

## 미용을 위한 일상적인 열처리에 의해서 손상된 모발의 미세구조

장 병 수  
동남보건대학 임상병리과

### Fine Structure of Damaged Hair Shaft by Daily Treatment of Heat for a Beautiful Face

Byung-Soo Chang

Department of Clinical Pathology, Dongnam Health College

(Received August 16, 2003; Accepted September 20, 2003)

#### ABSTRACT

The ultrastructure of damaged hair shaft from blow drying at typical temperature 40~70°C for daily beautiful face have been investigated by using transmission electron microscope and scanning electron microscope. When we used to hair dryer for a long time in our everyday life, the following morphological alternations were found in hair. First, the partial of scales in outer cuticle were detached simultaneously with separation of intercellular membrane complex of cuticle cells. Then hair broke cuticle off and exposed to cortex. Secondly, the cortical cell in the cortex was fissured into its macrofibril. The melanin granules were scattered between macrofibrils. As a result, I confirmed that blow drying removed the hair's bonded water and made hard on hair which lost elasticity. After all, hair showed irregular, rough surface and vanished its luster.

**Key words** : Fine structure, Hair, Hair cortex, Hair shaft, Scale

#### 서 론

모발(hair)은 포유류의 피부 부속기관으로서 발생학적으로 표피의 상피가 함입되어 형성된 각질화된 구조이다. 모발은 추위를 막아 주고, 체온을 유지시켜 주며, 마찰 등에 의한 체표면의 손상을 보호하고, 감각의 전달과 미용 및 2차 성장에 관여한다.

모발은 발생부위에 따라서 여러 가지 역할을 하는

데, 눈썹(eyebrow)은 땀이 눈에 들어오는 것과 태양광선이 시야를 부시게 하는 것을 방지하며, 코털(vibrissa)과 외이도(external auditory meatus)의 털 및 속눈썹(eyelash)은 먼지 등의 이물질과 작은 곤충의 침입을 막아주는 역할을 한다. 또한, 턱수염(beard)은 남성의 상징으로 남아 있으며, 음모(genital hair)와 액모(axillary hair)는 성선(sexual gland)을 자극하는 냄새를 생성하는데 관여한다.

특히, 현대사회인에 있어서 모발은 자기의 개성을

\* Correspondence should be addressed to Dr. Byung-Soo Chang, Department of Clinical Pathology, Dongnam Health College, Suwon 440-714, Korea. Ph.: (031) 249-6413, FAX: (031) 249-6410, E-mail: bschang@dongnam.ac.kr

추구하고 아름다움을 표현할 수 있는 장식의 역할을 한다.

이와 같이 인체에서 중요한 역할을 하는 털의 분포는 손바닥(palms), 발바닥(soles), 입술(lips) 그리고 남성의 경우 음경커두(glans penis)와 여성의 경우 음핵(clitoris)과 소음순(labia minora)을 제외한 신체의 모든 피부에 분포하고 있다(Junqueira et al., 1992).

모발의 성장과정은 피부의 표피가 안으로 함입되어 형성된 모낭(hair follicle)의 활동주기에 따라 성장기(anagen), 퇴행기(catagen), 종말기(telogen)의 과정을 거치게 된다. 두피에서 모발은 3~7년의 성장기와 2~3주의 퇴행기를 거쳐서 3~4개월의 종말기를 지나면 빠지게 되고 이들 주변에 새로운 모낭이 형성되어 대체된다(Bergfeld, 1989; Mulinari-Brenner & Bergfeld, 2001).

모발은 발생시기에 따라 태생기의 취모(lanugo)와 출생후의 연모(vellus) 및 경모(terminal hair)로 구분한다(Winkins & Moore, 1982). 취모는 모낭에서 성장한 최초의 털로서 수질(medula)이 없으며, 색소도 형성되지 않고, 태아 12주에서 19주 경에 형성되어 7개월 내지 8개월 경에 자궁안에서 빠진다.

연모는 소년기 아이의 두피를 제외한 몸의 전체에 분포하는 가늘고 짧으며 수질이 없는 솜털로서 포유류 중 사람에게만 특이하게 존재하는 것으로 그 길이가 1.4cm를 넘지 않는다. 연모는 발생부위에 따라 경모로 변하게 되는데 사춘기의 겨드랑이, 코밑, 턱밑 및 음부에 있는 연모는 생식호르몬의 영향으로 퇴화되고, 그 부위에 경모가 발생된다.

경모는 길고 두꺼우며 수질을 가지고 있으며, 길이에 따라 장모와 단모로 구분한다. 장모는 머리털, 수염, 음모 및 액모가 이에 속하며, 눈썹, 속눈썹, 코털과 같이 길이가 0.5~1.5cm 정도인 털을 단모로 분류한다.

성인 남성에서 모발을 생성하는 모낭(hair follicle)의 수는 약 5백만개가 분포하고 있다. 머리(head)에 분포하는 모낭은 약 1백만개로서, 이 중 두피(scalp)에만 1만개의 모낭이 존재하고 있다. 모발의 평균 수명을 1000일로 산정 하였을 때 두피 모낭 1만개 중 하루에 약 100개의 모발이 빠지게 된다(Epstein & Cot-sarelis, 1999).

이와 같이 모발은 성장주기가 끝남에 따라 두피에

서 탈락된다. 그러나, 두피 모발은 성장하는 동안 다양한 요인들에 의해서 손상 받게 된다. 사실상 미용을 위하여 모발을 물리화학적 방법으로 변형시키는 것은 모발의 표면을 둘러싸고 있는 소피와 피질의 형태적 변화를 초래하게 되고, 모발을 구성하고 있는 케라틴 단백질의 화학구조를 변형시키게 된다.

본 연구는 성인남성의 두피 모발을 대상으로 미용 효과와 개인 청결을 위해서 세발 후 일상적인 생활에서 사용하는 헤어드라이기(hair dryer)의 열로 모발을 건조시켰을 때 열에 의해서 손상되는 모발의 외부형태와 미세구조를 고배율의 전자현미경으로 관찰하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

열손상에 의한 모발의 형태적 변화를 관찰하기 위하여 일상생활에서 세발 후 모발을 건조시키기 위해서 헤어드라이기를 지속적으로 사용한 성인 남성의 모발을 채취하여 실험재료로 사용하였다. 시중에서 판매되는 헤어 드라이기에서 나오는 건조한 바람이 모발에 미치는 온도는 40~70°C로 측정되었다.

### 2. 실험방법

#### 1) 투과전자현미경 관찰

채취한 모발을 2.5% paraformaldehyde-glutaraldehyde(4°C, phosphate buffer, pH 7.4)에 1시간 동안 전고정하고, 인산완충용액(4°C, 0.4 M phosphate buffer, pH 7.4)으로 15분씩 2회 세척한 다음, 1% OsO<sub>4</sub>(4°C, phosphate buffer)로 1시간 후고정하였다. 고정이 끝난 재료는 동일 완충용액으로 2회 세척한 후, ethanol 농도 상승순으로 탈수하였고, propylene oxide로 치환하여 Epon-Araldite 혼합액에 포매한 다음, 60°C vacuum drying oven에서 36시간 동안 중합반응시켰다. 포매된 조직은 초박절편기(ultramicrotome, LKB-2088)로 준초박절편을 제작한 다음, 1% toluidine blue로 hot plate(60°C) 상에서 2분간 염색하였다. 이어서 초박절편(ultra-thin section)을 제작하여 copper grid에 부착시킨 다음, uranyl acetate와 lead citrate로 이중 염색하여

JEOL 100 CX-II형 투과전자현미경으로 100 kV에서 관찰하였다.

## 2) 주사전자현미경 관찰

모발의 외부 형태적 변화를 관찰하기 위해서 시료를 100% ethanol에 넣어 Ultrasonic cleaner로 1분간 세척한 후 자연건조 시켰다. 건조된 재료는 JFC-1100 ion coater를 사용하여 20 nm 두께로 금 도금(gold coating)한 다음 JSM-840 A형 주사전자현미경으로 20kV에서 관찰하였다.

## 결과 및 고찰

모발의 일반적인 구조는 크게 모간부(hair shaft)와 모근부(hair root)로 구분되는데 모근부는 모유두(hair papilla)를 덮고 있는 표피세포로 모낭(hair follicle)에서 형성된다. 모유두는 모세혈관이 분포하고 있어서 모낭에 영양분을 공급한다(Kollar, 1970).

모간부는 소피(hair cuticle)와 피질(hair cortex) 및 수질(hair medula)로 구성되어 있다. 소피는 각화된 편평무핵세포가 중첩되어 있어서 모발의 겉을 형성하고, 소피의 1/4~1/5은 표면에 나와 돌출되어 마치 비늘 모양을 하고 있으며, 3/4~4/5는 중첩되어 있다.

피질은 각화된 편평세포와 각화섬유(cornified fiber)들로 구성되어 있으며 멜라닌 색소(melanin pigment)가 산재되어 분포하고 있다(Hong et al., 2000).

수질은 모근의 중앙부위로서 다수의 공포를 갖고 있는 각화된 세포로 중심부에 공기를 함유하고 있고 모간의 직경의 약 1/3~1/4 정도를 차지하고 있다(Dawber & Comash, 1970; Wall & Hunter, 1974).

주사전자현미경상에서 정상 모간의 직경은 약 110  $\mu\text{m}$ 로 측정되었으며(Fig. 1), 외부형태는 거의 손상된 부분 없이 소피들이 중첩되어 지붕의 석가래 모양과 같은 구조를 하고 있었다(Fig. 2). 일반적으로 한국인의 경우 정상 모간의 직경은 성장과정과 시기 및 영양상태에 따라 차이가 있지만 약 70~120  $\mu\text{m}$ 의 크기를 나타낸다.

또한, 두피 모발을 가로 절단하였을 때 모양은 원형과 난원형으로 나타나게 되는데(Hong et al., 2000), 드물게 유전적 요인이나 병리적 질환 등에 의해서 삼각

형과 heart 모양의 형태도 관찰된다(Gummer et al., 1984; Whiting, 1987; Peereboom-Wynia et al., 1989; Lurie et al., 1996; de Berker, 2002).

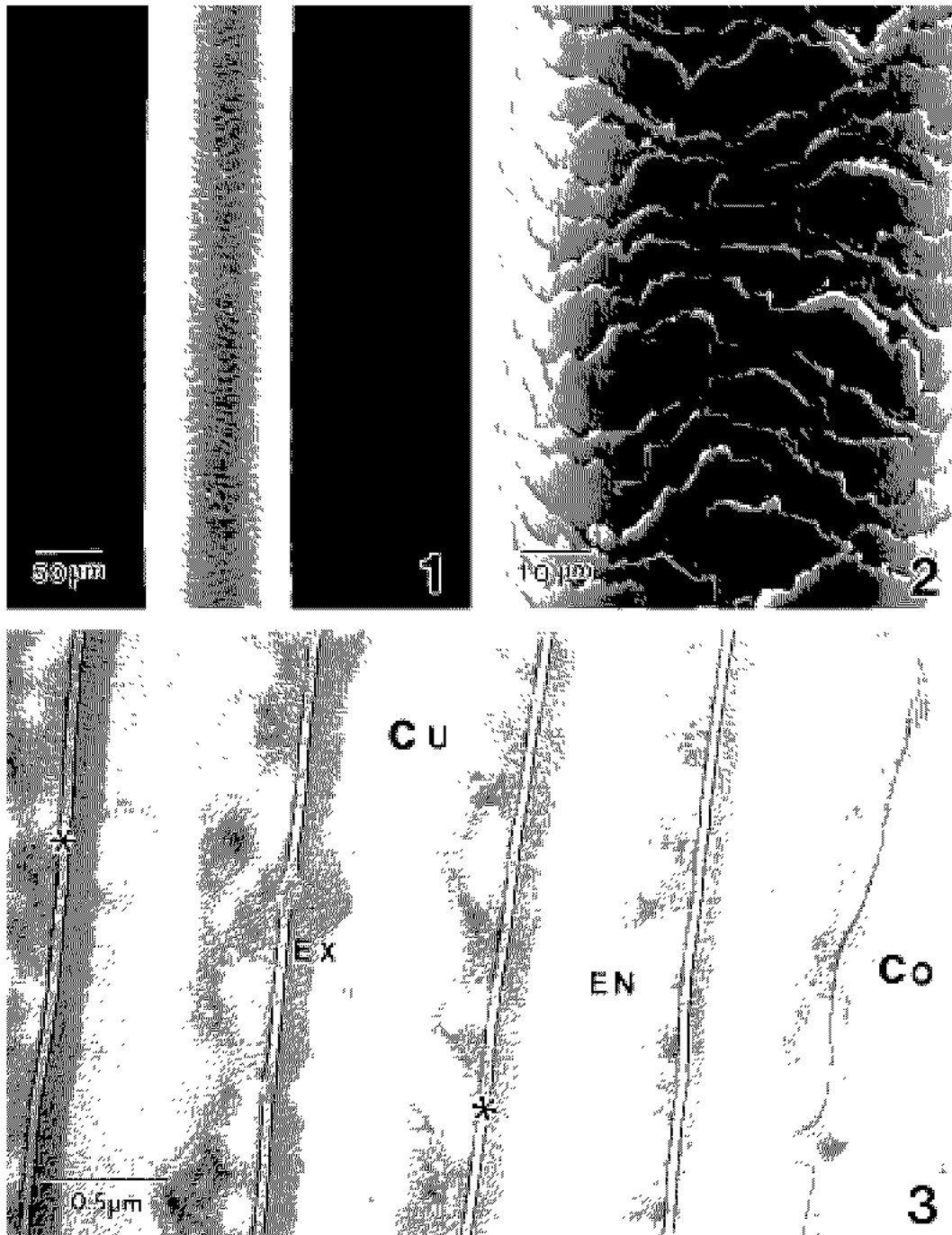
정상 모간을 가로 절단한 투과전자현미경 표본 상에서 각질화된 편평무핵세포가 5~7개의 층을 형성하면서 중첩되어 피질을 둘러싸고 있었다(Fig. 3). 소피의 편평무핵세포 층은 소피의 바깥쪽 부위에서부터 내부의 피질을 둘러싸고 있는 부위로 갈수록 세포의 단축 직경이 얇아지는 것을 확인할 수 있었다. 모발 표면쪽의 편평무핵세포의 직경은 약 0.8  $\mu\text{m}$ 인 반면에 피질과 접하고 있는 세포의 직경은 0.5~0.6  $\mu\text{m}$ 로 얇아지는 것을 확인하였다(Fig. 3).

이와 같이 외부환경과 접하고 있는 부위의 소피세포가 두터운 것은 소피가 둘러싸고 있는 피질을 보호하는 물리적 장벽의 역할(Stamm et al., 1977; Hong et al., 2000)을 함으로서 피질이 인위적인 손상에 의해 쉽게 파괴되는 것을 방지하기 위함으로 사료된다.

편평무핵세포의 세포막과 세포막 사이는 세포사이막복합체(intercellular membrane complex)를 형성하고 있었고, 약 30~50 nm의 간격을 유지하면서 연결되어 있었다. 이들 세포사이 간극에는 전자밀도가 균질한 cement 물질로 채워져 있었으며 일부 세포막은 함입되어 있었는데(Fig. 3), 이 부위에도 cement 물질이 채워져 있어서 세포의 결합력을 강화시키는 역할을 하는 것으로 나타났다.

또한, 본 연구에서 소피를 구성하는 편평무핵세포는 전자밀도가 높은 외소피(exocuticle)와 전자밀도가 낮은 내소피(endocuticle)로 뚜렷하게 구분되었다(Fig. 3). 이와 같이 편평무핵세포의 장축을 따라 일정한 두께를 유지하면서 세포의 전자밀도가 다른 것은 cystine 양의 차이로 외소피에는 cystine이 풍부하게 존재하며, 내소피에는 거의 없기 때문에 전자밀도가 다르게 나타나는 것으로 보고되었다(Olsen, 1994). Mallon et al. (1994)은 Cheveux incoiffable을 나타내는 환자에 관한 연구에서 cystine을 다량 함유한 단백질을 가지고 있는 소피세포를 methanamine silver로 염색한 결과 외소피는 진하게 염색되고 내소피는 염색되지 않았다고 보고하였다.

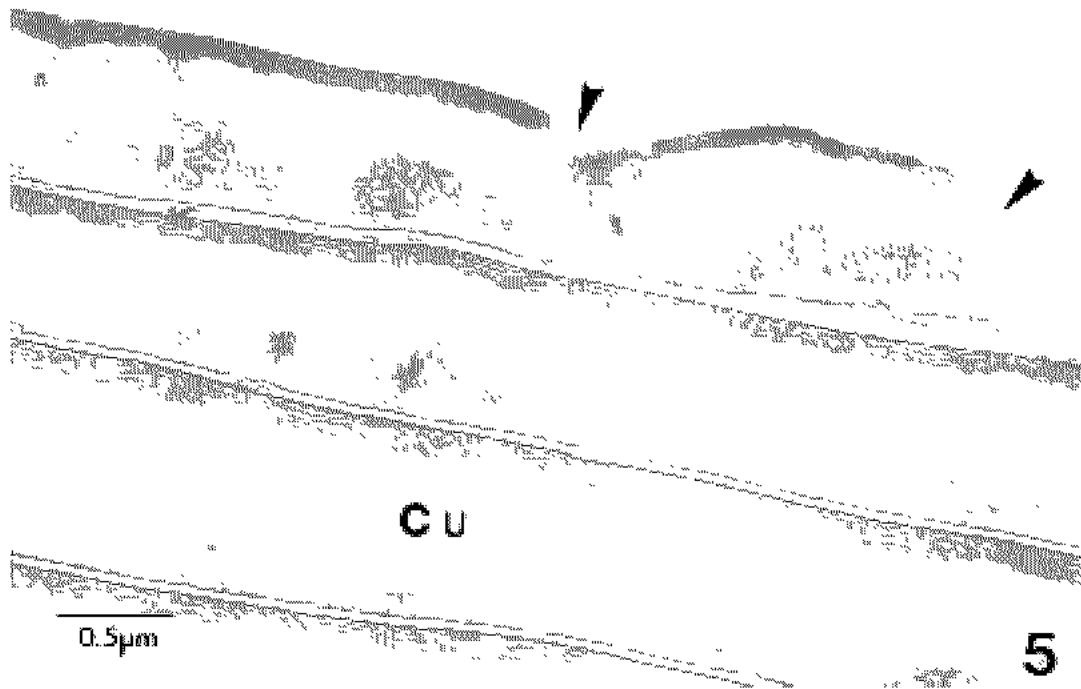
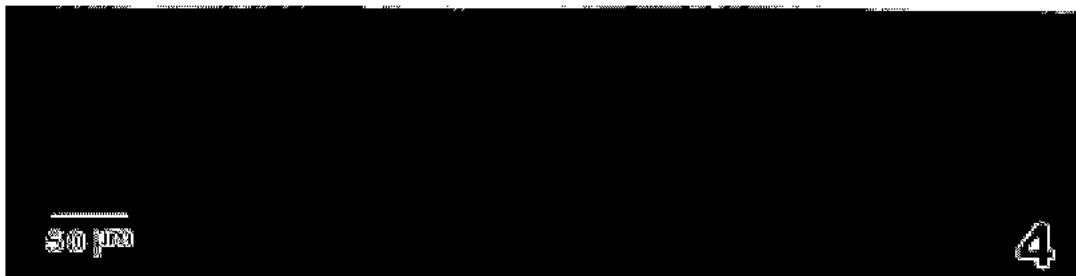
이와 같은 보고는 본 실험에서의 결과와 같이 정상인의 모발 소피에서 관찰되는데 소피를 구성하는 아



**Fig. 1.** Scanning electron micrograph of a normal hair shaft shows undamaged cuticular scales and smooth, shiny surface.

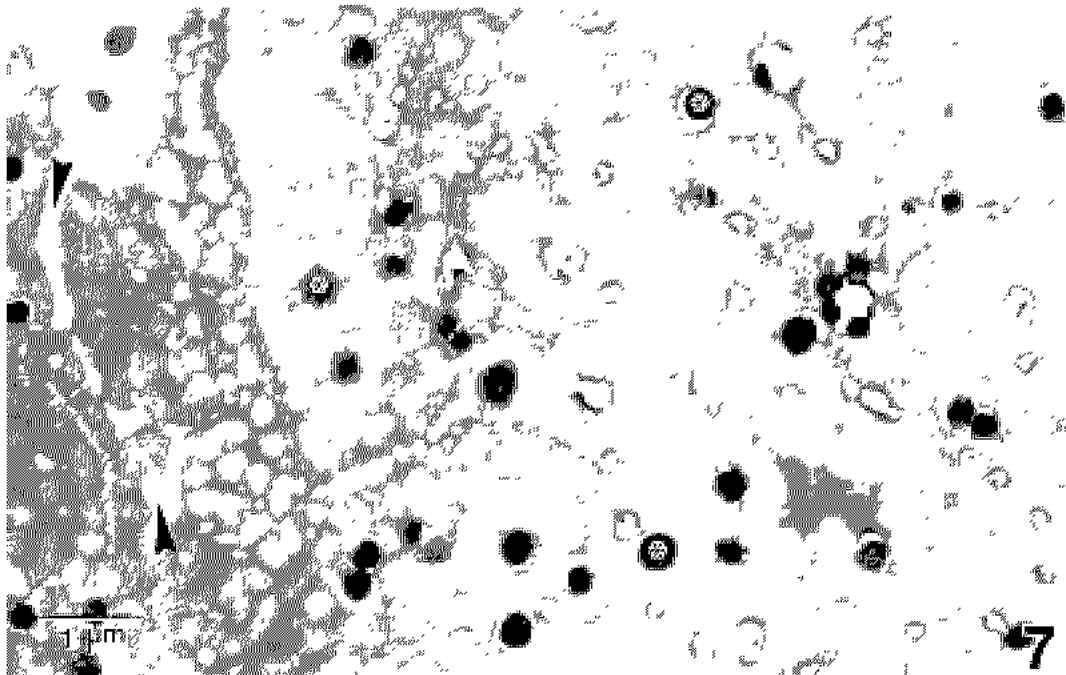
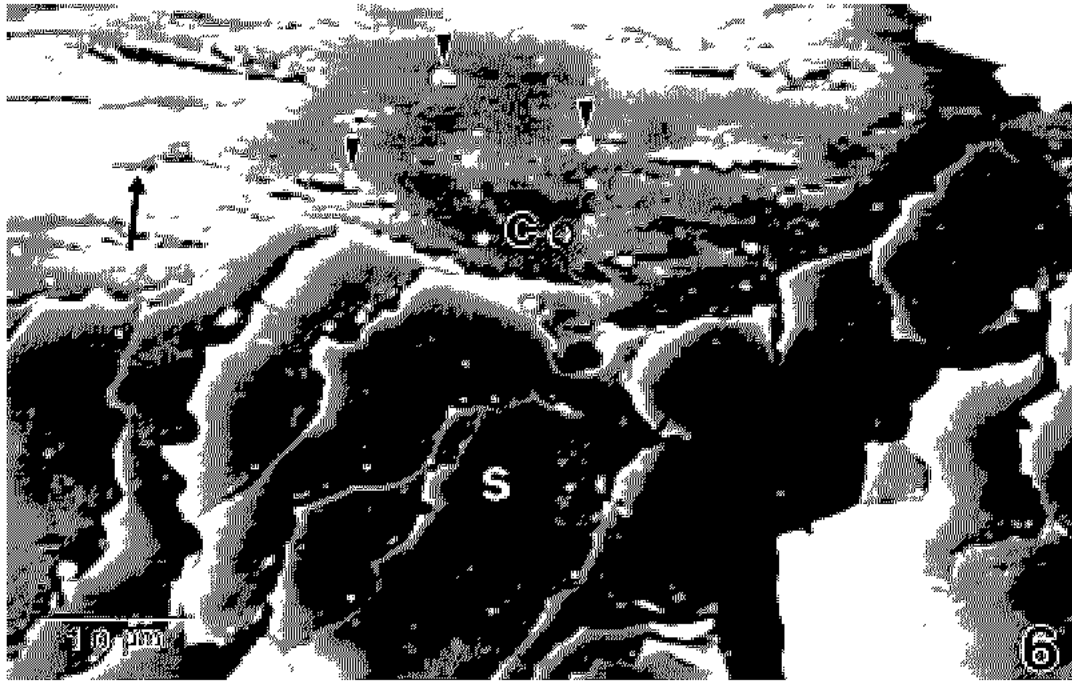
**Fig. 2.** Magnification of Fig. 1. The intact hair shaft have tightly imbricated cuticular scales.

**Fig. 3.** Transmission electron micrograph of a partial hair cross section shows cuticle (Cu) as lines. Asterisks: intercellular membrane complex, EX: exocuticle, EN: endocuticle, Co: cortex.



**Fig. 4.** Scanning electron micrograph of a damaged hair shaft by treatment with heat of blow drying shows irregular cuticular scales and rough surface.

**Fig. 5.** Transmission electron micrograph of transverse section of a cuticle of damaged hair shaft by heat shows broken cuticle (Arrows). Cu: cuticle cell.



**Fig. 6.** Scanning electron micrograph of a heat damaged hair. Note that a partial of the cuticle were perfectly exfoliated and then the cortex (Co) was disclosed and fissured (arrow). Arrowheads: exposed melanin pigment. S: scale.

**Fig. 7.** Transmission electron micrograph of a partial of cortex. The cortex were deeply fissured and separated from each macrofibril (arrowheads) within the cortical cells. Especially, note that the melanin granules (asterisks) were gradually smaller in size.

미노산의 종류와 밀도 및 풍부한 유황의 분포에 기인하는 것으로 사료된다. 외소피는 많은 cystine이 이황화 결합으로 존재하고 있는데, 이황화 단백질은 모발이 물리화학적 자극 및 광화학적 자극에 의해서 손상되는 것을 방지하는 역할을 한다.

일상생활에서 미용을 위하여 지속적으로 가해진 열에 의해서 손상된 모발은 소피의 최외각 층에 있는 편평무핵세포의 일부 즉, 비늘(scale)이 부러져 있거나 들떠있어서 아주 거칠은 모양을 하고 있는 것으로 관찰되었다(Figs. 4, 5).

세발 후 모발을 건조시키거나 미용을 위하여 모발에 약간의 변형을 주기위해서 일반적으로 사용되는 헤어드라이기는 송풍구에서부터 모발 사이의 거리에 따라 온도 차이가 있지만 일반적으로 40~70°C의 범위에서 사용을 하게 되며, 온도의 강약과 열에 노출된 시간의 차이에 따라 모발의 손상은 차이가 있다. Jessica (2001)의 보고에 의하면 열처리를 한 모발은 딱딱해지는 경향이 있지만 모발에 지나친 손상은 주지 않는다고 보고한 바 있다.

그러나, 본 연구에서 헤어드라이기의 열에 노출되어 손상된 모발은 초기에 소피의 비늘이 들뜨게 되면서 부러지게 된다. 이어서 열이 지속되고, 온도가 높아지면서 소피층이 탈락되어 피질이 노출되어 있었다. 노출된 피질은 갈라져서 모발의 장축을 따라 찢어져 있으며 이들 사이에 탈락되기 직전의 멜라닌과립(melanin granule)들이 관찰되었다(Fig. 6).

투과전자현미경 상에서 피질을 채우고 있는 각화세포는 세포내의 macrofibril이 분리되어서 커다란 틈을 형성하고 이들 틈 사이로 피질의 내부가 공기에 노출되는 것으로 나타났다(Fig. 7). 특히, 손상된 피질의 macrofibril 사이에 존재하고 있는 멜라닌과립들은 정상상태에서보다 크기가 작아져서 빈 공간을 형성하는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 7).

건강한 모발은 모발 총 중량의 약 9% 정도의 수분을 함유하고 있다. 모발은 물과 수소결합에 의해서 쉽게 결합한다. 수분은 모발 단백질의 amino기와 carbonyl기 사이에서 결합하는데, 모발을 물에 적시면 모발 무게의 30%까지 결합할 수 있다. 이들 수분은 피질에서 친수성 부위를 가지고 있는 단백질과 결합된 상태로 존재한다. 본 연구에서 모발에 가해진 열은 노

출된 피질에서 수분을 빠져나가게 하고 단백질의 화학구조 변화를 일으켜 피질의 탄력성을 감소시킨다.

모발의 물리적 특성 중에서 가장 중요한 것은 탄력성이다. 모발은 탄력성에 의해서 모발 자체의 용적이 변하는 것을 방지하고 원래상태를 유지하게 된다(Gallagher & Jones, 1993).

이와 같이 모발에 우리가 일상적으로 사용하는 열은 모발의 수분 감소와 탄력성을 저하시키며, 모발의 광택을 사라지게 한다.

## 참 고 문 헌

- Bergfeld WF: Alopecia: Histologic changes. *Advances Dermatol* 4 : 301 320, 1989.
- Dawber R, Comaish S: Scanning electron microscopy of normal and abnormal hair shaft. *Arch Dermatol* 101 : 316 323, 1970.
- de Berker D: Clinical relevance of hair microscopy in alopecia. *Clin Exp Dermatol* 27 : 370 376, 2002.
- Epstein P, Cotsarelis G: The biology of hair follicles. *New England J Medicine* 341 : 491 497, 1999.
- Gallagher KF, Jones RT: Emerging technology in protein copolymerization. *Cosm & Toil* 108 : 97 104, 1993.
- Gummer CL, Dawber R, Swift JA: Trichothiodystrophy: an electron microscopic and electron histochemical study of hair shaft. *Br J Dermatol* 110 : 439 449, 1984.
- Hong WS, Chang BS, Lim DS, Park SO, Yoe SM: Morphological change of men's hair shaft by weathering. *Korean J Electron Microscopy* 30 : 11 20, 2000. (Korean)
- Jessica G: Chemistry of colors and Curls. *Science News* 160 : 124 126, 2001.
- Junqueira LC, Carneira J, Kelley RO: Skin, In: Basic histology (Junqueira et al., ed.). pp. 357 369, Appleton & Lange, 1992.
- Kollar EJ: The induction of hair follicles by embryonic dermal papillae. *J Invest Dermatol* 55 : 374 378, 1970.
- Lurie R, Danziger Y, Kaplan Y, Sulkes J, Abramson E, Mironi M: Acquired pili torti a structural hair shaft defect in anorexia nervosa. *Cutis* 57 : 151 156, 1996.
- Mallon E, Dawber RPR, Berker DD, Ferguson DJP: Cheveux incoiffables diagnostic, clinical and hair microscopic finding, and pathogenic studies. *Br J Dermatol* 131 : 608 614,

1994.

- Mulinari Brenner F, Bergfeld WF: Hair loss. An overview, *Dermatol Nursing* 13 : 269-276, 2001.
- Olsen EA: Disorders of hair growth (1st ed). pp. 21-38, New York, McGraw Hill, 1994.
- Peereboom Wynia JD, Koerton HK, Van Joost TH, Stolz E: Scanning electron microscopy comparing exclamation mark hairs in alopecia areata with normal fibers, mechanical broken by traction. *Clin Exp Dermatol* 14 : 47-50, 1989.
- Stamm RF, Garcia ML, Fuchs JJ: The optical properties of human hair. I. Fundamental considerations and goniophotometric curves. *J Soc Cosmet Chem* 82 : 571, 1977.
- Wall RA, Hunter LD: Normal adult hair structure and properties. *Cosmet Perf* 89 : 31-6, 1974.
- Whiting DA: Structural abnormalities of the hair shaft. *J Am Acad Dermatol* 16 : 1-23, 1987.
- Winkins JB, Moore RJ: Harriss' cosmeticology. Chemical Publish Co., pp. 308-426, New York, 1982.

**< 국문초록 >**

모발의 관리와 미용을 위해 일상생활에서 40~70°C의 온도로 가해진 열에 의해 손상된 모발의 외부형태와 미세구조를 주사전자현미경과 투과전자현미경으로 관찰하였다. 우리가 일상생활에서 오랜 기간 동안 헤어드라이기를 사용하였을 때 모발에는 다음과 같은 형태적 변화가 일어나서 손상되는 것을 확인하였다. 첫째, 소피층을 이루고 있는 비늘이 들떠지는데 이것은 소피세포의 세포사이 막복합체가 분리가 되면서 일어났다. 이어서 모발의 소피층은 떨어져 나가고 피질이 노출되었다. 이차적으로 피질의 각화세포들은 microfibril 사이가 좁아지면서 공기 중에 노출되었고 이들 사이에 멜라닌과립들이 산재되어 있었다. 결과적으로 건조한 고열의 바람은 모발의 수분을 제거시키고 모발을 딱딱하게 만들어 탄력성을 상실시키는 것을 확인하였다. 결국, 손상된 모발은 거칠고 불규칙한 표면을 나타내며 광택을 상실하게 되는 것을 확인하였다.