

ムラサキイガイの中腸腺の構造

山元憲一[†], 半田岳志

Structure of the digestive diverticula of the common mussel, *Mytilus galloprovincialis* (Mollusca : Bivalvia : Isofilibranchia)

Ken-ichi Yamamoto[†] and Takeshi Handa

Abstract : The corrosion resin-casts and the tissue preparations of the digestive diverticula of the common mussel, *Mytilus galloprovincialis* were observed. The resin-casts were made of the prepolymerization methyl methacrylate (MercoxCL-2R) containing 10 % Mercox MA. The tissue preparations were stained with Azan. The openings of the duct of digestive diverticula were the 3 places on the inner wall of the stomach. Three openings of the ducts, which were orifice, existed in the inner wall of the stomach. The cilium and villus were distributed separately on the inner wall of the main duct. However, only villus was distributed on the inner wall of the secondary duct. All the tubules derived directly from the secondary duct.

Key words : common mussel ; Isofilibranchia ; Corrosion resin-cast ; Digestive diverticula ; Duct ; Tubule

緒言

二枚貝の中腸腺は、胃の周囲に位置し¹⁾、胃に開口した導管で連絡している²⁻⁵⁾。胃と導管の構造は、ゼラチンによる鋳型からマガキ *Crassostrea gigas* で図示されており⁶⁾、導管と中腸腺細管については組織像の観察から模式的に図示されている^{5,7,8)}。しかし、中腸腺の全体像を立体的に明らかにした例は見られない。

そこで、著者らは、腹足綱の原始腹足目のクロアワビ *Haliotis (Nordotis) discus discus*⁹⁾、サザエ *Turbo (Batillus) cornutus*¹⁰⁾、中腹足目のマルタニシ *Cipangopaldina chinensis*¹¹⁾、ツメガイ *Glossaulax didyma*¹²⁾、新腹足目のアカニシ *Rapana venosa*¹³⁾ および二枚貝綱の等糸鰓類で擬弁鰓型を示すリシケタイラギ *Atrina (Servatrina) lischkeana*¹⁴⁾、擬弁鰓目のアコヤガイ *Pinctada fucata martensii*¹⁵⁾、カキ目で擬弁鰓型を示すマガキ¹⁶⁾の中腸腺について、半重合メチルメタクリレートを使って鋳型を作成し、切片標本の観察および固定標本を切開した断面像の観察を行って、胃と中腸腺の立体構造を明らかにしてきた。本研究では、二枚貝綱のイガイ

目(等糸鰓類)のムラサキイガイ *Mytilus galloprovincialis* を用いて、前記と同様にして鋳型および切片標本を作成し、固定標本を観察して中腸腺の立体構造および組織像を調べたので報告する。なお、分類は波部¹⁷⁾ および奥谷¹⁸⁾ に従った。

材料および方法

実験には、水産大学校に隣接する港内で採集した殻長 48 ± 8 mm (平均値 \pm 標準偏差) のもの40個体および殻長 11 ± 2 mm のもの10個体のムラサキイガイを用いた。ムラサキイガイは、入手後、 $0.5 \mu\text{m}$ 以上の粒子を除去した海水を 1 l/min 注入した状態で5~10日間蓄養し、できるだけ消化管の内容物を排泄させて実験に供した。

鋳型 鋳型の作成は、Handa and Yamamoto¹⁹⁾ に準じて、主剤 (MERCOCX CL-2R, 応研商事株式会社) 3 ml 当り硬化剤 (MERCOCX MA, 応研商事株式会社) 約 0.1 g を混入したもの(以降、樹脂と表す)を用いて、次のようにして行った。まず、ムラサキイガイを約 0.4 M/l の塩化マグネシウ

2008年6月23日受付. Received June 23, 2008.

1 水産大学校生物生産学科 (Department of Applied Aquabiology, National Fisheries University)

[†] 別刷り請求先 (corresponding author) : yamagenk@fish-u.ac.jp

ム水溶液²⁰⁾に、約20分間浸漬して軟体部を伸展させた後、左殻を取り除いた。口から食道へ濾過海水を満したポリエチレン細管(外径約1mm, 長さ20cm, Hibiki No. 3)を約5mm挿入し、プラスチック製の注射筒(5ml, Top)を使って2分間に約1.5mlの速さで総量約4mlの樹脂を注入した。海水中で樹脂を硬化させた後、20%水酸化ナトリウム水溶液に一昼夜浸漬して肉質部を除去し、水洗した。

胃の断面像 観察は、Davidson液(エタノール:ホルマリン:氷酢酸:蒸留水=66:44:23:67)²¹⁾で固定後、安全剃刀で胃の部分を中心にして軟体部を切り開いて行った。**組織像** 観察は、10個体の小さい方のムラサキイガイを用いて、山元ら²²⁾と同様にしてDavidson液で固定した後、常法に従ってパラフィン切片(10 μ m)を1個体丸ごとのものを作成し、アザン染色して行った。

結 果

中腸腺(D)は、食道の噴門付近、胃および腸の幽門付近の周囲の全面を囲むようにして展開していた(Figs. 1, 3, 7-9)。中腸腺へ延びている導管は、胃の食道近くの部位(DD1)および胃の中央付近の左右(DD2, DD3)の3箇所から数本ずつ出ている(Figs. 2, 4-9)。これらの太い導管は、1本ずつがそれぞれの胃壁の開口部から直接出ている様子が固定標本の断面(Fig. 2)および鋳型標本(Figs. 4-6)から確認された。導管は胃壁から出て、これが枝分かれを繰り返して次第に細くなっていた(Figs. 4, 5)。この部分の断面は絨毛で覆われた切れ込みと、刷子縁で覆われた切れ込みとなっており、主導管(DD)を構成していた(Fig. 11B)。さらに、主導管の刷子縁で覆われた切れ込みの先端から導管が延びており、その周囲は刷子縁で覆われた二次導管(2DD)を構成していた(Fig. 11Aa, Ab)。

中腸腺細管(T)は、殻を除去すると外部から見ることができ、中腸腺を覆っている膜を除去して、実体顕微鏡で見るとその外観を鮮明に細部まで観察することが可能であった(Fig. 10Ca, Cb)。鋳型でも全く同様に中腸腺細管(T)の像が実体顕微鏡で細部まで鮮明に確認された(Fig. 10A, B)。組織像から、中腸腺細管(T)は、一つずつが二次導管(2DD)と連なっていた(Fig. 11Aa, Ab)。中腸腺細管の断面は楕円形を呈し、周囲はアザン染色で青く染まる消化細胞(DC)で囲まれ、暗細胞(DS)が所々に散在していた(Fig. 11C)。

一方、腸は、胃から真っ直ぐに下降した後反転して胃の近くまで上昇し、下降する単純な型を示していた(Fig. 3)。

考 察

Yonge⁶⁾は、原鰓類、糸鰓類、真弁鰓類の34種を調べて、中腸腺はいずれも胃を囲むようにして存在していると報告している。細部を観察すると、等糸鰓類のタイラギ¹⁴⁾、擬弁鰓目のアコヤガイ¹⁵⁾やカキ目のマガキ¹⁶⁾では、殻の会合部分に面した噴門部から幽門部にかけての胃の外側には中腸腺が存在していないと報告されている。しかし、ムラサキイガイでは、中腸腺はこれら3種と同様に食道および胃の外周に位置しているが、これらと異なって、胃の周囲の全面に展開していた。

中腸腺へ延びている導管は、タイラギ¹⁴⁾と同様に胃壁の3箇所から出ている。しかし、タイラギ¹⁴⁾では、1箇所から1本ずつ出ているが、ムラサキイガイでは数本ずつ出ている。

Purchon²⁻⁴⁾は、中腸腺の導管が胃壁に開口している部位を2つに分けており、1つは導管が直接胃壁に開口しているところをOrifices(DD)、胃壁の湾入したところに数本の導管が開口しているところをEmbayments(E)としている。これに基づいて開口部を分けると、アコヤガイの仲間である*Pinctada vulgaris*ではDDが2箇所、Eが2箇所あり、アコヤガイではDDが3箇所、Eが2箇所であると報告されている²⁾。ムラサキイガイでは、タイラギ¹⁴⁾と同様に3箇所は全てDDの様相を示していた。タイラギ¹⁴⁾では3箇所のそれぞれからDDを示す開口部が1つずつ開口しているが、ムラサキイガイではDDを示す開口部は3箇所のそれぞれに数個ずつ確認された。このように、導管の開口部の様相は種類によって異なることが明らかとなった。

等糸鰓類および真弁鰓類では、導管は主導管(Main duct)と二次導管(Secondary duct)とに分かれ、主導管は断面をみると絨毛で覆われている部分と刷子縁で覆われている部分に分かれて構成され、二次導管は周囲が刷子縁からなっていることが報告されている⁷⁾。本研究の結果でも、等糸鰓類であるムラサキイガイの導管は主導管と二次導管とに分かれ、主導管は絨毛の部分と刷子縁とに分かれ、二次導管の周囲は刷子縁となっていることが確認された。二次導管は、主導管の刷子縁で覆われた切れ込みの先端から延びた構造を示していることから、二次導管を構成している組織は主導管の刷子縁の部分と同様な構造となっていると考えられる。

中腸腺細管は、糸鰓類である*Anadara subcrenata*や*Brachidontes senhousia*では導管の末端から分かれた後に中腸腺細管が更に枝分かれし(Simple branching type II)、

等糸鰓類や真弁鰓類の種類では導管の末端に1つずつ独立して分かれた形をしている (Simple branching type I)⁸⁾。本研究の結果でも、等糸鰓類であるムラサキイガイの中腸腺細管はSimple branching type Iを示すことが確認された。

中腸腺細管の暗細胞は、若い細胞で将来栄養細胞になると推測されている⁶⁾。暗細胞は、真弁鰓類ではCryptに存在している²³⁾。しかし、原鰓類である *N. sulcata* や等糸鰓類であるイガイ *Mytilus edulis* ではCryptが存在しないため、暗細胞の中腸腺細管での位置は一定の傾向を認めたいと報告されている²³⁾。ムラサキイガイ *M. galloprovincialis* でもイガイ *M. edulis* と同様にCryptがなく、暗細胞は後者に消化細胞の間に散在していた。

一方、ムラサキイガイの腸の基本的な形は、タイラギ¹⁴⁾、アコヤガイ¹⁵⁾ や、マガキ¹⁶⁾ と同様の単純な形を示すことが明らかとなった。

要 約

ムラサキイガイの中腸腺の構造を鋳型および組織像から調べた。中腸腺は食道から幽門部にかけての胃の周囲を覆う形で展開していた。導管は胃壁の3箇所から数本ずつ Orifices 構造を示して出た。導管は主導管と二次導管から成り、それぞれの中腸腺細管が直接二次導管から出た。中腸腺細管は、殻を除去すると外部から観察することが可能であった。

文 献

- 1) Yonge C M : The digestive diverticula in the lamellibranchs. *Trans Roy Soc Edinb*, **54**, 703-718 (1926)
- 2) Purchon R D : The stomach in the Filibranchia and Pseudolamellibranchia. *Proc Zool Soc, London*, **129**, 27-60 (1957)
- 3) Purchon R D : The stomach in the Eulamellibranchia ; Stomach type IV. *Proc Zool Soc, London*, **131**, 487-525 (1958)
- 4) Purchon R D : The stomach in the Eulamellibranchia ; Stomach type IV and V. *Proc Zool Soc, London*, **135**, 431-489 (1960)
- 5) Owen G : Observations on the stomach and digestive diverticula of the lamellibranchia. II. The Nucleidae. *Quart J micr Sci*, **97**, 541-567 (1955)
- 6) Yonge C M : Structure and physiology of the organs of feeding and digestion in *Ostrea edulis*. *J Mar Biol Ass UK*, **14**, 295-386 (1926)
- 7) Owen G : Observations on the stomach and digestive diverticula of the lamellibranchia. I. The Anisomyaria and Eulamellibranchia. *Quart J micr Sci*, **97**, 517-537 (1955)
- 8) Nakazima M : On the structure and function of the mid-gut gland of Mollusca with a general consideration of the feeding habits and systematic relation. *Jpn J Zool*, **11**, 469-566 (1956)
- 9) 山元憲一, 半田岳志, 近藤昌和 : クロアワビの中腸腺の構造. 水大校研報, **53**, 105-116 (2005)
- 10) 山元憲一, 半田岳志, 近藤昌和 : サザエの中腸腺の構造. 水大校研報, **55**, 71-89 (2007)
- 11) 山元憲一, 半田岳志, 近藤昌和 : マルタニシの中腸腺の構造. 水大校研報, **55**, 149-159 (2007)
- 12) 山元憲一, 半田岳志, 近藤昌和 : ツメタガイの中腸腺の構造. 水大校研報, **55**, 91-99 (2007)
- 13) 山元憲一, 半田岳志, 近藤昌和 : アカニシの中腸腺と唾液腺の構造. 水大校研報, **55**, 101-114 (2007)
- 14) 山元憲一, 半田岳志, 近藤昌和 : アコヤガイの中腸腺の構造. 水大校研報, **52**, 31-43 (2004)
- 15) 山元憲一, 半田岳志 : タイラギの中腸腺の構造. 水大校研報, **57**, 43-56 (2008)
- 16) 山元憲一, 半田岳志, 近藤昌和 : マガキの中腸腺の鋳型作成の試み. 水大校研報, **51**, 71-80 (2003)
- 17) 波部忠重, 浜谷巖, 奥谷喬司 : 分類. 波部忠重, 奥谷喬司, 西脇三郎 (編), 軟体動物概説 (上巻). サイエンス社 (1994)
- 18) 奥谷喬司 : 日本近海産貝類図鑑. 奥谷喬司 (編). 東海大学出版会 (2000)
- 19) Handa T and Yamamoto K : Corrosion casting of the digestive diverticula of the pearl oyster, *Pinctada fucata martensii* (Mollusca : Bivalvia). *J Shell Res*, **22**(3), 777-779 (2003)
- 20) Namba K, Kobayashi M, Aida S, Uematsu K, Yoshida M, Kondo Y and Miyata Y : Persistent relaxation of the adductor muscle of oyster *Crassostrea gigas* induced by magnesium ion. *Fish Sci*, **61**, 241-244 (1995)
- 21) Bell T A and Lightner D V : A handbook of normal Penaeid shrimp history. World aquaculture society, USA, pp 2.

22) 山元憲一, 近藤昌和, 半田岳志, 林安章: アコヤガイの鰓換水に及ぼすホルマリンの影響. 水産増殖, 49(4), 461-467 (2001)

23) Owen G: Lysosomes, peroxisomes and bivalves. *Sci Prog, Oxf*, 60, 299-318 (1972)

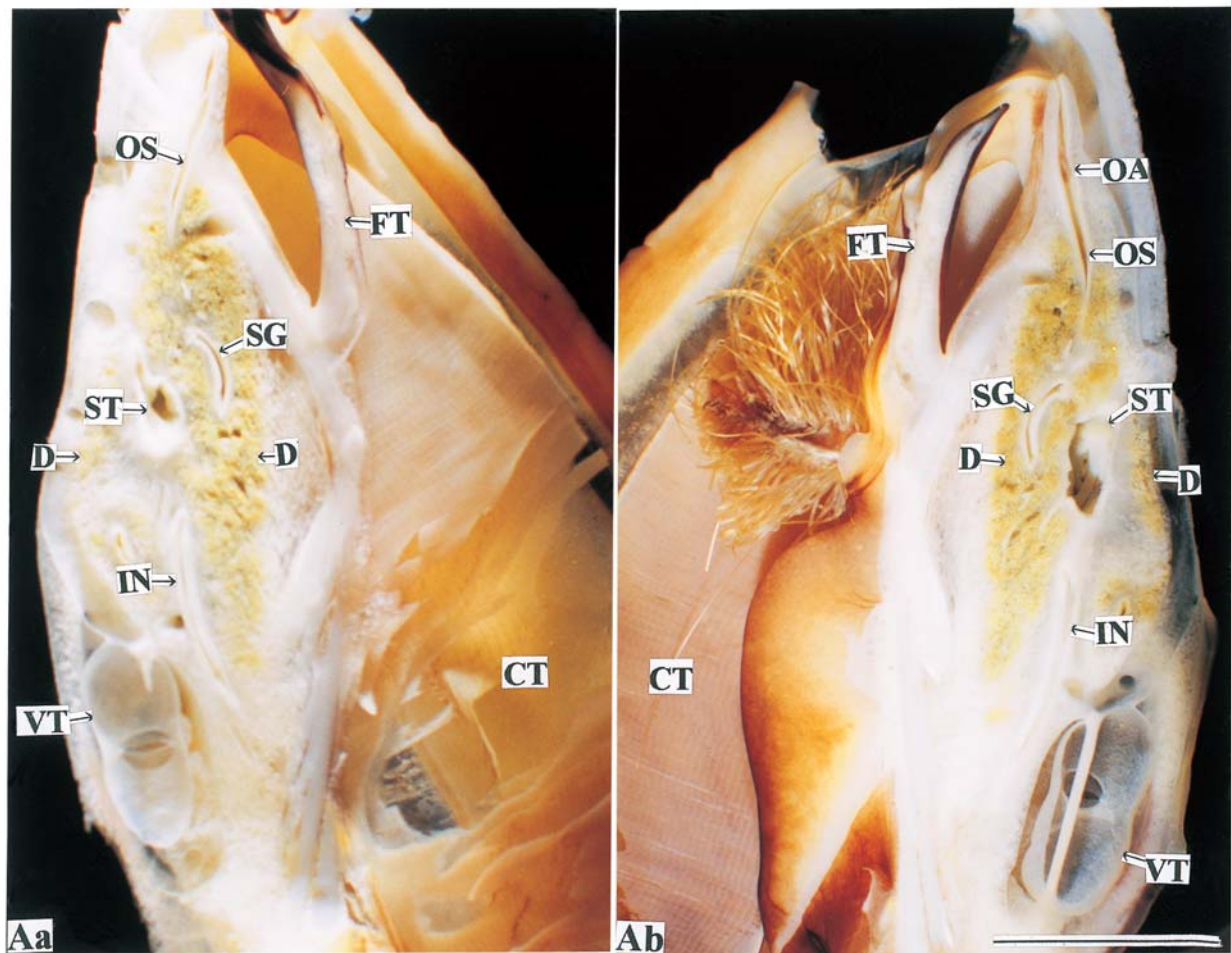


Fig. 1. Vertical section of the body of the common mussel, *Mytilus galloprovincialis*. a : left side view, b : right side view, D : digestive diverticula, ST : stomach, OS : oesophagus, SG : sorting gland, IN : intestine, FT : foot, OA : oral aperture, CT : ctenidium, VT : ventricle. Bar = 1 cm.

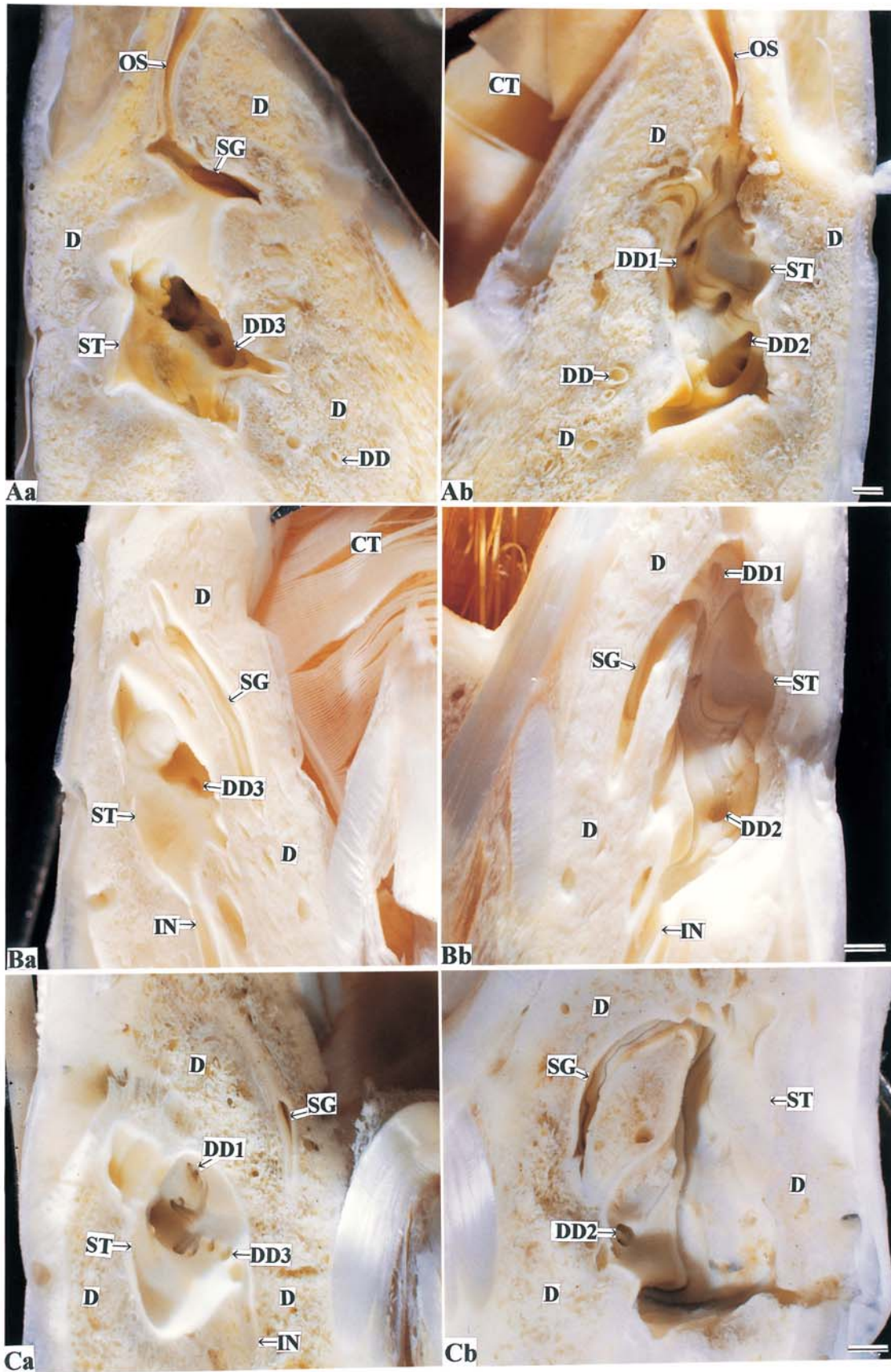


Fig. 2. Vertical section of the stomach of the common mussel. a : left side view, b : right side view, D : digestive diverticula, DD 1, DD 2 and DD 3 : orifice of the main duct, ST : stomach, DD : duct, OS : oesophagus, SG : sorting gland, IN : intestine, CT : ctenidium. Bars= 1 mm.

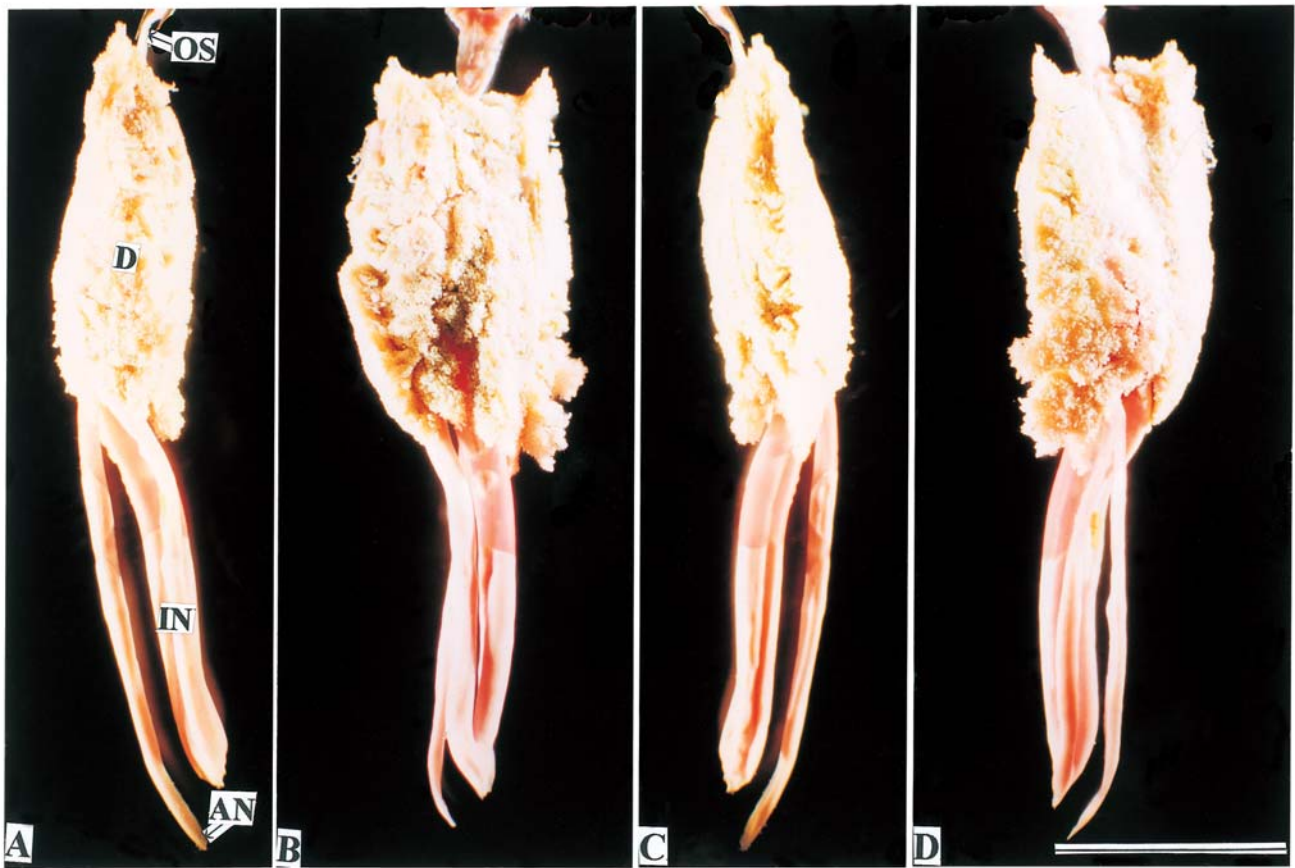


Fig. 3. Corrosion resin-cast of the digestive organ of the pen shell. A : left side view, B : frontal view, C : right side view, D : rear view. D : digestive diverticula, OS : oesophagus, IN : intestine, AN : anus. Bar = 1 cm.

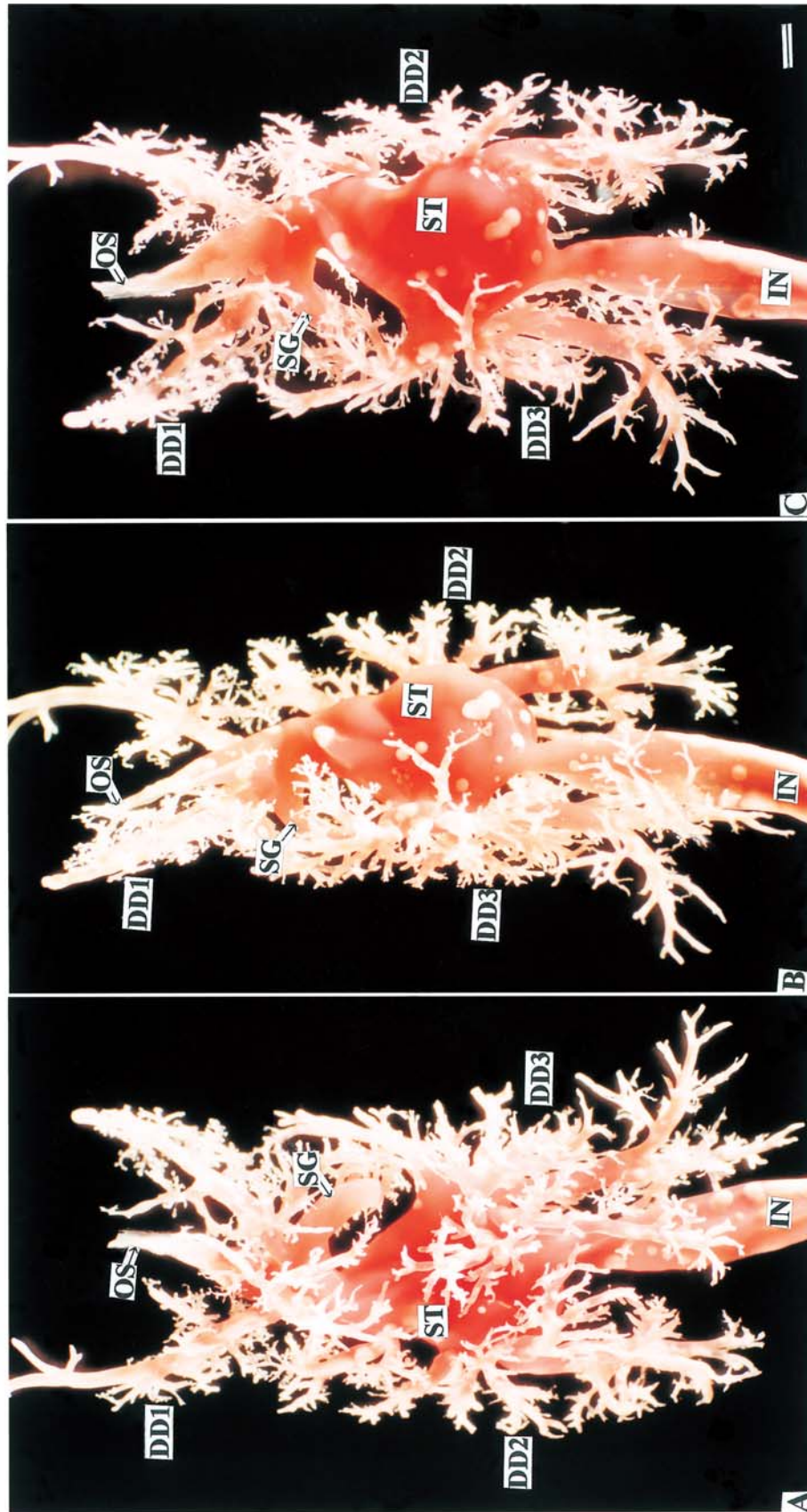


Fig. 4. Corrosion resin-cast of duct of the digestive diverticula of the common mussel. A : frontal view, B : right side view, C : rear view. DD 1, DD 2 and DD 3 : duct, ST : stomach, SG : sorting gland, OS : oesophagus, IN : intestine. Bar = 1 mm.

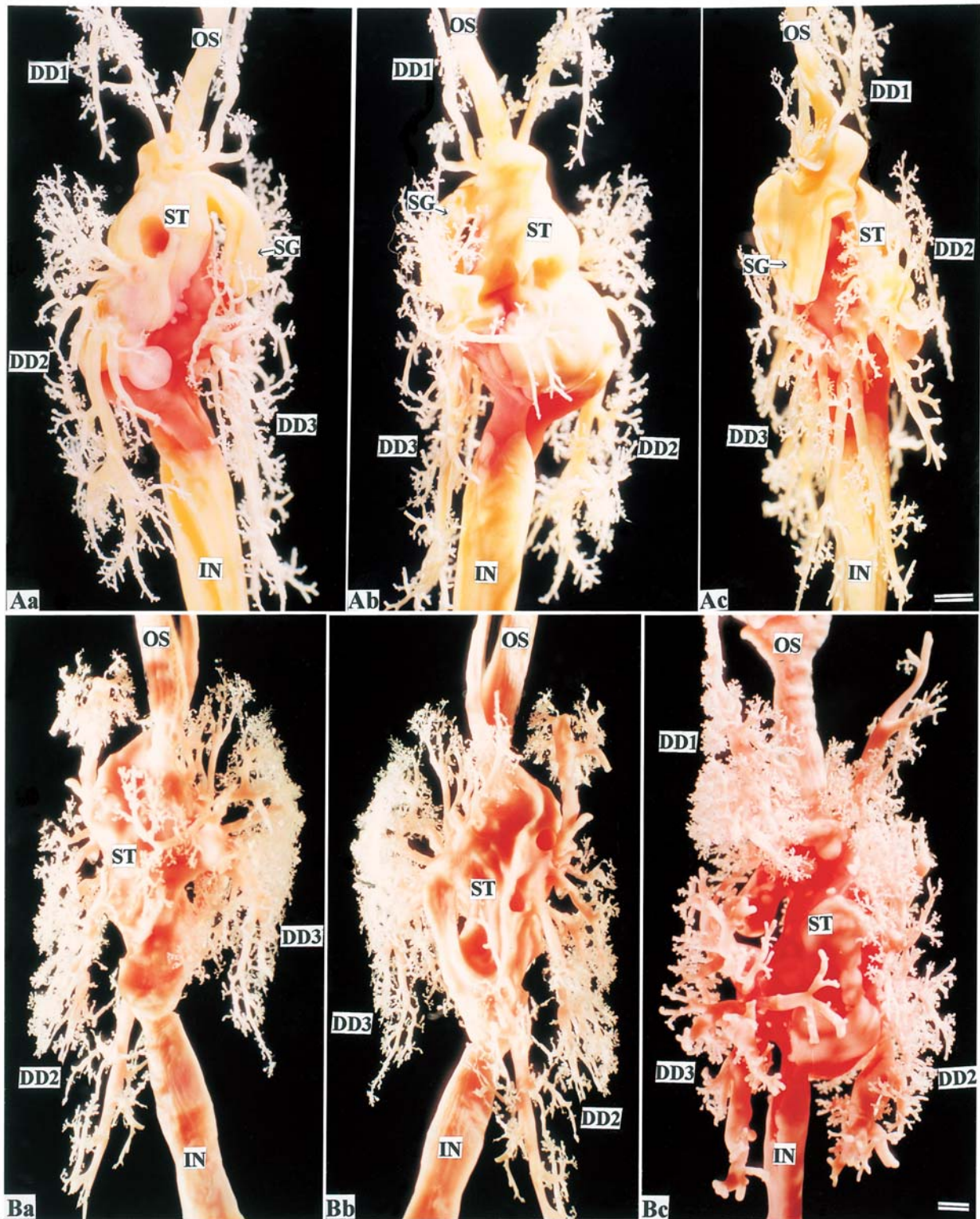


Fig. 5. Corrosion resin-cast of duct of the digestive diverticula of the common mussel. a : frontal view, b : right side view, c : rear view. DD 1, DD 2 and DD 3 : duct, ST : stomach, SG : sorting gland, OS : oesophagus, IN : intestine. Bars= 1 mm.

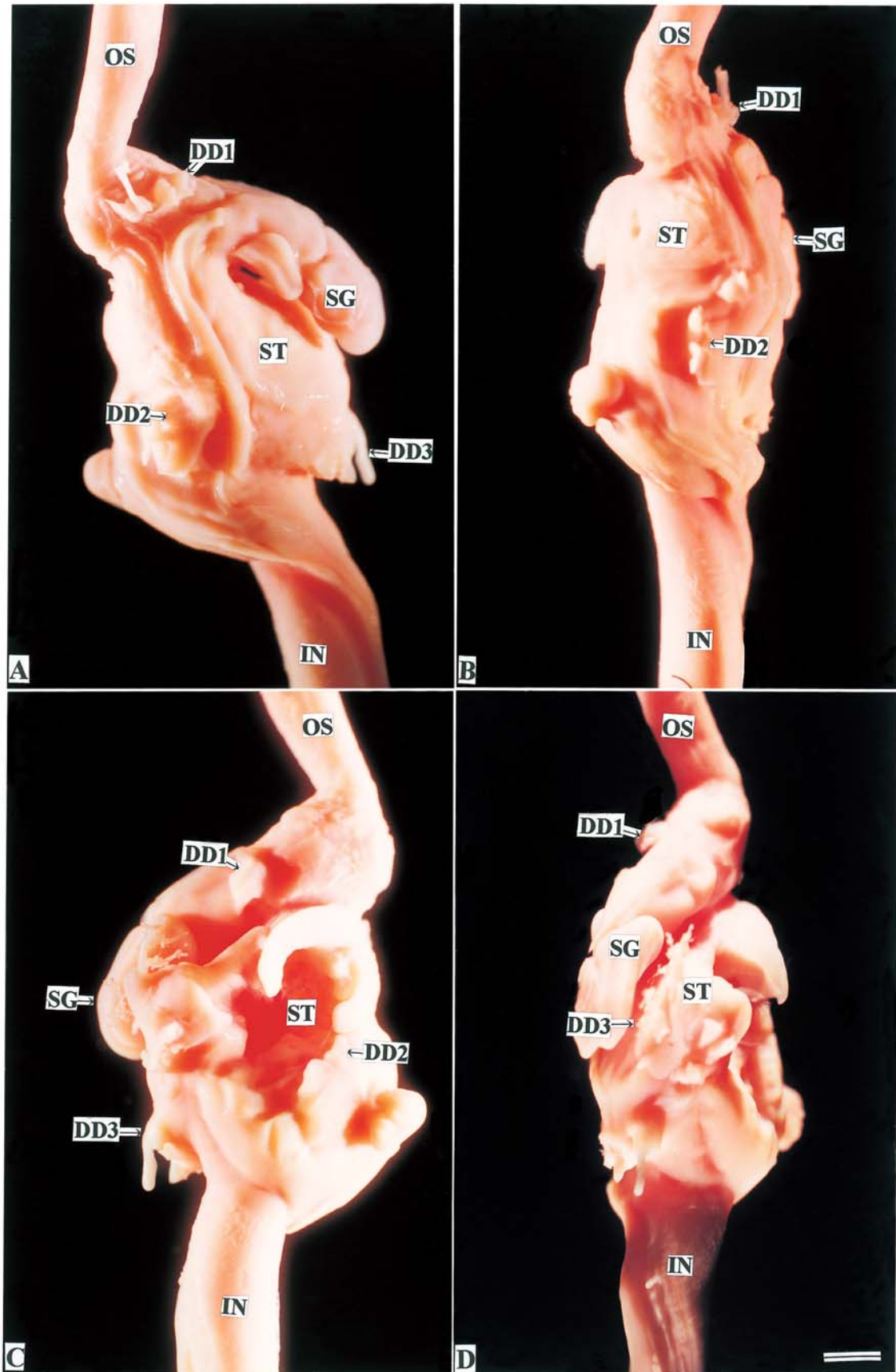


Fig. 6. Corrosion resin-cast of duct of the digestive diverticula of the common mussel. A : frontal view, B : right side view, C : rear view, D : left side view. DD 1, DD 2 and DD 3 : duct, ST : stomach, SG : sorting gland, OS : oesophagus, IN : intestine. Bar = 1 mm.

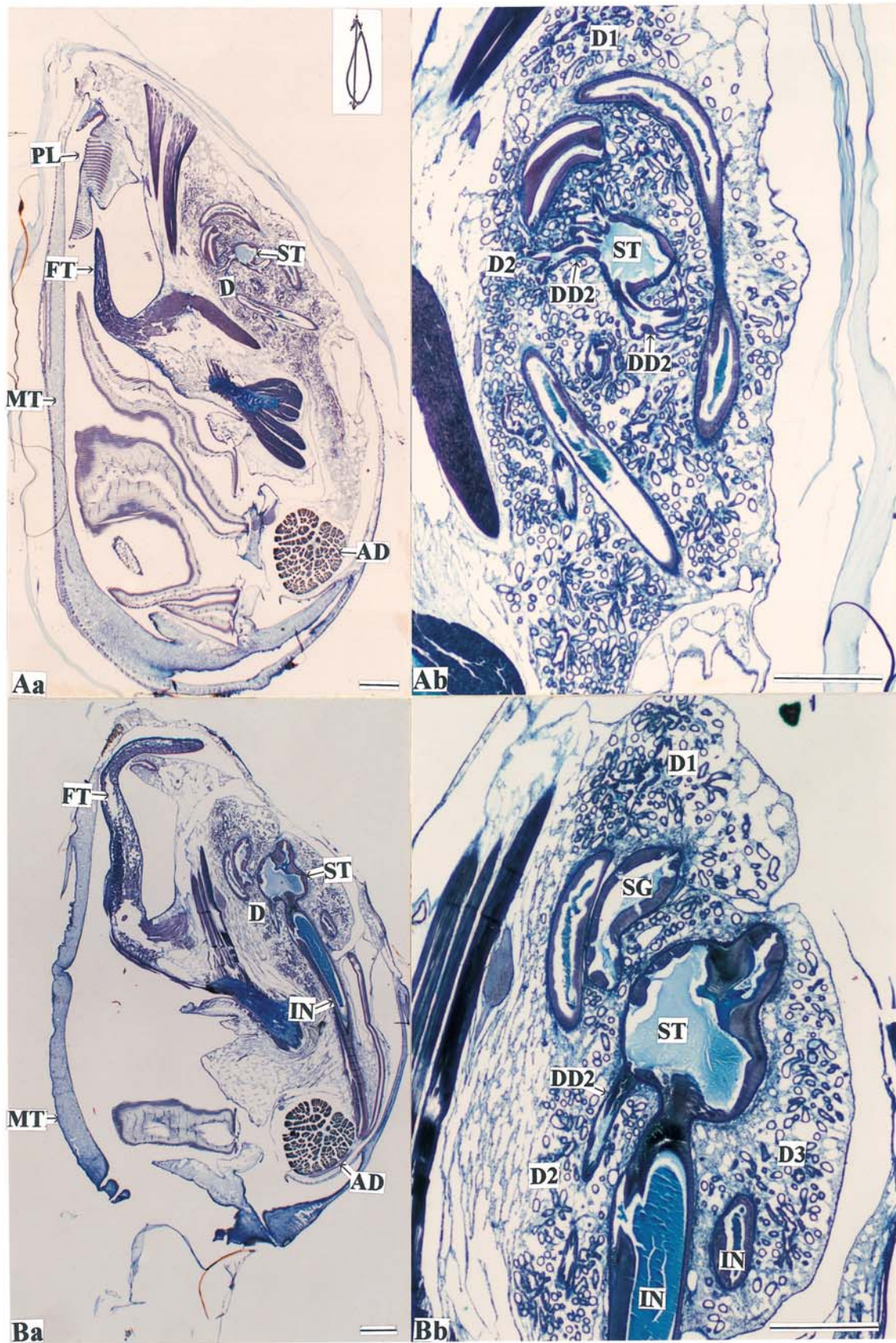
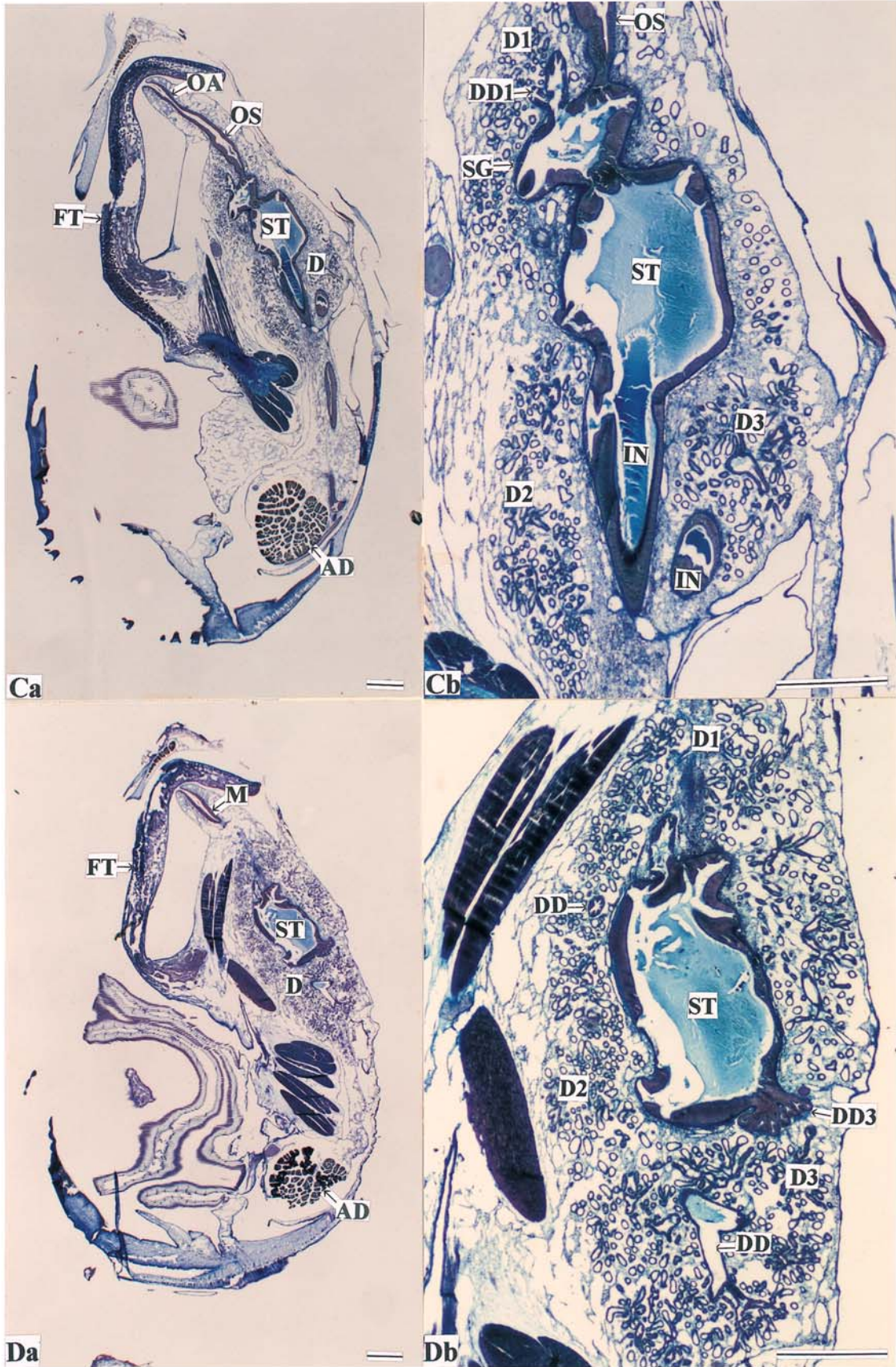


Fig. 7. Vertical section of the body of the common mussel. b expanded the part of stomach in a, D, D 1, D 2 and D 3: digestive diverticula, DD, DD 1, DD 2 and DD 3: duct of digestive diverticula, ST: stomach, SG: sorting gland, OS: oesophagus, IN: intestine, PL: labial pulp, FT: foot, MT: mantle, AD: adductor muscle, OA: oral aperture. Bars= 1 mm.



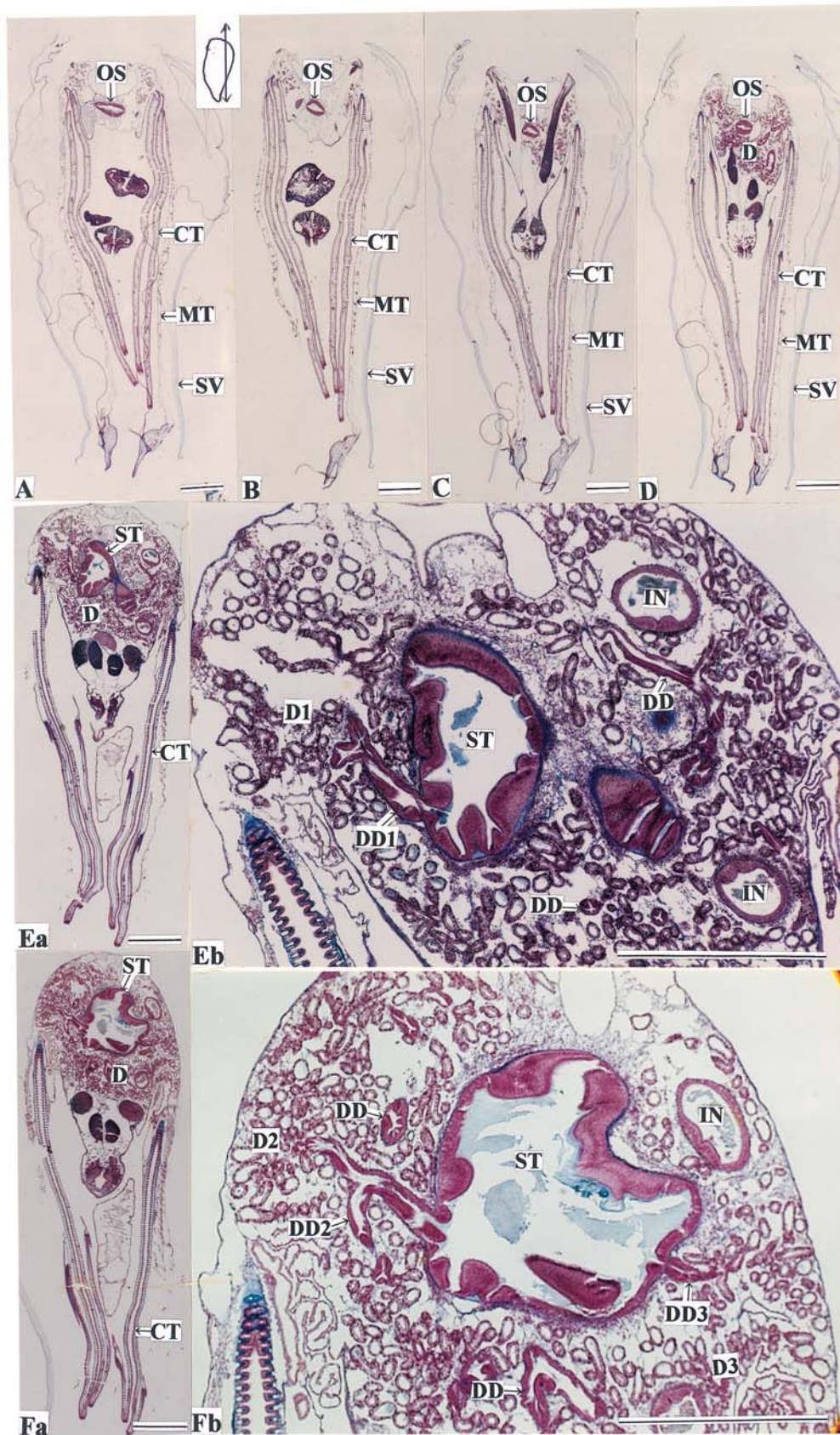
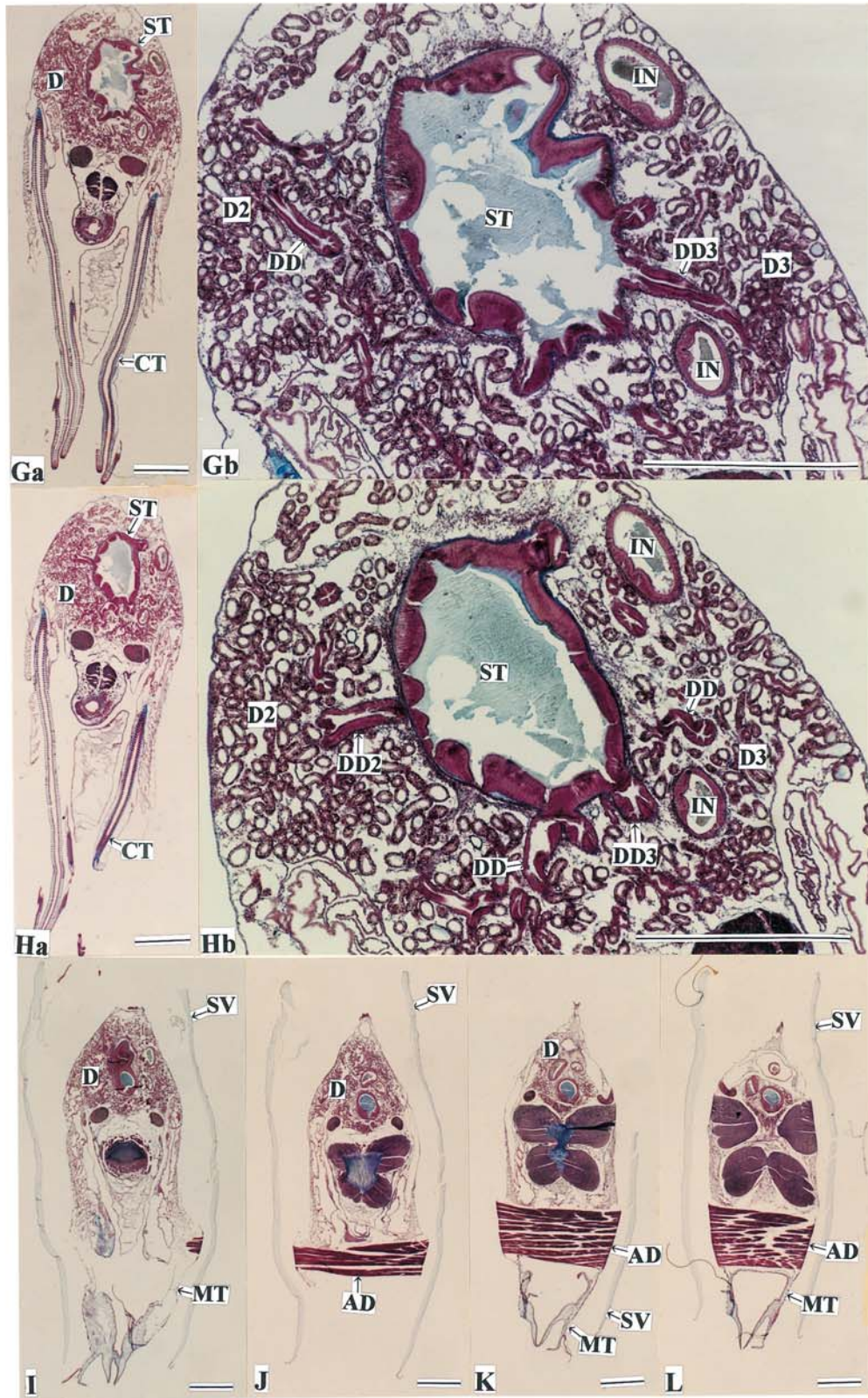


Fig. 8. Longitudinal section of the body of the common mussel. b : magnified view of the stomach in a, D, D 1, D 2 and D 3 : digestive diverticula, DD, DD 1, DD 2 and DD 3 : duct of digestive diverticula, ST : stomach, OS : oesophagus, IN : intestine, MT : mantle, AD : adductor muscle, CT : ctenidium, SV : shell valve. Bars = 1 mm.



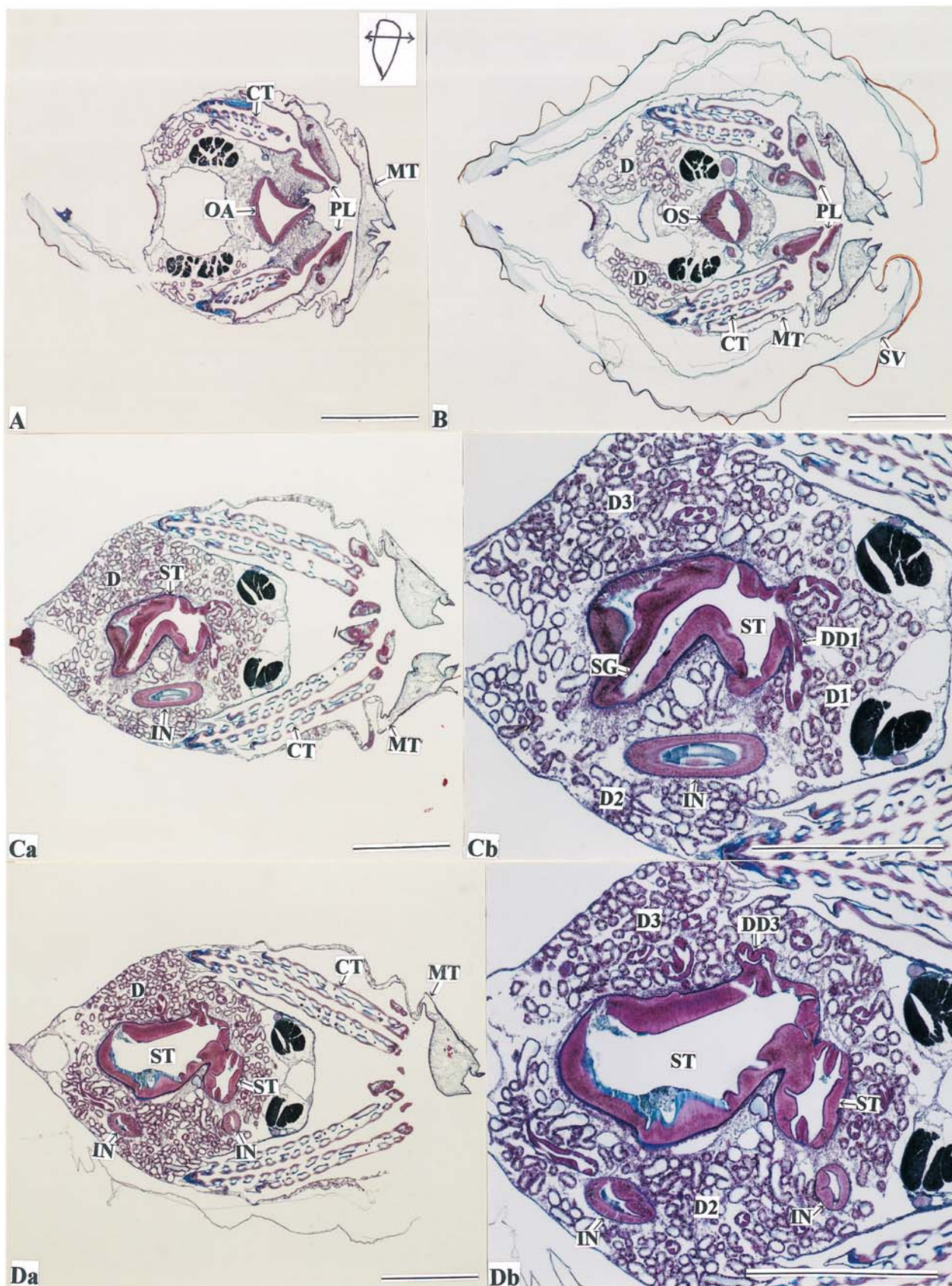
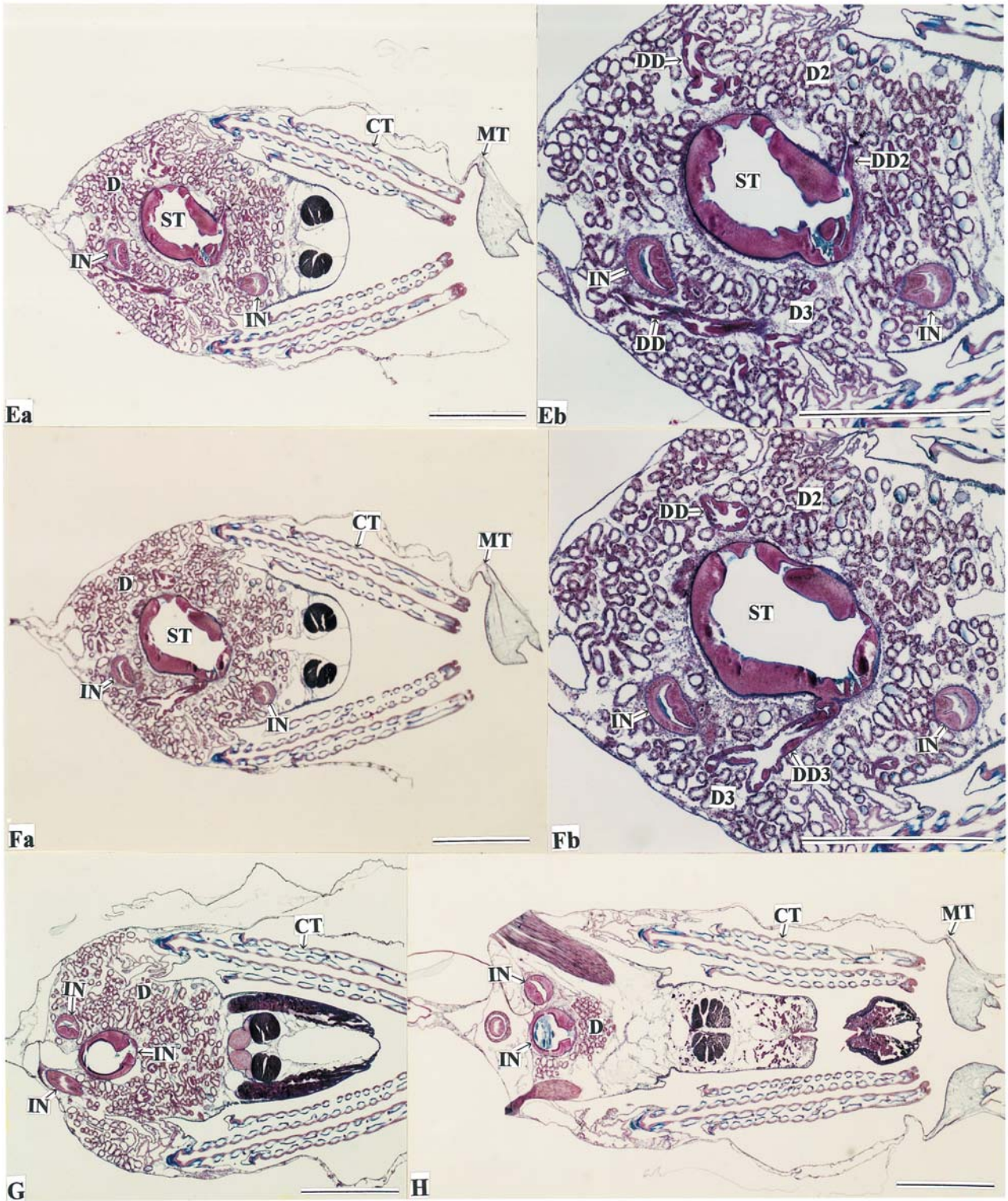


Fig. 9. Horizontal section of the body of the common mussel. b : magnified view of the stomach in a, D, D 1, D 2 and D 3 : digestive diverticula, DD, DD 1, DD 2 and DD 3 : duct of digestive diverticula, ST : stomach, SG : sorting gland, OS : oesophagus, IN : intestine, PL : labial pulp, MT : mantle, AD : adductor muscle, CT : ctenidium, SV : shell valve, OA : oral aperture. Bars = 1 mm.



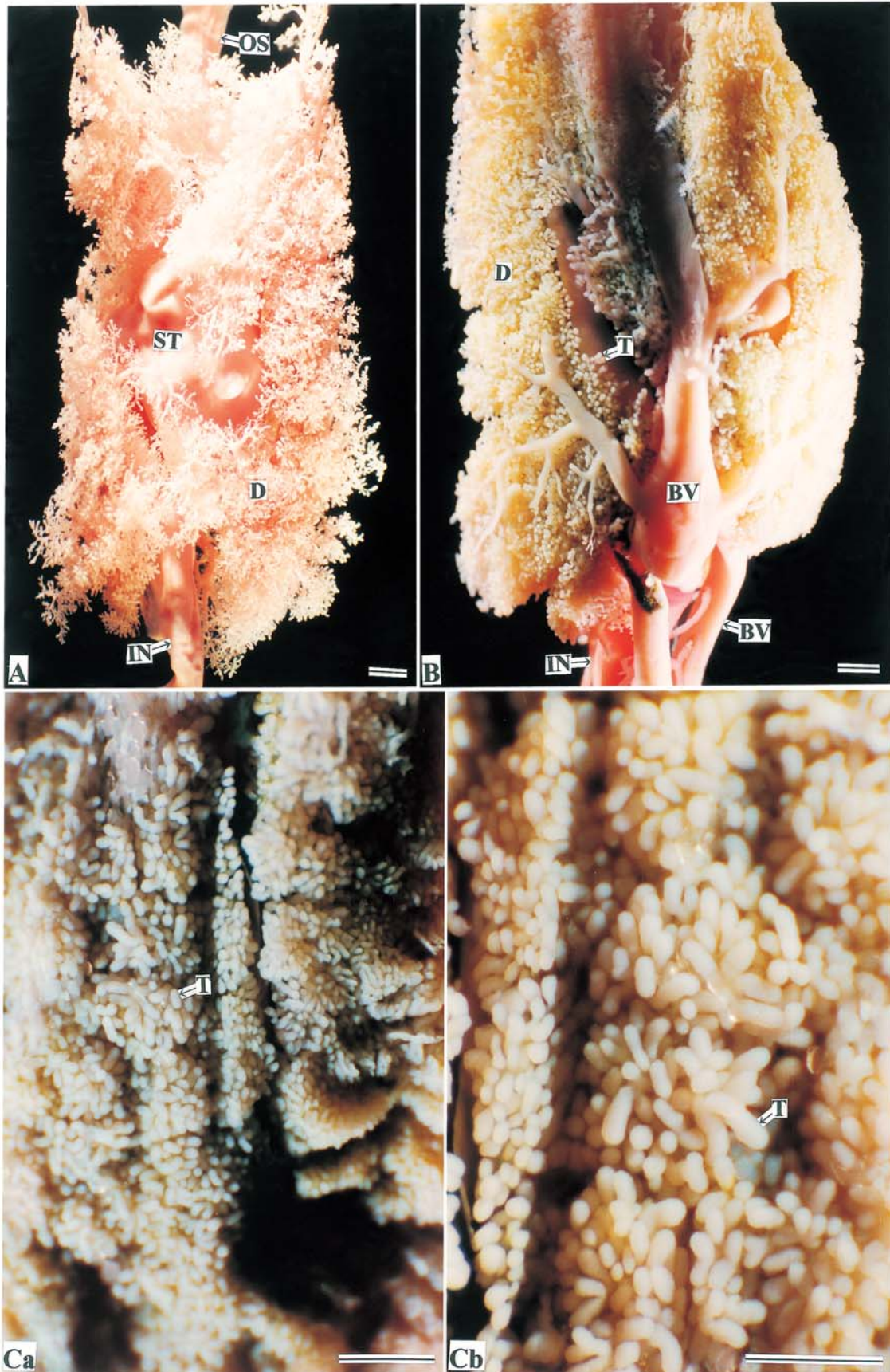


Fig. 10. Corrosion resin-cast of the digestive diverticula (A and B) and exterior view of the tubule of the digestive diverticula (C) of the common mussel. D : digestive diverticula, ST : stomach, OS : oesophagus, IN : intestine, BV : blood vessel, T : tubule. Bars = 1 mm.

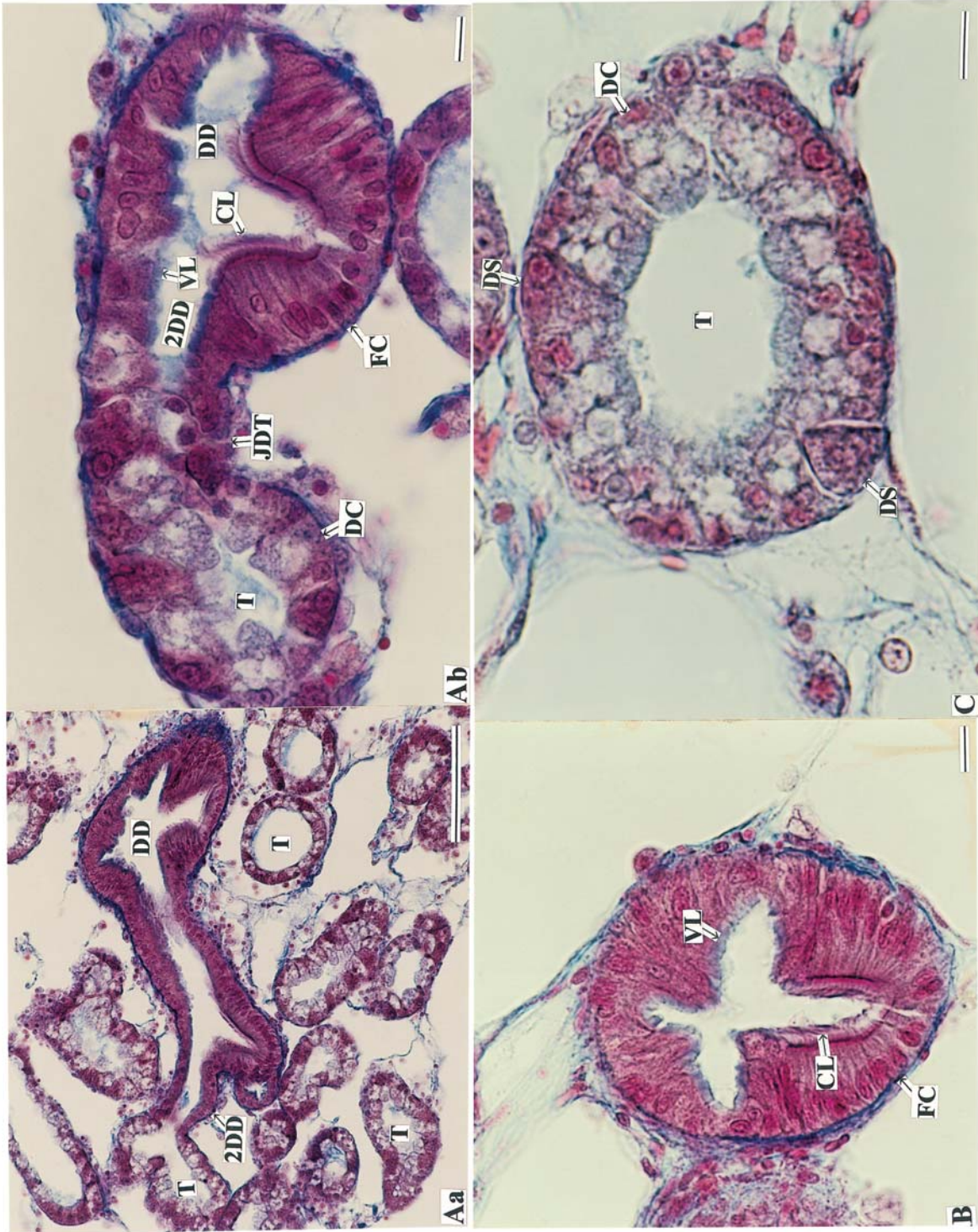


Fig.11. Duct and tubule of digestive diverticula of the common mussel. DD : main duct, 2DD : secondary duct, T : tubule, JDT : junction of a duct with a tubule, DC : digestive cell, DS : darkly staining cell, VL : villus, FC, flagellated cell, CL : cilium, DC : digestive cell. Azan staining. Bars in A and B=100 μ m and Bar in C =10 μ m