

## 직물의 자외선 방어율에 따른 인체의 Vit.D<sub>3</sub> 합성과 온열생리적인 반응

송 명 견 · 안 령 미\* · 신 정 화\*\*

\*동덕여자대학교 의상디자인학과, \*보건관리학과, \*\*서울대학교 생활과학연구소

### UVB photosynthesis of vit. D<sub>3</sub> and physiological thermal responses on the protection rate of fabric

Song Myung-Kyun · Ahn Ryoung-Me\* · Jeoung-hwa Shin\*\*

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

\*\*Research Institute of Human ecology, Seoul National University

(1999. 3. 29 접수)

#### Abstract

This study was done to investigate the fabrics that minimized harmfulness of UVB(ultraviolet B) and that might product vit.D<sub>3</sub> by UVB. Twelve female subjects wearing in three different types i.e. fabric A(UVB 100% protection), fabric B(UVB 50% protection) and bikini were exposed to outdoor environment (Air Temp.: 25°C, 42%R.H, Air velocity: 0.13m/s, UV dose: 6KJ/m<sup>2</sup>). Blood samples were taken 24 hours before and after the experiment in order to examine concentration of vit.D<sub>3</sub> in the blood. During the experiment, axillary temperature, skin temperature of 7 areas(Forehead, Chest, Upper arm, Hand, Thigh, Lower leg, Foot) were measured. The more irradiated areas by UVB were, the more the concentration of serum 25(OH)D<sub>3</sub> were significantly. Mean skin temperature was significantly low level in wearing the fabric of UVB 50% protection( $p<0.001$ ). Axillary temperature was significantly high level in wearing the fabric of UVB 50% protection( $p<0.001$ ). Therefore, the fabric of UVB 50% protection intercepts the radiation and has advantage to give off body heat over other fabrics.

**Key words:** vit.D<sub>3</sub>, UVB(ultraviolet B), axillary temperature, mean skin temperature, local skin temperature; 비타민 D<sub>3</sub>, 자외선, 액와온, 평균피부온, 국소피부온

#### I. 서 론

적절한 햇빛의 조사는 피부에 Vit.D<sub>3</sub>를 합성시키고, 면역을 증가시키는 순 작용이 있는 반면, 강한 햇빛은 자외선으로 인한 피부 흑화, 멜라닌 합성, 피부온 증가로 인한 생리적 변화 등의 악영향이 있다

(Fitzpatrick 1990, Holick 1980).

전보에서 본 연구자는 직물이 자외선으로 인한 세포독성을 방어하고(안 등a 1997), 자외선 투과도에 따라 Vit.D<sub>3</sub>가 생성되는 것을 실험관내 실험에서 확인하여 보고한 바 있다(안 등b 1997). 또한 비타민 D를 제한한 사료로 사육한 hairless mouse를 이용한 동물실험에서 직물을 투과한 자외선이 쥐의 골밀도

감소를 완화시키는 것으로 보고 된 바 있다(김정현 1998).

따라서 본 연구에서는 자외선의 위해는 최소화하면서 비타민 D<sub>3</sub>를 합성시킬 수 있는 직물이 어떤 것인지 알아보기 위한 연구의 일환으로 자외선 방어율 100%, 자외선 방어율 50%, 비키니의 세 조건으로 피험자에게 착의시키고, 일정량의 햇빛에 노출시켜 자외선 투과량에 따른 비타민 D<sub>3</sub> 생성량과 이와 아울러 인체의 온열생리적 변화를 측정하였다.

## II. 연구방법

### 1. 실험조건

#### (1) 환경조건

실험환경조건은 기온  $25 \pm 0.64^{\circ}\text{C}$ , 상대습도  $42 \pm 2.83\%$ , 기류  $0.37 \pm 11.60 \text{m/s}$ 인 4층 건물옥상의 자연 기후조건하였다.

#### (2) 직물 시료

시판 하복지를 중심으로 자외선 차단율을 측정한 후, 본 연구에 적합하다고 판단되는 두 종류를 시료로 선택하였다. 그 특성은 Table 1과 같다.

#### (3) 피험자의 신체적 특성

피험자는 건강한 여대생 12명으로 평균연령  $21.4 \pm 0.67$ 세, 평균신장  $161.8 \pm 4.25 \text{cm}$ , 평균체중  $54.69 \pm 8.22 \text{kg}$ 의 신체적 특성을 가졌다.

#### (4) 자외선 조사

Fig. 1에 제시한 자외선 방어율이 50% 및 100%인 직물로 만든 긴 드레스를 입고 얼굴 등 노출 부위는 SPF 지수가 30인 자외선차단크림을 바르고, 햇빛을 가리지 않는 건물 옥상에서 UVB는  $6 \text{kJ/m}^2$ 였으며, 의자에 앉은 자세로 햇빛에 노출하였다. 자외선 0% 방어는 편의상 비키니를 입게 하였으며, 얼굴, 목과 손목이하는 다른 그룹과 마찬 가지로 자외선 차단 크림을 발랐다. 실험에 응한 피실험자는 외관상 피

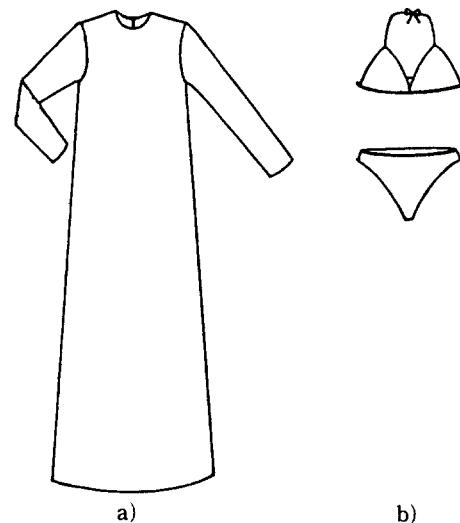


Fig. 1. Experimental fabrics

a: 100%, 50% protection rate of UVB  
b: 0% protection rate of UVB

부염이 없는 건강한 여대생이었으며, 칼슘 제제를 비롯한 약물을 지난 2주 내에는 전혀 복용한 적이 없는 학생들이었다.

### 2. 측정항목 및 측정방법

채혈 및 25(OH)Vit.D<sub>3</sub> 측정은 햇빛 조사 24시간 전에 진공 주사기를 이용해 채혈하였으며, 햇빛조사 24시간 후에 채혈하여 25(OH)Vit.D<sub>3</sub>를 측정하였으며 25(OH)D<sub>3</sub>의 측정은 Radioimmuno assay 방법으로  $\gamma$ -counter(COBRA)를 이용하여 측정하였다.

피부온은 Thermistor(일본 Takara社製)를 이용하여 인체의 7개 부위(두부, 흉부, 상완, 손등, 대퇴, 하퇴, 발등)의 피부온을 측정하였으며, 평균피부온은 7점법(H-D1938)으로 환산하였다. 액와온은 Thermistor 센서를 액와의 심부에서 중앙보다 조금 전방에 삽입하여 각 측정항목을 5분마다 측정하였다.

Table 1. The characteristics of materials

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

### 3. 실험순서

실험 24시간 전에 진공 주사기를 이용해 채혈을 하고 햇빛에 의한 심부온, 국소피부온, 평균피부온의 변화를 보기 위해 자외선 방어율이 0%(비키니) 50% 및 100%인 드레스를 입고, 얼굴, 목과 손목이 하에 선텐크림을 바른 후 의자에 앉아 온도 센서를 부착한 후 각 측정항목을 측정하였고, 실험 종료후 모든센사를 제거하고 착용의복을 제거한 후 24시간 경과후에 채혈하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 25(OH) Vit.D<sub>3</sub> 측정결과

태양광선에 의한 체내 비타민 D의 합성은 여러 가지 요인에 의해 영향을 받을 수 있다. 특히 태양광선의 과도한 노출로 부터 피부를 보호하기 위하여 사용하는 의복(Robson 1990)은 도리어 피부에서의 비타민 D의 생성을 저해하는 하나의 요인이 되고 있다. Sedrani(1990) 등의 연구에 의하면 의복에 의해 피부의 대부분을 감싸는 사우디아라비아에서 25(OH)D<sub>3</sub>의 혈청농도를 어머니와 그들의 신생아에게서 관찰하였다. 그 결과 59%의 어머니와 70%의 신생아의 25(OH)D<sub>3</sub>가 정상이하의 농도를 나타냈으며 혈청 칼슘농도는 어머니의 61%와 신생아의 59%

Table 2. Concentration of 25(OH) Vit.D<sub>3</sub> in serum  
(ng/ml, N=4)

Group	25OHVitaminD <sub>3</sub> in serum		
	Before <sup>1)</sup>	After <sup>2)</sup>	Difference <sup>3)</sup>
fabric A (UVB 100% protection)	17.95±1.64 <sup>a</sup>	18.23±1.36 <sup>a</sup>	0.28±0.28 <sup>c</sup>
fabric B (UVB 50% protection)	17.79±1.94 <sup>a</sup>	20.43±2.60 <sup>a</sup>	2.65±0.92 <sup>b</sup>
bikini	15.94±2.42 <sup>a</sup>	20.51±2.73 <sup>a</sup>	4.57±0.74 <sup>a</sup>
F-value	0.91	0.94	28.35**

1) Before sun exposure

2) After sun exposure

3) After sun exposure - Before sun exposure

가 표준범위 이하였다.

Table 2에 제시 한 바와 같이 본 연구에서 건강한 여대생들에게 자외선 방어율이 0%, 50% 및 100%인 의류 (이하 0%, 50% 및 100%)를 입하고, 당시 자외선 UVB가 6kJ/m<sup>2</sup>로 햇빛을 조사한 결과 자외선 조사전보다 혈중 25(OH)Vit.D<sub>3</sub> 농도는 비키니 착용자는 평균 4.57ng/ml, 자외선 방어율 50% 착용 시는 평균 2.65ng/ml, 자외선 방어율 100% 착용 시는 0.28ng/ml로 증가하였다( $p<0.001$ ). 비키니만을 착용한 피실험자는 등부위와 어깨부위에 홍반이 발생하고 화끈거린다고 하였으나, 자외선 방어율 50% 의류와 자외선 방어율 100% 의류 착용자는 홍반이나 따끔거림 등 피부발진이 나타나지 않았다.

Matsuoka(1989) 등은 성인 백인에게 UVB를 실현적으로 조사하여 비타민 D<sub>3</sub>가 생성되는 최저치를 조사하여 18mJ/cm<sup>2</sup>로 보고한 바 있는데 Matsuoka (1989) 등은 UVB등을 이용하여 UVB가 온몸에 골고루 쪼여지도록 한 반면 본 연구는 태양광을 이용하였음으로 실제로 피실험자들의 머리나 어깨부위 등 태양으로부터 수직적인 빛을 받는 부위를 제외하고는 UVB의 조사량이 6kJ/m<sup>2</sup>보다 월씬 적은양이 되었을 것으로 생각된다. 또한 본 연구의 목적이 의류를 통한 자외선에 의해 생성되는 비타민 D<sub>3</sub>에 국한하여, 피실험자들의 얼굴, 목, 손목아래, 발 부위를 SPF지수가 30인 자외선차단크림으로 도포 하였기 때문에 Matsuoka(1989) 등의 연구에 비해 많은 양의 UVB에 피실험자들이 폭로되었어도 생성된 비타민 D<sub>3</sub>량도 적었고 또한 홍반 등의 일광화상도 적게 일어난 것으로 생각된다.

### 2. 온열생리적 변화

#### 가. 평균 피부온

Fig. 2는 평균 피부온의 경시변화를 나타내고, Table 3은 평균피부온의 실험개시후 최고치와 각 그룹간의 유의성 검정의 결과를 나타내고 있다.

비키니와 자외선 방어율 100%(이하 100%)는 자외선 방어율 50%와 달리 실험시작 5분 후 상승경향을 보인 후 다시 하강하였고, 실험개시 20분부터 25분 경과 시에는 3종류의 의복 모두 높아지는 경향이 보였으며 그 후 하강하였다.

Table 3. The statistical analysis of mean skin temperature among groups

Measurement \ Group	A	B	C	F-value
Ts	38.16 <sup>a</sup>	37.08 <sup>b</sup>	38.05 <sup>a</sup>	13.81**

\*p<0.05 \*\*p<0.01 \*\*\*p<0.001 a, b, c: Scheffe's test

A: fabric of UVB protection 100% B: fabric of UVB protection 50% C: bikini

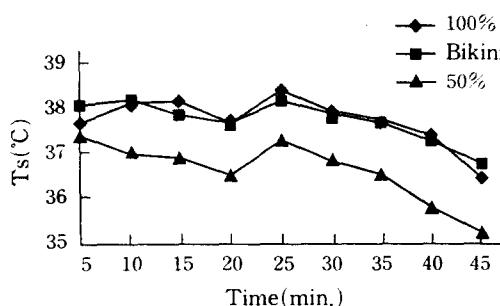


Fig. 2. Mean skin temperature among groups

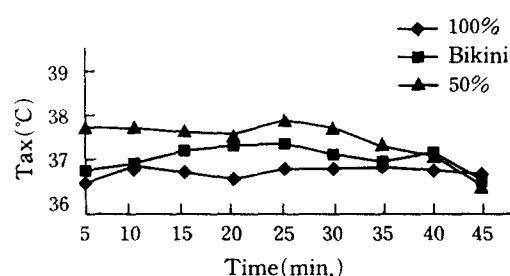


Fig. 3. Axillary temperature among groups

평균 피부온은 비키니 착용시와 자외선 방어율 100%(이하 100%) 착용시가 거의 같은 수준의 값을 나타냈으며 자외선 방어율 50% 착용시의 평균 피부온은 유의하게 낮은 평균 피부온을 나타냈다 ( $p<0.001$ ).

비키니 착용시의 평균 피부온이 자외선 방어율 50% 착용시의 평균 피부온보다 높게 나타났는데 이 결과는 비키니 착용시는 3 조건 중 복사열을 가장 많이 받았고, 자외선 방어율 100% 착용시는 복사열은 차단되었으나 보온 효과가 크고, 반면 자외선 방어율 50% 착용시는 복사열은 차단되면서 보온은 방어율 100% 착용시보다 작으로 평균 피부온이 가장 낮은 것으로 해석된다. 그러므로 복사열 하에서는 나체보다 적당히 입는 것이 더 시원할 수 있다는 선행 연구 결과 등을 증명하는 것이다.

#### 나. 액와온

Fig. 3은 액와온의 경시변화를 나타내고 Table 4는 액와온의 실험개시 후 최고치와 나타내며 각 그룹간의 유의성 검정의 결과를 나타내고 있다.

심부온을 대신한 액와온은 자외선 방어율 50% 착용시가 자외선 방어율 100% 착용시나 비키니 착용시에 비해 높게 나타났는데 ( $p<0.001$ ), 이것은 평균 피부온이 가장 낮게 나타난 결과와 역의 관계의 결과이다. 평균 피부온이 낮으면 인체도 항체온을 유지하기 위하여 심부온은 높다(송 1996)의 연구 결과와도 일치하며 여기에서도 자외선 방어율 50% 착용시가 가장 낮은 보온율을 보인 것이라 해석된다.

비키니 착용시의 결과는 실험개시 25분까지 상승하는 경향을 나타냈는데 이것은 항체온을 유지하기 위한 생리적 적응을 뚜렷하게 나타낸 결과로 해석

Table 4. The statistical analysis of axillary temperature among groups

Measurement \ Group	A	B	C	F-value
Tax	36.33 <sup>b</sup>	37.40 <sup>a</sup>	37.15 <sup>a</sup>	13.81**

\*p<0.05 \*\*p<0.01 \*\*\*p<0.001 a, b, c: Scheffe's test

A: fabric of UVB protection 100% B: fabric of UVB protection 50% C: bikini

된다.

#### 다. 국소피부온

Fig. 4는 국소 피부온의 경시변화를 나타내며,

Table 5는 각 국소 피부온의 실험개시후 최고치와 각 그룹간의 유의성 검정의 결과를 나타내고 있다.

두부의 피부온은 비키니 착용시의 경우와 자외선

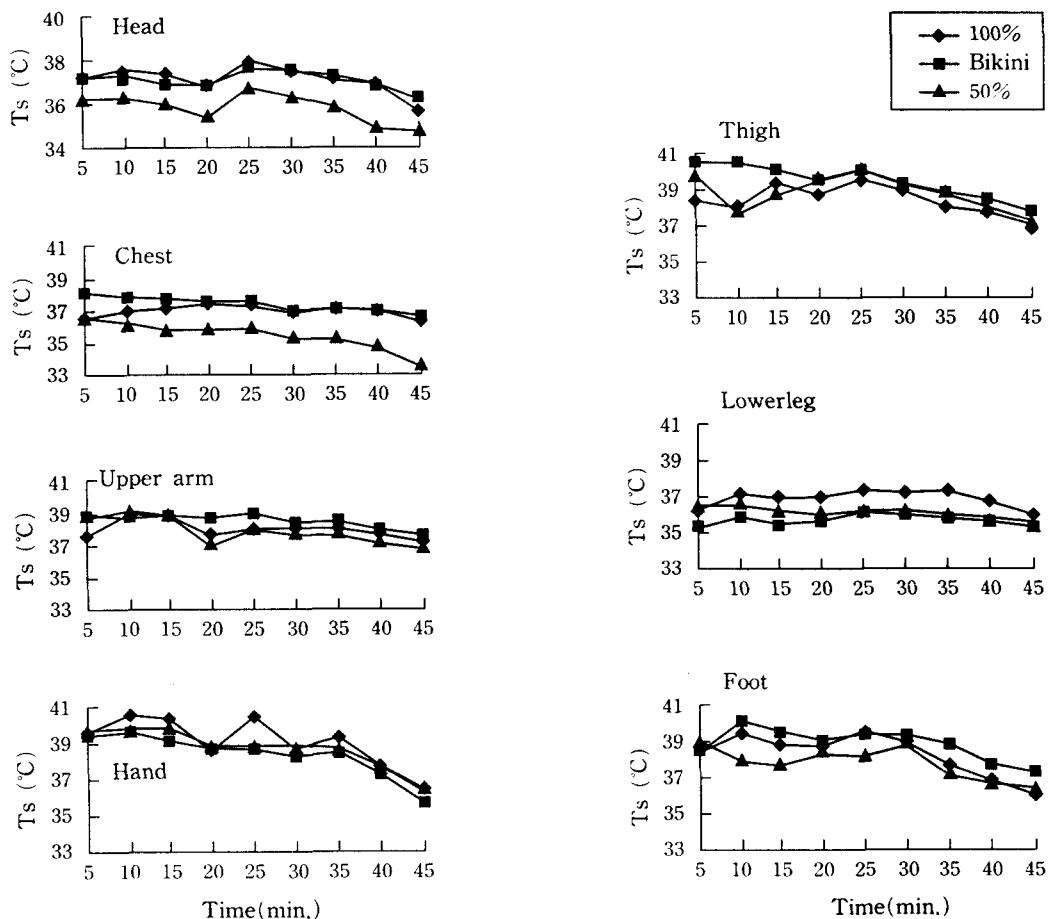


Fig. 4. Local skin temperature among groups

Table 5. The statistical analysis of local skin temperatures among groups

Measurement Group	Head	Chest	Upper arm	Hand	Thigh	Lower leg	Foot
A	37.40 <sup>a</sup>	37.16 <sup>b</sup>	37.70 <sup>b</sup>	40.23 <sup>a</sup>	39.28 <sup>b</sup>	37.12 <sup>a</sup>	39.12 <sup>a</sup>
B	36.64 <sup>b</sup>	35.67 <sup>c</sup>	37.71 <sup>b</sup>	38.62 <sup>b</sup>	40.11 <sup>a</sup>	36.09 <sup>b</sup>	38.02 <sup>b</sup>
C	37.38 <sup>a</sup>	37.61 <sup>a</sup>	38.64 <sup>a</sup>	38.29 <sup>b</sup>	40.03 <sup>a</sup>	36.02 <sup>b</sup>	39.14 <sup>a</sup>
F-value	12.16**	237.34***	34.05***	73.47***	28.29***	213.97***	153.97***

\*p<0.05 \*\*p<0.01 \*\*\*p<0.001 a, b, c; Scheffe's test

A: fabric of UWB protection 100% B: fabric of UVB protection 50% C: bikini

방어율 100% 착용시의 경우 거의 비슷한 경향을 나타냈으며 자외선 방어율 50% 착용의 경우 3조건 중 가장 낮은 국소 피부온을 나타냈다. 3조건 모두 이마의 국소 피부온이 실험개시 25분의 값이 가장 높은 수준으로 자외선 방어율 100% 착용시, 비키니 착용시, 자외선 방어율 50% 착용시 각각 37.40°C, 37.38°C, 36.64°C로 자외선 방어율 50%와의 차가 유의하게 높게 나타났다( $p<0.001$ ).

흉부의 피부온은 비키니 착용시의 경우와 자외선 방어율 100% 착용시의 경우 거의 비슷한 경향을 나타냈으며 자외선 방어율 50% 착용의 경우 하강의 경향을 나타냈으며 각 그룹간의 유의차도 높게 나타났다( $p<0.001$ ).

상완의 피부온은 3조건 모두 비슷한 경향으로 전체적으로 완만한 하강의 현상을 보였으며 비키니 착용시가 유의하게 높게 나타났다( $p<0.001$ ).

손등의 피부온의 경우, 자외선 방어율 100% 착용 시의 경우가 가장 높은 수준을 유지하였으며 ( $p<0.001$ ), 자외선 방어율 50% 착용의 경우와 비키니 착용의 경우는 완만한 하강의 경향을 나타내었다. 특히 자외선 방어율 100% 착용시의 수준이 가장 높게 나타난 것은 옷에 의한 보온의 효과와 복사열의 이중의 효과에 의한 것으로 사료된다.

대퇴의 피부온의 경우, 실험개시초는 자외선 방어율 100% 착용시의 경우가 높은 수준을 나타냈으나 실험개시 20분정도부터 3조건 모두 비슷한 경향을 나타내었다.

하퇴의 피부온의 경우, 자외선 방어율 100% 착용시, 자외선 방어율 50% 착용시, 비키니 착용시의 순이었으며 전체적으로 일정한 수준을 유지하였으며, 각 그룹간의 유의차도 높게 나타났다( $p<0.001$ ).

발등의 피부온은 일정한 수준을 유지하다가 하강의 경향을 나타내었으며, 특히 비키니 착용시가 유의하게 높았다( $p<0.001$ ).

이상과 같이 각 국소 피부온의 분포는 비키니의 경우 성인여자의 피부온 분포의 결과(田村 1983, 渡邊 et al 1975, 1980)보다는 높은 수준을 나타내고 있으며 이들 연구 결과와 비슷한 경향은 나타나지는 않았지만, 실외 햇빛의 노출에 의한 자외선, 복사열과의 관계에 대한 영향을 비교할 수는 있었다. 즉

실험 시 앉은 자세에서 자외선에 수직으로 노출되는 부위인 손 등, 대퇴의 피부온이 각각 39.04°C, 39.81°C로 다른 국소 피부온 보다 높은 값을 나타낼 수 있고, 특히 가리워지는 부분인 하퇴의 피부온은 36.41°C로 가장 낮은 값을 나타내었다. 이것은 자외선 노출에 관한 연구(井川 et al 1989, 1991)의 결과, 자외선에 의한 노출면적은 각 신체 18개소 중 많은 부위로는 두정부, 견부이고 손, 대퇴, 상완순이었으며, 적은 부위로는 가슴, 하퇴, 등이라고 한 것과 일치함을 알 수 있다.

#### IV. 결 론

본 연구에서는 자외선의 유해는 최소화하면서 비타민 D<sub>3</sub>를 합성시킬 수 있는 직물이 어떤 것인지 알아보기 위해서 건강한 여자 대학생 12명을 대상으로 자외선 차단율이 0%, 50%과 100%인 직물로 만든 옷을 입혀 햇빛에 노출시킴으로써 혈중 비타민 D 농도가 자외선 차단율에 따라 변화하는지를 관찰하였다. 이때 온열생리적 영향을 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다. 1) 햇빛 노출 전후의 25(OH)vit.D<sub>3</sub>를 혈청에서 측정한 결과 자외선 투과율이 증가할 수록 생성되는 25(OH)vit.D<sub>3</sub>량이 증가하였다. 2) 온열생리적 변화는 자외선을 50% 투과하는 직물 착용 시의 평균피부온이 가장 낮고, 액화온은 가장 높아서 타 시료에 비해 체열 방산에 유리하였다.

따라서 높은 기온과 자외선 하에서의 피복은 완전 노출시 보다는 50% 정도의 자외선 차단율을 지닌 직물로 피복하는 것이 비타민 D<sub>3</sub> 합성을 저해하지 않으면서도 인체가 쾌적할 수 있다는 결과를 얻었다. 그러나 적정 자외선 방어율을 찾아내는데는 지속적인 연구가 필요하다고 생각된다.

#### 참 고 문 연

Fitzpatrick, TB. Trend in dermatology—Ozone depletion and dermatologist Need we prepare for the consequences of a UVB "Holocaust" in next decades. Dermatology, Sober, A. J., Fitzpatrick, T. B., p. 13, Mosby Year Book, St. Louis, 1990.

- Holick M. F., MaCloughlin T. A., et al, Photosynthesis of previtamin D<sub>3</sub> in human skin and the physiologic consequences. *Science*, 210, 203–205, 1980.
- Robson J and Diffenny DL, Textiles and sun protection. *Photodermatol Photoimmunol Photomed*, 7, 32–34, 1990.
- Sedrani SH, 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, 1990.
- 안령미a · 송명건, 자외선에 의한 비타민 D<sub>3</sub> 합성과 직물(제1보) — 실험관내 실험 —, *한국의류학회지*, 21(5), 903–910, 1997.
- 안령미b · 이수진 · 송명건, 직물의 자외선차단과 세포에 미치는 방호효과, *한국의류학회지*, 21(4), 750–756, 1997.
- 김정현 · 안령미 · 송명건, 자외선에 의한 비타민 D<sub>3</sub> 합성과 직물(제2보) — 동물실험을 통하여 —, *한국의류학회지*, 22(5), 621–628, 1998
- 송명건, 한복 착용시의 부위별 열저항에 관한 연구, *한국의류학회지*, 20(4), 565–572, 1996.
- 井川正治, 木場本弘治, 板橋繁, 高橋由美, 柿島博, 新井清一, ゴルフ場における紫外線被爆について, 人間—熱環境系シンポジウム報告書, 134–137, 1989.
- 井川正治, 木場本弘治, 高橋弘彦, 新井清一, 屋外スポーツにおける紫外線被爆について, *Proceedings of International Conference of Human-Environment System*, 465–468, 1991.
- 田村照子, 裸體健常成人女子の皮膚温分布—被服設計の爲の温熱生理學的基礎研究—, *お茶の水醫學雑誌*, 31(4), 225–241, 1983.
- 渡邊ミチ, 田村照子, 松岡眞理子, 22–34°C環境温度條件下における成人女子の全身および體區分別平均皮膚温の變動, *家政學雑誌*, 31(10), 742–746, 1980.
- 渡邊ミチ, 田村照子, 天野美保松, サーモグラフィによる皮膚温測定(第1報)—環境温度25°Cにおける成人女子の皮膚温分布, *文化女子大學紀要*, 7, 157–164, 1975.