

조선시대 태아 미라 두피조직의 보존상태 분석

장 병 수*

한서대학교 보건학부 피부미용학과

Analysis on the Preservation of Scalp Collected from Full-Term Baby Mummy of Medieval Joseon Dynasty

Byung Soo Chang*

Department of Cosmetology, Hanseo University, Seosan, Chungnam 356-706, Korea
(Received May 26, 2008; Accepted June 20, 2008)

ABSTRACT

In this study, I investigated on the ultrastructure of scalp skin from full term baby mummy by using transmission and scanning electron microscopy. The baby mummy was found within the uterus of a 16th century (Joseon Dynasty) mummified woman aged 20~30 years old. In scanning electron microscopic study, I found that the outer surface of scalp skin containing of sweat gland and stratum corneum are well preserved. The skin of the scalp measured about 1 mm in thickness and the epidermis was well distinguished from the dermis. In transmission electron microscopy, the shape and structure of the epithelial cells were not confirmed. I also observed well preserved collagen fibers composed of collagen fibrils with cross banding pattern ultrastructurally. But, the other connective cells were not observed due to decomposition of the dermis.

Keywords : Mummy, Scalp, Epidermis, Electron microscopy, Collagen fiber

서 론

조선시대(1392~1910)의 무덤에서 발견된 미라(mummy)들에 관한 연구가 2000년대 초반부터 진행되어 오고 있다. 일반적으로 남한지역에서 발견된 미라는 복식 등 매장품의 조사와 미라의 생존 시 신분 상태에 관하여 조사된 다음 문중에 의해서 이장되거나 화장철차를 밟아 왔다.

이와 같은 미라 발견은 생존당시의 사회상과 사인에 대하여 관심의 대상이 되어 왔으며, 미라의 생성원인과 미라 신체 조직이 어느 정도 보존되어 있는 지에 관하여는 관심의 대상이 아니었다.

그러나 2001년 11월에 발견된 해평윤씨 어린이 미라는 고고학자들과 임상의학자들에 의해서 그 당시 복식과 사망연대 추정 및 사망원인에 대한 임상적 연구가 진행되었고(Suk Joo-Sun memorial museum, 2002), 이 미라의 일부 조직학적 연구와 방사선학적 연구로 국내에서 발견되는 미라에 대한 연구가 국제 학회에 처음 보고되었다(Shin et al., 2003a, b). 최근에 이 어린이 미라를 대상으로 미라 내부기관의 내시경적 검사에 대한 보고가 있었다(Kim et al., 2006). 그러나 이 미라에 대한 장기 조직의 보존 상태나 보존 원인 등에 대한 체계적인 연구는 미흡하여 더욱더 연구를 진행해야 할 과제로 남아 있다.

또한, 2002년 경기도 파주에서 발견된 파평윤씨 모자 미

이 논문은 2007년도 한서대학교 교비 학술연구 지원 사업에 의해서 연구되었음.

* 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

라는 생존당시의 매장문화와 미라의 사인에 대한 임상적 소견, 출토당시의 토양 및 목재관의 특성, 출토복식, 고병리학적 특징 등에 관한 연구가 보고되었다(Korea university museum, 2003). 이어서, 모자 미라의 여성과 태아의 모발에 대한 구조 분석과 모발에 침착된 물질에 관한 연구가 진행되었다(Lee & Chang, 2005; Chang et al., 2008).

이후 2005년 대전에서 발견된 600년 전 조선시대 무관을 지낸 은진송씨 “학봉장군”이라는 문중에서 영구보존 전시를 위하여 시신훼손을 원치 않았기 때문에 방송매체를 통한 임상적인 발표만 있어 왔을 뿐, 그때 당시 일부 채취한 등쪽 피부 조직(Chang et al., 2006b) 및 모발조직에 대한 연구(Chang et al., 2006a) 이외에 다른 장기 조직에 대한 연구는 더 이상의 진척되지 않았다.

이와 같이 미라에 대한 체계적인 연구가 부진한 것은 발견당시의 방송매체를 통한 일과성의 사회적 관심만 불러 일으켜 왔으며, 육안적으로 미라 신체가 훼손되지 않고 얼마나 잘 보존되었는지에만 초점이 맞추어져 왔지, 미라의 생성원인과 신체 조직이 정상조직과 비교하여 어느 정도 분해 또는 부패되었는지에 대해서는 관심의 대상이 아니었다.

본 연구는 2002년 9월에 경기도 파주에서 발견된 파평윤씨 모자 미라의 자궁내에 존재하고 있는 태아 두피의 미세구조적인 특성을 주사 및 투과전자현미경으로 분석하여 두피 조직의 보존 상태를 규명하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 연구에서 사용된 태아 미라의 두피는 출산 중 자궁과 열에 의한 과다출혈성 속(hypovolemic shock)으로 사망한 것(Hwang & Kim, 2003)으로 보이는 미라 여성의 질구(vaginal orifice)에서 채취하여 실험재료로 사용하였다.

2. 실험방법

1) 주사전자현미경 관찰

태아미라의 두피를 채취 후 전혀 전처리 과정을 거치지 않은 시료와 채취 후 초음파세척기로 세척한 시료를 실험재료로 사용하였다. 각각의 재료는 전고정과 후고정 및 탈수과정을 거치지 않고 임계점건조기(critical point dryer, Hitachi HCP-II)에서 건조시킨 후, IB-5 ion coater(Eiko)를 사용하여 20 nm 두께로 금 도금(gold coating)한 다음 S-4700(Hitachi) 주사전자현미경으로 20 kV에서 관찰하였다.

2) 투과전자현미경 관찰

태아미라 두피를 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% OsO₄(4°C, phosphate buffer)로 1시간 후고정하였다.

고정이 끝난 재료는 동일 완충용액으로 2회 씩 세척한 후, ethanol 농도 상승순으로 탈수하고, propylene oxide로 치환하여 Epon-Araldite 혼합액에 포매한 다음, 60°C vacuum drying oven(Yamato, Japan)에서 36시간 동안 중합반응 시켰다. 포매된 조직은 초박절편기(ultramicrotome, LKB-2088)로 준초박절편(semi-thin section)을 제작한 다음, 1% toluidine blue(1% borax)로 hot plate(60°C) 상에서 2분간 염색하였다. 염색이 끝난 절편을 증류수로 충분히 세척한 다음, 광학현미경(Olympus CH30)으로 저배율에서 고배율까지 관찰하였다. 이어서 조직의 미세구조를 관찰하기 위해 초박절편(ultra-thin section)을 제작하여 copper grid에 부착시킨 다음, uranyl acetate와 lead citrate로 이중 염색하여 H-7500(Hitachi) 투과전자현미경으로 100 kV에서 관찰하였다.

결 과

태아두피 표면은 많은 양의 미세한 판상의 결정형 물질(crystal like substance)로 피복되어 있었다. 두피에 피복된 이들 무기물질을 초음파세척기로 세척한 후 주사전자현미경상에서 관찰하였다. 두피표면은 부패되거나 분해된 부위 없이 완벽한 상태로 존재하였고 모발도 손상된 부위 없이 원형 그대로 관찰되었다. 두피 모발은 두피 표면에 밀착되어 있거나 약간 경사진 상태로 보존되어 있었으며 땀구멍과 모발이 빠지고 난 모공이 뚜렷하게 관찰되었다(Fig. 1).

태아두피를 고배율로 확대한 주사전자현미경상에서 두피 표면에는 각질세포(keratinized cell)가 부착되어 있는 것이 확인되었으며(Fig. 2), 모발이 빠져서 나타나는 모공들이 다수 관찰되었는데 모공은 직경이 약 30 μm 정도로 측정되었다. 이들 모공 주위의 두피표면에는 각질세포의 세포골격들에 의해서 형성된 굴곡들이 잘 나타났다(Fig. 3). 또한, 땀샘의 표면에 노출된 땀구멍이 완벽한 상태로 존재하고 있었는데 땀구멍의 직경은 약 15 μm의 타원형이거나 약 10 μm의 방추형의 형태로 관찰되었다(Fig. 4).

태아 두피의 횡단면을 주사전자현미경으로 관찰한 결과 두피의 두께는 직경이 약 1 mm로 측정되었다. 또한, 표피와 진피 및 피하조직이 뚜렷하게 구분되었다. 표피는 최외곽층인 각질층만 관찰되었고 다른 표피층은 확인할 수 없었다. 표피아래 진피층은 섬유들에 의해서 치밀하게 배열되어 있었으나 두께가 일정하게 나타나지 않았다. 피하조직은 지방층이 비누화(saponification) 되어 조직의 구조를 확인할 수 없었다(Fig. 5).

주사전자현미경상에서 진피는 교원섬유가 고르게 배열되어 있었고 투과전자현미경상에서 교원원섬유에서 가로 띠(cross band)가 존재하고 있는 것을 확인하였으며 교원원섬유 사이에는 작은 간극과 공간들이 존재하고 있었다(Fig. 7).

또한, 진피와 피하조직에서 세포의 형태를 유지하고 있는 세포구조물은 확인되지 않았다. 이 부위에서 결합조직세포들은 관찰되지 않았고 세포가 분해되어 압화된 세포잔유물들이 덩어리를 형성하고 있었으며 이들 사이에 Clostridium 속의 속하는 것으로 추정되는 부패세균의 포자들이 산재되어 있었다. 세균의 포자는 절단면에 따라 단면이 $0.5 \sim 1 \mu\text{m}$ 로 나타났다(Fig. 8).

피하조직의 주사전자현미경상에서 구형 또는 타원형의 구조물들이 관찰되었다. 이 구조물들은 내부가 비어 있는 상태로 표면이 매끄럽거나 작은 결정상 물질들이 부착된 거칠은 모양을 하고 있었다(Fig. 9).

고 찰

파평윤씨 모자미라의 사망원인은 부검 및 조직검사서 출산 중 과다출혈로 인하여 사망한 것으로 자궁의 우측부위에서 별모양의 파열과 광범위한 출혈 소견이 관찰되었고 태아의 머리는 산도에 진입되기 직전으로 보고되었다(Hwang & Kim, 2003).

자궁에서 태아의 표피가 완전하게 분화되는데 약 6개월이 걸리며 한 개의 세포가 표피층 세포로 분화하기까지 약 14일이 걸린다. 자궁에서 세포의 분화는 수용성상태에서 일어나는데 이것은 표피의 발생과정 중 태아표피(periderm)를 형성하는 시기의 특성이다. 태아표피는 2~6개월 된 태아표피의 최외곽층으로서 각질화가 일어나기 전 고유표피(epidermis proper)를 덮고 있는데 표피의 상피를 보호하고 태아와 양수 사이에 물질교환 능력을 가지고 있다. 이들 세포 표면에 돌출된 돌기(bleb)들은 양수에 노출된 표피 표면에 현저히 많이 존재한다. 표피가 완전히 각질화가 되면 태아표피는 양수로 탈락되고 일부 탈락된 세포는 피지성 지질과 다른 세포성 잔유물과 함께 모아져서 태지(vermix caseosa)의 일부분이 된다(Holbrook, 1979).

본 연구의 태아 미라 두피에서 태아표피 세포의 구조물이나 두피에 피복된 태지 성분은 확인할 수 없었다. 그러나 태아미라 두피를 적출한 다음 세척하지 않고 채취한 그대로 주사전자현미경으로 관찰한 결과 두피 표면에는 얇은 판상의 결정상 무기물질들이 피복되어 있었으며, 이들 물질은 모발의 표면에도 피복되어 있었다(Chang, 2008).

본 연구에 사용된 태아미라를 임신한 여성미라 두피 모발에 관한 연구에서도 미라 피부 표면과 모발은 많은 판상의 물질로 둘러싸여 있었고 이들 물질은 칼슘(Ca)과 칼륨

(K)이 주요성분인 것으로 보고되었다(Lee & Chang, 2005).

본 연구에서 태아 두피는 완전히 각질화된 표피를 가지고 있었다. 표피 표면에는 각화세포가 그대로 존재하고 있었으나 일부 표피에서 각질층의 세포들은 탈락되어 관찰되었다. 각화세포가 탈락된 자리의 표피에는 이들 탈락세포에 눌러서 형성된 세포의 자국이 그대로 존재하고 있었다. 즉, 탈락된 세포의 세포골격 등에 의해서 형성된 자국들이 하방의 세포표면에 그대로 나타났다.

투과전자현미경상에서 세포의 원형을 유지하고 있는 표피의 상피세포들은 전혀 관찰되지 않았으며 세포들은 분해되어 전자밀도가 높은 압화된 물질들로 관찰되었다.

Chang et al. (2006b)은 2003년 대전에서 발견된 “학봉장군” 미라의 피부에 관한 연구에서 표피의 각화세포는 원형 그대로 잘 보존되어 있으며 유두진피의 교원섬유들이 평행하게 배열되어 있고 이들 교원원섬유는 콜라겐 분자들의 증첩에 의해서 형성된 띠(banding pattern)가 잘 관찰되었다고 보고하였다. 또한 독일북부의 늑지대에서 발견된 2000년 된 미라의 피부에서 교원섬유는 풍부하게 존재하고 있으나 어떠한 세포의 성분도 관찰되지 않았다고 보고되었다(Stucker et al., 2001).

태아의 진피는 배아기(embryogenic period)에서 태아기(fetal period)까지 점진적으로 섬유로 채워지고 세포성분은 줄어들게 된다. 진피의 두께는 출생한 다음 까지 두꺼워진다. 태아 4개월과 5개월 사이에 진피의 구조에 주요변화가 일어나게 되는데 섬유다발은 유두진피와 망상진피로 각각 다르게 형성되고 콜라겐원섬유는 직경이 최고에 도달하게 된다. 피부에서 I형 콜라겐(collagen type I)보다 III형 콜라겐(collagen type III)이 풍부하게 존재하지만 이런 비율은 변화되어 출생할 무렵에는 I형 콜라겐의 양이 증가하게 된다(Holbrook, 1979).

본 연구에서 태아 두피의 진피에서 교원섬유가 일렬로 평행하게 잘 배열되어 있었고 가로띠도 선명하게 존재하고 있었다. 이와 같은 결과는 미라가 Chang et al. (2006b)과 Stucker et al. (2001)이 보고한 바와 같이 교원섬유는 잘 보존되어 있었으나 표피의 최외곽층의 각질세포를 제외하고 상피세포나 결합조직세포들은 분해되어 세포의 원형을 확인할 수 없었다.

미라에서 세포의 구조를 관찰할 수 없는 것은 세포가 수분을 함유하고 있는 상태에서 세포의 형태적 변화와 함께 부패세균들의 증식과 분해에 의한 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- Chang BS, Uhm CS, Park CH, Kim HK, Lee GY, Cho HH, Chung YH, Shin DH: Ultramicroscopic study on the hair of newly found

- 15th century mummy in Daejeon, Korea. *Ann Anat* 188 : 439-445, 2006a.
- Chang BS, Uhm CS, Park CH, Kim HK, Lee GY, Cho HH, Kim MJ, Chung YH, Song KW, Lim DS, Shin DH: Preserved skin structure of a recently found fifteenth-century mummy in Daejeon, Korea. *J Anat* 209 : 671-80, 2006b.
- Chang BS, Uhm CS, Park CH, Kim HK, Jung HS, Ham JH, Lee GY, Kim DH, Lee KJ, Bang IS, Oh CS, Shin DH: Ultramicroscopic investigation of the preservation status of hair collected from a full-term, intrauterine baby mummy of the Joseon dynasty, Korea. *Int J Osteoarchaeol* 18(4) : in press, 2008. (Published online in Wiley InterScience, www.interscience.wiley.com DOI: 10.1002/oa.963.)
- Holbrook KA: Human epidermal embryogenesis. *Int J Dermatol* 18 : 329-356, 1979.
- Hwang JJ, Kim HK: Autopsy and histological test of Papyeong Yun Ssi Mira. Korea university museum: Seoul Korea. 2003. (Korean)
- Kim SB, Shin JE, Park SS, Bok GD, Chang YP, Kim J, Chung YH, Yi YS, Shin MH, Chang BS, Shin DH, Kim MJ: Endoscopic investigation of the internal organs of a 15th-century child mummy from Yangju, Korea. *J Anat* 209 : 681-688, 2006.
- Korea university museum. Papyeong Yun Ssi Mira Jonghap Yeongu Nonmun Jip. Korea university museum: Seoul Korea. 2003. (Korean)
- Lee GY, Chang BS: Studies on the preservative condition and the ultrastructure of hair of newly found sixteenth century mummy in Paju. *Korean J Electron Microscopy* 35 : 211-218, 2005. (Korean)
- Shin DH, Choi YH, Shin KJ, Han GR, Youn M, Kim CY, Han SH, Seo JC, Park SS, Cho YJ, Chang BS: Radiological analysis on a mummy from a medieval tomb in Korea. *Ann Anat* 185 : 377-382, 2003a.
- Shin DH, Youn M, Chang BS: Histological analysis on the medieval mummy in Korea. *Forensic Sci Int* 137 : 172-182, 2003b.
- Suk Joo-Sun Memorial Museum of Dankook University, Nama Mira Mit Chulto Yeumul Yeongu Nonchong. Seoul Korea. 2002. (Korean)
- Stucker M, Bechara FG, Bacharach-Buhles M, Pieper P, Altmeyer P: What remains of the skin after 2000 years in a bog? *Hautarzt* 52 : 316-321, 2001.

< 국문초록 >

본 연구에서 분만 중에 사망한 여성미라의 자궁 내에 있는 태아미라의 두피를 주사전자현미경과 투과전자현미경을 사용하여 관찰하였다. 주사전자현미경상에서 태아 두피의 표면은 잘 보존된 상태로 관찰되었으며, 각질층에 각화세포도 모양을 그대로 유지하고 있었다. 또한 땀샘과 모발도 원형 그대로 유지하고 있었으며 일부 두피표면에 모발이 빠져서 형성된 모공들이 다수 관찰되었다. 채취한 두피의 횡단면 두께는 약 1 mm로 나타났으며 표피와 진피 및 피하조직이 뚜렷하게 존재하였다. 투과전자현미경상에서 상피세포의 구조나 형태는 관찰되지 않았으며 또한, 세포의 형태를 그대로 유지하고 있는 어떠한 세포들도 전혀 관찰할 수 없었다. 그러나 진피의 교원섬유들은 잘 보존되어 있었고 이들 사이에 *Clostridium* 속으로 추정되는 부패세균들이 다수 관찰되었다.

FIGURE LEGENDS

- Fig. 1.** Scanning electron micrograph of the scalp surface of a full-term baby mummy. Circle: hole of sweat gland, Arrows: hair holes.
- Fig. 2.** High magnification of surface of scalp showing keratinized cell (KC).
- Fig. 3.** Portion of scalp surface showing holes (arrows) after hair loss during mummification.
- Fig. 4.** High magnification scanning electron micrograph of holes of sweat gland.
- Fig. 5.** Full thickness baby mummy scalp. The extent of the dermis and epidermis is clearly identified in the scanning electron micrograph.
- Fig. 6.** Scanning electron microscopic result for the structure of the collagen fiber in the dermis.
- Fig. 7.** Transmission electron micrograph showing intact structure of collagen fiber.
- Fig. 8.** Transmission electron micrograph showing the putrefactive bacteria containing the ones similar to *Clostridium* genus (arrows) and darkened cell remains by its decomposition in the dermis and subcutaneous tissue.
- Fig. 9.** Scanning electron micrograph of the subcutaneous tissue revealed the gland like structure. But, all of the connective tissue cells shown degenerative features.



