한국전자현미경학회지 제15권 제2호 1985
Korean J. Electron Microscopy, Vol. 15, No. 2, 1985

논우렁이 (*Cipangopaludina chinensis* Malleata) 촉수 상피세포의 미세구조

宋 容 直 · 金 昌 植 · 金 宇 甲 · 金 昌 煥

Ultrastructure of the Tentacular Epithelium in *Cipangopaludina chinensis* Malleata

Song, Y.J., C.S. Kim, W.K. Kim and C.W. Kim

(Received November 14, 1985)

Abstract

The tentacular epithelial cells of *Cipangopaludina chinensis* were studied with electron microscope. The tentacular epithelium consists of columnar supporting cells, numerous glandular cells and ciliated cells.

Glandular cells are classified into three types; type I(mucous metachromasia cell), type II(mucous goblet cell) and type III.

Ciliated cells are subdivided into two types; type I ciliated cell has cilia with typical axoneme(9+2), and type II ciliated cell has cilia with unusual axoneme.

緖 論

腹足類의 觸手는 외부 환경으로부터의 機械的, 化學的 자극에 민감한 感覺器官이다. 이 器官의 感覺細胞에 관해서는 *Helix pomatia*(Schwalbach와 Lickfeld, 1962), Soleolifera(Renzoni, 1968), *Helix aspersa*(Rogers, 1969, 1971), *Arion ater* (Wright, 1974), *Pomatia elegans* 및 *Helix pomatia*(Wondrak, 1975), *Limax flavus*(Kataoka, 1976), *Vivipara viviparus* 및 *Lymnaea stagnalis*(Zaitseva와 Bocharova 1981), *Ovatella myosotis*(Wondrak, 1984) 등에서 연구 되었다.

Phillips(1979)는 *Notoacmea scutum*의 觸手 上皮細胞중 sub-epithelial nucleus를 가지고 있고, 표면부에 纖毛가 돌출되어 있는 세포를 감각세포라 하였다. 이들은 주로 촉수의 끝부분에 집중분포한다고 하였다. Wondrak(1984)은 *Ovatella myosotis*의 촉수상피는 원주상 支持細胞, 感覺細胞 및 粘液性 盃狀細胞로 구성되어 있고, 감각세포의 유리면에는 섬모가 있는 세포와 없는 세포 등 두 종류가 있다고 보고하였다.

본 연구는 논우렁이 촉수상피의 구성 세포들을

高麗大學校 理科大學 生物學科
Dept. of Biology, Korea University

추적하였다.

材料 및 方法

京畿道 南楊州郡 八堂에서 採集한 成體의 논우렁이(*Cipangopaludina chinensis*)를 實驗材料로 사용하였다. 解剖顯微鏡하에서 촉수를 摘出하여 2.5% paraformaldehyde-glutaraldehyde에서 3시간 前固定한 후 Sorensen's phosphate buffer (pH 7.2)로 3회 세척하였고, 1% OsO_4로 2시간 後固定하여 同一 완충액으로 세척하였다. 통상적인 방법에 따라 고정된 재료를 alcohol과 acetone으로 脫水시킨 뒤 Epon-Araldite 混合液에 포매하였다.

포매된 재료를 Sorvall MT-Ⅱ형 및 LKB-Ⅴ형 ultramicrotome으로 切片을 만들었다. 두꺼운 切片은 toluidine blue, methylene blue, basic fuchsin 및 alcian blue(pH 2.5)로 染色하여 光學顯微鏡用에 이용하였고, 초박절편은 uranyl acetate와 lead citrate로 二重染色하여 JEM 100 CX-Ⅱ 電子顯微鏡(80KV)으로 관찰하였다.

結 果

논우렁이 觸手의 上皮는 單層 上皮細胞로서 支持細胞, 分泌性細胞, 纖毛細胞의 기본 3類型이 관찰되었다.

1. 支持細胞

支持細胞의 核과 細胞質은 다른 세포들에 비해 電子密度가 매우 높고, 비교적 染色質이 풍부한 긴 타원형의 核을 가지고 있었다(Fig. 1). 細胞質에는 rER, 유리 ribosome, mitochondria 및 Golgi complex 등이 매우 발달되어 있었다(Figs. 2, 7). 核상부 세포질에는 電子密度가 매우 높으며, 직경이 약 0.4 μm~0.5 μm 크기의 球形顆粒들이 集積되어 있었으며(Figs. 1, 2), 세포질의 表面部에는 電子密度가 매우 높고 폭이 0.07 μm~0.1 μm인 막대 모양의 顆粒이 함유되어 있었다(Figs. 1, 2, 3, 4). 또한 많은 glycogon 顆粒들이 세포질내에 분산되어 있었다(Fig. 7).

支持細胞의 游離面에는 微細絨毛가 매우 발달되어 있었는데(Figs. 1, 2, 3), 1회, 2회, 드물게는 3회 分岐된 것도 觀察되었다(Figs. 4, 5).

이 細胞의 側面 原形質膜에는 많은 주름이 있었고(Figs. 1, 2), 인접세포 사이에는 부위에 따라 細胞間隙이 매우 발달된 곳도 있었다. 특히 游離面 가까운 곳에서는 인접세포들 간에 septate junction이 관찰 되었다(Fig. 6).

2. 分泌性細胞

分泌性細胞는 3가지 類型이 관찰되었다. 第1型 細胞는 細胞質이 toluidine blue, methylene blue에 異質染色性을 나타낼뿐만 아니라, alcian blue (pH 2.5)에도 약하게 染色되었다. 核은 기저부쪽에 있고, 세포질에는 電子密度가 낮은 25 nm~75 nm 크기의 顆粒으로 충만되어 있었다(Fig. 8). 이 세포의 유리면에서는 微細絨毛가 관찰되지 않았다.

第2型 細胞는 細胞質이 alcian blue(pH 2.5)에 약하게 染色되었고, 核은 기저부쪽에 위치하였으며, 細胞質의 電子密度는 비교적 높고 큰 分泌顆粒으로 충만되어 있는 전형적인 粘液性 盃狀細胞인 것으로 관찰되었다(Fig. 9).

第3型 細胞는 세포질이 basic fuchsin에 약하게 染色되고, 核은 역시 기저부쪽에 위치하였으며 세포질에는 미세한 顆粒으로 채워져 있었고, 細胞小器官들도 가끔 관찰되었다(Fig. 10). 이 세포의 표면부 유리면은 微細絨毛가 치밀하게 배열되어 있고, 불균일한 細胞質 突起部가 있는 것이 특징적이었다.

3. 纖毛細胞

纖毛細胞는 觸手의 끝부분에 집중되어 있고, 기저부쪽으로 갈수록 그 수는 감소되었다. 섬모세포의 핵과 세포질은 支持細胞에 비하여 電子密度가 매우 낮고, 핵은 타원형이고 기저부 가까이에서 관찰되었다(Fig. 11). 細胞質에는 mitochondria, 유리 ribosome, rER 등이 관찰되었다.

纖毛細胞는 유리면에 纖毛와 微細絨毛가 배열되어 있었다(Fig. 12). 이 섬모의 특징으로 섬모세포는 두 類型으로 구분되었다. 第1型 纖毛細胞는 기저체가 뚜렷하고, striated rootlet가 잘 발

달되어 있는 반면(Fig. 12), 第2型 纖毛細胞는 기저체가 있으나 striated rootlet은 관찰되지 않았다 (Fig. 15). 第1型 섬모세포와 第2型 섬모세포의 細胞質的 차이점은 거의 찾아볼 수 없었다. 그러나 第1型 纖毛細胞의 纖毛는 전형적인 9+2 axoneme구조로 되어 있는데 반하여, 第2型 纖毛細胞의 纖毛는 central sheath가 없으며, peripheral doublets은 서로 分離되었고, dynein arm 및 radial spoke도 관찰되지 않는 modified axoneme 구조로 되어 있었다(Fig. 16). 또한 第2型 纖毛細胞에 있는 纖毛의 基質은 第1型에 비하여 電子密度가 매우 높았다(Figs. 13, 16).

考 察

논우렁이 촉수상피는 支持細胞, 3類型의 分泌性細胞 및 2 類型의 纖毛細胞로 구성되어 있었다.

支持細胞에 관하여는 Wondrak(1981)가 *Pomatia elegans*와 *Helix pomatia*의 촉수상피의 지지세포는 상단부에 色素顆粒이 다수 집적되어 있고, 分岐된 微細絨毛의 分岐 밑부분을 cytofilia, 윗부분을 microvillus라고 구분하였다. Rogers(1971)는 cytofilia 사이에는 실과 같은 섬유성 물질로 채워져 있는데, 이층을 spongy layer라 하였고, microvillus에 해당하는 부위를 terminal twig라 하였으며, 이와같은 현상은 촉수의 끝부분에서 발달되어 있고, 기부쪽으로 갈수록 없어진다고 보고하였다.

논우렁이 支持細胞의 微細絨毛는 *Pomatia elegans* 및 *Helix pomatia*(Wondrak, 1981)와 일치하였으나, spongy layer는 발달되어 있지는 않았다(Fig. 5). 細胞質내의 球形 顆粒은 *Pomatia elegans*(Wondrak, 1981)의 色素 顆粒과 형태 및 電子密度가 類似한 점으로 미루어 色素顆粒이라 사료된다. 한편 세포 표면부에 집적되어 있는 막대형 顆粒은 Wondrak(1981)가 spongy layer에서 관찰한 섬유상 물질과 유사하고, 이 물질은 支持細胞의 rER 및 Golgi complex에서 생성되어 미세융모를 통해서 세포밖으로 排出되는 것 같다.

논우렁이의 支持細胞 사이에 굴곡되어 있는 原形質膜의 주름은 촉수의 伸縮이 자유롭게 일어나기 위함이라 사료된다.

細胞連接 장치로는 *Limax flavus*(Kataoka, 1975)에서 septate desmosome, zonular adhaerens가, *Pomatia elegans*(Wondrak, 1981)에서는 zonular adhaerens, zonular septate가 존재하는데, 논우렁이에서는 septate junction(zonular septate)만이 관찰되었다(Fig. 6).

分泌性細胞에 관해서는 Wondrak(1981, 1984)가 *Pomatia elegans*의 촉수 상피에서는 電子密度가 높은 세포와 전자밀도가 낮은 세포로 구분 하였고, 또 *Ovatella myosotis*에는 한 종류의 粘液性 盃狀細胞가 존재한다고 하였다.

논우렁이에는 3類型의 分泌性細胞가 관찰되었다. 第1型 細胞는 toluidine blue 및 methylene blue에 異質染色性의 특징이 있는 異染性 分泌細胞로서 이 細胞의 分泌顆粒은 電子密度가 낮았다(Fig. 8). 第2型 세포는 alcian blue(pH 2.5)에 染色性을 가진 세포로서 分泌顆粒이 매우 크고 전자밀도가 높은 전형적인 盃狀分泌細胞임이 확인되었다(Fig. 9). 第3型 세포는 전자밀도가 낮고 微細分泌性 顆粒을 지니며, 微細絨毛 및 細胞質 突起가 있는 특징을 나타내었다(Fig. 10). 이 세포에 관하여는 더 규명할 생각이다.

Rogers(1971)는 *Helix aspersa* 촉수의 sub-epithelial layer에 위치하고 있는 collar cell은 이 세포의 세포질 돌기가 上皮層을 통과하여 유리면까지 뻗어 있고, 이 세포에서는 粘性물질을 분비한다고 하였으나, 논우렁이에서는 확인되지 않았다.

軟體動物의 體表面에 분포되어 있는 섬모세포는 Graziadei(1964), Wolff(1969), Barber와 Boyde (1968), Barber와 Wright(1966), Wright(1974), Moir(1977), Bonar(1978), Menco와 Leunissen (1978), Glees Spoerri(1978), Heimlar(1978), Phillips(1979), Chia와 Koss(1981, 1982), Wondrak(1981, 1984) 등에 의해 chemoreceptor 및 mechanoreceptor의 역할을 하는 것으로 보고되었다.

특히 Wondrak(1984)은 *Ovatella myosotis*의 촉수상피내의 感覺細胞는 纖毛가 있는 것과 없는 것이 있다고 하였고, 섬모가 있는 감각세포에는 기저체(basal body)와 striated rootlet가 있는 섬모와, striated rootlet이 없고 기저체만 있는 섬모를 가진 두 가지 유형이 있다고 하였다. 한편 Phillips(1979)는 *Notoacmea scutum* 촉수상피의 纖毛細胞를 纖毛의 구조가 전형적인 axoneme(9+2)으로 된 세포와 central singlet이 여러 개이고 기질의 전자밀도가 높은 unusual axoneme으로 된 세포의 두 類型으로 구분하였다. 이 두 類型중 後者가 mechanoreceptor 및 chemoreceptor의 機能을 한다고 주장하였다.

논우렁이 觸手의 纖毛上皮세포는 axoneme 구조에 따라 두 가지 유형이 관찰되었다. 第1型 纖毛세포는 basal body 및 striated rootlet이 존재하고 전형적인 axoneme(9+2) 구조로 되어 있었으며, 第2型 섬모세포의 섬모는 central sheath, radial spoke 및 dynein arm이 결여되어 있고 기질의 전자밀도가 第1型에 비하여 높았으며, striated rootlet이 관찰되지 않았다.

第1型 섬모는 전형적인 axoneme 구조를 하고 있는 것으로 미루어 動毛의 役割을 하고, 第2型 纖毛는 변형된 구조를 하고 있는 점으로 미루어 Phillips(1979)가 주장한 바와 같이 感覺機能을 하는 것으로 생각된다.

結　論

논우렁이 觸手上皮의 微細構造를 電子顯微鏡으로 관찰하였다. 觸手上皮는 支持細胞, 分泌性細胞 및 纖毛細胞로 구성되었다.

1) 支持細胞는 細胞器官이 매우 발달되어 있고, 상단부 세포질에는 電子密度가 높은 구형 顆粒(직경 0.4 μm～0.5 μm) 및 막대형 顆粒(폭 0.07 μm～0.1 μm)이 축적되어 있었다. 이 세포의 游離面에는 微細絨毛가 발달되어 있으며, 2～3회 分岐된 것도 관찰되었다.

2) 分泌性細胞는 第1型 異染性 粘液細胞, 第2型 粘液性 盃狀細胞 및 第3型 glandular cell 등 3類型이 관찰되었다.

3) 纖毛細胞는 섬모의 axoneme 구조에 따라 두 類型으로 구분되었다. 第1型 纖毛는 전형적인 9+2 axoneme으로 되고, 第2型 纖毛는 unusual axoneme으로 되어 있었다.

References

Barber, V.C. and A. Boyde. 1968. Scanning electron microscopic studies of cilia. Zeitschrift für Zellforschung 84, 269～284.

Barber, V.C. and D.E. Wright. 1969. The fiine structure of the sense organs of the cephalopod mollusc nautilus. Z. Zellforsch. 102, 293～312.

Bonar, D.B. 1978. Ultrastructure of a cephalic sensory organ in larvae of the Gastropod *Phestilla sibogae*(Aeolidacea, Nudibranchia). Tissue & Cell 10(1), 153～165.

Chia, F.S. and R. Koss. 1982. Fine structure of the larval rhinophores of the Nudibranch, *Rostanga pulchra*, with emphasis on the sensory receptor cells. Cell Tissue Res. 225, 235～248.

Chia, R.S., R. Koss and L.R. Bickell. 1981. Fine structural study of the stactocysts in the Veliger larva of the Nudibranch, *Rostanga pulchra*. Cell Tissue Res. 214, 67～80.

Flemming, W. 1872. Zur Anatomie der Land schnecken fuhler und Zur Neurologie der Mollusken. Z. Wiss. Zool. 22, 365～372.

Glees, P. and P.E. Spoerri. 1978. Surface processes of olfactory receptors. Cell Tissue Res. 188, 149～152.

Graziadei, P. 1964. Electron microscopy of some primary receptors in the sucker of *Octopus vulgaris*. Zeitschrift für Zellforschung 64, 51～522.

Heimlar, W. 1978. Discocilia. A new type of kinocilia in the larvae of *Lanice conchilega*

(Polychaeta, Terebellomorpha). Cell Tissue Res. 187, 271~280.

Kataoka, S. 1976. Fine structure of the epidermis of the optic tentacle in a Slug, *Limax flavus* L. Tissue & Cell 8(1), 47~60.

Lane, N.J. 1963. Microvilli on the external surfaces of Gastropod tentacles and bodywalls. Q.J. Microsc. Sci. 104, 495~504.

Lipp, W. and G. Wondrak. 1975. Die Ultrastruktur der apikalen Stutzzellendifferenzierungen aus dem Chemorezeptor des Augengragers von *Helix pomatia* L. Wien. Tierarztl. Mschr. 62, 325~329.

Menco, B.O.M. and J.L.M. Leunissen. 1978. Bovine olfactory and nasal respiratory epithelium surfaces. Cell Tissue Res. 193, 503~524.

Moir, A.J.G. 1977. Ultrastructural studies on the ciliated receptors of the long tentacles of the Giant Scallop, *Placopecten magellanicus* (Gmelin). Cell Tissue Res. 184, 367~380.

Phillips, D.W. 1979. Ultrastructure of sensory cells on the mantle tentacles of the Gastropod *Notoacmea scutum*. Tissue & Cell 11 (4), 623~632.

Renzoni, A. 1968. Osservazioni Istologiche, Isotochimiche ed Ultrastructurali sui Tentacoli di *Vaginulus borellianus* (Colosi), Gastropoda Soleolifera. Zeitschrift für Zellfortschung 87, 350~376.

Rogers, D.C. 1969. The fiine structure of the collar cells in the optic tentacles of *Helix aspersa*. Z. Zellforsh. 102, 113~128.

Rogers, D.C. 1971. Surface specializations of the epithelial cells at the tip of the optic tentacle, dorsal surface of the head and ventral surface of the foot in *Helix aspersa*. Z. Zellforsch. 114, 106~116.

Schwalbach, G. and K. Lickfeld. 1962. Die Epidermismorphologie der Sinneskalotte von *Helix pomatia* L. Z. Zellforsch. 58, 277~288.

Wolff, H.G. 1969. Einige Ergebnisse zur Ultrastruktur der Statocyten von *Limax maximus*, und *Arion empiricorum* (Pulmonata). Z. Zellforsch. 100, 251~270.

Wondrak, G. 1981. Ultrastructure of the supporting cells in the chemoreceptor areas of the tentacles of *Pomatia elegans* Müller (Mollusca, Prosobranchia) and the ommatophore of *Helix pomatia* L. (Mollusca, Pulmonata). J. Morph. 167, 211~230.

Wondrak, G. 1984. Ultrastructure of the sensory epithelia of oral tube, fungiform sensory bodies, and terminal knobs of tentacles of *Ovatella myosotis* Drapanaud (Archaeopulmonata, Gastropoda). J. Morph. 181, 333~347.

Wondrak, G. 1975. The ultrastructure of the sensory cells in the chemoreceptor of the ommatophore of *Helix pomatia* L. Cell Tissue Res. 159, 121~140.

Wondrak, G. 1978. The inversion of the chemoreceptor area of the tentacles of *Helix pomatia* L. and *Arion rufus* (1) (Gastropoda, Pulmonata). Zool. Anz. 199, 301~313.

Wright, B.R. 1974. Sensory structure of the tentacles of the Slug *Arion ater* (Pulmonata, Mollusca). 1. Ultrastructure of the distal epithelium, receptor cells and tentacular ganglion. Cell Tissue. Res. 151, 229~244.

Zaitseva, O.V. and L.S. Bocharova. 1981. Sensory cells in the head skin of pond snails. Cell Tissue Res. 220, 797~807.

Figure Legends

Figs. 1-7. Electron micrographs of the columnar supporting cells.

Figs. 1-2. Supporting cells, containing spheroidal granules(SG) and elongated granules(EG) in their apical cytoplasm are seen. At the free surface, numerous microvilli are also observed. (×7, 500)

Fig. 3. In the apical cytoplasm, elongated dense granules (EG) are accumulated. (×14, 400)

Fig. 4. Microvilli (MV) at the free surface of the supporting cell are sometimes dichotomously branched. (×38, 000)

Fig. 5. At the tentacular tip portion, thread-like substances are filled between microvilli and twice branched microvilli are seen. (×9, 300)

Fig. 6. Junctional complex is well developed in this cell. Septate junction (SJ) is connected to the intercellular space (IS), which is accumulated with some substances. (×64, 000)

Fig. 7. Cell organelles such as Golgi complex (G), mitochondria (M) and glycogen particles (GY) are well developed. (×26, 000)

Figs. 8-10. Electron micrographs of the glandular cells.

Fig. 8. Type 1 glandular cell (metachromasial mucous cell) is filled with secretory granules. (×8, 000)

Fig. 9. Type 2 glandular (mucous goblet cell) is typically seen. Nucleus is located at the base of the cell and mucous materials are filled in whole cytoplasm. (×11, 200)

Fig. 10. Type 3 glandular cell. Cytoplasm is filled with secretory materials and cytoplasmic process is extruded from the cytoplasmic surface. (×4, 500)

Figs. 11-16. Electron micrographs of the ciliated cells.

Fig. 11. Type 1 ciliated cell has some cilia and microvilli at the free surface and electron density of the cell is lucent. (×6, 000)

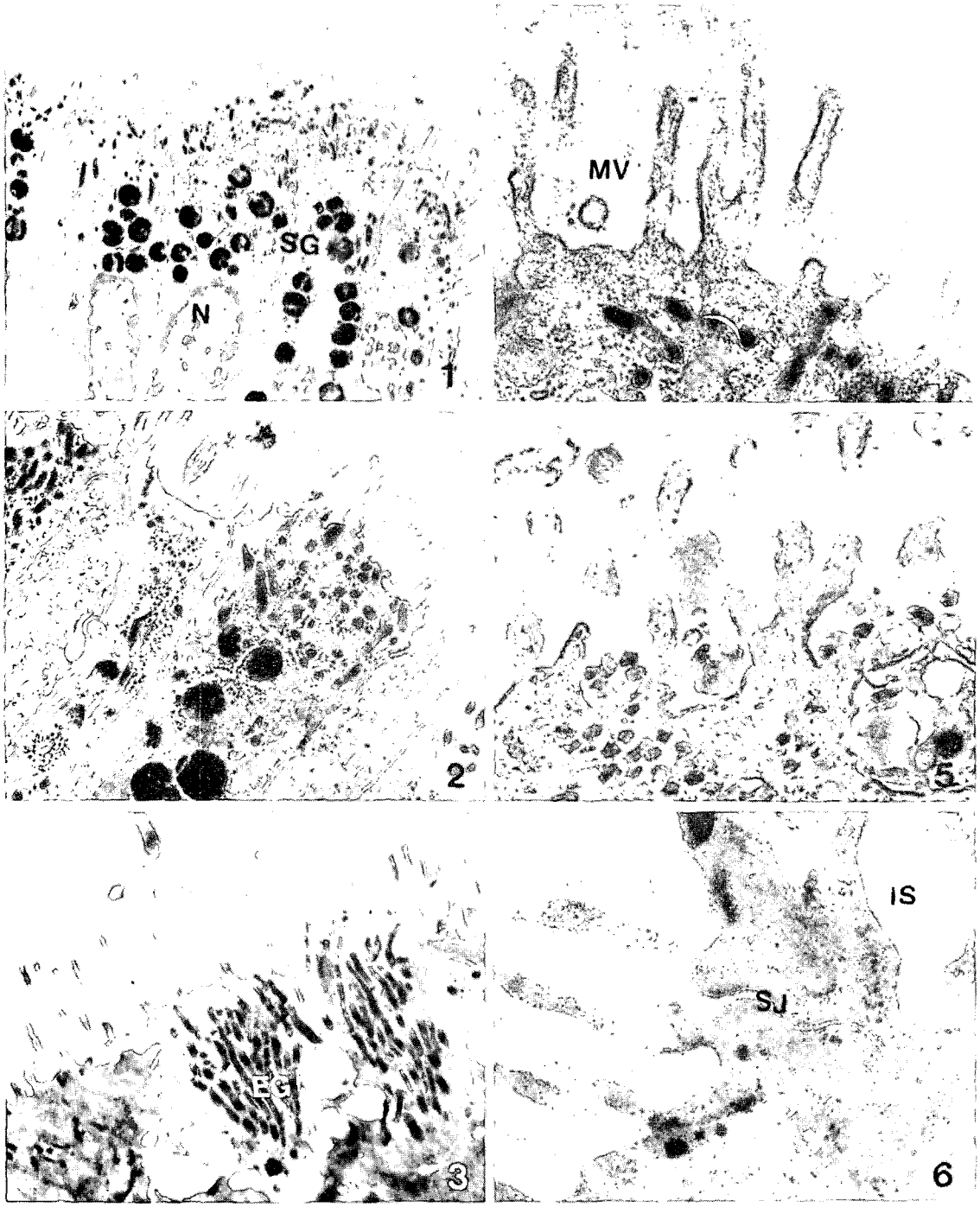
Fig. 12. The cilium of the Type I ciliated cell has well developed basal body (B) and striated rootlet (R) in the terminal web in the cytoplasm. (×30, 000)

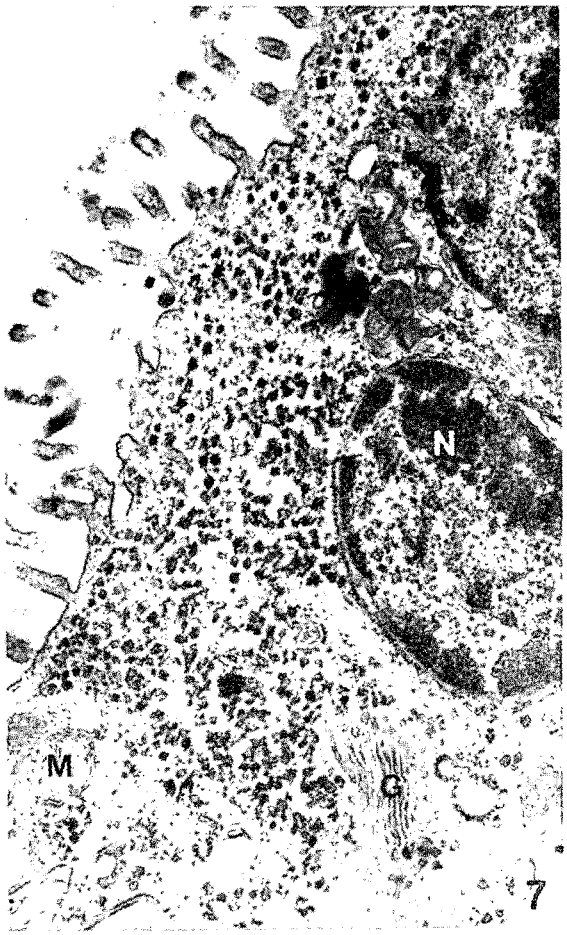
Fig. 13. The cilium of the Type I ciliated cell has typical (9+2) axoneme structure. (×84, 000

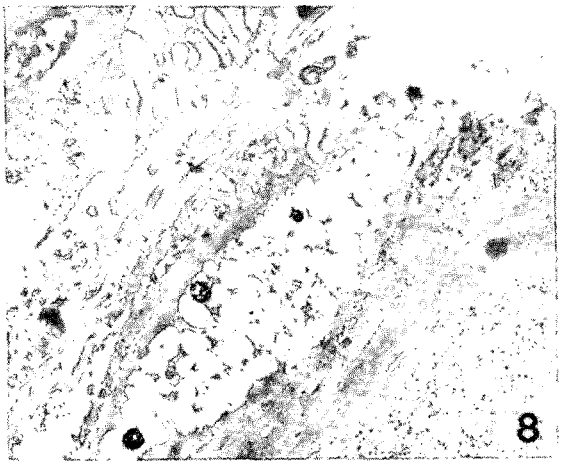
Fig. 14. Type II ciliated cell has well developed mitochondria (M). (×2, 700)

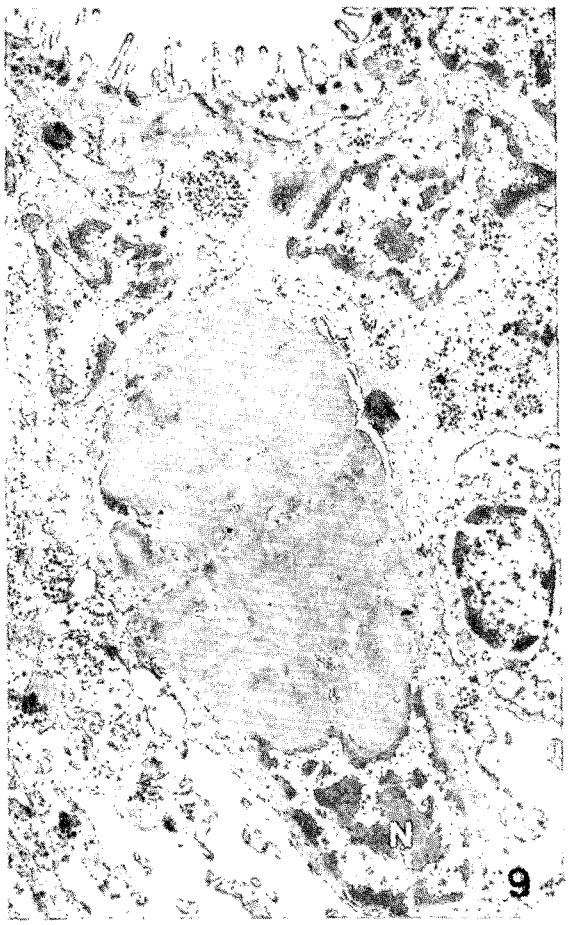
Fig. 15. The cilium of the Type II ciliated cell has basal body (B), but the striated rootlet is not observed. (×24, 500)

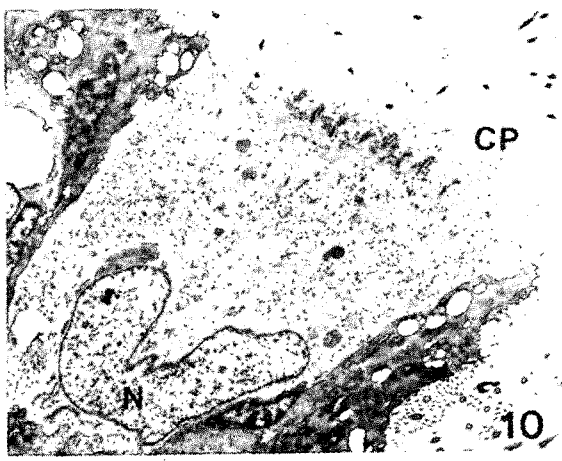
Fig. 16. The cilium of the Type II ciliated cell has modified axoneme structure. (×155, 000)

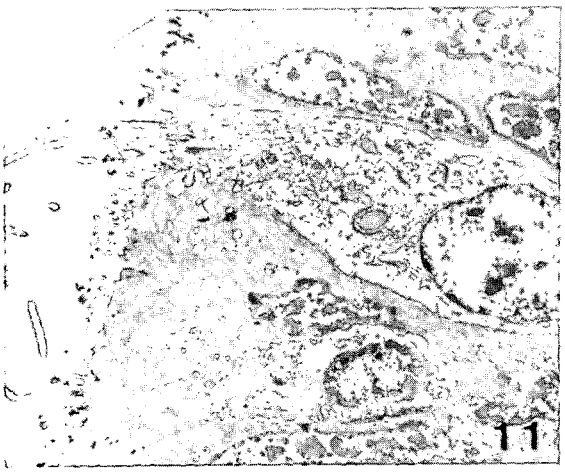

SG
N
1
MV
2
5
3
IS
SJ
6


N
M
G
7

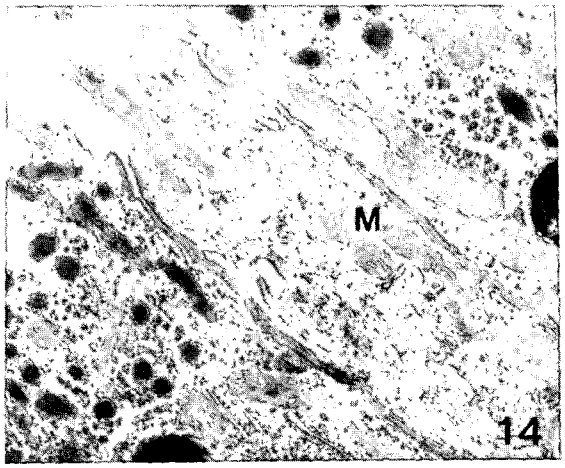

8


N
9

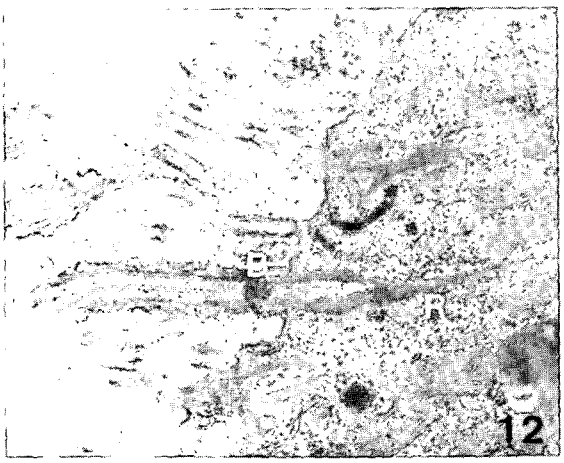

CP
N
10



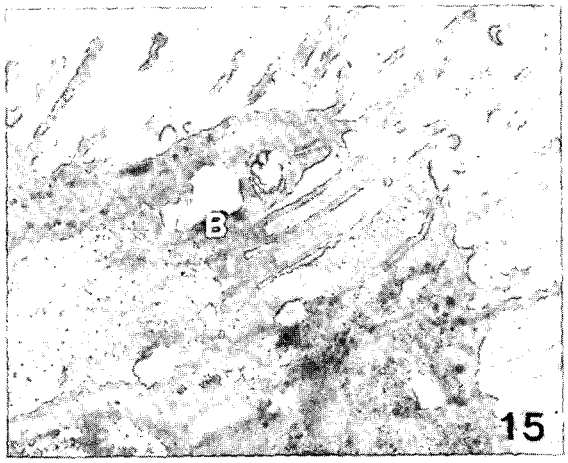
11



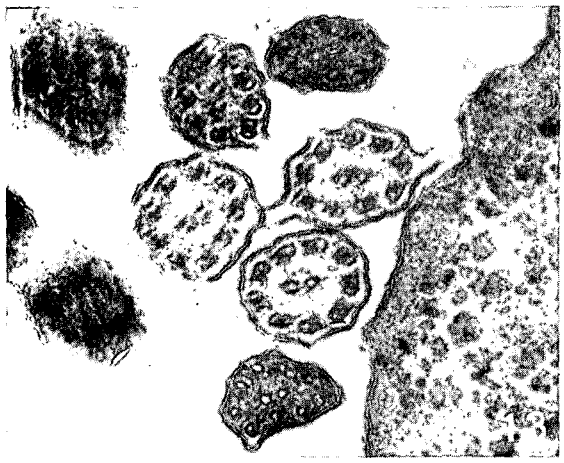
14

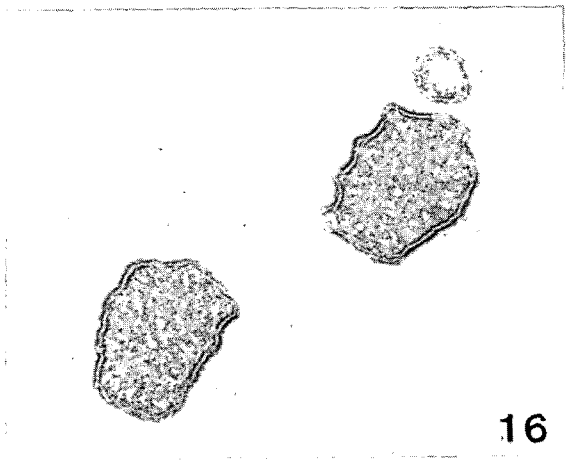


12



15





16