〔報 文〕

Journal of the Korean Society
of Clothing and Textiles
Vol. 21, No. 4 (1997) p. 750~756

# 직물의 자외선차단과 세포에 미치는 방호효과

안 령 미·이 수 진·송 명 견*

동덕여자대학교 보건관리학과·*의상디자인학과

# Protection Effects of Summer Fabrics from Cell Toxicity of UVB

**Ryoung-Me Ahn · Su-Jin Lee · Myung-Kun Song***

Dept. of College of Natural Science and *School of Design, Dongduk Women's University

(1997. 3. 18 접수)

**Abstract**

The purpose of the study was to investigate a transmittance rate of UVB (Ultraviolet B) through summer fabrics and a protection rate of summer fabric from UVB. The subjects were randomly selected 159 fabrics from Korean common summer fabrics. The protection rates of 159 fabrics from UVB were measured by UVB lamp and UVB sensor, and 14 fabrics among these fabrics were selected for an assay of MTT(3-(4, 5-dimethylthiazol-2-yl) -2, 5 -diphenyltetrazolium). The protection rate of fabrics from cell toxicity of UVB was measured by investigating the difference of the amount of cell toxic substance on between fabrics covered with and without HeLa cell.

The average protection rate of 159 fabrics from UVB was 95.08%. As result findings, three negative correlations were found between: 1) the transmittance rate of UVB and the amount of MTT on fabrics ($y=0.0373+0.00518\ x$, $r=-0.9323$, $p<0.001$); 2) the air permeability of fabrics and the amount of MTT ($r=-0.79$, $p<0.01$); 3) the air permeability of fabrics and the protection rate of fabrics from UVB ($r=0.89$, $p<0.01$). However, there was no effect of thickness of fabrics on the protection rate from UVB and the amount of MTT.

## Ⅰ. 서 론

태양광선은 일상생활에 없어서는 안될 중요한 것중의 하나이며, 정신건강과 육체건강에도 필요한 것이다. 햇빛은 천식, 관절염, 건선 및 백반증등 피부질환을 치료하는데 사용하기도 하고, 피부에서 Vit. D를 합성한다[1]. 그러나 과량의 자외선은 피부노화(photoaging), 색소침착증, 피부암, 백내장 증가, 면역기능저하 등 여러가지 유해작용을 한다[2].

근래 지구환경문제의 하나인 오존층 파괴로 인한 자외선량의 증가 문제는 한반도도 예외 지역이 아닌 것으로 알려져 있는데, 조등[4]은 서울의 오존전량을 13년간 (78년 11월~92년 1월) 조사한 결과, 10년동안 3.77% 감소하였다고 보고하였다. 오존층이 1% 감소하면 지표에 도달하는 자외선의 강도는 평균 2% 증가하고, 피부암의 발생은 4~6% 증가한다[3]. 실제로 충남대학교 병원의 피부과의 피부암환자비율이 77년부터 91년까지

조사한 결과 77년에는 0.23%였는데 꾸준히 증가하여 91년에는 0.49%를 보였다고 김등[5]은 보고하였으며, 서울대학 병원 피부과도 같은 경향을 보였다고 오등[6]이 보고한 바 있다.

태양빛의 6%를 차지하는 자외선(200~400 nm)은 파장에 따라 UVA(320~400 nm), UVB(200~290 nm) 및 UVC(200~290 nm)로 구분된다. 진피층에 도달하는 UVA 는 피부의 멜라닌색소를 산화시켜 피부를 검게하고, UVB 는 피부의 표피층에 작용하여 피부에 홍반, 염증을 일으킨다. 또한 UVC는 발암성을 갖고 있으나, 지표에는 거의 도달하지 않는다[4].

같은 위도에 있는 공주(1985)[7]와 대전(1993)[5]에서 측정한 자외선량을 보면 대기오염등으로 인해 흡수가 잘되는 자외선 A파는 공주에 비해 대전이 39% 정도 감소한 반면 대기오염에 의해 흡수가 잘안되는 자외선 B파의 농도는 증가추세에 있다. 지표면에 자외선량이 증가하는 것도 문제이나, 세포손상이 큰 UVB량이 증가하는 것은 피부암의 급증등을 야기시킬 수 있음으로 좀 더 심각한 문제라고 할 수 있겠다. UVB는 살갗의 표피층에 작용하고, 급속한 sunburn(화상, 홍반)을 일으킨다. 더 진행되면, 멜라닌 색소형성, 색소침착으로 sun tan이 일어나고, 손상된 피부세포의 각화이상을 일으키고, 각질층의 수분감소와 살갗이 거칠어지며, 만성 노출시 피부주름이 생긴다[8]. UVB는 또한 DNA에 손상을 주며 glycosaminoglycan이 증가되고 collagen이 변하게 된다[9~10]. 자외선에 의해 발생하는 최소 홍반량(MED: Minimal erythema dose)이 지나쳐서 수포가 생기게 되면 대부분의 세포는 죽게 되고, 살아남은 세포는 돌연변이의 가능성이 높아진다[11]. 또한, 자외선에 의한 변화는 세포막에 광화학적 자극을 주어서 단백질 특히 tryptophan이 변성되어 heat shock protein (hsp)의 생성을 빠르게 유도하거나[12], 피부에 이동되어 keratinocyte에서 합성되는 단백질을 변화시켜 hsp의 생성을 유도한다[13].

자외선을 방어하는 방법으로는[14] 피부에 일광차단제를 도포하는 방법, 탄닌, 베타카로틴등의 항산화제를 복용하는 방법[15], 옷, 모자, 양산등의 사용방법 등이 있다. 일광차단제는 자외선 차단 지수가 매우 높으나 피부 독성이 문제시되고, 땀이나 물에 씻겨내려감으로써, 피부 도포 후 일정한 시간 후에는 다시 도포해야 하는 단점이 있고, 약제 복용은 일반인이 사용하기에는 한계가 있다. 이에 비해 의류, 모자등의 사용은 전통적으로 자외선을 효율적으로 방어하면서 안전한 것으로 알려져 있으나, 자외선 차단지수가 높은 의류의 경우, 자외선 차단지수가 높을 수록 자외선은 효율적으로 차단하나, 착용감이 낮아질 가능성이 문제점으로 지적되고 있다[16,17].

피복을 사용하여 자외선 위해를 방어하고자 한 연구는 Robson[18]에 의한 직물의 자외선차단지수 연구, 모자를 이용한 Diffey[19]의 연구 및 의류와 피부암과의 관계를 연구한 Menter[20]등 외국에서는 활발하게 진행되고 있다. 그러나 우리나라에서는 직물에 처리하는 자외선차단제에 관한 연구외에는 직물의 자외선 차단효과와 세포독성에 미치는 영향에 관한 연구는 진행되고 있는 것이 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 우리나라에서 사용되는 하절용 직물의 자외선 B파 투과량을 측정하고, 자외선의 세포독성을 직물이 얼마나 방어하는지를 알아보고자 다음과 같은 실험을 행하였다.

## II. 실험방법

### 1. 직물 시료

실험에 사용된 시료는 시중의 하복지 159종을 무작위 선택하여 자외선 차단율을 구하고 이들중 자외선 투과율을 고려하여 14종을 연구 대상으로 하였다. 이들 직물 시료의 물리적 성질은 Table 1과 같다. 이때 직물의 혼용율은 KS K 0210, KS K 0511, KS K 0506, KS K 0570 및 KS K 0594 방법에 의해 측정되었다.

### 2. 자외선 차단율

자외선 차단율은 UVB lamp(Spectronics corporation, USA)를 직물의 20 cm 위에 장치하고, UVB를 3분간 조사시켰다. 이때 자외선 센서(San Gabriel, USA)를 직물밑에 놓은 상태에서 자외선량을 측정한 것을 S, 직물를 투과시키지 않은 자외선량을 B로 측정하였으며, 직물의 자외선투과율과 자외선차단율은 다음과 같이 계산하였다.

자외선투과율(%) = (S/B) * 100

자외선차단율(%) = 100 − 자외선투과율(%)

Table 1. The characteristics of materials.

| No. | Material (%) | | Density density/5 cm | | Thickness (mm) | Air permiability ($cm^2$/min/$cm^2$) | UVB protection rate(%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Weft | Warp | | | |
| 1 | Polyester | 100 | 353.8 | 154.6 | 0.234 | 1851.6 | 98.6 |
| 2 | Polyester | 100 | 317 | 145.6 | 0.23 | 2640 | 97.0 |
| 3 | Silk | 100 | 292.6 | 201.8 | 0.162 | 2050 | 96.0 |
| 4 | Cotton | 100 | 236.4 | 146.6 | 0.185 | 2014.5 | 94.2 |
| 5 | T/C | 63.8/36.2 | 224.4 | 145.6 | 0.175 | 3165 | 94.0 |
| 6 | Cotton | 100 | 281.8 | 209.6 | 0.154 | 2240.4 | 91.3 |
| 7 | T/C | 44.3/29.4 | 141.8 | 110.6 | 0.282 | 3322.5 | 90.9 |
| 8 | Linen | 100 | 127.6 | 124.8 | 0.311 | 9945 | 86.7 |
| 9 | Linen | 100 | 162.2 | 127.8 | 0.163 | 8380.4 | 82.6 |
| 10 | Cotton | 100 | 197.8 | 172.2 | 0.132 | 4792.6 | 77.3 |
| 11 | Polyester | 100 | 239.8 | 156.2 | 0.215 | 33360.4 | 75.0 |
| 12 | Cotton | 100 | 183 | 167.3 | 0.12 | 14440 | 69.0 |
| 13 | Silk | 100 | 202.2 | 174.4 | 0.19 | 40500 | 63.0 |
| 14 | Polyester | 100 | 164.6 | 132.4 | 0.162 | 51480 up | 54.7 |

### 3. 자외선에 의한 세포독성실험

#### 1) 자외선에 의한 세포독성

산업 보건연구원 독성실에서 분양받은 자궁 경부암세포인 HeLa cell을 37℃, 5% $CO_2$로 조정된 항온기(Precision Scientific, USA)내에서 배양하였으며, 3일 간격으로 Trypsin-EDTA(sigma)를 처리하여 single cell로 하여 계대하였다. 세포배양액은 Dulbecco's modified eagle's medium (DMEM, Gibco)에 10% fetal bovine serum(FBS, Gibco)을 혼합하여 사용하였다.

HeLa cell 은 well당 $5\times10^4$ cells/ml가 되도록 24 well plate에 분주하여 배양한 후 UVB를 조사하여 세포의 성장 및 생존에 미치는 영향을 측정하였다. 자외선을 농도별로(0 kJ/$m^2$~9 kJ/$m^2$) 조사한 cell을 trypsin-EDTA(sigma)으로 single cell로 처리하여 1,000 rpm으로 원심분리 시킨 후 trypan blue(0.4% trypan blue, Sigma)로 염색하여 cell counting 하였다.

#### 2) 자외선에 의한 세포독성과 직물의 방어능

UVB에 의한 세포의 성장 및 생존에의 영향 및 직물의 자외선 차단효과를 측정하기 위하여 MTT assay를 실시하였다. HeL acell를 well당 $5\times10^4$ cells/ml가 되도록 24 well plate에 분주하여 배양한 후 그대로 혹은 직물을 덮어 5 kJ/$m^2$의 UVB를 조사하였다. 자외선 조사 후 24시간을 배양한 후 당일 조제한 50 $\mu$/ml의 MTT(sigma)가 포함된 배양액을 well당 1 ml씩 넣어 3시간 배양하였다. 배양후 dimethylsulfoxide (DMSO)를 well당 2 ml씩 넣어 실온에서 5분간 처리한 후 생성된 MTT formazan을 용해하여 분광광도계(Miltonroy company, 550 nm)로 흡광도를 측정하여 대조군과 비교하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 직물의 자외선 차단율

시중의 하절용 직물 159개를 무작위로 선정하여 자외선 B파 차단율을 측정한 결과 평균 95.08%(54.7%~100%) 였으며 자외선 차단율 분포는 다음 Table 2와 같다. 실제 여대생의 하절용 의류의 자외선 차단율은 94.96%였다(83.44%~99.7%, sample No : 23).

김등[6]이 93년에서 94년에 걸쳐 대전에서 측정한 UVB 복사량은 7월, 맑은 날, 12시가 $26.02*10^{-6}$ W/$cm^2$(10시에는 $12.57*10^{-6}$ W/$cm^2$, 2시에는 $15.30*10^{-6}$ W/$cm^2$)으로 가장 높았고, 점차 UVB량이 감소해 1월의 12시의 UVB량은 $0.88*10^{-6}$ W/$cm^2$로 보고하였다. UVB가 가장 많은 7월 맑은 날 10시부터 2시까지 UVB량을 에너지량으로 산술적으로 환산한 결과

2.83 kJ/m²이었다. 본 연구 결과 여대생의 하절용 의류의 UVB 차단율이 평균 94.96%(88.44%−99.7%)임으로 자외선이 가장 많은 날 10시부터 2시까지 4시간 동안 햇빛을 쪼였을 때 실제로 신체가 받는 자외선량은 자외선을 100% 받는다 해도 0.14 kJ/m²(0~0.47 kJ/m²)로 고등이[21] 보고한 UVB의 MED인 0.7 kJ/m²에는 미치지 않는 양이다. 그러나 이는 옷으로 신체를 100% corvering했을 때의 계산치임으로 햇빛에 그대로 노출되는 신체부위나 광과민성 기질을 가진 사람, 또는 장기간 옥외에서 작업하는 사람들을 위한 연구는 따로 진행되야 할 것으로 생각된다.

### 2. 자외선에 의한 세포 독성 실험

#### 1) 자외선의 세포 독성

자외선이 세포에 미치는 독성 및 세포 생존율을 조사하기 위하여 세포에 자외선을 조사한 후 trypan blue로 염색한 결과는 Table 3과 같다. Trypan blue의 결과 HeLa cell의 생존율이 50% 저해되는 자외선 농도는 5 kJ/m²임을 알 수 있었다. 자외선은 농도가 증가할수록 HeLa cell의 생존율은 급격히 저하되어 9 kJ/m²의 조사시에는 생존율이 2.33%에 지나지 않았다.

**Table 2.** UVB protection rate of summer fabrics

| UV protection rate(%) | No. of fabrics |
|---|---|
| 95% over | 109 |
| 91%~95% | 27 |
| 86%~90% | 10 |
| 81%~85% | 5 |
| 76%~80% | 3 |
| 71%~75% | 1 |
| 65%~70% | 1 |
| 61%~60% | 2 |
| 60% below | 1 |
| Tatal | 159 |

**Table 3.** The survival rate of UVB irradiated HeLa cells by trypanblue

| Concentration of UVB | Trypan Blue |
|---|---|
| | Survival rate*(%) |
| 0 kJ/m² | 100 |
| 1 kJ/m² | 85.4 |
| 3 kJ/m² | 59.8 |
| 5 kJ/m² | 45.21 |
| 7 kJ/m² | 7.3 |
| 9 kJ/m² | 2.33 |

$$*\text{Survival rate}(\%) = \frac{\text{No. of cells in treated plates}}{\text{No. of cells in control plates}}$$

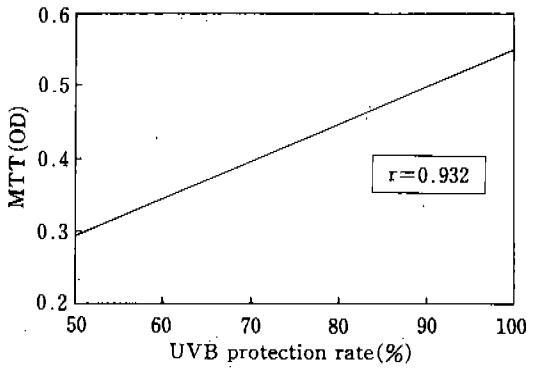


**Fig. 1.** The simple linear regerssion of UV protection rate and MTT.

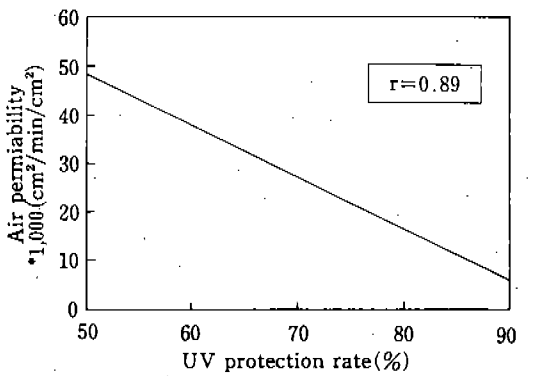


**Fig. 2.** The simple linear regerssion of UV protection rate and Air permiability.

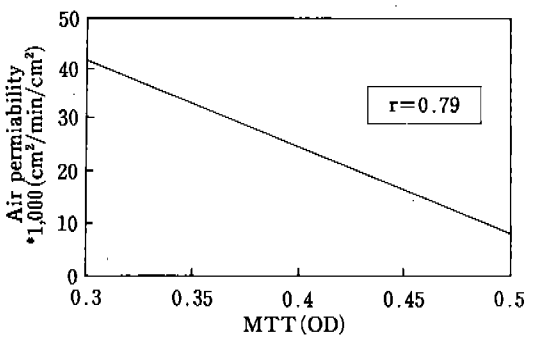


**Fig. 3.** The simple linear regerssion of Air permiability and MTT.

**Table 4.** Correlation coefficents among various components

| G | A | B | C | D | E | F |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 1.00000 | | | | | |
| B | 0.54250* | 1.00000 | | | | |
| C | −0.11754 | −0.57966* | 1.00000 | | | |
| D | −0.34013 | −0.09930 | −0.11312 | 1.00000 | | |
| E | −0.53633* | 0.04820 | 0.34472 | −0.89259** | 1.00000 | |
| F | 0.60385* | 0.00557 | 0.38496 | −0.79143** | 0.93234** | 1.00000 |

*$p<0.05$, **$p<0.01$ A : Density(Weft), B : Density(Warp), C : Thickness, D : Air permiability, E : UV protection rate, F : MTT absorbance

**2) 자외선의 세포독성과 직물의 방어능**

자외선 차단율을 측정한 159개의 직물중 자외선 투과율이 1.5%에서 45.3%에 이르는 직물을 14개 선택하였으며 이의 결과를 Table 1에 나타내었다. 또한 자외선이 세포의 생존에 미치는 영향과 직물의 방어효과를 보기 위해 MTT assay를 행하였다. 즉 자외선 B파 5 kJ/m²을 세포에 그대로 또는 섬유를 덮어서 조사시킨 후 24시간 후에 MTT를 측정한 결과 자외선 투과량이 증가할수록 MTT 양은 감소하였다(Fig. 1). 이를 회기식으로 나타내면 $y=0.0373+0.00518x$, $r=-0.9323$($p<0.0001$) 이었다.

Robson[18]은 보통의 의류는 자외선 차단효과가 피부에 도포하는 sunscreen제 보다도 크다고 보고한 바 있으며, 자외선 차단능이 높은 피복의 조건은 모나 자연섬유를 피할 것, 성글게 짠 crepe 직물 피할 것 그리고 면능직, 실크 및 광택이 큰 폴리에스터 직물 등 촘촘히 짠 직물을 선택할 것을 권한 바 있다.

본 연구의 MTT assay 결과, 자외선은 직물 또는 의복을 투과하면 자외선량이 급격히 떨어져 세포 독성이 상당히 감소함으로, 적절한 의복의 착용은 자외선에 의한 위해를 방지할 수 있으리라 생각된다.

**3) 항목간의 상관관계**

각 항목간 상관관계분석의 결과는 Table 4 와 같다. 직물의 공기투과도가 높을수록 자외선 방어율과($r=-0.89$, $p<0.01$, Fig. 2), MTT는 음의 상관이 높았다($r=-0.79$, $p<0.01$, Fig. 3). 직물의 두께는 자외선 투과율이나, MTT에 영향을 주지 못하였다. 그러나 직물의 두께와 자외선 방어율은 정의 상관관계를 나타냈으나, 통계적인 유의성은 보이지 않았다.

Robson[18]에 의하면 60개 직물의 SPF를 한 결과 2~1571(평균 56)의 넓은 분포를 보였다고 보고하였다. 또한 Diffey[19]는 챙이 넓은 모자(7.5 cm 이상)는 호주처럼 강한 햇빛이 있는 곳에서도 non-melanoma cancer가 주로 발생하는 코와 뺨을 자외선으로부터 보호할 수 있다고 보고한 바 있다.

연구 결과 자외선을 잘 방어하는 직물은 밀도가 크고, 통기성이 작은 것이 자외선 방어능력이 우수한 것으로 밝혀졌다. 그러나 예상과는 달리 직물의 두께와 자외선 방어능력과는 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 또한 본 연구는 자외선중 UVB만을 대상으로 실험을 행하였음으로 햇빛에 있는 UVA와 UVB가 복합적으로 세포에 조사되었을 때 나타날 수 있는 복합 손상에 대해서는 연구하지 못하였으며, 시료가 14종으로 한정되고, cover factor를 계산하지 않은 점등의 한계점을 지니고 있다. 그리고 자외선에 의한 손상을 바르게 이해하기 위해서는 동물 및 인체 실험이 필수적이기 때문에 지속적인 연구가 요구된다.

그러나 자외선은 피부에서 Vit. $D_3$를 합성하여 생체에 공급하고, 또한 비타민 D는 체내 칼슘의 흡수 및 이용과 밀접한 관계가 있어 자치 비타민 D의 결핍은 골조송증을 야기시킬 수 있는 가능성도 있음으로 자외선을 무조건 기피할 것이 아니라 피부 손상을 가져오지 않으면서 비타민 D는 합성시킬 수 있는 적절한 자외선량의 연구, 특수한 파장을 투과, 또는 제한시키는 기능복의 연구등도 진행되어야 할 것으로 생각된다.

## 결 론

우리나라에서 사용되는 하절용 직물의 자외선 B파 투과량을 측정하고, 자외선의 세포독성을 직물이 얼마

나 방어하는지를 알아보고자 다음과 같은 실험을 행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

시중의 하절용 직물 159개를 무작위로 선정하여 자외선 B파 차단율을 측정한 결과 평균 95.08%(54.7%~100%)로 UVB가 가장 많은 7월의 한 낮에 4시간동안 햇빛에 노출되어도 MED에는 미치지 않을 정도로 자외선 차단효과가 있었다.

또한 자외선이 세포에 미치는 독성 및 세포 생존율을 조사하기 위하여 자외선을 조사 후 trypan blue로 염색한 결과 자외선량이 증가할수록 HeLa 세포의 생존율은 낮아져 UVB 5 kJ/m²에서 50% 생존율을 보였고, 9 kJ/m²에서는 생존 세포는 2.3% 밖에 없었다.

자외선 투과율이 1.5%에서 45.3%에 이르는 직물을 14개 선택하여 자외선이 세포의 생존에 미치는 영향과 직물의 방어효과를 보기 위해 MTT assay를 행한 결과 자외선 투과량이 증가할수록 MTT 양은 감소하였다(Fig. 1). 이를 회기식으로 나타내면 $y=0.0373+0.00518x$, $r=-0.9323(p<0.0001)$이었다.

실험항목간의 상관계수를 계산한 결과 직물의 공기투과도가 높을수록 직물의 자외선 방어율($r=-0.89$, $p<0.01$)과 MTT는 음의 상관이 높았다($r=-0.79$, $p<0.01$). 직물의 두께는 자외선투과율이나, MTT에 영향을 주지 못하였다. 즉 자외선 차단 효과가 높은 직물은 자외선에 의한 세포 독성을 효율적으로 차단하였다.

## 감사의 글

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

## 참 고 문 헌

1) Fitzpatrick, T.B.: 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., Mosby Year Book, St. Louis, 1990.

2) Lorraine, H.K., Michele, G.: Biochemical changesin hairless mouse skin collagen after chronic exposure to Ultraviolet —A radiation. Photochem. photobiol. **54**(2), 233, 1991.

3) Environmental health criteria 14 ultraviolet radiation: World Health Organization, 1979.

4) 조희구, 김해경외 : 서울의 오존전량 변동과 경향, 한국기상학회지, **30**, 219-234, 1994.

5) 김경훈, 서기범외 : 대전에서 태양광선의 UVA와 UVB 복사량에 관한 조사(1993년 3월부터 1994년 12월까지), 대한피부연구학회지, **3**(1), 63-74, 1996.

6) 오선진, 김진준외 : 일광차단제의 도포량에 따른 광방어지수의 변화, 대한피부연구학회지, **2**(2), 151-156, 1995

7) Bissett, D.L., Hannon D.P., Orr. T.V.: Wavelength dependence of histological, physical, and visible changes in chronically UV-irradiated hairless mouse skin. Photochem. Photobiol. **50**, 763, 1989.

8) 김향배 : 공주에서 태양광선의 UVA와 UVB 양의 변화에 관한 연구, 충남대학교 대학원 의학박사 청구논문, 1986.

9) Kligman, L.H., Kligman, A.H.: Photoaging. Dermatology in General Medicine. Fitzpatrick, T.B., Eisen, A.Z., Wolff, K., et al 3rd, Mc Graw-Hill Book Co, New York, 1987.

10) Kligman, L.H., Akin, F.I., Kligman, A.M.: Sunscreens prevent ultraviolet photocarcinogenesis, J. Am. Acad. Dermatol., **3**, 30, 1980.

11) Gange, R.W.: Acute effects of ultraviolet radiation in the skin., Dermatology in General Medicine. Fitzpatrick, T.B., Eisen, A.Z., Wolff, K., 3rd, 1451, Mc Graw-Hill Book Co, New York, 1987.

12) Aberer, W., Schuler, G., Stingl, G., Herbert, H., Klaus, W.: Ultraviolet light depletes surface markers of langerhans cells, J. Invest. Dermatol., **76**(3), 202-210, 1981.

13) Stingl, G., Katz, S.I., Clement, L.: Immunologic funtions of Ia—bearing epidermal langerhans cells. J. Immunol., **121**(5), 2005, 1978.

14) Mathews-Roth MM Systemic photoprotection. Dermatol Clin., **4**, 335-9, 1986.

15) 이민경 외 : 자외선 B파로 유도된 Hairless mouse의 과산화지질 및 항산화효고활성도와 탄닌의 효과, 환경위생학회지, **22**(4), 102-108, 1996.

16) English JSC, et al. Senstivity to sunscreens. Contact Dermatitis, **17**, 159-162, 1987.

17) 坂本 光：紫外線，熱線遮へい 纖維 について，染色工業，40(2)，66-74，1992.
18) Robson J., Diffey B.: Textiles and sun protection. Photodermatol Photoimmunol Photomed., 7, 32-34, 1990.
19) Diffey BL., CheesemanJ.: Sun protection with hats. British J. Dermatology. 127, 10-12, 1992.
20) Meter, J.M., Hollins, T.D., Sayre, R.M., Etemadi, A. A. Willis, I., Hughes, N.G.: Protection against UV photocarcinogenesis by fabric materials. J. Am. Acad. Dermatol. 31, 711-6, 1994.
21) 고우석, 정진호외：UVB에 의한 한국 청년층의 최소홍반량과 최소색소량에 관한 연구，대한피부과학회지，32(2)，253-257，1994.