

Effects of Ultraviolet Radiation on the Skin

Jail Il Youn, M.D., Ph.D

Department of Dermatology, Seoul National University, Seoul

자외선에 의한 피부반응

윤재일

서울대학교 의과대학 피부과

Abstract - UV irradiation causes a variety of biologic effects on the skin.

These effects can be divided to acute reactions and chronic reactions by duration of UV irradiation. Acute reactions are erythema reaction, pigment reactions and changes in epidermal thickness. Among them erythema reaction is most common and conspicuous acute effects of the skin. Upon exposure to sun or artificial UV sources, a faint redness response of skin may begin. Larger exposure causes sunburn reaction which is exaggerated erythema reaction associated with pain, swelling, vesicle and dulla.

Extent and time course of erythema reaction depend upon several factors including wavelength and dose of UVR, skin conditions like skin type, site, color, temperature, humidity and environmental factors.

Evaluation of erythema induced by UV irradiation is difficult to quantify. Degree of redness of skin are usually estimated by subjective visual evaluation. The lowest exposure dose required to produce erythema is called minimal erythema dose (MED).

Repeated exposures of UVR result in photaging skin. In this condition we can see wrinkling, skin atrophy, dilated blood vessels and keratoses. In sensitive persons photocarcinogenesis is developed on exposed area of skin. Recently skin cancer is increasing now in our country. An effective public education and photopreventive method must be developed.

요약 - 자외선이 피부에 조사되면 다양한 피부반응을 초래한다. 이러한 반응은 크게 1) 급성 반응과 2) 만성 반응으로 나눌 수 있다.

급성 반응으로서는 피부가 붉어지는 홍반 반응, 피부색이 검어지는 색소 반응, 그리고 피부 두께의 변화 등을 들 수 있다. 홍반 반응은 피부의 주된 세포인 각질형성 세포를 비롯하여 진피 세포들이 광여하여 진피혈관을 확장시키는 반응을 말한다. 홍반 반응은 자외선의 파장, 광량, 피부의 조건, 환경 조건 등에 따라 달라지며 피부에는 각질형성 세포가 변형된 일광화상 세포가 출현한다. 홍반 반응은 가장 흔한 주된 반응이나 그 기전에는 명확하지 않은 점이 아직도 많이 있다. 색소 반응은 멜라닌 세포가 관여하는 반응으로서 자외선 조사 후 즉시 피부가 검어지는 즉시 세포 침착과 수일 후 검어지는 지연 색소 침착으로 나눌 수 있다. 색소 반응과 피부 두께의 변화 등은 자외선 조사로부터 몸을 보호하기 위한 방어 작용의 일종이다.

자외선 조사에 의한 만성반응으로는 광노화현상과 광발암현상을 들 수 있다. 광노화란 장기간에 걸친 광노출로 인한 피부의 노화를 말하며 생리적인 노화와는 임상적, 조직학적으로 다른 점이 많다. 자외선의 장기노출은 피부암을 발생시키는 중요한 원인의 하나로서 우리나라도 피부암 발생이 점차 증가하고 있다.

서울대학교병원 피부과에서의 피부암 발생빈도는 70년대에는 외래환자의 0.2% 정도였으나 80년대에는 0.4-0.8%를 차지하고 있다. 앞으로 우리나라의 경제성장과 함께 수명의 증가, 레저나 스포츠의 증가, 피부노출의 증가와 함께 오존층 파괴로 인하여 피부에 조사되는 자외선의 절대량의 증가는 자외선에 의한 피부의 급·만성반응을 더욱 증가시킬 것으로 예상되며 이에 대한 적절한 대책이 요구된다.

서 론

과도한 자외선이 피부에 조사되면 급성 피부반응으로서 일광화상반응이 나타난다. 일광화상반응은 각질형성세포를 비롯하여 여러 진피 세포들이 관여하여 진피혈관을 확장시키는 홍반반응으로 나타난다. 이후 세포 수준 내지 분자 수준에서는 수복을 거치게 되는데 그 결과 멜라닌세포가 관여하는 색소반응으로서 색소침착을 나타내게 된다. 그리고 DNA, RNA, 단백질 등의 고분자 화합물 합성의 변화와 체세포분열 변화 등이 일어나면서 표피 두께의 변화를 초래할 수 있다. 만성적인 조사시는 만성 피부반응으로서 일광변성을 비롯한 광노화현상 및 더 나아가서 광발암 현상 등을 유발할 수 있다.

나누고 있으나 사람에서는 즉시 홍반반응은 임상적으로 발견하기 힘들므로 지연 홍반반응을 주로 말한다.

홍반의 정도는 자외선의 조사량에 따라 달라지게 되므로 일정 반응을 일으키는 자외선량을 기준으로 언급하게 되는데 이때 사용되는 용어가 최소홍반양(minimal erythema dose, M.E.D.)이다.

MED는 자외선 조사부위에 경계가 명확한 홍반을 일으키는 최소의 자외선 양으로서 J/cm², mJ/cm², 또는 ergs/cm² 등으로 그 단위를 표시한다. MED는 일정한 시간을 두고 측정된 값으로 하게 되는데 UVB의 경우 24시간 후의 측정값으로 하고 있다. MED 측정은 눈으로 직접 홍반을 관찰한 후 판정하므로 다소의 개인판독에 차이가 날 수 있다.

표 1. 자외선에 의한 피부반응

1. 급성 피부반응
1) 홍반반응 - 표피 및 진피세포
2) 색소반응 - 멜라닌 세포
3) 피부두께의 변화 - 고분자 화합물의 합성 및 체세포 분열
2. 만성 피부반응
1) 광노화
2) 광발암 현상

홍반 발생에 미치는 인자들

자외선의 파장(표 1)

(1) UVA

UVA에 의한 홍반은 조사 직후 나타나는 즉시형 홍반(immediate erythema)이 백인에서는 희미하게 관찰될 수 있으나 대개는 조사 4-6시간에 나타나 10-12시간에 최고에 도달한다. 그리고 24-120시간에 소실된다.

UVA는 같은 홍반을 내기 위해서는 UVB보다 1000배의 광량을 요한다. 그러나 지표에 도달하는 태양광선의 스펙트럼에서는 UVA가 UVB보다 10배 내지 100배가 많으므로 햇빛에 의한 홍반발생에는 지금까지 생각한 것보다 큰 역할을 할 것으로 생각된다. 햇빛에 의한 홍반반응에는 UVB뿐만 아니라 UVA도 관여한다. 관여하는 정도는 시간마다 다르나 정오에는 홍반을 일으키는 광량의 15%정도는 UVA에 의한 것으로 본다. 시간이 지남에 따라 태

홍반반응(Erythema Reaction)

자외선에 의해 나타나는 가장 두드러진 피부 반응으로서 진피 혈관 확장으로 혈류량이 증가됨으로써 생긴다. 자외선에 의한 홍반반응은 일부의 동물에서는 즉시 홍반반응과 지연 홍반반응으로 시기별로

양의 지표와의 각도가 커지면서 UVB의 양은 줄어들고 UVA는 많아지므로 햇빛에 의한 홍반발생에 UVA가 차지하는 정도는 점차 커진다.

(2) UVB

UVB에 의한 홍반은 조사 2-6시간 후에 나타나 24-36시간에 최고에 도달하며 72-120시간에 소실된다. 소실된 후에는 많은 색소침착을 남긴다.

UVB 홍반은 같은 UVB 파장대라도 파장에 따라 많은 차이가 있다. 파장이 길수록 홍반발생력은 감소된다. 같은 홍반을 내기 위해서 UVA 파장은 UVB보다 1000배의 광량이 필요하며 UVB라도 300nm에 의한 홍반과 비교시 310nm 파장은 10배, 320nm 파장은 100배의 광량이 필요하다고 알려져 있다.

(3) UVC

UVC의 경우 홍반반응이 UVB보다 더 일찍 나타나 더 빠르게 최고에 도달한 후 더 빨리 소실된다. 그리고 홍반의 색깔도 붉은 색조보다는 다소 옅은 핑크 색조를 나타낸다. 홍반반응 후의 회복시 박탈이 되는 경우 박탈이 더 많이 일어나는 편이며 색소침착은 적다.

표 1. 자외선의 파장별 특징

	UVA	UVB	UVC
파장	320-400 nm	290-320 nm	200-290 nm
홍반발생력	약	강	강
발현시기	4-6시간	2-6시간	05-15시간
최고반응	10-12시간	24-36시간	6-8시간
반응기간	36-48시간	72-120시간	12-36시간
홍반의 색조	dark red	bright red	pink red
즉시 색소침착	강	약	음
색소생성력	중등도	강	약
일광화상세포생성	미약	강	강

광량

광량에 따라 홍반반응은 달라진다. 광량이 많아질수록 홍반반응은 커진다. 조사되는 피부가 받는 광량은 방사강도와 시간을 곱한 값으로 나타난다. 그러므로 방사강도(Irradiance)와 조사 시간이 길어지면 당연히 홍반반응은 증가한다.

피부의 조건

(1) 피부형

개인에 따라 광선에 대한 홍반반응의 정도는 많은 차이가 있다. 개인의 자외선에 대한 피부반응의 정도는 Fitzpatrick등의 제안에 따라 6가지 피부형으로 나눈다. 이중 I, II형은 예민한 홍반반응을 일으키며 III, IV형은 보통 또는 약간의 홍반을 일으킨다. V, VI형은 홍반반응을 잘 일으키지 않는다. 우리나라 사람은 Fitzpatrick 분류에 의한 경우 III-V형이 대부분이다.

(2) 조사부위

항상 햇빛에 노출되는 얼굴, 안면 등은 비교적 덜 예민하나 둔부나 사타구니, 겨드랑이 등의 피부는 아주 예민한 홍반반응을 일으킨다.

(3) 피부색깔

(4) 각질층 비후, 혈관분포, 모발분포의 정도

(5) 온도, 습도

환경인자

(1) 오존층

오존층은 지표면에서 30km 정도의 성층권에 넓게 분포되어 있다. 대기중의 오존층은 자외선 특히 단파장의 자외선을 흡수할 뿐만 아니라 산란시킨다.

오존층은 285nm 이하 광선의 투과를 막으며 290-320nm의 UVB의 많은 양을 흡수해 버린다. 그러나 UVA나 가시광선은 통과시키는 선택적 일광차단제로 작용한다. 오존층은 지구의 위치에 따라서도 차이가 있어 적도에서는 오존층이 얇으며 양극으로 갈수록 두터워진다. 또한 계절에 따라서도 차이가 있어 늦은 겨울에 최고로 두터우며 늦여름과 이른 가을에 걸쳐 가장 얇다. 최근 대기권의 오존층이 냉각장치와 냉동공정에 쓰이는 냉매제인 프레온가스(CFC:염화불화탄소)와 자동차 배기가스에 있는 일산화질소 등으로 인하여 파괴되고 있음이 밝혀졌다. 오존층의 파괴는 자외선의 조사량을 증가시켜 피부암의 발생을 증가시킬 것으로 추측된다. 특히 피부암의 발생 빈도가 원래 높은 백인에서는 큰문제가 된다. 미국의 경우 오존층이 1% 감소되면 지구에 도달하는 자외선은 2%가 증가되며 피부암

은 4-6%가 증가하며 전세계적으로는 피부암이 2% 증가할 것이라는 보고가 있다. 자외선에 의한 피부암 발생빈도가 가장 높은 것으로 보고되고 있는 호주 국가 피부암 예방 program 담당자인 Marks는 다음 20-30년 후는 피부암 빈도가 5-20% 증가할 수 있을 것이라고 경고하고 있다.

(2) 일광조사 시간

자외선에 의한 홍반은 일광조사 시간과 유관하다. 하루 중 오전 9시에서 오후 3시까지에 일광의 총 에너지의 80%가 조사된다. 특히 오전 11시부터 오후 2시 사이에는 더욱 강하다.

(3) 산란광

대기중의 먼지나 구름, 물방울 등에 의해서 산란이 일어난다. 단파장일수록 더 산란이 잘되며 자외선은 가시광선보다도 산란이 잘된다. 정오에는 지표의 자외선 양의 약 30%-50%가 산란광이다. 그러므로 이때는 그늘속에 있어도 산란광에 의한 일광화상을 입을 수 있다.

(4) 반사광

수영장의 물의 표면이나 모래와 눈 등의 표면은 자외선을 반사시킨다. 깨끗한 눈 표면은 자외선을 80%이상까지도 반사시킬 수 있으므로 겨울 산악 등반시 등에 화상을 입을 수 있다.

(5) 습도, 온도, 바람

자외선 조사후 나타난 임상적 소견으로 판정하며 그 기준은 표 3과 같다.

귀부종 반응의 측정 (실험적 판정)

Cole등은 생쥐에서 자외선에 의한 급성 피부손상의 지표로 귀부종 반응이 가장 좋다고 하였으며, 생쥐의 귀부종 반응의 양상은 인간의 홍반반응과도 광선량이나 자외선의 파장등에 있어서 잘 연관된다고 하였다. 귀부종 반응 측정의 장점은 홍반의 측정보다 객관성을 띄는 부종 정도의 양적인 관찰이 가능하다는 점, 비침습적인 반복 측정이 가능하다는 점, 값싸고 조작이 간편하다는 점 등을 들고 있다. 또한 생쥐에서는 홍반반응의 관찰이 어려운 문제도 있고하여 생쥐에 있어서 자외선에 의한 피부 급성 손상의 지표로 귀부종 반응 측정이 널리 쓰이게 되었다.

일광화상 반응(Sunburn reaction)

일광 조사 특히 일광속의 UVB에 의해 발생된다. 일광속에는 UVA가 많은 광량으로 있으므로 이 UVA도 일광화상 발생에 관여한다. 정오의 일광 홍반에는 UVA가 약 15%정도 관여한다. 지표와 태양과의 각도에 따라 조사되는 일광의 각도가 달라지므로 자외선의 양도 차이가 있어서 오후 3시경부터 UVB양은 감소하기 시작하여 오후 4시경에는 정오의 약 25%치로 감소한다. 일광화상의 증상은 결국 자외선 홍반과 동일한 것으로서 4-8시간의 잠복기 후 홍반이 나타나며 심하면 부종과 수포, 동통을 나타낸다. 두통, 오한, 발열, 오심과 심하면 쇼크 현상이 나타날 수 있다. 심한 경우 수주간 증상이 지속될 수 있다.

홍반반응의 측정

임상적 판정

표 2. 홍반의 정도 판정기준

판정	기술	기준
0	NR	반응 없음
±	MPE	최소인지홍반(minimal perceptible erythema)으로서 홍반이 있으나 경계가 불명확함.
+	1+, MED	최소 홍반양, 경계가 명확한 홍반
++	2+	심한 홍반, 부종은 없음
+++	3+	심한 홍반과 부종
++++	4+	심한 홍반 및 소수포 내지 수포들

색소반응(Pigment Reaction)

피부의 색깔은 멜라닌, 혈관분포와 혈색소, 카로틴 및 각질층의 두께 등 여러가지에 의해 좌우되며 이중 멜라닌 색소가 가장 주된 역할을 한다. 멜라닌은 피부색깔을 결정하는 주된 물질로서 인종, 개인에 따라 차이가 있으며 자외선에 의한 반응도 차이가 있다. 멜라닌 색소에 의한 인체의 피부색은 유전적으로 결정되고 일생 변하지 않는 고유의 피부색(constitutive skin color)과 자외선 조사나 호르몬 또는 멜라닌 색소의 대사변화에 기인하며 이런 원인이 제거되면 다시 원상으로 회복되는 임의의 피부색(facultative skin color)으로 나눌수 있다.

자외선을 조사하면 색소침착을 일으킨다. 여기에는 두가지 반응이 있다. 하나는 즉시 색소침착으로서 자외선 조사 즉시 나타난다. 다른 하나는 지연 색소침착으로서 서서히 나타나는데 우리가 말하는 자외선에 의해 살갓이 탔다고 일컫는 경우가 이에 해당한다(표 2).

표 3. 색소반응

	주파장	가능파장
즉시 색소침착	UVA	가시광선
지연 색소침착	UVB	UVA UVC 가시광선

피부두께의 변화(Changes in Skin Thickness)

자외선 조사는 표피의 두께를 증가시켜 피부의 지속적인 자외선 조사에 대한 내성을 증가시킨다. 인체에서 UVB 조사 후 1주 내지 3주내에 유극층은 2배, 각질층은 1.5배내지 3배 정도 두께가 증가한다고 하며 이러한 반응은 자외선 조사 후 DNA, RNA 합성증가와 단백 합성의 증가와 함께 표피의 유사분열(mitosis)의 증가에 의한 결과이다.

광노화(Photoaging)

장기간에 걸친 광노출로 임상적 혹은 조직학적인 피부변화를 일으킨 경우를 말한다. 과거에는 인간의 생리적인 노화가 더욱 촉진되어 나타나는 것으로

생각하여 조속성 노화 등으로 표시하였으나 이제는 광생물학 및 광의학의 다양한 연구 결과 생리적인 노화와 질적으로 완전히 다른 현상이 확인되었다.

백인들의 경우 검게 그을린 피부를 건강의 상징으로 착각하여 일상생활중에 과도한 자외선 노출을 자주하는 경우가 많은데 이 경우 장년기에 접어들면 이미 피부 광노화의 징후가 뚜렷이 나타나게 된다.

우리나라도 최근의 경제적 성장은 많은 사람들에게 여가를 위한 야외생활의 기회를 제공하여 등산, 낚시, 골프, 스키 등의 스포츠나 레저 활동의 인구가 증가일로에 있다. 그러나 이 모든 스포츠나 레저 등의 야외활동이 하나같이 햇빛의 과다노출을 동반하고 있다. 일반적으로 과도한 광노출로 인한 광노화의 위험을 잊어버리기가 쉬운데 이는 광노출과 광노화와의 위험을 잊어버리기가 쉬운데 이는 광노출과 광노화와의 시간 간격이 너무나 길 뿐만 아니라 그 인과관계가 확연히 눈에 보이지 않기 때문이다.

광발암현상(Photocarcinogenesis)

자외선에 의한 만성반응의 하나로 자외선은 피부암을 발생시킬 수 있다. 피부암은 동양인에서는 그렇게 흔하지 않으나 미국에서는 가장 흔한 암으로서 매년 40-50만의 신환자가 발생하고 있다. 서울대학교병원 피부과에서의 피부암 발생빈도도 70년대에는 외래환자의 0.2% 정도였으나 80년대에는 0.4-0.8%를 차지하고 있다. 이들 피부암의 발생 원인으로 알려진 것은 여러가지가 있으나 이중 가장 중요한 것이 과도한 자외선 노출이다. 이렇게 자외선을 비롯한 광선 노출로 암이 발생하는 것을 광발암이라고 한다.

광발암을 결정하는 요소로서는 광노출의 기간, 정도 피부형 및 유전적소인 등이다.

인간의 광발암

인간의 피부암의 종류에는 여러가지가 있으나 이중 가장 흔히 발견되는 것을 순서대로 보면 기저세포암, 편평상피세포암 및 악성흑색종을 들 수 있다.

이중 기저세포암과 편평상피세포암은 일찍부터 광발암이 의심되었으며 악성흑색종도 최근에는 다양한 광발암의 근거가 제시되고 있다.

기저세포암과 편평상피세포암의 광발암의 임상적

근거는 다음과 같다.

- (1) 백인종에 많이 생기며 흑인이나 유색인종에서는 흔하지 않다.
- (2) 피부암의 발생부위는 주로 얼굴, 목, 팔 등 광선 노출부위이다.
- (3) 지역적으로 위도상 햇빛을 많이 받는 지역에서 발생빈도가 높다.
- (4) 야외생활이나 직업적으로 햇빛을 많이 받는 사람에서 흔하다.
- (5) 색소성 건피증 등 햇빛에 예민한 질환을 가진 경우 잘 발생한다.
- (6) 피부형에 따라 색소침착이 잘 되지 않고 쉽게 일광화상을 입는 사람에서 흔하다.

위에서 언급한 바와 같이 자외선은 다양한 급성 및 만성 피부반응을 일으킨다. 그런데 우리나라의 현재의 상황은 이러한 피부반응을 가속화시킬 가능성을 많이 가지고 있다. 즉 오존층 파괴로 피부에 조사되는 자외선의 절대량의 증가, 우리나라 사람의 수명의 증가, 경제적 성장에 따른 레저나 스포츠의 빈도 증가에 따른 피부 노출의 증가 등의 문제가 자외선에 의한 피부반응을 증가시킬 것으로 본다. 또한 최근에는 이러한 피부장애를 일으키는 자외선을 단지 미용적인 목적으로 인공적으로 쬐여서 피부를 억지로 태우려는 사람도 늘어나고 있는 실정 이므로 자외선에 의한 피부장애를 잘 알아야 할 뿐만 아니라 이에 대한 적당한 대책을 세워야 할 것으로 본다.

참고문헌

1. 윤재일, 광의학. pp.89-121. 여문각, 서울 (1994).
2. 윤재일, 피부질환. pp.22-25. 의료보험연합회, 서울(1995).
3. 윤재일, 피부노화, 심포지움, 화장품과 피부노화. pp.16-25. 대한화장품학회, 서울(1994).
4. 이유신, 조광현, 피부악성종양. pp.3-7. 여문각, 서울(1992).
5. 조광열, 윤재일, 이유신, "자외선 조사에 의한 생쥐 피부에서의 일광화상 세포의 정량", 대한피부과학회지, 24(1). 8-15(1986).
6. 조희구, 김해경, 이규태, "서울의 오존진량 변동과 경향", 한국기상학회지, 30(2). 219-234(1993).
7. Cavallo J, DeLeo VA. "Sunburn". *Dermatologic Clinics* 4(2). 181-187(1986)
8. Epstein JH. "Photocarcinogenesis & skin cancer and aging". *J Am Acad Dermatol.* 9(4), 487-502(1983).
9. Taylor CR, Stern RS, Leyeen JJ. "Photoaging photodamage and photoprotection". *J Am Acad Dermatol.* 22(1), 1-15(1990).
10. Woodcock A, Magnus IA. "The sunburn cell in mouse skin: Preliminary quantitative studies on its production". *Br J Dermatol.* 95(6), 459-468(1976).