-668, 1998