

## 퍼머넨트 웨이브의 반복시술에 의한 모발의 형태학적 변화

김금의, 이귀영<sup>1</sup>, 김동희<sup>2</sup>, 함주현<sup>3</sup>, 이재천<sup>4</sup>, 장병수\*

한서대학교 피부미용학과, <sup>1</sup>극동정보대학 뷰티코디네이션학과  
<sup>2</sup>연세대학교 원주의과대학 환경의생물학교실, <sup>3</sup>한서대학교 건강관리학과  
<sup>4</sup>중부대학교 피부미용학과

## Morphological Changes of Hair by Repeated Treatments of Permanent Wave

Keum Eui Kim, Gui Young Lee<sup>1</sup>, Dong Heui Kim<sup>2</sup>, Joo Hyun Ham<sup>3</sup>,  
Jae Cheon Lee<sup>4</sup> and Byung Soo Chang\*

Departments of Cosmetology and <sup>3</sup>Health Management, Hanseo University,  
Seosan, Chungnam 356-706, Korea

<sup>1</sup>Department of Beauty Coordination, Keukdong College

<sup>2</sup>Department of Environmental Medical Biology, Wonju College of Medicine, Yonsei University

<sup>4</sup>Department of Cosmetology, Joongbu University

(Received June 4, 2009; Accepted June 24, 2009)

### ABSTRACT

In this study, we observed the effects of repeated perms on the morphology of virgin hair of a healthy thirteen year-old girl with scanning electron microscopy. After the first treatment, the outer parts of cuticle cell were broken unevenly and roughly. Cuticle cells were lifted upward making a space. After the third treatment, cuticle cells were lifted off one another and the folded scales showed irregular surface areas. Broken pieces of cells were stuck on the surface and an empty hole was present in the endocuticle of the cytoplasm. We observed that cortex separated from cuticle layer more easily with repeated treatments.

**Keywords** : Hair, Permanent wave, Cuticle layer, Cortex, Scanning electron microscopy

### 서 론

모발은 인간의 두피를 보호하며 체온을 유지하는 역할을 한다. 또한, 과거에는 머리 모양에 따라 신분을 구분하였으며, 현대에 이르러서는 다양한 방법으로 자신의 아름다움을 드러내는 하나의 매개체로 표현되고 있다.

이와 같이 인간의 모발은 보호의 기능과 자신을 표현하는

장식적 기능을 갖고 있다. 현대에는 모발이 보호의 기능보다 장식적인 의미가 더 많이 요구되어 인간의 개성미를 한층 돋보이게 하는 헤어스타일이 다양해졌으며 이로 인한 물리적 화학적인 손상이 불가피하게 나타나고 있다. 또한, 헤어스타일에 따라 시술 방법이 매우 다양하여 모발의 손상도 광범위하게 일어난다.

최근에 매우 다양한 물리화학적 시술인 퍼머넨트 웨이브(permanent wave), 핀컬펌(pin curl perm), 스트레이트펌(stra-

\* Correspondence should be addressed to Dr. Byung Soo Chang, Department of Cosmetology, Hanseo University, Seosan, Chungnam 356-706, Korea. Ph.: (041) 660-1584, Fax: (041) 660-1590, E-mail: bschang@hanseo.ac.kr

ight perm) 및 아이롱펌(iron perm) 및 산성칼라(acid coloring) 등으로 인하여 아름답고 건강한 모발이 점점 사라지고 있는 것이 현실이다.

퍼머먼트 웨이브의 기원은 3000년 전 고대 이집트 사람들이 나일강 유역에서 진흙을 발라서 모발을 나무 봉에 감은 다음에 태양에 말려 웨이브를 고정한 것이 퍼머먼트 웨이브의 시초이다. 그리스, 로마시대는 불로 태운 철 막대기로 웨이브를 형성하였으며, 1875년 프랑스의 마셀(Marcel)이 아이롱(Iron)을 이용하여 웨이브를 만들었다(Zviak & Sabbagh, 2005).

그 후 1905년경 영국 런던에서 찰스 네슬러(Charles Nessler)가 붕사 등의 알카리제(alkaline)가 모발에 웨이브를 유지하고 지속시켜 준다는 것을 발견하였다. 1941년에 미국인 맥도업(McDough) 등이 치오글리콜산을 주원료로 한 콜드웨이브 용액을 제조하여, 1947년에 미국의 식품의약품안전청에 인증을 받았다(Robbins, 2002).

퍼머먼트 웨이브는 자연 상태의 모발에 물리적, 화학적인 방법을 가하여 모발의 구조나 형태를 변화시켜 웨이브 상태를 형성시키는 것으로 연속적인 파도와 같은 움직임을 형성하게 한다.

웨이브 형태를 만들어 내는 와인딩 방법으로는 크로키놀식 와인딩(croquignole winding) 방법과 스파이럴 와인딩(spiral winding) 방법의 두 종류가 있다. 크로키놀식 와인딩은 모발의 끝 부분에서 말아 올라가는 방법으로 가장 많이 사용되며, 모발의 기부 부분에 풍성함을 나타나게 해준다. 스파이럴 와인딩 방법으로는 모발을 하나로 모아서 세로로 와인딩하는 방법이다. 이와 같은 방법은 일반적으로 긴 모발에 사용되고, 웨이브 흐름이 일정한 간격을 유지한다.

웨이브를 형성하는 펴제는 1제와 2제로 구분된다. 1제는 알카리제로서 환원제인 치오글리콜산(thioglycolic acid)과 시스테인(cysteine)의 두 종류가 있다. 이 두 종류의 성분들은 모발에 작용하여 시스틴(cystine) 결합을 환원시켜 절단하는 작용을 한다(Palladino, 2003).

펌1제 성분에 함유된 알카리제의 주성분인 암모니아(ammonium)는 단단한 큐티클층(cuticle layer)의 침투가 잘 되도록 하는 역할을 하며, pH는 9.2~9.6이다. 알카리제는 큐티클층이 팽화되어 치오글리콜산이나 시스테인이 쉽게 침투할 수 있도록 도와주는 역할을 한다(Borish, 1997; Bolduc & Shapiro, 2001; Halal, 2002; Palladino, 2003).

1제를 모발에 침투시키면 치오글리콜산의 환원작용에 따라 시스틴 결합이 절단된다. 즉, 치오글리콜산은 디치오글리콜산(dithioglycolic acid)으로 전환된다. 그리하여, 모발이 로드(rod)의 크기로 웨이브가 형성되며, 디치오글리콜산에 2제인 브롬산나트륨( $\text{NaBrO}_3$ )을 도포하면 로드의 크기로 형성된 웨이브가 정지하고, 웨이브를 유지시켜 준다.

1제 성분인 치오글리콜산은 알카리에 의해 강한 환원력

이 있다. 치오글리콜산은 짧은 시간에 모발에 침투력이 빠르며, 모발에 탄력 있는 웨이브를 형성시키고, 건강한 모발에 강한 웨이브를 지속 유지시키기에 적당하다.

치오글리콜산의 단점은 손상된 모발이나 과도한 시간 동안 방치하였을 경우 모발이 강한 알카리에 의해 팽윤되어 웨이브 형성 후 본래의 웨이브 형태로 돌아오지 않으며 표면이 주름이 잡히고 탄력이 없이 웨이브가 처지게 된다.

또 다른 1제의 성분인 시스테인은 황(sulfur) 함유량이 많은 아미노산으로 모발의 손상을 감소시키고 부드러운 웨이브를 형성시키며 치오글리콜산보다 환원력이 약하여 쉽게 산화된다. 시스테인을 사용 시 황 분자가 열에 의해 손상이 진행되기 때문에 열을 가하지 않는다.

펌은 모발을 로드로 와인딩하고, 열처리와 자연방치 순서로 진행하는데, 자연방치 시간의 차이는 모발의 상태와 굵기, 건강도, 손상도, 온도 및 펴제제의 성분 차이에 따라 다르다.

산화제의 작용은 2개의 설피드릴기(-SH)로부터 물( $\text{H}_2\text{O}$ ) 분자가 떨어져 나가면 다시 이황화결합을 하게 된다. 이황화결합의 절단과 재결합은 브롬산나트륨( $\text{NaBrO}_3$ )에 의해서 일어난다.

본 연구의 목적은 반복적인 펴에 의해서 단계적으로 손상된 모발의 구조를 주사전자현미경으로 관찰하여 모발의 손상 과정을 미세구조적으로 규명하였으며, 모발이 손상되는 과정에서 큐티클층과 피질의 형태적 변화 양상을 확인하였다.

이와 같은 결과를 토대로 향후 펴 기술에 의한 모발 손상을 극소화시킬 수 있는 제품의 개발에 기초 연구 자료로 제공하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

#### 1) 모발 시료 채취

실험에 사용된 모발은 화학적인 시술을 받지 않은 13세 여성의 건강한 모발로서 물리적인 손상이 가장 적은 후두부의 모발을 두피 3cm에서부터 10cm 길이로 채취하여 모발의 상단을 가지런히 고정시킨 후 사용하였다.

#### 2) 펴 시약

모발의 환원제는 치오글리콜산과 7% 시스테인을 사용하였고 산화제는 브롬산나트륨을 사용하였다. 실험에 사용된 제제는 국내 제약회사 중 장기간 다량 판매 유통되고 있는 A사의 제품을 선정하였다

#### 3) 펴 시약의 처리

채취한 모발은 1제인 환원제 치오글리콜산을 사용하여

로드(rod) 6호로 와인딩하고 2번 도포한 다음 비닐 캡을 씌었다. 이어서 50°C 온도에 10분 열처리하였으며, 30분 자연 방치 (processing time)한 다음, 웨이브를 확인 후, 3분 동안 중간세척을 하고, 2제인 브롬산나트륨으로 도포하여 14분 동안 자연 방치하였다. 그리고 로드를 풀은 후 흐르는 물에 세척하고, 수분을 제거하여 물리적인 손상도를 최소화 하였다. 이와 같은 과정을 2차, 3차 반복 시술한 다음 모발 시료를 채취하였다.

## 2. 실험방법

### 1) 주사전자현미경 (Scanning electron microscope) 관찰

펌의 반복적인 시술에 따른 모발표면의 형태적 변화를 관찰하기 위하여 각각의 시료 모발을 적당한 길이로 자른 다음 비이커에 넣고 알코올을 채워 넣은 후 초음파세척기 (ultrasonic cleaner, Branson 2510)로 10분간 세척하여 표면의 잔존물을 제거하였다.

표면의 잔존물이 모두 제거된 모발을 2.5% paraformaldehyde-glutaraldehyde (4°C, phosphate buffer, pH 7.4)에서 전고정하였다. 이때 인산완충용액 (4°C, 0.4 M phosphate buffer, pH 7.4)으로 수회 수세한 다음, 1% OsO<sub>4</sub> (4°C, phosphate buffer)로 1시간 동안 후고정하였다.

고정이 끝난 재료는 동일 완충 용액으로 수세한 후, 알코올 농도 상승 순으로 탈수하여 isoamyl acetate로 치환하였으며 처리된 재료는 임계점 건조기 (critical point dryer)에서 완전 건조시킨 후 Carbon과 Copper tape로 처리된 Stub 위에 나란히 배열하여 부착하였다. 이어서 이온침착기 (IB-5 ion coater, Eiko)를 사용하여 20 nm 두께로 백금 도금 (platinum coating)한 다음 주사전자현미경 (S-4700, Hitachi, Japan)으로 15 kV에서 관찰하였다.

## 결 과

펌1차 시술한 모발을 가로 절단해서 toluidine blue로 단순 염색 (simple stain)하여 광학현미경으로 관찰한 결과, 큐티클층 (cuticle layer)과 피질 (cotex) 및 수질 (medella)이 뚜렷하게 관찰되었고 모발의 단면은 난원형의 형태를 하고 있었다. 또한, 큐티클층은 일부 일부 큐티클세포들이 분리되어 떨어져 있는 상태로 관찰되었다 (Fig. 1).

주사현미경상에서 펌1차 시술한 모발 표면은 정상 모발보다 거칠게 나타났으며 큐티클 세포의 일부가 들떠 있거나 일부는 공포가 크게 형성되어 있는 상태로 관찰되었다 (Fig. 2). 모발 큐티클층 표면은 돌출되어 있었고 노출되어 비늘 (scale)을 이루고 있는 세포들의 간격이 불규칙하게 나타났다 (Fig. 3).

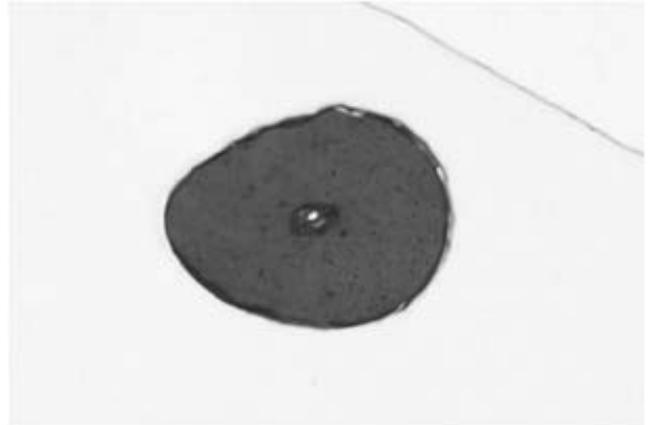


Fig. 1. Light micrograph of a once hair treated with permanent wave cross section shows oval shape.

고배율의 주사전자현미경상에서 모발 표면의 결을 형성하고 있는 큐티클세포들은 균열현상과 함께 말단부위가 뾰족하거나 각이진 상태로 매우 불규칙하게 손상되어 있었다 (Fig. 4).

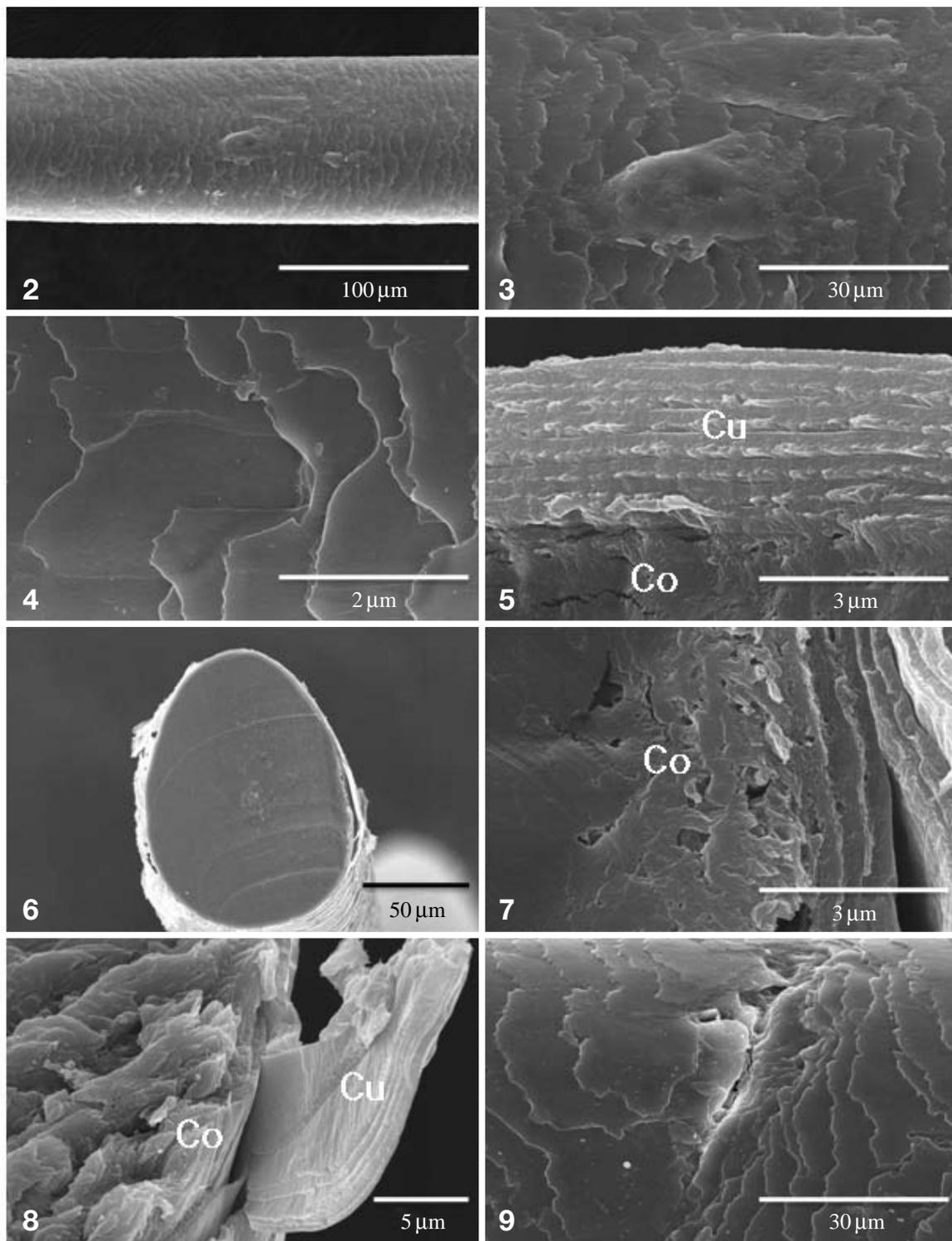
펌1차 시술한 모발을 가로로 절단한 주사전자현미경상에서 큐티클층은 9층의 큐티클세포들로 구성되어 있었으며 세포들이 납작하게 신장되어 피질을 둘러싸고 있었고, 큐티클층은 밀집도가 단단하며 균일한 형태를 보여주고 있었다. 그러나 큐티클층의 일부 큐티클세포사이는 분리되어 틈을 형성하고 있었다 (Fig. 5).

펌3차 시술한 모발을 가로 절단한 주사현미경상에서 모발 단면은 난원형으로 관찰되었고 모발의 중심부에 수질이 뚜렷하게 관찰되었다. 그리고 큐티클층과 피질의 일부가 분리되는 현상이 확인되었고 큐티클층의 일부 큐티클세포들은 서로 분리되어 들떠서 떨어져 있는 상태로 나타났다 (Fig. 6).

고배율의 주사전자현미경상에서 모발은 큐티클층과 피질이 뚜렷하게 분리되어 있는 것을 확인할 수 있었다. 큐티클층이 세겘 또는 네겘으로 조각이 나 있었는데 피질은 큐티클층과 접하는 부분일수록 들떠 있는 현상이 잘 관찰되었다 (Fig. 7).

펌3차 시술한 모발은 인위적으로 가로 절단한 조직상에서 큐티클층이 부서지는 현상이 관찰되었고 큐티클층이 분리될 때 큐티클 세포의 일부가 찢어져 탈락되었고 큐티클층의 안쪽부위는 피질과 완전히 분리된 것을 확인할 수 있었다 (Fig. 8).

또한, 큐티클층 사이는 손상되어 큐티클세포들이 떨어져 나갔고 이들 부위는 뾰족하게 각이진 상태로 나타났다 (Fig. 9). 그리고 모발의 일부 큐티클층은 일직선상으로 갈라져 있었고 세포층이 얇아지면서 유연해지는 현상을 확인할 수 있었다 (Fig. 9).



**Fig. 2.** Scanning electron micrograph of a hair shaft treated with permanent wave one time.

**Fig. 3.** Magnification scanning electron micrograph of figure 2. The surface of hair shows swelling of cuticular cells.

**Fig. 4.** Magnification scanning electron micrograph of figure 2. The scale are deeply fissured.

**Fig. 5.** Scanning electron micrograph of a cross sectioned hair shaft treated with permanent wave. Co: cortex, Cu: cuticle layer.

**Fig. 6.** Scanning electron micrograph of a cross section of hair shaft treated with permanent wave three times.

**Fig. 7.** Magnification scanning electron micrograph of figure 6. The cuticle layer are dissociated between cuticular cells. Co: cortex.

**Fig. 8.** High magnification scanning electron micrograph of a figure 7. The hair shaft are deeply fissured and cuticles were broken into fragments. Co: cortex, Cu: cuticle layer.

**Fig. 9.** The surface of hair shows exfoliated scale. The hair shaft was deeply fissured and cuticles were broken into fragments.

## 고 찰

모발은 미적인 아름다움을 추구하는 장식의 역할을 하면서 다양한 화학제품에 노출될 수 있는 기회가 많아짐에 따라 손상을 더욱 가속화시킨다. 이와 같이 환경에 모발이 지속적으로 노출됨으로써 나타나는 물리화학적 구조 변화를 풍화라고 한다(Hong et al., 2000; Chang, 2003; Chang et al., 2005; Chang & Lee, 2006; Chang et al., 2006; Rho, 2009).

모발의 풍화과정은 모발 케라틴 단백질의 분해와 모발의 신축성 및 강도의 상실을 초래한다. 모발이 풍화되면 결국 모발은 건조해지고, 강도가 감소되며, 표면이 거칠어지고, 색상이 퇴색되면서 쉽게 부서지게 된다.

본 연구에서 펴를 반복적으로 시술하였을 때 펴의 횟수가 증가할수록 모발의 큐티클층과 피질 부분이 손상되었다. 이와 같은 결과는 알카리제의 화학성분이 모발 내부로 침투해 들어가면서 모발 표면을 팽윤시키고 연화시키는 과정에서 나타나게 된다.

펴제에서 알카리의 pH는 모발을 팽윤과 연화를 시켜서 큐티클 단백질 분자를 유연하게 하여 펴제가 용이하게 피질 내부로 침투할 수 있도록 도와준다. 높은 pH는 모발을 더 많이 팽윤시키고 큐티클층을 유연하게 하여 쉽게 모발의 웨이브를 형성할 수 있도록 한다. 펴제의 pH 13 이상이 되면 모발이 손상되어 녹아내리게 된다. 알카리의 높은 pH는 모발의 형태적인 변화를 일으키게 된다.

일반적으로 큐티클의 역할은 화학적 물리적 작용에 대한 모발섬유의 보호 장벽으로 작용한다. 큐티클세포는 표면큐티클(epicuticle), A층(A layer), 외큐티클(exocuticle) 및 내큐티클(endocuticle)로 구성되어 있다(Lee & Chang, 2008b).

본 연구에서 모발의 큐티클 세포는 전자현미경상에서 외큐티클과 내큐티클로 뚜렷하게 구분하여 나타났다.

외큐티클은 시스테인을 포함하는 고농도의 단백질로 구성되어 있고, 이와 같은 황 함유 단백질은 물리적인 강도나 저항에 강하여 모발이 풍화되는 것을 방지하는 역할을 한다. 시스테인 함유량이 낮은 내큐티클은 손상이 많이 일어나서 세포질에 많은 구멍(hole)을 형성하여 쉽게 부서지고 파괴되는 현상이 나타난다.

본 연구에서 펴 시술한 모발은 알카리제에 의해 큐티클층의 팽윤이 일어나서 큐티클세포 표면과 가장자리 세포질에 많은 구멍이 관찰되었고 특히, 세포막 사이 복합체(intercellular membrane complex)와 접한 내큐티클층에 크고 작은 공포가 많이 형성된 것이 관찰 되었다.

비교적 시스테인 함유량이 높은 외큐티클의 경우에는 눈에 띄는 표면 손상은 비교적 적어 보이나 시스테인 함유량이 낮아 부드러운 내큐티클의 경우에는 손상이 많이 일어나 세포질이 조각나서 떨어지거나 찢어진 상태로 나타난다. 즉,

펴와 헤어 칼라와 같은 시술에 사용되는 화학제품은 큐티클세포 사이에 있는 세포막 사이 복합체를 통과하여 피질 내부로 침투해 들어가는데, 이때 세포막 사이 복합체의 유기 분자들이 용해되고, 모발에 가해지는 화학물질의 종류에 관계없이 일단 화학적 변화가 야기된 모발은 건강모발보다 더 심하게 큐티클세포들이 분리된다(Lee & Chang, 2008a, b; Rho et al., 2009).

본 실험에서 펴를 한 모발의 큐티클층이 쉽게 파괴되어 부서지고 부풀어 오르는 것을 확인할 수 있었는데, 큐티클층의 밀도나 황 함유 단백질의 분포 등에 의해서 기인되는 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

- Bolduc C, Shapiro J: Hair care products (waving, straightening, conditioning, and coloring). *Clinic Dermatol* 19 : 431-436, 2001.
- Borish ET: Hair waving. In: Johanson DH, ed, *Hair and Hair Care*, pp. 167- 190, Marcel Dekker Inc, New York, 1997.
- Chang BS: Fine structure of damaged hair shaft by daily treatment of heat for a beautiful face. *Korean J Electron Microscopy* 33 : 215-222, 2003. (Korean)
- Chang BS, Hong WS, Lee GY, Yeo SM, Bang IS, Lim DS, Mun GH, Kim J, Park SO, Shin DH: Ultramicroscopic observations on morphological changes in hair during 25 years of weathering. *Forensic Sci Int* 151 : 193-200, 2005.
- Chang BS, Lee GY: Ultrastructural changes of hair treated with bleaching agent. *Korean J Electron Microscopy* 36 : 25-33, 2006. (Korean)
- Chang BS, Na SK, Lee GY: Study on the physicochemical change of human hair shaft following radiation with ultraviolet. *Korean J Electron Microscopy* 36 : 109-118, 2006. (Korean)
- 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)
- Halal J: Permanent Waving, In: *Hair structure and chemistry simplified*, Milady. New York, pp. 181-195, 2002.
- Lee GY, Chang BS: Study on the tensile strength of bleached hair. *Korean J Microscopy* 38 : 251-257, 2008a. (Korean)
- Lee GY, Chang BS: Study on the tensile strength of oxidative permanent dyed hair. *Korean J Microscopy* 38 : 339-345, 2008b. (Korean)
- Palladino L: *Hair dressing, the foundations, the official guide to level 2*. Tomson, London, UK, pp. 116-164, 2003.
- Roh JA, Chang BS, Choi TB: Study on the morphological change of straight permanent waved hair by tensile strength test. *Korean J Microscopy* 39 : 49-56, 2009. (Korean)
- Robbins CR: *Chemical and physical behavior of human hair*. Springer-Verlag, New York, pp. 138-146, 2002.

Zviak C, Sabbagh A: Permanent waving and hair straightening. In: Bouillon C, Wilkinson J, eds, *The Science of Hair Care*, pp. 201-228, Taylor & Francis, New York, 2005.

#### < 국문 초록 >

본 연구는 펨 염색을 한 번도 경험하지 않은 13세의 건강한 여성의 모발에 펨을 반복 시술하여 모발 표면의 형태적 변화를 주사전자현미경을 사용하여 관찰하였다.

펨1차 시술한 모발 표면은 큐티클 세포의 끝 부분들이 불규칙하게 쪼개져 나갔으며, 비늘의 가장자리 끝부분이 거칠은 상태로 관찰되었다. 그리고 큐티클세포들이 분리되고 공간이 형성되면서 표면 쪽으로 부풀어 오른 것을 확인하였다.

펨3차 시술한 모발의 경우에는 모발 표면에서 큐티클 세포와 세포 사이가 들떠서 분리되어 있고 중첩된 큐티클층 표면에 중첩된 비늘은 표면적이 불규칙하게 나타났다. 표면에 부서진 큐티클 세포의 세포질 일부가 부착되어 있으며 세포질 내의 내큐티클에는 공포가 형성되어 있었다. 펨의 횡수가 증가할수록 큐티클층과 피질의 분리가 쉽게 일어나는 것을 확인하였다.