

인체 모낭에서의 지질분포

연세대학교 원주의과대학 피부과학교실 · 모발 및 코스메틱의학연구소

이상훈 · 이은영 · 김영희 · 이원수

=Abstract=

The Lipid Distribution in the Human Hair Follicle

Sanghoon Lee, M.D., Eunyoung Lee, Young Hee Kim, Won-Soo Lee, M.D.

Department of Dermatology and Institute of Hair and Cosmetic Medicine, Yonsei University Wonju College of Medicine, Wonju, Korea

Background : It has recently been demonstrated that human hair also contains lipids. On the hair surface, the lipid layer is attached to the outer surface of hair covalently bonded to hair proteins. However, there have been no reports on lipid distribution in human hair follicles yet.

Objective : The purpose of this study was to demonstrate the lipids of the hair follicle and its distribution and also to examine the lipid composition of the hair follicle.

Material and Methods : Follicles were obtained from the occipital region of the scalp which were not under the influence of anagen hormone. The specimens were stained using typical methods of oil red O, Holzinger's copper-rubeanic acid modification, perchloric acid-naphthoquinone reaction.

Results :

1. Oil red O staining that could be used to stain all lipids was well detected in the area, Henle's layer of inner root sheath (IRS), IRS cuticle, and hair cuticle, which were keratinized earlier in the hair follicle.
2. The hair cuticle and the IRS were stained dark green on Holzinger's copper-rubeanic acid modification that could be used to stain free fatty acids.
3. The IRS was stained gray-blue on perchloric acid-naphthoquinone reaction method that could be used to stain cholesterol and its esters.

Conclusion : The present results demonstrate that the lipids of the hair follicle are located on the hair cuticle and the keratinized area of the IRS. They can act as a barrier of the hair follicle.

(Korean J Dermatol 2003;41(5) : 564~568)

Key Words : Hair follicle, Lipid, Hair barrier

서 론

포유동물 피부 각질층의 지방은 수분의 경피손실을 막

〈접수:2002년 12월 20일〉

* 이 논문의 요지는 2002년 4월 17일 대한피부과학회 제 54차

춘계학술대회에서 발표되었음

* 본 연구는 보건장학회의 지원으로 수행하였음

* 이 논문은 태평양 기술연구원 모발연구비 지원으로 이루어졌음
교신저자 : 이원수

주소 : 220-701 강원도 원주시 일산동 162

연세대학교 원주의과대학 피부과학교실

전화 : (033) 741-0622 Fax : (033) 748-2650

E-mail : leews@wonju.yonsei.ac.kr

아주며, 물질의 피부 흡수를 조절하는 것으로 알려져 있다¹. 또한 물질의 경피 흡수가 신체부위에 따라 차이가 있는 것은 각질층의 두께와 흡수보다는 각질층내의 지방의 양이 중요한 것으로 알려져 있다². 이 외에도 피부 각질층의 지방은 피부 장벽에 중요한 역할을 하는 것이 밝혀지고 있으나 아직까지 모낭의 지질에 관한 연구는 거의 없는 상태이며 그 기능에 대한 연구도 미흡한 상태이다.

모발에서 지질의 분포는 비교적 최근에 밝혀졌다. 사람 모발에서 지질의 비율은 전체 구성성분의 0.7-1.3%정도를 차지하며 이러한 지방성분은 퍼지선의 지방성분이 각 포유동물 사이에서 많은 차이를 보이는 것과는 다르게 포유동물 간에 큰 차이를 보이지 않는다고 하였다³⁻⁶. 모발

표면의 세포들은 얇은 지방층에 의하여 감싸져 있으며 이러한 지방성분은 모발 단백질과 공유결합으로 존재한다⁷. 모발의 지질층은 모발 구조 중 유일한 연속구조이며 모발의 소수성과 모발의 보호 및 뱃뻣한 성질을 가지는데 중요한 역할을 한다. 하지만 아직까지 두피 조직내의 모낭에서 지질분포에 대한 연구는 없었다. 이에 저자들은 인체 모낭에서 지질의 분포를 알아보기 위해 인체 두피 조직을 이용하여 모낭 지질에 대한 특수 염색을 시행하여 모낭의 지질 분포와 구성 성분을 알아보고자 하였다.

연구재료 및 방법

1. 연구 재료

1) 연구대상

안드로겐 호르몬의 영향을 받지 않는 정상 성인 4명의 후두부의 두피조직을 얻어 분리한 40개의 모낭을 이용하였다.

2. 연구방법

1) 염색방법

문헌에 보고된 통상적 방법에 따라 다음의 염색을 시행하여 조직소견을 관찰하였다. 약술하면 다음과 같다⁸.

(1) Oil red O 염색

8μm로 절단한 조직절편을 얻은 후 formal-calcium액에 약 1시간동안 고정시켰다. 이후 물과 60% isopropanol을 이용하여 린스하고 oil red O 용액을 이용해 약 10분간 염색과정을 실행하고 60% isopropanol과 물로 차례대로 간단히 씻어낸 후 Mayer's haematoxylin을 이용하여 핵에 대한 대조염색을 시행하였다.

(2) Holczinger's copper - rubanic acid modification

8μm로 절단한 조직절편을 얻은 후 formal-calcium액에 약 1시간동안 고정시켰다. 두개의 절편을 20°C 온도에서 hydrochloric acid로 10분간 처리한 후 두개 중 한 개의 절편을 4°C 온도에서 20분 동안 아세톤 처리하여 유리 지방산을 제거하여 대조군으로 사용한다. 이후 두개의 절편을 액체상태의 cupric acetate에 3시간 동안 담가놓고 수용성 EDTA로 10초간 씻어낸 후 증류수로 린스하고 70% 에탄올 하에 0.1% rubanic acid로 10분간 염색한다. 이후 다시 70% 에탄올로 린스하고 nuclear fast red로 3분간 핵에 대한 대조염색을 시행하였다.

Perchloric acid-naphthoquinone reaction(PAN) method 8μm로 절단한 조직절편을 얻은 후 formal-calcium액에 약 1시간 동안 고정시켰다. 유리 절편을 액체 ferric chloride에서 4-18시간 동안 산화시킨다. 이후 증류수로 10분간 씻어내고 대기 건조시킨 후 naphthoquinone액을 절편 위에 얇게 도포하고 60-70°C의 뜨거운 판 위에서 본래의 붉은 색깔이 어두워 질 때까지 5-10분간 가온한다. 이후 60% 액체

perchloric acid를 이용하여 린스하고, 같은 용액 한방울을 절편 위에 떨어뜨린 후 커버글래스를 덮고 관찰하였다.

3. 결과판정

각 염색에 대한 양성 판정은 다음과 같다.

1) Oil red O 염색

양성반응은 지방성분이 붉은색 또는 분홍색으로 염색되면 양성으로 판정한다.

2) Holczinger's Copper - Rubanic acid modification

양성반응은 유리 지방산이 어두운 녹색으로 염색되면 양성으로 판정한다.

3) Perchloric acid-naphthoquinone reaction (PAN) method

양성반응은 cholesterol과 cholesteryl ester 성분이 회청색으로 염색되면 양성으로 판정한다

상기 판정법을 이용하여 다음 부위를 현미경으로 관찰한다.

- (1) 모소피 (hair cuticle)와 내측 모근초 (Inner root sheath, 이하 IRS) 사이 층
- (2) IRS와 외측 모근초 (Outer root sheath, 이하 ORS) 사이 층
- (3) 모소피의 소피 세포 사이 층
- (4) IRS의 Huxley 층, Henle 층, IRS 소피층 사이
- (5) IRS의 세포사이공간

결 과

1. 모든 지방 성분에 염색되는 Oil red O 염색 상, 모소피와 IRS의 Henle층에서 미만성으로 염색되는 소견이 관찰되었다 (Fig. 1). Oil red O 염색은 각화가 진행된 부위에서 염색이 더욱 잘되는 양상을 보였으며 모발 중 각화가 가장 먼저 일어나는 Henle층과 IRS소피, 모소피층에서 관찰되었다 (Fig. 2).

2. 유리 지방산에 염색되는 Holczinger's copper - rubanic acid modification 방법을 시행한 결과 모소피와 IRS부위에 염색되었다 (Fig. 3).

3. Cholesterol과 cholesteryl ester에 염색되는 perchloric acid-naphthoquinone(PAN) method 염색을 시행한 결과 IRS에서 염색되는 소견을 보였다 (Fig. 4).

고 칠

포유동물의 표피층에서 각질층의 지방은 ceramide, cho-

lesterol, 지방산, cholesterol sulfate 순 등으로 구성되어 있으며 각질층 구성성분의 14%정도를 차지한다고 알려져 있다³. 이에 비해 사람 모발에서 지질의 비율은 전체 구성 성분의 0.7-1.3%정도를 차지하며 지방산, cholesterol sulfate, ceramide, cholesterol 등의 순으로 각질층의 지방과는 그 구성에서 차이가 있으며 이러한 지방성분은 피지선의 지방성분이 각 포유동물 사이에서 많은 차이를 보이는 것과는 다르게 포유동물 간에 큰 차이를 보이지 않는다고 하였다^{4,6}.

모발의 표면 세포들은 얇은 지방층에 의하여 감싸져 있는데, 이러한 모발의 지질 구성은 표피의 각질층 또는 모발 피지선과는 달리 지방산이 가장 많은 비율로 존재하며, 지방산의 40%정도가 18-methyl-eicosanoic acid(이하 18-MEA)로 구성되어 있다^{8,9}. 이는 생체세포 또는 각질화

된 세포에 산소원자에 의해 단백질 등과 ester 또는 thio-ester의 형태로 결합되어 있는 것으로 알려져 있다. 지방은 체내에서 두가지 중요한 역할을 담당하는데, 하나는 구조적 기능이며, 다른 하나는 에너지를 저장하는 수단으로서의 역할이다⁶. 지방의 주된 구조적 기능은 세포막의 형성이다¹⁰. 세포지질은 세포의 구조막이나 소기관속에 포함된 형태로 존재하게 되는데 세포막과 연관된 지방은 안정된 이중막으로 스테롤과 인지질 등이 풍부하다¹¹. 각질층의 대부분은 보통의 생체막과는 다르게 주로 ceramide와 cholesterol, 지방산으로 이루어져 있다¹². 인지질, sphingomyelin, cholesterol을 함유하는 보통의 생체막들은 수분이나 물에 잘 녹는 작은 물질에 대해서는 투과성이 강해 장벽으로서 작용을 못하는 반면, 인지질을 함유하지

않은 각질층은 각질들이 직선적으로 연결되어 있어 투과를 방지하는 훌륭한 장벽역할을 하고 있다¹³. 이와 유사하게 모발의 지질성분은 모발 구성성분 중 유일한 연속된 구조로서 지방산, cholesterol sulfate, ceramide, cholesterol 등이 주요 구성 성분이다⁹. 이는 피부장벽에 대응한 개념으로서 모발장벽의 근간이 된다고 생각할 수 있으며 이런 점에서 본 연구자들은 모발장벽이라는 새로운 용어를 여기에 제시하였다. 모피세포 사이의 지방은 비교적 균일한 두께의 층을 형성하며 모피질세포에 가까워질수록 다양한 두께를 나타낸다. 이러한 지방층은 모발의 소수성과 모발의 보호 및 모발이 뻣뻣한 성질을 가지는데 중요한 역할을 한다¹⁴. 모발 지질의 주요 성분인 18-MEA는 각질층의 지질과는 달리 예외적인 분지된(branched) 구조의 지방산이다. 일반적으로 분지된 구조의 지방산은 강력한 정균 효과를 가지는 것으로 알려져 있지만 18-MEA가 이러한 효과를 가지는 증거는 아직까지 없다¹⁵. Negri 등¹⁶은 양모(wool)와 모발에서 지방산을 제거하였을 경우 진균의 성장이 촉진되는 것을 확인했다. 하지만 이러한 효과는 MEA의 항진균 효과 보다는 소수성막의 형성의 결과일 것이라 생각하였다.

IRS 소피와 모소피는 서로 맞물려 깍지낀 형태를 가지며 이러한 구조가 흔히 말하는 모발의 특징적인 비늘모양의 가장자리(scale edge)를 형성한다¹⁷. 모발의 발생과정에서 소피세포 외부의 물질 변형은 세포의 원형질막(plasma membrane) 그리고 모발과 IRS 세포 사이의 공간에서 일어난다¹⁸. 모소피의 형성에서 Orwin 등¹⁹은 세포간 사이 공간에 구형의 입자(globular particle)가 존재하며 이러한 구조가 바깥부분으로 이동하여 총상구조의 연결된 구조를 형성한다고 하였다. 최근의 TEM의 발전은 이러한 구조에 대한 이해를 넓혔으며, 모소피의 외부의 총판구조의 형성은 모소피세포 바깥쪽의 생체막의 파열에 의하며 이러한 생체막의 위치에 지질층으로 추정되는 쌍을 이룬 새로운 총판구조가 형성되어 모소피의 외부와 IRS소피 사이의 세포간 공간을 채우게 된다²⁰. IRS 소피와 모소피의 분리가 일어나면 한쪽의 총판구조는 모소피의 외부를 감싸며 다른 한쪽은 IRS소피의 표면에 위치하게 된다. 모발에서 이러한 모소피 사이의 지질층에 대한 연구가 시행되었으며 상대적으로 밝게 염색되는 중심부의 한 층과 이 층을 샌드위치 구조로 감싸는 두 층의 층이 있는 세포막 복합체(cell membrane complex)의 형태로 존재하는 것으로 알려졌다¹⁴. 하지만 아직까지 두피 조직내의 모낭에서 지질분포에 대한 연구는 없었다. 저자들은 인체 두피 조직을 이용해 모낭에 특수 염색을 시행함으로써 인체 모낭 조직에서 지질의 분포를 알아보고자 하였다. 모든 지방성분에 염색되는 oil red O 염색을 시행하여 모소피와 IRS에서 미만성으로 염색되는 소견이 관찰되었다.

모낭의 두피 조직의 횡절편을 모낭의 모구 부위에서 피부 근접부위까지 나누어 염색을 시행한 결과 oil red O 염색은 각화가 진행된 부위에서 염색이 더욱 잘되는 양상을 보였으며 모발 중 각화가 가장 먼저 일어나는 Henle layer, IRS 소피와 모소피에서 염색이 잘 나타났다. 모소피에서 지질의 염색결과는 기존의 모소피에 지질층이 존재하는 것과 일치하는 보고이며, 이와 유사하게 각질화된 IRS층에서 지질층의 존재는 기존의 보고에서 IRS 기능으로 여겨지는 모발의 이동성과 ORS에서 모발로의 대사 물질이동에 관여할 것으로 생각된다¹⁹. 또한 유리 지방산에 염색되는 Holczinger's copper - rubanic acid modification 방법에서도 oil red O 염색과 유사하게 모소피와 IRS부위에 염색되었다. Cholesterol과 cholesterol ester에 염색되는 perchloric acid-naphthoquinone(PAN) method에서도 다른 두 염색과 유사하게 주로 IRS층에서 염색되는 소견을 보였다.

저자들은 인체모낭의 염색을 통해 모낭의 지방은 주로 모소피와 각질화된 IRS에 위치한다는 것을 발견하였다. IRS에 위치하는 지방은 표피 각질층에서 피부장벽의 역할에 중요한 역할을 하는 표피 지질층과 유사한 개념이라고 생각된다. 이 실험은 모낭 지질의 분포에 대한 연구에 기본자료로서 도움이 될 것이라 생각되며, 향후 모낭지질에 대한 전자현미경적 관찰과 지질의 화학적 구성성분에 대한 더 많은 연구가 필요하다고 생각한다.

결 론

저자들은 인체모낭의 특수염색을 통해 모낭의 지방은 주로 모소피와 IRS의 각질화된 부위에 위치하고 있음을 확인하였다. 이러한 구조는 표피지질과 유사하게 모낭에서 장벽으로서의 기능을 할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Lampe MA, Burlingame AL, Whitney J, Williams ML, Brown BE, Rotiman E, et al. Human stratum corneum lipids: Characterization and regional variations. *J Lipid Res* 1983;24:120-130
2. Elias PM, Cooper ER, Korc A, Brown BE. Percutaneous transport in relation to stratum corneum structure and lipid composition. *J Invest Dermatol* 1981;297-301
3. Nicloaides N, FU HC, Rice GR. The skin surface lipids of man compared with those of eighteen species of animals. *J Invest Derm*. 1968;51:83-89
4. Jolles P, Zahn H, Hocker H. Formation and structure of human hair. *Basel: EXS* 1997;78:223-227
5. 대한피부과학회 교과서 편찬위원회 피부과학. 개정4

- 판. 서울:여문각 2001;1-29
6. 이승현, 구상완, 황미선, 이원주, 김도원. 사람피부의 해부학적 위치에 따른 피부장벽 손상후 회복을 및 피부표면 지질조성의 차이]. 대피지 1996;34:38-45
 7. Allen DE. Lipids. In: Woods AE, Ellis RC, editors. Laboratory histopathology: a complete reference. 1994: section 6;3.1-3.31
 8. Wertz PW, Downing DT. Integral lipids of Human hair. *Lipids* 1998;23:878-881
 9. Wertz PW, Downing DT. Integral lipids of mammalian hair. *Comp Biochem Physiol* 1989;92:759-761
 10. Nicloaides N. Skin lipids: their biochemical uniqueness. *Science* 1974;186:19-26
 11. Swartzendruber DC, Wertz PW, Madison KC, Downing DT. Evidence that corneocyte has a chemically bound lipid envelope. *J Invest Dermatol* 1987;88:709-713
 12. 안성구, 황상민, 최응호, 이원수. 피부장벽과 각질층의 형태학적 특징. *한국피부장벽학회지* 1999;1:22-28
 13. 이승현, 장성남. 표피지방과 표피장벽. *항공우주의학* 1992;2:15-24
 14. Jones LN, Rivett DE. The role of 18-methyleicosanoic acid in the structure and formation of mammalian hair fibers. *Micron* 1997;28:469-485
 15. Roze U, Locke DC, Vatakis N. Antibiotic properties of porcupine quills. *J Chem Ecol* 1990;16:725-734
 16. Negri AP, Cornell HJ, Rivett DE. The modification of the surface diffusion barrier of wool. *J Soc Dyers Clou-rists* 1993;109:296-301
 17. Wood JL, Orwin DF. The cytology of cuticle scale pattern formation in the wool follicle. *J Ultrastruct Res* 1982;80:230-242
 18. Orwin DF, Thompson RW. Plasma membrane differentiations of keratinizing cells of the wool follicle. IV. Further membrane differentiations. *J Ultrastruct Res* 1973;45: 41-49
 19. Orwin DF. The cytology and cytochemistry of the wool follicle. *Int Rev Cytol* 1979;60:331-374
 20. Jones LN, Horr TJ, Kaplin IJ. Formation of surface membranes in developing mammalian hair fibres. *Micron* 1994;25:589-595