

자외선 B 조사 hairless 마우스에서 일광화상세포 발생 억제에 대한 녹차의 효과

김성호* · 김세라 · 이해준 · 이진희 · 김유진 · 김종춘 · 장종식¹ · 조성기²

전남대학교 수의과대학

¹상주대학교 축산학과

²한국원자력연구소 방사선이용연구부

(게재승인: 2005년 2월 24일)

The effect of green tea on ultraviolet B-induced sunburn cell production in the skin of hairless mouse

Sung-ho Kim*, Se-ra Kim, Hae-june Lee, Jin-hee Lee, Yu-jin Kim, Jong-choon Kim, Jong-sik Jang¹, Sung-kee Jo²

College of Veterinary Medicine, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

¹Department of Animal Science, Sangju National University, Sangju 742-711, Korea

²Food Irradiation Team, Korea Atomic Energy Research Institute, Daejeon 305-353, Korea

(Accepted: February 24, 2005)

Abstract : In this study we assessed the influences of ultraviolet (UV) light B radiation on epidermal cells by apoptotic sunburn cell (SBC) and the effect of green tea treatment on the inhibition of SBC formation in SKH1-hr mouse. The extent of changes following 200 mJ/cm² (0.5 mW/sec) was studied at 0, 3, 6, 12, 18, 24, 30 or 36 hours after exposure. SBCs were recognized by 3 hours after irradiation. There was tendency to increase from 3 hours to 24 hours and decrease from then to 36 hours after irradiation. The mice that received 0, 25, 50, 100, 200, 400 or 800 mJ/cm² of UVB were examined 24 hours after irradiation. The SBCs were induced as the radiation dose increases from 0 to 200 mJ/cm². A further increase of radiation dose has little further effect. The frequency of UVB (200 mJ/cm²)-induced SBC formation was reduced by intraperitoneal injection of green tea extract (p<0.01).

Key words : ultraviolet B, sunburn cell, SKH1-hr mouse, green tea

서 론

인간은 자외선(UV)에 노출되는 환경 속에서 살아가고 있으며 UV는 피부에 홍반반응, 색소반응, 그리고 피부노화, 피부암 등의 다양한 피부반응을 일으킨다. 최근 평균수명의 연장과 레저활동의 증가로 인한 UV 노출의 기회증가와 더불어 환경오염에 의한 오존층 파괴 및 이에 따른 UV의 절대량 증가로 UV에 의한 피부 변화가 증가되고 있는 추세이다 [22].

일반적으로 UV의 영역은 크게 UVA, UVB, 그리고 UVC의 3부분으로 나뉘어 지는데 각각 명백한 생물학적 특성을 가지고 있으며 파장이 짧을수록 광에너지의 양은 증가되고, 이는 구성분자간의 결합을 파괴할 정도로 커서 생체에 많은 변화를 가져온다. UVC(200-280 nm)는 오존층에 의해 대부분 흡수되고, UVA(320-400 nm) 및 UVB(280-320 nm)만이 지표에 도달되며 UV중 UVB는 1-10%를 차지한다. 피부에 대한 파장별 UV의 영향을 살펴보면, UVA는 진피의 유두층, 그물층까지 영향을

본 연구는 과학기술부 원자력연구개발사업의 지원으로 수행되었음.

*Corresponding author: Sung-ho Kim

College of Veterinary Medicine, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea
[Tel: +82-62-530-2837, Fax: +82-62-530-2841, E-mail: shokim@chonnam.ac.kr]

미치고 탄력소와 아교질의 붕괴로 탄력감소, 조기노화, 모세혈관의 확장 및 손상으로 피부의 기저층을 와해시키며, 피부암 발생 가능성도 가진다. UVB는 진피 상층 부까지 도달하고, 급속한 화상이나 홍반을 일으킨다. 더욱 진행되면 멜라닌 색소 형성, 색소 침착으로 선전이 일어나고, 손상된 피부세포를 수복하여 각화 이상을 일으키게 되는데 각질층의 수분감소와 만성노출 시 주름 및 피부암을 유발한다 [6, 22].

UVB는 일명 'burning ray'로 알려져 있으며 UV의 약 4.5%에 해당되어 태양광의 적은 부분에 해당되지만 UVA에 비하여 1000배 이상의 일광화상을 일으키는 가장 강력한 요소이다. 또한 UVA에 비하여 유전독성이 강하고 주로 표피 기저세포층에 작용하는 것으로 알려져 있다 [30].

본 연구에서는 UV에 의한 피부손상의 지표로서 일광화상세포(SBC)의 UVB 조사 후 시간 경과 및 UV 조사량에 따른 변화를 hairless 마우스(SKHI-hr)에서 관찰하고 최적 시험조건을 선택하였으며 확립된 시험법에 적용하여 전리방사선 장해 경감효과 [1, 2, 19, 35]가 있는 것으로 알려진 녹차추출물의 SBC 발생 억제효과를 관찰하였다.

재료 및 방법

실험동물

일본 Charles River 사에서 구입한 7-8주령의 성숙 hairless 마우스(SKHI-hr)를 사용하였고, 각 실험에서 6마리를 하나의 실험군으로 적용하였다. 동물의 사육은 온도 $22 \pm 2^\circ\text{C}$, 상대습도 $50 \pm 10\%$, 조명시간은 12시간(오전 8시 점등-오후 8시 소등) 및 조도 200-300 lux로 설정된 시설에서 수행하였다. 순화기간을 거쳐 polycarbonate 사육상자에 3마리씩 수용하였고 실험동물용 고형사료(삼양사료, 원주)와 정수장치를 통과한 수도수를 자유롭게 섭취하도록 하였다. 모든 실험동물은 Institute of Laboratory Animal Resources의 'Guide for the Care and Use of Laboratory Animal'(1996, USA)에 준하여 취급하였다.

UV 조사

UVB 조사는 광원으로 UVB lamp GL20SE (Sankyo Denki, Japan)를 이용하여 제작한 UVB 조사기를 사용하였으며 광량은 Solarmeter®(Solartech, USA)로 측정하였다. 대조군을 제외한 실험군 마우스 등쪽 피부에 UVB를 0.5 mW/sec의 강도로 200 mJ/cm^2 을 1회 조사하고 0, 3, 6, 12, 18, 24, 30 및 36시간 후에 변화를 관찰하였으며, UVB를 0, 25, 50, 100, 200, 400 및 800 mJ/

cm^2 을 1회 조사하고 가장 높은 SBC 발생율을 나타내는 시간에 변화를 관찰하였다.

녹차효과 시험을 위한 시료제조, 투여 및 UV조사

시중에서 구입한 녹차잎(전남 보성녹차영농조합)을 세절하여, 100 g당 증류수 1,000 ml의 비율로 혼합하고 80°C 수조에서 8시간 증탕 추출한 뒤 고형분을 제거한 현탁액을 1,000 g에서 10분간 원심분리시키고 상층액을 여과하여 감압농축하고 동결 건조시켰다. 녹차 추출물의 최종 추출수율은 약 12%였다. 기존 보고 [1, 2, 3]의 시험을 참고로 하여 녹차의 투여는, 복강주사시험은 체중 kg당 50 mg을 UV 조사 전 36시간, 12시간 및 UV 조사 후 30분에 3회 주사하였으며, 피부도포시험은 연고기재(한국콜마)에 녹차를 0.2%로 혼합 제조하여 UV 조사 전 24시간, 15분 및 UV 조사 후 즉시 도포하였다. 시료의 도포부위는 마우스 등쪽 피부의 중앙을 기준으로 가로 3 cm, 세로 4 cm의 범위를 적용하였다. 전시험에서 얻어진 최적 시간 및 UV 용량을 적용하여 대조군을 제외한 실험군 마우스 등쪽 피부에 UVB를 0.5 mW/sec의 강도로 200 mJ/cm^2 을 1회 조사하였다.

부검 및 현미경적 검사

UV 조사 후 시간 경과에 따른 변화 관찰시험은 각 관찰 시간에 부검을 실시하였으며, UV 조사량에 따른 발생 변화 시험은 전실험에서 가장 높은 발생율을 보인 24시간에 부검을 실시하였고, 녹차 효능 시험은 UV 조사 후 24시간에 부검을 실시하였다. 마우스의 등쪽 중앙을 기준으로 가로 2 cm, 세로 3 cm 범위의 피부를 채취하고 현미경 표본제작 시 정확한 횡단면을 얻기 위하여 피부조직을 두터운 종이에 부착하고 10% 중성포르말린액에 고정하였다. 고정된 조직은 근육과 지방을 제거하고 적당한 두께로 자른 후 마리당 3-4개씩 원통모양으로 감아 통상적인 방법에 따라 파라핀 포매, 절편을 제작하여 hematoxylin 및 eosin 염색을 실시하였다. 현미경 400배 배율로 20 시야에서 나타나는 SBC의 수를 측정하고 cm당 수로 환산하였다.

통계분석

모든 성적은 평균 및 표준편차로 표시하였으며, 통계분석은 Graph PAD In Plot 프로그램(Graph PAD Software, USA)을 사용하였다.

결 과

UV 조사 후 시간 및 용량별 변화

UV를 조사하지 않은 상태에서는 평균 0.31개의 SBC

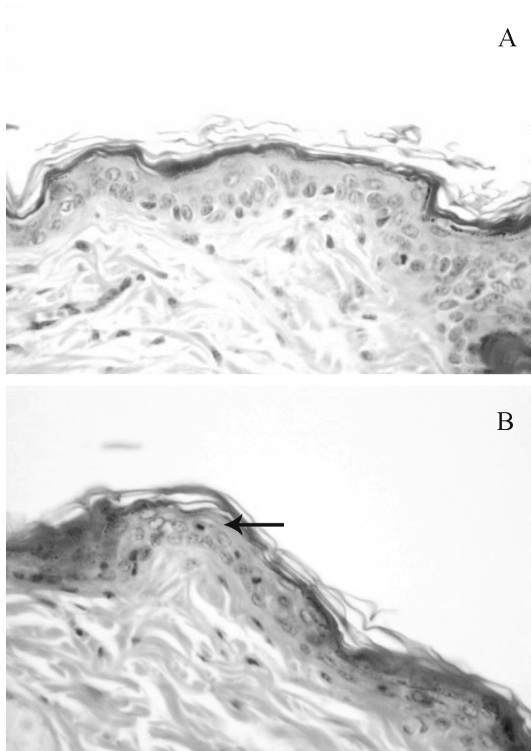


Fig. 1. Sunburn cells in SKH1-hr mouse skin after UV exposure. Morphology as seen under the light microscope of (A) untreated skin and (B) UVB irradiated skin with sunburn cells (arrow). H-E stain, X100.

가 관찰되었고 200 mJ/cm²을 조사한 후 3시간부터 농축된 핵과 강한 산성호성의 세포질을 특징으로 하는 SBC (Fig. 1)가 관찰되기 시작하여 6시간에 급속히 증가하였다. 12-24시간에 비슷한 수준의 높은 수치를 유지하다가 30시간에 약 50%로 감소하고 36시간에는 급격한 감소를 나타냈다(Table 1). UV 조사 후 24시간에 측정된 UV 조사 용량별 변화는 25 mJ/cm²에서부터 SBC가 관찰되

Table 1. Sunburn cell (SBC) production according to the time course after UV irradiation (200 mJ/cm²)

Hours after irradiation	Number of SBC (mean±S.D.) per cm length of epidermis
0	0.31± 0.49
3	5.66± 2.67
6	51.91± 2.47
12	62.26±24.01
18	57.87±15.72
24	61.64±15.25
30	31.45±15.25
36	5.91± 3.13

Table 2. Dose-response experiments for sunburn cell (SBC) production 24 hours after UV irradiation

UVB dose (mJ/cm ²)	Number of SBC (mean±S.D.) per cm length of epidermis
0	0.33±0.28
25	28.91±1.81
50	46.85±13.25
100	56.16±16.63
200	81.61±8.68
400	74.52±9.36
800	76.89±2.00

Table 3. Effect of intraperitoneal injection or topical application of green tea on UVB-induced increases in apoptotic sunburn cells

Experimental group	Number of sunburn cells per cm length of epidermis (mean±S.D.)
Normal control	0.41± 0.38
Radiation control ^a	74.57±10.74
Green tea+radiation+green tea ^a	47.89± 4.06*
Normal control	0.31± 0.42
Radiation control ^b	60.77±13.49
Green tea+radiation+green tea ^b	50.08± 9.86

The SKH1-hr mice (n=6) were treated with UVB (200 mJ/cm²) and were sacrificed 24 hours later.

^aGreen tea (50 mg/kg of body weight) or vehicle was given i.p. at 36 and 12 hours before irradiation, and 30 minutes after irradiation.

^bGreen tea cream (0.2%) or cream base (vehicle) was topically treated at 24 hours and 15 minutes before irradiation, and immediately after irradiation.

*p<0.01 as compared with radiation control group.

어 200 mJ/cm²에서 가장 높은 수치를 보였고 25-200 mJ/cm²의 용량까지는 용량에 비례하여 증가하였으나 200 mJ/cm² 이상의 용량에서 SBC는 더 이상 증가하지 않았으며, 400 및 800 mJ/cm²의 용량에서도 표피세포의 괴사는 없었다(Table 2).

녹차투여의 효과

정상대조군에서는 0.31 및 0.41개의 SBC가 관찰되었으며 UV 200 mJ/cm² 조사에 따라 급격히 증가하였고 녹차 투여시 평균치를 기준으로 복강주사군에서는 35.8%(p<0.01)로 통계적 유의성 있게 감소하였으며, 피부도포군에서는 평균치에서 17.6% 감소를 나타내나 개체차에 따라 유의성은 없었다(Table 3).

고 찰

UV가 피부에 조사되면 급만성의 다양한 피부반응을 초래한다. 급성반응으로는 홍반, 색소반응, 피부의 두께 변화 등을 들 수 있다. 홍반반응은 각질세포 및 진피세포들이 관여하여 진피 혈관을 확장시키는 반응으로 UV의 파장, 광량, 피부의 조건, 환경조건 등에 따라 달라지며, 피부에는 각질세포가 변형된 SBC가 출현한다. 색소반응은 멜라닌세포가 관여하는 반응으로서, UV 조사 후 즉시 피부가 검게되는 즉시 색소침착과 수일 후 일어나는 지연 색소침착으로 나눌 수 있다. 색소반응과 피부두께의 변화 등은 UV로부터 생체를 보호하기 위한 방어작용의 일종이다. UV에 의한 만성반응으로는 광노화 현상과 광발암 현상이 있으며 광노화는 장기간에 걸친 광노출로 인한 외적 피부노화를 말하며 생리적 노화와의 차이를 나타낸다 [22].

UV 조사에 의한 표피의 손상은 2시간 이내에 시작된다 [20]. 가장 초기의 손상지표는 keratinosome의 감소이며, 조사 후 16-18시간에 세포내 부종(intracellular edema)이 일어나고 30-48시간에 세포사이 부종(intercellular edema)이 일어나며 주위 각질세포의 손상으로 발전된다. SBC는 부종이 관찰되기 직전에 잠시 나타나는 것으로 알려져 있다 [20]. SBC는 apoptosis의 가장 초기 발생의 예 중 한가지로 간주되며 [7, 18], UV에 의해 유도된 apoptotic cell은 주위 각질세포에 의해 신속하게 탐식된다 [26]. 큰포식세포 또한 탐식에 참여하고 UVB 조사 후 피부내 수도 급격히 증가된다 [8]. UV에 의해 유도되는 apoptosis는 즉시형과 지연형의 두 가지 종류로 나타난다. 지연형은 free radical에 의한 손상보다는 UV에 의한 DNA 손상에 의해 발생하는 것으로 생각된다 [15]. 또한 즉시형 apoptosis는 단백질 합성을 요구하지 않는 구성요소에 의한 것으로 보이며, 이에 반하여 지연형은 단백질 합성을 요구한다 [15]. 각질세포의 변성은 사립체의 종대, 파열, 세포질의 농축, 핵농축의 형태를 나타낸다 [5, 10, 24, 25].

Woodcock과 Magnus [34]는 마우스에서 UV 조사 후 시간 경과에 따른 SBC의 정량적 측정에서 300 nm 단색광으로 80 mJ/cm² 조사 후 SBC는 5시간 후부터 관찰되어 24시간에 가장 현저하였고 254 nm 단색광으로 70 mJ/cm² 조사시에는 2.5시간 후부터 관찰되어 8시간 후에 가장 많은 수를 나타냈고 두 경우 모두 72시간 후 까지도 드물게 SBC가 관찰되었다고 하였다. 조 등 [4]은 UVB 80 mJ/cm²을 조사한 후 2시간부터 SBC가 관찰되어 8 및 24시간에 최고치를 보이고 36시간부터 급격히 감소하여 1주까지 관찰된다고 하였다. 사람에서의 보고로는 Rosario 등 [28]이 UV 조사 후 24시간부터 관찰하

였는데 이때부터 경미하게 관찰되어 72시간에 현저하였으며 1주 후까지 현저한 상태를 유지한다고 하였고, Gilchrest 등 [14]은 UVB 조사 30분부터 SBC가 관찰되기 시작하여 24시간에 최고치를 나타냈고 72시간 후까지 경미하게 보였다고 하였다. Willis [33]는 일광노출 후 일광화상반응이 8-12시간 후부터 관찰되고 18내지 24시간에 SBC가 보이고 3주 후에 피부가 정상이 되었다고 하였다. 본 실험에서 UVB 200 mJ/cm²을 조사하여 SBC의 시간적 변화를 관찰한 바 3시간 후부터 관찰되어 12-24시간에 비슷한 정도의 높은 수치를 유지하고 30시간에 절반으로 감소하였고 36시간에 급격히 감소하였다. 이러한 결과는 Woodcock과 Magnus [34]의 실험에서 300 nm 단색광을 사용한 연구결과와, Gilchrest [14]의 연구결과와 유사하였고 Woodcock과 Magnus [34]의 실험에서 254 nm 단색광 사용 실험 및 조 등 [4]의 실험에서의 결과에 비하여 최고치 도달시간 다소 지연된 결과를 나타냈다. 최고치 도달시간의 차이는 Woodcock과 Magnus [34], 및 조 등 [4]이 사용한 UV 조사가 일부 UVC를 포함한 상태에 따른 차이로 사료된다.

UV 조사량에 따른 SBC의 발생 변화에 관하여 Johnson 등 [17]은 사람에서 최소홍반량으로 부터 최소홍반량의 16배까지 증가시킴에 따라 SBC의 수가 증가한다고 하였고 Woodcock과 Magnus [34]는 마우스에서 260-300 nm에 속하는 각기 다른 단색광의 조사량과 SBC 발생 평균치는 로그용량반응관계(log dose-response relationship)가 있다고 하였으나, 조 등 [19]은 직선용량반응관계(dose-response relationship)가 있다고 하였으며 450 mJ/cm²을 조사한 군에서는 표피의 심한 괴사로 SBC의 수를 측정할 수 없다고 하였다. 본 연구에서 200 mJ/cm² 이상의 용량에서 SBC가 증가되지 않은 점과 400 및 800 mJ/cm²의 조사량에서도 피부의 괴사가 관찰되지 않은 점 등은 Woodcock와 Magnus [34], 및 조 등 [4]의 연구와 비교할 때 측정 기준 시간 및 광원의 차이 등이 일부 관계된 것으로 사료되며, 조 등 [4]의 연구에서, 실제 성적은 160 mJ/cm² 이하 용량에서는 직선용량반응관계를 나타내지만 160 mJ/cm²과 320 mJ/cm²의 용량에서는 미미한 증가를 나타내어 본 연구의 결과와 유사하였다.

녹차는 수천년 전부터 주로 아시아에서 음료로 사용되었으며 일부 의료적 목적으로 적용되기도 하였다. 과학적 접근이 부족하여 녹차의 생의학적 효능에 관한 보고가 미진하였으나 최근 녹차의 항미생물 효과, 면역증강 효과, 암 및 심혈관 질환에 대한 효과에 많은 관심과 연구가 진행되고 있다 [12, 23, 29]. 녹차는 강력한 항산화 효과를 나타내는 polyphenol류가 알려져 있으며 [9, 11, 16] 이들의 효능은 심혈관 질환에서는 LDL-cholesterol을 낮추는 항산화 효과와 free radical scavenging

효과를 나타내고, 발암물질의 해독 효소의 형성과 배설에 관여하는 대사효소와 관계된 해독계통의 자극작용이 알려져 있으며, 암의 형성과 관계된 세포분열, 성장을 억제하며, 암발생의 initiation과 promotion에 관여하는 생화학적 marker를 억제하고, 유전변이를 방지하는 작용이 알려져 있다 [32, 36]. 최근 녹차는 암발생의 지연작용과 함께 암치료 환자의 암 재발억제를 위한 수단으로 적용되고 있으며 미국에서 건강 음료가 아니라 암예방 약의 개념으로까지 각광을 받고 있다 [13].

피부손상에 대한 녹차의 효과는 감마선 조사마우스에서 털수질세포의 apoptosis 발생 억제효과가 보고되었고 [19], UV에 의해 유도된 피부중양을 지닌 SKH-1 마우스에서 녹차 polyphenol 추출물 투여가 성장을 억제하는 효과가 있으며 이것은 녹차의 polyphenol류 성분의 영향이라고 하였다 [31]. 또한 hairless마우스에서 UVB를 조사한 피부조직의 백혈구 침윤, 홍반, 부종 등 염증반응과 피부의 광발암성을 억제한다는 연구가 있으나 [27], 생체 피부에서 apoptosis 발생에 대한 직접적인 연구는 다소 미진하고, 녹차를 피부에 국소 적용한 실험에서 SBC의 발생이 억제되었다는 보고 [3]와 함께 녹차 경구 투여 연구에서 UV에 의한 SBC의 발생을 반대로 증가시켰다는 상반된 결과가 보고 [21]되기도 하였다. 본 연구에서 녹차의 복용내 주사군에서 강한 억제 효과를 나타냈으나, 피부도포군의 경우 유의성 있는 효과는 없었다. 녹차 투여의 효과는 기타 생물학적 연구 및 시험관내 연구 [30]에서와 같이 녹차의 항산화성분에 의한 효과로 추측되나 이에 대한 추가 연구가 요구된다.

결 론

SHK1-hr 마우스에서 UVB 조사 후 시간 경과 및 조사용량별 SBC의 형성 변화와 녹차투여의 효과를 관찰하였다. UVB 200 mJ/cm²(0.5 mW/sec)을 조사하고 0, 3, 6, 12, 18, 24, 30 및 36시간 후에 변화를 관찰한 바 조사 후 3시간부터 SBC가 관찰되었고 24시간까지 증가되다가 30시간부터 감소하였다. UVB를 0, 25, 50, 100, 200, 400 및 800 mJ 조사하고 24시간에 변화를 관찰한 바 200 mJ 까지는 SBC의 발생이 증가되었으나 이상의 조사용량에서 변화는 없었다. 녹차 복용내 주사군에서 UVB에 의한 SBC 형성은 평균치를 기준으로 35.8% 감소되었다(p<0.01).

참고문헌

1. 김세라, 이해준, 김성호. 감마선 조사 마우스에서 녹차 및 분획의 방사선 장해 경감 효과. 대한수의학회

- 지 2003, **43**, 633-639.
2. 김세라, 이해준, 김휴경, 이진희, 오기석, 박인철, 오현, 조성기, 김성호. 감마선을 조사 한 마우스에서 녹차 장기투여의 효과. 한국임상수의학회지 2003, **20**, 159-165.
3. 이은희, 이종권, 홍진태, 정경미, 김용규, 이선희, 정수연, 이용욱. 녹차추출물 성분 catechin이 자외선에 의해 손상된 피부에 미치는 영향. 한국식품위생안전성학회지 2001, **16**, 117-124.
4. 조광열, 윤재일, 이유신. 자외선 조사에 의한 생쥐 피부에서의 일광화상세포의 정량적 변화. 대한피부과학회지 1986, **24**, 8-15.
5. Aberer W, Schuler G, Stingl G, Honigsmann H, Wolff K. Ultraviolet light depletes surface markers of Langerhans cells. J Invest Dermatol 1981, **76**, 202-210.
6. Bissett DL, Hannon DP, Orr TV. An animal model of solar-aged skin: histological, physical, and visible changes in UV-irradiated hairless mouse skin. Photochem Photobiol 1987, **46**, 367-378.
7. Clydesdale GJ, Dandie GW, Muller HK. Ultraviolet light induced injury: immunological and inflammatory effects. Immunol Cell Biol 2001, **79**, 547-568.
8. Cooper KD, Duraiswamy N, Hammerberg C, Allen E, Kimbrough-Green C, Dillon W, Thomas D. Neutrophils, differentiated macrophages, and monocyte/macrophage antigen presenting cells infiltrate murine epidermis after UV injury. J Invest Dermatol 1993, **101**, 155-163.
9. Cotellet N, Bernier JL, Henichart JP, Catteau JP, Gaydou E, Wallet JC. Scavenger and antioxidant properties of ten synthetic flavones. Free Radic Biol Med 1992, **13**, 211-219.
10. Daniels F, Brophy D, Lobitz WC. Histochemical responses of human skin following ultraviolet irradiation. J Invest Dermatol 1961, **37**, 351-357.
11. Dreosti IE. Bioactive ingredients: antioxidants and polyphenols in tea. Nutr Rev 1996, **54**, S51-58.
12. Dufresne CJ, Farnworth ER. A review of latest research findings on the health promotion properties of tea. J Nutr Biochem 2001, **12**, 404-421.
13. Fujiki H, Suganuma M, Imai K, Nakachi K. Green tea: cancer preventive beverage and/or drug. Cancer Lett 2002, **188**, 9-13.
14. Gilchrest BA, Soter NA, Stoff JS, Mihm MC Jr. The human sunburn reaction: histologic and biochemical studies. J Am Acad Dermatol 1981, **5**, 411-422.
15. Godar DE. Preprogrammed and programmed cell death mechanisms of apoptosis: UV-induced immediate and delayed apoptosis. Photochem Photobiol 1996, **63**,

- 825-830.
16. **Guo Q, Zhao B, Li M, Shen S, Xin W.** Studies on protective mechanisms of four components of green tea polyphenols against lipid peroxidation in synaptosomes. *Biochim Biophys Acta* 1996, **1304**, 210-222.
 17. **Johnson BE, Mandell G, Daniels FJr.** Melanin and cellular reactions to ultraviolet radiation. *Nat New Biol* 1972, **235**, 147-149.
 18. **Kerr JF, Wyllie AH, Currie AR.** Apoptosis: a basic biological phenomenon with wide-ranging implications in tissue kinetics. *Br J Cancer* 1972, **26**, 239-257.
 19. **Kim SH, Kim SR, Lee HJ, Oh H, Ryu SY, Lee YS, Kim TH, Jo SK.** Apoptosis in growing hair follicles following gamma-irradiation and application for the evaluation of radioprotective agents. *In Vivo* 2003, **17**, 211-214.
 20. **Logan G, Wilhelm DL.** Vascular permeability changes in inflammation. I. The role of endogenous permeability factors in ultraviolet injury. *Br J Exp Pathol* 1966, **47**, 300-314.
 21. **Lu YP, Lou YR, Li XH, Xie JG, Brash D, Huang MT, Conney AH.** Stimulatory effect of oral administration of green tea or caffeine on ultraviolet light-induced increases in epidermal wild-type p53, p21(WAF1/CIP1), and apoptotic sunburn cells in SKH-1 mice. *Cancer Res* 2000, **60**, 4785-4791.
 22. **Matsumura Y, Ananthaswamy HN.** Toxic effects of ultraviolet radiation on the skin. *Toxicol Appl Pharmacol* 2004, **195**, 298-308.
 23. **Mitscher LA, Jung M, Shankel D, Dou JH, Steele L, Pillai SP.** Chemoprotection: a review of the potential therapeutic antioxidant properties of green tea (*Camellia sinensis*) and certain its constituents. *Med Res Rev* 1997, **17**, 327-365.
 24. **Nix TE, Nordquist RE, Everett MA.** Ultrastructural changes induced by ultraviolet light in human epidermis: granular and transitional cell layers. *J Ultrastruct Res* 1965, **12**, 547-573.
 25. **Obata M, Tagami H.** Alteration in murine epidermal Langerhans cell population by various UV irradiations: quantitative and morphologic studies on the effects of various wavelengths of monochromatic radiation on Ia-bearing cells. *J Invest Dermatol* 1985, **84**, 139-145.
 26. **Olson RL, Everett MA.** Epidermal apoptosis: cell deletion by phagocytosis. *J Cutan Pathol* 1975, **2**, 53-57.
 27. **Record IR, Dreosti IE.** Protection by black tea and green tea against UVB and UVA + B induced skin cancer in hairless mice. *Mutat Res* 1998, **422**, 191-199.
 28. **Rosario R, Mark GJ, Parrish JA, Mihm MCJr.** Histological changes produced in skin by equally erythemogenic doses of UV-A, UV-B, UV-C and UV-A with psoralens. *Br J Dermatol* 1979, **101**, 299-308.
 29. **Sato T, Miyata G.** The nutraceutical benefit, part I: green tea. *Nutrition* 2000, **16**, 315-317.
 30. **Svobodova A, Psotova J, Walterova D.** Natural phenolics in the prevention of UV-induced skin damage. A review. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub* 2003, **147**, 137-145.
 31. **Wang ZY, Agarwal R, Bickers DR, Mukhtar H.** Protection against ultraviolet B radiation-induced photocarcinogenesis in hairless mice by green tea polyphenols. *Carcinogenesis* 1991, **12**, 1527-1530.
 32. **Weisburger JH.** Tea and health: the underlying mechanism. *Proc Soc Exp Biol Med* 1999, **220**, 271-275.
 33. **Willis I.** Sunburn and sunscreen. Unit 19-6, 11th ed, Harper & Row, Philadelphia, 1984.
 34. **Woodcock A, Magnus IA.** The sunburn cell in mouse skin: preliminary quantitative studies on its production. *Br J Dermatol* 1976, **95**, 459-468.
 35. **Yoshioka H, Akai G, Yoshinaga K, Hasegawa K, Yoshioka H.** Protecting effect of a green tea percolate and its main constituents against gamma ray-induced scission of DNA. *Biosci Biotechnol Biochem* 1996, **60**, 117-119.
 36. **Zloch Z.** The role of dietary plant polyphenols in health maintenance. *Cas Lek Cesk* 1996, **135**, 84-88.