한국현미경학회지 제41권 제4호 2011
Korean J. Microscopy 41(4), 257~263(2011)

지중해담치, *Mytilus galloprovincialis* 소화맹낭의 미세해부학적 구조

주 선 미, 이 정 식*
전남대학교 수산생명의학과

Microanatomical Structure of the Digestive Diverticulum of *Mytilus galloprovincialis* (Bivalvia: Mytilidae)

Sun Mi Ju and Jung Sick Lee*
Department of Aqualife Medicine, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea
(Received October 22, 2011; Revised December 21, 2011; Accepted December 22, 2011)

ABSTRACT

The microanatomy and ultrastructure of the digestive diverticulum of *Mytilus galloprovincialis* were described using light and electron microscopy. The digestive diverticulum of tawny color was surrounded the stomach and connected to stomach by a primary duct. Digestive diverticulum is composed of numerous digestive tubules. The epithelial layer of a simple digestive tubule, which is simple, is composed of basophilic cells and digestive cells. Basophilic cells are columnar in shape, and has a well-developed endoplasmic reticula, tubular mitochondria, Golgi complex and membrane-bounded granules of high electron density in the cytoplasm. Whereas digestive cells are columnar in shape, with development of microvilli and cilia on the free surface. Pinocytic vasicles, active lysosomes and numerous mitochondria were observed in the apical cytoplasm of digestive cells. The results of this study suggest that basophilic cell and digestive cell of the digestive tubule are specialized in the extracellular and intracellular digestion, respectively.

Keywords : Basophilic cell, Digestive cell, Digestive diverticulum, *Mytilus galloprovincialis*, Ultrastructure

서 론

아가미를 이용한 여과섭이를 하는 이매패류의 소화기관 내에서 세포외 소화는 주로 화학적 소화과정을 거치게 되는데, 이는 주요 먹이원인 식물성 부유생물들의 세포벽을 분해하기 위한 목적이 가장 크다. 이매패류들의 화학적 소화는 주로 소화맹낭과 당면체 (crystalline style)의 소화효소를 이용하여 수행되는 것으로 알려져 있다 (Reid & Sweeney, 1980; Brock, 1989; Ibarrola et al., 1998; Alyakrinskaya, 2001). 따라서 이매패류 소화관의 구조와 소화맹낭과 당면체 사이의 연관관계 및 소화맹낭과 당면체의 세포외 소화와 연관된 미세구조적 정보는 이들의 화학적 소화를 이해하는데 필수적이다.

이매패류 소화맹낭의 미세구조에 관한 연구는 *Cardium edule* (Owen, 1970), *Pecten maximus* (Henry et al., 1991), *Mercenaria mercenaria* (Eble, 2001) 및 개조개, *Saxidomus purpuratus*의 소화맹낭의 형태 및 미세구조에 관한보고 (Ju &

이 논문은 한국연구재단의 "2011년도 지역대학우수과학자 연구사업"에 의하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다.
* Correspondence should be addressed to Jung Sick Lee, Department of Aqualife Medicine, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea. Ph.: (061) 659-7172, Fax: (061) 659-7172, E-mail: ljs@chonnam.ac.kr

Lee, 2011)가 있으며, 소화선 상피세포 증식의 주기적 변화(Zaldibar et al., 2004)와 소화세포의 β-glucuronidase와 hexosaminidase에 관한(Izagirre et al., 2009) 연구 등이 보고되고 있다.

이매패류는 이동성에 따라 부착형과 이동형으로 구분되며, 서식지에 따라 크게 표재형(epifauna)과 내재형(infauna)으로 구분할 수 있다(Gosling, 2004). 부착형에는 굴, *Crassostrea gigas*, 가리비, *Patinopecten yessoensis*, 지중해담치, *Mytilus galloprovincialis*, 진주담치, *M. edulis* 등이 있으며, 이동형에는 개조개, 바지락, *Ruditapes philippinarum*, 꼬막, *Tegillaca granosa* 등이 있는데, 이들은 서식생태의 차이에 따라 섭이와 소화기작 또한 다를 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 홍합과(Mytilidae)의 부착형 이매패류인 소화맹낭의 해부학 및 미세구조학적 특징을 광학 및 전자현미경을 이용하여 기재하고 이를 서식지 차이와 연관하여 비교하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재료

본 연구에 사용된 지중해담치는 여수시 돌산면 우두리(34° 43′33.95″N, 127° 45′57.2″E) 연안에서 2010년 5월에 채집하였다. 분석에 사용된 시료는 각고 63.12 (±13.44) mm, 전중 25.97 (±6.44) g의 성체 20개체이다.

각장과 각고는 vernier calipers로 0.01 mm까지 측정하였으며, 전중과 육중은 전자저울로 0.01 g까지 측정하였다. 내장낭 기관계와 소화맹낭, 위의 위치는 해부하여 육안과 해부현미경을 통하여 기재하였다.

2. 조직학적 방법

광학현미경 표본제작은 시료를 Bouin 용액에 24시간 동안 고정하여 파라핀절편법으로 5 μm 두께로 연속절편 후 Mayer's hematoxylin-eosin (H-E)과 Masson 삼중염색 및 alcian blue-periodic acid and Schiff's solution (AB-PAS, pH 2.5)과 aldehyde fuchsin-alcian blue (AF-AB, pH 2.5) 반응을 실시하였다. 조직화학적 반응 후 점액세포의 염색친화도 판정은 Pantone® Formula Guide (Coated first edition 2002; Pantone Inc., USA)를 기준으로 고유번호를 괄호 안에 표시하였다.

투과전자현미경(Transmission Electron Microscopy, TEM) 조직표본 제작은 시료를 phosphate buffer (pH 7.5)로 완충시킨 2.5% glutaraldehyde 용액으로 2시간 동안 전 고정하였으며, 0.1 M phosphate buffer (pH 7.5)로 20분씩 3회 수세하였다. 그 후 1% osmium tetroxide (O_SO_4) (Sigma)로 2시간 동안 고정한 후, 0.1 M phosphate buffer로 20분씩 3회 세척하고, 에탄올을 이용하여 단계별로 탈수하였다. 그 후 에폭시 수지로 포매 한 후 1 μm 두께의 semithin section을 toluidine blue로 염색하여 광학현미경으로 관찰하였다. 그 후, TEM 관찰 절편은 ultramicrotome (MT-X, RMC, Germany)을 이용한 두께 70 nm로 ultrathin section 한 다음 uranyl acetate-lead citrate로 염색하고, TEM (H-7500, Hitachi, Japan)으로 관찰하였다.

주사전자현미경(Scanning Electron Microscopy, SEM) 표본제작은 소화맹낭을 횡단 후 TEM 관찰을 위한 시료와 같은 방법으로 전 처리하였다. 그 후 amyl acetate로 30분씩 2회 치환하고, CO_2 가스로 임계건조(critical point drying)한 다음 1분 동안 금이온 증착(gold ion particle coating)하여 SEM (JSM-7500F, Hitachi, Japan)으로 관찰하였다.

결 과

1. 해부학적 특징

지중해담치의 내장낭 기관계의 종단면을 해부학적으로 관찰한 결과, 각정부에서 폐각근까지 5등분 하였을 때 각정부에서 2/5의 상부에 위를 둘러싼 황갈색의 소화맹낭이 존재하였다(Fig. 1A). 해부학적으로 소화맹낭은 관 구조인 일차소관(primary duct)과 이차소관(secondary duct)으로 위와 연결되어 있었다(Fig. 1A). 광학현미경 조직표본 관찰결과, 이차소관은 일차소관에서 분화되어 발달하여 있으며, 소화선세관(digestive tubule)은 이차소관에서 분화된 집합적 구조였다(Fig. 1B).

2. 미세구조

소화맹낭은 다수의 소화선세관들이 모인 집합 구조로 각각의 소화선세관은 기저막 위에 단층 상피층이 원을 이루고 있는 구조였다. 상피층에서는 호염기성세포(basophilic cell)와 소화세포(digestive cell)를 구분할 수 있었다(Figs. 2, 3).

호염기성세포들은 원주형으로 H-E 염색 결과, 세포질의 중앙 하부는 강한 호염기성을 나타냈으며, 뚜렷한 원형의 핵과 인을 가지고 있었다. 세포질의 상부에는 다수의 과립을 함유하고 있었는데 이들의 조직화학적 반응 결과는 Table 1에 나타냈다. 이들 과립들은 H-E 염색에서 연한 갈색(256C)으로 나타났으며(Fig. 3A), Masson 삼중염색에서는 적자색(220C)으로 반응하였다(Fig. 3B). 그리고 AB-PAS (pH 2.5) 반응에서 중성 점액다당류를 확인할 수 있었으며(Fig. 3C), AF-AB (pH 2.5) 반응에서는 비황화 점액물질을 확인할 수 있었다(Fig. 3D).

Table 1. A summary of the histochemical tests performed to show the nature of the granules of digestive diverticulum of *Mytilus galloprovincialis*

Techniques employed	Basophilic cell	Digestive cell
Mayer's hematoxylin-eosin	± (Brown, 256C)	± (Brown, 256C)
Masson trichrome	+ (Plum, 220C)	+ (Plum, 220C; Blue, 285C)
PAS	+ (Red, 2665C)	+ (Red, 2665C)
AB (2.5)	+ (Blue, 318C)	+ (Blue, 318C)
Aldehyde fuchsin	−	−

*AB, alcian blue; PAS, periodic acid-Schiff solution; −, no reaction; ±, weak reaction; +, reaction.

소화세포들의 형태는 호염기성세포들과 마찬가지로 원주형으로 H-E 염색에서 강한 호염기성을 나타내는 뚜렷한 원형의 핵과 인을 가지며, 세포질의 상부에는 다수의 과립을 가지고 있었는데 이들의 조직화학적 반응 결과는 Table 1에 나타냈다. 이들 과립의 대부분은 H-E 염색, Masson 삼중염색, AB-PAS (pH 2.5) 반응 및 AF-AB (pH 2.5) 반응에서 공포상으로 나타났다 (Fig. 3). 하지만, 일부 과립들은 H-E 염색에서 연한 갈색 (256C)으로 나타났으며 (Fig. 3A), Masson 삼중염색에서는 적자색 (220C)과 푸른색 (285C)으로 나타났다 (Fig. 3B). 그리고 AB-PAS (pH 2.5) 반응에서는 중성 점액성분을 확인할 수 있었으며 (Fig. 3C), AF-AB (pH 2.5) 반응에서는 비황화 강산성 점액성분을 가지고 있음을 알 수 있었다 (Fig. 3D).

투과전자현미경 (TEM) 관찰 결과, 호염기성세포는 원주형이며, 핵은 타원형으로 중앙에 위치하며, 핵질은 진정염색질이 대부분을 차지하여 전자밀도는 낮았으며, 핵질의 중앙에는 전자밀도가 높고 뚜렷한 인을 가지고 있었다 (Fig. 4A). 특히, 핵 주변에는 조면소포체와 골지체들이 잘 발달하여 있었으며 (Fig. 4B), 세포질에서는 막을 가진 전자밀도가 다양한 분비과립들과 잘 발달한 관상의 미토콘드리아들이 확인되었다 (Fig. 4C).

소화세포는 섬모원주형세포로 자유면에는 다수의 섬모와 미세융모들이 발달하여 있었다. 이들의 핵은 원형으로 세포질의 기저부에 위치하였고 핵의 내부는 진정염색질과 이형염색질이 뚜렷이 구분되었다. 자유면 근처의 세포질에서는 수질부의 전자밀도가 균질한 일차용해소체들이 주로 관찰되었으며, 세포질 전체에는 조면소포체와 미소체 그리고 골지체들이 분포하고 있었다 (Fig. 5A). 또한 자유면 미세융모 아래의 세포질에는 음소포들이 관찰되었으며 (Fig. 5B), 일부 세포들의 경우에는 내부의 전자밀도가 균일하지 못한 이차용해소체들과 핵 주변에는 발달된 관상의 미토콘드리아들이 분포하고 있었다 (Fig. 5C).

고 찰

이매패류의 소화관은 식도, 위, 장으로 구성되어 있으며, 위는 소화맹낭과 연결되어 있다. 소화맹낭은 위와 연결된 관구조로 일차소관에서 분화된 이차소관과 이차소관에서 분화된 소화선세관들이 무리지어 있는 집합적 구조이다 (Owen, 1956). 이러한 소화맹낭의 구조는 가리비류인 *Placopecten magellanicus* (Wojtowicz, 1972), *Pecten maximus* (Henry et al., 1991), *Bathymodiolus thermophilus*, *B. brevior* and *B. heckerase* (Logan et al., 2008), 대복, *Gomphina veneriformis* (Park et al., 2010) 그리고 개조개 (Ju & Lee, 2011)에서 보고된 바 있다.

본 연구에서도 지중해담치의 소화맹낭은 일차소관에 의해 위와 연결되어 있었으며, 일차소관으로부터 이차소관의 분화 및 소화선세관의 구조는 기존에 보고된 이매패류들과 유사한 해부 및 구조학적 특징을 보였다.

이매패류의 소화맹낭에서 주로 소화기능을 담당하는 소화선세관의 상피층은 호염기성세포와 소화세포로 구성되는데, 호염기성세포는 분비세포로 세포외 소화를 담당하며, 소화세포는 주로 흡수 및 세포내 소화기능을 가진다 (Owen, 1972; Morton, 1983; Henry et al., 1991; Eble, 2001; Dimitriadis et al., 2004; Robledo et al., 2006; Ju & Lee, 2011).

Henry et al. (1991)의 *Pecten maximus* 소화맹낭 연구 결과, 이들의 소화선세관은 분비세포와 소화세포들로 구성되며, 분비세포들의 세포질에는 조면소포체가 잘 발달되어 있었다. 그리고 소화맹낭에서 amylase와 cellulase 및 lysosome의 활성은 확인되었지만, 단백질 분해 활성을 의미하는 미세구조적 특징은 없었다. 소화세포들은 흡수와 소화 및 지방물질을 저장하는 기능을 가진다. 이들 소화세포는 원주형으로 자유면에 미세융모가 잘 발달되어 있으며, 자유면 근처의 세포질에서는 음소포가 관찰되고 핵 주변의 세포질에서는 말발굽 모양의 골지체들 그리고 다양한 단계의 용해소체들이 확인하였다.

Bathymodiolus 속의 담치류 역시 소화선세관에서 호염기성 분비세포들과 소화세포들이 확인되었다. 호염기성 분비세포들은 종에 따라 특별한 미세구조적 차이를 보이지 않고 공통적으로 발달된 조면소포체와 다수의 골지체를 보유한다. 하지만 소화세포들은 모두 원주형이지만 종에 따라 미세구조의 차이를 보였다. *B. thermophilus*와 *B. brevior*는 다양한 소화과정을 의미하는 구형의 막을 가진 과립형 용해소체를 가지지만, *B. heckerase*는 세포질에서 용해소체는 관찰되지 않지만 대신 크고 이중막으로 싸인 구형의 물질들을 함유한다 (Logan et al., 2008).

본 연구 결과, 지중해담치 소화맹낭의 소화세관에 존재하는 호염기성세포들은 주로 중성의 비황화당단백질 성분을 함유하는 것으로 확인되었다. 그리고 투과전자현미경 분석

결과, 호염기성세포는 조면소포체, 골지체, 미토콘드리아 및 분비과립 등 분비기능을 의미하는 미세구조적 특징을 나타내 이들은 세포외 소화를 담당하는 것으로 나타났다.

Dimitriadis et al. (2004)은 지중해담치의 호염기성세포의 전자밀도가 높은 분비과립에서 β-glucuronidase에 양성의 면역반응을 확인하고 호염기성세포에서 β-glucuronidase가 합성된다는 사실을 입증하였다.

*Mya arenaria*의 소화선에서 소화세포의 형태는 원주형이며, 자유면에는 미세융모들이 발달되어 있으며, 세포질에는 미토콘드리아, 조면소포체, 골지체 등의 세포내 소기관들과 소화포 및 다포체 (multivesicular body)를 가진다 (Pal, 1972).

본 연구에서도 지중해담치의 소화세포는 자유면의 미세융모와 세포질에서 용해소체, 음소포 및 미토콘드리아의 발달 등 흡수 및 소화기능을 나타내는 전자현미경적 특징을 보여 세포내 소화기능을 담당하는 것으로 나타나 기존에 보고된 이매패류들과 유사한 결과를 보였다.

Cerastoderma edule (Ibarrola et al., 1998), *Mytilus chilensis* (Fernández-Reiriz et al., 2001), *Ruditapes decussatus*와 *Venerupis pullastra* (Albentosa & Moyano, 2009)를 비롯한 많은 이매패류의 소화맹낭에서 분비되는 주요 소화효소는 amylase, cellulase, chitinase, laminarinase, lipase, protease가 보고되었다.

하지만, 이러한 소화효소의 구성비는 서식지에 따라서도 다소 차이가 있다. 조간대에 서식하는 *Ruditapes decussatus*와 조하대에 서식하는 *Venerupis pullastra*에서 소화맹낭의 주요 소화효소는 amylase, cellulase, laminarinase, protease이며, 두 종 모두 amylase의 활성이 가장 높았다. 하지만, *R. decussatus*의 경우, amylase는 61.8%였으며, *V. pullastra*에서는 41.9%로 나타났다 (Albentosa & Moyano, 2009).

이러한 소화맹낭의 효소학적 결과들을 미세구조적 결과와 연관시켜 볼 때, 호염기성세포들의 분비과립과 소화세포들의 용해소체들은 주로 탄수화물 분해효소들을 함유하는 것으로 판단된다. 따라서 지중해담치의 경우에도 추후 소화맹낭의 효소학적 연구가 이루어진다면, 그 결과를 이들 세포의 미세구조적 특징과 연관 지을 수 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

Albentosa M, Moyano FJ: Differences in the digestive biochemistry between the intertidal clam, *Ruditapes decussatus* and the subtidal clam, *Venerupis pullastra*. Aquacult Int 17 : 273-282, 2009.

Alyakrinskaya IO: The dimensions, characteristics and functions of the crystalline style of molluscs. Bio Bull 28 : 523-535, 2001.

Brock V: *Crassostrea gigas* (Thunberg) hepatopancreas-cellulase kinetics and cellulolysis of living monocellular algae with cellulose walls. J Exp Mar Bio Ecol 128 : 157-164, 1989.

Dimitriadis VK, Domouhtsidou GP, Cajaraville MP: Cytochemical and histochemical aspects of the digestive gland cells of the mussel *Mytilus galloprovincialis* (L.) in relation to function. J Mol Histol 35 : 501-509, 2004.

Eble AF: Anatomy and histology of *Mercenaria mercenaria*. In: Kraeuter JN, Castagna M, eds, Biology of the hard clam, pp. 117-220, Elsevier, New York, 2001.

Fernández-Reiriz MJ, Labarta U, Navarro JM, Velasco A: Enzymatic digestive activity in *Mytilus chilensis* (Hupé 1854) in response to food regimes and past feeding history. J Comp Physiol 171 : 203-221, 2001.

Gosling E: Bivalve molluscs: Biology, Ecology and Culture. 2. Morphology of bivalves. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, pp. 7-39, 2004.

Henry M, Boucaud-Camou E, Lefort Y: Functional micro-anatomy of the digestive gland of the scallop *Pecten maximus* (L.). Aquat Living Resour 4 : 191-202, 1991.

Ibarrola I, Larretxea X, Iglesias JIP, Urrutia MB, Navarro E: Seasonal variation of digestive enzyme activities in the digestive gland and the crystalline style of the common cockle *Cerastoderma edule*. Comp Biochem Physiol Part A 121 : 25-34, 1998.

Izagirre U, Angulo E, Wade SC, Gwynn I, Marigomez I: β-Glucuronidase and hexosaminidase are marker enzymes for different compartments of the endo-lysosomal system in mussel digestive cells. Cell Tissue Res 335 : 441-454, 2009.

Ju SM, Lee JS: Ultrastructure of the digestive diverticulum of *Saxidomus purpuratus* (Bivalvia: Veneridae). Korean J Malacol 27(3) : 159-165, 2011.

Logan CR, Evans MB, Ward ME, Scott JL, Carnegie RB, Van Dover CL: Comparative ultrastructure of digestive diverticulae in bathymodiolin mussels: discovery of an unknown spherical inclusion (SIX) in digestive cells of a seep mussel. J Shellfish Res 27 : 97-105, 2008.

Morton BS: Feeding and digestion in bivalves. In: Saleuddin ASM, Wilburg M, eds, The Mollusca Physiology 5th, pp. 563-586, Academic Press, New York, 1983.

Owen G: Observations on the stomach and digestive diverticula of the Lamellibranchia II. The Nuculidae. Quart J Micr Sci 97 : 541-567, 1956.

Owen G: The fine structure of the digestive tubules of the marine bivalve *Cardium edule*. Phil Trans Roy Soc Lond B Biol Sci 258 : 245-260, 1970.

Owen G: Lysosomes, peroxisomes and bivalves. Scient Progr Oxford 60 : 299-318, 1972.

Pal SG: The fine structure of the digestive tubules of *Mya arenaria* L. II. Digestive cell. Proc malac Soc Lond 40 : 161-170, 1972.

Park JJ, Lee JS: Ultrastructural changes in digestive gland and lipofuscin accumulation of the equilateral venus, *Gomphina veneriformis* (Bivalvia: Veneridae) on tributyltin chloride (TBTCl) toxicity. Korean J Malacol 26(1) : 63-78, 2010.

Reid RGB, Sweeney B: The digestibility of the bivalve crystalline

style. Comp Biochem Physiol Part B 65(2) : 451-453, 1980.
Robledo Y, Marigómez I, Angulo E, Cajaraville MP: Glycosylation and sorting pathway of lysosomal enzymes in mussel digestive cells. Cell Tissue Res 324 : 319-333, 2006.
Wojtowicz MB: Carbohydrases of the digestive gland and the crystalline style of the Atlantic deep-sea scallop (*Placopecten magellanicus* Gmelin). Comp Biochem Physiol Part A 43(1) : 131-141, 1972.
Zaldibar B, Cancio I, Marigómez I: Circatidal variation in epithelial cell proliferation in the mussel digestive gland and stomach. Cell Tissue Res 318 : 395-402, 2004.

＜국문초록＞

지중해담치 소화맹낭의 해부학적 구조와 미세구조를 광학 및 전자현미경을 이용하여 기재하였다. 소화맹낭은 황갈색으로 위를 둘러싸고 위치하며, 일차소관으로 위와 연결되어 있었다. 소화맹낭은 다수의 소화선세관들로 구성되며, 각각의 소화선세관은 단층 상피층으로 호염기성세포와 소화세포들로 이루어져 있었다. 호염기성세포는 원주형이며, 세포질에는 잘 발달된 조면소포체, 관상의 미토콘드리아, 골지체 및 전자밀도가 높고 막을 가진 분비과립들을 함유하고 있었다. 소화세포는 원주형이며, 자유면에는 섬모와 미세융모가 발달되어 있었다. 세포질 상부에서는 음소포, 활성 용해소체 및 미토콘드리아가 관찰되었다. 본 연구에서 이러한 결과는 소화선세관의 호염기성세포와 소화세포는 각각 세포외 소화와 세포내 소화에 적당하게 분화되었음을 의미한다.

FIGURE LEGENDS

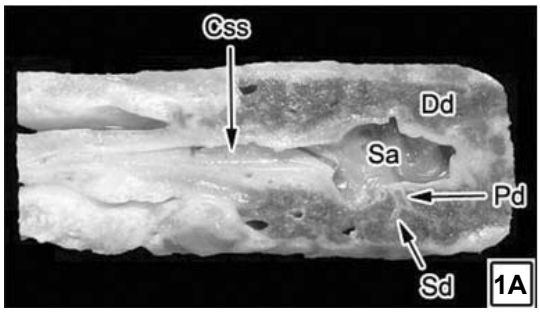
Fig. 1. Anatomy of the visceral mass (1A) and light microscopical structure of the digestive diverticulum (1B) of *Mytilus galloprovincialis*. Masson's trichrome stain. Css, crystalline style sac; Dd, digestive diverticulum; Dt, digestive tubule; Pd, primary duct; Sa, stomach; Sd, secondary duct.

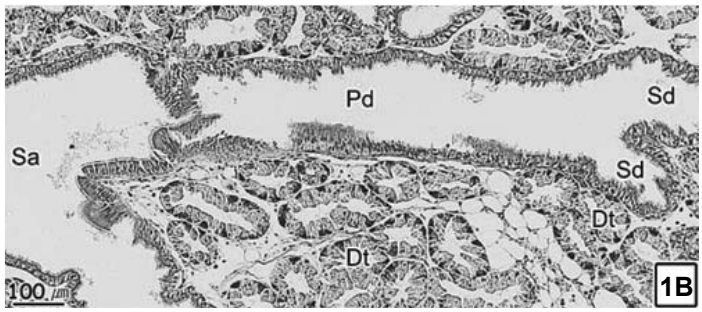
Fig. 2. Scanning electron micrograph (2A) and semithin section (2B) of the digestive diverticulum of *Mytilus galloprovincialis*. 2A: Showing the numerous digestive tubules (Dt). 2B: Showing the basophilic cell (Bpc) and digestive cell (Dc) in the epithelial layer. G, granules.

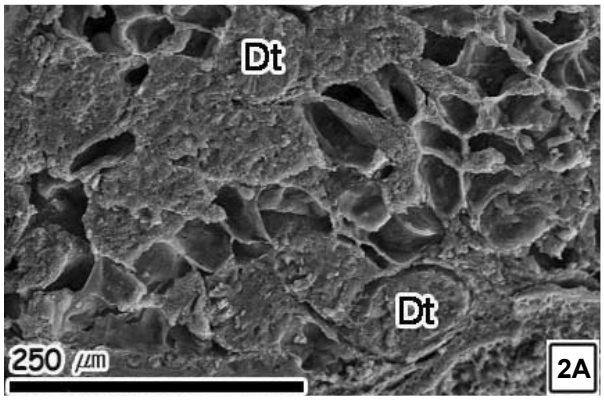
Fig. 3. Light microscopical features of the digestive tubule of *Mytilus galloprovincialis*. showing the basophilic cell (Bpc), digestive cell (Dc) and the cytoplasmic granules (G) in the epithelial layer (El). 3A: H-E stain. 3B: Masson's trichrome stain. 3C: AB-PAS (pH 2.5) reaction. 3D: AF-AB (pH 2.5) reaction. L, lumen.

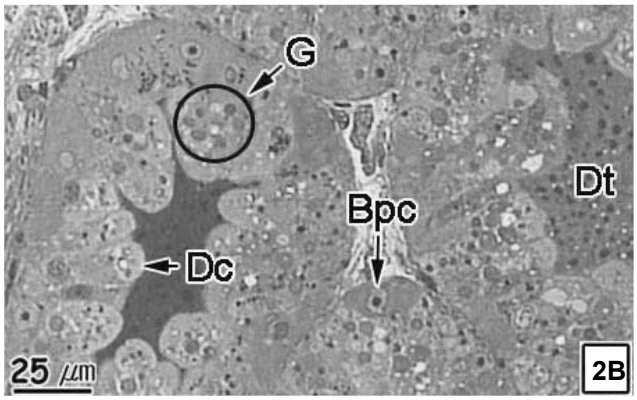
Fig. 4. Transmission electron micrographs on ultrastructure of the basophilic cell in the digestive tubule of *Mytilus gallopronincialis*. 4A: Section of the columnar basophilic cell. 4B: Showing the well-developed rough endoplasmic reticulum (rER) and Golgi complex (Gc) near the nucleus (N). 4C: Showing the membrane-bounded secretory granules (G) of high electron density and tubular mitochondria (Mt). No, nucleolus.

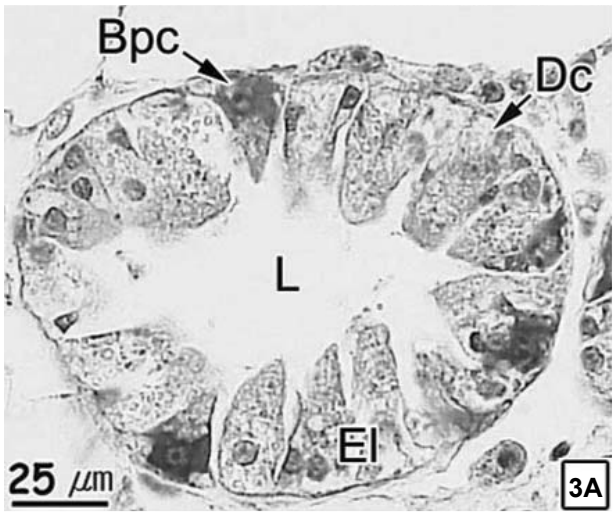
Fig. 5. Transmission electron micrographs on ultrastructure of the digestive cell in the digestive tubule of *Mytilus galloprovincialis*. 5A: Showing the columnar digestive cell. Note the cilia (C) and microvilli (Mv) on the free surface. 5B: Showing the pinocytic vesicles (Pv) and lysosomes (Ly) in the apical cytoplasm. 5C: Section showing the well-developed mitochondria (Mt) and active lysosomes in the cytoplasm.

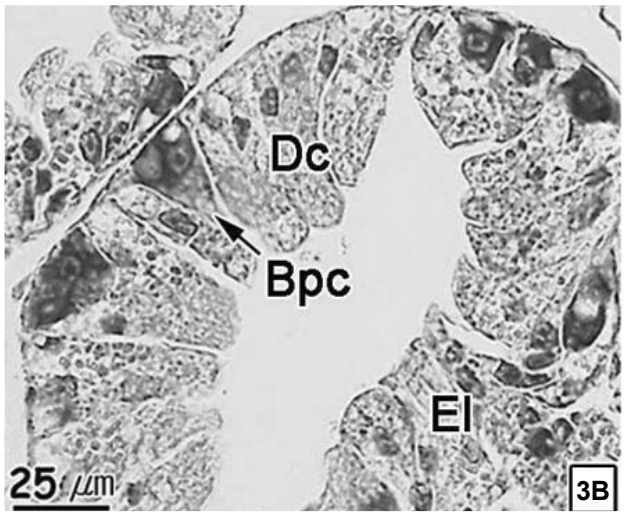

Css
Dd
Sa
Pd
Sd
1A

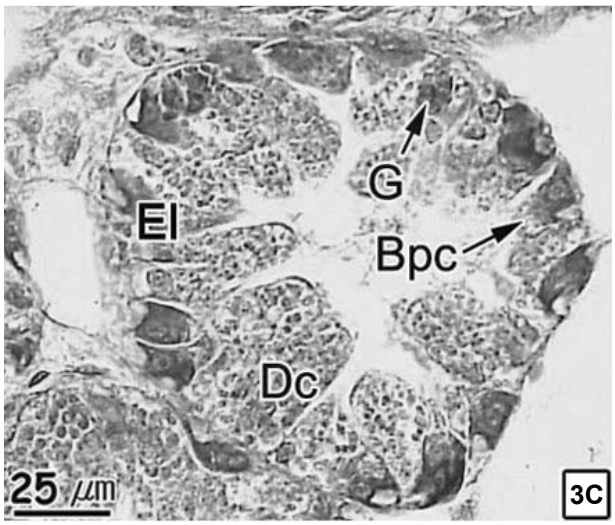

Pd
Sd
Sa
Sd
Dt
Dt
100 μm
1B

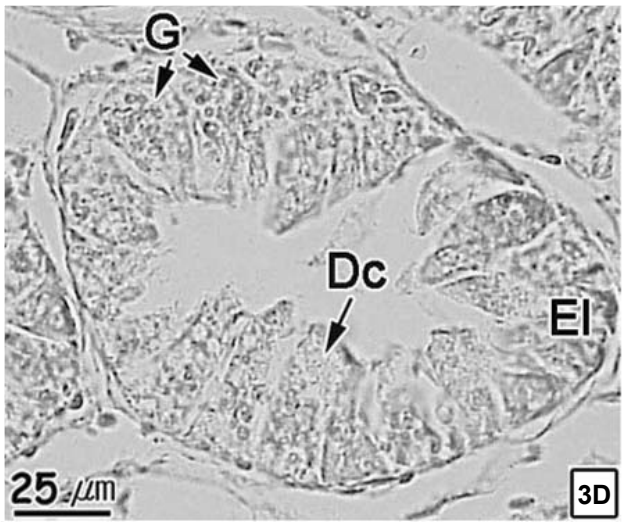

Dt
Dt
250 μm
2A

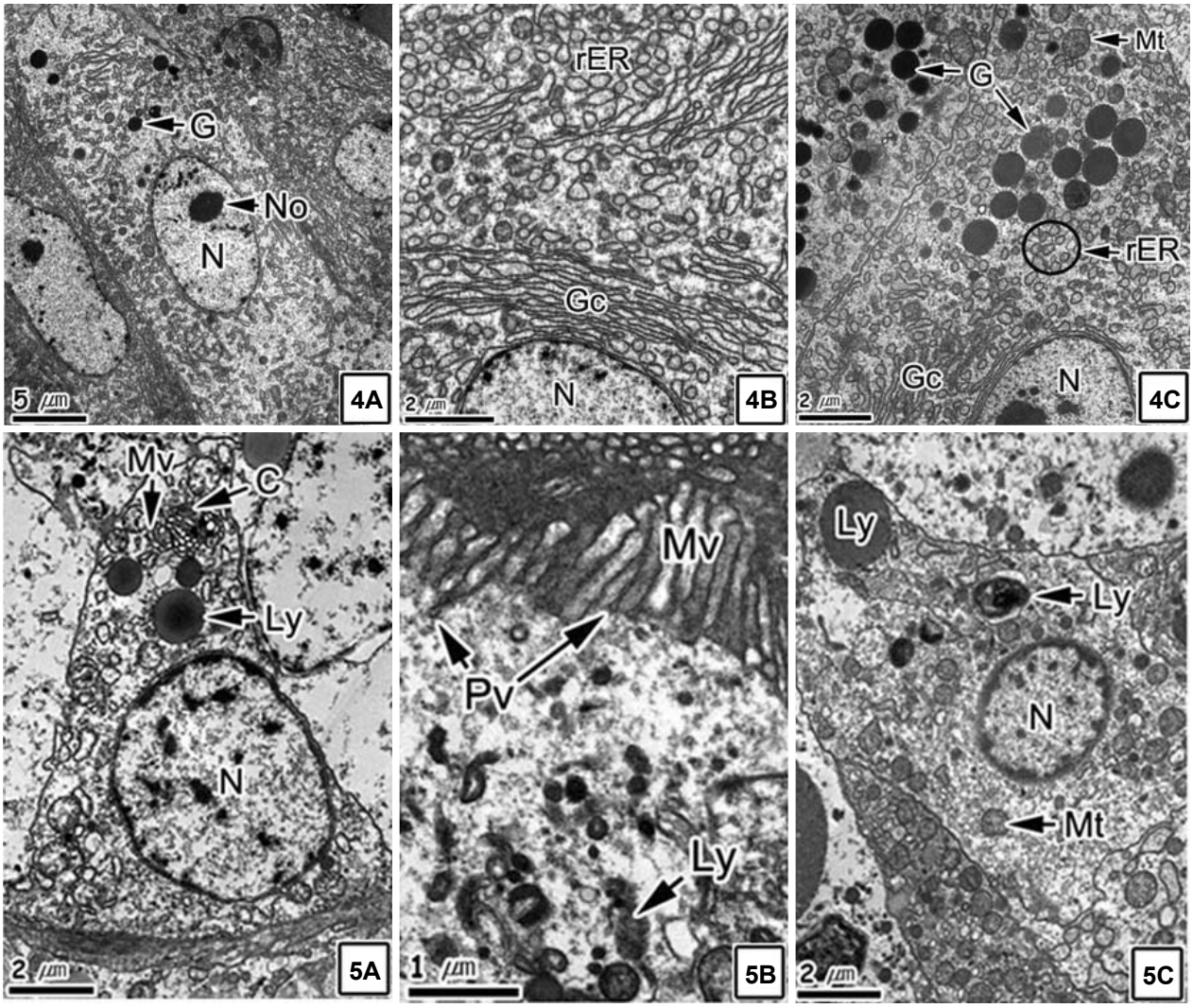

G
Dt
Bpc
Dc
25 μm
2B


Bpc
Dc
L
El
25 μm
3A


Dc
Bpc
El
25 μm
3B


G
El
Bpc
Dc
25 μm
3C


G
Dc
El
25 μm
3D


G
No
N
5 μm
4A
rER
Gc
N
2 μm
4B
Mt
G
rER
Gc
N
2 μm
4C
Mv
C
Ly
N
2 μm
5A
Mv
Pv
Ly
1 μm
5B
Ly
Ly
N
Mt
2 μm
5C