

무당거미 (*Nephila clavata* L. Koch) 瓶狀腺의 微細構造

II. 大瓶狀腺의 分泌囊과 末端分泌部

文明珍 · 金昌植 · 金宇甲

Ultrastructure of the Ampullate Gland in the Orb Web Spider, *Nephila clavata* L. Koch

II. Sac and Tail Portion of the Large Ampullate Gland

Moon, Myung Jin, Chang Shik Kim and Woo Kap Kim

(Received October 8, 1988)

Abstract

The ultrastructure of the sac and tail portion of the large ampullate gland and production of the silk materials in the orb web spider, *Nephila clavata* L. Koch, are studied with electron microscope.

Large ampullate glands, the largest glands among the seven kinds of silk glands in this species, are composed of three parts which are the excretory duct, the storage sac and the convoluted tail.

The wall of the sac is composed of a single layer of columnar epithelial cells. In the cytoplasm of these cells several kinds of the secretory granules, which are commonly associated with the rough endoplasmic reticula and had characteristic crystalloid, are seen. According to the morphology and internal textures of these granules, the sac portion is subdivided into proximal (connected with the convoluted tail) and distal (connected with excretory duct) portion. Between these two portions, the proximal portion is longer than the distal by four times.

Silk materials, being synthesized to the shape of secretory granules, within the glandular epithelial cell of the tail portion are released to the inner cavity by the mechanism of the eccrine secretion. These secretory granules are originated from the rough endoplasmic reticula of the glandular epithelial cells, whereas no Golgi complexes has been found in any of the cells which have been examined.

緒 論

거미줄은 복강 아래쪽의 거의 대부분을 차지하고 있는 대형 分泌腺인 絹絲腺(silk gland)으로부터 생성·분비되는데, 種에 따라서 그 종류가 매우 다양하고, 각 견사선에서 나오는 실들은 서로 다른 용도에 사용되는 것으로 알려져 있다(Kovoor, 1978).

거미의 瓶狀腺에 관한 연구는 주로 왕거미과(Araneidae)의 왕거미屬(genus *Araneus*)이나 무당왕거미屬(genus *Nephila*)을 대상으로 시행되었는데, Fisher와 Brander(1960), Kavanagh와 Tillinghast(1979), Anderson과 Tillinghast(1980), Tillinghast들(1981, 1984) 등에 의해 병상선에서 생성되는 水溶性 物質의 성분이 밝혀졌으며, Andersen(1970), Tillinghast(1984), Tillinghast와 Christenson(1984) 등에 의해 不水溶性 物質의 화학적 성질이 규명되었다.

또한 Lucas(1964), Denny(1976), Eberhard(1976), Work(1977, 1981, 1984), Work와 Morsoff(1982) 등은 병상선으로부터 분비된 거미줄의 物理的 性質에 관한 연구를 수행하였으며, Wilson(1962), Witt(1963), Peakall(1965, 1966, 1968, 1969), Bell과 Peakall(1969), Work(1977, 1984), Kobayashi들(1980), Candelas와 Cintron(1981), Candelas와 Lopez(1983), Tillinghast들(1984) 등은 병상선 내에서의 견사물질 合成過程과 견사의 합성을 유발시키는 機作에 관한 연구들을 수행하였다.

병상선의 電子顯微鏡의 구조는 Bell과 Peakall(1969)에 의해 왕거미과의 일종인 *Araneus sericatus*에 대한 연구가 보고된 이후, Kovoor와 Zylberberg(1972)에 의해 역시 같은 種을 대상으로 瓶狀腺의 분비관에 대한 微細構造가 관찰되었을 뿐, 다른 種에서는 전혀 보고된 바 없다.

따라서 본 연구는 등근 그물을 치는 왕거미과, 무당왕거미屬에 속하는 종류로서, 유일하게 국내에 서식하는 무당거미(*Nephila clavata* L. Koch)를 재료로 하여 大瓶狀腺의 分泌囊과 末端分泌部の 微細構造 및 腺細胞 내의 絹絲 生成過程을 형태적인 측면에서 관찰하였다.

材料 및 方法

10월중 서울 近郊에서 채집한 무당거미(*Nephila clavata* L. Koch)를 實驗室(25°C)에서 사육하여 마지막 脫皮를 끝낸 雌性 成體를 실험에 사용하였다.

복강내에서 摘出한 1쌍의 大瓶狀腺을 2.5% paraformaldehyde-glutaraldehyde(4°C, Sörenson's phosphate buffer, pH 7.4)로 약 1시간 固定한 후, 다시 해부현미경 하에서 分泌囊과 末端分泌部를 절취하였다.

조직의 절편들은 동일 固定液으로 1시간 固定한 후, 완충용액(Sörenson's phosphate buffer, 4°C, pH 7.4)으로 10분씩 3회 세척하였으며, 다시 1% OsO₄(4°C, Sörenson's phosphate buffer, pH 7.4)로 2시간 後 固定하였다. 이어서 동일 완충용액을 사용하여 충분히 세척한 후, ethanol농도 상승 순으로 脫水하였으며, propylene oxide로 置換하여 Epon-Araldite 混合液에 包埋하였다.

포매된 조직은 LKB ultramicrotome으로 먼저 semithin section하여 1% toluidine blue로 染色하여 광학현미경으로 관찰하였으며, 이어서 超薄切片을 제작하여 copper grid에 부착시킨 다음, uranyl acetate와 lead citrate로 二重 染色하여 JEM 100 CX-II형 전자현미경으로 80kV에서 관찰하였다.

結 果

大瓶狀腺은 무당거미 복강속에 간직된 7종류의 견사선 중에서 腺分泌部가 가장 큰 한쌍의 分泌腺으로서 전체적으로 하나의 긴 管狀구조였으며, 腺腔 내부에는 황금색의 견사물질이 간직되어 있었다. 腺分泌部の 구조는 견사물질을 저장하는 비후된 分泌囊(sac)과 분비낭 전체길이의 수배에 달하는 末端分泌部(tail)의 두 부분으로 이루어져 있었다(Fig. 1).

1. 分泌囊

瓶狀腺의 분비낭은 末端分泌部에서 형성된 견사물질을 저장하는 팽대된 주머니로서, 분비관과 연결된 遠位部와 말단분비부에 연결된 近位部の 구

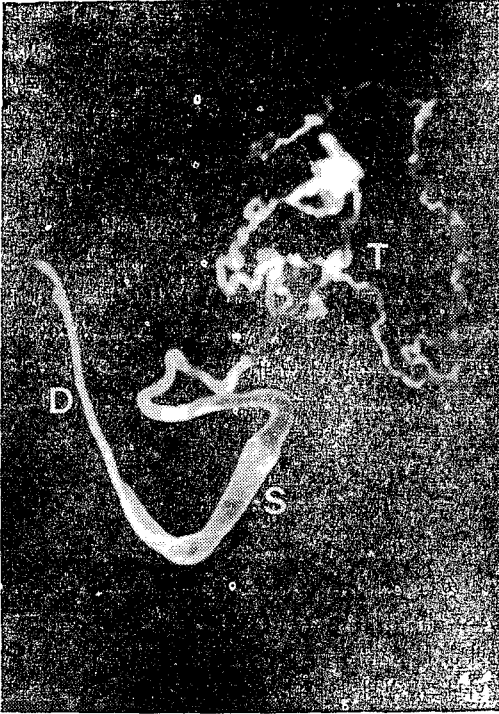


Fig. 1. Large ampullate glands of the orb web spider, *Nephila clavata* L. Koch, are composed of three parts which are the excretory duct(D), the storage sac(S) and the convoluted tail(T).

조가 서로 다르게 관찰되었다.

(a) 遠位部

분비관과 연결된 원위부는 전체 분비낭의 약 1/4 정도를 차지하고 있었으며, 말단분비부와 연결된 근위부에 비해서 세포내에 함유된 과립의 수가 적었고, 기저부쪽에 많은 액포가 형성되어 있었다.

상피세포는 단층 원주형이며 핵은 基部에 위치하였고, 內腔部에는 큐티클층이 형성되어 있었다(Plate 1-1). 주로 핵의 주변부에서는 조면소포체, 미토콘드리아와 같은 세포기관과 액포가 형성되어 있었고, 내강부의 세포질에는 結晶구조를 가진 단백질 과립들이 함유되어 있었는데, 과립의 성숙단계에 따라서 다소간의 전자밀도 차이가 관찰되었다(Plate 1-2, 3). 또한 인접하는 상피세

포간에는 세포간의 연결장치인 격막연접(septate junction)이 잘 발달되어 있었고, 내강부 세포질에는 작은 과립들이 다수 함유되어 있었다(Plate 1-4).

상피세포의 내강부 원형질막에 형성된 微細絨毛와 큐티클층 사이에는 전자밀도가 낮은 多面形의 과립이 한층 또는 두층으로 배열되어 있었으며, 큐티클층에는 전자밀도가 높고 균일한 물질로 채워져 있었다(Plate 1-4, 5). 분비과립들은 세포질 내에 잘 발달되어 있는 粗面小胞體와 연관되어 있었으며, 과립의 限界膜도 이들 조면소포체로부터 유래되는 것으로 관찰되었다. 또한 상피의 아래에서는 내강에 평행하게 배열된 결합조직세포들도 관찰되었다(Plate 1-6).

(b) 近位部

분비낭의 거의 대부분(3/4)을 차지하고 있는 근위부의 상피는 단층 원주형이나, 원위부의 상피세포 기저부에서 관찰되었던 큰 액포들이 거의 나타나지 않았고, 세포질 속에는 球形의 분비과립들이 꼭 차 있었으며, 다른 세포내 구조물은 매우 빈약하였다. 함유된 과립의 전자밀도는 과립의 성숙단계에 따라 다소 차이를 나타내었으며(Plate 2-1), 상피의 아래에서 同心圓狀으로 둘러싸고 있는 결합조직세포의 내부에는 미토콘드리아가 다수 함유되어 있을 뿐, 분비관에서 관찰된 것과 같은 심한 원형질막의 陷入이나 글리코겐粒자는 관찰되지 않았다(Plate 2-2).

상피세포의 내강면에 형성된 미세음모의 사이에는 전자밀도가 매우 높고 치밀한 섬유상물질이 분포하고 있었으며, 이런 물질은 큐티클층의 내부에서도 관찰되었다(Plate 2-3).

상피세포의 세포질 내부에 함유된 과립은 고배율로 확대한 전자현미경사진에서 格子狀의 結晶구조를 가지고 있음이 확인되었으며, 이러한 구조는 성숙된 과립에서 더욱 명확하게 관찰되었다. 그리고, 결정구조를 가지고 있는 球形과립의 주변에서는 미엘린狀 구조를 가진 타원형의 과립도 다수 관찰되었는데, 이 과립도 다른 과립들과 마찬가지로 粗面小胞體와 連接되어 있었다(Plate 2-4, 5).

2. 末端分泌部

大瓶狀腺의 말단분비부는 絹絲물질을 생성하는

장소로서 한쪽 끝은 盲端이며, 다른 끝은 分泌囊의 近位部로부터 가늘고 길게 연결되고 있는 管狀구조로 매우 굴곡져 그 길이가 분비낭의 수배에 이를만큼 伸張되어 있었지만 부위에 관계없이 거의 동일한 미세구조적 특성을 지니고 있었다(Plate 3-1).

상피세포의 核은 基底部에 위치하고, 세포질의 대부분은 球形의 분비과립으로 채워진 圓柱狀의 세포들로 이루어져 있었으며, 상피 아래에는 결합조직세포가 同心圓狀으로 배열되어 있었다. 분비과립은 광학현미경사진에서 기저부의 것이 내강부의 것에 비해 보다 투명하게 나타나 보이는데, 전자현미경으로 관찰한 결과에서도 기저부의 과립은 電子密度가 거의 없었고, 내강부의 과립은 내부에 약간의 섬유상물질을 함유하고 있었다(Plate 3-2, 3).

미세용도가 형성되어 있는 상피세포의 내강면에는 큐티클층이 형성되어 있지 않았고, 분비과립은 상피세포의 기저부에서부터 생성되어 내강쪽으로 운반되며, 部分分泌(eccrine secretion)에 의해 분비물이 방출되는 것으로 관찰되었다(Plate 3-4, 5).

또한 선상피세포의 핵은 異質染色質이 핵막의 주변부에 散在된 타원형으로서 내부에 核仁이 잘 발달되어 있었으며, 세포질속의 미토콘드리아는 杆狀形으로 세포의 장축방향을 따라서 길게 細張되어 있었다. 세포질 전역에 걸쳐 산재된 분비과립은 모두 粗面小胞體와 연결되어 있었고, 상피세포의 어느 부분에서도 골지 複合體는 전혀 관찰되지 않았다(Plate 3-6).

考 察

왕거미속에 속하는 거의 모든 種은 2쌍의 瓶狀腺을 가지고 있어서 그 크기나 형태에 따라 大瓶狀腺과 小瓶狀腺으로 불리우고 있는데, 여기서 만들어진 실은 방사실이나 안전실 또는 발판실 등을 짜는데 사용되며, 種에 따라서 그 數와 形態가 매우 다양한 것으로 알려져 있다(Kovoor, 1987).

실제로 티끌거미과나 Telemidae科에 속하는 거미의 瓶狀腺은 그 모양이 球形이며(Kovoor와 Lopez, 1983a), 패지거미과나 Hypochilidae科의 경

우는 管狀으로 되어있으며(Lopez, 1983), Hersiliidae科와 Nephilinae科는 S字 모양인 것으로 보고되었다(Kovoor, 1984, 1986). 또한 꼬마거미과의 거미에서는 초생달 모양의 瓶狀腺도 관찰되었으며(Kovoor와 Lopez, 1983b), 가게거미과의 *Tegenaria*屬에서는 分支된 형태도 보고된 바 있다(Kovoor, 1987).

거미의 각 網絲腺은 腺分泌部와 分泌管으로 이루어져 있으나, 大, 小瓶狀腺과 鞭狀腺 등의 종류에서는 선분비부와 분비관 사이에 분비물의 貯藏部인 팽대된 分泌囊이 형성되어 있는데(Kovoor, 1987), 대병상선의 분비낭에 관해서는 견사물질의 合成機作을 연구하는 과정에서 각부분의 미세구조적 및 조직화학적 특성이 일부 밝혀져 있다(Bell과 Peakall, 1969; Kovoor, 1972, 1987).

대병상선의 견사물질은 길게 꼬여있는 末端分泌部에서 90% 이상이 합성되지만, 저장장소로 알려진 分泌囊에서도 일부의 합성이 일어나는 것으로 보고되어 있다(Bell과 Peakall, 1969). 그러나 분비낭의 전체부분에서 동일한 양이 합성되는 것이 아니고, 분비관에 연결되어 있는 遠位部와 말단분비부에 연결되어 있는 近位部가 서로 다른 분비세포로 이루어져 있고(Kovoor, 1972; Kovoor와 Lopez, 1982, 1983b), 각 부위에서 합성되는 단백질의 성분도 相異한 것으로 알려져 있다(Work, 1984; Kovoor, 1987).

무당거미의 경우 大瓶狀腺과 小瓶狀腺의 분비낭은 근위부쪽이 원위부쪽에 비해 4배 이상 신장되어 있었고, 미세구조적인 특징으로 미루어 볼 때, 근위부에 함유된 분비과립들은 말단분비부에서 관찰되는 분비과립들과 거의 동일한 형태적 특성을 지니고 있음을 알 수 있는데, 이는 분비낭의 근위부가 말단분비부의 연장선 상에 있다는 사실을 암시한다. 즉, 대형의 둥근 그물을 치는데 필요한 막대한 양의 견사를 생성해 내기 위해서는 말단분비부 뿐만 아니라 분비낭의 대부분을 차지하고 있는 근위부에서도 견사물질의 합성이 일어나고 있다는 것을 알 수 있다. 이러한 현상은 왕거미과를 포함한 新狹亞目的 공통적인 특징으로서(Kovoor, 1987), 분비낭에서도 견사물질의 합성이

일어난다는 직접적인 증거로 볼 수 있으며, 분비낭의 원위부에 비해 근위부에서 보다 많은 양이 합성될 것으로 생각된다.

그러나 사관류의 *Hypochilus*屬, *Filistata*屬, *Dictyna*屬, *Amaurobius*屬 등과 부사관류의 *Telema*屬, *Pholcus*屬, *Uroctea*屬, *Linyphia*屬 등의 瓶狀腺에서는 분비낭의 遠位部가 매우 짧아 분비관 주위의 극히 일부분에 얇은 고리의 모양으로 축소되어 있는 반면, 왕거미科的 *Cyrtophora*屬, *Argiope*屬 등이나 응달거미科的 *Poleucia*屬, *Miagrammopes*屬 등의 瓶狀腺에서는 遠位部の 분비세포가 분비낭의 거의 대부분을 차지하고 있는 경우도 보고되어 있다(Kovoor, 1984, 1986; Kovoor와 Lopez, 1983b).

조직화학적 분석에 의하면 일반적으로 분비낭의 近位部쪽에 함유된 물질은 강한 好酸性을 나타내며, tyrosine이나 reducing group, 또는 sulfhydryl group을 가진 단백질을 다량 함유하고 있는 반면, 원위부쪽에서는 약한 好산성 물질이나 好鹽基性 물질 등 다양한 성분이 함유되어 있고, 이 물질은 網絲섬유의 바깥층을 형성하여 섬유를 보호하거나 섬유의 水分함량을 조절하는 것으로 추측되고 있다(Kovoor, 1984, 1986, 1987). 남거미科나 Filistidae科에서는 분비낭의 두 부분이 모두 단백질과 산성 점액다당류의 生成에 관여하는 것으로 알려져 있으며(Kovoor, 1987), 왕거미科的 *Cyrtophora*屬, *Cyclosa*屬, *Gasteracantha*屬 등(Kovoor와 Lopez, 1982)과 瓶狀腺이 한쌍뿐인 *Dysdera*屬, *Diguetia*屬 등(Lopez, 1983)에서는 조직화학적 특성이 다른 세 부분의 분비구역이 존재하며, 종에 따라 한 종류에서부터 세 종류의 단백질이 검출되었다는 보고도 있다.

본 실험에서 관찰한 무당거미의 경우에도 분비낭의 근위부와 원위부에는 여러가지 형태의 분비과립들이 함유되어 있었는데, 근위부와 원위부 모두에 함유되어 있는 일부의 과립들을 제외할 나머지 대다수의 과립들은 각 부분에 특징적으로 함유되어 근위부와 원위부를 이루는 물질의 조성이 서로 다르다는 사실을 확인할 수 있었다.

그러나 분비낭의 각 부분에 함유된 대부분의 과

립들이 결정구조를 가지고 있으며, 또한 모두 과립이 조면소포체로부터 기원한다는 사실 등으로 미루어 함유된 과립의 주성분이 단백질일 것으로 사료된다. 특히 분비낭의 원위부에 함유된 과립들은 액체상태로 간직된 견사물질을 고체상태의 실로 변형시키는데 필요한 단백질 중합효소일 것으로 생각되나, 여기에 대해서는 좀더 자세한 물질의 분석과 검토가 필요하다.

한편 瓶狀腺의 말단분비부에서는 병상선 전체 중량의 약 10%에 달하는 막대한량의 견사물질이 매일 合成되며, 합성에 소요되는 시간도 매우 짧아서 자극 후 20분 이내에 견사물질의 生成이 완료되는 것으로 알려져 있다(Peakall, 1965, 1966). Bell과 Peakall(1969)은 末端分泌部를 이루는 腺上皮細胞의 내부에 골지複合體가 없고 粗面小胞體만이 발달되어 있다는 사실을 관찰하고, 병상선의 견사물질은 조면소포체내에서 이미 분비할 준비가 완료된 상태로 합성되며, 골지복합체를 통한 더 이상의 농축과정이 필요하지 않음을 시사하였다.

무당거미의 大瓶狀腺에서도 선분비부의 세포질내에 골지복합체가 전혀 관찰되지 않았고, 조면소포체만이 매우 발달되어 있었으며, 분비과립의 限界膜이 조면소포체와 연결되어 있는 점으로 미루어, 각 견사선에서 생성되는 분비과립은 모두 조면소포체로부터 起源하며, 과립의 한계막도 이들 세포소기관으로부터 형성되는 것으로 사료된다.

結 論

왕거미科的 무당왕거미屬 중에서 유일하게 국내에 서식하는 무당거미(*Nephila clavata* L. Koch)를 재료로 하여 大瓶狀腺의 分泌囊과 末端分泌部の 微細構造를 전자현미경으로 관찰하였으며, 網絲生成과 관련된 세포질내 세포소기관들의 상관관계를 형태적인 측면에서 논의하였다.

대병상선은 무당거미 복강속에 간직된 7 종류의 견사선들 중에서 가장 대형인 한쌍의 분비선으로서 가늘고 긴 分泌管(duct)과 합성된 물질들이 저장되는 팽대된 分泌囊(sac), 그리고 견사물질을 생성·분비하는 末端分泌部(tail)의 3부분으로 이루어져 있었다.

분비낭은 한층의 원주상 상피세포들로 구성되어 있었고, 세포질내에는 粗面小胞體로부터 유래하는 여러 종류의 과립들이 함유되어 있었다. 결정구조를 가진 이들 과립의 종류와 그 형태에 따라서 말단분비부에 가까운 近位部와 분비관과 연결된 遠位部로 구분되었는데, 말단분비부와 동일한 분비과립들을 함유한 근위부가 원위부에 비해 4배 이상 伸張되어 있었다.

말단분비부는 끝이 盲管인 긴 관상의 구조로서, 선상피세포의 세포질 내에서 생성된 견사물질들은 部分分泌(eccrine secretion)의 기작에 의해 내강속으로 방출되었으며, 구형의 분비과립들이 집적되어 있는 세포질의 내부에는 조면소포체가 매우 특이적으로 발달되어 있었고, 골지複合體는 전혀 관찰되지 않았다.

References

- Andersen, S.O. 1970. Amino acidic composition of spider silks. *Comp. Biochem. Physiol.* 35, 705~713.
- Anderson, C.M. and E.K. Tillinghast. 1980. GABA and taurine derivatives on the adhesive spiral of the orb web of *Argiope* spiders, and their possible behavioural significance. *Physiol. Entomol.* 5, 101~106.
- Bell, A.L. and D.B. Peakall. 1969. Changes in fine structure during silk protein production in the ampullate gland of the spider *Araneus sericatus*. *J. Cell Biol.* 42, 284~295.
- Candelas, G.C. and J. Cintron. 1981. A spider (*Nephila clavipes*) fibroin and its synthesis. *J. Exp. Zool.* 216, 1~6.
- Candelas, G.C. and F. Lopez. 1983. Synthesis of fibroin in the cultured glands of *Nephila clavipes*. *Comp. Biochem. Physiol. B* 74, 637~642.
- Denny, M. 1976. The physical properties of spider's silk and their role in the design of orb webs. *J. Exp. Biol.* 65, 483~506.
- Eberhard, W.G. 1976. Physical properties of sticky spirals and their connections: sliding connections in orb webs. *J. Nat. Hist.* 10, 481~488.
- Fischer, F.G. and J. Brander. 1960. Eine Analyse der Gespinste der Kreuzspinne. *Hoppe-Seyler's Z. Physiol. Chem.* 320, 92~102.
- Kavanagh, E.J. and E.K. Tillinghast. 1979. Fibrous and adhesive components of the orb webs of *Araneus trifolium* and *Argiope trifasciata*. *J. Morphol.* 160, 17~32.
- Kobayashi, Y., T. Fujiwara, Y. Kyogoku and K. Kataoka. 1980. Abstracts of the 19th Meeting of Nuclear Resonance in Japan, pp.149~152.
- Kovoor, J. 1972. Etude histochemique et cytologique des glandes séricigènes de quelques Aranéides. *Ann. Sci. Nat. Zool. Biol. Anim.* 14, 1~40.
- Kovoor, J. 1984. Anatomie, histologie et affinités de l'appareil séricigène des *Hersilia* Sav. & Aud. (Araneae, Hersiliidae). *Can. J. Zool.* 62, 97~106.
- Kovoor, J. 1986. L'appareil séricigène dans les genres *Nephila* Leach et *Nephilengys* Koch: anatomie microscopique, histochemie affinités avec d'autres Aranéides. *Rev. Arachnol.* 7, 15~34.
- Kovoor, J. 1987. Comparative structure and histochemistry of silk-producing organs in Arachnids. In: *Ecobiology of Spiders*, Nentwig, W. (ed), Springer-Verlag, Berlin, pp.159~186.
- Kovoor, J. and A. Lopez. 1982. Anatomie et histologie des glandes séricigènes des *Cyrtophora* (Araneae, Araneidae): affinités et correlations avec la structure et la composition de la toile. *Rev. Arachnol.* 4, 1~21.
- Kovoor, J. and A. Lopez. 1983a. Structure et ultrastructure de l'appareil séricigène chez *Telemia tenella* Simon (Araneae, Telemidae). *Mem. Biospeol.* 10, 419~426.

- Kovoor, J. and A. Lopez. 1983b. Composition et histologie de l'appareil séricigène des *Argyrodes* Simon (Theridiidae), relations avec le comportement de ces araignées. Rev. Arachnol. 5, 29~43.
- Kovoor, J. and L. Zylberberg. 1972. Histologie et infrastructure de la glande chélicérienne de *Scytodes delicatula* Sim. (Araneida, Scytodidae). Ann. Sci. Nat. Zool. 12 Ser. 14, 333~388.
- Lopez, A. 1983. Some observations on the internal anatomy of *Diguetia canities* (McCook, 1890). J. Arachnol. 11, 377~384.
- Lucas, F. 1964. Spiders and their silks. Discovery 25, 20~26.
- Peakall, D.B. 1965. Regulation of the synthesis of silk fibroins of spiders at the glandular level. Comp. Biochem. Physiol. 15, 509~515.
- Peakall, D.B. 1966. Regulation of protein production in the silk glands of spiders. Comp. Biochem. Physiol. 19, 253~258.
- Peakall, D.B. 1968. The silk glands. In: A spider's Web: Problems in regulatory biology, Witt, P.N., C.F. Reed and D.B. Peakall (eds), Springer-Verlag, Berlin, pp. 5~28.
- Peakall, D.B. 1969. Synthesis of silk, mechanism and location. Am. Zool. 9, 71~79.
- Tillinghast, E.K. 1984. The chemical fractionation of the orb web of *Argiope* spiders. Insect Biochem. 14, 115~120.
- Tillinghast, E.K. and T. Christenson. 1984. Observations on the chemical composition of the web of *Nephila clavipes* (Araneae, Araneidae). Arachnol. 12, 69~74.
- Tillinghast, E.K., E.J. Kavanagh and P.H. Kolbjornsen. 1981. Carbohydrates in the webs of *Argiope* spiders. J. Morphol. 169, 141~148.
- Tillinghast, E.K., S.F. Chase and M.A. Townley. 1984. Water extraction by the major ampullate duct during silk formation in the spider, *Argiope aurantia* Lucas. J. Insect Physiol. 30, 591~596.
- Wilson, R.S. 1962. The structure of the dragline control valves in the garden spider. Q. J. Microsc. Sci. 103, 549~555.
- Witt, P.N. 1963. Interrelationships between web-building behavior and amount of thread material in the spider *Araneus diadematus* Cl.. Proc. XVI Int. Congr. Zool. 2, 7.
- Work, R.W. 1977. Mechanisms of major ampullate silk fibers of orb-web spinning spiders. Trans. Am. Microsc. Soc. 96, 170~189.
- Work, R.W. 1981. Web components associated with the major ampullate silk fibers of orb-web building spiders. Trans. Am. Microsc. Soc. 100, 1~20.
- Work, R.W. 1984. Duality in major ampullate silk and precursive material from orb-web building spiders (Araneae). Trans. Am. Microsc. Soc. 103, 113~121.
- Work, R.W. and N. Morosoff. 1982. A physico-chemical study of the supercontraction of spider major ampullate silk fibers. Text. Res. J. 52, 349~356.

Figure Legends

Plate. 1. Micrographs of distal portion of the excretory sac of the large ampullate gland.

1. Light micrograph of the distal excretory sac of the gland. EP: epithelial cell. L: lumen. ($\times 1,300$)
2. At the distal sac of the gland, epithelium (EP) is surrounded by the several connective cells (CO). Nuclei (N) of the epithelial cells are located at the basal portion of the cell. ($\times 4,800$)

3. Electron micrograph of the secretory granules(SG) of the distal sac. ($\times 7,000$)
4. Along the plasma membranes of adjacent epithelial cells, well developed septate junctions (SJ) are observed. CU: cuticle layer, G: electron lucent granules. ($\times 17,000$)
5. Between apical microvilli(MV) and inner cuticular layer, electron lucent granules(G) are distributed. CU: cuticle layer. ($\times 21,000$)
6. The secretory granules(SG) associated with rough endoplasmic reticula(ER) are frequently observed. ($\times 13,000$)

Plate 2. Micrographs of proximal portion of the excretory sac of the large ampullate gland.

1. Light micrograph of the proximal excretory sac of the gland. EP: epithelium, L: lumen. ($\times 600$)
2. The epithelial cells with numerous secretory granules noted. Underlying the epithelium, several connective cells(CO) are seen. EP: epithelial cell, SG: secretory granules. ($\times 5,800$)
3. Apical portion of the epithelial cell showing a small number of microvilli(MV) and exocytotic figures of the secretory granules(SG). ($\times 9,000$)
4. Two types of the secretory granules(G and SG) are associated with rough endoplasmic reticula(arrows). ($\times 10,500$)
5. High magnification electron micrograph of a secretory granule(SG) accumulated in the cytoplasm of the epithelial cell showing paracrystalline structure. ($\times 26,000$)

Plate 3. Micrographs of the tail region of the large ampullate gland.

1. Light micrograph of the tail region of the large ampullate gland. L: lumen. ($\times 230$)
2. Light micrograph of the tail region of the large ampullate gland. SG: secretory granules. ($\times 900$)
3. Electron micrograph of glandular epithelial cells containing well developed rough endoplasmic reticula(ER) and translucent granules(SG). N: nucleus of the connective cell, M: mitochondria. ($\times 9,000$)
4. At the apical portion of the glandular epithelial cell numerous microvilli(MV) are formed. Electron lucent secretory granules(SG) are synthesised from the endoplasmic reticula and released to the lumen(L) by exocytosis. ($\times 4,800$)
5. Extrusion of the secretory granules(SG) by exocytosis through the microvilli(MV). ($\times 13,000$)
6. In the supranuclear region of a cell, small secretory granules(SG) are synthesized from the rough endoplasmic reticula(ER). M: mitochondria. ($\times 10,500$)

PLATE 1

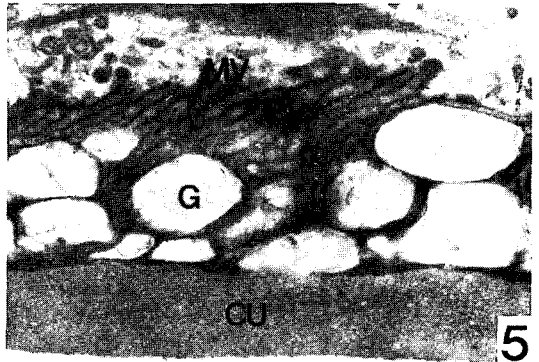
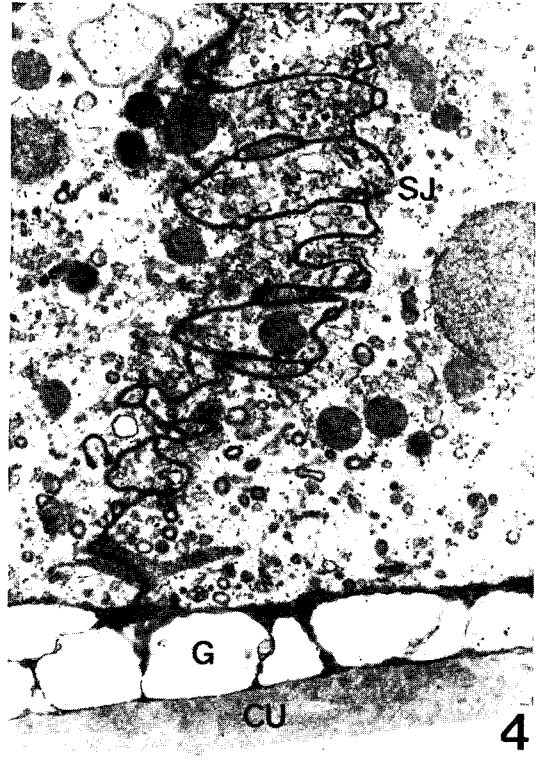
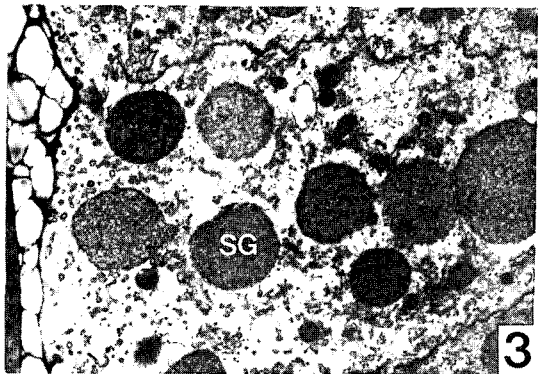
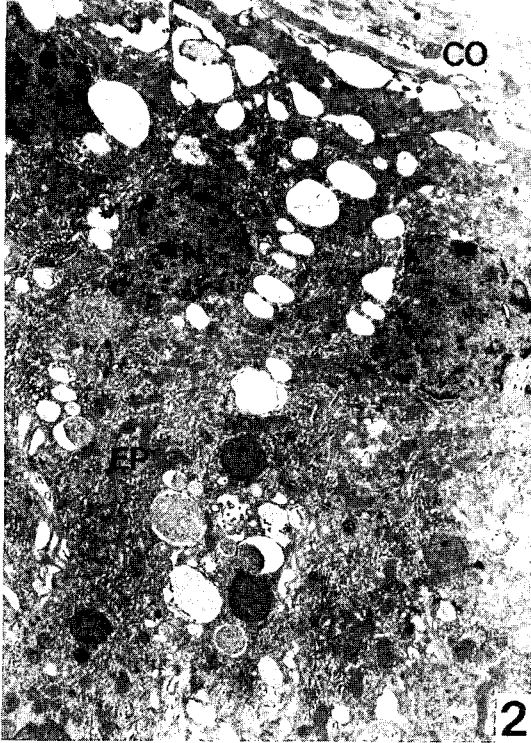
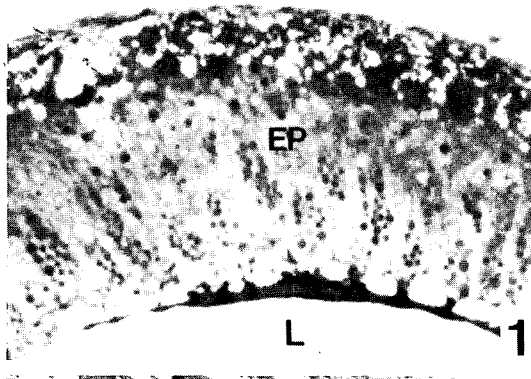


PLATE 3

