

한국산 박쥐 간장의 미세구조적 고찰

최병진, 엄창섭¹, 장병준³, 박창현^{2,3,*}
한국자연환경연구소, ¹고려대학교 의과대학 해부학교실,
²전자현미경실, ³건국대학교 수의과대학 해부학교실

Some Observations on the Fine Structure of Korean Bat Livers

Byung-Jin Choi, Chang-Sub Uhm¹, Byung-Jun Chang³
and Chang-Hyun Park^{2,3,*}

Korea Natural Environment Research Institute, Seoul, Korea, ¹Department of Anatomy,
²Electron Microscope Facility, Korea University College of Medicine, Seoul, Korea,
³Department of Anatomy, College of Veterinary Medicine, KonKuk University, Seoul, Korea
(Received November 14, 2001)

ABSTRACT

To understand the fine structure of Korean bat livers, the authors investigated the liver of four Korean bats; *Rhinolophus ferrumequinum korai*, *Myotis macrodactylus*, *Myotis daubentonii ussrinesis*, and *Murina leucogaster intermedia* by transmission electron microscopy.

The hepatocytes of *Rhinolophus ferrumequinum korai* had large-sized mitochondria and many peroxisomes. In the *Myotis macrodactylus*, junctional complexes, especially desmosomes, were well developed. The *Myotis daubentonii ussrinesis* had many glycogen particles in the cytoplasm. Also, the space of Disse and sinusoidal space was filled with amorphous materials. In the *Murina leucogaster intermedia*, basement membrane was prominent in the sinusoid, and no Kupffer and Ito cells were observed.

These results suggest the characteristic differences in the liver ultrastructure among Korean bats.

Key words : Korean bat, Liver, *Murina leucogaster intermedia*, *Myotis daubentonii ussrinesis*, *Myotis macrodactylus*, *Rhinolophus ferrumequinum korai*

서 론

포유동물이 섭취한 음식물은 분해되어 소장에서 흡수되며 문맥을 통하여 간장에 전달되고, 간소엽 내

의 동굴모세혈관(sinusoid)을 거쳐 간세포로 전달된다. 간소엽을 이루는 주요 구성 요소는 간세포와 동굴모세혈관이며 동굴모세혈관의 세포성분은 내피세포와 Kupffer 세포(별큰포식세포) 및 Ito 세포(동굴주위지방세포) 등이 있다(Widmann et al., 1972). 각 동물

본 논문의 요지는 한국전자현미경학회 제32차 춘계학술대회에서 발표되었음.

* Correspondence should be addressed to Dr. Chang-hyun Park, Electron Microscope Facility, Korea University College of Medicine, 126-1 Anam-dong 5-Ga, Sungbook-gu, Seoul, 136-705 Korea. Ph.: 02-920-6297, FAX: 02-926-9165, E-mail: knemp@korea.ac.kr

Copyright © 2001 Korean Society of Electron Microscopy

들의 장기는 서식환경과 식이습관에 따라 적응되어 변화하기 때문에 미세구조적으로 차이가 있고 (Kim & Shin, 1993), 간장에 존재하는 여러 세포들의 경우도 동물의 종에 따라 미세구조적인 차이를 관찰할 수 있다 (Koo & Shin, 1986). 포유동물 중에서 동면이라는 특이한 생리현상을 가지고 있는 박쥐류는 활동기에는 섭식을 통하여 영양분을 공급받지만, 동면기에는 저장된 지방을 분해하여 영양분을 공급받기 때문에, 특히 대사에 관여하는 간장의 구조는 박쥐류의 이러한 생리적 특성에 맞게 적응되어 보통의 포유류와는 다른 형태적 특징을 가지고 있을 것으로 추정된다. 박쥐에 관한 전자현미경적 연구는 대부분 생식기계를 중심으로 이루어져 왔으며 (Kim & Oh, 1991; Lee et al., 1992), 박쥐 간장에 대한 미세구조적 연구는 동굴모세혈관 또는 Ito 세포에 관한 것 (Tanuma & Ito, 1978)과 Kupffer 세포에 관한 것 (Tanuma, 1978)을 제외하고는 별로 접할 수 없는 상태이다.

본 연구에서는 한국산 관박쥐과의 관박쥐 (*Rhinolophus ferrumequinum korai*)와 애기박쥐과 *Myotis* 속에 속하는 큰발우수염박쥐 (*Myotis macrodactylus*), 물우수염박쥐 (*Myotis daubentonii ussrinesis*) 및 관코박쥐 (*Murina leucogaster intermedia*)의 활동기 간장 조직을 투과전자현미경으로 관찰하여 이들 사이에 존재하는 간장의 미세구조적 차이를 비교 고찰하였다.

재료 및 방법

본 연구에서 사용한 박쥐는 모두 1998년 6월 10일 강원도 정선군 정선읍 하미동굴에서 채집한 수컷 성체를 사용하였다. 채집된 박쥐는 케타민 (유한양행, 0.01 ml/kg 체중)을 복강내로 투여하여 마취한 후, 개복하여 간장을 절취하여 작게 세절하였다. 세절된 간장조직은 0.1 M sodium phosphate buffer (pH 7.3)로 완충된 2% glutaraldehyde와 2% paraformaldehyde 혼합 고정액에 담가 4°C에서 4시간 전고정을 실시하였고, 같은 buffer로 완충된 1% OsO₄로 2시간 후고정을 시행한 후 상승 농도의 알코홀로 탈수하여, propylene oxide로 치환하고 Poly bed 812 (Polyscience)에 포매하였다. 포매된 조직은 1 µm 두께로 후박절편을 제작

하여 광학현미경으로 관찰하여 중심정맥 (central vein)을 중심으로 문맥 (portal vein)까지 포함되도록 사정하여 60 nm 두께의 초박절편을 제작하였다 (LKB 2088). 초박절편은 uranyl acetate와 lead citrate로 이중 염색하여 투과전자현미경 (Hitachi, H-600)으로 관찰하였다.

결 과

1. 관박쥐 (*Rhinolophus ferrumequinum korai*)

간세포의 핵은 대체로 둥근 원형 또는 타원형으로 핵막 주변부에 존재하는 약간의 멍친염색질 (heterochromatin)을 제외하고는 대부분 퍼진염색질 (euchromatin)로 되어 있었으며, 핵소체 (nucleolus)는 거의 관찰되지 않았다. 세포질 내에는 크고 둥근 사립체 (mitochondria)가 특징적으로 관찰되었는데, 절편상한 세포 속에 10~20개 정도가 존재하였다. 골지복합체는 쓸개모세관 (bile canaliculi) 주위에서만 드물게 관찰되었는데, 수조가 확장되어 있는 것이 대부분이었다. 무리리보소체 (polysome)는 세포질 전체에 흩어져 존재하였으나 과립세포질세망은 사립체 주변에서만 관찰되었다. 용해소체와 과산화소체는 세포질에 고루 분포되어 있었다. 특히 과산화소체는 한 세포의 절편에서 약 30여개가 관찰될 정도로 많이 존재하였다. 당원과립 (glycogen granule)과 지방방울 (lipid droplet)은 거의 관찰되지 않았다. 인접한 간세포 사이의 연접복합체의 모양은 특이한 소견이 없이 일반적인 형태를 하고 있었다. 쓸개모세관의 내면은 적은 수의 짧은 미세융모로 채워져 있었다. 디세강 (space of Disse, 동굴주위공간, perisinusoidal space)은 다른 포유동물에서와 같이 디세강과 면한 간세포막에서 기시하는 긴 미세융모들로 채워져 있었으나, 교원섬유 다발은 거의 관찰되지 않았다 (Fig. 1a).

Kupffer 세포는 동굴모세혈관 내에서 쉽게 관찰할 수 있었다. Kupffer 세포의 핵은 다소 불규칙한 장방형이었으며, 세포질 속에는 액포 (vacuole)와 용해소체 및 과립세포질세망 등 세포질내 소기관이 고루 잘 발달되어 있었다. 사립체는 간세포의 것에 비하여 크기가 작았다 (Fig. 1b).

Ito 세포 역시 디세강에서 관찰하기 쉬웠으며, 핵은 불규칙한 원형이었다. 세포질 내에는 중간 정도의 전자밀도와 크기를 갖는 지방방울을 몇 개씩 함유하고 있었고, 수조가 확장된 과립세포질세망과 크기가 작은 사립체를 가지고 있었다(Fig. 1b).

2. 큰발웃수염박쥐 (*Myotis macrodactylus*)

간세포의 핵은 원형이었고 문진염색질이 핵막의 주위에 모여 있었다. 핵소체는 간혹 관찰되었다. 세포질 내에는 다수의 사립체가 산재하여 있었는데, 모양은 다양하여 타원형, 원형, 및 긴 곤봉형 등으로 다양하였고, 크기도 다양하였다. 골지복합체는 수조가 확장되어 있었으며, 쓸개모세관 주위로부터 핵 주변부까지 세포질 내에 널리 흩어져 있었다. 용해소체는 쓸개모세관을 중심으로 한 세포질에 존재하였고, 이차용해소체, 자가용해소체 (autophagosome), 잔여소체 (residual body) 등의 다양한 형태를 띠고 있었다. 무리리보소체는 세포질 전체에 흩어져 존재하고 있었으며, 과립세포질세망은 소량 존재하였는데, 주로 사립체와 밀접하게 연관되어 있었다. 과산화소체는 드물게 관찰할 수 있었다. 간세포 사이의 연결복합체는 잘 발달되어 있었는데, 특히 부착반점 (desmosome)의 발달이 두드러졌다. 쓸개모세관은 많은 수의 짧은 미세용모로 내강이 채워져 있었다. 당원과립과 전자밀도가 매우 낮은 포화성의 지방방울도 존재하였다. 디세강과 동굴모세혈관은 중간 정도의 전자밀도를 갖는 물질과 교원섬유로 가득 차 있었다(Fig. 2).

Kupffer 세포도 관찰이 용이했으며 긴 핵을 가지고 있었다(Fig. 2b).

Ito 세포도 쉽게 관찰할 수 있었으나 세포질 내에 중간 정도의 전자밀도를 가지고 있는 커다란 한 개의 지방소적을 가지고 있었고, 세포질 내의 소기관은 잘 관찰할 수 없었다(Fig. 2c).

3. 물웃수염박쥐 (*Myotis daubentonii ussuriensis*)

간세포의 핵은 원형으로, 핵막의 주위를 제외하고는 퍼진염색질로 차있었으며 핵소체를 잘 관찰할 수 있었다. 사립체는 다양한 형태로 세포질 내에 산재하

고 있었다. 골지복합체는 쓸개모세관 주변에 존재하였고, 수조가 확장되어 있었다. 과립세포질세망은 사립체 주변에 존재하였고, 무리리보소체는 세포질 전체에 흩어져 있었다. 용해소체는 대부분 잔여소체의 형태를 띠고 있었으며 세포질 전체에 분포하고 있었으며 여러 개의 과산화소체를 관찰할 수 있었다. 당원과립도 자주 관찰되었다. 세포사이의 연결복합체는 비교적 잘 발달되어 있었고, 쓸개모세관은 소수의 미세용모가 내강에 존재하였다. 디세강에는 중간 정도의 전자 밀도를 지닌 비정형성 물질과 많은 교원섬유가 많이 존재하고 있었다(Fig. 3a).

Kupffer 세포는 특히 수조가 확장된 과립세포질세망이 잘 발달되어 있었다(Fig. 3a) Ito 세포는 커다란 한 개의 지방소적을 가지고 있어서 세포질내 소기관 관찰이 어려웠다(Fig. 3b).

4. 관코박쥐 (*Murina leucogaster intermedia*)

간세포의 핵은 타원형으로 염색질은 핵막 주변을 제외하고는 대부분 퍼진염색질로 채워져 있었으며, 간혹 핵소체도 관찰되었다. 세포질내의 사립체는 풍부하였으며 크기와 형태는 다양하였다. 골지복합체는 담세관을 중심으로 소수 관찰되었으며 일반적인 구조를 하고 있었다. 용해소체와 과산화소체는 소수 산재되어 있었다. 무리리보소체는 세포질 전체에 흩어져 있었고 과립세포질세망은 사립체와 인접하여 관찰되었다. 쓸개모세관은 약간 확장되어 있었고 여러 개의 미세용모가 내강에 존재하였다. 당원과립과 지방방울은 관찰하기 어려웠다. 디세강 내에서는 특이한 소견이 관찰되지 않았으나, 동굴모세혈관의 내피 세포는 잘 발달된 기저막을 가지고 있었다(Fig. 4).

Kupffer 세포와 Ito 세포는 본 연구에서 사용한 관코박쥐에서는 관찰되지 않았다.

고 찰

기본적으로 간장을 구성하는 여러 세포의 미세구조는 약간의 동종간의 차이는 있을지라도 동일한 기능을 수행하기 때문에 기본적으로는 서로 같은 구조를 하고 있을 것으로 생각된다(Kim & Shin, 1993). 그

러나, 물질대사라는 동일한 기능을 담당하고 있다 하더라도, 각 동물이 살아가는 환경에 적응하기 위하여 나타난 생리적 차이나 각 개체의 유전적 차이에 의하여 어느 정도는 구조적인 차이를 나타내게 된다 (Koo & Shin, 1986). 특히 이들 동물이 생활하는 습성, 특히 물질대사에 영향을 미치는 생활습성이 다른 경우에는 이들 동물간에 미세구조적인 차이가 있을 것으로 짐작할 수 있다. 반대로 미세구조의 차이로부터 생리적 기능의 차이를 짐작할 수 있는 정보를 얻을 수 있다. 본 실험에서 박쥐를 연구 대상 동물로 선택한 이유는 포유동물로는 드물게 곤충을 섭취한다거나, 한두 종을 제외하고는 보통의 포유동물에서는 찾아 보기 어려운 동면이라는 특이한 생리기전을 갖고 있기 때문이다. 이러한 생활상의 특징으로부터 다른 포유동물과 비교하여 다른 미세구조적 특징을 가지고 있을 것이라고 추정할 수 있으며, 이미 여러 연구자들에 의하여 포유류 사이에서도 간장의 미세구조적 차이점이 존재함이 보고되었다 (Fawcett, 1955; Brown et al., 1957; Jezequel et al., 1965; Koo & Shin, 1986).

본 실험에서 관찰된 박쥐의 간세포는 기본적으로 동일한 미세구조적 특징을 가지고 있었다. 그것은 대사작용에 필요하기에 적당한 퍼진염색질이 많은 동글거나 타원형의 핵, 세포질 내의 많은 사립체와 이와 연관된 과립세포질세망의 분포, 세포질 전체에 산재하는 무리리보소체, 쓸개모세관 주변에서 특히 잘 관찰된 골지복합체등의 소견으로 에너지 요구가 많고 쓸개모세관을 통한 분비기능에 적당한 간세포의 일반적 특징이라 할 것이다. 그러나, 각 종에 따라 몇 가지 미세구조적 특징을 보여주고 있다.

본 연구에서 관박쥐에서만 특별히 다른 종과 비교할 때 비교적 크기가 큰 사립체가 관찰이 되었다. 이들 큰 사립체는 이미 포유동물 2종, 양서류 3종, 어류 1종을 대상으로 한 연구에서, 특이하게 개구리에서만 관찰된다고 이미 보고된 바 있다 (Koo & Shin, 1986). 이러한 사실은 동물의 종류에 따라 사립체의 크기에 차이가 있음을 보여주는 것이며, 특히 같은 종 속에서도 차이가 있을 수 있음을 의미한다 할 것이다.

과립세포질내세망의 경우, 관찰한 모든 박쥐류에서 사립체 주변에서만 조금 관찰될 뿐 세포질내에서는 많이 관찰되지 않았고, 대신 무리리보소체가 세포질

전체에 흩어져 존재하는 소견은 이들 세포가 아직 동면으로부터 완전히 회복되지 않은 상태에 있거나 주로 야간에 활동하는 특성과 관련된 것이 아닌가 의심하게 한다. 즉, 많은 사립체와 이와 연관된 소수의 과립세포질세망은 박쥐의 동면기간이나 비활동기 중 생존을 위한 최소한의 작용을 유지하는 미세구조적 특징으로 추정된다. 특히, 물웃수염박쥐와 큰발웃수염박쥐에서 특이하게 관찰된 디세강 및 동글모세혈관 속에 물질이 가득 차있는 소견은 Park et al. (1996)에 의한 기아 마우스 실험에서 관찰된 소견과 같이 활발한 먹이 섭취가 이루어지지 않을 때 체내에 저장되어 있던 물질이 간세포로 이동되어 이용되는 한 증거라고 추정된다. 다만, 본 연구에 사용된 박쥐는 모두 6월에 채집된 것으로 아직 동면중이었다고 추정하기 어려운 상태로, 연중 시기별로 이들 구조의 변화를 살펴보면 보다 확실한 의미를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

다른 차이는 특히 관박쥐에서 용해소체와 과산화소체가 많이 관찰되는 것과, 관코박쥐에서는 간세포의 세포질 내에 잔여소체가 관찰되지 않는 것인데, 이러한 것들이 이들 박쥐의 식이 습성의 차이에 의한 것인지, 일반적인 간세포의 활성의 차이에 의한 것인지에 관하여는 앞으로 규명되어야 할 것이다.

큰발웃수염박쥐와 물웃수염박쥐는 모두 간세포 사이에 발달된 연점복합체를 가지고 있었는데, 특히 부착반점의 발달이 두드러졌다. 이러한 현상은 이들 세포간의 접착력이 특히 높아야 하는 생리적 요구가 있음을 의미하는 것으로 판단된다.

본 연구에서 특이하게 관찰된 소견은 동양혈관과 간세포사이의 물질교환에 미치는 장벽 역할을 하는 기저막 (Koo & Shin, 1986)이 유일하게 관코박쥐에서만 관찰된 것으로 이들은 마치 포유동물의 신장에서 관찰되는 기저막과 같이 두껍게 발달되어 있었다. 일반적으로 동글모세혈관에 기저막이 출현하거나 두께가 증가하는 것은 종양 (Yamamoto et al., 1984), 알코올성 간질환 (Urashima et al., 1993) 등 간장 질환과 연관되어 있다. 그러나, 본 실험에서 관찰한 관코박쥐의 경우 육안적 및 광학현미경적 관찰에서 간장 질환을 의심할만한 소견을 발견할 수 없었다. 또한, 관코박쥐에서는 Kupffer 세포와 Ito 세포가 관찰되지 않았는데,

동굴모세혈관에 존재하는 기저막과 이들 세포가 관찰되지 않는 점 등은 앞으로 더 연구하여야 할 과제로 사료된다.

참 고 문 헌

- Arias IM, Popper H, Schachter D, Shafritz DA: Liver, Raven Press, 1982.
- Brown DB, Deler CJ, Greider M, Frajola WJ: The electron microscopy of human liver. *Gastroenterology* 32 : 103-118, 1957.
- Fawcett DW: Observations on the cytology and electron microscopy of hepatic cell. *J Nat Cancer Inst* 15 : 1475-1502, 1955.
- Jezequl A, Arakawa K, Steiner JW: The fine structure of the normal, neonatal mouse liver. *Am J Path* 46 : 691-729, 1965.
- Kim EJ, Oh JK: A study on the spermatogenesis and spermatozoan fate in the female reproductive tract of the Korea greater horseshoe bat (*Rhinolophus Ferrumequinum Korai*). *Korean J Electron Microscopy* 21(2) : 14-28, 1991. (Korean)
- Kim KW, Shin YC: Some observation on the fine structure of *Suncus Murinus* liver. *Korean J Electron Microscopy* 23(2) : 41-52, 1993. (Korean)
- Koo SH, Shin YC: A comparative study on the fine structure of mammalian and nonmammalian vertebrate livers. *Korea Univ Med J* 23(1) : 223-236, 1986. (Korean)
- Lee JH, Choi BJ, Son SW: Spermiogenesis in the Korean greater horseshoe bat, *Rhinolophus Ferrumequinum Korai*. *Korean J Electron Microscopy* 22(2) : 97-117, 1992. (Korean)
- Park CH, Shin YC, Chang BJ: Electron microscopic study on the hepatocyte and bile canaliculi of the fasted mice. *Korean J Electron Microscopy* 26(2) : 207-219, 1996. (Korean)
- Tanuma Y, Ito T: Electron microscope study on the hepatic sinusoidal wall and fat-storing cells in the bat. *Arch Histol Jpn* 41(1) : 1-39, 1978.
- Tanuma Y: fine structure of the Kupffer cell in the bat, with special reference to the worm-like bodies. *Arch Histol Jpn* 41(1) : 113-127, 1978.
- Urashima S, Tsutsumi M, Nakase K, Wang JS, Takada A: Studies on capillarization of the hepatic sinusoids in alcoholic liver disease. *Alcohol Supple* 1B : 77-84, 1993.
- Yamamoto M, Sumiyoshi H, Nakagami K, Tahara E: Distribution of collagen type I, III and V in fibrotic and neoplastic human liver. *Acta Pathol Jpn* 34(1) : 77-86, 1984.

< 국문초록 >

한국산 관박쥐과의 관박쥐 (*Rhinolophus ferrumequinum korai*)와 애기박쥐과 *Myotis* 속에 속하는 큰발웃수염박쥐 (*Myotis macrodactylus*), 물웃수염박쥐 (*Myotis daubentonii ussrinesis*) 및 관코박쥐 (*Murina leucogaster intermedia*)의 활동기 간장 조직을 투과전자현미경으로 관찰하여 이들의 미세구조적 특징을 규명하고 이들 간에 존재하는 차이를 비교 고찰하고자 하였다.

관박쥐는 세포질 내에 10~20개의 크고 둥근 사립체를 가지고 있었으며, 특히 과산화소체가 잘 발달되어 있었다.

큰발웃수염박쥐는 간세포간 사이의 연결복합체, 특히 부착반점이 잘 발달되어 있었다. 디세강과 동굴모세혈관 속은 섬세한 물질로 채워져 있었다.

물웃수염박쥐는 세포질 내에 당원과립을 많이 가지고 있었으며, 디세강과 동양혈관 속은 섬세한 물질로 채워져 있었다.

관코박쥐는 동굴모세혈관에 기저막이 잘 발달되어 있었으며, Kupffer 세포와 Ito 세포는 관찰되지 않았다.

이상의 결과는 같은 시기의 한국산 박쥐의 간장에서도 종에 따라서 미세구조적 차이가 나타남을 보여주는 것으로 이들은 이들의 생활환경과 식이와 관련이 있을 것으로 추정된다.

FIGURE LEGENDS

- Fig. 1.** Transmission electron micrographs of liver of the *Rhinolophus ferrumequinum korai*. In A, large-sized mitochondria and peroxisomes (arrowheads) are present in the hepatocyte. In B, a Kupffer cell (K) with many vacuoles and lysosomes is present in the sinusoid. a Ito cell (I) with three lipid droplets is present in the space of Disse. Bars = 1.6 μm (A), 1 μm (B).
- Fig. 2.** Transmission electron micrographs of hepatocytes (A), Kupffer cell (B), and Ito cell (C) of the *Myotis macrodactylus*. In A, junctional complexes are well developed. Note especially the desmosomes. In C, Ito cell contains a large lipid droplet, which pushes the nucleus. Bars = 1.6 μm (A), 1 μm (B, C).
- Fig. 3.** Transmission electron micrographs of Kupffer cell (A) and Ito cell (B) of the *Myotis daubentonii ussrinesis*. Bars = 1 μm (A, B).
- Fig. 4.** Transmission electron micrographs of hepatocytes and a sinusoid of the *Murina leucogaster intermedia*. In A, thick basement membrane (arrow) surrounding the sinusoid is well noted. Bars = 1 μm .





