

# 한국인 피부의 자외선 감수성과 SPF 측정치에 미치는 인자의 영향

이 병 곤

(태평양 기술 연구소)

## UV Sensitivity of Korean Skin and The Effects of Factors affecting SPF Determination

Byeong-Gon Lee  
(Pacific R&D Center)

### — ABSTRACT —

Multiport-600 Solar Simulator<sup>R</sup> is one of the most recent and convenient instrument for evaluation of sun protection factor(SPF). In this study, we examined the practicability of the SPF determining system using Multiport-600 and the effects of several factors - light sources, seasons and experimental animals - on the minimal erythema dose(MED) and SPF. We also tested the UV sensitivity according to the sites of Korean people, And the ultraviolet radiation reaching the earth's surface in Seoul have been observed for one year.

As a result of this study, the determining system for SPF using Multiport-600 was proved to be a good system in accuracy and time-saving. The biological activity of fluorescence UV lamp of PUVA-800<sup>R</sup> was significantly higher than natural light or solar simulator with Xe arc lamp, and the determined MED became lower in inverse proportion to room temperature rise.

Skin sensitivity by ultraviolet radiation was higher in order ① back ② inner upper arm ③ outer upper arm ④ forearm. We also observed that UV radiation intensity was highest at noon in July and 1 sun burn unit(MED) was 28 minutes at that time.

## I. 서론

과도한 자외선에의 노출이 인체에 상해를 미친다는 사실은 잘 알려져 있고, 이를 방지하기 위한 자외선 차단제품의 개발 또한 이미 상당한 수준에 이르고 있으나, 최근들어 환경오염에 기인한 대기중의 ozone층 파괴는 기존 자외선 차단제품에 대한 인식을 제고시키고 있으며 또한 새로운 자외선 차단제품의 개발을 요구하고 있다.

이들 제품 개발시 기준이 되는 SPF지수의 측정에는 나라마다 각기 다른 방법을 채택하고 있으며 그 실험치도 각기 조금씩 다른데 <sup>1), 2), 3)</sup> 우리는 그중에서 주로 FDA 방법<sup>4)</sup>을 준용해 실험을 시행해오고 있다. 지금까지 주로 사용한 측정방법은 인공광을 이용해 guinea pig에서 측정하는 방법을 택해왔으며, 인공광원으로는 Xenon Arc Lamp를 사용한 Solar Light Company(USA)의 Solar UV Simulator Model-12S 기기를 사용해 왔으나 측정시 시간이 오래 걸리는 제약때문에 사람을 이용한 실험(특히 SPF치가 높은 제품)은 사실상 거의 불가능했었다. 그러나 동사의 신규모델인 Solar UV Simulator Model Multiport-600은 원리는 종전의 것(Model-12S)과 같으나 동시에 6개의 optic cable probe(LLG : Liquid Light Guide)에서 자외선이 照射되므로 측정시간을 최소 1/4정도로 줄일 수 있는 장점이 있어 자외선 차단제 함량이 많은 제품도 사람을 이용해 SPF치를 측정하는 것이 가능하게 되어 저자등은 Multiport-600을 이용한 사람에서의 SPF측정법을 확립하고, 기존의 실험방법과 결과를 재검토하고자 하였다.

따라서 본 연구에서는 Multiport-600을 이용하여 사람을 대상으로 SPF를 측정하는데 주안점을 두었고, 기존에 실험해오던 guinea pig에서도 동시 측정해 그 결과를 비교해 보고자 하였으며, 아울러 우리나라 사람의 자외선에 대한 피부특성 및 부위별 차이, 자외선에의 노출 여부와 계절 차이가 SPF에 미치는 영향 및 자외선 조사장치(광원의 차이)에 따른 피부 감수성등을 검토하였고, 또 우리나라에 연중 조사되는 자외선량을 관찰하여 합리적인 SPF제품의 개발에 이용하고자 실험을 진행하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 실험기기 및 재료

#### 1) 실험 기기

- (1) Multiport Solar Ultraviolet Simulator<sup>R</sup> Model-600(USA, Solar Light Co.)
- (2) Erythema UV & UVA Intensity Meter<sup>R</sup> Model 3D-600(USA, Solar

Light Co.)

(3) Waldman PUVA-800 UV Radiator<sup>R</sup>(W. Germany, Waldmann Medizin Technik)

(4) Waldmann UV-Meter<sup>R</sup>(W. Germany, Waldmann Medizin Technik)

(5) Waldmann Phototesting Unit<sup>R</sup>(W. Germany, Waldmann Medizin Technik)

(6) Chromameter CR-100<sup>R</sup> (Japan, Minolta Camera Company)

## 2) 피검자

26-55세의 남자 36명과 20-34세의 여자 24명

## 3) 실험 동물

체중 400-500 g의 백색 음성 및 자성 guinea pig 50 마리.

## 2. 실험 방법

### 1) 인체 각 부위의 피부색과 MED 및 SPF(자외선차단지수)의 측정

인체 각 부위의 피부색과 MED를 측정하기 위하여 먼저 Chromameter CR-100을 이용해 등(back)과 왼팔 전박부 및 상박 내, 외측 4군데에서 각각 3부위를 임의적으로 선정, 피부색을 측정하여 평균 L, a, b값을 구한 다음, Erythema UV & UVA Intensity Meter를 이용하여 Multiport Solar Simulator의 각 probe의 자외선 강도를 6단계로 조정하고 (25% 증감, 예 2.0, 1.6, 1.28, 1.04, 0.83, 0.66 MED/min), 1분동안 자외선을 照射했다. 자외선을 조사한 20-28시간 후에 홍반(erythema) 발생 정도를 관찰하여 최소홍반량 (MED: Minimal Erythema Dose)을 구했으며, 동일방법으로 guinea pig 10마리에서 최소홍반량을 측정하여(guinea pig의 경우는 털을 자른 후 전기면도기로 shaving한 최소 6시간 후에 자외선 조사) guinea pig의 MED로 했다.

각 실험대상자를 group당 5-10명의 4그룹으로 나누어 SPF 실험의 FDA standard인 Homosalate 8% lotion 및 기타 자외선 차단제품 3종을 2.0  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 의 용량으로 도포한 30분 후에 일정 강도의 자외선을 조사하고(예비실험 결과를 참조로 하여 예상 SPF치를 중간으로 하고 상하로 25%씩 증감한 6단계의 자외선 照射 - 시간으로 조절), 24시간 후에 그 반응을 관찰하여 각 시료의 자외선 차단지수를 위에서 측정한 MED를 바탕으로 산정하였다. 동일방법으로 guinea pig(그룹당 10마리)에서의 SPF를 측정하였다.

$$* \text{SPF} = \frac{\text{시료 도포시의 MED}}{\text{시료 비도포시의 MED}}$$

### 2) 계절의 차이에 의한 피부색과 자외선 감수성의 차이

피부색과 계절, 온도 및 햇볕에의 노출정도 등이 MED에 미치는 영향을

알아보기 위해 남자 5명과 여자 5명을 선정하여 전박부위의 피부색과 MED를 1월과 7월에 각각 측정하였다.

#### 3) 자외선조사에 의한 피부 흑화정도와 회복

인체 피부가 자외선조사를 받은 경우의 피부 흑화(melanization)정도와 회복되는 정도를 알아보기 위하여 실험대상자 4명의 전박부에 4.0 또는 2.0 MED부터 순차적으로 25%씩 감량한 자외선을 조사하고, 그후 일정시간(날짜) 경과별로 조사부위와 비조사부위의 피부색을 Chromameter CR-100으로 측정하여 melanin의 생성정도와 흑색도의 퇴색 정도를 관찰하였다.

#### 4) 광원에 따른 MED의 차이

MED 및 SPF 측정치에 미치는 광원의 영향을 알아보기 위하여 자연광 및 Xenon Arc Lamp, Fluorescence Lamp하에서의 전박부의 MED를 측정하였다. 자연광은 날씨가 맑은 날을 택하여, 직경 1cm의 원을 일정 간격으로 punch한 불투명 film으로 전박부를 감싸 실험부위를 제외한 나머지 부분은 햇볕 조사를 차단한뒤, 햇볕을 조사하고 각 조사 부위를 순차적으로 일정 시간마다 차폐하여 자외선 조사량을 조정하였다. 그외 Xe Arc광원은 Solar UV Simulator(Multiport 600)를 이용하였으며, Fluorescence 광원은 Waldmann PUVA-800 UV Radiator에 7개의 UVA fluorescence tube와 2개의 UVB fluorescence tube를 장착하여 UVA/UVB량을 자연광의 비율로 조정한 뒤(UVA/UVB≒6.8) Waldmann Phototesting Unit를 이용하여 자외선 조사량이 일정간격으로 증감되게 하여 자외선을 조사하였다.

#### 5) 우리나라의 연간 자외선 조사량

Waldmann UV Meter를 이용하여 년중 서울지방에 조사되는 햇볕중의 자외선량을 UVA와 UVB로 나누어, 1989년 9월부터 1990년 8월까지 일년간, 일주일 간격으로 날씨가 맑은 날을 택하여 아침부터 저녁까지 2시간 간격으로 측정하였다.

### Ⅲ. 연구결과 및 고찰

#### 1. 인체 각 부위의 피부색과 MED 및 SPF의 측정

Skin Colorimeter(Chromameter<sup>R</sup> CR-100)는 빛의 반사율을 측정해 어떤 물체의 표면의 색상을 측정하는 기기로서 그 Value는 L, a, b 값으로 표시되는데, L값은 Black → White, a값은 Green → Red, b값은 Blue → Yellow정도를 표시하며 (본보에서는 편의상 L-value만 제시함), 수치가 높을수록 화살표방

향(오른쪽)의 색이 짙어지는 것을 나타내고, MED의 경우는 Erythema UV and UVA Intensity meter상의 측정치를 제시하였는데, 수치가 1.0 MED/min/cm<sup>2</sup>일 경우의 LLG(Liquid Light Guide)의 출력(UVB Intensity)은 대략 16.67mW/cm<sup>2</sup>가 된다.

Chromameter Value중 자외선 감수성에 영향을 주는 L-Value와 MED값을 동절기 각 실험대상자의 전박부와, 하절기 상박 내, 외측에서 측정하여 각각 표1과 표2에 제시하였으며, 그외 하절기 각 사람, 각 부위에서의 피부색과 MED 측정치 평균을 표3에 종합하였다.

표1에 나타난 바와같이 동절기의 전박부는 L값이 남자가 63.2±0.33, 여자 65.7±1.72로 남자가 여자보다 피부색이 검었으며, MED의 경우 남자 1.10±0.33, 여자 1.04±0.19로 자외선 감수성이 여자가 약간 높게 나타났으나 유의한 차는 없었다. 동시에 측정한 guinea pig의 MED는 1.14±0.13으로 사람보다 약간 높게 나타났으나 큰 차이는 없었다.

표 1. Chromameter Value와 MED와의 상관관계(1991. 1. 전박, RT 15-18°C)

Vol. No	성 별	나 이	Chromameter Value(L value)	MED/min	흑색도순서/ MED순서
1	M	55	63.9	1.28	8 / 3
2	M	39	62.2	1.28	6 / 3
3	M	38	56.3	1.04	1 / 7
4	M	36	65.4	0.88	11 / 9
5	M	33	62.0	1.35	4 / 2
6	M	32	65.1	0.88	10 / 9
7	M	30	67.8	0.82	14 / 13
8	M	30	59.2	0.88	2 / 9
9	M	29	63.5	1.08	7 / 6
10	M	28	60.5	1.04	3 / 7
11	M	28	64.8	0.88	9 / 9
12	M	26	66.2	0.66	13 / 14
13	M	26	62.1	2.0	5 / 1
14	M	26	65.8	1.28	12 / 3
평      균			63.2±3.08	1.10±0.33	

( 뒷 page에 계속 )

(앞 page에서 계속)

Vol. No	성 별	나 이	Chromameter Value(L value)	MED/min	흑색도순서/ MED순서
15	F	34	67.8	0.88	11 / 7
16	F	32	64.2	0.88	2 / 7
17	F	28	62.0	1.28	1 / 1
18	F	25	66.5	1.28	9 / 1
19	F	25	64.5	0.88	3 / 7
20	F	24	64.5	1.04	4 / 5
21	F	24	65.4	0.88	5 / 7
22	F	24	66.0	0.88	6 / 7
23	F	23	67.2	1.28	10 / 1
24	F	22	66.2	1.04	8 / 5
25	F	21	68.1	0.88	12 / 7
26	F	20	66.1	1.28	7 / 1
평      균			65.7±1.72	1.04±0.19	
전    체    평    균			64.4±2.80	1.07±0.27	

(\* 1MED/min/cm<sup>2</sup>일 경우의 자외선조사 강도는 16.67mW/cm<sup>2</sup>)

남자 5명과 여자 5명에서 측정된 상박부 내, 외측의 피부색(L-value)과 MED(표2)는 내측이 67.8±1.6, 0.68±0.11, 외측이 각각 65.8±2.1, 0.86±0.18로서 외측이 내측 보다 검은편이었으며 MED도 약 26% 높았다.

표 2. 상박중 부위(내측, 외측)에 따른 피부색과 MED(7월, RT 28-30°C)

Vol. No.	부 위	L Value	MED
남자 1	내	73.0	0.56
	외	72.0	0.70
2	내	61.5	—
	외	58.2	0.92
3	내	66.8	0.69
	외	66.6	0.86
4	내	68.2	0.63
	외	63.3	0.80
5	내	65.9	0.67
	외	63.2	0.91
남자평균	내	67.1±4.2	0.64±0.057
	외	64.7±5.1	0.84±0.091

(뒷 page에 계속)

(앞 page에서 계속)

Vol. No.	부 위	L Value	MED
여자 1	내 외	66.9	0.79
		63.2	0.86
2	내 외	69.7	0.58
		67.0	0.76
3	내 외	69.7	0.67
		68.1	0.67
4	내 외	66.7	—
		66.7	0.78
5	내 외	68.0	0.88
		66.8	1.27
여자평균	내 외	68.2±1.5	0.73±0.13
		66.4±1.9	0.87±0.23
전체평균	내 외	67.8±1.6(n=10)	0.68±0.11(n=8)
		65.8±2.1(n=10)	0.86±0.18(n=10)

(1 MED/min/cm<sup>2</sup>일 경우의 자외선조사 강도는 16.67mW/cm<sup>2</sup>)

피부색과 MED의 인체의 부위 별 차이를 보면(표 3) 피부의 백색도는 ① 등 ② 상박내측 ③ 상박외측 ④ 전박의 순이었으며, MED는 역으로 ① 전박 ② 상박외측 ③ 상박내측 ④ 등의 순서로서 자외선에의 노출여부가 피부색과 MED에 영향을 미치는 것을 알수 있다.

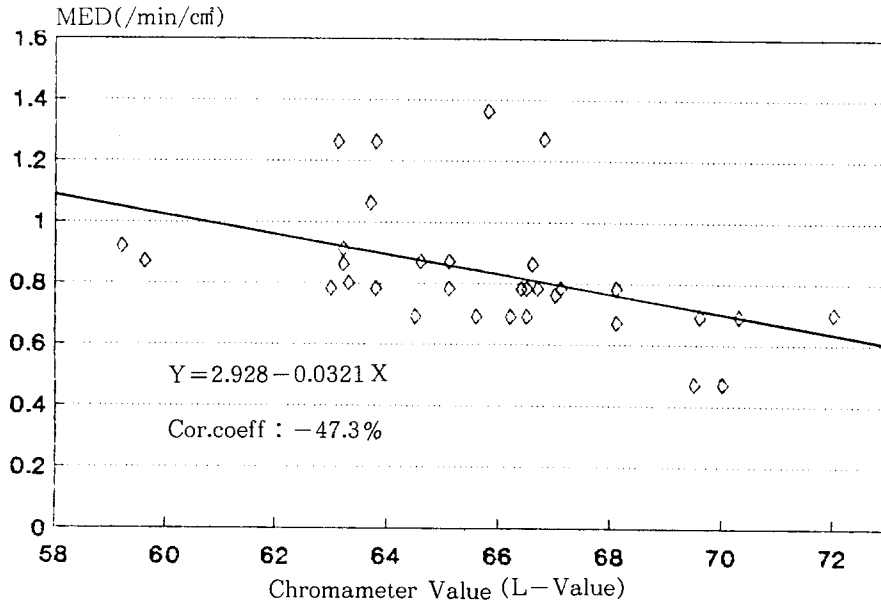
표 3. 인체의 부위별 피부색과 MED(Minimal Erythema Dose)

	남, 여	등(Back)	상박 (Upper Arm)		전 박 (Forearm)
			내측(Inner)	외측(Outer)	
피부색 (L-Value)	M	68.1±1.8(5)	67.1±4.2(4)	65.6±3.2(21)	65.0±3.3(4)
	F		68.2±1.5(5)	66.4±2.3(12)	66.5±1.4(5)
	전체	68.1±1.8(5)	67.8±1.6(9)	65.9±2.9(33)	65.8±2.4(9)
MED	M	0.54±0.10	0.64±0.057	0.78±0.14	0.81±0.078
	F		0.73±0.13	0.90±0.30	0.96±0.25
	전체	0.54±0.10	0.68±0.11	0.82±0.22	0.89±0.20
UV감수성-상대치		1	0.79	0.66	0.61

(1MED/min/cm<sup>2</sup>일 경우의 자외선조사 강도는 16.67mW/cm<sup>2</sup>)

이상의 결과 중 상박부 외측에서의 피부색(L-value)과 MED의 상관관계를 도표로 나타낸것이 fig 1이며, 피부 백색도와 MED는 어느정도 반비례 관계가 있는 즉, 피부색이 희어질수록 MED값이 작아져 홍반이 생성되는 경향을 보였으나 그 상관계수가 -0.473으로 상관성이 그다지 높지는 않았다.

Fig.1 Chromameter Value(L) and MED (Human Outer Upper Arm 1991, 7)



한편 SPF지수는 실험시 채택하는 측정방법과 측정시의 조건에 따라 큰 차이를 나타내는데<sup>5), 6)</sup>. 측정조건중에서도 광원측의 인자, 측정환경의 온도 및 생체측인자(피부색, 인종, 자외선에 대한 감수성)등이 큰 영향을 미치며, SPF 측정 방법은 각 나라별로 채택하는 방법에 차이가 있는데, 주로 FDA(미국)와 DIN(독일) method가 이용되고 있으며 그 산출되는 SPF치는 DIN method에 비해서 FDA method의 경우가 1.5배 정도 높게 나타난다. 금번 실험에서는 FDA방법을 사용했는데 Homosalate standard가 사람에서 4.40으로 측정되고 guinea pig에서 3.99로 측정되어, FDA에서 type II white skin의 volunteer를 사용했을 경우의 표준 SPF치  $4.24 \pm 1.11$ 의 오차범위에 해당하여, Multiport Solar Simulator를 이용한 SPF 측정 system은 적합한 것으로 볼 수 있으며, 아울러 실시한 Homosalate를 포함한 4종의 자외선 차단제품의 SPF측정 결과는 사람의 경우가 guinea pig에서의 측정치보다 약 27% 높은 것으로 나타나(표 4), 경우에 따라 사람에서의 측정을 대신할 경우는 guinea pig에서의 결과보다 약 25-30% 높게 산출하는 것이 바람직하리라 사료된다.



표 4. 사람과 Guinea pig에서의 SPF 측정치(1월, 사람-전박, guinea pig-측면)

시료번호	실험동물(n)	SPF 치	비 고
1	Human (7) Guinea pig (10)	4.40±1.55 3.99±0.59	FDA 치 : 4.24±1.11
2	H (7) GP (10)	14.74±4.57 11.50±1.70	
3	H (5) GP (10)	40.30±12.1 26.20±3.71	
4	H (5) GP (10)	21.60±5.33 18.40±2.67	

\* 각 시료의 자외선 차단제 함량

- No 1. Homosalate : 8% (Standard sunscreen lotion)
- 2. Escalol 507<sup>R</sup> : 4.5%
- Parsol 1789<sup>R</sup> : 1.2%
- Parsol MCX<sup>R</sup> : 7.0%
- 3. Parsol 1789<sup>R</sup> : 2.0%
- Parsol MCX<sup>R</sup> : 7.5%
- Eusolex 4360<sup>R</sup> : 5.0%
- TiO<sub>2</sub> MT 500B<sup>R</sup> : 3.0%
- 4. Escalol 507<sup>R</sup> : 4.0%
- Parsol 1789<sup>R</sup> : 0.5%
- TiO<sub>2</sub> MT 500B<sup>R</sup> : 2.0%
- Colloidal Kaolin<sup>R</sup> : 5.0%

또한 Homosalate를 측정한 7인의 MED와 측정 SPF치의 상관관계를 표 5에 표시하였다. 각각의 측정 SPF치는 MED가 클수록 SPF치도 높아가는 경향을 보여(r=0.714) 자외선 감수성이 큰 사람(자외선에 약한 사람)은 동일 자외선 차단효과(동일 SPF)를 내기 위해서도 다른 사람보다 더 많은 자외선 차단제가 필요한 것을 알 수 있으며, 아울러 우리나라 사람중 피부색이 짙은 편에 속하는 사람의 경우는 백인보다 MED가 크기 때문에<sup>7)</sup> 일정한 자외선에의 노출을 막기 위해 필요한 순 자외선 차단제양(net amount of UV blocker or absorber)이 작은 것은 물론 동일 자외선 차단제품이라도 측정 SPF치가 크게 나타나리란 것을 예측할 수 있다.

표 5. MED와 SPF지수와의 상관관계

Vol.No	Sex(M.F)	MED	SPF
1	M	1.28	5.00
2	M	1.28	6.25
3	M	1.35	3.79
4	F	1.28	4.00
5	M	0.82	2.74
6	F	0.88	3.20
7	F	0.88	3.20
평	균	1.11±0.24	4.40±1.55

\* Test sample : Homosalate 8% lotion(Standard Sunscreen)

Regression Line :  $Y = -0.0778 + 3.697X$  ( Y : SPF, X : MED)

Relation Coefficient : 0.7136 (71.4%)

이번에 신규 사용한 Multiport-600은 종래의 것(Solar Simulator Model 12S)과 원리는 같은 것이나, 동시에 6개의 LLG(liquid light guide)에서 자외선이 조사되므로 전체 조사시간이 단축되어, 비교적 조사시간이 긴 high SPF제품의 사람에서의 실험도 가능하고, 사람의 경우는 guinea pig에 비해 피부색을 명확히 관찰할 수 있으며(그림 2-A 참조), 털을 제거한다든지, 고정해야 한다는 등의 기타 부수되는 처리를 하지 않아도 되는 장점이 있어 권장할 만 하다.

다만 guinea pig에 비해 volunteer마다 피부색이 다르고 자외선에 대한 감수성이 달라 이에 대한 세심한 배려가 요구되고 또, 한번 측정시 그 자국(melanization)이 상당기간 지속될 수도 있으므로 이에 대한 volunteer들의 이해가 선행되어야 한다는 것이 필수적이며, 유색인의 경우, MED(minimal erythema dose)는 통상 MMD(minimal melanogenic dose)의 2배가 되며<sup>7)</sup> 그 구분이 매우 어려우므로 홍반과 melanization을 구분할 수 있는 판독법을 숙지하는 것이 필요하리라 사료된다.

## 2. 계절의 차이에 의한 피부색과 자외선 감수성의 변화

피부색과 계절, 온도 및 햇볕에의 노출이 자외선 감수성에 미치는 영향에 대해서 실험하였다. 9명(남자 4, 여자 5)에서 전박 부위의 L-value와 MED를 1월과 7월에 2회 측정한 결과(표 6), L-value는 별차이가 없는 반면 MED값은 1월(17°C)과 7월(29°C)에서 각각  $1.08 \pm 0.22$ 와  $0.89 \pm 0.20$ 으로 7월의 MED는 1월에 비해 약 18% 낮게 나타났으며, 이는 Fukuda 등<sup>8)</sup>의 결과(35°C에서의 MED는 5°C의 50%, 23°C에서의 MED는 4°C의 약 65%)와 온도면에서 부합되는 것을 알수 있고, 그 기간동안 자외선에 노출된 것은 겉보기 피부색의 변화와 MED치를 높이는 데에는 큰 영향을 주지 못하였다.

표 6. 전박부의 계절별 피부색과 MED차이

Vol. No.	1월 (RT 17°C)		7월 (RT 29°C)	
	L 값	MED	L 값	MED
남자 1	67.8	0.82	69.1	0.78
2	63.9	1.28	65.6	0.71
3	63.5	1.08	63.9	0.87
4	62.0	1.35	61.2	0.87
남자평균	64.3±2.5	1.13±0.24	65.0±3.3	0.81±0.078
여자 1	67.8	0.88	67.1	0.78
2	68.1	0.88	68.2	0.69
3	66.5	1.28	66.8	1.30
4	64.5	0.88	66.2	1.11
5	66.1	1.28	64.4	0.92
여자평균	66.6±1.4	1.04±0.22	66.5±1.4	0.96±0.25
전체평균	65.6±2.2	1.08±0.22	65.8±2.4	0.89±0.20

### 3. 자외선 조사에 의한 피부색 변화와 회복

표 7에 제시한 실험결과는 일정량의 紫外線照射시 生成되는 suntan (melanization)과 그 회복되는 속도를 관찰한 것으로, Multiport-600에 사용되는 UV Intensity and Erythemameter로 각 probe의 자외선강도를 6단계(2.0, 1.6, 1.28, 1.04, 0.82 0.66 MED/min 또는 4.0, 3.2, 2.56, 2.08, 1.64, 1.32 MED/min)로 조정 한 뒤 전박 각 부위에 1분간 조사하고, 그 피부색의 변화를 일정 기간 동안 Chromameter CR-100으로 측정 한 것이다. 사람 또는 자외선 조사 량에 따라 약간씩의 차이는 있지만 자외선 조사시 'b' value(Blue-Yellow)는 거의 차이가 없는 반면 'L'-value(Black-White)와 'a'-value(Green-Red)는 각각 1-2주와 24-48시간에 peak를 이루고 그 변화치가 상당기간 지속되어 (fig. 2) suntan 시 주로 흑색과 붉은색 계통으로 피부색이 변하는 것을 알 수 있으며(단, 표에서는 L값만 제시함), UV Dose중 2.0 MED/min이상으로 조사할 경우에는 탈각(exfoliation)이 일어남에도 불구하고 그 변색이 대부분의 사람에게 있어서 8주까지 지속되었다.

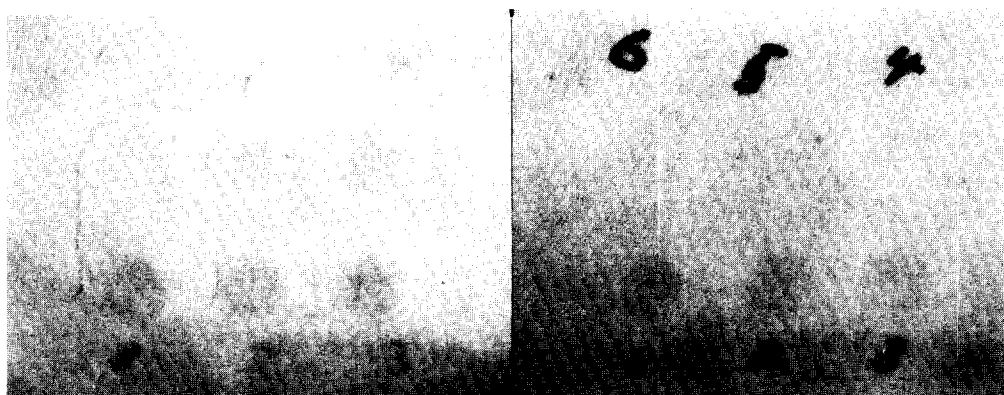
표 7. 자외선 조사시 생성된 피부색의 변화와 회복

Vol.No.	성별	연령	부위 *1	시간 경과별 Chromameter Value						비 고			
				24hrs	48hrs	1week	2week	3week	6week				
1 (MED =1.28)	M	55	4.0	59.4	—	52.3	56.5	58.5	60.8	8주에도 정상으로 회복되지 않음			
			3.2	59.4	—	53.6	55.7	60.2	61.0				
			2.6	60.1	—	54.1	58.4	60.1	61.2				
						2.1	61.0	—	59.4	60.7	62.1	65.3	3-8주 사이에 정상으로 회복
						1.6	61.7	—	58.4	60.6	61.9	64.3	
						1.3	60.9	—	60.1	61.0	62.0	63.3	
						C*2	64.4	—	63.9	64.2	63.9	65.0	
2 (MED =0.82)	M	30	2.0	62.4	60.7	57.5	60.8	61.8	64.7	8주에도 흑화가 정상으로 회복 되지 않음			
			1.6	65.3	64.5	60.3	62.8	64.3	67.0				
			1.28	64.5	65.1	61.9	65.1	65.0	67.7				
			1.02	64.6	65.4	63.7	67.0	66.7	66.7				
				0.82	67.9	67.5	66.0	68.0	67.7	67.3	처음부터 거의 흑화되지 않음		
				0.66	68.1	67.7	66.8	68.4	69.0	68.2			
				C*2	67.5	68.1	66.9	68.0	68.1	68.0	평균=67.8		
3 (MED =0.66)	M	26	4.0	57.6	57.9	57.4	58.7	58.9	62.1	8주까지 정상으로 회복되지 않음			
			3.2	58.3	58.8	59.7	57.3	60.1	61.9				
			2.56	58.3	58.4	60.3	58.7	60.4	62.8				
				2.05	58.8	59.4	63.5	61.9	63.8	65.3	8주에 거의 정상 으로 회복 됨		
				1.64	60.6	63.6	64.4	63.6	64.4	66.2			
				1.32	60.9	63.4	64.6	63.6	66.0	66.8			
				C*2	66.3	66.0	—	66.2	67.0	67.9		평균=66.7	
4 (MED =1.28)	M	26	2.0	60.8	62.5	59.1	60.8	59.8	62.4	8주까지 회복안됨			
			1.6	60.4	62.0	59.5	60.9	61.2	64.9	8주에 거의 정상 으로 회복됨			
			1.28	63.2	63.5	63.8	63.6	65.2	65.2				
				1.02	64.9	64.6	—	65.3	65.9	66.6	3주에 거의 정상 으로 회복됨		
				0.82	65.2	65.3	—	65.0	66.0	65.5			
				0.66	63.9	64.9	—	64.5	64.9	64.2			
				C*2	66.1	65.5	65.2	65.7	66.3	66.0		평균=65.8	

\*1. 전박의 각 부위에 조사한 자외선의 조사량을 Erythemameter상의 수치로 표시함.

\*2. 자외선을 조사하지 않는 대조부위의 Chromameter Value(L-value)임.

Fig. 2 자외선 조사시 발생하는 Erythema와 Tanning(melanization)



(A) 자외선조사 24시간 후 (B) 자외선조사 8주 후  
(자외선조사량 : No.1부터 순서대로 2.0, 1.6, 1.28, 1.02, 0.82, 0.66 MED/min)

#### 4. 광원의 종류에 따른 MED의 차이

각 광원의 상대적인 Biological Activity를 알아보기 위해 자연광과 fluorescence tube를 이용하여 MED를 측정하고 각 광원의 intensity를 Waldmann UV meter로 측정해 Solar Simulator의 결과와 비교하였다. 표 8에 나타난 바와 같이 각 광원의 MED는 Waldmann UV meter 중 UVB detector의 1종인 UV<sub>21</sub> detector로 측정할 때 자연광이  $1,995 \pm 396$  mJ/cm<sup>2</sup>, Solar Simulator가  $1,379 \pm 348$  mJ/cm<sup>2</sup>이었고 fluorescence lamp가  $210 \pm 12.8$  mJ/cm<sup>2</sup>로 가장 낮았다.

일반적으로 UV meter는 그 detector가 파장 의존적(wavelength dependent)이기 때문에 1MED의 에너지를 절대치로 나타내기는 곤란한 점이 없지 않으나 Waldmann UV meter를 포함한 대부분의 UV meter는 사람의 홍반 spectrum(human skin action spectrum)<sup>8)</sup>과 유사하게 고안되었으므로 UV<sub>21</sub> 값을 토대로 biological activity를 계산하면, 자연광을 1로 볼 때 Solar Simulator와 fluorescence lamp가 각각 1.4와 9.5이었다. 이처럼 광원의 biological activity가 각각 다른 것은 각 광원의 방사 spectrum과 energy의 강도가 다른데에 기인하며, 본 실험에서 사용한 fluorescence lamp는 UVB만이 아니고 UVA와 UVB를 자연광의 비율(UVA/UVB $\approx$ 6.8)로 미리 조절한 것이므로 UVB만으로만 조사했을 경우보다 biological activity가 다소 낮아졌을 가능성이 있다. 아울러 광원의 강도(Solar Constant)가 높아질수록 또 biological activity가 클수록 자연광에 비해서 자외선차단제품의 SPF 측정치가 높아지는 경향이 있으므로(data는 제시하지 않음) 가능하면 태양광과 비슷한 광원을 선택하는 것이 바

람직하리라 사료된다.

표 8. 광원에 따른 MED치의 차이

Light Sources	MED(mJ/cm <sup>2</sup> )	Remark	Biological Activity
Natural Sun Light	1,995 ± 396	UV <sub>21</sub> : 0.8 mW/cm <sup>2</sup>	1
Solar Simulator (Multiport - 600)	1,379 ± 348	150W Xe Arc Lamp	1.4
Fluorescence Lamp (Waldmann PUVA - 800)	210 ± 12.8	UVA Lamp : 7 tubes UVB Lamp : 2 tubes	9.5

#### 5. 우리나라의 연간 자외선 조사량

1989년 9월부터 1990년 8월까지 서울 지방에 조사되는 자외선의 강도를 1주일 간격으로 UVA 와 UVB로 나누어 측정한 측정치 가운데 하루중 가장 높은 자외선 강도를 갖는 12시의 측정치 평균을 fig. 3에 나타냈으며, 1일간의 시간에 따른 자외선 강도변화를 fig. 4에 표시했다. 연간 자외선 조사 강도는 12월이 UVA 2.0 mW/cm<sup>2</sup>, UVB 0.32 mW/cm<sup>2</sup>로 가장 낮았으며 7월이 UVA 8.8 mW/cm<sup>2</sup>, UVB 1.17 mW/cm<sup>2</sup>로 가장 높게 나타났다.

참고로 1990년 7월 9일의 자외선 강도로 하루의 Sunburn Unit(1S.U = 1MED, 1MED는 Waldmann UV meter의 UV<sub>21</sub> detector로 약 1,995 mJ)를 계산하면 낮시간이 약 15시간이라 할때 하루중 가장 햇볕이 강한 6시간(10:00 - 16:00)동안의 평균 자외선 강도의 2배에는 못 미칠 것이므로 대략 20 sunburn unit 이하라 볼 수 있고 따라서 우리나라사람에게 현실적으로 필요한 SPF치는 도포된 제제가 소실되지 않는 한 개인차(자외선 감수성)를 고려하더라도 20 정도면 충분하리라 사료된다.

Fig.3 Annual UV Intensity in Korea  
(1989, 9-1990, 8,12 : 00,Seoul)

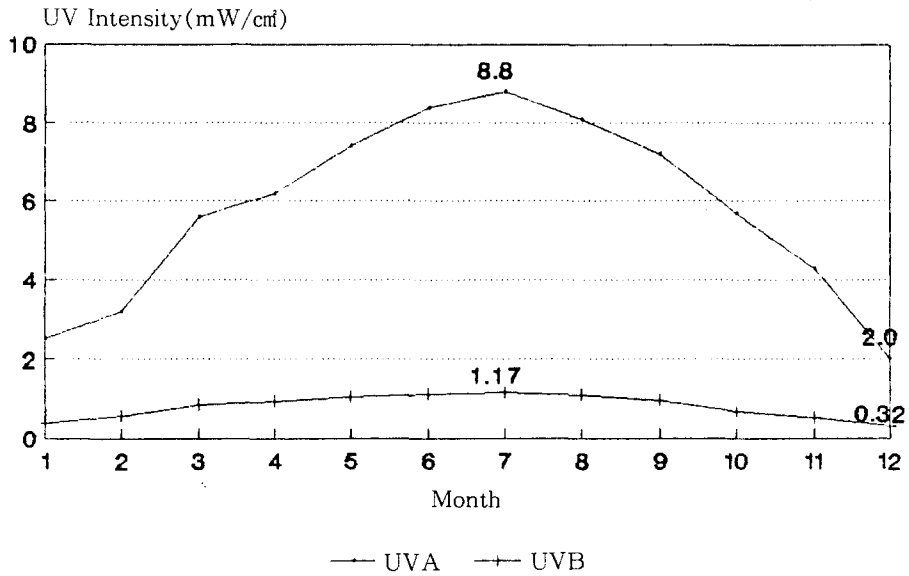
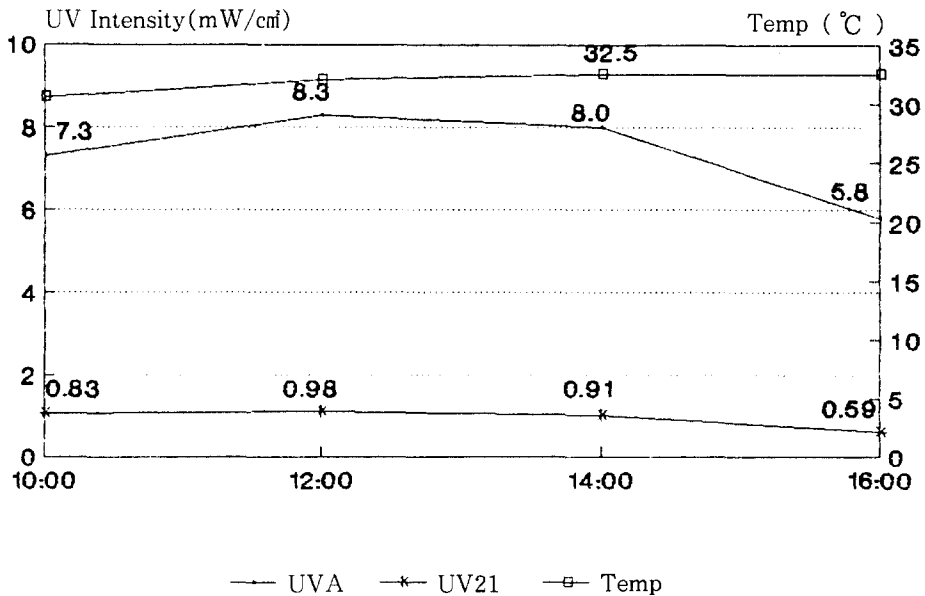


Fig.4 UV Intensity Change in a Day  
(1990, 7, Seoul)



## IV. 결 론

최근 환경의 변화와 자외선에 대한 인식의 변화에 따른 Sun Products의 수요확대에 기인한 실험수요에 대응하기 위해 Solar Simulator의 신규 model인 Multiport-600 Solar Simulator를 이용한 사람에서의 SPF 측정법을 확립하고자 본 연구에 착수하였다. 연구결과 Multiport-600을 이용한 SPF 측정 system은 기존방법에 비해 측정시간을 현저하게 단축시키면서 더 정확한 결과를 얻을 수 있는 새로운 방법임이 확인되었다.

기타 본 연구에서 확인된 사실을 열거하면 다음과 같다.

1. 피부색이 검은 사람일수록 MED치가 상승하는 경향이 있으며, 측정된 SPF치도 높게 나타나는 경향이 있고, 우리나라 사람(황인종)의 피부는 FDA SPF 실험의 기준이 되는 White Type II Skin과 비슷한 경향을 가진 Guinea Pig Skin에 비해 MED치는 큰 차이가 없었으나 제품의 측정 SPF는 약 27% 상향되는 것으로 나타났다.

2. 우리나라 사람의 평균 자외선감수성은 백인의 경우와 비슷하거나 약간 낮았으며, 부위별로는 ① 등 ② 상박내측 ③ 상박외측 ④ 전박의 순으로 자외선감수성이 높았다.

3. 피부의 MED와 SPF 측정치는 광원의 종류와 강도 및 측정시의 환경온도의 영향을 많이 받으므로 SPF를 측정할 경우는 광원은 가능한 한 자연광과 비슷한 방사 Spectrum을 갖는 광원을 택하고, 환경온도도 20°C 정도로 일정하게 조정하는 것이 필요하다.

4. 우리나라 사람(황인종)의 경우, 자외선 차단제품의 SPF치를 결정할 때 MED외에 MMD(minimal melanogenic dose)도 고려해야 하며, 자외선 차단제품의 개발시에도 이를 고려하여 Sunscreening Agents의 종류와 함량을 결정할 필요가 있으리라 사료된다.

5. 우리나라에 연간 조사되는 자외선의 강도는 6, 7, 8월이 가장 높았으며, 가장 자외선 조사량이 많은 달을 기준으로해도 자외선차단제품의 SPF가 20정도면 충분하리라 사료된다.

## V. 참 고 문 헌

1. Ward L, Billhimer, Human sunscreen evaluation : Protection from sunburn. Cosmetics and Toiletries, 102 : 83-89, 1987
2. M.C. Martini, Comparaison des méthodes de détermination des SPF. Int. J.



- Cosmetic Science, 8 : 215–224, 1986
3. Wolfgang Henne, In vivo Bestimmung des Lichtschutzes Kosmetscher Präparate—Geschichte und heutiger Stand. *Perfumerie und Kosmetik*. 64 (8) : 415–420, 1983
  4. USA Federal Register, 43(166), 1978
  5. Minoru Fukuda, Current state and Problems concerning SPF in Japan. *향장회지*, 13(4) : 225–230, 1989
  6. Minoru Fukuda, et al. Studies on several factors affecting SPF. *J. Cosmet. Chem. Japan*, 19(1) : 38–47, 1985
  7. Thomas B. Fitzpatrick, et al, The validity and practicality of sun—reactive skin type I through IV. *Arch. Dermatology*, 124 : 869–871, 1988
  8. Daniel S. Burger, The sunburning ultraviolet meter : Design and Performance, *Photochem. Photobiol.*, 24 : 587–593, 1976