한국전자현미경학회지 제 28 권 제 4 호 1998
Korean J. Electron Microscopy 28(4), 503~512(1998)

검은과부거미 (*Latrodectus mactans*) 피부 색소의 미세구조에 관한 연구

문 명 진
(단국대학교 자연과학대학 생물과학부)

Fine Structure of the Cutaneous Pigments in the Black Widow Spider, *Latrodectus mactans*

Myung-Jin Moon
Department of Biological Sciences, Dankook University, Cheonan 330-714, KOREA
(Received October 16, 1998; revised November 17, 1998)

ABSTRACT

Fine structure of the cutaneous pigments in the black widow spider, *Latrodectus mactans* are studied with light and electron microscopes. The cutaneous pigments are only observed in epidermal layer just beneath the cuticle. These pigments are compactly distributed around the spinnerets which located at caudal area of the abdomen. According to the fine structural characteristics of the pigment granules, two main types of guanine pigment granules-carotenoid vesicles and reflecting platelets - are observed in the cytoplasm of the epidermal cells. Morphological features of these pigment granules are characterized as the electron dense carotenoid vesicles and the electron lucent reflecting platelets. Marginal electron density of the carotenoid vesicle is different from that of internal region, whereas the reflecting platelets have laminated crystalline granules. Typical structures of these pigment granules are very similar to those of invertebrate's chromatophores, especially erythrophores and iridophores. Moreover differentiation of these pigment granules are also originated from the small vesicles of Golgi complexes similarly to those of cutaneous chromatophores.

Key words : Fine structure, Pigment, Black widow spider, *Latrodectus mactans*

서 론

동물의 피부에 존재하는 색소는 환경에 따라 색소의 변화를 일으켜 보호색을 형성하거나 자외선을 일부 차단시킴으로써 개체의 안전을 유지하는 기능을 수행하고 있다(Bagnara와 Hadley, 1973). 체색의 변화가 현저한 변온척추동물의 경우, 색소세포라는 특수한 집단이 피부의 진피층에 분포되어 있으며, 세포질에 함유된 색소의 종류에 따라 흑색소세포

(melanophore), 백색소세포(leucophore), 홍색소세포(iridophore), 적색소세포(erythrophore) 및 황색세포(xanthophore) 등으로 불리고 있다(Kawaguti *et al.*, 1965; Denton, 1971; Menter *et al.*, 1978; Bagnara *et al.*, 1979).

그러나 무척추동물의 경우, 이러한 색소세포는 존재하지 않으며, 주로 상피세포 내에 함유된 색소과립이나, 체벽의 특수한 구조로부터 기인하는 것으로 보고되고 있다(Holl, 1987). 큐티클로 이루어진 외골격을 가진 거미의 체벽은 흰색, 녹색, 황색, 적색, 흑색 등, 다양한 색상을 가지고 있음이 확인되는데, 이러한 색채는 몸 전체에 걸쳐 균일하게 발현되거나, 단계별로 명암 차를 나타내는 경우도 관찰된다. 이러한 색채발현 효과는 주로 체벽에 함유된 색소에 의존하거나 큐티클의 특수한 구조로부터 나타남이 알려져 있지만(Holl, 1987), 내장기관 주변에 분포된 구아닌 함유물이 투명한 체벽을 통해 발현되는 경우도 있는 것으로 보고되었다(Blanke, 1972; Seitz, 1972, 1978).

그러나 거미의 색소 체계 중에서 가장 보편적으로 알려진 경우는 왕거미 종류의 복부에서 관찰된 guanocyte로서 호랑거미의 일종인 *Araneus diadematus*에서 보고되었다(Foelix, 1971). 먹이를 통해 흡수된 guanine은 장을 통해 운반되는 도중에 guanocyte라는 특정 세포에 저장되어 백색의 결정구조를 형성하며, 광반사를 일으키는 것으로 알려지고 있다(Seitz, 1972, 1987). 이들 세포는 주로 체벽의 아래쪽을 따라 배열되어 있으며, 경우에 따라 세포에 함유된 구아닌 결정의 백색물질이 체벽으로 전이되는 경우도 보고된 바 있다(Blanke, 1972; Holl, 1987; Seitz, 1987).

거미의 체색 발현에 관여하는 피부 색소체계를 규명하기 위한 연구의 일환으로 여러 색채 발현부위를 대상으로 체벽의 구조와 색소과립의 분포를 비교 분석한 결과, 방적돌기 주변의 일정 구역에서 구아닌 색소과립의 특이한 분포 양식이 확인되었다. 표피세포의 세포질에 분포된 색소과립의 존재는 지금까지 거미류에서 전혀 보고된 바 없으므로, 본 연구에서는 먼저 이들 색소과립의 미세구조를 고배율의 전자현미경으로 확인하고, 이를 이미 보고된 변온척추동물의 색소과립과 비교 고찰하였다.

재료 및 방법

실험재료로 사용한 검은과부거미(*Latrodectus mactans*)는 미국 남부 캘리포니아 지역에서 채집되어, 미국 뉴햄퍼셔대학교 동물학과에서 누대 사육중인 완전 성숙된 자성 개체를 대상으로 하였다. 공시재료를 이산화탄소로 마취시킨 후, 거미생리식염용액(160 mM NaCl, 7.5 mM KCl, 4 mM $CaCl_2$, 1 mM $MgCl_2$, 4 mM $NaHCO_3$, 20 mM glucose, pH 7.4, Groome *et al.*, 1991)을 사용하여 해부현미경하에서 미세 해부하였다.

적출한 각 배피 및 복피의 일정 부위를 0.1 M cacodylate buffer로 완충시킨 2% paraformaldehyde와 2.5% glutaraldehyde 혼합액(4°C, pH 7.4, Karnovsky, 1965)으로 2시간 동안 전고정하고, 동일 완충용액으로 3회 세척하였다. 이어서 1% OsO_4 (4°C, pH 7.4, phosphate buffer)로 후고정하였으며, 다시 동일 완충용액을 사용하여 충분히 세척하고, ethanol 농도상승 순서로 탈수하였다. 탈수가 끝난 시료는 propylene oxide로 치환하고, Epon-Araldite 혼합액으로 포매하였다.

포매된 조직은 LKB ultramicrotome으로 먼저 준초박절편(semithin section)을 제작하여 1% borax에 녹인 1% toluidine blue로 hot plate (60°C)상에서 염색한 다음, 광학현미경으로 관찰하였다. 이어서 초박절편(thin section)을 제작하여 copper grid에 부착시킨 다음, uranyl acetate와 lead citrate로 이중 염색하여 JEM 100 CX-II형 투과전자현미경(TEM)으로 80 kV에서 관찰하였다.

결 과

검은과부거미(*Latrodectus mactans*) 체색은 금속성 광택이 나는 흑색을 띠고 있으며, 복부의 방적돌기 주변에서는 어두운 적색의 문양이 형성되어 있었다. 횡단면으로 관찰한 체표의 구조는 비후된 큐티클층과 한 층의 표피세포로 이루어져 있었다. 큐티클층에는 체색 발현과 관련된 것으로 추정되는 분화

된 큐티클 구조가 일부 관찰되는데, 일정한 방향성을 지닌 외큐티클(exocuticle)층과 균일한 밀도를 지닌 두꺼운 내큐티클(endocuticle)층이 구분되었다(Figs. 1A, 1B).

표피세포는 대부분이 단층 입상상피의 형태로 관찰되지만, 부위에 따라 편평형으로 변형된 경우도 흔히 관찰되었다(Figs. 1C, 1D). 체색발현에 관여하는 피부 색소과립의 미세구조를 광학현미경으로 관찰한 결과, 거미의 피부 색소과립은 큐티클 아래 위치한 표피층에서만 관찰되었고, 주변부의 다른 조직에서는 확인되지 않았다. 특히 복부의 말단에 위치한 방적돌기 주변부에서는 다량의 색소과립이 집중적으로 분포되어 있었다(Figs. 1E, 1F). 이들 색소과립의 분포는 방적돌기의 요철 부위에서도 체벽을 따라 표피세포의 내부에 균일하게 분포되어 있었다(Figs. 1G, 1H).

색소과립을 함유한 표피세포의 핵은 핵막의 함입이 심한 구형 또는 타원형이고, 핵질의 전자밀도가 비교적 높은 편이며, 핵막 주위에 이질염색질이 집중 분포되어 있었다. 큐티클층과의 연접부에는 원형질막의 심한 함입이 관찰되었고, 기저부에서는 짧은 미세융모가 형성되어 있었다. 세포소기관은 색소과립의 형성과 관련된 Golgi복합체가 핵 주변부에서 특히 발달되어 있었고, glycogen 입자들과 미토콘드리아가 세포질의 전역에 걸쳐 균일하게 분포되어 있었다(Figs. 2A, 2B).

전자밀도가 높은 표피세포 세포질의 내부에는 카로티노이드 색소를 함유한 카로티노이드 과립(carotenoid vesicle)과 판상의 결정구조를 지닌 반사소판(reflecting platelet)이 치밀하게 집적되어 있었다. 이들 색소과립은 종류별로 구분되어 함유되어 있는 경우도 흔히 관찰되지만, 대부분의 경우 동일 세포내에 혼합되어 있는 경우가 대부분이었다. 핵 주위의 세포질에서는 색소과립의 분포밀도가 비교적 낮고 세포소기관이 잘 발달되어 있는 반면, 외측부로 갈수록 색소과립의 분포밀도는 높아져서 세포질의 대부분이 색소과립들로 채워져 있었다(Figs. 2C, 2D).

색소과립의 형성은 표피세포 기저부에 형성된 미세융모를 통해 흡수된 색소 원기물질이 세포질에 풍부히 존재하는 조면 소포체와 유리 리보조옴, 그리고 세포질 내에 잘 발달되어 있는 골지 복합체를 통해 농축 분비됨으로써 과립 내에 색소 축적이 이루어지는 것으로 관찰되었다. 색소과립의 한계막도 Golgi cisternae로부터 떨어져 나온 소포의 외막으로부터 직접 만들어지며, Golgi vesicle의 융합에 의해 과립의 크기가 증가하는 현상도 관찰되었다(Fig. 3A).

적색 발현과 관련된 카로티노이드 과립은 한계막이 불분명한 구형 과립으로서, 과립의 성숙도에 따라 다양한 크기의 과립들이 관찰되었다. 카로티노이드 과립은 내부에 축적된 물질의 구조와 전자밀도에 따라서 다양한 형태적 변이가 관찰되었는데, 전자밀도가 낮은 형성 도중의 소형 과립과 주위의 전자밀도가 내부보다 높은 대형의 과립들이 동일세포 내에 함께 분산되어 관찰되었다. 성숙 과립의 평균 직경은 약 2 μm에 달하였고, 다른 종류의 색소과립에 비해 전자밀도가 비교적 높았으며, 과립의 가장자리와 중심부의 전자밀도가 확연히 구분되었다(Figs. 3B, 3C).

반사소판은 전자밀도가 낮은 판상의 구조를 가졌으며, 절단면에서 다면형의 구조로 관찰되었다. 뚜렷한 한계막을 가지고 있으며, 색소과립의 성숙단계에 따라 다양한 형태가 관찰되었다. 반사소판은 purine 결정체로 이루어져 있고 체벽을 따라 일정한 방향성을 보이며 배열된 경우가 대부분이지만, 부분적으로 불규칙한 배열도 흔히 관찰되었다. 결정판의 장축의 길이는 약 5~10 μm 정도로 변이가 심하였으며, 결정체 내부에서는 어떠한 구조물도 관찰되지 않았다(Fig. 3D).

고 찰

절지동물의 여러 분류군 중에서 곤충류가 체벽의 색채가 가장 다양한 것으로 알려져 있지만, 거미류의 색채도 곤충에 뒤지지 않을 만큼 다양하고 풍부하게 발현되고 있다. 거미류도 곤충과 마찬가지로 주로 체벽에 함유된 색소에 의존하거나 큐티클의 특수한 구조로부터 나타나며, 그 목적 또한, 체온을 조절하거나, 유해한 자외선을 차단하며, 체색변화를

통해 자신을 보호하고 배우자를 유인하는 등의 복합적인 기능을 수행하고 있다(Holl, 1987).

체색 변화가 현저한 변온척추동물의 경우, 색채 조절의 기능을 수행하는 특이한 색소세포들이 피부 조직에 존재하는데, 황색이나 적색의 발현에 관여하는 색소세포에는 카로티노이드가 주성분인 것(lipophore)과 테리딘(pteridine)이 주성분인 것(pterinophore)이 알려져 있지만, 실제로는 동일한 세포 내에 두 계통의 색소가 공존하고 있는 경우가 많으므로 단순히 색채에 따라 황색소세포(xanthophore)와 적색소세포(erythrophore)로 나누어 부르고 있다(Bagnara and Hadley, 1973).

또한 대형의 purine 결정체인 반사소판이 색소과립으로 함유된 홍색소세포(iridophore)와 (Taylor, 1966; Ide and Hama, 1972; Rohrlich and Porter, 1972), 소형의 백색소과립(leucosome)을 가진 어류의 백색소세포(leucophore) (Fries, 1958; Denton, 1971) 등은 결정체의 주성분이 구아닌(guanine)이기 때문에 통칭하여 guanophore로 불리기도 한다(Kawaguti, 1965; Setoguti, 1967; Menter *et al*., 1978).

체내에 함유된 색소물질의 성상을 분석한 결과에 따르면, 곤충류의 경우, 현존하는 대부분의 동물성 크롬(zoochrome) 물질이 함유되어 있는 것으로 보고되고 있으나, 거미류의 경우 ommochromes, bilins, 그리고 purine 유도체인 guanine만이 색채발현과 연관되어 있는 것으로 확인되고 있다(Seitz, 1972; Holl, 1987). 금속성의 광채를 발하는 효과는 주로 변형된 큐티클의 복합적인 구조로부터 기인하며, 일부의 종류는 광반사를 일으키는 체모를 가지고 있는 경우도 있다(Culter and Richards, 1972).

검은과부거미의 체벽은 비후된 큐티클층과 한 층의 표피세포로 이루어져 있었고, 큐티클층에는 체색 발현과 관련된 것으로 추정되는 분화된 큐티클 구조가 일부 관찰되었다. 일정한 방향성을 지닌 외큐티클(exocuticle)층과 균일한 밀도를 지닌 내큐티클(endocuticle)층이 구분되는 점등으로 미루어 검은과부거미의 복부에서 관찰되는 흑색의 금속성 광채는 표피세포에 함유된 색소와는 별도로 이러한 큐티클의 구조로부터 기인하는 것으로 추정된다.

거미의 피부 색소과립은 큐티클 아래의 표피세포에만 함유되어 있었고, 표피세포에는 카로티노이드 계통의 색소를 함유한 카로티노이드 과립과 판상의 결정구조를 지닌 반사소판 등, 두 종류의 색소함유 과립들이 관찰되었다. 이러한 구조는 함유된 색소과립의 종류에 따라 세포 자체가 구분되는 변온척추동물의 색소 체계에 비해 상당히 원시적인 것으로 판단되지만, 색소과립의 구조에는 별다른 차이가 없음이 확인되었다.

카로티노이드 과립은 다른 종류의 색소과립에 비해 전자밀도가 비교적 높았으며, 과립의 가장자리와 중심부의 전자밀도가 확연히 구분되었는데, 변온척추동물의 경우 세포 내에서 운동성을 나타내는 소형의 과립과 운동성을 나타내지 않는 대형의 과립이 알려져 있고, 정확한 형성과정은 현재까지 연구된 바 없지만, 내부의 carotenoid 색소는 분명히 외부로부터의 공급에 의존하고 있음이 알려져 있다(Byers and Porter, 1976, 1977).

변온척추동물의 적색소세포에는 카로티노이드 과립과 함께 pterinosome이라는 색소과립이 존재하는데, Yasutomi와 Hama(1971, 1972)는 섬유상의 내부구조를 가지는 제1형, 완성된 동심원상의 lamella 구조를 가지는 제3형, 그리고 중간 형태의 제2형으로 그 발달 단계를 구분한 바 있다. Bagnara 등(1979)은 pterinosome도 다른 색소과립들과 마찬가지로 핵의 외막이 팽창되어 생긴 소포로부터 유래된다고 하였으나, 특이하게 거미의 표피세포에서는 pterinosome이 확인되지 않았다.

무미 양서류의 *Bombina orientalis*를 대상으로 한 일련의 연구에 의하면 황색이나 적색을 발현하는 피부에서 동일세포 내에 카로티노이드 과립과 pterinosome의 두 색소과립이 혼합되어 존재함이 알려져 있는데, 적색소세포에서는 카로티노이드 과립이, 그리고 황색소세포에서는 pterinosome이 상대적으로 높은 분포밀도를 차지한다고 보고(Moon *et al*., 1986, 1987)되었으나, 거미의 적색 발현부위에서는 카로티노이드 과립이 반사소판과 함께 분포되어 있었고, pterinosome은 전혀 확인되지 않은 점으로 미루어 척추동물의 것과는 색채발현 효과가 상이한 것으로 추정된다.

한편, 뚜렷한 한계막을 가진 판상의 반사소판은 거미의 체벽을 따라 일정하게 배열된 결정체의 구조로 나타나며, 결정체의 내부에서는 어떠한 구조물도 관찰되지 않았다. 변온척추동물의 홍색소세포에서도 비교적 대형의 색소과립인 반사소판이 관찰되는데, purine 결정체로 이루어진 이러한 결정구조는 주로 빛을 산란시켜 Tyndal 산란효과를 일으키는 것으로 알려져 있다(Taylor, 1966; Ide and Hama, 1972; Rohrlich and Porter, 1972; Taylor and Bagnara, 1972).

거미의 경우, 실험적으로 증명된 바는 없지만, 발생과정을 따라 나타나는 유전적 체색변이와, 시각정보에 따라 비교적 느리게 진행되는 형태적 체색변화, 그리고 급속하고 가역적으로 진행되는 생리적 체색변화로 구분된다. 특히 생리적 체색변화는 세포내의 농축된 색소물질을 이동시키거나, 색소함유세포의 모양을 변형시킴으로써 나타나는데, 수분 이내에 원래의 체색으로 회복되는 것으로 알려지고 있다. 거미의 체색 변화는 주로 환경조건이나, 변태와 같은 내적 요인에 의해 발생하는데, 본 연구에 사용된 검은과부거미의 경우도 개체간의 체색 변이가 상당히 심한 것으로 보고된 바 있다(Maretic, 1965).

색소과립의 기원 및 형성과정에 대해서는 형태적 관찰을 근거로 한 추측의 단계를 벗어나지 못하고 있는 실정이지만, 주로 흑색소세포의 색소과립인 melanosome인 형성과정에서 밝혀진 바에 의하면, 색소과립의 전구체가 골지복합체로부터 기원한다는 주장(Seiji and Fitzpatrick, 1961; Seiji *et al*., 1963)과 소포체와 골지복합체의 융합에 의한다는 주장(Turner *et al*., 1975; Turner and Taylor, 1977) 등으로 압축되고 있다.

거미의 색소과립 형성은 미세융모를 통해 흡수된 색소 원기물질이 표피세포의 골지복합체를 통해 형성되었고, 색소과립의 한계막도 Golgi cisternae로부터 기원함이 관찰되었는데, Bagnara 등(1979)은 pterinosome도 다른 색소과립들과 마찬가지로 조면소포체(rough ER)에서 형성된 과립의 내부에 골지복합체 기원의 소포들이 융합됨으로써 만들어진다고 하였으며, Menter 등(1978)은 활면소포체와 접착하고 있는 카로티노이드 과립을 관찰하고, 다른 색소과립과는 달리 한계막이 없는 카로티노이드 과립도 소포체로부터 유래함을 시사한 바 있다.

결 론

검은과부거미의 체색발현에 관여하는 피부 색소과립의 미세구조를 광학 및 전자현미경으로 관찰하였다. 거미의 피부 색소과립은 큐티클 아래 위치한 표피세포에서만 관찰되었고, 특히 복부의 방적돌기 주변부에 발달되어 있었다. 표피세포의 세포질에 함유된 색소과립은 그 미세구조적 특징에 따라 분석한 결과, 카로티노이드 과립과 반사소판의 두 종류로 구분되었다. 변온척추동물의 색소체계와는 달리, 이들 색소과립은 동일세포 내에 혼합되어 분포함이 확인되었다.

카로티노이드 과립의 전자밀도는 반사소판에 비해 비교적 높았고, 특히 과립 주변부의 전자밀도가 중심부의 것과 확연히 구분되는 형태적 특징을 지니고 있었다. 반사소판은 전자밀도가 낮은 판상의 결정체 구조를 이루고 있었으며, pterinoisome의 분포는 확인되지 않았다. 색소과립의 전형적인 구조는 변온척추동물의 피부 색소세포에서 보고된 것과 거의 유사하였으며, 색소과립의 분화과정 역시 척추동물의 색소세포에서와 마찬가지로 골지 복합체에서 유래된 소포로부터 시작됨이 확인되었다

감사의 글

이 논문은 단국대학교 대학연구비의 지원에 의하여 수행되었음.

참 고 문 헌

Bagnara JT, Hadley ME, 1973. Chromatophores and color change, Prentice-Hall, London, pp. 58-68

Bagnara JT, Matsumoto J, Ferris W, Frost SK, Turner Jr WA, Tchen TT, Taylor JD, 1979. Common origin of pigment cells, Science 203, 410-415

Blanke R, 1972. Untersuchungen zur Okophysiologie und Okoethologie von *Cyrtophora citricola* Forskal (Araneae: Araneidae) in Andalusian, Forma. Functio. 5, 125-206

Byers HR, Porter KR, 1977, Transformation in the structure of the cytoplasmic ground substance in erythrophores during pigment aggregation and dispersion, J. Cell Biol. 75, 541

Byers HR, Porter KR, 1976. Pigment migration in cultured erythrophores, J. Cell Biol. 70, 402a (Abst.)

Culter B, Richards AG, 1972. Sclerotization and localization of brown and black colors in chelicerates (Arthropoda), Zool. Jahrb. Anat. 89, 404-421

Denton E, 1971. Reflectors in fishes, Sci. Amer. 224, 65

Foelix RF, 1971. Biology of Spiders, Harvard Univ. Press, Cambridge, pp.42-68

Fries EFB, 1958. Iridescent white reflecting chromatophores (anataugophres; iridoleucophores) in certain teleost fishes, particulaly in Bathygobius, J. Morphol. 103, 203

Groome JR, Townley MA, de Tschaschell M, Tillinghast EK, 1991. Detection and isolation of proctolin-like immunoreactivity in Arachnids: Possible cardioregulatory role for proctolin in the orb-weaving spiders *Argiope* and *Araneus*, J. Insect Physiol. 37, 9-19

Holl A, 1987. Coloration and chromes. In: Ecobiology of Spiders, ed. W. Nentwig, Springer-Verlag, Berlin, pp.16-25

Ide H, Hama T, 1976. Transformation of amphibian iridophores in clonal culture, Dev. Biol. 53, 297-302

Karnovsky MJ, 1965. A formaldehyde-glutaraldehyde fixative of high osmolality for use in electron microscopy, J. Cell Biol. 27, 137A

Kawaguti S, Kamishina Y, Sato K, 1965. Electron microscopic study on the green skin of the tree frog, Biol. J. Okayama Univ. 11, 97-109

Maretic Z, 1965. *Latrodectus* und Latrodectismus, Nat. Mus. 95, 124-132

Menter DG, Obika M, Tchen TT, Taylor JD, 1978. Leucophores and iridophores of *Fundulus heteroclitus*: biophsical and ultrastructural properties, J. Morphol. 160, 103-120

Moon MJ, Kim WK, Kim CW, 1986. Ultrastructures of the cutaneous chromatophores and pigment granule formation in the goldfish, *Carassius auratus* L. (1) Xanthophore, Kor. J. Electr. Microsc. 16, 35-48

Moon MJ, Kim CW, Kim WK, 1987. Ultrastructure of the cutaneous chromatophores and pigment granule formation in the goldfish, *Carassius auratus* L. (2) Leucophore and melanophore. Kor. J. Electr. Microsc. 17, 65-75

Rohrlich S, Porter KR, 1972. Fine structural observations relating to the production of color by the iridophores of a lizard, *Anolis carolinensis*. J. Cell Biol. 53, 38-52

Seitz KA, 1972. Elektronenmikroskopische Untersuchungen an den Guaninspeicherzellen von *Araneus diadematus* Clerck (Araneae: Araneidae), Z. Morphol. Tiere. 72, 385-397

Seitz KA, 1987. Excretory organs. In: Ecophysiology of Spiders, ed. W. Nentwig, Springer-Verlag, Berlin, pp. 239-248

Setoguti T, 1967. Ultrastructure of guanophores. J. Ultrastruct. Res. 18, 324

Taylor JD, 1966. Electron microscopy of iridophores in hypophysectomized *Rana pipiens* larvae. Aner. Zool. 6, 587

Taylor JD, Bagnara JT, 1972. Dermal chromatophores. Am. Zool. 12, 43-62

Yasutomi M, Hama T, 1971. Ultramicroscopic study of the developmental change of the xanthophore in the frog, *Rana japonica* with special reference to pterinosomes. Dev. Growth Differ. 13, 141-149

Yasutomi M, Hama T, 1972. Electron microscopic study on the xanthophore differentiation in *Xenopus laevis*, with special reference to their pterinosomes. J. Ultrastruct. Res. 38, 421-432

FIGURE LEGENDS

Fig. 1. A~H, Photo micrographs of the cutaneous pigment depositions of the black widow spider, *Latrodectus mactans*. The cutaneous pigments are only observed in epidermal cell layer which located just beneath the cuticle. These pigments are well distributed around the spinnerets of the abdomen. Arrows indicate distribution of the pigments along the integument of the spider. En: endocuticle layer, Ep: epidermal layer, Ex: exocuticle layer. All scale bars indicate 5 μm.

Fig. 2. A~D, Electron micrographs of the cutaneous pigments of the black widow spider, *Latrodectus mactans*. Pigment granules are accumulated within the cytoplasm of the epidermal cell. According to the fine structural characteristics of the pigment material, two types of main pigment granules-carotenoid vesicles (Cv) and reflecting platelets (Rp)-are observed in the cytoplasm of the epidermal cells. Bf: basal infoldings, Mv: microvilli of the apical surface, Nu: nucleus. All Scale bars indicate 2 μm.

Fig. 3. A~D, Electron micrographs of the cutaneous pigments of the black widow spider, *Latrodectus mactans*. Fine structural features of these pigment granules are characterized as the electron dense carotenoid vesicles (Cv) and the electron lucent reflecting platelets (Rp). Marginal electron density of the carotenoid vesicle is different from that of internal region, whereas the reflecting platelets have laminated crystalline granules. These pigment granules are commonly originated from the small vesicles of Golgi complexes (Go). Arrows indicate glycogen particles accumulated in the cytoplasm. Mi: mitochondria. Scale bars indicate 0.5 μm (C) and 1 μm (A, B, D) respectively.

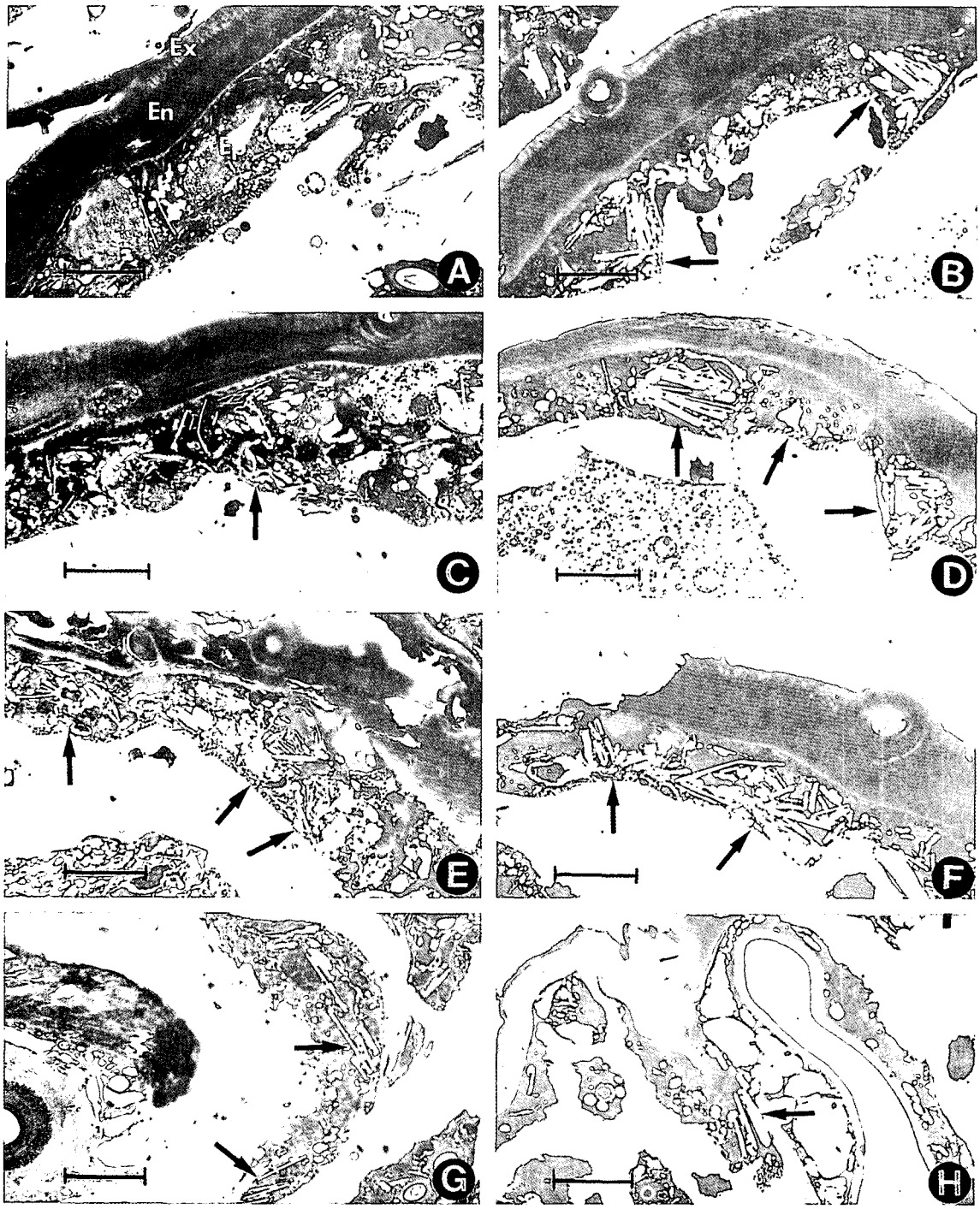

Fig. 1

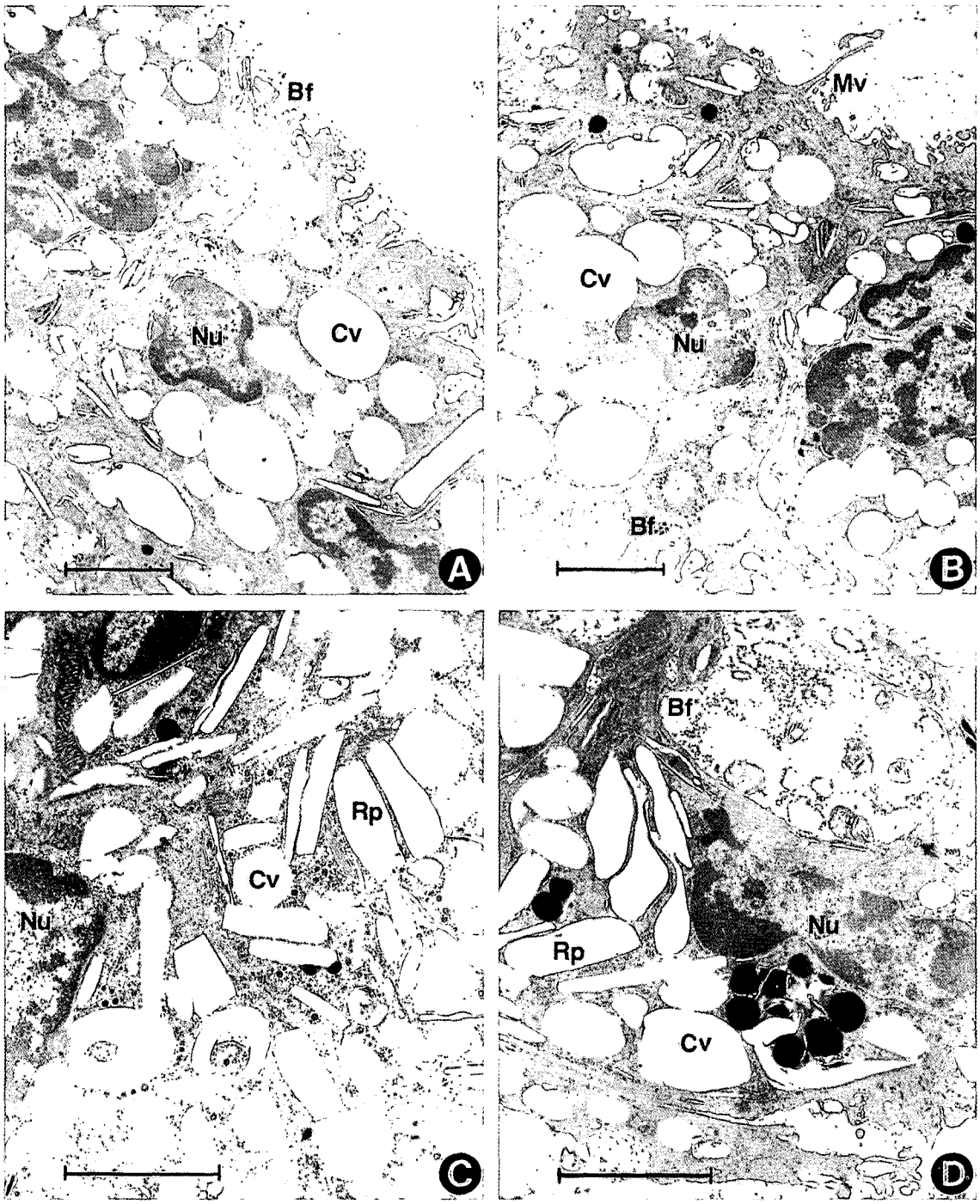

Fig. 2

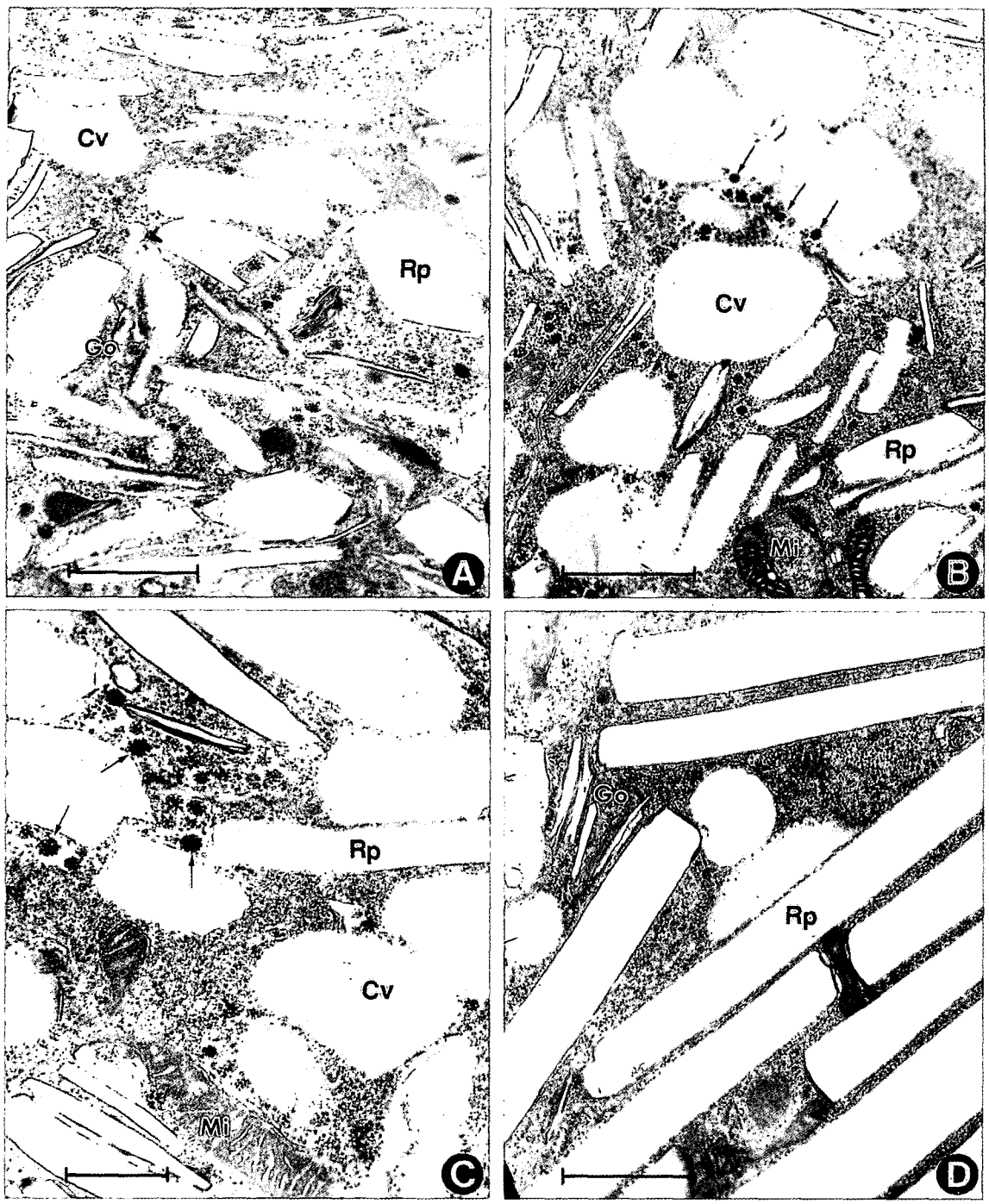

Fig. 3