

자외선에 의한 비타민 D₃ 합성과 직물(제 2 보) — 동물 실험을 통하여 —

김 정 현 · 안 령 미 · 송 명 건*

동덕여자대학교 보건관리학과 · *의상디자인과

UVB Photosynthesis of Vit. D₃ and Fabrics (Part II) — The animal study —

Jung-Hyeon Kim · Ryoung-Me Ahn · Myung-Kyun Song*

Dept. of Health Science and *Dept. of Fashion design, Dongduk Women's University

(1998. 4. 7 접수)

Abstract

Because there is a great concern today about the damaging effect of chronic exposure to sunlight the use of sunscreen providing the photoprotection effect against ultraviolet (UV) was widely increased. As a result of common use of level of photosynthetic Vit. D₃ in human skin decreased these days. In our experiment the animals covered with fabrics with 50% (fabric B) and 100% (fabric A) protection rate against ultraviolet B (UVB) were used to measure serum 25(OH)D₃, ALP, total calcium and phosphorus. Vitamin D deficiency diet group had no effect on concentration of serum phosphorus. But the concentrations of serum 25(OH)D₃ and total calcium were more decreased in vitamin D deficiency diet rats than in normal diet rats. Alkaline phosphatase activity in sunlight irradiated groups covered with 50% (fabric B) and 100% (fabric A) UVB protection fabrics was more significantly decreased than vitamin D deficiency diet group. In conclusion, sunlight irradiated groups were compared to effective to protect born disease due to the Vit. D deficiency group.

Key words: UVB, sunlight irradiated, Vit. D, fabric, alkaline phosphatase; 자외선 B, 햇빛조사, 비타민 D, 직물, 알칼라인 포스파타아제

I. 서 론

지구 오존층의 파괴와 이로 인한 자외선의 과다한 유입은 인간 스스로가 자외선에 대한 방어활동을 강화하는 계기가 되고 있다. 특히 피부에 도포하는 형식의 자외선 차단제의 사용이나 모자 또는 의복을 이용한 자외선 차단이 증가하고 있다. 이중 자외선 차단제의 과잉

사용은 노인들에 있어서 비타민 D의 결핍을 초래할 수 있으며(Matsuoka, L.Y. et al., 1988) 피부 접촉부위의 질환을 초래하기도 한다. 의복은 인간이 외부의 태양 광선으로 인한 위해로부터 스스로를 보호하기 위하여 사용되어져 왔는데(Robson, J., 1990) 의복에 의한 자외선의 과잉 차단은 비타민 D의 피부에서의 생성을 저해하는 하나의 요인이 될 수 있다. 대부분의 의복들은 태양광선에서 자외선 B파장을 흡수하는 것으로 알

려져 있으며(Matsuoka, L.Y. et al., 1992) 특히 태양에 노출되는 부위를 모두 의복으로 감싸는 풍속이 있는 사우디아라비아에서 어린이에게는 비타민 D 결핍에 의한 구루병이 성인에게는 골연화증, 골소공증의 위험이 증가하였다(Sedrani, S.H. et al., 1990).

비타민 D는 장에서의 칼슘과 인의 흡수를 촉진시키고 조직중의 인신을 칼슘과 결합시켜 뼈에 침착시키며 세포 외액중의 칼슘과 인의 농도를 일정하게 유지시킨다.

식이에 의한 비타민 D 섭취는 성인에 비해 태양광선에 노출이 적으며 또한 비타민 D의 피부에서의 합성능력이 낮은 노인들(Holick, M.F. et al., 1989)에 있어서 중요하며 태양광선에 의한 합성은 성인에게 있어서 가장 중요한 급원이라고 생각된다(McKenna, M.J. et al., 1984). 태양광선에 의한 비타민 D의 체내 합성 경로는 다음과 같다. 태양광선에 피부가 노출되는 동안 290~315 nm 사이의 파장을 가진 Ultraviolet B(UVB) 광자가 피부속으로 침투하고 7-dehydrocholesterol (provitamin D)의 저장소인 표피와 진피에 흡수된다(Holick, M.F. et al., 1980). 이것은 7-dehydrocholesterol의 B고리 구조에 광분해를 유발하여 9,10-secosterol precholecalciferol (previtamin D)의 형태로 변화되며(Tian, X.Q. et al., 1993) 이 previtamin D가 피부에서의 온도평형에 의해 비타민 D로 변환된다.

피부에서의 생성 및 식이를 통한 섭취에 의해 체내에 공급된 비타민 D는 간에서 25(OH)₂D로 변환되고 이것이 신장에서 1,25(OH)₂D의 형태로 된다(DeLuca, H. 1988; Holick, M.F. 1989; Reichel, H. et al., 1989). 비타민 D의 생물학적인 활성형인 1,25(OH)₂D는 장에서의 칼슘과 인의 흡수를 촉진하며 혈장에서 칼슘이온의 조절자로도 작용한다. 또한 비타민 D는 미네랄의 결합조직으로서 신체의 지지작용뿐만 아니라 모든 대사 활동에 참여하는 골조직과 혈액사이의 칼슘이온의 분포

를 조절한다. 또한 1,25(OH)₂D와 그 유사물은 피부건선질환의 치료제로서 개발되고 있다.

ALP(Alkaline Phosphatase)는 체내 골질환 발생시 증가하는 효소로 비타민 D 결핍시 발생하는 연골조직의 석회화와 성장억제에 대한 지표로서 사용되며 이러한 경우 혈중의 농도가 증가하게 된다(Boyan, B.D. et al., 1988). 즉 혈중 ALP가 증가하게 되면 그것은 준임상적인 골질환의 발생을 암시하게 된다(McKenna, M.J. et al., 1985).

본 연구에서는 비타민 D 결핍 식이로 사육한 쥐에 자외선 차단율이 각각 50%(fabric B)와 100%(fabric A)인 천을 씌워 빛을 쬐인 후, 쥐의 혈중 비타민 D량과 ALP, 칼슘, 인, 골밀도 등이 섭취의 자외선 투과도에 비례하여 어떻게 변화될 것인지를 알아보기 위해 다음과 같은 실험을 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

1) 직물 시료

실험에 사용된 시료는 자외선 차단율을 고려한 2종을 연구 대상으로 하였다. 이들 직물 시료의 물리적 성질은 <Table 1>과 같다. 이때 직물의 혼용율은 KS K 0210, 밀도는 KS K 0511, 두께는 KS K 0506, 차광율은 KS K 0819 방법에 의해 측정되었다.

자외선 차단율은 UVB lamp(Spectronics corporation, USA)를 직물의 20 cm 위에 장치하고, UVB를 1분간 조사시켰다. 이때 자외선 센서(San Gabriel, USA)를 직물 밑에 놓은 상태에서 자외선량을 측정된 것을 S, 직물을 투과시키지 않은 자외선량을 B로 측정하였으며, 직물의 자외선투과율은 다음과 같이 계산하였으며 <Table 1>에 나타내었다.

$$\text{자외선투과율}(\%) = (S/B) \times 100$$

Table 1. The characteristics of materials

Label	Material	Density density/5 cm		Thickness (mm)	Light blocking rate (%)	UVB transmittance rate (%)
		Warp	Weft			
A	Polyester 100	149.8	331.6	0.21	93.6	0
B	Polyester 100	160.8	217.0	0.15	6.5	50

2) 시약 및 조제

NaCl(MW ; 58.44), KCl(MW ; 74.56), $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (MW ; 358.14), KH_2PO_4 (MW ; 136.09), K_2HPO_4 (MW ; 174.18), $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (MW ; 156.01)는 일본의 Junsei사 제품을 EDTA(ethylenediaminetetraacetic acid disodium salt, $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, MW ; 372.2)는 미국의 Sigma사의 것을 사용하였으며 이외의 시약은 특급시약을 사용하였다.

3) 기구 및 장치

자외선 B량의 측정에 사용한 UV Radiometer(6501-54, VLX-3W, 최대파장 312 nm)는 France의 Vilber Lourmat사의 제품을 사용하였으며 실험동물의 털을 깎기 위해 사용한 면도기는 일본의 Matsushita사의 National 면도기를 사용하였다. 또한 polytron homogenizer(KINEMATICA, Swiss), UV/VIS spectrophotometer(Milton Roy Co., U.S.A), 원심 분리기(Vision), pH-meter(632 Metrohm, Swiss)를 사용하여 실험하였다.

4) 실험 동물

① 실험동물 사육 및 식이

실험동물은 체중이 155 ± 20 g인 4주령된 Sprague-Dawley계 암컷 흰쥐를 식품의약품안전본부 동물실험실에서 분양받아 1주간 기본식으로 적응시킨 다음 실험에 이용하였다. 사육실의 온도는 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 유지하였으며 조사량은 자연광으로 조절하였다. 실험동물의 증량

은 난괴법으로 4군으로 구분하고 한 군은 6마리로 하여 3마리씩 일반 랫용 polycarbonate cage에 넣어 11주간 사육하였다. 식이는 일반식이군의 경우 제일제당의 일반사료를 공급하였고 비타민 D 결핍식이군과 비타민 천A, 천B군은 비타민 D 결핍식이를 공급하였다. 군구성 및 조사한 자외선량은 Table 2에 나타났다.

실험기간동안 실험식이와 물(수돗물)은 자유롭게 섭취하게 하였으며, 이들의 섭취량은 매일 측정하였고, 체중은 10일에 한 번 측정하였다.

② 햇빛 조사

사육 8주째 일반식이군을 포함한 모든 군의 실험동물은 등부를 면도기를 이용하여 가로 4 cm, 세로 8 cm되게 털을 제거한 후 주당 3회씩 3주동안 자외선 차단율이 50%(fabric B) 또는 100%(fabric A)되는 천을 cage 위에 씌워 태양광선을 조사하였다. 태양광선 조사는 자외선량이 가장 높은 낮 12시에서 12시 30분까지 실시하였으며 9회의 태양광선 조사에 따른 총 자외선 B파량은 30 KJ/m^2 였다. 햇빛을 조사하는 기간과 조사 후에도 계속 동일한 식이를 공급하였다.

2. 실험 방법

1) 채혈 및 혈액 분리

혈액을 채취하기 위해 24시간 절식시킨 후 ethy-lether로 마취시켜 복부대동맥에서 혈액을 채취하였다. 혈액은 4°C , 3000 rpm으로 원심분리하여 혈청과 혈구

Table 2. Composition of experimental groups

Group	Diet	Fabrics	UV dose(KJ/m ²)
Normal diet	Normal	None	0
Vit. D deficiency diet	Vitamin D deficiency ¹⁻⁵⁾	None	0
Vit. D deficiency diet+sunlight+fabric A	Vitamin D deficiency ¹⁻⁵⁾	100% protection rate of UVB	30
Vit. D deficiency diet+sunlight+fabric B	Vitamin D deficiency ¹⁻⁵⁾	50% protection rate of UVB	30

1) Salt mixture (g/kg salt mixture): Calcium carbonate (300.0), Dipotassium phosphate (322.5), Magnesium sulfate (102.0), Monocalcium phosphate (75.0), Sodium chloride (167.5), Ferric citrate $6\text{H}_2\text{O}$ (27.5), Potassium iodide (0.8), Zinc chloride (0.25), Copper sulfate (0.3), Manganese sulfate (5.0)

2) Vit. A (ml/kg diet): Vitamin A (0.1 mg (850 I.U.))

3) Vitamin E, K mixture (2 ml/kg diet): α -tocopherol acetate (Vitamin E) 150 mg, Menadion (Vitamin K) 6 mg in Corn oil 6 ml

4) Water soluble Vitamins (mg/kg diet): Riboflavin (20), Nicotinic acid (120), Pyridoxine (10), Calcium pantothenate (100), Biotin (0.05), Folic acid (4), Inositol (500), Para-aminobenzoic acid (100), Choline chloride (2,000)

5) Vitamin B₁₂ solution (2 ml/kg diet): Vitamin B₁₂ 5 mg in D.W. 100 ml.

를 분리하였으며 혈청은 Total calcium, Phosphorus, 25(OH)D₃, ALP 실험에 시료로 사용하였다.

2) 25(OH)D₃ 측정

25(OH)D₃의 측정은 Radioimmuno assay 방법으로 실험하였으며 측정기기는 γ -counter(COBRA)가 이용되었다.

3) 총칼슘, 인, ALP 측정

Total calcium 검사에는 O-cresol phtalein 법이 사용되었으며 Phosphorus 검사에는 U.V method, 그리고 ALP 검사에는 AMP(KINETIC)법이 사용되었으며 사용기기는 Hitach 747이었다.

4) 골조직 검사

부검한 동물의 대퇴골은 10% 중성포르말린과 formic acid를 1:1로 섞은 용액으로 처리하여 1주일 간 고정 및 탈회한 후 골간면과 평행하게 삭정하였다. 삭정조직을 일반적인 처리과정을 거쳐 5 μ m의 두께로 박절하여 hematoxyline-eosin 염색하여 관찰하였다.

III. 결 과

1. 체중측정

실험기간 동안의 실험동물의 몸무게변화를 관찰한 결과는 태양광선을 조사하기 시작한 8월 20일 이후에 비타민 D 결핍식이의 동물에서 급격한 몸무게의 감소를 볼 수 있었다(Fig. 1). 이는 25 \pm 1 $^{\circ}$ C로 온도가 일정한 사육실에서 생활하던 동물들이 태양광선 조사와 함께 높은 실외온도에 노출됨으로써 이로 인한 stress에 의해서 일어난 것으로 볼 수 있다. 특히 일반사료를 공급한 동물의 경우 고온에의 노출은 없었지만 동부의 털을 제거하는 과정에서 발생한 stress 때문에 몸무게의

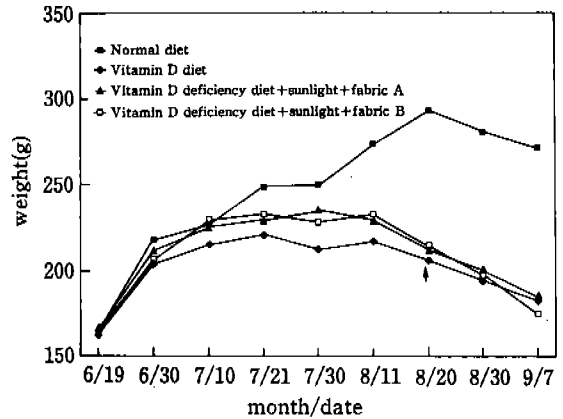


Fig. 1. Weight of experimental groups
 ↑ The exposure of sunlight was beginning at August 20.

감소가 발생한 것으로 생각된다. 또한 일반사료를 공급한 동물들에 비하여 비타민 D 결핍 사료를 공급한 동물들이 몸무게의 감소가 뚜렷하였는데 이것은 영양학적으로 불충분한 사료를 공급받은 동물들이 외부 stress에 대해 민감하기 때문인 것으로 생각된다.

2. total calcium, phosphorus, 25(OH)D₃ 및 ALP 측정

Table 3에서는 일반식이군과 비타민 D 결핍식이군에 태양광선을 조사하였을 경우 혈중의 총칼슘, 인, 25(OH)D₃의 농도를 나타냈다. 총칼슘의 경우 일반식에 비해 비타민 D 결핍식이군에서 총칼슘농도가 감소하였으며 비타민 D 결핍식이군에 100%(fabric A), 50%(fabric B) 자외선 차단천을 덮고 태양광선을 조사하였을 경우 일반식이나 비타민 D 결핍식이군에 비하여 감

Table 3. Concentration of total calcium, phosphorus and 25 (OH) D₃ in serum

Group	total calcium (mg/dl)	phosphorus (mg/dl)	25 (OH) D ₃ (ng/ml)
Normal diet	9.28 \pm 0.64 ^a	5.38 \pm 1.81 ^a	13.9 \pm 1.93 ^a
Vit. D deficiency diet	7.6 \pm 1.13 ^b	5.25 \pm 0.73 ^a	0.63 \pm 0.62 ^b
Vit. D deficiency diet+sunlight+fabric A	5.30 \pm 0.70 ^c	4.90 \pm 0.28 ^b	0.24 \pm 0.09 ^b
Vit. D deficiency diet+sunlight+fabric B	5.60 \pm 0.34 ^c	4.46 \pm 0.30 ^{ab}	0.08 \pm 0.05 ^b

*Same letters with row represent non significant difference at 5% level by Duncan Multiple range test

*fabric A : 100% protection rat of UVB

*fabric B : 50% protection rate of UVB

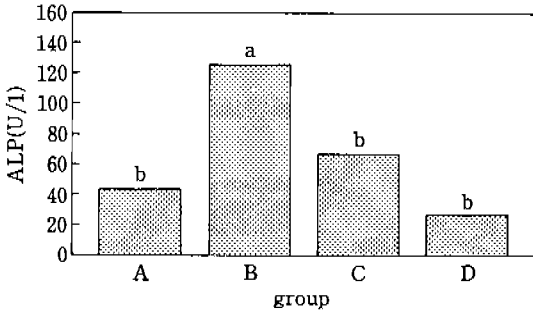


Fig. 2. The ALP activity in experimental rats
 A : Normal diet, B: Vitamin D deficiency diet,
 C: Vitamin D deficiency diet and sunlight
 exposure with fabric A, D: Vitamin D defi-
 ciency diet and sunlighy exposure with fabric
 B.
 *Same letters are not significant difference at
 5% level by Duncan Multiple range test

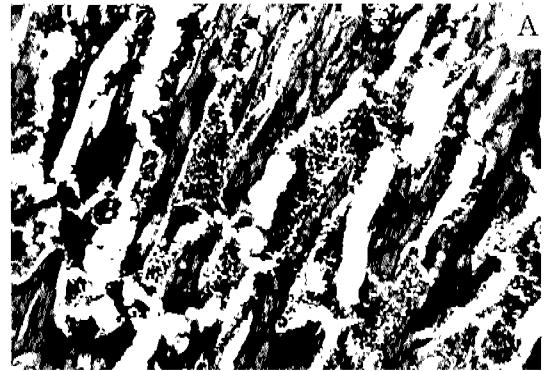
소하는 경향이 관찰되었다. 또한 인의 경우에 있어서도 총칼슘과 유사한 경향을 보였다.

25(OH)D₃ 농도는 일반식이에 비해 비타민 D 결핍식이를 공급한 쥐에게서 유의한 감소를 나타냈지만 비타민 D 결핍식이에 100% (fabric A) 차단율을 덮고 태양광선을 조사한 경우나 50% (fabric B) 차단천을 덮고 태양광선을 조사한 경우 모두 비타민 D 결핍식이와 유의한 차이가 나타나지 않았다.

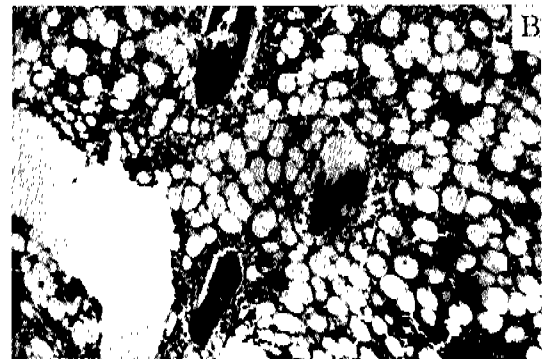
Fig. 2는 일반식이와 비타민 D 결핍식이의 실험동물에 태양광선을 조사하였을 경우 혈중 ALP 농도에 관한 결과로 일반식이군에 비해 비타민 D 결핍식이군에서 통계학적으로 유의하게 증가하는 것을 관찰할 수 있었다. 또한 비타민 D 결핍식이군에 50% (fabric B) 차단천을 덮고 태양광선을 조사한 경우 100% (fabric A) 차단천을 덮고 태양광선을 조사한 군에 비하여 ALP의 활성이 감소하는 경향을 나타냈다.

3. 골조직 검사

일반식이군의 대퇴골은 정상적인 골밀도를 나타내고 있었다(Fig. 3A). 하지만 비타민 D 결핍식이를 공급한 군에서 대퇴골의 층판상골(lamella bone)의 골지주(trabeculla)수와 두께가 현저히 감소하고 지방조직으로 대체되는 소견이 관찰되어 골밀도가 감소되고 있다(Fig. 3B). 그리고 비타민 D 결핍식이에 자외선을 50% 방어하는 천을 씌워 태양광선을 조사한 군의 동물에서는 일반식이군보다 골밀도의 감소가 있었으나 비타



(A)



(B)



(C)

Fig. 3. Bone histology of experimental rat

A, normal histology of femur of rat; B, severe decrease of number and thickness of trabecular bone and replacement of fat tissue in the rat fed vitamin D deficiency diet; C, moderate decrease of number and thickness of trabecular bone in the rat fed vitamin D deficiency diet and sunlight irradiation with fabric B

던 D 결핍식이군 보다는 감소정도가 낮았다(Fig. 3C). 또한 자외선을 100% 차단하는 천을 씌워 태양광선을 조사한 동물의 뼈는 Fig. 3C와 같은 경향을 보였다.

IV. 고 찰

비타민 D는 체내 칼슘과 인의 흡수에 관여하며 인체의 골격계 유지에 필수적인 호르몬이다(N.H Bell, 1985). 이러한 비타민 D는 식이에 의해서 체내에 공급되거나 태양광선에 의해서 피부에서의 생성으로 체내에 공급된다. 태양광선에 의한 체내 비타민 D의 합성은 여러 가지 요인에 의해 영향을 받을 수 있다. 특히 태양광선의 과도한 노출로 부터 피부를 보호하기 위하여 사용하는 의복(J. Robson, 1990)은 피부에서의 비타민 D의 생성을 저해하는 하나의 요인이 되고 있다. Sedrani(1990) 등의 연구에 의하면 의복에 의해 피부의 대부분을 감싸는 사우디아라비아에서 25(OH) D_3 의 혈청농도를 어머니와 그들의 신생아에게서 관찰하였다. 그 결과 59%의 어머니와 70%의 신생아의 25(OH) D_3 가 정상이하의 농도를 나타냈으며 혈청 칼슘농도는 어머니의 61%와 신생아의 59%가 표준 범위 이하였다. 또한 Matsuoka(1992) 등은 지원자들에게 흰색 또는 검정색의 면, 모, 폴리에스테르로 만든 의복을 입고 인위적인 태양광선에 40분동안 노출시켰을 때 그들에게서 혈청 비타민 D의 농도가 상승하지 않았다고 발표하였다. 반면에 안(1997) 등의 연구에서 Vit. D_3 전구물질인 7-dehydrocholesterol 용액에 UVB 투과율이 다른 여름용 직물을 씌우고 UVB를 조사한 결과 직물의 자외선 투과율이 증가할수록 Vit. D_3 의 생성량이 증가하였다. 따라서 본 연구에서는 식이에 의해 유도된 비타민 D의 결핍과 자외선 차단율이 각각 50% (fabric B)와 100% (fabric A)인 천을 이용하여 비타민 D 결핍식이 실험동물에 태양광선을 조사하였을 경우 혈청중의 25(OH) D_3 농도의 변화를 관찰하였으며 총칼슘, 인, ALP의 혈청중 농도를 관찰하였다.

식이에서 비타민 D를 결핍시키고 태양광선을 조사 후 쥐의 혈중의 25(OH) D_3 의 농도를 관찰한 결과 일반식이군에 비하여 비타민 D 결핍식이를 공급한 군의 25(OH) D_3 농도가 유의하게 감소하였으며 비타민 D 결핍식이에 50% (fabric B)와 100% (fabric A)의 자외선 차단천을 덮은 경우 모두 비타민 D 결핍식이군과 유의

한 차이가 나타나지 않았다. Mckenna(1985) 등은 181명의 노인을 대상으로 혈청 25(OH) D_3 의 농도에 관하여 연구하였는데 그의 결과에 의하면 자유롭게 생활하는 노인에 비하여 병원에 자주 입원하는 노인의 혈청 중 25(OH) D_3 농도가 낮았다. 또한 계절별로 보았을 때 3월에 비하여 8월의 25(OH) D_3 농도가 증가하였다.

혈청중의 총칼슘 농도는 일반식이군에 비하여 비타민 D 결핍식이군에서 유의한 감소를 나타냈으며 자외선을 각각 100% (fabric A), 50% (fabric B) 차단하는 천을 사용하여 태양광선을 조사한 경우에 있어서는 비타민 D 결핍군에 비하여 도리어 감소하였는데 이는 천을 씌워 태양광선을 조사한 군이 비타민 D 결핍이라는 자극 외에 태양광선 조사로 인한 고온에 의한 반복적인 노출로 인한 이종적인 자극 때문에 체내의 대사가 원만히 이루어지지 않은 때문으로 생각되어 진다. 인의 경우에는 일반식이에 비하여 비타민 D 결핍식이군에서 다소 감소하는 경향이 나타나긴 하였으나 유의한 차이는 없었으며 태양광선을 조사한 군에 있어도 유의한 차이가 없었다.

ALP는 장에서 인의 흡수에 관여하며(Chappelet-Tordo D. et al., 1974) 골의 생성과 파괴시에 그 혈중 농도가 증가한다. ALP는 여러 가지 동종효소가 존재하는데 그 유래장기에 따라 간성, 골성, 태반성, 소장성, 종양성 등으로 나뉘어진다. 특히 골 ALP는 골조직을 형성하는 조골세포의 생산자로서 혈청에서의 측정을 통하여 골형성에 관한 민감한 지표로 사용된다. 본 연구에서 일반식이와 비타민 D 결핍식이 및 비타민 D 결핍식이에 자외선 차단천을 덮고 태양광선을 조사한 후 ALP의 활성을 검사한 결과 비타민 D 결핍식이에 있어서의 102세 사이의 요양소에 거주하는 노인의 혈청 중 25(OH) D_3 농도를 측정하고 ALP의 활성을 관찰하였다. 그 결과 젊은이에 비하여 노인에게서의 혈청 중의 25(OH) D_3 농도가 낮게 나타났으며 혈청 25(OH) D_3 감소에 따라 ALP의 증가를 보였다. 또한 Mckenna 등(1985)도 혈청 25(OH) D_3 의 농도에 따라 노인들을 3군으로 구분한 후 그에 따른 ALP의 활성을 관찰하였다. 연구결과에 의하면 혈청 25(OH) D_3 의 농도가 감소할수록 ALP의 활성이 증가하였으며 또한 혈청 25(OH) D_3 의 계절적인 증가와 동시에 혈청 ALP의 활성이 감소되는 것을 관찰함으로써 경미한 골질환의 치료에 태양광선이 효과적이라고 설명하였다. 본 연구에서 일반식

이군이나 비타민 D 결핍식이군에 비하여 각각에 태양광선을 조사하였을 경우 ALP의 활성이 감소하였는데 이는 Mckenna(1985)의 결과와 마찬가지로 태양광선이 비타민 D 결핍에 따른 골질환의 치료에 효과가 있는 것으로 생각할 수 있다.

이상의 연구결과로 볼 때 비타민 D 결핍식이 쥐는 정상식이 쥐에 비해 25(OH)D₃ 농도가 통계적으로 유의하게 낮았고 ALP의 활성도 통계적으로 유의하게 증가되었으며 골밀도도 감소하였다. 자외선 차단율이 50% (fabric B), 100% (fabric A)인 천을 씌워 햇빛을 조사한 쥐는 혈청 25(OH)D₃ 농도에서 변화가 없었으나 ALP의 활성이 유의한 감소를 보여 햇빛 조사가 비타민 D 결핍으로 인한 ALP 활성을 감소시키고 골밀도의 감소를 회복하였다.

이러한 이유로는 자외선 조사시 천을 쥐 사육상자위에 얹어 놓았기 때문에 쥐 사육상자 위로 들어오는 햇빛은 천의 자외선 투과율에 비례하였을 것으로 생각되나, 쥐 사육상자 옆으로 들어오는 햇빛은 차단하지 못했기 때문에 혈중 비타민 D량의 실험군간 차이가 나타나지 않았던 것으로 생각된다. 그러나 혈중 ALP의 농도는 자외선 차단 농도에 따라 변화하였는데 이는 체내 비타민을 생성하는 데 필요한 자외선량 보다 체내 ALP를 변화시키는 자외선량이 적기 때문에 ALP가 비타민 D 보다 민감하게 반응한 것이 아닌가 생각하나 이에 대해서는 앞으로 좀더 많은 연구가 필요하다고 생각된다.

결 론

본 연구에서는 비타민 D 결핍식이로 사육한 쥐에 자외선 차단율이 각각 50% (fabric B)와 100% (fabric A)인 천을 씌워 햇빛을 반복적으로 쬐인 후, 쥐의 혈중 비타민 D량과 골밀도 지표 효소, 칼슘등의 농도가 섬유 의 자외선 투과도에 비례하여 증가할 것인지를 알아보기 위해 실험을 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 자외선 차단율이 각각 100% (fabric A)와 50% (fabric B)인 천을 쥐 사육상자에 덮고 태양광선에 노출시켰을 경우 25(OH)D₃의 생성은 군 사이에 유의한 차이가 나타나지 않았다.
- (2) 골질환의 인지표인 혈청내 ALP 농도에서는 자외선 차단율이 각각 50% (fabric B)와 100% (fab-

ric A)인 천을 씌운 실험군이 비타민 D를 결핍한 실험군에서 보다 통계적으로 유의하게 ALP의 농도를 감소시키는 것으로 나타났다.

- (3) 골밀도의 조직병리학적 관찰에 있어서도 비타민 D 결핍에 의해 생성되는 골밀도의 감소가 자외선 조사에 의해 완화되는 것으로 관찰되었다.

결론적으로 자외선을 50%나 100% 차단하는 천을 쥐 사육상자에 덮고 햇빛을 조사시켰을 때 쥐의 체내 비타민 D의 생성에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으나 골질환이 있을 때 농도가 증가하는 ALP는 자외선을 100% 차단하는 천에 비하여 50% 차단하는 천을 씌운 군에서 효소활성이 감소한 점으로 미루어 50% 자외선 차단율을 가지는 천이 100% 자외선 차단율을 가지는 천보다 비타민 D 결핍으로 인한 체내 골질환의 완화에 더욱 효과적이라고 생각된다.

자외선의 조사는 골밀도 지표 효소인 ALP를 감소시키고, 골밀도를 증가시키는 등의 긍정적인 효과가 있음에도 불구하고, 많은 사람들은 자외선에 의한 피부 손상의 부정적인 영향 때문에 자외선 조사를 기피하고 있는 실정이다.

따라서 자외선 투과율이 다른 섬유로 된 의복을 이용한 인체실험도 지속적으로 진행되어 자외선에 의한 피부의 손상은 최소화 하면서 혈중 비타민 D는 생성할 수 있는 기능성 섬유의 개발 및 연구가 시급하다 하겠다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 '96 핵심연구과제 961-1103-022-2의 지원을 받아 수행되었음을 알리며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 문수재, 김수원, 김정현, 임승길(1996), 정상 성인의 혈청 Vitamin D 수준과 이에 영향을 주는 변인에 관한 연구. 한국영양학회지, 29(7), 747-757.
- 문수재, 김정현, 김수원, 김상용, 임승길(1996), 한국여성의 Vitamin D 상태 및 관련 생화학적 변인에 관한 연구. 한국영양학회지, 29(7), 758-771.
- 송영득, 정윤석, 임승길, 정춘희, 이은지, 김경래, 이현철, 허갑범(1994), 노인에서 비타민 D(25-Hydroxy-vitamin D)의 계절에 따른 변화. 대한내분비학회지, 9(2), 121-127.

- 안령미, 송명걸(1997), 자외선에 의한 비타민 D₃ 합성과 직물(제 1 보)—실험관내 실험—. *한국의류학회지*, 21(5), 903-910.
- 안령미, 이수진, 송명걸(1997), 직물의 자외선차단과 세포에 미치는 방호효과. *한국의류학회지*, 21(4), 750-756.
- Beresford, J.N et al (1986), 1,25-Dihydroxyvitamin D₃ and Human Bone-Derived Cells in Vitro: Effects on Alkaline Phosphatase, Type I Collagen and Proliferation. *Endocrinology*, 119, 1776-1785.
- Boyan, B.D et al (1989), Localization of 1,25-(OH)₂D₃-responsive Alkaline Phosphatase in Osteoblast-like Cells (ROS 17/2.8, MG 63, and MC 3T3) and Growth Cartilage Cells in Culture. *J Biol Chem*, 264(20), 11879-11886.
- Chappelet-Tordo, D et al (1974), Intestinal Alkaline Phosphatase, Catalytic Properties and Half of the Sites Reactivity. *Biochemistry*, 13(9), 1788-1795.
- DeLuca, H (1988) The vitamin D story: a collaborative effort of basic science and clinical medicine, *Fed Proc Am Soc Exp Biol*, 2, 224-36.
- Duda, R.J et al (1988), Concurrent Assays of Circulation Bone Gla-Protein and Bone Alkaline Phosphatase: Effects of Sex, Age, and Metabolic Bone Disease. *J Clin Endocrinol Metab*, 66(5), 951-957.
- Hightower, K and McCready, J (1997), The Role of Calcium in UVB-Induced Damage in Irradiated Ocular Lenses. *Photochem Photobiol*, 65(1), 155-160.
- Holick, M.F et al (1989), Age, vitamin D, and solar ultraviolet. *Lancet*, 1104-5.
- Holick, M.F et al (1980), Photosynthesis of previtamin D₃ in human skin and the physiologic consequences. *Science*, 210, 203-5.
- Holick, M.F (1994), Vitamin D-new horizons for the 21st century. *Am J Clin Nutr*, 60, 619-30.
- Holick, M.F (1989), Vitamin D biosynthesis, metabolism, and mode of action. *Endocrinology*, 2, 902-26.
- Kinyamu, H.K et al (1997), Serum vitamin D metabolites and calcium absorption in normal young and elderly free-living women and in women living in nursing homes. *Am J Clin Nutr*, 65, 790-7.
- Lamberg-Allardt C et al (1993), Low serum 25-hydroxyvitamin D concentrations and secondary hyperparathyroidism in middle-aged white strict vegetarians. *Am J Clin Nutr*, 58, 684-9.
- Majeska, R.J and Rodan, G.A (1982), The Effect of 1,25-(OH)₂D₃ on Alkaline Phosphatase in Osteoblastic Osteosarcoma Cells. *J Biol Chem*, 257(7), 3362-3365.
- Manolagas, S.C et al (1981), 1,25-Dihydroxyvitamin D₃ Stimulates the Alkaline Phosphatase Activity of Osteoblast-like Cells. *J Biol Chem*, 256(14), 7115-7117.
- Matsuoka, L.Y et al (1988), Chronic sunscreen use decreases circulating concentrations of 25-hydroxyvitamin D: a preliminary study. *Arch Dermatol*, 124, 1802-4.
- Matsuoka, L.Y et al (1992), Clothin prevents ultraviolet-B radiation-dependent photosynthesis of vitamin D₃. *J Clin Endocrinol Metab*, 75, 1099-103.
- Matsuoka, L.Y et al (1987), Sunscreens suppress cutaneous vitamin D₃ synthesis. *J Clin Endocrinol Metab*, 64, 1165-8.
- McKenna, M.J et al (1985), Hypervitaminosis D and elevated serum alkaline phosphatase in elderly Irish people. *Am J Clin Nutr*, 41, 101-109.
- Punnonen, R et al (1988), Serum 25-OHD, Vitamin A and Vitamin E Concentrations in Healthy Finnish and Floridian Women. *Int J Vit Nutr Res*, 58, 37-39.
- Reichel, H et al (1989), The role of the vitamin D endocrine system in health and disease. *N Engl J Med*, 320, 981-91.
- Robson, J et al (1990), Textiles and sun protection. *Photodermatol Photoimmunol Photomed*, 7, 32-34.
- Savoure, N et al (1996), Modulation of Ultraviolet Light-Induced Oxidative Stress in Mice Skin Related to Dietary Vitamin A and Selenium Intake. *Internat J Vit Nutr Res*, 66, 605-615.
- Sedrani, S.H et al (1990), Frequency of vitamin D deficiency in Riyadh. In: Study of vitamin d status and factors leading to its deficiency in Saudi Arabia. Riyadh, Saudi Arabia: King Saud University Press, 281-5.
- Tian, X.Q et al (1993), Kinetic and thermodynamic studies of the conversion of previtamin D₃ in human skin. *J Biol Chem*, 268, 14888-92.