

자외선에 의한 비타민 D₃ 합성과 직물(제 1 보)

— 실험관내 실험 —

안 령 미 · 송 명 건*

동덕여자대학교 자연과학대학 보건관리학과,

*디자인대학 의상디자인학과

UVB Photosynthesis of Vit. D₃ and Fabrics (Part I)

— in vitro —

Ahn Ryoung-Me · Song Myung-Kyun*

College of Natural Science and *College of Fashion Design,
Dongduk Women's University

(1997. 4. 17 접수)

Abstract

Vit. D₃ was measured which was produced by UVB irradiation to provit. D₃, 7-dehydrocholesterol (7-DHC).

Measuring the amount of vit. D₃ when it was irradiated to the fabrics which had different UVB transmittance, production of vit. D₃ by UVB(Ultraviolet B) and inhibition from formation of vit. D₃ by fabrics were absorbed and followings are the results.

As the amount of irradiated compared UVB increased, the amount of the production of vit. D₃ produced by UVB irradiation from 7-DHC was increased.

After treatment of 7-DHC by UVB irradiation and incubated respectively for 24hr, 48hr and 72hr at 36.5°C. The amount of vit. D₃ was increased as incubating time passed. When irradiated UVB on 7-DHC, intermediate of vit. D₃, lumisterol, tachysterol and previt. D were showed and those materials were seemed to be changed to vit. D₃ as incubation time passed.

The amount of vit. D₃ which was produced by irradiation 7-DHC showed close relation with UVB transmittance rate of summer fabrics ($r=0.987$).

Clothes, hats, and sun screen cream reduce the amount of vit. D₃ produced naturally in human skin and it result the decrease of calcium in blood which is absorbed through vit. D. Those all can cause or worsen osteomalacia especially to women and the aged people. Therefore, it is necessary to research and to develop function oriented clothing which can transmit UV which produce vit. D₃ at the same time which can protect toxical UVB.

I. 서 론

환경오염의 결과로 오존층이 파괴되어 자외선량이 증가되고 있다(Fitzpatrick, 1990). 적량의 자외선은 살균 작용, 피부염 치료 등에 효과가 있으나(Epstein, 1992), 과량이 조사될 경우 피부노화, 피부색소침착, 피부암 등을 발생시키기도 한다(Bissett, 1989). 따라서 자외선의 위험을 방지하기 위해 자외선을 방지할 수 있는 피부 도포제, 모자, 의류 등의 개발 및 사용이 급증하고 있다(Diffey, 1992).

또한 자외선은 피부에서 비타민 D₃를 합성하기도 하는데(MacLaughlin, 1982), 자외선 차단제의 장기 사용은 피부에서 합성시킬 수 있는 비타민 D₃량을 억제시켜 혈중 비타민 D₃량의 저하를 가져올 수 있음이 Matsuoka(1988) 등에 의해 경고된 바 있다.

비타민 D는 칼슘을 흡수하고 혈중농도를 유지시켜 골격을 형성하고, 유지시키는데 필수적인 요소이다. 비타민 D는 식이로도 섭취가능하나, 피부의 7-DHC(7-

dehydrocholesterol)이 자외선을 받으면 피부에서 생합성된다(Fig. 1). 따라서 햇볕 조사량이 많은 사람의 경우는 비타민 D₃가 충분히 합성되나, 고령일수록, 피부색이 검을수록, 햇빛량이 적은 겨울일수록, 피부에서 합성되는 비타민 D₃의 양이 감소한다(Webb, 1988, 송영득, 1994). 어린이는 비타민 D가 부족하면 구루병에 걸리기 쉽고, 여성 및 노인들의 경우에 골다공증, 골조충증 및 골연화증을 일으킨다고 한다(Friedrich, 1988).

따라서 본 연구에서는 Vit. D₃의 전구 물질인 7-DHC에 UVB(ultraviolet B)를 조사시켰을 때 생성되는 비타민 D₃를 측정하고, 자외선 투과율이 다른 직물에 자외선을 조사시켰을 때 생성되는 비타민 D₃를 측정함으로써 자외선에 의한 Vit. D₃의 생성과 직물의 비타민 D₃ 생성 억제에 대한 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

이러한 결과는 칼슘의 요구량이 많은 어린이, 임산부, 수유부 및 저칼슘위험군인 노인의 기능성 직물의 연구에 기초자료로 이용될 수 있을 것이다.

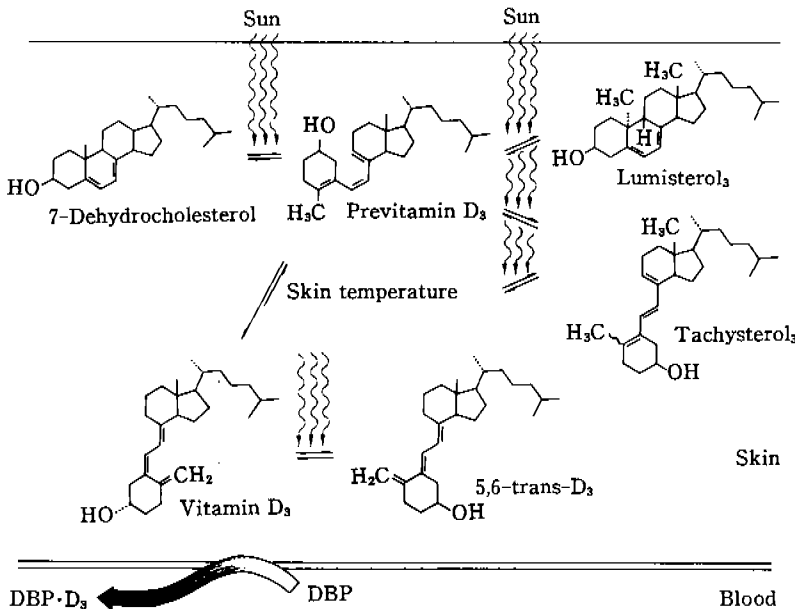


Fig. 1. Photosynthesis of vitamin D₃ in the skin. Irradiation of 7-dehydrocholesterol leads to photolysis of the bond between C-9 and C-10 and several other changes to yield previtamin D₃. This is converted to vitamin D₃ at warm temperatures. Further irradiation converts vitamin D₃ to 5,6-trans-vitamin D₃. Finally, previtamin D₃ and vitamin D₃ can be converted by light into lumisterol₃ and tachysterol₃. All the above conversions are reversible. Vitamin D₃ moves from the skin into the blood and is bound to the binding protein DBP there [Holick et al., 1982].

Table 1. The characteristics of materials

No.	Material (%)	Density (density/5 cm)		Thickness (mm)	Air permeability (cm ² /min/cm ²)	Moisture permeability (g/m ² /24hr)	UVB transmittance rate (%)
		Warp	Weft				
1	polyester 100	154.6	353.8	0.234	1851.6	382	1.5
2	cotton 100	172.2	197.8	0.132	4792.6	382	22.7
3	polyester 100	132.4	164.6	0.162	51480 up	523.4	45.3

II. 방 법

1. 직물 시료

실험에 사용된 시료는 자외선 차단율을 고려한 3종을 연구 대상으로 하였다. 이들 직물시료의 물리적 성질은 Table 1과 같다. 이 때 직물의 혼용율은 KS K 0210, 밀도는 KS K 0511, 두께는 KS K 0506, 공기투과도는 KS K 0570 및 습도 투과도는 KS K 0594 방법에 의해 측정되었다.

2. 자외선 차단율

UVB lamp(Spectronics corporation, USA)를 직물의 20 cm 위에 장치하고, UVB를 3분간 조사시켰다. 이 때 자외선 센서(San Gabriel, USA)를 직물 밑에 놓은 상태에서 자외선량을 측정할 것을 S, 직물을 투과시키지 않은 자외선량을 B로 측정하였으며, 직물의 자외선투과율은 다음과 같이 계산하였으며 Table 1에 나타내었다.

$$\text{자외선투과율}(\%) = (S/B) * 100$$

3. 비타민 D₃ 광합성(in vitro 실험)

Matsuoka(1992)의 방법을 이용하였다. 즉 7-DHC(Sigma)을 50 µg/ml의 농도로 메탄올(Merck)에 녹였다. 이 용액을 석영 cuvet에 넣어 자외선 B파를 90 J/m² 또는 180 J/m²의 농도로 조사시킨 후 36.5°C에서 24, 48 및 72시간 동안 보존시켰다.

또 자외선에 대한 직물의 비타민 D 생성 저해 효과를 보기 위해 자외선 방어율이 98.5, 77.3, 54.7%인 직물(흰색)을 7-DHC이 담긴 cuvet에 썬워 자외선 B파를 투과시킨 후에 비타민 D₃를 HPLC로 정량하였다. 이 때 각 용액은 자외선을 조사시킬 때를 제외하고는 빛이 조사되지 않게 은박지로 차광하였으며, 보존이 끝난 실험 용액은 실험시까지 -70°C 냉동고에 보관하였다.

실험 용액은 실험시까지 -70°C 냉동고에 보관하였다.

4. 비타민 D₃ 측정

사용한 비타민의 표준 물질인 Vit. D₃(cholecalciferol)는 Wako사 제품을 사용하였다. 표준 용액 제조는 10 mg/ml인 stock sol.을 만들어 냉암소에 보관하였으며, working sol.은 1 mg/ml로 메탄올로 희석하여 사용하였다. 실험용액은 여과장치(Acrodisc, LC13, PVDF, Gelman Sci.)를 이용하여 여과한 후 20 µL를 HPLC에 injection하였다.

HPLC의 조건은 다음과 같다. 즉 Waters Inc.의 Waters 510 pump, 486 UV detector, U6K injector 및 746 Data module을, column은 Lichrispher 100 Reverse phase C18(Rp-18)(4*244 mm, 5 µm; Merck % Co., Inc.)을 사용하였다. mobile phase는 95% methanol, flow rate 1 ml/min, 오븐온도는 60°C, 검출기의 파장은 280 nm이었다.

III. 결 과

1. UVB 조사량에 따른 비타민 D₃ 광합성량의 비교

UVB를 90 J/m², 180 J/m²의 두 농도로 7-DHC 용액에 조사시킨 후, 24시간 동안 36.5°C로 보존한 다음 HPLC로 비타민 D₃를 정량한 결과는 Table 2와 같다. 즉 90 J/m²의 자외선을 조사하였을 때 광합성된 비타민 D₃는 2.05 µg/ml였으나, 180 J/m²의 자외선을 조사하였을 때의 비타민 D₃ 생성량은 3.35 µg/ml였다.

Lumisterol, tachysterol 및 previt. D는 표준물질을 구할 수 없어 정량화하지는 못하였으나 Holick 등(1979)의 결과로 볼 때 본 실험에서는 Fig. 3과 같은 위치로 추정하였다.

Fig. 3의 a와 b에서 보는 바와 같이 previt. D는 조

Table 2. The concentration of Vit. D₃ and 7-DHC

(unit: µg/ml)

UV dose	UV	24hr		48hr		72hr	
		7-DHC	Vit. D ₃	7-DHC	Vit. D ₃	7-DHC	Vit. D ₃
90 J/m ²	unirradiated	50.0	0.00	50.0	0.00	50.0	0.00
90 J/m ²	fabric A	49.7	0.00	49.8	0.17	49.6	0.25
90 J/m ²	fabric B	48.1	0.31	48.5	0.55	48.0	0.48
90 J/m ²	fabric C	45.3	0.64	47.1	1.25	44.8	1.35
90 J/m ²	control	43.6	2.05	44.9	2.49	39.5	3.05
180 J/m ²	unirradiated	50.0	0.00	50.0	0.00	50.0	0.00
180 J/m ²	fabric A	46.5	0.20	48.7	0.22	49.7	0.20
180 J/m ²	fabric B	46.0	0.66	47.7	1.05	46.9	1.22
180 J/m ²	fabric C	43.2	1.45	45.7	2.03	45.2	2.72
180 J/m ²	control	40.1	3.35	42.0	4.25	37.7	5.05

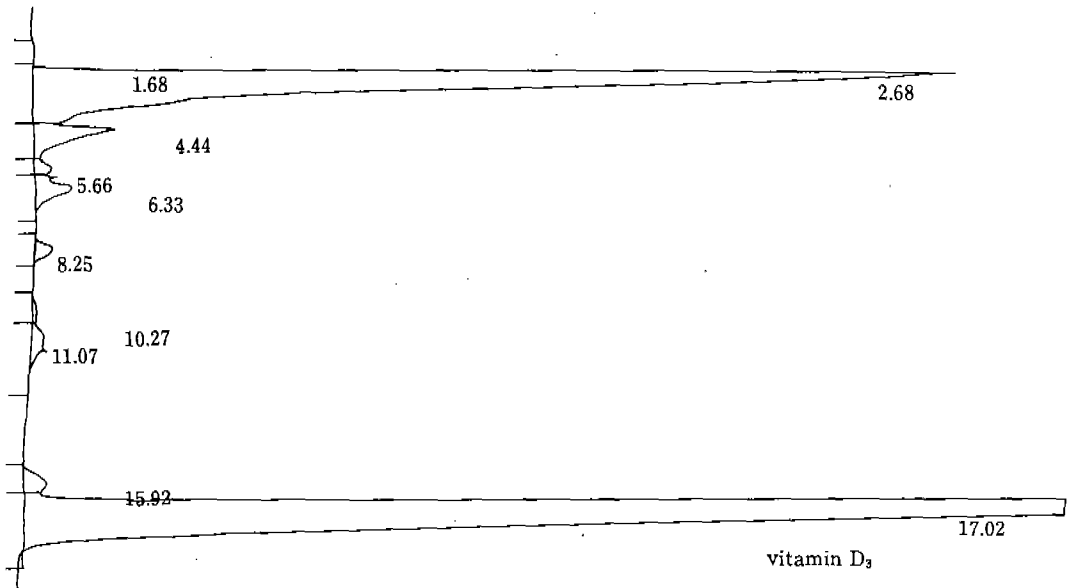


Fig. 2. HPLC profiles of vit. D₃ standard

사된 자외선량이 강하면 크게 나타나는 경향이었고, lumisterol에 비해 tachysterol의 생성에는 더 많은 자외선량이 요구되었다. 즉 previt. D는 HPLC로 sample을 injection한 후 10분 경과 후에 나타났다. pprevit. D는 매우 불안정하여 UVB 조사량 또는 보온 시간에 따른 변화를 확인할 수는 없었다.

lumisterol은 낮은 농도의 자외선 조사로는 생성되지 않았으나, 고농도의 자외선 조사시에 생성되었다. 즉 20.43 J/m² 이하(90 J/m² 조사, fabric B의 자외선 투

과율은 22.7%)일 때는 합성되지 않았으나, 40.8 J/m² 이후(180 J/m² 조사, fabric B)부터는 관찰되었다. 자외선량이 강할수록 생성된 lumisterol량도 증가하였으며, 보온 시간이 길수록 생성된 lumisterol은 감소되었는데 이는 비타민 D₃로 변환된 것으로 보인다(Fig. 4).

Tachysterol은 lumisterol과 마찬가지로 낮은 농도의 자외선 조사로는 생성되지 않았으며, tachysterol의 생성은 lumisterol 보다 더 많은 자외선량을 필요 하였다. 즉 81.5 J/m² 이하(180 J/m² 조사, fabric C의

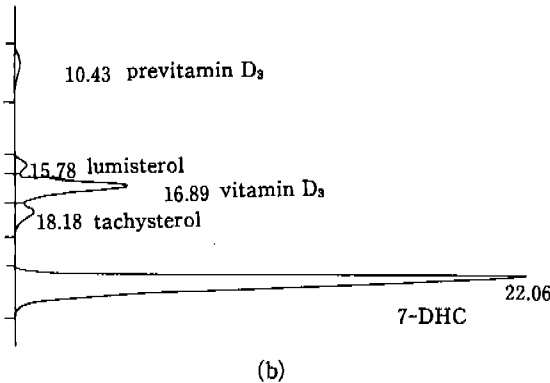
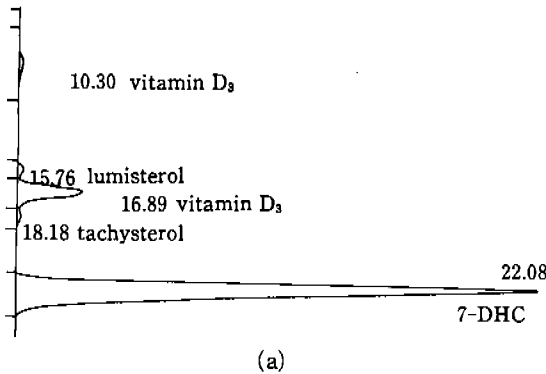


Fig. 3. HPLC profiles of photosynthesis previt. D₃, lumisterol, tachysterol and vit. D₃.

- (a) low dose UVB irradiated and incubated 72 hours at 36.5°C
- (b) high dose UVB irradiated and incubated 72 hours at 36.5°C

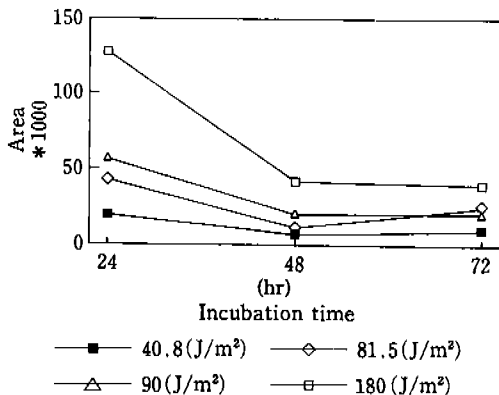


Fig. 4. Photosynthesis rate of lumisterol with a various incubation time

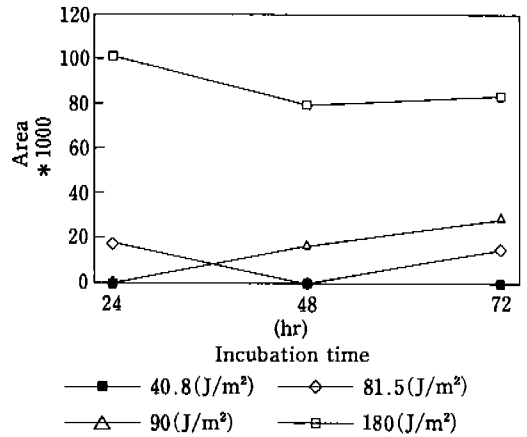


Fig. 5. Photosynthesis rate of tachysterol with a various incubation time

자외선 투과율은 45.3%) 일 때는 합성되지 않았으나, 90 J/m² 이후 (90 J/m² 조사, UV irradiated) 부터는 관찰되었다. tachysterol은 매우 불안정하여 보온 시간에 따라 그 양의 변동이 불규칙하나, 증감된 tachysterol 양은 비타민 D₃로 변환되는 것으로 생각된다 (Fig. 5).

2. 자외선 조사 후 보온 시간에 따른 비타민 D₃ 광합성량의 비교

7-DHC에 자외선을 조사시킨 후 24, 48 및 72시간 동안 36.5°C로 보온한 뒤 HPLC로 비타민 D양을 정량한 결과는 다음과 같다.

90 J/m²의 자외선 조사군의 경우 자외선 조사 24시간 후의 비타민 D₃는 2.05 μg/ml, 48시간에는 2.49 μg/ml였으나, 72시간 후에는 3.05 μg/ml였다. 180 J/m²의 자외선 조사군도 90 J/m² 자외선 조사군과 마찬가지로 보온 시간이 증가할수록 비타민 D₃ 양이 증가하여 24시간 보온 후에는 3.35 μg/ml, 48시간 후에는 4.25 μg/ml, 72시간 후에는 5.05 μg/ml였다.

3. 직물의 자외선 투과도에 따른 비타민 D₃ 광합성량 비교

자외선 투과도가 1.5%, 22.7% 및 45.3%인 하절용 직물을 투과한 자외선이 7-DHC을 비타민 D₃로 얼마나 광합성시키는지 알아보기 위해 7-DHC에 자외선을 투과시키고, 36.5°C로 보온한 결과는 다음과 같다 (Fig. 6).

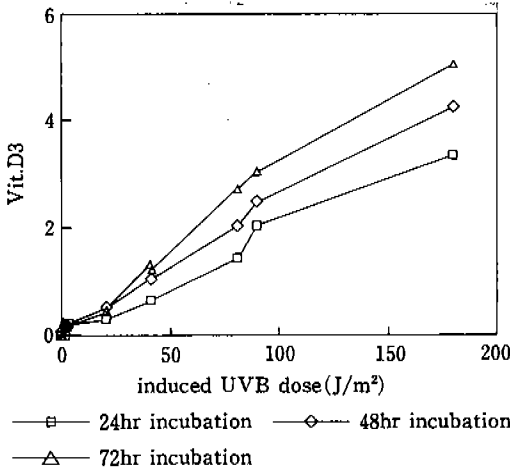


Fig. 6. Photosynthesis rate of vit. D₃ with UVB by a different UVB dose under a various incubation time

저농도의 자외선 조사 후 24시간 보온한 경우 자외선 투과율이 높은 직물일수록 생성되는 비타민 D₃가 많았는데 1.35%의 자외선투과율을 가진 fabric A를 투과시킨 시험관의 비타민 D₃ 합성량은 0 μg/ml, fabric B는 0.31 μg/ml, fabric C는 0.64 μg/ml이고, 자외선만을 투과시킨 control의 비타민 D₃ 생성량은 2.05 μg/ml였다.

또한 고농도의 자외선을 투과시킨 후 24시간 동안 보온한 후에 비타민 D₃ 생성량을 측정한 결과는 다음과 같다. 180 J/m²의 자외선을 fabric A로 감싼 시험관을 통과시켜 합성한 비타민 D₃는 0.2 μg/ml, fabric B는 0.66 μg/ml, fabric C는 1.45 μg/ml였고, 자외선만을 투과시켜 합성한 비타민 D₃량은 3.35 μg/ml였다. 자외선량과 자외선 조사후 24시간 보온한 후에 생성되는 비타민 D₃는 r=0.9825로 매우 높은 상관성을 보였다.

Table 3. The correlation coefficients of photosynthetic Vit. D₃ and UVB dose with incubation time

incubation time	p<F	correlation coef.	model
24hr.	0.001	0.9825	y=0.019x+0.012
48hr.	0.001	0.9916	y=0.023x+0.1035
72hr.	0.001	0.9860	y=0.029x+0.126

즉 Fig. 6에서 보는 바와 같이 생성된 비타민 D₃ 양은 조사된 자외선량보다는 직물을 투과한 자외선량에 따라 광합성되었으며, 보온 시간이 길수록 비타민 D₃량은 증가하였다. 조사 자외선량과 보온 시간에 따라 광합성된 비타민 D₃의 상관관계는 Table 3과 같다.

IV. 고찰

전보(안령미 등, 1997)에서 보고하였듯이 실제 우리나라에서 판매되는 시중의 하절용 직물의 자외선 B파 평균 방어율은 95.08%로 UVB가 가장 많은 7월의 한 낮에 4시간 동안 햇빛에 노출되어도 MED(minimum erythema dose)에는 미치지 않을 정도로 자외선 차단 효과가 있었다. 즉 의류가 자외선을 차단하는데는 효과가 크나, 바로 그러한 점 때문에 자외선에 의한 비타민 D₃ 광합성을 저해할 가능성에 대해 우려하지 않을 수 없다.

본 연구에서 UVB를 90 J/m², 180 J/m²의 두 농도로 7-DHC 용액에 조사시킨 다음, 24시간 동안 37°C로 보온한 뒤 HPLC로 비타민 D₃를 정량한 결과 비타민 D₃의 광합성은 자외선량에 따라 증가하였다.

90 J/m²의 자외선을 조사하였을 때 광합성된 비타민 D₃는 2.05 μg/ml였으나, 180 J/m²의 자외선을 조사하였을 때의 비타민 D₃ 생성량은 3.35 μg/ml였으며 비타민 D₃ 생성량은 63% 증가하였다.

7-DHC에 자외선을 조사시키면 previt. D로 바뀌었다가 열에 의해서 비타민 D₃로 변환되거나, 자외선을 조사받아 lumisterol 및 tachysterol의 광학적 이성질체로 변화되는데, 결국은 피부에서 비타민 D₃로 합성된다(Holick 등, 1980). MacLaughlin 등(1982)은 7-DHC을 previt. D로 가장 잘 변환시키는 유효 파장이 295 nm 파장임과 이 파장의 자외선을 3 J/cm²로 조사시키면 7-DHC이 previt. D로 변환되는 양이 증가하여 사람 피부 추출물에 있는 7-DHC은 최고 65%까지 previt. D로 변환될 수 있음을 보고하였다. 본 연구에서 lumisterol 생성량은 tachysterol 생성량에 비해 많았는데 MacLaughlin 등(1982)도 같은 결과를 발표하였다.

실험관내 실험에서 생성된 previt. D는 보온 온도가 증가할수록, 보온 시간이 길수록 비타민 D₃로 전환되는 양이 증가하였는데(Holick 등, 1980), 이번 연구 결과

도 보온 시간이 늘어날수록 생성되는 비타민 D₃ 양이 증가하였다. 그러나 본 연구에서는 자외선 조사량과 previt. D 생성과는 상관을 볼 수 없었다. 이러한 이유는 본 연구에서는 자외선 조사 후 24시간 이상을 보온한 후에 previt. D를 측정했기 때문에 불안정한 previt. D를 정확하게 측정할 수 없었던 것과 previt. D가 lumisterol로 전환되었기 때문이라고 생각된다.

과량의 비타민 D는 허약함, 구토, 설사, 체중감소 및 칼슘의 석회화를 촉진시켜 동맥경화증을 유발하기도 한다(Friedrich, 1988). 피부에서 생성되는 비타민 D와 경구로 투여하는 비타민 D는 흡수 경로가 다른 것으로 알려져 있다. 즉 피부에서 합성되는 비타민 D는 DBP(비타민 D binding protein)와 결합하여 혈관내로 바로 들어가는데 비해 경구 섭취한 비타민 D는 DBP와 chylomicron 두 가지로 결합하여 혈관 및 간에 저장된다.

따라서 경구로 섭취하는 비타민 D는 과량이 섭취되면 간에 저장되어 비타민 D의 독성이 나타날 수 있는 위험성이 있다. 그러나 과량의 햇빛에 노출되도 비타민 D의 과량 합성으로 인한 독성은 보고된 바 없는데(Poskitt 등, 1979) 그 이유는 피부에서 비타민 D의 과량 합성을 저해하는 인자가 존재하기 때문인 것으로 알려져 있다(Holick 등, 1981).

본 연구에서도 자외선 투과율이 높은 직물일수록 생성되는 비타민 D₃가 많았는데 1.35%의 자외선 투과율을 가진 fabric A를 투과시킨 시험관의 비타민 D₃ 합성량은 0 µg/ml이었는데 반해 90 J/m²이 조사된 시험관의 비타민 D₃ 생성량은 2.45 µg/ml, 180 J/m² 자외선만을 투과시켜 합성한 비타민 D₃량은 4.05 µg/ml였다. 자외선 투과량과 생성되는 비타민 D₃는 Table 3과 같이 r=0.98 이상의 높은 상관성을 보였다. 비타민 D₃는 앞에서 보고한 바와 같이 자외선량에 따라 양의 높은 상관성을 갖고 생성된다.

자외선을 방지하기 위한 의류, suntan cream 등은 비타민 D의 피부 합성을 억제시킬 수 있는데 실제로 사우디아라비아의 여인들은 관습상 몸을 천으로 감싸는데 햇볕이 매우 풍부함에도 불구하고, 이 지방 여인들의 혈액내 칼슘이 정상치의 61%, 신생아는 59% 수준이었다는 보고가 있었다(Sedrani et al., 1990).

Matsuoka 등(1992)은 의류의 자외선 차단능력이 피부에서 비타민 D₃의 합성을 억제하여 혈중 비타민 D₃

농도를 감소시킬 수 있는데, 특히 여름 의류에 비해 가을 의류의 경우는 같은 자외선량을 조사하여도 혈중 비타민 D₃ 농도는 1/3 수준임을 보고하였다.

Matsuoka 등(1988)은 sunscreen 제제인 p-aminobenzoic acid를 장기간 도포한 사람은 그렇지 않은 사람에 비해 혈중 25-hydroxyvitamin D가 통계적으로 유의하게 감소함을 보고하였다. 또한 송영득 등(1994)은 건강한 노인들을 대상으로 한 연구에서 칼슘섭취량은 계절적인 변화를 보이지 않았음에도 불구하고, 혈청 칼슘과 비타민 D량은 겨울철에 비해 여름철에 통계적으로 유의하게 증가하는 것을 보고하였으며 Webb 등(1988)도 계절에 따라 생성되는 비타민 D양이 매우 달라 여름에 생성되는 비타민 D에 비해 겨울에 합성되는 비타민 D가 매우 적음을 보고한 바 있다. 이는 햇빛이 혈중 비타민 D 농도 결정에 가장 중요한 요인이며, 적절한 햇빛 조사는 비타민 D의 보충 없이도 필요한 비타민 D의 혈중 농도를 유지할 수 있음을 의미한다. 장기간 병상에 누워 있거나, 주로 실내에서 생활하는 사람들을 위해서는 비타민 D 제제의 공급과 아울러 자외선이 통과하는 유리창 등의 보급이 필요하다고 하겠다.

우리가 매일 착용하는 의복, 모자 및 sun screen cream에 의해 피부에서 합성되는 비타민 D₃ 합성이 저해됨으로써, 비타민 D₃에 의해 흡수되는 칼슘의 혈중 농도가 감소되어 여성 또는 노인에게서 골연화증이 우려되거나 악화시킬 수 있다. 따라서 자외선에 의한 위험을 방지하면서 비타민 D를 합성할 수 있는 295~300 nm 파장의 자외선은 적절히 투과시킬 수 있는 기능복의 연구, 개발은 국민 보건 향상 뿐 아니라 세계 의류 시장에서도 기여하는 바가 클 것으로 기대된다.

V. 결 론

비타민 D₃의 전구 물질인 7-DHC에 UVB를 조사시켰을 때 생성되는 비타민 D₃를 측정하였다. 또한 자외선 투과율이 다른 직물에 자외선을 조사시켰을 때 생성되는 비타민 D₃를 측정함으로써 자외선에 의한 비타민 D₃의 생성과 직물의 비타민 D₃ 생성 억제 효과를 측정하였는데 그 결과는 다음과 같다.

1. 7-DHC에 자외선을 조사함으로써 생성되는 비타민 D₃의 합성량은 자외선량이 증가할수록 증가하였다.
2. 7-DHC에서 자외선을 조사한 뒤 24, 48 및 72시

간 동안 36.5도로 보온한 결과 시간이 지날수록 비타민 D의 농도가 증가하였다. 자외선을 조사하였을 때 비타민 D₃의 전구물질인 previt. D, lumisterol 및 tachysterol이 관찰되었는데, 보온 시간이 경과함에 따라 비타민 D₃로 변화된 것으로 보인다.

3. 자외선 투과도가 1.5%, 22.7% 및 45.3%인 여름용 직물 및 7-DHC을 투과한 UVB는 생성되는 비타민 D₃는 24시간 보온했을 시 $r=0.98$ 로 직물의 자외선 투과도와 비타민 D₃ 생성량은 매우 높은 상관성을 보였다.

참 고 문 헌

- Allen L.H. (1988), Malnutrition and skeletal diseases in Clinical nutrition, The C.V. Mosby Company.
- Bissett, D.L., Hannon D.P., Orr. T.V. (1989), Wavelength dependence of histological, physical, and visible changes in chronically UV-irradiated hairless mouse skin. *Photochem. Photobiol.* **50**, 763.
- Diffey BL., Cheeseman J. (1992), Sun protection with hats. *British J. Dermatology*, **127**, 10-12.
- Epstein B.L., Epstein B.A. (1992), History of phototherapy. In Abel EA. *Photochemo-therapy in dermatology*. New York: IGAKU-SHOIN.
- Friedrich W. (1988), *Vitamins*. Walter de Gruyter.
- Fitzpatrick, T.B. (1990), Trend in dermatology-Ozone depletion and dermatologist need we prepare for the consequences of a UVB "Holocaust" in next decades. *Dermatology*, Mosby Year Book, St. Louis.
- Holick M.F., MacLaughlin T.A., et al. (1980), Photosynthesis of previtamin D₃ in human skin and the physiologic consequences. *Science*, **210**, 203-205.
- Holick M.F., MacLaughlin T.A., et al. (1981), Regulation of cutaneous previtamin D₃ photosynthesis in man: skin pigment is not an essential regulator. *Science*, **211**, 590-593.
- MacLaughlin J.A., Anderson R.R. (1982), Spectral character of sunlight modulates photosynthesis of previt. D₃ and its photoisomers in human skin. *Science*, **216**, 28 MAY, 1001-1003.
- matsuoka L.Y., Wortsman J., et al. (1988), Chronic sunscreen use decreases circulating concentrations of 25-hydroxyvitamin D. *Arch. Dermatol.*, **124**, 1802-1804.
- Matsuoka L.Y., Wortsman J., et al. (1992), Clothing prevents ultraviolet-B radiation-dependent photosynthesis of Vit. D₃. *J. CLIN. Endocrinol. Metab.*, **75**, 1099-1103.
- Poskitt E.M., Cole T.J. et al. (1979), Diet, sunlight and 25-hydroxyvitamin D in healthy children and adults. *BMJ* **1**, 221-223.
- Sedrani S.H., Al-Arabi K.M., et al. (1990), Frequency of vitamin D-deficiency rickets in riyadh. in Study of vitamin D status and factors leading to its deficiency in Saudi Arabia. Riyadh, King Saud University Press 281-285.
- Webb A.R., Kline L., et al. (1988), Influence of season and latitude on the cutaneous synthesis of Vitamin D₃: exposure to winter sunlight in Boston and Edmonton will not promote Vitamin D₃ synthesis in human skin. *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, **67**, 373-378.
- 송영득, 정윤적 외 (1994), 노인에서 비타민 D(25-hydroxyvitamin D)의 계절에 따른 변화. *대한내분비학회지*, **9**, 121-127.
- 안령미, 송명걸 외 (1997), *한국의류학회지*, **21**(4), 750-756.