

한국산 땃쥐류 3종에 대한 부정소 미부 정자의 미세구조

윤명희* · 정순정

경성대학교 자연과학부

Ultrastructure of epididymal spermatozoa in three Korean shrews

Myung-Hee Yoon* and Soon-Jeong Jeong

Division of Natural Sciences, College of Sciences, Kyungsung University, Pusan 608-736, Korea

Abstract

The comparative morphology of epididymal spermatozoa in the lesser white-toothed shrew, *Crocidura suaveolens*, the Japanese white-toothed shrew, *C. dsinezumi* and the big white-toothed shrew, *C. lasiura*, belonging to the subfamily Crocidurinae was studied with the light and electron microscopes.

The spermatozoa of *C. lasiura* and *C. dsinezumi* were characterized by the large acrosome, serrated inner acrosomal membrane, common apical body and fistulous proximal centriole with slightly dense electron granular materials, which are the characteristics of the Crocidurinae. The *C. suaveolens*, however, is distinguished from the two species mentioned above in the sperm morphology. That is, the spermatozoa possess not only the characteristic of the Crocidurinae such as the large acrosome, but also those of the Soricinae, i.e. the smooth inner acrosomal membrane, wavy, finger-like and electron-dense apical body, and the solid proximal centriole filled with electron-dense materials. The results suggest that *C. suaveolens* has conserved characteristics of the Soricinae.

Key words – Crocidurinae, spermatozoa, ultrastructure

서 론

한국에 서식하는 땃쥐류(땃쥐속)는 이빨 첨단부의 색, 두 개전장, 미장, 꼬리기부의 굵기 및 꼬리털의 상태 등 외·내부의 형태적 형질에 따라 작은땃쥐(*Crocidura suaveolens*), 제주땃쥐(*C. dsinezumi*) 및 우수리땃쥐(*C. lasiura*)로 분류되고 있다[13,22,23]. 한편, 생식세포나 태아기관은 다른 세포

나 기관에 비해 보수성이 강하고 외부 환경으로부터의 영향을 적게 받기 때문에 포유강의 목이나 과 등 상위분류군의 계통발생을 논하는 하나의 환경기준이 되며[1,18], 이중 정자의 형태는 과, 아과, 속 및 종의 특징을 나타내는 것으로 알려져 있다[1,6-8,12,15,21]. 땃쥐과(Soricidae)의 경우 뒤쥐아과(Soricinae)와 땃쥐아과(Crocidurinae)는 다음과 같은 정자의 형태적 특징으로 구분된다[7,17]. 즉 뒤쥐아과의 정자는 작은 선체를 가진 두부, 매끈한 선체내막으로 둘러싸인 선체하강 내에 전자밀도가 높고 가늘고 굽은 손가락 모양의 첨단체, 및 전자밀도가 높은 물질로 가득찬 근위중심

*To whom all correspondence should be addressed
Tel : 051-620-4642, Fax : 051-620-4642
E-mail : yhyun@star.kyungsung.ac.kr

체를 가지는 반면[15,17,19], 땃쥐아과의 정자는 거대한 선체를 가진 두부, 톱니모양의 선체내막에 둘러싸인 선체하강 내에 특별한 모양이 없는 첨단체 및 낮은 전자밀도의 물질이 소량 보이는 관상형 근위중심체를 가지고 있음이 알려져 있다[4,10,14-17]. 따라서 이러한 정자의 미세구조는 두 아과에 속하는 종류들을 구별하기 위한 우수한 분류학적 형질로서 이용될 수 있으며, 실제로 Japanese water shrew (*Chimarrogale himalayica*)는 외부형태만으로 땃쥐아과에 속하는 것으로 알려져 있었으나 정자의 미세구조에 근거하여 뒤쥐아과의 일종으로 간주된 바 있다[17].

이 연구에서는 땃쥐아과의 땃쥐속에 속하는 3종인 작은땃쥐, 제주땃쥐 및 우수리땃쥐에 대한 부정소 미부 정자의 미세구조를 비교하고, 이들의 계통유연관계에 대해 논의하고자 한다.

재료 및 방법

작은땃쥐 수컷 성체 3마리를 지리산에서 1999년 10월과 2000년 3월에, 우수리땃쥐 수컷 성체 7마리를 지리산 일대에서 1999년 6월, 10월 그리고 2000년 3월에 Sherman live trap을 이용하여 각각 생포하였다. 제주땃쥐 수컷 성체 3마리는 제주대학교 오홍식 교수의 호의로 제주시 통개동에서 1999년 7월에 포획되었으며, 포획직후 적출된 부정소는 Millonig's phosphate buffer로 만든 2% paraformaldehyde와 2.5% glutaraldehyde의 혼합고정액(pH 7.4)에 고정되어 경성대학교 실험실에 운송되었다.

작은땃쥐와 우수리땃쥐에 대해서는 포획된 개체를 실현직전 마취시켜 도살한 후 좌·우 양쪽의 부정소를 적출하였으며, 살아있는 정자의 관찰을 위해 오른쪽 부정소 미부를

잘게 잘라 Millonig's phosphate buffer를 떨어뜨린 후 광학현미경으로 관찰하였다. 양 종의 정자에 대하여 두부장, 두부폭, 핵 기저부장, 중편부장 및 미부장을 측정하였으며, 각 부분의 측정치에 대한 평균치와 표준편차를 계산하였다. 두 종에 대한 각 측정치간의 유의성은 student's t-test로 검정하였다. 한편, 제주땃쥐의 경우 살아있는 정자의 관찰이 불가능했으므로, 미세구조에 대한 측정은 불가능했다.

정자의 미세구조를 관찰하기 위하여 적출된 왼쪽의 부정소 미부를 $1 \times 1 \times 1 \text{ mm}$ 크기로 세절한 후 Millonig's phosphate buffer로 만든 2% paraformaldehyde와 2.5% glutaraldehyde의 혼합고정액(pH 7.4)에서 24시간 전고정하였고, 같은 buffer로 수세한 후, 1.3% OsO_4 로 후고정하여 알콜탈수와 아세톤 치환을 거쳐 Epon 812 혼합액으로 포매하여 중합했으며, 포매된 조직을 ultramicrotome(LKB 2088)으로 60~90 nm의 두께로 자른 후 uranyl acetate와 lead citrate 용액으로 이중염색하여 투과전자현미경(TEM, JEOL 100S)으로 관찰하였다.

결 과

작은땃쥐 *Crocidura suaveolens*

광학현미경 관찰에 의하면, 작은땃쥐의 부정소 미부 정자는 커다란 선체를 가진 편평한 방패형의 두부와 비교적 긴 중편부를 포함한 미부를 가지고 있었고(Fig. 1A), 각 부위별 길이는 두부장 $12.61 \pm 0.49 \mu\text{m}$ (n=16), 두부폭 $10.70 \pm 0.23 \mu\text{m}$ (n=10), 핵 기저부장 $4.72 \pm 0.31 \mu\text{m}$ (n=11), 중편부 $52.85 \pm 2.35 \mu\text{m}$ (n=12)를 포함한 미부장 $87.58 \pm 1.71 \mu\text{m}$ (n=12)이었다(Table 1).

전자현미경 관찰에 의하면 핵의 전두단면(frontal section)은 부채형이며(Fig. 1B), 시상단면(sagittal section)은 매우

Table 1. Comparision of spermatozoa size (Mean \pm SD) in two shrew species examined

Species	Head (μm)			Tail (μm)	
	Total length (n=16)	Width (n=10)	Nuclear length (n=11)	Total length (n=12)	Middle piece length (n=12)
<i>Crocidura suaveolens</i>	12.61 ± 0.49	10.77 ± 0.23	4.72 ± 0.31	87.58 ± 1.71	52.85 ± 2.35
<i>C. lasiura</i>	$14.30 \pm 0.69^*$ (n=50)	$11.48 \pm 0.68^*$ (n=50)	$5.71 \pm 0.35^*$ (n=50)	88.99 ± 2.65 (n=49)	$54.72 \pm 2.37^*$ (n=48)

*p<0.05 Compared with *C. suaveolens*.

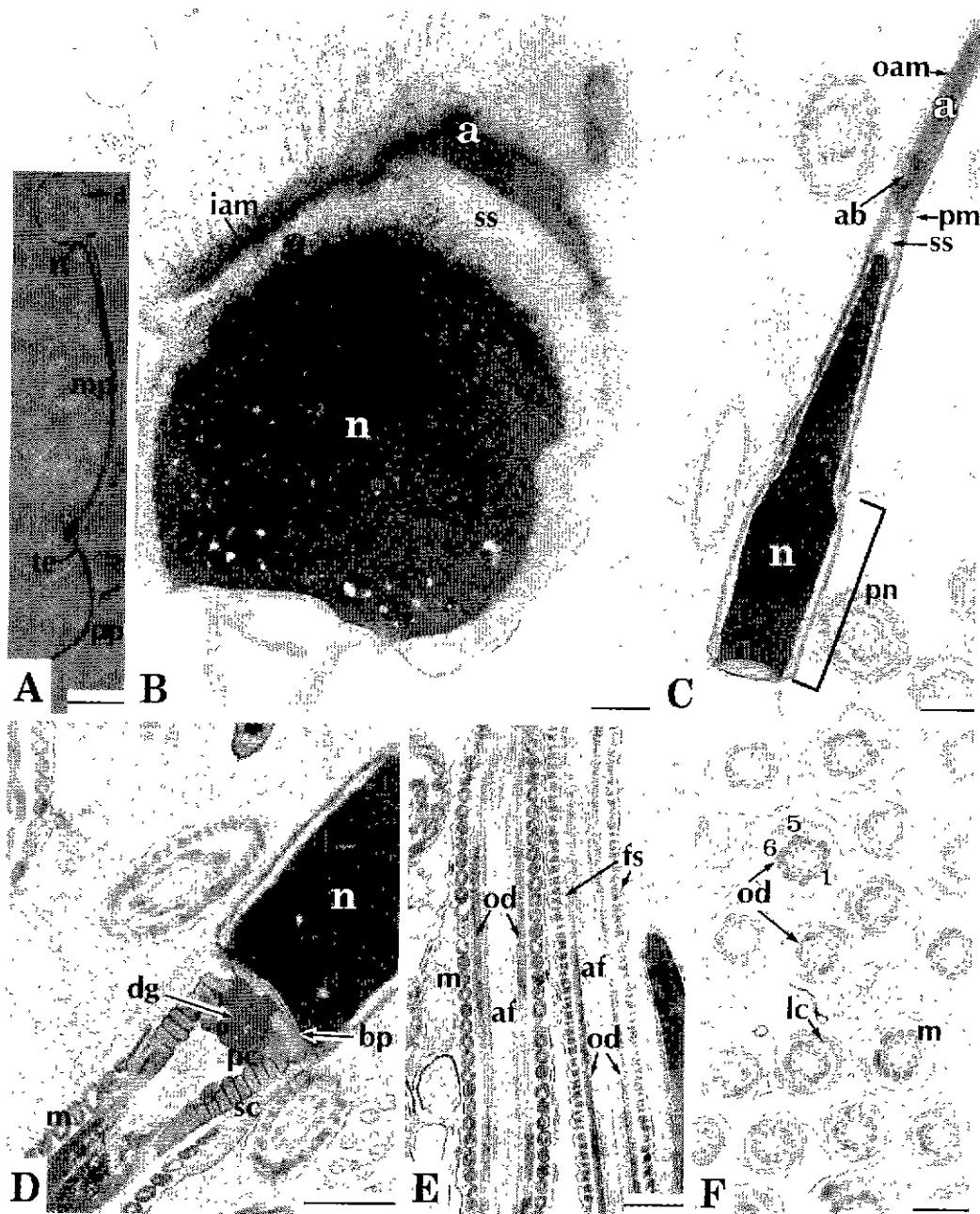


Fig. 1. Light and electron micrographs showing the sperm head and tail of *C. suaveolens*.

A) Planar view of an epididymal spermatozoon. B) Frontal section of a large, flattened and shield-shaped head. C) Sagittal section of a head with an unusually long, wavy, finger-like and electron-dense apical body(ab) in the smooth subacrosomal space(ss). D) Longitudinal section of a sperm neck bearing the proximal centriole(pc) whose lumen is filled with electron-dense granular materials(dg). E) Longitudinal section of the middle and principal pieces. F) Cross section of the sperm tails from middle to end pieces. Note outer dense fibers(od) arranged in a horseshoe fashion, well-developed satellite fibers associated with the inner aspects of fibers 5 and 6, and bilobed fiber 1 fused in the outer aspect.
 a, acrosome; af, axial filament complex; bp, basal plate; fs, fibrous sheath; iam, inner acrosomal membrane; lc, longitudinal column; m, mitochondrion; mp, middle piece; n, nucleus; oam, outer acrosomal membrane; pn, post nuclear cap; pm, plasma membrane; pp, principal piece; sc, segmented column; te, terminal end of the middle piece.

Scale bars = 10 μm (A) and 0.5 μm (B~F).

납작하였다(Fig. 1C). 파동형의 매끈한 선체내막(inner acrosomal membrane)과 핵막 사이의 선체하강(subacrosomal space)은 전자밀도가 약간 높고 가늘고 굽은 손가락 모양의 첨단체(apical body)와 미세파립들로 채워져 있었고 후모(post-nuclear cap)의 길이는 핵의 길이의 $\frac{1}{2}$ 정도였다(Fig. 1B, 1C). 정자 미부에서, 경부의 근위중심체(proximal centriole)는 전자밀도가 높은 물질로 가득 채워져 있었고(Fig. 1D), 중편(middle piece)에서는 mitochondria가, 주부(principal piece) 주위에서는 섬유초(fibrous sheath)가 복합축사(axial filament complex)와 외측조대섬유(outer dense fiber)의 주변을 둘러싸고 있었다(Fig. 1E). 횡단면에서 말발굽 모양을 나타내는 9개의 외측조대섬유 중에서 No. 5, 6은 다른 것에 비해 크고 잘 발달된 위성섬유(satellite fiber)다발과 연결되어 있었고, No. 1은 그다지 크지는 않지만 외측으로 융합되어 내측으로 약하게 벌어진 2엽의 구조를 보였다(Fig. 1F). 외측조대섬유 No. 3과 8은 주부로 내려갈수록 작아지고 종부로 가까워질수록 종주주(longitudinal columns)와 융합해서 소실되었으며, 종부에서는 섬유초와 외측조대섬유도 소실되어 복합축사만이 관찰되었다(Fig. 1F).

제주땃쥐 *C. dsinezumi*

광학현미경으로 관찰한 제주땃쥐의 부정소 미부 정자는 커다란 선체를 가진 편평한 방패형의 두부와 긴 중편부를 포함한 미부를 가지고 있어 작은땃쥐의 정자와 유사하였다(Fig. 2A). 그러나 전술한대로 살아있는 정자를 관찰 할 수 없어 각 부위의 길이는 측정할 수 없었다. 전자현미경 관찰(Fig. 2B~2G)에 의하면 제주땃쥐의 정자는 다음과 같은 점에서 작은땃쥐와 구별되었다. 즉 선체하강은 텁니모양의 선체내막으로 둘러싸여 있었으며(Fig. 2B, 2C), 선체하강 내에서는 손가락 모양의 첨단체는 보이지 않고 미세파립만으로 구성된 첨단체가 관찰되었고(Fig. 2D), 후모는 작은땃쥐에서 보다 짧아 핵 길이의 $2/5$ 정도였다(Fig. 2C). 근위중심체는 낮은 전자밀도의 과립 물질을 조금 포함한 관상형 내강을 가지고 있었고(Fig. 2E), 외측조대섬유 No. 1은 그다지 크지는 않지만 내측으로 융합되면서 외측으로 벌어져 거의 2엽으로 나누어져 있었다(Fig. 2G).

우수리땃쥐 *C. lasiura*

광학현미경으로 관찰된 우수리땃쥐의 부정소 미부 정자

는 커다란 선체를 가진 편평한 방패형의 두부와 비교적 긴 중편부를 포함한 미부를 가지고 있어, 전술한 작은땃쥐 및 제주땃쥐의 정자와 형태적으로는 유사하였고(Fig. 3A), 각 부위별 길이는 두부장 $14.30 \pm 0.69 \mu\text{m}$ (n=50), 두부폭 $11.48 \pm 0.68 \mu\text{m}$ (n=50), 핵 기저부장 $5.71 \pm 0.35 \mu\text{m}$ (n=50), 중편부 $54.73 \pm 2.37 \mu\text{m}$ (n=48)를 포함한 미부장 $88.99 \pm 2.65 \mu\text{m}$ (n=49)으로서(Table 1), 우수리땃쥐의 정자가 작은땃쥐의 정자보다 큰 것을 알 수 있었다($p<0.05$, 단 미부장에서는 $p>0.05$). 전자현미경으로 관찰한 우수리땃쥐의 정자는 두부와 미부 모든 부분에서 제주땃쥐와 매우 유사하였다(Fig. 3B~3I).

고 칠

오늘날 모든 포유류의 공통선조로서 원시성을 보유하는 동물군으로 알려진 식충목(Insectivora)의 땃쥐과(Soricidae)는 2개의 아과로 구성되어있으며[3,20], 이빨 첨단부가 적갈색이며 이개가 거의 없고 굵기가 일정한 꼬리에 같은 길이의 긴 털이 있는 것은 뒤쥐아과(Soricinae)로, 이빨이 전부 백색이고 이개가 커서 털 밖으로 돌출되며 꼬리의 굵기가 끝으로 갈수록 가늘어지고 꼬리에 짧은 털과 긴 털이 섞여 있으면 땃쥐아과(Crocidurinae)로 분류되고 있다[5,13, 22,23]. 이들 아과 간의 계통유연관계는 allozyme을 이용한 전기영동[9] 및 핵형 분석[20] 등을 통해서 연구되어, 뒤쥐아과에 속하는 종들이 비교적 보수적인 반면 땃쥐아과에 속하는 종들은 보다 특수화된 종으로 구성되어 있음이 알려져 있다.

한편 이 두 아과가 정자의 형태에 의해서도 뚜렷이 구분됨은 전술한 바 있다. 본 연구에서 관찰한 제주땃쥐와 우수리땃쥐(땃쥐아과)의 정자의 형태는 서로 매우 유사하여, 두 종 모두 거대한 선체를 가진 두부, 텁니모양의 선체내막, 미세파립으로 구성된 일반적인 첨단체 그리고 낮은 전자밀도의 물질을 조금 포함한 관상형 근위중심체를 가지는 점에서 전형적인 땃쥐아과의 특징[4,10,14-17]을 가지고 있음이 밝혀졌다. 더욱이 정자의 크기면에서도 우수리땃쥐는 제주땃쥐와 매우 유사하였다[17]. 한편 작은땃쥐(땃쥐아과)의 정자는 거대한 첨체를 가지는 점에서 땃쥐아과의 특징을 나타내었으나, 파동형의 매끈한 첨체내막, 가늘고 굽은 손가락 모양의 첨단체 그리고 전자밀도가 높은 물질로 가득 채워진 근위중심체를 가지는 점 등, 정자의 미세구조면

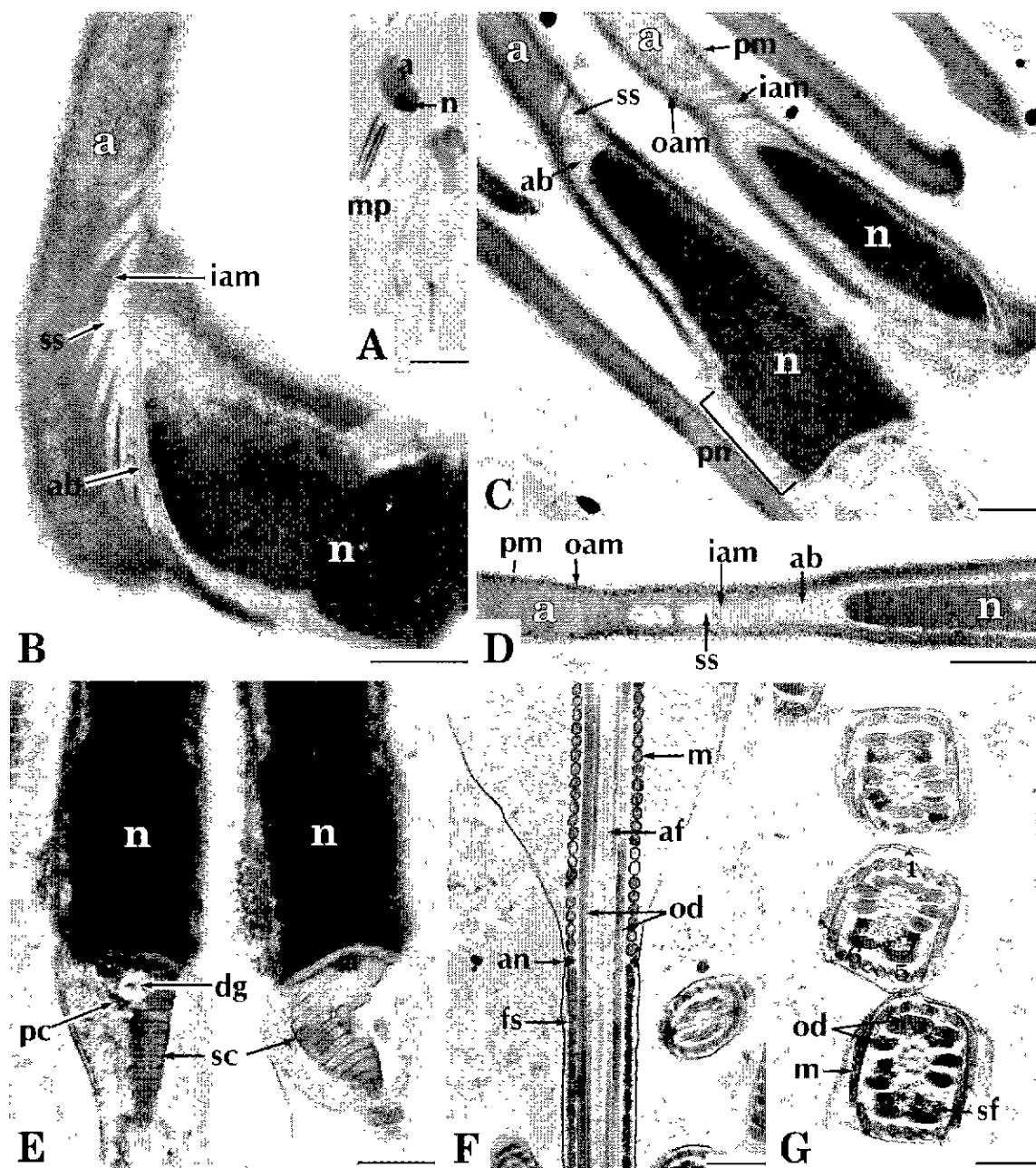


Fig. 2. Light and electron micrographs showing the sperm head and tail of *C. dsinezumi*.

A) Longitudinal section of the epididymal spermatozoa. B) Frontal section of a part of a large and flatten shield shaped head. C) Sagittal section of sperm heads with a common apical body(ab) in the subacrosomal space(ss) surrounded by the serrated inner acrosomal membrane(iam). D) Sagittal section of a head showing micro-granules in the apical body(ab). E) Longitudinal section of the sperm neck bearing the proximal centriole(pc) which has a fistulous lumen with a little electron-dense granular materials(dg). F) Longitudinal section of the junction of middle piece and principal piece. G) Cross section of the middle pieces of sperm tails. Note outer dense fibers(od) arranged in a horseshoe fashion, well-developed satellite fibers(sf) associated with the inner aspect of fibers 5 and 6, and bilobed fiber 1 fused in the inner aspect.

a, acrosome; an, annulus; bp, basal plate; m, mitochondrion, mp, middle piece; n, nucleus; oam, outer acrosomal membrane, pn, post nuclear cap; pm, plasma membrane; sc, segmented column.

Scale bars = 10 μm (A) and 0.5 μm (B~G).

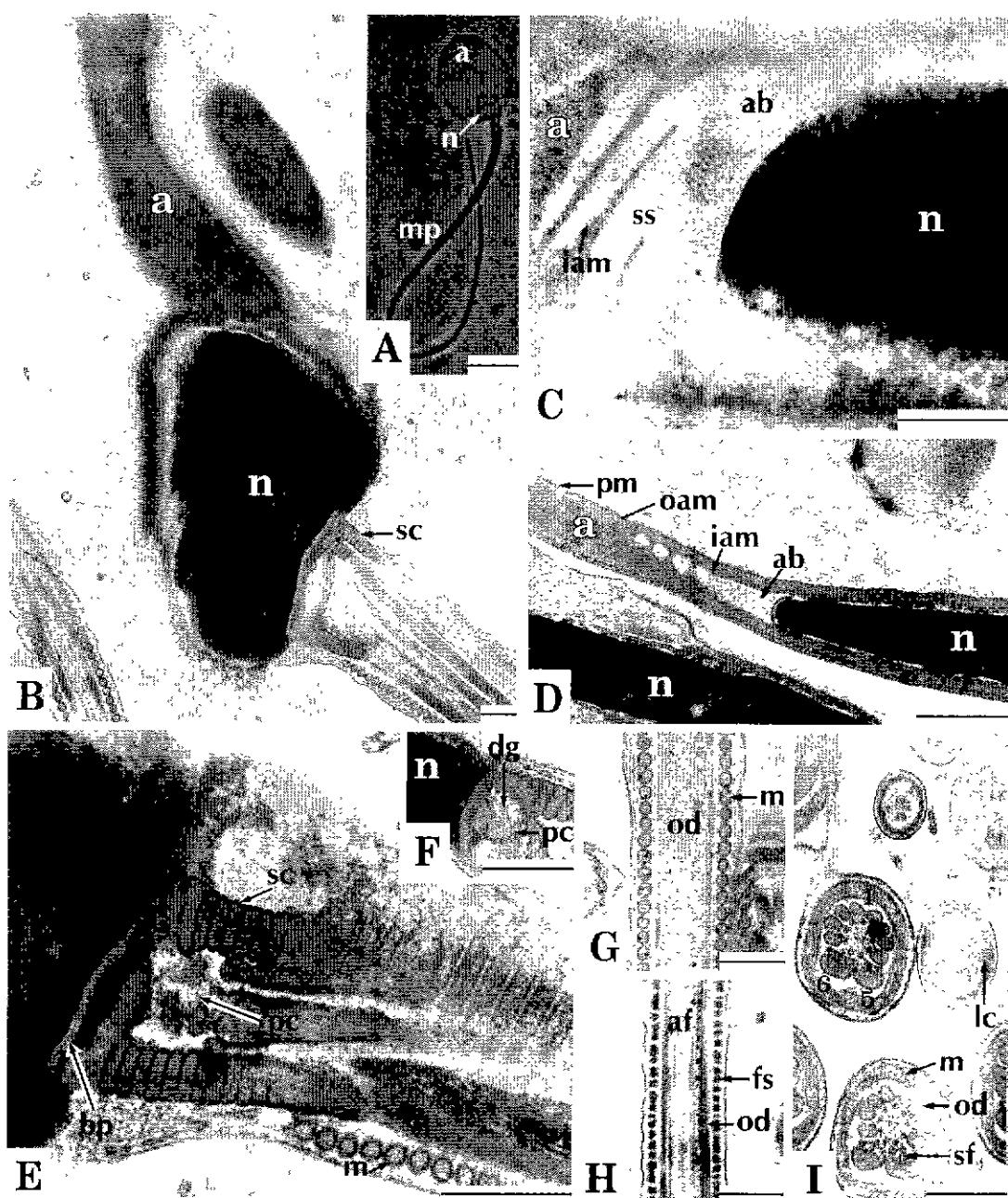


Fig. 3. Light and electron micrographs showing the sperm head and tail of *C. lasiura*, which are similar to those of *C. dsinezumi* in structure.

A) Planar view of an epididymal spermatozoon. B) Frontal section of a head. C) Frontal section of a head with a common apical body(ab) in the subacrosomal space(ss) surrounded by the serrated inner acrosomal membrane(iam). D) Sagittal section of a head showing micro-granules in the apical body. E) Sagittal section of the sperm neck. F) Sagittal section of the proximal centriole(pc) bearing a fistulous lumen with a little electron-dense granular materials(dg). G) Longitudinal section of the middle piece. H) Longitudinal section of the principal piece. I) Cross section of the sperm tails from middle to end pieces.
a, acrosome; af, axial filament complex; bp, basal plate; fs, fibrous sheath; lc, longitudinal column; m, mitochondrion; mp, middle piece; n, nucleus; oam, outer acrosomal membrane; od, outer dense fiber; pn, post nuclear cap; pm, plasma membrane; sc, segmented column; sf, satellite fibers.

Scale bars = 10 μm (A) and 0.5 μm (B~I).

에서 전형적인 뒤쥐아과의 특징[17,19]을 나타내므로, 작은땃쥐가 땃쥐아과에 속함에도 불구하고 뒤쥐아과의 특징을 보존하고 있음을 알 수 있다. 작은땃쥐에서처럼 뒤쥐아과와 땃쥐아과의 정자의 특성을 공유하는 또 다른 땃쥐류로서 땃쥐아과에 속하는 African shrew(*Myosorex varius*)가 알려져 있다[2]. Bedford 등[2]에 의하면 *M. varius*가 비록 땃쥐아과로 분류되어 있지만, 생식기관은 뒤쥐아과와 땃쥐아과의 조합된 특징(hybrid characters)을 가진다. 즉 이 종은 정관의 중앙부에 정자를 저장하는 점, 난관 팽대부에 많은 은와를 가지는 점, 제일극체가 보존되는 점, 및 정자의 일반적인 미세구조는 뒤쥐아과의 특징을 나타내지만, 가시형 음경을 가지는 점, 난관 협부에서 은와가 보이는 점, 배란 후 난모세포 주위에 난구가 장시간 유지되는 점, 및 정자가 커다란 선체를 가지는 점 등에서 땃쥐아과의 특징을 보이므로, Bedford 등[2]은 이종을 Crocidosoricinae의 1종으로 분류해야 한다고 주장하고 있다. 이와 같이 작은땃쥐 뿐만 아니라 African shrew에서도 뒤쥐아과와 땃쥐아과의 특징이 같이 관찰되는 점은 매우 흥미로우며, 이는 이들 땃쥐류에 아직도 뒤쥐아과의 보수적인 형질들이 잔존되어 있음을 시사하고 있다.

한편 위 3종의 계통유연관계에 대해서는 Han[11]에 의한 연구가 있다. 즉 Han은 외부측정치 및 두개골 측정치를 이용한 계측학적 및 비계측학적 분석을 통하여 우수리땃쥐와 제주땃쥐의 유연관계는 작은땃쥐와의 유연관계보다 크다고 밝히고, 또한 mtDNA의 cyt b를 이용한 분자계통학적 연구 결과를 통해서도 작은땃쥐가 나머지 두 종과 확실히 구분된다고 보고한 바 있다. 즉 Han의 수리분류학 및 분자계통학적 연구 결과도 정자미세구조에 의한 본 연구 결과와 매우 유사한 경향을 보이고 있음을 알 수 있다.

이상과 같이, 제주땃쥐 및 우수리땃쥐의 정자는 서로 유사한 형태를 가지며 미세구조면에서 전형적인 땃쥐아과의 정자의 특징을 나타내었으나, 작은땃쥐는 이들과 정자형태면에서 매우 다름을 알 수 있었다. 즉 작은땃쥐는 위의 2종과 같은 땃쥐아과에 속하지만 정자의 미세구조면에서 뒤쥐아과의 특징을 보유하고 있어, 이는 작은땃쥐에 뒤쥐아과의 보수적인 형질이 잔존해 있음을 시사하고 있다.

요 약

한국에 서식하는 땃쥐아과(Crocidurinae)에 속하는 땃쥐

속 3종, 작은땃쥐(*Crocidura suaveolens*), 제주땃쥐(*C. dsinezumi*) 및 우수리땃쥐(*C. linsiura*)의 부정소 미부 정자의 형태와 미세구조를 광학현미경과 전자현미경으로 비교 연구하였다.

제주땃쥐와 우수리땃쥐의 정자는 일반적 형태와 미세구조에서 차이가 거의 없었고 거대한 선체를 가진 두부, 톱니 모양의 선체내막, 일반적인 첨단체 그리고 낮은 전자밀도의 물질을 조금 포함한 관상형 근위중심체 등의 전형적인 땃쥐아과의 특징을 나타내었다. 한편 작은땃쥐는 위의 2종과는 정자의 형태면에서 뚜렷이 구분되며, 정자 두부에 거대한 선체를 가지는 점에서 전형적인 땃쥐아과의 특징을 보이지만, 미세구조면에서 뒤쥐아과의 특징인 매끈한 선체내막, 가늘고 굽은 손가락 모양의 첨단체 그리고 전자밀도가 높은 물질로 가득 채워진 근위중심체를 가져, 뒤쥐아과의 형질이 잔존해 있는 것으로 생각되었다.

참 고 문 헌

1. Bedford, J. M. 1974. Biology of primate spermatozoa. pp. 97-139, In Luckett, W. P. (ed.), *Contribution to primatology*. Vol. 3, Karger, Basel.
2. Bedford, J. M., R. T. F. Bernard and R. M. Baxter. 1998. The 'hybrid' character of the gametes and reproductive tracts of the African shrew, *Myosorex varius*, supports its classification in the Crocidosoricinae. *J. Reprod. Fert.* **112**, 165-173.
3. Churchfield, S. 1990. *The Natural History of Shrews*. pp. 1-11, A & C black Ltd., London.
4. Cooper, G. W. and J. M. Bedford. 1976. Asymmetry of spermiation and sperm surface charge patterns over the giant acrosome in the musk shrew *Suncus murinus*. *J. Cell Biol.* **69**, 349-436.
5. Corbet, G. B. 1978. *The mammals of the palaearctic region: a taxonomic review*, British Museum (Nat. Hist.). pp. 18-30, Cornell Univ. Press, London.
6. Fawcett, D. W. 1970. A comparative view of sperm ultrastructure. *Biol. Reprod. Suppl.* **2**, 90-127.
7. Fawcett, D. W. and D. M. Phillips. 1970. Recent observations of the ultrastructure and development of the mammalian spermatozoon, pp. 13-28, In Baccetti B. (ed.), *Comparative spermatology*, Academic Press, New York.
8. Friend, G. F. 1936. The sperms of the British Muridae.

- Quart. J. Micr. Sci. 78, 419-443.
- 9. George, S. B. 1986. Evolution and histological biogeography of soricine shrews. *Syst. Zool.* 35, 153-162.
 - 10. Green, J. A. and G. L. Dryden. 1976. Ultrastructure of epididymal spermatozoa of the Asiatic musk shrew, *Suncus murinus*. *Biol. Reprod.* 14, 327-331.
 - 11. Han, S. H. 1997. Phylogenetic study of the small mammals in Korea. Ph. D. Dissertation, Univ. of Hokkaido.
 - 12. Hughes, R. L. 1965. Comparative morphology of spermatozoa from five marsupial families. *Aust. J. Zool.* 14, 533-543.
 - 13. Jones, J. K. Jr. and D. H. Johnson. 1960. Review of the Insectivores of Korea. *Univ. Kansas Publ., Mus. Nat. Hist.* 9, 551-578.
 - 14. Koehler, J. K. 1977. Fine structure of spermatozoa of the Asiatic musk shrew, *Suncus murinus*. *Am. J. Anat.* 149, 135-152.
 - 15. Mori, T. 1994. Phylogenetic implications of sperm ultrastructure in Japanese insectivores, *Sci. Mamm. Japan*, 34, 51-57.
 - 16. Mori, T. and T. A. Uchida. 1985. Fine structure of the spermatozoon of the house musk shrew, *Suncus murinus*, pp. 335-351, In Oda, S., J. Kitoh, K. Ota and G. Isomura (eds.), *Suncus murinus - Biology of the Laboratory Shrew*, Japan Sci. Soc. Press (JSSP), Tokyo.
 - 17. Mori, T., S. Arai, S. Shiraishi and T. A. Uchida. 1991. Ultrastructural observations on spermatozoa of the Soricidae, with special attention to a subfamily revision of the Japanese water shrew *Chimarrogale himalayica*, *J. Mamm. Soc. Japan* 16, 1-12.
 - 18. Mossman, H. W. 1953. The genital system and the fetal membranes as criteria for mammalian phylogeny and taxonomy. *J. Mamm.* 34, 289-298.
 - 19. Ploen, L., H. Ekwall and B. A. Afzelius. 1979. Spermiogenesis and the spermatozoa of the European common shrew (*Sorex araneus* L.). *J. Ultrastruct. Res.* 68, 149-159.
 - 20. Tsuchiya, K. 1985. The chromosomes of Insectivora, pp. 51-67, In Oda, S., J. Kitoh, K. Ota and G. Isomura (eds.), *Suncus murinus - Biology of the Laboratory Shrew*, Japan Sci. Soc. Press (JSSP), Tokyo.
 - 21. Uchida, T. A. and T. Mori. 1972. Electron microscope studies on the fine structure of germ cells in Chiroptera I. Spermiogenesis in some bats and notes on its phylogenetic significance. *Sci. Bull. Fac. Agr. Kyushu Univ.* 26, 399-418.
 - 22. Won, P. H. 1967. *Illustrated encyclopedia and fauna and flora of Korea*. pp. 259-283, Vol. 7, Ministry of education, Korea.
 - 23. Yoon, M. H. 1992. *Wild animals*. pp.17-27, Daewonsa Publishing Co., Ltd., Korea.

(Received December 20, 2000; Accepted January 22, 2001)