

당뇨 환자의 모발 내 미네랄(무기질)의 함량 -당뇨군과 비당뇨군을 비교하여 시행한 환자 대조군 연구-

연세대학교 의과대학 신촌세브란스병원 가정의학교실

장수익 · 김경곤 · 이복기 · 김형준 · 유수현 · 강희철 · 윤방부

요 약

연구배경: 미네랄은 인체 내에 미량 함유되어 있는 필수 영양소로서 대사 활동에 관여하는 중요한 물질이며 이의 과부족은 여러 가지 다양한 질병과 관련이 있다. 일부 미네랄은 내분비 기능과의 연관성이 제시되고 있으며 특히 크롬은 인슐린의 감수성을 증강시켜 혈당치를 정상으로 유지하는 작용이 있는 것으로 알려져 있다. 당뇨와 미네랄과의 연관성에 대한 국내의 보고는 거의 없는 실정으로 이 연구에서는 당뇨군과 비당뇨군 간의 모발에서의 미네랄의 양을 측정하여 당뇨군에서 비당뇨군에 비해 유의한 차이를 보이는 미네랄에 대해 알아보고 미네랄을 이용한 영양요법의 기초자료로 삼고자 한다.

방법: 2001년 4월부터 2002년 1월까지 세브란스병원 가정의학과 외래를 방문한 비당뇨군 50명과 2형 당뇨군 50명을 선별하여 모발 내 미네랄 함량을 측정하여 SAS 통계 분석을 이용하여 t-test를 시행하였다.

결과: 당뇨군과 비당뇨군 간에 유의한 차이를 보인 모발 내 미네랄은 구리, 나트륨, 크롬, 황, 안티몬이었고, 그중 구리 수치는 당뇨군에서 의미 있게 낮았으며($P=0.013$), 나트륨, 크롬, 황, 안티몬은 당뇨군에서 높게 나타났다($P=0.013, 0.0001, 0.010, 0.0001$).

결론: 현재까지 보고된 연구에 의하면 당뇨 환자의 혈중 크롬 함량은 감소되어 있는 것으로 알려져 왔으나 본 연구에서는 모발 내 크롬 측정값이 당뇨군에서 비당뇨군에 비해 유의하게 높았다. 이 결과는 혈중 크롬 함량과 모발 내 크롬 함량의 관련성에 대한 연구가 필요함을 시사하며 유의한 차이가 있는 것으로 결과가 나온 다른 미네랄들(구리, 나트륨, 황, 안티몬)이 어떠한 상호 작용을 하는지에 대한 연구가 필요하다. (가정의학회지 2002;23:1133-1140)

중심단어: 미네랄, 당뇨, 모발

서 론

미네랄(무기질)은 인체 내에 미량 함유되어 있는 필수영양소로서 하루 필요량이 100 mg 이상인 영양 미네랄인 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 칼륨, 황, 인, 염소와 하루 필요량이 100 mg 이하인 미량 미네랄인 구

리, 아연, 철, 망간, 크롬, 셀레니움, 붕소, 코발트, 몰리브덴 등과 인체에 해로운 중금속으로 독성 미네랄인 안티몬, 우라늄, 비소, 베릴륨, 수은, 카드뮴, 납, 알루미늄 등으로 구성되며 그 역할은 전해질, 산과 염기의 균형, 세포 내외액의 삼투평형 유지에 필요하며 뼈와 치아 같은 건조직의 구조적 성분으로서 기능을 하고 효소반응, 전자전달, 산소운반 과정에서의 구성요소나 보조인자로서 작용을 한다.^{1-6,12,15,48)}

이들 미네랄은 각각 결핍이나 과량축적-특히 환경오염에 의한 중금속 중독 등과 같이-되면 그 생화학적 생리적인 작용에 따라 다양한 형태로 임상양상을

접수일: 2002년 5월 4일, 승인일: 2002년 9월 3일
교신저자: 장수익
Tel: 02-361-7770, Fax: 02-312-2846
E-mail: cecil@be.md

나타내게 된다. 최근에 들어와서 미네랄의 역할에 대해 재평가가 이루어지고 있으며 미네랄의 결핍이나 축적 등의 불균형으로 심혈관계, 소화기계, 근골격계, 면역계, 내분비계의 질환이 발생할 수 있다는 사실이 널리 알려지고 있다.^{12,30-38,45-54)} 그러나 미네랄들은 단독으로 작용하기보다는 상호작용을 하고 단백질 대사나 탄수화물, 지방, 비타민의 대사와 관련이 있는 것으로 보고되고 있다.^{1-6,12,24)}

미네랄 중에서 특히 크롬은 인슐린 수용체를 증가 시킴으로써 인슐린의 감수성을 높여 포도당 대사에서 혈당치를 정상으로 유지하는 작용이 있다고 하며 2형 당뇨병 환자에서 크롬을 추가로 복용하게 하여 혈당조절을 향상시킨 보고가 있다.^{1-3,11,12,15,18,26,57-60)} 그 외 칼슘, 마그네슘, 구리, 아연, 셀레늄 등도 내분비계와 관련성이 있는 것으로 보고되고 있다.¹⁴⁾

이들 미네랄의 결핍이나 중독 정도를 측정하는 방법은 기존의 혈액, 소변검사 등을 통한 연구가 대부분이었다. 이들은 흡수된 뒤 곧 분비되므로 정확한 조직 내 축적량을 반영하지는 못한다. 따라서 최근에는 미네랄에 대한 장기간의 축적량을 알아보기 위해서 모발을 이용한 연구가 국내외에서 시행되고 있다.^{30-37,39-47)} 그러나 당뇨병환자를 대상으로 한 전반적인 미네랄 함량의 측정에 관한 연구는 보고된 바가 없었다.

이 연구는 당뇨병환자라는 특정 집단에서의 미네랄 분포가 비당뇨군과 어떤 차이가 있을 것인가 조사하고 그 동안 당뇨와의 연관성이 알려진 크롬, 아연, 마그네슘 등의 실제 함량 차이에 대해 조사하고 두 군간에 통계학적으로 유의한 차이를 보이는 미네랄이 존재하는지 확인하여 영양요법의 기초자료로 이용하고자 시행되었다.

방 법

1. 연구 대상

본 연구는 2001년 4월부터 2002년 1월까지 세브란스 병원 가정의학과 외래를 방문한 비당뇨군 50명, 당뇨병의 진단기준에 적합한 2형 당뇨 환자 중 경구용 혈당 강하제를 투여 받고 있는 50명을 선별하여 대상으로 하였다.

2. 연구 방법

두발 내 미네랄의 함량을 측정하기 위해 스테인레스 가위로 후두부 표피 가까운 부위의 두발을 3~5군데서 약 500 mg 정도 채취하였으며 두발 표본의 오염으로 일어나는 검사상의 오차를 줄이기 위해 염색약을 사용한 사람들은 제외하였다. 두발 분석은 검사의 정확성을 위해 모발 내 미네랄 전문 분석기관인 티아이이 한국지사에 모발분석을 의뢰하여 원자 흡수 분광기와 플라즈마 방출 분광기를 사용하여 분석하였고 측정단위는 mg을 사용하였다. 이렇게 하여 모발 내 미네랄(영양 미네랄: 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 칼륨, 황, 인, 염소 미량 미네랄: 구리, 아연, 철, 망간, 크롬, 셀레늄, 붕소, 코발트, 몰리브덴 독성 미네랄: 안티몬, 우라늄, 비소, 베릴륨, 수은, 카드뮴, 납, 알루미늄) 함량을 측정하여 당뇨군과 비당뇨군의 차이를 비교하였다.

3. 통계 분석

이 검사의 결과는 SAS V. 6.12 통계분석을 사용하여 측정치의 분포를 얻었고, 두 군 사이의 유의한 차이유무를 알아보기 위해 t-test를 시행하였다.

결 과

1. 연구 대상자들의 일반적인 특징(표 1, 2)

표 1은 당뇨군과 비당뇨군의 일반적인 특성을 보여

Table 1. General characteristics of study subject.

Characteristics	DM	Non-DM	P-value
	(N=50)	(N=50)	
	Mean±SD*	Mean±SD*	
Age	59.26±10.77	57.66±10.36	0.4507 [†]
Height (cm)	161.60±8.76	163.80±7.21	0.1736 [†]
Body weight (kg)	66.82±11.24	64.78±6.54	0.2706 [†]

P value was obtained by t-test.

*SD: standard deviation.

[†]: P value was not significant.

주고 있다. 모발 분석 대상은 총 100명이었고, 연령 범위는 당뇨군에서 41세에서 84세였으며, 비당뇨군은 40세에서 78세였다. 평균 연령은 당뇨군에서 59.26±10.77세였고, 비당뇨군에서 57.66±10.36세였으며 두 군 간에 통계적인 유의성은 없었다(P=0.4507). 당뇨군에서 남자는 18명, 여자는 32명이었고 비당뇨군에서 남자는 15명, 여자는 35명이었다. 교육 정도는 당뇨군에서 무학력 6명, 고졸이하 32명, 대졸이상 12명이었고 비당뇨군에서 각각 4명, 30명, 16명이었다. 평균 수입은 당뇨군에서 100만원 이하 16명, 100만원 이상 200만원 이하 14명, 200만원 이상 20명이었고 비당뇨군에서 각각 18명, 13명, 19명이었다. 그 외 신장, 체중의 분포를 비교하였을 때 두 군간의 통계적으로 유의한 차이는 없었다(P=0.1736, P=0.2706).

표 2는 당뇨군과 비당뇨군의 일반 혈액 검사상 특징을 비교한 것으로 두 군 간에 통계적으로 유의한 차이를 보이는 항목은 없었다.

Table 2. Blood chemistry characteristics of study subject.

Characteristics	DM (N=50) Mean±SD*	Non-DM (N=50) Mean±SD*	P-value
Hemoglobin	13.56±1.28	13.10±1.05	0.0890 [†]
Hematocrit	39.43±4.07	38.74±3.46	0.4146 [†]
Na	139.42±2.85	138.88±2.76	0.3932 [†]
K	4.06±0.53	4.05±0.33	0.9846 [†]
Cl	100.95±13.76	102.49±3.33	0.4500 [†]
SGOT	22.54±8.96	22.29±8.31	0.8993 [†]
SGPT	24.14±11.99	24.09±12.74	0.9849 [†]
Bun	17.10±17.63	13.98±3.68	0.2309 [†]
Creatinine	0.95±0.25	0.93±0.19	0.6529 [†]
Protein	7.01±0.98	7.15±0.47	0.3825 [†]
Albumin	4.23±0.39	4.21±0.44	0.8354 [†]
Ca	9.28±0.94	9.39±0.39	0.4779 [†]
P	3.77±1.48	3.80±0.54	0.8695 [†]
Fe	97.70±25.84	97.32±38.44	0.9603 [†]

P value was obtained by t-test.

*SD: standard deviation.

[†]: P value was not significant.

2. 당뇨군과 비당뇨군 간의 모발 내 미네랄 값 비교(표 3)

당뇨군과 비당뇨군의 미네랄 함량은 표3과 같으며 구리 수치는 당뇨군에서 통계학적으로 의미 있게 낮았으며(P=0.013), 나트륨, 크롬, 황, 안티몬은 당뇨군에서 의미 있게 높게 나타났다(P=0.013, 0.0001, 0.010, 0.0001). 칼슘, 마그네슘, 철은 당뇨군에서 낮았으나 유의한 차이를 보이지는 않았다(P=0.0903, 0.1264, 0.3269).

고 찰

최근 우리 나라에서도 경제발전예 따른 식생활의 변화, 인구의 고령화 등으로 당뇨병 환자가 급격히 증가하고 있으나 현실적으로 지속적이고 적절한 치료가 어려운 경우가 많아 당뇨병성 합병증의 발생을 증가시키고 있어 당뇨병에 대한 정확한 관리 및 조절의 중요성이 더욱 강조되고 있다.^{9,10} 당뇨병은 지속적인 혈당 조절을 필요로 하는 만성 질환인데, 이러한 당뇨 환자의 치료에 있어서 중요한 지침은 식사요법, 운동요법과 필요 시 경구용 혈당 강하제나 인슐린 약물요법을 병행하는 것이다. 그리고 최근에는 인슐린 저항성을 개선하기 위해 인슐린 감작제를 사용하여 혈당 조절의 보조적 요법으로 사용하고 있다. 이러한 당뇨병의 성공적인 관리를 위해서 또한 중요한 것이 영양공급이다. 영양을 적절히 유지하고 체중에 적합한 칼로리를 유지하기 위해 탄수화물, 지방, 단백질과 같은 대량 영양소(macronutrient)와 미량 영양소(micronutrient) 즉 비타민, 미네랄의 공급이 중요하다.^{6,8,10,25,48} 현재까지 혈당의 조절이나 인슐린의 작용 등과 연관성이 알려진 미네랄은 크롬, 칼슘, 마그네슘, 망간, 바나듐 등이며^{10,20,21} 특히 크롬은 인슐린 수용체의 수를 증가시켜 인슐린 감수성을 높임으로써 포도당 대사에서 인슐린의 작용을 더욱 증강시켜 혈당치를 정상으로 유지하는 작용이 있다고 한다. 또한 크롬은 인슐린 수용체를 비활성화시키는 인산타이로신 포스파타제(PTP-1)를 억제하는 것으로 알려져 있다.^{1-3,11,12,21,57-60} 당뇨 환자에서 혈중 크롬의 수치는 감소되어 있는 것으로 보고되고 있으며 크

Table 3. Mineral characteristics of study subject.

Characteristics	DM (N=50) Mean±SD*	Non-DM (N=50) Mean±SD*	P value
Ca (Calcium)	109.3600±91.8967	144.6000±113.0315	0.0903 [†]
Mg (Magnesium)	9.4640±10.4039	12.8660±11.6319	0.1264 [†]
Na (Sodium)	65.1600±84.6824	32.0800±34.1179	0.0128
K (Potassium)	45.1600±79.7008	23.3400±50.1466	0.1051 [†]
Cu (Copper)	1.7300±1.5916	2.7800±2.4557	0.0130
Zn (Zinc)	13.7400±4.6939	15.9000±6.4973	0.0599 [†]
P (Phosphorus)	16.560±2.3488	15.5600±3.5002	0.0971 [†]
Fe (Iron)	1.2420±0.6155	11.4460±72.8560	0.3269 [†]
Mn (Manganese)	0.0434±0.0475	0.0766±0.1143	0.0622 [†]
Cr (Chromium)	0.0756±0.0324	0.0508±0.0177	0.0001
Se (Selenium)	0.1778±0.4510	0.0812±0.0481	0.1383 [†]
B (Boron)	0.1748±0.3451	0.1614±0.5511	0.8845 [†]
Co (Cobalt)	0.0015±0.0019	0.0065±0.0280	0.2151 [†]
Mo (Molybden)	0.0029±0.0017	0.0030±0.0026	0.7864 [†]
S (Sulfur)	4368.5800±292.0153	4203.4400±336.4952	0.0102
Sb (Antimony)	0.0044±0.0014	0.0022±0.0027	0.0001
U (Uranium)	0.0057±0.0250	0.0042±0.0089	0.6838 [†]
As (Arsenic)	0.0147±0.0112	0.0118±0.0080	0.1343 [†]
Be (Beryllium)	0.0010±0.0	0.0010±0.0	-
Hg (Mercury)	0.1250±0.0914	0.1494±0.1741	0.3831 [†]
Cd (Cadmium)	0.0089±0.0027	0.0272±0.1363	0.3482 [†]
Pb (Lead)	0.6662±3.5614	0.2180±0.4202	0.4282 [†]
Al (Aluminum)	0.8040±0.4458	0.8180±0.5185	0.8852 [†]

P value was obtained by t-test.

*SD: standard deviation.

[†]: P value was not significant.

톱이 결핍되면 당뇨 유사 증상이 발견되고^{12,13,60,61)} 2형 당뇨 환자에서 크롬을 추가로 복용하게 하여 혈당 조절을 향상시키거나 혈당 조절에 필요한 인슐린의 용량을 줄여주는 것으로 보고된 연구가 있다.^{14,18,19,57,58)}

그 외 칼슘, 마그네슘, 구리, 아연, 셀레늄 등도 내분비계와 관련성이 있는 것으로 보고되고 있다.⁴⁻⁷⁾

그동안 당뇨 환자에서 전반적인 미네랄의 수치를 측정하여 비당뇨군과 비교한 연구는 없었다. 외국의 보고들도 당뇨 환자에서 혈액 내의 미네랄 함량을 측정된 것들이었다. 이 연구에서는 혈액을 이용했던 기존의 연구와는 달리 모발을 이용하여 인체 내에 축적된 함량을 좀 더 자세히 확인하기 위해 설계되었다.

미국의 환경청(US EPA)에서는 이와 같은 모발을 이용한 분석이 미네랄이 인체 내에 어떻게 분포되어 있는지 알아보기 위한 생체시료 면에서의 수단으로 중요하다고 발표한 바 있다.²²⁾ 이것은 미네랄들이 인체에 축적되어 있는가를 알아보기 위하여 과거에는 혈액, 뇨, 타액, 땀 등이 이용되었으나²³⁾ 이들은 체내에 흡수되면서 곧 분비되므로 장기간의 축적량을 확인하는 데는 적당한 생체 시료가 되지 못한다는 내용이다. 미네랄 함량을 측정하기 위한 물질 중 두발을 사용하는 방법은 표본 채취 시 고통이나 상처 없이 표본을 채취할 수 있으면서 특별한 설비나 저장조건이 필요없으며 오랜 기간 저장이 가능하고 모발 생성 당

시의 과거 폭로 농도를 측정할 수 있다. 혈액에도 각종 미네랄이 함유되어 있으나, 혈액 내의 농도는 채취 시간이나 대상자의 당시의 기분, 표본 채취 전의 음식 섭취 등에 따라 변동되므로 모발 표본을 이용하는 것이 혈액에 비해 장점이 있다. 그러나 모발의 경우도 외부 물질의 오염, 샴푸, 탈색, 염색, 퍼머 등에 영향을 받을 수 있고, 최근 상태를 반영하지 못하는 등의 단점이 있다.^{16,23,27,28)}

각 미네랄에 대한 참고치는 미국 티아아이 본사의 자료를 참조하였는데 이 자료는 건강한 성인 2,200명(북아메리카인 57%, 유럽인 17%, 남아메리카인 16%, 아시아인 12%)의 모발을 대상으로 측정된 값이다.²⁴⁾ 본 연구에서는 구리의 수치가 당뇨군에서 통계적으로 유의하게 낮게 측정되었고 참고치보다 낮았으며 크롬, 나트륨, 황, 안티몬은 당뇨군에서 통계적으로 유의하게 높게 측정되었고 참고치에 비해서는 나트륨, 크롬, 안티몬은 높았고 황은 참고치에 비해 낮게 측정되었다. 이 중에서 참고치와 통계적으로 유의한 차이를 갖는 것은 나트륨, 구리, 크롬이었다. 크롬은 외국의 연구들에 의하면 당뇨 환자들의 혈중에서 감소되어 나타나는 것으로 보고되고 있다.^{57,60,61)} 그리고 이에 대한 보충을 통한 혈당 개선과 인슐린의 작용 증가를 보고한 연구가 있다.^{14,17-19)} 그러나 본 연구에서는 모발 내의 수치가 오히려 비당뇨군에 비해 높게 측정되었다. 당뇨 환자에서 모발 내 크롬을 측정된 연구 결과에 대한 국내의 보고가 없어 비교를 할 수는 없지만 혈액 내의 크롬이 감소하면서 세포내로의 유입이 오히려 증가하여 모발 내에 축적되어 나타나는 것이 아닐까 추정할 수 있다. 이는 후지타 등이 2000년 한 저널에서 골다공증 환자에서 뼈로부터 칼슘이 빠져나와 세포 내로 축적된다고 주장하였는데(Ca paradox) 이러한 주장과 관련지어 크롬 독설(Cr paradox)의 가능성을 생각해 볼 수도 있을 것이다.^{55-57,60)}

본 연구의 제한점으로는 첫째, 혈액과 모발 내의 미네랄 함량을 동시에 측정하지 못하여 두 값의 차이에 대한 비교가 어려웠던 것과, 둘째, 기본적인 혈액 검사를 통해 이상 소견이 없는 연구 대상자를 선별했지만 선별 검사로 발견할 수 없는 잠재된 다른 질병의 가능성이 있다는 것이다. 셋째는 모발 채취 시 염

색이나 퍼머를 한 대상자는 배제하였으나 비누나 샴푸로 인한 오염으로 미네랄 측정치의 오차가 발생할 수 있다는 것이고 넷째 같은 연령의 대상자를 선택하고자 하였으나 일부는 당뇨군에서 좀 더 연령이 높았고 노화에 따른 과정에서의 미네랄 함량 차이는 검증되지 못하였다는 것이다. 그렇지만 우리나라에선 처음으로 당뇨 환자에서 미네랄 함량을 측정하여 비당뇨군과의 차이를 비교한 점, 검사상의 오차일 수도 있었지만 혈액에서 측정된 값과 차이가 있을 수 있다는 것을 발견한 점, 미네랄 보충 요법 이후의 변화를 확인하기 위한 기본 자료로 활용할 수 있다는 점 등에서 본 연구의 의의를 찾을 수 있을 것이다.

최근에 들어와서 미네랄의 역할에 대해 재평가가 이루어지고 있으며 미네랄의 결핍이나 축적 등의 불균형으로 심혈관계, 소화기계, 근골격계, 면역계, 내분비계의 질환이 발생할 수 있다는 사실이 널리 알려지고 있고 이에 대한 연구도 활발히 행해지고 있다.^{12,30-37,45-47,50)} 따라서 앞으로 혈중 미네랄 값과 조직 내 미네랄 값의 비교를 통한 상관 관계에 대한 연구가 필요할 것으로 생각되며 보다 정확한 연구 대상자 선별과 노화에 따른 미네랄 함량의 변화에 대한 연구가 진행되어야 할 것으로 보인다. 그리고 단지 결핍이나 축적이 아닌 상호간의 불균형이 어떤 영향을 미치게 되는지를 또 당뇨와 어떤 관련이 있는지 분자 생물학적인 연구가 보다 더 진행되어야 하겠다. 또한 미네랄 보충을 한 뒤-가령 당뇨 환자에서 크롬 보충 요법- 일어나는 미네랄 함량 변화나 증상 변화, 혈당 등의 검사 결과 변화에 대한 연구도 필요할 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

1. Cecil. Textbook of Medicine: 21th ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company; 2000. p. 1140-1178.
2. Robert E. Rakel. Textbook of Family Practice:6th ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company; 2002. p. 1107-1143.
3. 김윤수. 생화학: 제3판. 서울: 의학문화사; 1992. p. 61-636.
4. Shils M, Olsen J, Shike M, Ross AC. Modern Nutrition in Health and Disease, 9th ed. Baltimore: Williams &

- Wilkins: 1999.
- Braunwald, Fauci, Kasper, Hauser, Longo, Jameson. Harrison's Principles of Internal Medicine: 15th ed. New York: McGraw-Hill Inc.; 2001.
 - Doisy RJ, Polansky MM, Bryden NA, Roginski EE. Trace Elements in Human Health and Disease. Essential and Toxic Elements Vol. 2 New York: Marcel Dekker; 1976.
 - Klein S, Kinney J, Jeejeebhoy KI. Nutrition support in clinical practice. Review of published data and recommendation for future research directions. Am J Clin Nutr 1997;66:683.
 - McMahon M, Farnell MB, Murray MJ. Nutritional support of critically ill patients. Mayo Clin Proc 1993; 68:911.
 - 대한당뇨병학회. 당뇨병학: 제2판. 서울: 고려의학. 1998.
 - American Diabetes Association. Nutrition recommendation and principles for people with diabetes mellitus. Diabetic Care 2000;17 Suppl 1:43-6.
 - Mazze R. Staged diabetes management. Diabetic Care 1994;17(Suppl 1):56-66.
 - Perfetti R, Barnett PS, Nathur R, Egan JM. Novel therapeutic strategies for the treatment of type 2 diabetes. Diabetes/Metab Rev 1998;14:207-25.
 - Castro VR. Chromium in a series of Portuguese plants used in the herval treatment of diabetes. Biological Trace Element Research 1998;62(1-2):101-6.
 - Richard A. Anderson, Nanzheng Cheng, Noella A. Bryden, Marilyn M. Polansky, Nanping Cheng, Jiaming Chi, et al. Elevated intakes of supplemental chromium improve glucose and insulin variables in individuals with type 2 diabetes. Diabetes 1997;46: 1786-91.
 - Gail Kuhlman, Ronald E. Rompala. The influence of dietary sources of zinc, copper and manganese on canine reproductive performance and hair mineral content. Journal of Nutrition 1998;128:2603S-5S.
 - Leslie M Klevay, Bruce R Bistrian, C Richard Fleming, Charlotte G Neumann. Hair analysis in clinical & experimental medicine. Am J Clin Nutr 1989;46:233-6.
 - Matti I. J. Uusitupa, Leena Mykkanen, Onni Siitonen, Markku Laakso, Helena Sarlund, Paaivi Kolehmainen et al. Chromium supplementation in impaired glucose tolerance of elderly. British Journal of Nutrition 1992;68:209-16.
 - Walter RM Jr, Uriu-Hare JY, Olin KL, Oster MH, Anawalt BD, Keen CL, et al. Copper, zinc, manganese, and magnesium status and complication of diabetes mellitus. Diabetes Care 1991;14(11):1050-6.
 - Hembidge KM, Rodgerson DO, O'Brien D. Concentration of chromium in the hair of normal children and children with juvenile diabetes mellitus. Diabetes 1968; 17:517-9.
 - Cambell RK, Baker DE. Vitamines and mineral supplementation in patients with diabetes mellitus. The Diabetes Educator 1992;18:420-7.
 - Susan L Thom. Nutritional management of diabetes. Diabetes 1993;28:97-112.
 - EPA. Human Scalp Hair. An environmental exposure index for trace elements. National Technical Information Service 1978;1:78-376.
 - Seidel, Sharon, Kreutzer, Richard, Smith, Daniel, et al. Assessment of Commercial Laboratories Performing Hair Mineral Analysis. JAMA 2001;285:67-72.
 - David L. Watts. Trace Elements and Other Essential Nutrients. 1st ed. Dallas (Texas): TEI Publishers; 1995.
 - Grundy S. Dietary therapy in diabetes mellitus. Diabetes Care 1992;14:796-801.
 - Anderson RA, Roussel AM, Zouari N, Mahjoub S, Mathieu JM. Potential antioxidant effects of zinc and chromium supplementation in people with type 2 diabetes mellitus. Journal of the American College of Nutrition 2001;20(3):212-8.
 - 김형석. 모발분석에 의한 독성금속 및 미네랄 평형에 관한 고찰. 지구환경논문집 1996;7:186-98.
 - 승정자. 한국 여대생의 혈청과 두발중 아연 함량에 관한 연구. 한국영양학회지 1984;17(2):137-44.
 - Stephen Barrate MD. Commercial Hair Analysis, Science or Scam? JAMA 1985;254(8):1041-5.
 - 김두희, 김옥배, 장봉기. 정신지체아의 두발 중 중금속의 함량 I -납과의 관련성-. 예방의학회지 1989;22(1): 125-35.
 - 박순우, 이종영, 김두희. 정신지체아 두발 중 중금속 함량 II -카드뮴 및 아연과의 관련성-. 예방의학회지 1989; 22(2):215-22.
 - 한기환, 장봉기, 김두희. 정신지체아 두발 중 중금속 함량 III -수은과의 관련성-. 예방의학회지 1989;22(3): 368-78.
 - 송경희, 김두희, 이종영. 치과 진료실내 수은 오염도 및 치과외사의 두발 중 수은 함량. 대한산업의학회지 1991; 3(1):21-31.
 - 김두희, 강영우, 박순우, 이근후, 이영숙. 정신분열증 환

- 자의 두발 중 구리 및 수은 함량 과 그 인성과의 관련성. 예방의학회지 1990;23(3):296-308.
35. 김두희, 장봉기, 이덕희, 홍성철, 김병희. 두발 중 미량 중금속과 필수금속의 과다 또는 과소의 불균형과 폭력범죄 행동과의 관련성 연구. 예방의학회지 1994;27(10):25-43.
 36. HT Delves. Assessment of Trace element status. Clinics in Endocrinology & Metabolism 1985;14(3):725-60.
 37. Gebre-Medhin M, Kylberg E, Edwald U, Tuverno T. Dietary intake, trace element and serum protein status in young diabetics. Acta Paediatrica Scandinavica (suppl) 1985;320:38-43.
 38. Hambidge KM, Rodgeron DO. Comparison of hair chromium levels of nulliparous and parous women. Am J Obst Gynecol 1969;103:320-1.
 39. Henzel JH, DeWeese MS, Pories WJ. Significance of magnesium and zinc metabolism in the surgical patient. part II Zinc. Arch Surg 1967;95:991-9.
 40. Sanger G, Dagoglu T, Ozen T. Hair manganese concentrations in newborns and their mothers. Am J Clin Nutr 1985;41:1042-4.
 41. Phil RO, Parkes M. Hair element content in learning disabled children. Science 1977;198:204-6.
 42. Deeming SB, Weber CW. Evaluation of hair analysis for determination of zinc status using rats. Am J Clin Nutr 1977;30:2047-52.
 43. Wallach S. Effects of magnesium on skeletal metabolism. Magnesium & Trace Elements 1990;9(1):1-14.
 44. Frieberg L, Vahter M. Assessment of exposure to lead and cadmium through biological monitoring results of a UNEP/WHO global study. Environ Res 1986;30:95-128.
 45. Chappuis P, de Vernejoul MC, Paolaggi F, Roussiec F. Relationship between hair, serum and bone aluminium in hemodialyzed patients. Clinica Chimica Acta 1989;179(3):271-8.
 46. Reynolds AP, Kiely E, Meadows N. Manganese in long term pediatric parenteral nutrition. Archives of Disease in Childhood 1994;71(6):527-8.
 47. Ringstad J, Kildebo S, Thomassen Y. Serum selenium, copper and zinc concentrations in Crohn's disease and ulcerative colitis. Scand J Gastroenterol 1993;28(7):605-8.
 48. Underwood EJ. Trace element in human and animal nutrition. 4th Ed New York: Academic press, 1977.
 49. Clarkson TW. The pharmacology of mercury compounds. Ann Rev Phar Toxicology 1972;12:375-406.
 50. Goldschmid S, Graham M. Trace element deficiency in inflammatory bowel disease. Gastroenterology Clinics of North America 1989;18(3):579-87.
 51. Reeves WC, Marcuard SP, Willis SE, Movahed A. Reversible cardiomegaly due to selenium deficiency. Journal of Parenteral & Enteral Nutrition 1989;13(6):663-5.
 52. Fung YK, Meade AG, Rack EP, Blotcky AJ, Classen JP, Beatty MW, et al. Determination of blood mercury concentration in Alzheimer's patients. 1995;33(3):243-7.
 53. Winship KA. Toxicology of mercury and its inorganic salts. Adv Drug react Ac Pois Rev 1985;181:344-7.
 54. Venkatesh Iyengar, Joost Woltitz. Trace elements in human clinical specimens Evaluation of literature data to identify reference value. Clinical Chemistry 1988;34(3):474-81.
 55. Fujita T. Calcium paradox: consequences of calcium deficiency manifested by a wide variety of diseases. J Bone Miner Metab 2000;18(4):234-6.
 56. Katz SA. The toxicity/essentiality of dietary minerals. Arh Hig Rada Toksikol 1995 Sep;46(3):333-45.
 57. Richard A. Anderson. Chromium and Diabetes. Nutrition 1999;15(9):720-22.
 58. Richard A. Anderson. Chromium in the prevention and control of diabetes. Diabetes Metab 2000 Feb;26(1):22-7.
 59. Morris BW, Blumsohn A, Mac Neil S, Gray TA. The trace element chromium - a role in glucose homeostasis. Am J Clin Nutr 1992 May;55(5):989-91.
 60. Morris Bw, Blumsohn A, Mac Neil S, Hardisty CA, Heller S, Burgin C, et al. Chromium homeostasis in patients with type II Diabetes. J Trace Elem Med Biol 1999 Jul;13(1-2):57-61.
 61. Ekmekcioglu C, Prohaska C, Pomazal K, Steffan I, Schemthaler G. Concentration of seven trace elements in different hematological matrices in patients with type 2 diabetes as compared to healthy controls.

Abstract

A Study on Hair Mineral Concentrations in Diabetic Patients

Soo Ick Jang, M.D., Kyoung Kon Kim, M.D., Bok Gi Lee, M.D.
Hyung Joon Kim, M.D., Soo Hyun Lew, M.D., Hee Cheol Kang, M.D.
and Bang Bu Youn, M.D.

Department of Family Medicine, Shinchon Severance Hospital,
Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Background: Minerals are essential nutrients of human body and related with various diseases. Some minerals may be associated with endocrine function. Especially, chromium is known to enhance the action of insulin. The correlation of minerals with DM has not been studied in Korea yet. Therefore, to know whether there is any significant difference of minerals concentration and component between DM patient and non-DM patient, the quantity of each mineral in the hair of patients and controls was measured. If there is any significance, a guideline of nutritional therapy with minerals could be proposed and recommended.

Method: An analysis of hair was performed on the type II diabetic patients and non-diabetic patients who visited Severance hospital outpatient clinic from April, 2001 to January, 2002. Hairs were obtained from each subject and were analyzed into the concentration of mineral using an atomic absorption spectrophotometer. The concentration of each element between the two groups was compared by t-test analysis.

Results: The concentration of copper, sodium, chromium, sulfur, and antimony was significantly different; the level of copper was significantly lower in the diabetic group ($P=0.013$). On the other hand, the levels of sodium, chromium, sulfur, and antimony were significantly higher in the diabetic group ($P=0.013, 0.0001, 0.010, 0.0001$).

Conclusion: Previous studies have suggested that the concentration of chromium in diabetic patients' blood was lower than those in normal population. However, this study showed that the measured amount of chromium in hair was significantly higher in the diabetic group. This result warrants a study on the correlation between the concentration of chromium in blood and hair, and also, on the mutual relationship of other minerals (copper, sodium, sulfur, and antimony) which also showed significant difference in this study. (J Korean Acad Fam Med 2002;23:1133-1140)

Key words: mineral, DM, hair