한국전자현미경학회지 제 29 권 제 4 호 1999
Korean J. Electron Microscopy 29(4), 417~426(1999)

농어 (*Lateolabrax japonicus*) 피부계 지지세포와 선세포의 미세구조

이 정 식* 김 재 원[1]
여수대학교 어병학과, [1]부경대학교 해양생물학과

Fine Structure of the Integumentary Supporting Cell and Gland Cell of the Sea Bass, *Lateolabrax japonicus* (Teleostei: Moronidae)

Jung Sick Lee* and Jae Won Kim[1]
Department of Fish Pathology, Yosu National University, Yosu 550-749, Korea
[1]Department of Marine Biology, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea
(Received August 12, 1999)

ABSTRACT

The present investigation is designed to provide basic information on fine structure of the skin of the sea bass, *Lateolabrax japonicus* in relation to study of epidermal change with environmental and physiological change. The skin of the sea bass is divided into the epidermal layer and dermal layer. Epidermal layer consists of supporting cells and unicellular glands. The supporting cells were classified into the superficial cell, intermediated cell and basal cell. Gland cells were classified into the mucous secretory cell and club cell which is more frequently observed. Superficial cell of epidermal layer is squamous or cuboidal and contains well-developed rough endoplasmic reticulum and the surface is covered with numerous microridges. Superficial cells are connected to another cell with membrane interdigitations and desmosomes. Intermediated cell is ovoid and the electron density is higher than the other supporting cells. Basal cell is cuboidal and has a well-developed mitochondria and membrane interdigitation. The mucous secretory cell has a numerous membrane bounded secretory granules. The cytoplasm of club cell is divided into cortex and medullar. The medullar cytoplasm has a nucleus, intracellular organelles and central vacuole, and the cortical cytoplasm has a well-developed tonofilament. Club cells are connected to another cell with well-developed membrane interdigitations and desmosomes.

Key words : *Lateolabrax japonicus*, Skin, Fine structure

서 론

어류의 피부계는 수서환경에서 유래되는 물리 · 화학 · 생물학적인 외부 자극원에 대하여 일차적인 보호 기능을 수행하게 된다. 이러한 피부계는 크게 상피층과 진피층으로 구성되고, 각각은 다양한 기능 수행을 위한 여러 종류의 세포들과 부속기관을 발달시킨다.

* Correspondence should be addressed to Dr. Jung Sick Lee, Department of Fish Pathology, Yosu National University, Yosu 550-749, Korea.
Ph: (0662) 640-6270, FAX: (0662) 640-6270, E-mail: LJS@yosu.ac.kr
Copyright © 1999 Korean Society of Electron Microscopy

어류 피부계의 미세구조와 변화양상에 관한 연구로는 Henrikson & Matoltsy (1968), Hawkes (1974), Banerjee & Mittal (1975), Sato (1979), Pottinger & Pickering (1985), Nakari et al. (1986), Burton & Everard (1991), Hertwig et al. (1992), Chung & Moon (1994), Moon (1995), Park et al. (1995a, b) 등의 보고를 들 수 있다. 이러한 연구 결과에서도 어류 피부계를 구성하는 세포 및 부속기관의 종류와 발달정도는 종, 연령, 생활환경 그리고 이들의 생리적 상태에 따라 매우 다양하게 변화한다는 것이다.

본 연구는 방추형으로 유영성이 높은 해양성 경골어류인 농어의 피부계 미세구조를 기재함으로서 추후 이들 어류의 생활환경 및 생리적 변화에 따른 피부계의 변화양상에 관한 연구의 기초자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 농어는 1999년 2월 남해안의 광양만에서 채집된 체장 31.0 cm의 수컷 개체들이다. 채집 즉시 아가미 뚜껑 뒤의 등쪽에서 피부조직을 절취하여 고정하였다. 광학현미경 조직표본은 파라핀 절편법으로 두께 5~6 μm의 제작하였으며, Mayer's hematoxylin과 0.5% eosin (H-E)의 비교염색과 Mallory 삼중염색 그리고 periodic acid-Schiff (PAS) 반응을 실시하였다. 투과전자현미경 (TEM) 조직표본 제작은 절취한 피부조직을 0.1 M phosphate buffer (pH 7.2)로 완충시킨 2.5% glutaraldehyde용액으로 전고정 하였다. 그리고 1% osmium tetroxide (O_5O_4)로 4°C에서 2시간 동안 후고정 하였다. 고정이 끝난 조직은 탈수하여 Epon 812에 포매하였다. 포매된 조직은 두께 0.5 μm의 semithin section과 70 nm의 ultrathin section을 하였다. Ultrathin section은 uranylacetate와 lead citrate 용액으로 이중염색하여 투과전자현미경 (JEM-1200EXII, JEOL)으로 관찰하였다.

결 과

1. 광학현미경 관찰

농어의 피부계는 가장 바깥쪽의 상피층과 진피층으로 구분되며, 큐티클층은 존재하지 않는다(Fig. 1). 상피층은 다층구조로서 지지세포와 선세포들로 구성된다(Fig. 2). 지지세포는 외부로부터 표면세포(superficial cell), 중간세포 (intermediate cell), 기저세포(basal cell)로 구분된다. 선세포들은 주로 상피층의 가장 바깥쪽의 지지세포들 사이에 위치하며, 점액분비세포(mucous secretory cell)와 곤봉상세포(club cell) 두 종류로 구분된다. 이들 선세포의 분포밀도는 곤봉상세포가 점액분비세포보다 월등히 높게 나타났으며, 크기면에서도 곤봉상세포가 더 크다. 점액분비세포는 H-E 염색에서는 빈 공포형태로 나타났으나, PAS 반응에서 강한 양성을 보이며, 다수의 과립을 함유하는 것이 관찰되었다. 곤봉상세포의 세포질은 균질한 물질로 채워져 있었으며, 과립은 관찰되지 않는 등 H-E 염색이나 PAS 반응에서 동일한 결과를 나타냈다. 진피층은 비늘을 포함하고 있으며, Mallory 삼중염색에서 푸르게 반응하는 치밀결합조직층으로 상피층 보다는 훨씬 두껍게 나타났다(Fig. 2).

2. 투과전자현미경 관찰

상피층의 지지세포 가운데 가장 바깥쪽에 위치하는 표면세포의 형태는 편평형 또는 입방형이며, 바깥쪽의 유리면에서는 높이 300~400 nm 정도의 microridge들이 뚜렷하게 관찰되었다. 핵은 불규칙한 형태이며, 핵막 주변을 따라 전자밀도가 높은 이질염색질이 존재하고 있었다. 세포질에서는 골지체와 미토콘드리아를 비롯한 여러 종류의 세포소기관들이 관찰되지만 조면소포체가 특히 잘 발달되어 있었다. 표면세포와 표면세포 사이의 원형질막에서는 membrane interdigitation 구조가 뚜렷하였으며, 표면세포와 중간세포 사이의 원형질막에서는 부착반(desmosome)이 발달되어 있었다 (Fig. 3).

중간세포는 표면세포층과 기저세포층의 가운데 존재하는 세포들로서 형태는 타원형이며, 핵과 세포질의 전자밀도는 지지세포 가운데 가장 높다. 핵의 형태는 타원형이며, 이질염색질 부분이 핵의 중심부와 핵막주변에서 뚜렷이 관찰된다. 세포질에는 미토콘드리아, 조면소포체, 유리리보소체 등의 발달이 현저하다(Fig. 4).

상피층 기저막의 두께는 약 200 nm이다. 기저막 바로 위에 존재하는 기저세포의 형태는 입방형이며, 핵

은 원형에 가깝다. 핵의 진정염색질의 전자밀도는 지지세포 가운데 가장 낮다. 세포질에는 미토콘드리아의 발달이 가장 현저하며, 주변의 기저세포와의 원형질막에서는 membrane interdigitation 구조들이 발달되어 있다(Fig. 5).

점액분비세포와 곤봉상세포는 모두 단세포선의 형태로 존재한다. 이 가운데 점액분비세포는 장경 약 15~20 μm 크기이며, 세포질은 분비과립들이 대부분을 차지하는데, 분비과립들은 막을 가지며 다양한 전자밀도를 보인다(Fig. 6).

곤봉상세포는 장경 약 25~30 μm 크기이며, 표면세포 사이에서 외부와 인접해 있으며, 세포질은 수질부와 피질부로 뚜렷이 구분된다. 세포질의 수질부는 다각형의 핵과 커다란 원형의 중심공포가 대부분을 차지하며, 핵 주변의 세포질에서는 유리리보소체와 미토콘드리아의 발달을 관찰할 수 있다(Fig. 7). 핵은 가운데 뚜렷한 하나의 인을 가지며, 핵막주변을 따라 전자밀도가 높은 이질염색질이 존재한다. 세포질의 피질부는 발달된 장미세섬유(tonofilament)들이 점유한다(Fig. 8). 곤봉상세포의 원형질막에서는 부착반과 membrane interdigitation 구조가 발달되어 있어 이웃 세포들과의 연계를 나타낸다(Fig. 9).

진피층은 주로 콜라겐 섬유로 구성된 치밀결합조직층으로 섬유세포와 색소세포 등이 관찰되는데, 색소세포들은 주로 타원형이며, 세포질에는 미토콘드리아와 전자밀도가 높은 색소과립들을 함유한다(Fig. 5).

고 찰

어류의 피부계는 기본적으로 상피층과 진피층으로 구성되며, 상피층에는 지지세포와 선세포들이 존재하고, 진피층에서는 비늘과 색소세포들이 유래한다. 하지만 어류의 피부계는 수서환경에서 유래되는 다양한 외부 자극원에 대한 생물체의 적응 기능을 수행하기 위하여 여러 종류의 세포들과 부속기관을 발달시키게 되는데, 이들의 발달 및 변화정도는 종, 생활환경 그리고 이들의 생리적 상태에 따라 매우 다양하다(Banerjee & Mittal, 1975; Smith, 1978; Sato, 1979; Pottinger & Pickering, 1985; Hertwig et al., 1992; Park et al., 1995a, b).

본 연구 결과 농어 피부계는 상피층과 진피층으로 구성되며, 상피층은 지지세포와 선세포들로 이루어지고, 진피층은 치밀결합조직층으로 콜라겐 섬유, 비늘, 색소세포 등을 포함하고 있어 경골어류 피부계의 일반적인 구조와 같다고 할 수 있다.

농어 피부계의 상피층을 구성하는 지지세포의 종류는 세포들의 위치와 그 형태에 따라 기저막으로부터 기저세포, 중간세포, 표면세포로 구분되는데, 이러한 형태는 cottid, *Pseudoblennius cottoides* (Sato, 1978), palembang puffer, *Tetraodon steindachneri* (Hertwig et al., 1992), guppy, *Poecilia reticulatus* (Moon, 1995), 뱀장어, *Anguilla japonica* (Park et al., 1995a), 베도라치, *Pholis nebulosa* (Lee et al., 1999)에서 보고되고 있다. 하지만 위에서 열거한 이들 종에 있어서의 지지세포들의 미세구조 가운데 가장 특이할 만한 점은 표면세포의 경우에는 microridge의 발달을 들 수 있으며, 세 종류의 지지세포들의 공통적인 특징은 membrane interdigitation과 세포질에 장미세섬유가 잘 발달되어 있다는 것이다. 이들 장미세섬유는 상피층 구성세포들의 형태 유지는 물론 환경수의 염분농도와 같은 물리적 자극원의 변화에 대한 능동적인 적응을 수행하는 기능을 한다(Henrikson & Matoltsy, 1968; Merrilees, 1974; Park et al., 1995a).

농어의 경우에는 표면세포에서 microridge의 발달은 관찰되나, 세 종류의 모든 지지세포에서 이러한 장미세섬유의 발달을 관찰할 수 없었다. 이러한 이유는 우선 서식생태의 차이로 위에서 열거한 어류들의 주 서식지는 담수 또는 담수의 유입으로 염분도 및 다른 물리화학적 변화가 높은 해안선 인근 지역인데 반하여, 농어는 유영력이 높은 외양성 어류로 환경의 변화폭이 다소 적은 지역에 서식한다. 그리고 이러한 피부계 상피층의 지지세포들의 미세구조적 특징의 차이는 위에서 언급한 어류들의 경우에는 임계점 이상의 서식지 환경의 변화에 대한 우선적인 반응은 이들 세포가 변화하는 적응현상을 보이는데 반하여, 농어의 경우는 개체자체가 적당한 환경으로 이동하는 생태적 특징에서 비롯된 것으로 생각된다.

경골어류의 상피층에서는 지지세포 이외에도 흔히 배상세포(goblet cell)라 불리는 점액분비세포, 과립세포(granular cell), 곤봉상세포(club cell), 염세포(chlo-

ride cell) 등의 세포들이 관찰되는데, cottid, *Pseudoblennius cottoides* (Sato, 1978), palembang puffer, *Tetraodon steindachneri* (Hertwig et al., 1992)와 금붕어, *Carassius auratus* (Jeong and Moon, 1994)의 경우에는 점액분비세포와 과립세포, 뱀장어, *Anguilla japonica* (Park et al., 1995b)와 베도라치, *Pholis nebulosa* (Lee et al., 1999)에서는 점액분비세포와 곤봉상세포가 보고되었으며, 염세포는 *Esox americanus* (Merrilees, 1974)와 미국산 뱀장어, *Anguilla rostrata*의 leptocephalus 시기에 보고되었다(Leonard & Summers, 1976).

농어의 경우 상피층 선세포의 종류로는 점액분비세포와 곤봉상세포가 관찰되었다. 농어의 점액분비세포는 단세포선의 형태이며, 막으로 싸인 많은 분비과립을 함유하고 있으며, PAS에 양성반응을 보임으로서 이미 보고된 clingfish, *Lepadichthys lineatus* (Fishelson, 1972), brown trout, *Salmo trutta*와 char, *Salvelinus alpinus* (Pickering, 1974), palembang puffer, *Tetraodon steindachneri* (Hertwig et al., 1992), 금붕어, *Carassius auratus* (Jeong & Moon, 1994), 뱀장어, *Anguilla japonica* (Park et al., 1995b) 그리고 베도라치, *Pholis nebulosa* (Lee et al., 1999)에 관한 연구의 결과와 일치하였다.

어류의 이러한 점액분비세포로 부터 분비된 체표 점액물질은 수중의 기생충이나 미생물에 대한 보호기능과 체표와 물과의 마찰력을 감소시킴으로 유영력을 높이는데 기여하는 것으로 알려져 있다. Hawkes (1974)와 Mittal et al. (1980)은 표면상피에 존재하는 microridge의 요철구조가 점액물질을 체표에 유지시켜줌으로써 이와 같은 기능의 효율적인 수행이 가능하다고 보고하였다.

어류 피부 상피층의 곤봉상세포는 어종 및 시기에 따라 미세구조와 그 분포 정도의 차이를 보인다. 농어 피부 상피층의 곤봉상세포는 점액분비세포와 마찬가지로 단세포선의 형태로 다각형의 핵과 중심공포, 세포질 피질부에서의 당김세사의 발달 그리고 부착반과 membrane interdigitation의 발달 등의 특징을 보이는데, 이러한 결과는 칠성장어류(Downing & Novales, 1971)와 뱀장어, *Anguilla japonica* (Park et al., 1995b)에서 보고된 이들 세포의 미세구조와 일치하였다.

곤봉상세포의 기능은 크게 경고물질의 분비, 항병원성 물질의 분비 그리고 페로몬의 분비 등이 알려져 있는데, Leonard & Summers (1976)는 뱀장어가 성장하여 해수에서 담수로 이동하는 시기 즉, 다시 말해서 환경의 변화가 심한 시기가 되면 이들 곤봉상세포는 수와 크기 면에서 증가한다고 보고하였으며, Suzuki & Kaneko (1989)는 뱀장어의 경우에는 항병원성물질의 일종인 hemagglutinin을 분비한다고 보고하였다. 그리고 Irving (1996)은 암컷 minnow, *Phoxinus phoxinus*의 표피 곤봉상세포에서 페로몬의 분비를 언급하여, 곤봉상세포의 기능 역시 어종 및 시기에 따라 다양하게 표현되는 것으로 생각된다.

하지만 본 연구에서는 농어 피부계에 존재하는 곤봉상세포의 분비물질 성분의 종류와 기능은 확인할 수 없었으며, 추후 조직화학적인 방법을 이용한 농어 피부계의 계절별 조사 및 환경변화에 대한 조사를 통하여 이들 세포의 기능을 확인하는 연구가 필요하리라 본다.

참 고 문 헌

Banerjee TK, Mittal AK: Histochemistry and the functional organization of the skin of a live fish *Clarias batrachus* (L.). Mikroskopie 31 : 333-349, 1975.

Burton D, Everard BA: The effect of androgen treatment on the epidermis of postspawned winter flounder, *Pseudopleuronectes americanus* (Walbaum). J Fish Biol 38 : 73-80, 1991.

Downing SW, Novales RR: The fine structure of lamprey epidermis. II. Club cells. J Ultrastruct Res 35 : 295-303, 1971.

Fishelson L: Histology and ultrastructure of the skin of *Lepadichthys lineatus* (Gobiesocidae: Teleostei). Mar Biol 17 : 357-364, 1972.

Hawkes JW: The structure of fish skin. I. General organization. Cell Tiss Res 149 : 147-158, 1974.

Henrikson RC, Matoltsy AG: The fine structure of teleost epidermis. I. Introduction and filament containing cells. J Ultrastruct Res 21 : 194-212, 1968.

Hertwig I, Eichelberg H, Hentschel J: Light and electron microscopic studies of the skin of the palembang puffer, *Tetraodon steindachneri* (Teleost: Tetraodontidae). Zoomorphology 111 : 193-205, 1992.

Irving PW: Sexual dimorphism in club cell distribution in the

European minnow and immunocompetence signalling. J Fish Biol 48 : 80-88, 1996.

Jeong YK, Moon MJ: Integumental secretory cells in goldfish, *Carassius auratus* L. Korean J Electron Microscopy 24 : 1-10, 1994. (Korean)

Lee JS, Lee JW, Huh SH: Fine structure of the integumentary system of the blenny, *Pholis nebulosa* (Teleostei: Pholidae). 1999 Spring Joint Meeting of the Korean Societies on Fisheries Science 421-422, Pusan, 1999. (Abstract)

Leonard JB, Summers RG: The ultrastructure of the integument of the American eel, *Anguilla rostrata*. Cell Tiss Res 171 : 1-30, 1976.

Merrilees MJ: Epidermal fine structure of the teleost *Esox americanus* (Esocidae: Salmoniformes). J Ultrastruct Res 47 : 272-283, 1974.

Mittal AK, Whitear M, Agarwal SK: Fine structure and histochemistry of the epidermis of the fish, *Monopterus cuchia*. J Zool 191 : 107-125, 1980.

Moon YW: Ultrastructural changes of the epidermis of guppy (*Poecilia reticulatus*) scale adapted to the seawater. Korean J Electron Microscopy 25 : 104-114, 1995. (Korean)

Nakari T, Soivio A, Pesonen S: Effects of advanced photoperiod cycle on the epidermis and gonadosomatic index of 2 year old rainbow trout, *Salmo gairdneri* R., reared at natural temperature. J Fish Biol 29 : 451-457, 1986.

Park IS, Kim JJ, Jo UB, Park SO: Fine structural changes in the eel epidermis according to sea water adaptation. I. Epithelial cell. Korean J Zool 38 : 26-37, 1995a. (Korean)

Park IS, Kim JJ, Jo UB, Park SO: Fine structural changes in the eel epidermis according to sea water adaptation. II. Mucous cell and club cell. Korean J Zool 38 : 38-47, 1995b. (Korean)

Pickering AD: The distribution of mucous cells in the epidermis of the brown trout *Salmo trutta* (L.) and the char *Salvelinus alpinus* (L.). J Fish Biol 6 : 111-118, 1974.

Pottinger TG, Pickering AD: Changes in skin structure associated with elevated androgen levels in maturing male brown trout, *Salmo trutta* L. J Fish Biol 26 : 745-753, 1985.

Sato M: Fine structure of the small and large mucous cells found in the skin epidermis of two cottids, *Pseudoblennius cottoides* and *Furcina* sp. Japanese J Ichthyol 26 : 75-83, 1979.

Sato M: Light and transmission electron microscopy of the granular cell in the skin epidermis of a cottid, *Pseudoblennius cottoides*. Japanese J Ichthyol 24 : 231-238, 1978.

Smith RJF: Seasonal changes in the histology of the gonads and dorsal skin of the fathead minnow, *Pimephales promelas*. Can J Zool 56 : 2103-2109, 1978.

Suzuki Y, Kaneko T: Demonstration of the mucous hemagglutinin in the club cells of eel skin. Dev Comp Immun 10 : 509-518, 1986.

<국문초록>

농어의 피부는 크게 상피층과 진피층으로 구분된다. 상피층은 지지세포와 단세포선들로 구성된다. 지지세포는 표면세포, 중간세포 및 기저세포로 구분된다. 선세포는 점액분비세포와 곤봉상세포로 구분되는데, 이들의 분포밀도는 곤봉상세포가 더 높다. 표면세포는 편평형 또는 입방형이며 세포질에는 조면소포체가 잘 발달되어 있으며, microridge가 뚜렷하다. 표면세포들은 membrane interdigitation 구조와 부착반에 의해서 다른 세포들과 연결되어 있다. 중간세포는 난형이며, 전자밀도는 다른 지지세포 보다 높다. 기저세포는 입방형이며, 세포소기관의 가운데 미토콘드리아의 발달이 현저하며, membrane interdigitation 구조들이 발달되어 있다. 점액분비세포는 막으로 싸인 다수의 분비과립들을 함유한다. 곤봉상세포의 세포질은 수질부와 피질부로 구분되는데, 수질부에서는 핵, 세포소기관, 중심공포가 관찰되며, 피질부에서는 발달된 장미세섬유들이 관찰된다. 곤봉상세포들은 잘 발달된 membrane interdigitation 구조와 부착반에 의해서 다른 세포들과 연계되어 있다.

FIGURE LEGENDS

Fig. 1. Photomicrograph of the integumentary system of the sea bass, *Lateolabrax japonicus*. Integumentary system consists of epidermal layer (El), dermal layer (Dl) and subcutaneous layer (Scl). Ml, muscular layer; Sc, scale.

Fig. 2. Photomicrograph of epidermal layer stained with PAS. Epidermal layer consists of supporting cells and unicellular glands of mucous secretory cell (Mc) and club cell (Cc). El, epidermal layer; Sc, scale.

Fig. 3. Electron micrograph of superficial cell of epidermal layer. Note the developed microridges (Mr), intracellular organelles and membrane interdigitation (Mi). D, desmosome; N, nucleus; rEr, rough endoplasmic reticulum.

Fig. 4. Intermediate cell of epidermal layer. Note the rough endoplasmic reticulum (rEr) and free ribosome. N, nucleus; Mt, mitochondria.

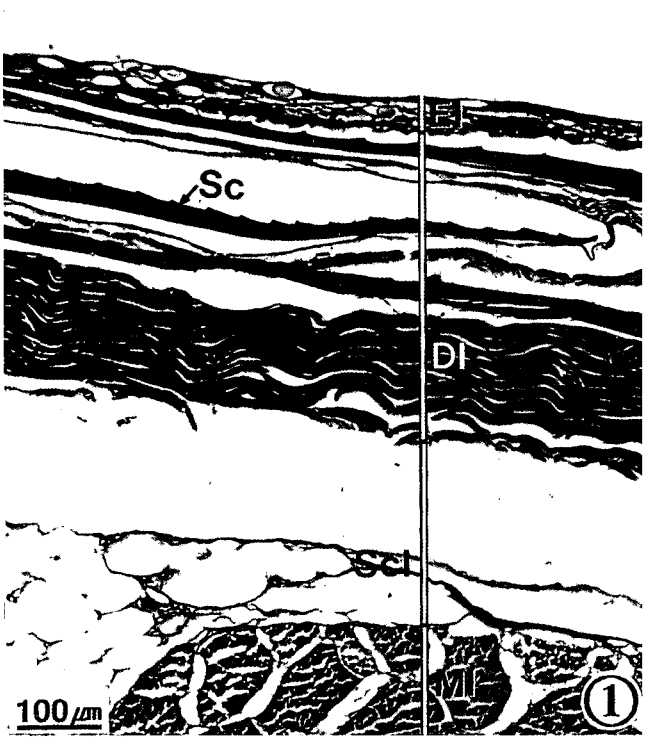
Fig. 5. Basal cell of epidermal layer and pigment cell of dermal layer. Basal cell is cuboidal and contains well-developed mitochondria (Mt) and membrane interdigitation (Mi). Pigment cell contains numerous melanin granules (Mg) and well-developed mitochondria. Cf, collagen fiber; N, nucleus.

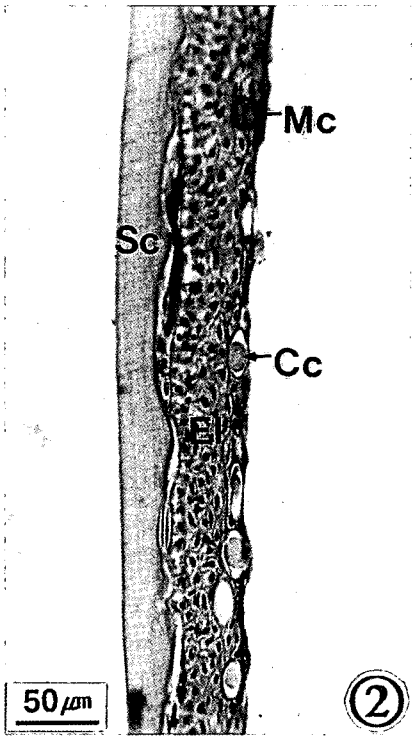
Fig. 6. Mucous secretory cell. Note the numerous membrane bounded secretory granules (Sg).

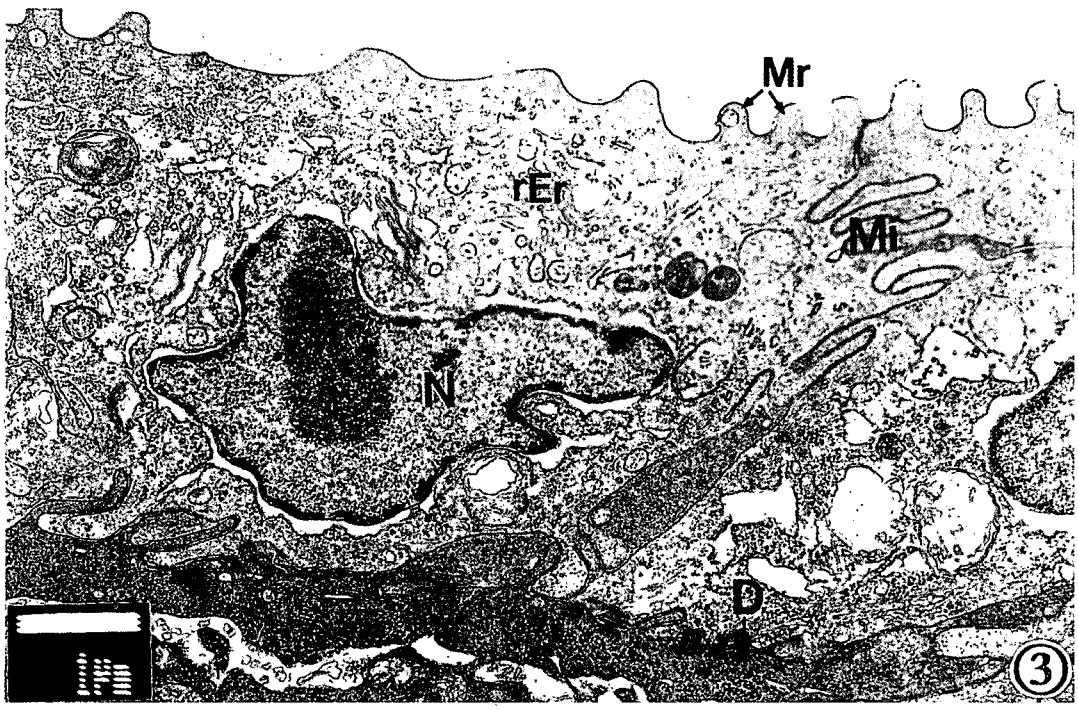
Fig. 7. Section of club cell showing the divided cytoplam in cortex and medullar. Cv, central vacuole; D, desmosome; Mt, mitochondria; N, nucleus.

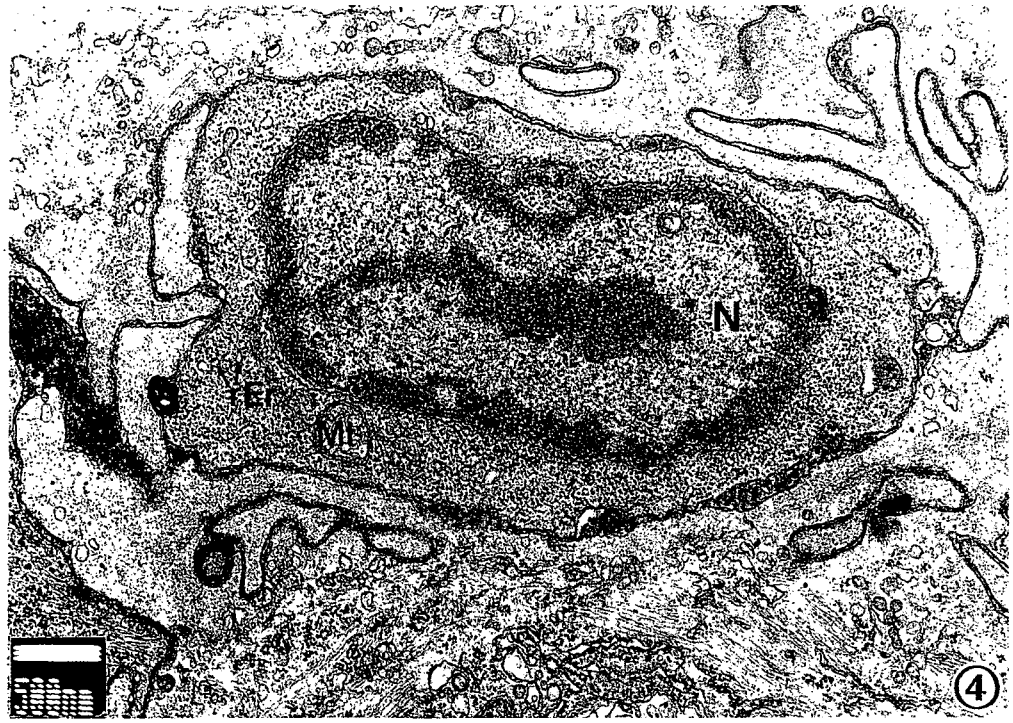
Fig. 8. Cytoplasm of club cell. Note the well-developed tonofilament (Tf). Cv, central vacuole.

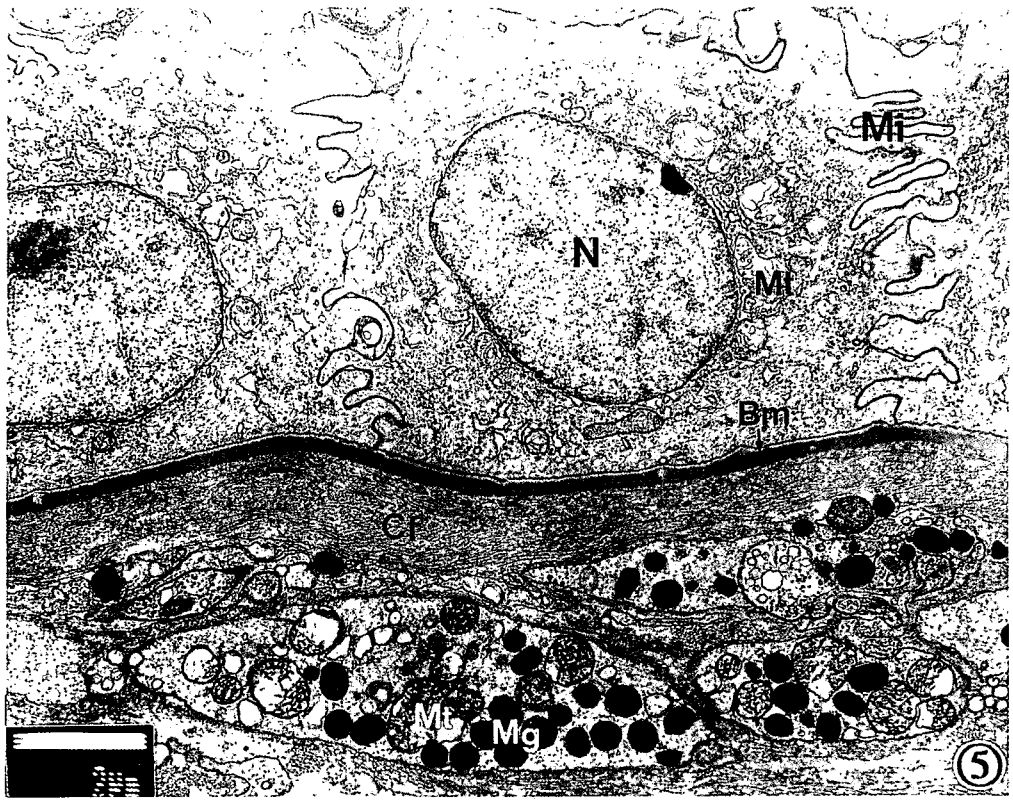
Fig. 9. Plasma membrane of club cell. Note the well-developed membrane interdigitation (Mi) and desmosome (D). Mt, mitochondria; Tf, tonofilament.

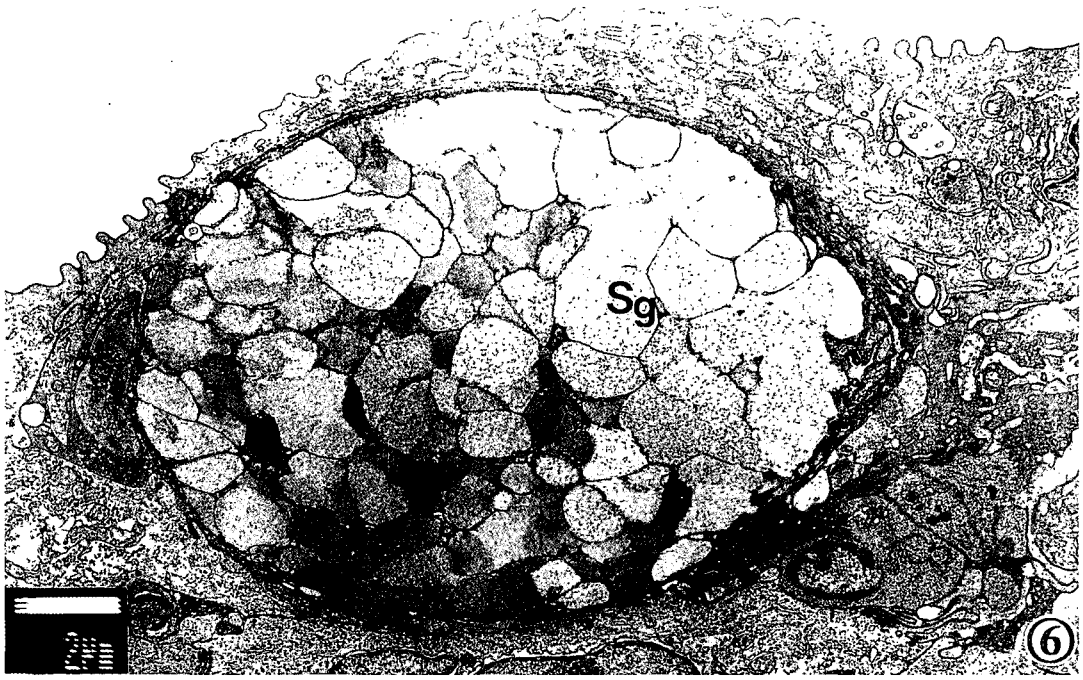

Sc
Dl
Scl
Ml
100㎛
①

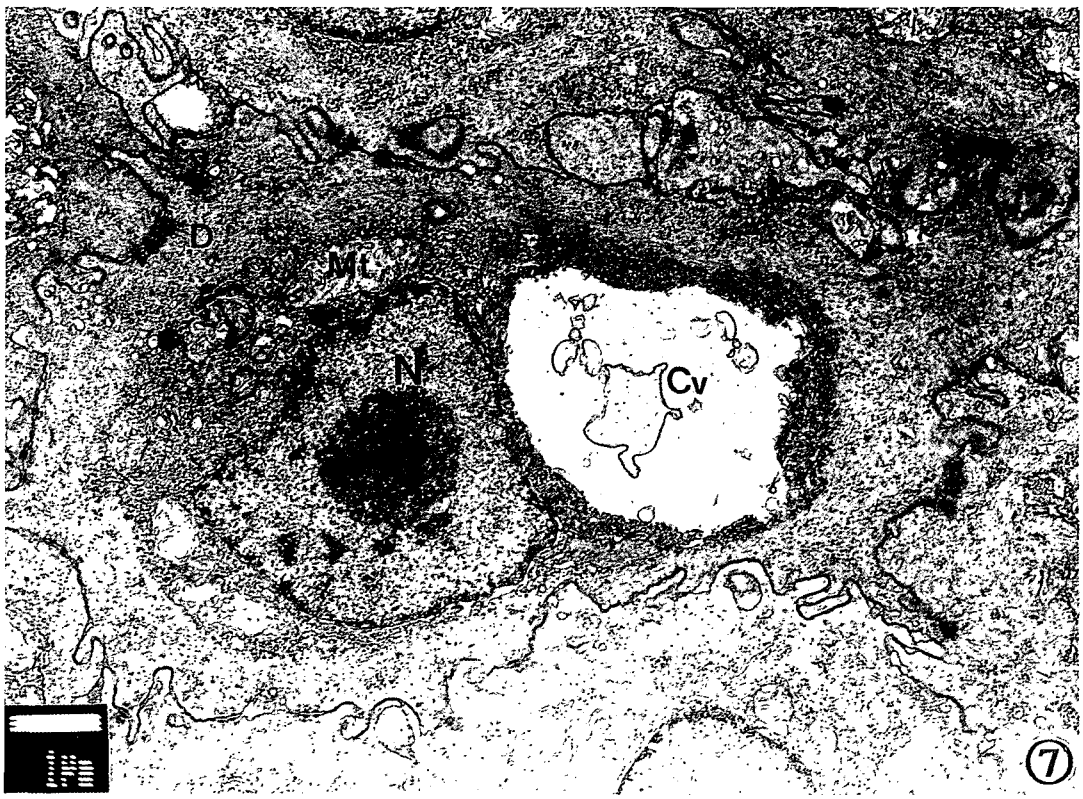

Mc
Sc
Cc
50㎛
②

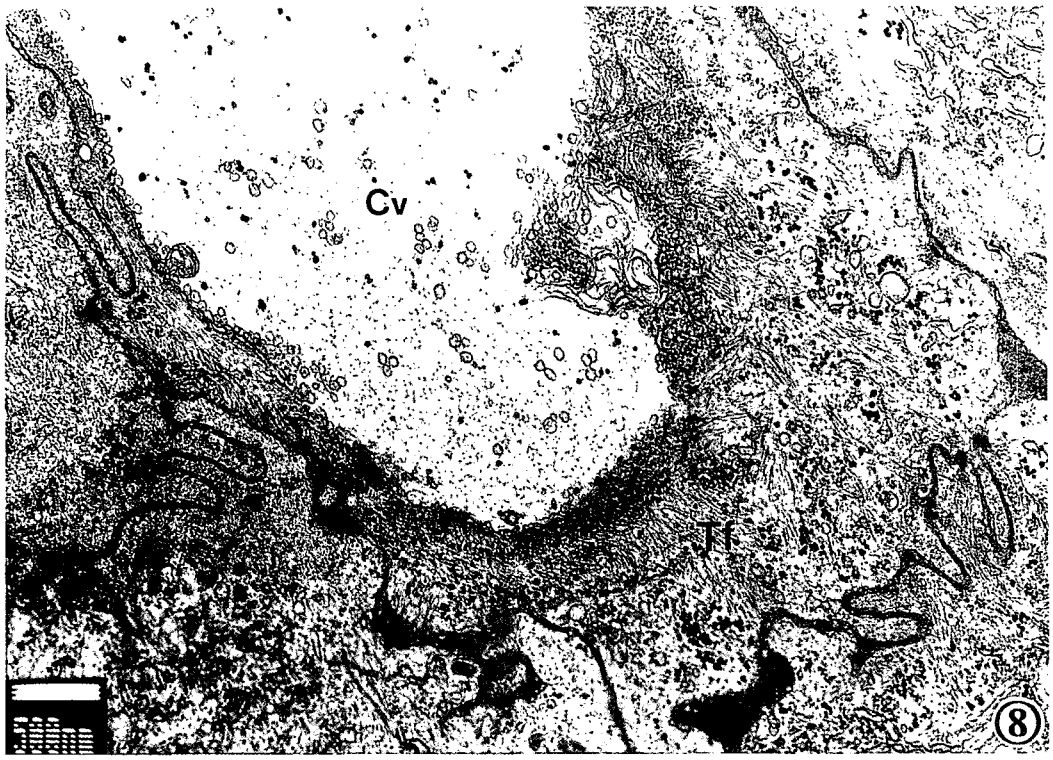

Mr
rEr
Mi
N
D
③


N
Mi
④


Mi
N
Mt
Bm
Cf
Mt
Mg
⑤


Sg
⑥


D
ML
N
Cv
⑦


Cv
Tf
⑧

Mt
Tf
Mt
D
⑨