

별늑대거미 (*Pardosa astrigera* L. Koch) 서폐의 미세구조

임 형 수 · 문 명 진

Fine Structure of Book Lung in the Wolf Spider, *Pardosa astrigera*

Lim, Hyoung Soo and Myung Jin Moon

(Received December 13, 1993)

ABSTRACT

The book lung in the wolf spider, *Pardosa astrigera* was consisted of a series of flattened triangular-shaped air sacs, stacked with about 70 sheets, and was located in the ventrolateral region of opisthosoma. Each hemolymph spaces (average $8\mu\text{m}$ in thickness) surrounded by the air sacs (average $6\mu\text{m}$ in thickness).

The air sacs was supported by cylindrical cuticular spikes of microfibril bundles. Epithelial cell processes surrounded the hemolymph spaces. The nuclei of the epithelial cells were concentrated near the atrium. In the middle portion of air sac, the epithelial cells formed pillars across the hemolymph spaces and spot desmosome and zonula adherens were seen between the plasma membranes. In the hemolymph space of this spider, granular hemocytes (average diameter $8\mu\text{m}$) were the most dominant type of hemocytes.

In the medial sinus, the hemolymph flow between the air sacs of a paired book lungs and then flow out of the lung vein. The air comes in the atrium through the ventral lung slit and makes a tidal wave in and out of the air sacs.

서 론

생명 유지에 있어서 중요한 장치 중의 하나인 동물의 호흡기관은 종에 따라 매우 다양한 형태로 진화되어 왔다. 어류는 아가미(gill)라는 특수한 형태의 수중 호흡기관을 가지고 있어 수서 환경에서의 호흡이 가능하며

(Laurent and Dunel, 1980), 대부분의 곤충류에서는 기관계(tracheal system)가 체내에 분지되어 있어 공기의 통로가 직접 조직 내부까지 도달하여 호흡이 일어난다(Evans, 1984).

정주성 거미와 배회성 거미로 구분되는 거미류는 두 종류의 서로 다른 호흡기관 즉, 한 쌍의 서폐(책허파, book lung)와 몸 전체에 가지를 친 한 쌍 내지 두 쌍의

기관계(tracheae)를 가지고 있는 바(Foelix, 1982), 이 중 서폐는 곤충류보다는 척추동물에서 일어나는 호흡방식과 상당히 유사한 호흡기관으로 알려져 있다(Anderson and Prestwich, 1982).

거미의 서폐에 대한 연구는 호흡율 및 대사율에 관한 생리학적인 측면(Anderson, 1970; Humphreys, 1977; Mcqueen, 1980; Herreid *et al.*, 1981; Anderson and Prestwich, 1982; Markezich, 1993a; Markezich, 1993b)과 호흡기작에 대한 연구(Moore, 1976; Hill, 1977)가 이루어져 왔으며, 근래에는 서폐의 형태계측학적인 연구를 통하여 체중과 크기에 따른 거미 서폐의 호흡률에 관한 연구도 보고되었다(Anderson and Prestwich, 1980; Strazny and Perry, 1984; Opell, 1990; Reisinger *et al.*, 1990).

배회성거미 서폐의 형태학적인 연구는 주로 가계거미과(Anderson and Prestwich, 1980)와 접시거미과(Strazny and Perry, 1984)의 몇몇 종에 대해 수행되었고, 다른 종을 대상으로 관찰된 결과는 미흡하며, 그나마 국내에서는 보고된 바 없는 실정이다.

따라서 본 연구는 늑대거미과 별늑대거미의 서폐를 실험 재료로 광학현미경과 투과 및 주사 전자현미경을 이용하여 서폐의 기본 골격을 이루는 조직과 비세포성 구조물의 미세구조를 관찰하고, 이를 토대로 서폐를 통한 혈림프의 유동 경로와 거미류의 호흡 경로를 규명하였다.

재료 및 방법

본 실험에 사용된 재료는 8월부터 10월에 걸쳐 충남 천안시 안서동 소재 단국대학교 주변에서 채집한 배회성 거미인 별늑대거미(*Pardosa astrigera* L. Koch)를 사용하였다.

거미의 두흉부를 제거한 복부 마디 전체를 10% 중성 formalin에 고정된 후, paraffin으로 포매하여 약 5-7 μ m의 두께로 절편을 제작하였으며, Hematoxylin-Eosin 염색하여 광학현미경으로 관찰하였다.

투과 전자현미경 관찰을 위한 시료는 복부의 배면을 현미경하에서 해부하여 서폐를 적출한 후, 2.5% paraformaldehyde-glutaraldehyde(4°C, pH 7.4, 0.1M phosphate buffer) 혼합액에 전고정하였다. 수세 후, 1% osmium tetroxide(4°C, pH 7.4)로 후고정하였으

며, ethanol 농도 상승순으로 탈수하였다. 조직은 propylene oxide로 치환하여 Epon-Araldite 혼합액에 포매하였다. 이어서 LKB ultramicrotome으로 초박절편을 제작한 다음, uranyl acetate와 lead citrate로 이중 염색하고 JEOL 100CX-II형 전자현미경으로 80kV에서 관찰하였다.

주사 전자현미경 관찰을 위한 시료는 2.5% paraformaldehyde-glutaraldehyde와 1% osmium tetroxide로 각각 전·후고정한 후, 탈수 및 치환 과정을 거친 다음, freeze dryer로 건조하였다. 건조된 서폐는 gold coating한 후, Hitachi S-2500형 주사 전자현미경으로 20kV에서 관찰하였다.

결 과

별늑대거미의 서폐는 측복부의 복강 속에 한 쌍이 위치하고 있었다. 표면은 얇은 큐티클에 의해 덮여 있었고, 뒷쪽 가장자리를 따라서 형성된 작은 틈(lung slit)에 의해 체외로 개구되어 있었으며, 틈 속으로는 각각의 기낭과 연결된 기공(atrium)을 가지고 있었다(Fig. 1).

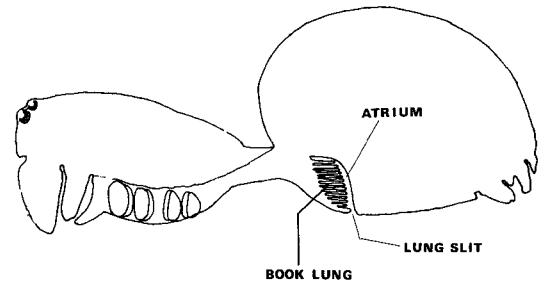


Fig. 1. Diagrammatic drawing of location of book lung, lung slit and atrium. Note that the book lungs were a pair of organ, located in the ventrolateral region of the opisthosoma. The atrium was opened on the external abdominal surface in the lung slit.

서폐의 공기유동 공간이 되는 넓고 편평한 삼각형의 기낭(air sac)은 평균 70개씩 등쪽으로 포개져 배열되어 있었다. 이들의 크기는 외측에서부터 내측으로 갈수록 점차 증가하였고, 각 기낭 사이에는 혈림프의 유동 공간이 형성되어 있었다(Fig. 2). 주사 전자현미경 사진에서 각 기낭의 표면은 각질층으로 덮혀 있었고, 기공을 제외

한 나머지 부위에서는 각 기낭의 말단부가 폐쇄되어 있음이 관찰되었다(Fig. 3). 기낭의 두께는 평균 $6\mu\text{m}$ 이었고, 각 기낭 사이에는 혈림프 공간이 평균 $8\mu\text{m}$ 의 두께를 가지고 있었으며, 기낭의 표면에서는 혈구들이 다수 관찰되었다(Fig. 4).

기낭 속에서는 평균 $3\mu\text{m}$ 의 원주상의 큐티클 지주(cuticular spike)들이 관찰되었다. 이들은 약 $3.5\mu\text{m}$ 간격에 격자상으로 배열되어 기낭의 상판과 하판 사이의 공간을 유지하고 있었으며, 기공 부위에서는 망상 구조를 이루고 있었다. 기낭의 중간부위에서는 큐티클 지주가 하판에서 상판쪽으로 돌출되어 융합되는 것이 관찰되었다(Figs. 5, 6).

투과 전자현미경으로 관찰한 서폐의 내부 구조는 전자밀도가 낮은 기낭과 전자밀도가 높은 혈림프 공간이 교대로 배열된 암대와 명대의 규칙적 배열이 관찰되었다. 기낭은 큐티클로 이루어진 각질층과 미세사의 다발로 된 큐티클 지주에 의해 기본 골격이 유지되고 있었고, 혈림프 공간은 기낭과 기낭 사이에 원형질 돌기를 뺀 상피세포에 의해 둘러싸여 있었다(Fig. 7).

혈림프 공간에 분포된 상피세포의 핵은 주로 기공 주변부에 집중되어 있었고, 이질 염색질이 핵막 주변에 분포하였으며, 세포질내 세포소기관의 발달은 미약하였다(Fig. 8). 가늘고 긴 원형질 돌기를 뺀 상피세포의 세포질은 주변의 혈림프나 큐티클 지주에 비해 전자밀도가 낮아서 구분되었으며, 큐티클 지주 내부에서는 상피세포의 세포질 잔여체가 관찰되었다(Fig. 9). 또한 상피세포는 기낭의 중간부위에서 반대편에 놓여있는 세포와 연결을 이루어 기둥과 같은 형태를 취하고 있었으며, 인접한 상피세포들과는 spot desmosome과 zonula adherens에 의해 연결되어 있었다(Fig. 10).

혈림프 공간에 유동중인 혈구의 대부분은 직경 약 $8\mu\text{m}$ 인 과립혈구(granular hemocyte)인 것으로 관찰되었고, 다른 혈구 종류는 거의 관찰되지 않았다(Fig. 11). 과립 혈구는 중앙에 타원형의 핵을 가졌으며, 세포질 내부에는 전자밀도가 높은 평균 직경 $0.9\mu\text{m}$ 의 과립이 집적되어 있었다(Fig. 12).

서폐를 통한 혈림프와 공기의 유동 경로는 다음과 같이 관찰되었다. 먼저 혈림프는 복강의 내부에서 좌우의 서폐로 유입되며, 각각의 기낭 사이에 형성된 혈림프 공간을 거쳐, 서폐의 반대쪽으로 나와 폐정맥으로 유동되었다(Fig. 13). 그리고 서폐를 통한 공기의 유동경로는

거미 복부 하면에 한 쌍의 틈을 통해 기공으로 유입된 공기가 각각의 기낭으로 나누어져 말단부가 폐쇄되어 있는 기낭의 내부를 순환하게 되고, 다시 기공으로 나와 동일한 경로를 거쳐 체외로 방출됨이 확인되었다(Fig. 14).

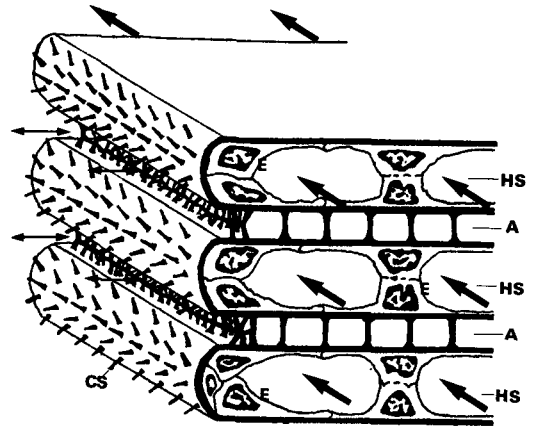


Fig. 13. Schematic diagram of pathway hemolymphs of in book lung of the spider. In the medial sinus the hemolymphs flow between the air sacs of a paired book lungs. The hemolymphs flow out to the lung vein, after passing between air sacs (A). Note the network of cuticular spikes (CS) near the atrium and flow of air (small arrow) and hemolymph (large arrow). E: epithelial cell. HS: hemolymph space.

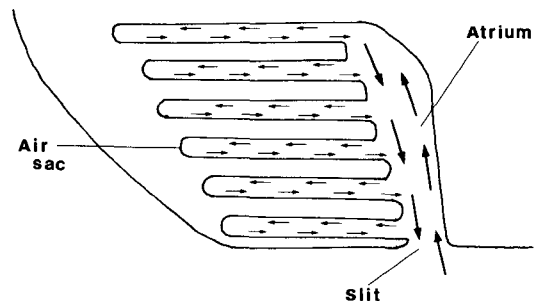


Fig. 14. Schematic diagram of air pathway in book lung of the spider. The air flow through lung slits into the atrium then reach the tip of air sacs. The influxed air is discharge into air sacs then release via against the same influxed pathway after circulation.

고 찰

거미의 호흡기관인 서폐는 한 쌍 내지 두 쌍이 복부 하면에 위치하며, 수평으로 된 기낭은 혈림프 공간과 엇갈려 마치 책장과 같이 형성되어 있다(Foelix, 1982). 본 실험에서 관찰된 늑대거미과의 별늑대거미는 한 쌍의 서폐를 가지고 있었으며, 그 기본 골격은 삼각형 모양의 기낭 내부에 큐티클 지주를 가지고, 각 기낭 사이에 혈림프 공간이 상피세포에 의해 둘러싸여 있는 구조로 관찰되었다. 배회성 거미류 중 두 쌍의 서폐를 가지는 점시거미과(Anderson and Prestwitch, 1980), 독거미과(Reisinger *et al.*, 1990)나 한 쌍을 가지는 가계거미과의 서폐에서도 거의 동일한 기본 골격이 유지되고 있으며(Strazny and Perry, 1984), 정주성 거미인 응달거미과(Opell, 1990)나 왕거미과의 서폐에서도 이와 유사한 구조가 보고된 바 있다(Anderson and Prestwitch, 1980).

서폐내 공기의 유동 공간이 되는 기낭은 큐티클 물질로 이루어져 있고, 기낭 내부의 상판과 하판 사이를 받치고 있는 큐티클 지주는 미세사들의 다발로 이루어져 있음이 본 실험에서 확인되었는데, Peters(1969)에 의해서도 유사한 결과가 보고된 바 있다. Reisinger등(1990)은 지주의 속이 비어있는 것을 관찰하고, 이 빈 공간에 세포질이나 혈림프가 들어 있을 것이라 추측하였는데, 본 실험에서 이들의 내부에 상피세포의 원형질 잔여체가 존재하는 것이 확인되어 큐티클 지주도 상피세포로부터 형성되는 구조임을 알 수 있었다.

Reisinger등(1990)은 다각형 내지는 6각형의 상피세포들이 마주하는 기낭 사이 혈림프 공간에서 기둥과 같은 형태를 취한다고 보고하였다. 상피세포의 기둥과 같은 형태는 왕거미과(Anderson and Prestwitch, 1980)나 가계거미과(Strazny and Perry, 1984)의 서폐에서도 동일한 구조로 보고되었는데, 이러한 구조는 대사적 조절 이외에 기낭의 수축력 분산에 관여할 것이라 보고하였다(Reisinger *et al.*, 1990). 본 실험에서 인접 상피세포간의 연결부에서는 spot desmosome과 zonula adherens와 같은 연결이 관찰되었는데, 이러한 구조도 혈림프의 유동과 서폐의 물결운동을 통한 호흡시(Anderson, 1970; Herreid *et al.*, 1981) 발생하는 수축력 분산에 도움이 될 것으로 추정된다.

거미의 심장에서 관찰되는 혈구는 크게 과립혈구(granular hemocyte), 무정형혈구(plasmatocytoid)와 편도혈구(oenocytoid)로 알려졌으며(Sherman, 1973), 과립혈구와 무정형혈구는 포식작용에 관여하고 편도혈구는 혈구의 단백질 공급원이며 큐티클 형성에 관여하는 것으로 알려졌다(Chapman, 1982). 별늑대거미 서폐의 혈림프 공간에는 주로 과립혈구만이 관찰되었고, 다른 유형의 혈구는 관찰할 수 없었는데, 이는 과립혈구의 기능이 이물질에 대한 세포성 면역반응을 주도하는 면역혈구라는 점(Chang *et al.*, 1992)과 대부분의 절지동물에서 과립혈구가 체내 혈구의 대부분을 차지한다는 보고(Gupta, 1986) 등으로 미루어, 거미의 서폐에서도 외부로부터 유입되는 이물질에 대한 면역작용이 서폐의 기낭과 혈림프 공간에서도 일어날 것으로 사료된다.

혈림프의 체내 유동 경로는 등쪽에 위치한 심장에서 대동맥을 따라 두흉부로 유입된 후, 각 조직 사이를 흘러 복부 중앙의 혈동(sinus)으로 모이고, 다시 서폐를 지나 폐정맥(lung vein)에서 심장으로 유입됨이 보고되었으나(Martin, 1974; Moore, 1976; Hill, 1977), 서폐내에서의 정확한 유동 경로는 확인되지 않았다. 본 실험에서 주사 및 투과 전자현미경 관찰을 통하여 혈림프 공간이 각 기낭 사이에 열려진 공간으로 남아있다는 관찰 결과와, 기낭 사이의 혈림프 공간을 통해 유동중인 혈구의 존재 등으로 미루어 혈림프가 서폐내로 유입되어 각 기낭 사이 공간을 지난 후, 외측으로 유출되어 폐정맥으로 모이는, 서폐내 혈림프의 유동 경로가 최종적으로 확인되었다.

폐쇄근육에 의한 숨구멍의 개폐로 유입된 공기가 기관(trachea)과 기관지(tracheole)를 통해 조직내로 직접 전달되는 곤충의 호흡기관과는 달리(Wigglesworth, 1976; Evans, 1984), 거미의 호흡기관인 서폐에서는 이산화탄소의 순환적 방출에 의해 기낭이 움직이는 능동수송(Robinson and Paim, 1969; Herreid *et al.*, 1981)과 기공 후벽의 전·후진 운동으로 공기가 유입되는 방법(Moore, 1976; Hill, 1977) 등 두가지 기작이 보고되고 있다.

기공을 통해 서폐로 유입된 공기는 각 기낭의 외측부로 들어갈 것으로 추정되었는데(Hill, 1977), 본 실험에서는 체외에서 서폐로 유입되는 공기의 통로가 체표에 형성된 한 쌍의 틈(lung slit) 뿐이며, 기공벽에 근육이 형성되어 있고, 기낭은 기공 부위를 제외한 말단부가 모

두 막혀 있다는 것이 관찰되었다. 따라서, 기공벽 근육의 수축에 의해 틈이 개폐되면, 기공으로 유입된 공기는 각 기낭으로 들어가 순환한 후, 다시 동일한 경로를 거쳐 방출된다는 것을 확인할 수 있었다.

또한 기낭의 큐티클 지주는 기낭의 중간부위에서 상판과 하판을 연결하는 경화된 구조를 형성하고 있어 기낭 폭의 증감이 일어나기 힘든 점으로 미루어 서폐를 통한 공기 유동의 원동력은 Robinson과 Paim(1969) 및 Herreid등(1981)에 의해 보고된 기낭의 능동 수송 외에도 기공 후벽의 수축에 의해서도 일어날 것으로 사료된다.

결 론

별늑대거미(*Pardosa astrigera* L. Koch)의 서폐는 복부 하면에 위치하며 편평한 삼각형의 기낭이 평균 70개씩 책장과 같이 등쪽으로 포개져 복강의 혈림프와 접하고 있었다. 각각의 혈림프 공간(평균 $8\mu\text{m}$ 두께)은 각 질의 기낭(평균 $6\mu\text{m}$ 두께)에 의해 둘러싸여 있었다.

기낭의 내부공간은 미세사의 다발로 된 원주상의 큐티클 지주들에 의해 유지되어 있었고, 혈림프 공간은 상피세포의 원형질 돌기에 의해 둘러싸여 있었다. 상피세포의 핵은 기공 주변에 모여 있었고, 기낭의 중간부위에서 맞은 편 세포와 연결을 이루어 세포 기둥을 형성하고 있었다. 상피세포의 원형질막은 spot desmosome과 zonula adherens에 의해 연결되어 있었고, 혈림프 공간에 유입 중인 혈구의 대부분은 과립혈구(평균 직경 $8\mu\text{m}$)들이었다.

혈림프는 거미 중앙부에서 양쪽 서폐의 기낭 사이로 유입된 후, 서폐의 외측에서 폐정맥으로 유출되었다. 또한 서폐를 통한 공기의 유동은 복부 하면의 틈을 통해 기공으로 유입되어, 폐쇄된 각 기낭의 말단부까지 도달된 후, 다시 동일한 경로를 거쳐 체외로 유출됨이 확인되었다.

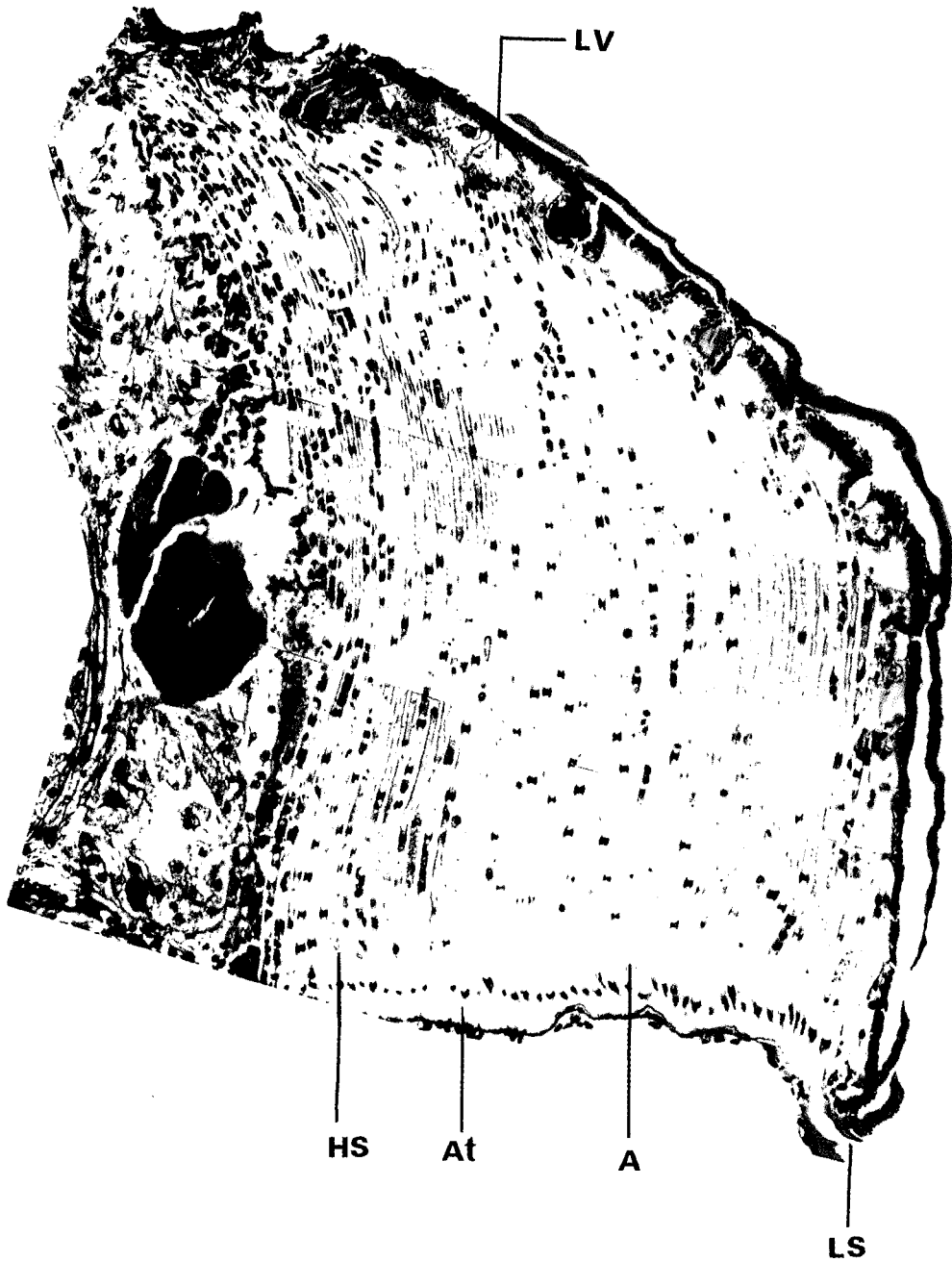
참 고 문 헌

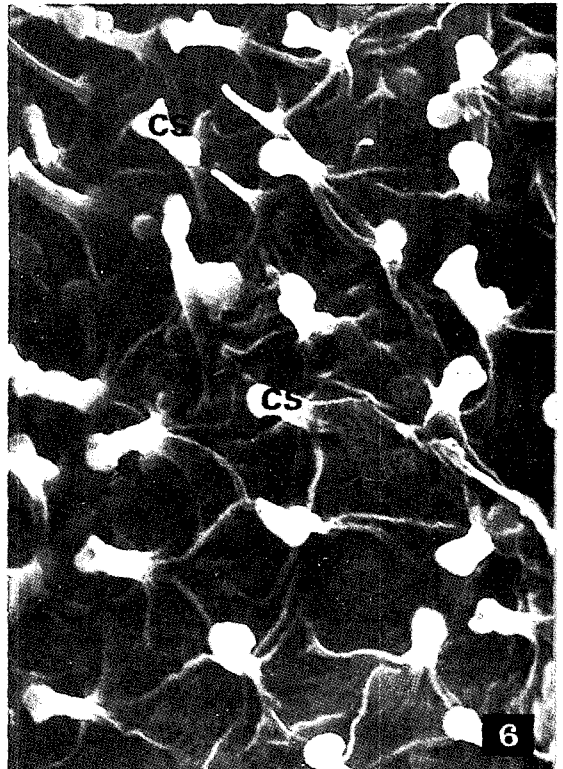
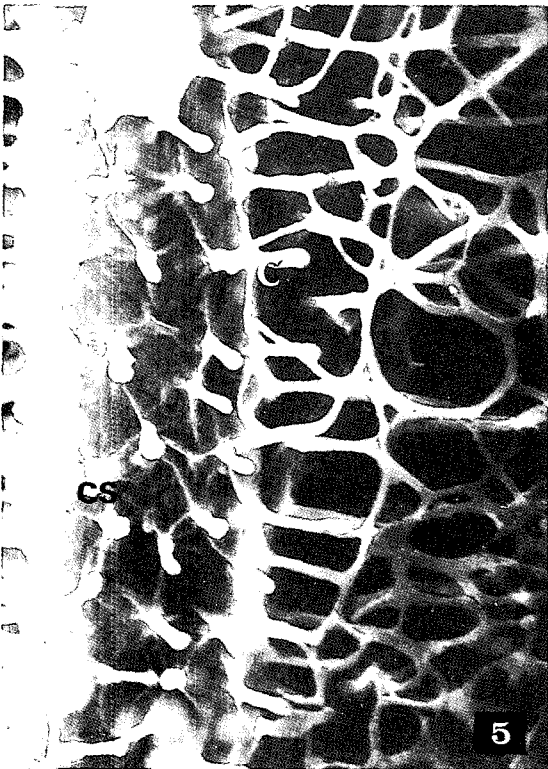
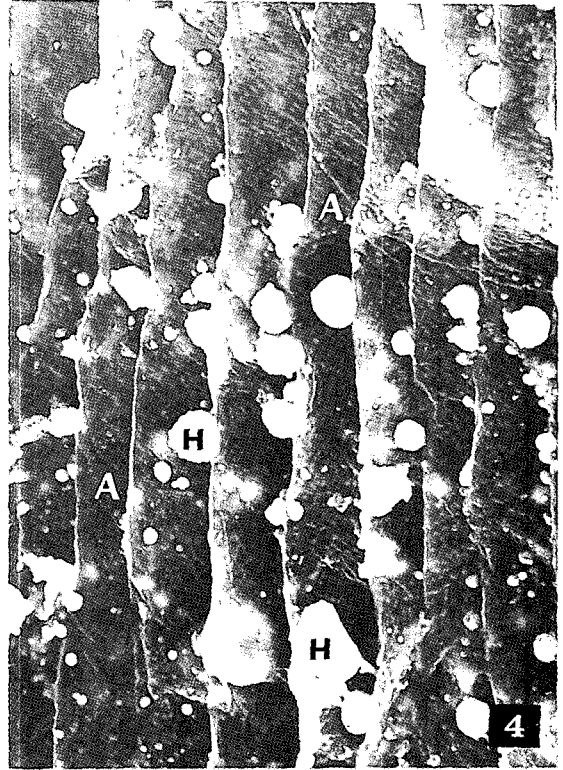
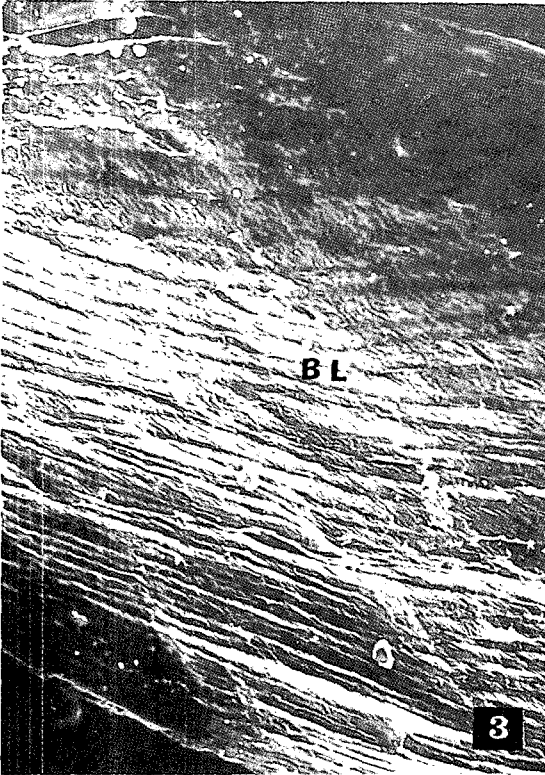
- Anderson, J.F. 1970. Metabolic rates of spiders. *Comp. Biochem. Physiol.* 33, 51-72.
- Anderson, J.F. and K.N. Prestwich 1980. Scaling of subunit structures in book lungs of spiders (Araneae). *J. Morphol.* 165, 167-174.
- Anderson, J.F. and K.N. Prestwich 1982. Respiratory gas exchange in spiders. *Physiol. Zool.* 55, 72-90.
- Chang, B.S., M.J. Moon, S.S. Han, and S.M. Yoe 1992. Cellular immune response of the grasshopper, *Euprepocnemis shirakii* bolivar following injection of *Bacillus subtilis*. *Korean J. Zool.* 35, 383-394.
- Chapman, R.F. 1982. *The Insects: Structure and Function*. Macmillan Press, 529-553.
- Evans, H.E. 1984. *Insect Biology*. Addison-Wesley Co., 24-29.
- Foelix, R.F. 1982. *Biology of Spiders*. Harvard Univ. Press, Cambridge, 63-68.
- Gupta, A.P. 1986. *Arthropod Immunocytes. In: Hemocytic and Humoral Immunity in Arthropods* (Gupta, A.P.). John Wiley and Sons, New Jersey, 3-61.
- Hill, D.E. 1977. Some observations on the physiology of living *Lyssomanes viridis* which should apply to the Araneae in general. *Peckhamia* 1, 41-44.
- Herreid, C.F., L.W. Lee, and R. Spampata 1981. How do spiders breathe? *Am. Zool. Abst.* 21, 917.
- Humphreys, W.F. 1977. Respiration studies on *Geolycosa godeffroyi* (Araneae: Lycosidae) and their relationship to field estimates of metabolic heat loss. *Comp. Biochem. Physiol.* 57A, 255-263.
- Laurent, P. and S. Dunel 1980. Morphology of gill epithelia in fish. *Am. J. Physiol.* 238, 147-159.
- Markezich, A.L. 1993a. Water loss and its relationship to respiratory metabolism in two sympatric araneid spiders *Argiope aurantia* and *Argiope trifasciata*. *Comp. Biochem. Physiol.* 104A, 475-478.
- Markezich, A.L. 1993b. Seasonal respiratory metabolism of two sympatric araneid spiders. *Comp. Biochem. Physiol.* 104A, 561-564.
- Martin, A.W. 1974. Circulation in invertebrates. *Ann. Rev. Physiol.* 36, 171-186.
- Mcqueen, D.J. 1980. Active respiration rates for the burrowing spider *Geolycosa domifex* (Hancock). *Can. J. Zool.* 58, 1066-1074.

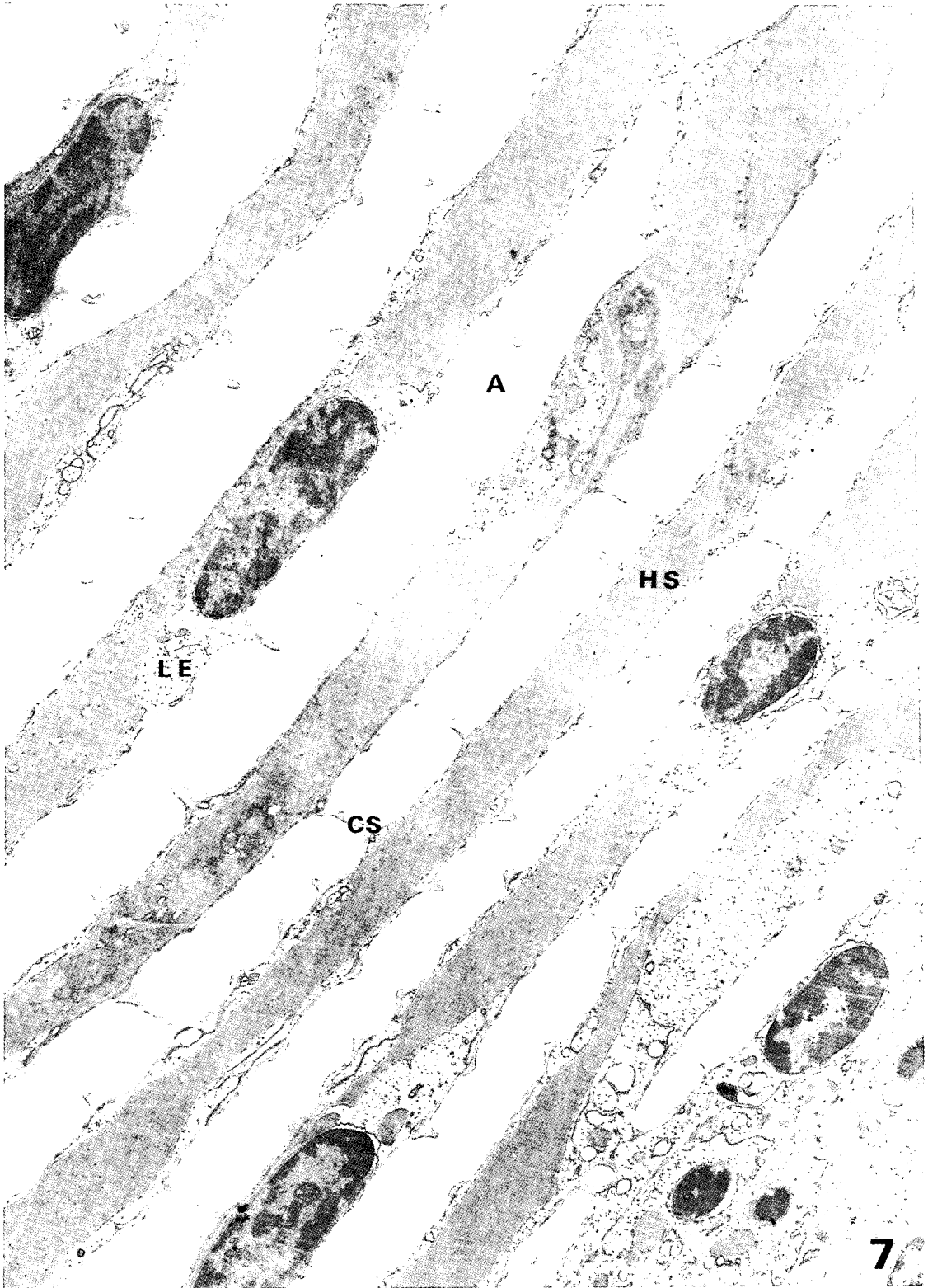
- Moore, S.J. 1976. Some spider organs as seen by the scanning electron microscope, with special reference to the book-lung. Bull. Br. Arachnol. Soc. 3, 177-187.
- Opell, B.D. 1990. The relationship of book lung and tracheal systems in the spider family Uloboridae. J. Morphol. 206, 211-216.
- Peters, W. 1969. Die Feinstruktur der Kutikula von Atemorganen einiger Arthropoden. Z. Zellforsch. mikrosk. Anat. 93, 336-355.
- Reisinger, P.W.H., P. Focke, and B. Linzen 1990. Lung morphology of the tarantula, *Eurypelma californicum* Ausserer, 1871 (Araneae: Theraphosidae). Bull. Br. Arachnol. Soc. 8(6), 165-170.
- Robinson, G.L. and U. Paim 1969. Regulation of external respiration by the book-lung spiracles of the spider, *Araneus diadematus* Clerck and *A. marmoreus* Clerck. Can. J. Zool. 47, 355-364.
- Sherman, R.G. 1973. Ultrastructurally different hemocytes in a spider. Can. J. Zool. 51, 1155-1159.
- Strazny, F. and S.F. Perry 1984. Morphometric diffusing capacity and functional anatomy of the book lungs in the spider *Tegenaria spp.* (Agelenidae). J. Morphol. 182, 339-354.
- Wigglesworth, V.B. 1976. The Principles of Insect Physiology. Chapman and Hall, London, 357-410.

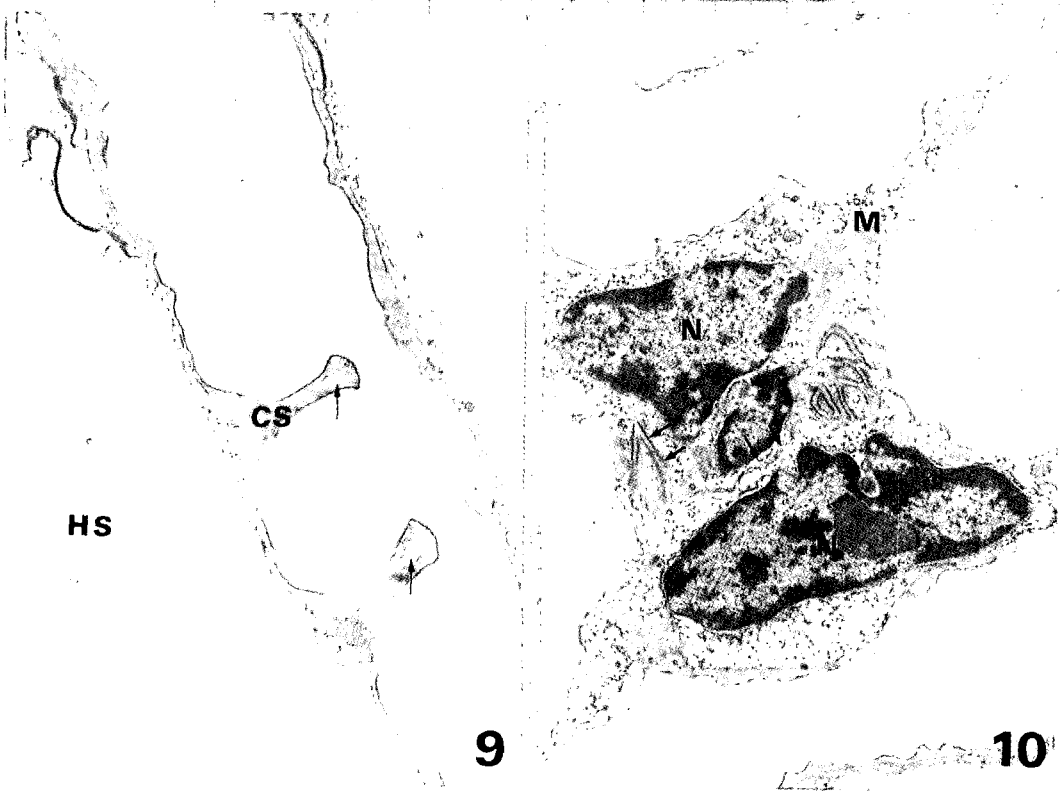
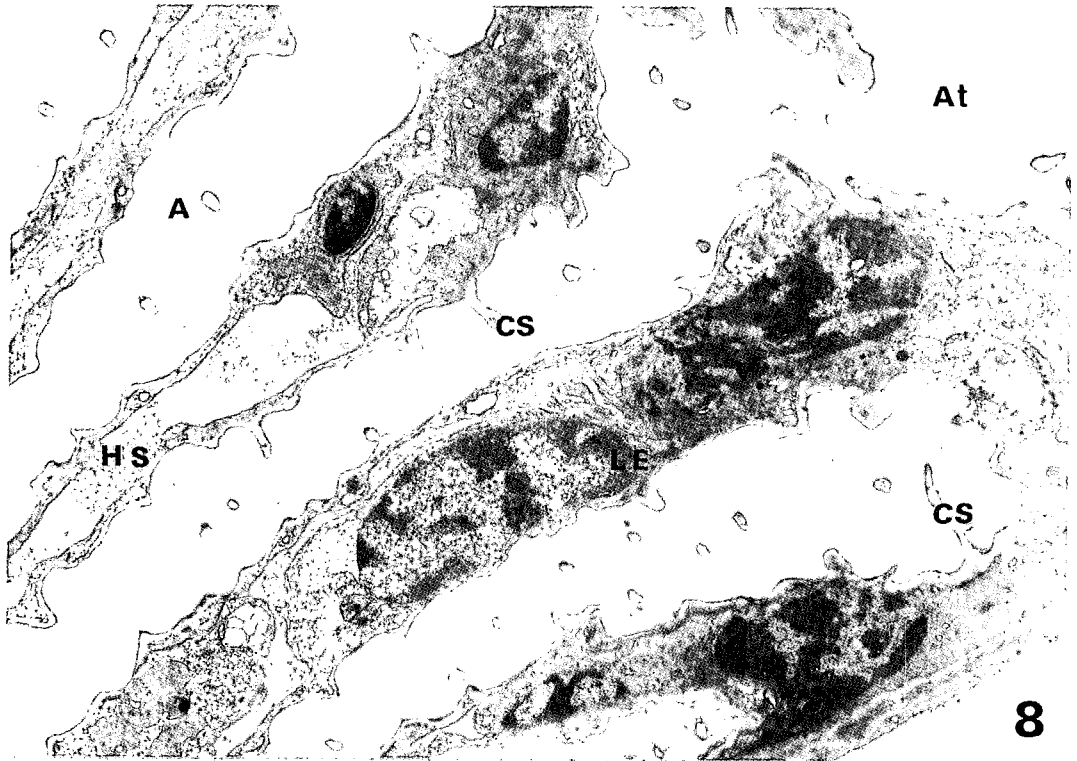
FIGURE LEGENDS

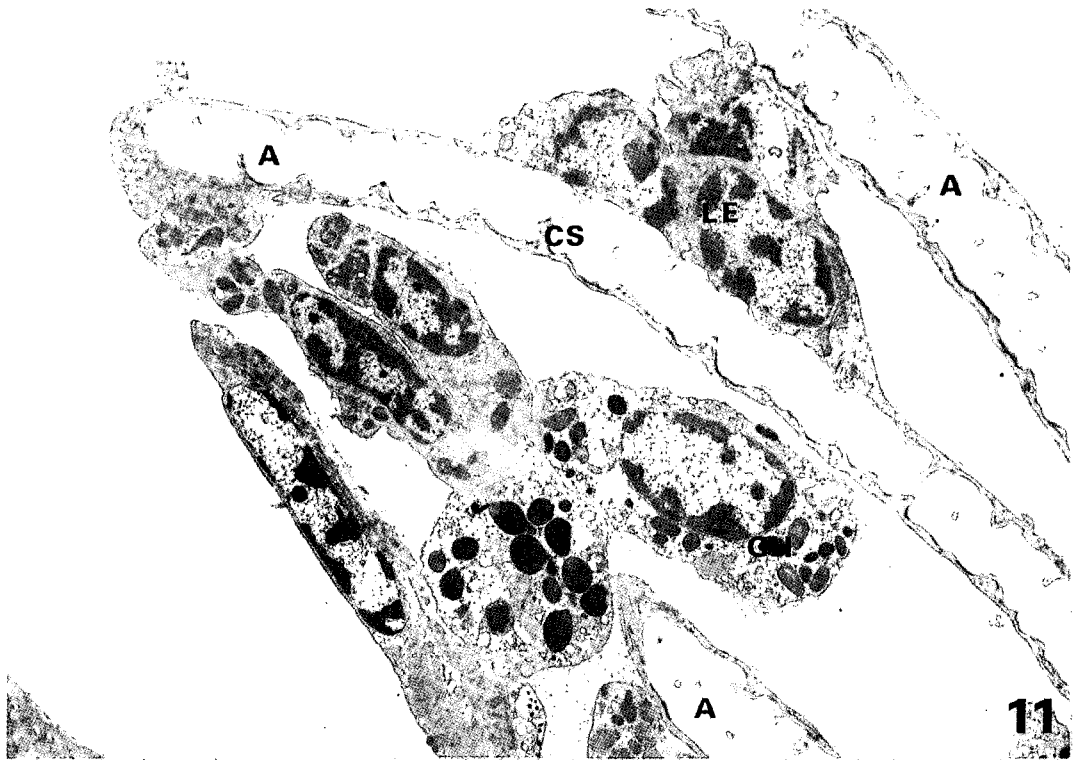
- Fig. 2.** The air sacs (A) were folded dorsally about 70 sheets like of stacks and attached to the hemolymph in abdominal cavity. The air sacs increased in size as one moves dorsally. The hemolymph spaces (HS) were located between the air sacs. At: atrium. LS: lung slit. LV: lung vein. $\times 600$
- Fig. 3.** By the scanning electron microscopic observation, the air sacs were covered with the cuticular layers and were blocked lateral margin of each other in the book lung (BL), except atrium. $\times 400$
- Fig. 4.** The air sacs (A) were average diameter $6\mu\text{m}$ and hemolymph spaces between air sacs were average $8\mu\text{m}$. The numerous hemocytes (H) were accumulated on the surface of air sacs. $\times 1,000$
- Fig. 5.** Electron micrograph of cylindrical cuticular spikes (CS) in the air sac. Note the network of cuticular spikes near the atrium. $\times 3,500$
- Fig. 6.** The cuticular spikes (CS) originated from the lower surface of each air sac walls. The length of the spikes were average $3\mu\text{m}$, and appeared average $3.5\mu\text{m}$ intervals. $\times 6,000$
- Fig. 7.** In the air sacs, cuticular spikes (CS) were attached to both air sac walls. The epithelial cells (LE) surrounding the hemolymph spaces (HS) between air sacs (A). Note the cuticular spikes fused with air sac wall. $\times 6,000$
- Fig. 8.** The nuclei of epithelial cells (LE) were concentrated near the atrium (At). These cells contained nucleus with heterochromatin on the internal side of the nuclear envelope. A: air sac. CS: cuticular spike. HS: hemolymph space. $\times 7,000$
- Fig. 9.** Cuticular spikes (CS) were composed of microfibril bundle. Note the spikes had the cellular residue of epithelial cells at interior (arrow). HS: hemolymph space. $\times 16,000$
- Fig. 10.** Electron micrograph of the epithelial cells forming pillar across the hemolymph spaces. Note the spot desmosome and zonula adherens in the plasma membrane (arrow). M: mitochondria. N: nucleus. $\times 10,000$
- Fig. 11.** The granular hemocytes (GH), average $8\mu\text{m}$ diameter, were seen in the hemolymph spaces. A: air sacs. CS: cuticular spikes. LE: epithelial cell. $\times 5,000$
- Fig. 12.** The granular hemocyte (GH) in the hemolymph space of book lung. The oval form nucleus was located in central and contained heterochromatin near the nuclear envelope. Cytoplasmic granules of this hemocyte had $0.9\mu\text{m}$ in average diameter, and had relative high electron density. A: air sac. $\times 10,000$



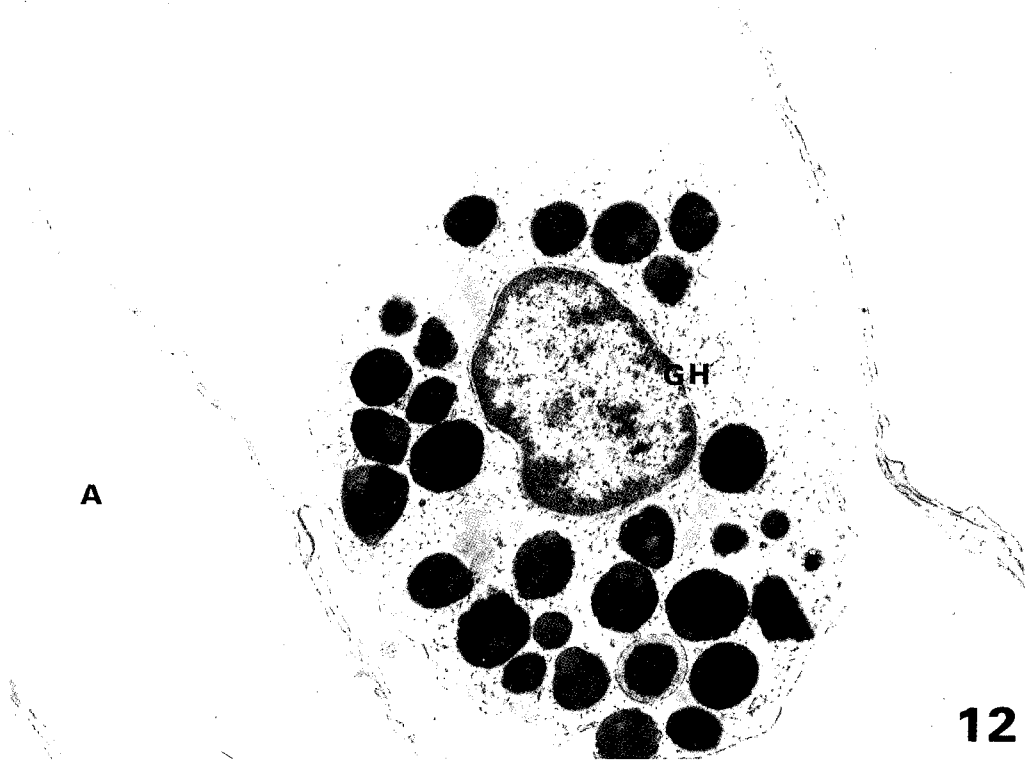








11



12