

アカニシの中腸腺と唾液腺の構造

山元憲一¹・半田岳志¹・近藤昌和¹

Structure of digestive diverticula and salivary gland of the Thomas's rapa whelk, *Rapana venosa* (Gastropoda : Neogastropoda)

Ken-ichi Yamamoto¹, Takeshi Handa¹, and Masakazu Kondo¹

Abstract : The structure of the digestive diverticula of the Thomas's rapa whelk, *Rapana venosa*, was examined with corrosion casts and histological structures. The cast was made using the prepolymerization methyl methacrylate (MercorCL-2R) containing 10 % Mercor MA. Two ducts of the digestive diverticula came out of one embayment of the stomach. In dividing into the secondary duct from the main duct, it has been connected with each tubule. In short, the digestive diverticula of the whelk showed the simple branching type. The inside of their ducts was being covered with the cilium. The tubule composed of the digestive cell (cell dyed in the blue with Azan staining), and developed cilium. Both forms and size of the salivary gland were similar to them of the digestive diverticula, when the gland was observed in the mold. However, it showed the monopodial branching type. One duct of the salivary gland came out of one orifice of the oesophagus near mouth and covered with the cilium.

Key words : Thomas's rapa whelk; corrosion cast; digestive diverticula; salivary gland

緒言

中腸腺は、貝類では胃に開口した導管で胃と連絡し、分岐を繰り返して胃の周囲に展開している¹⁻³⁾。その組織は、腹足綱および二枚貝綱などについて調べられている^{3-9, 10)}。Nakazima²⁾は中腸腺の先端に位置する中腸腺細管を3つの型に分け、腹足綱では大きな萎んだ袋状を呈するDichotomous branching type (又状分岐型)と枝分かれを繰り返すMonopodial branching type (単軸分岐型)の2つ、二枚貝綱では二次導管の先端に中腸腺細管の小室1~数個が連結したSimple branching type (単分岐型)の型を示すと報告している。山元ら¹¹⁻¹⁴⁾は、腹足綱の原始腹足目のクロアワビ*Haliotis discus discus*は単軸分岐型、同じ原始腹足目のサザエ*Turbo (Batillus) cornutus*は又状分岐型、中腹足目のツメタガイ*Glossaulax didyma*は二枚貝綱と同様の単分岐型を示すことを観察している。そのような中腸腺の立体構造は、二枚貝綱では組織像の観察から模式的に図示されている^{3-9, 10)}。山元ら¹¹⁻¹³⁾は、半重合メチルメタクリレート

を使って作成した鋳型から中腸腺を立体的に、腹足綱では原始腹足目のクロアワビおよびサザエ、中腹足目のツメタガイ、二枚貝綱ではマガキ*Crassostrea gigas*、アコヤガイ*Pinctada fucata martensii*で観察している。

しかし、腹足綱の新腹足目については、中腸腺の立体構造は調べられていない。そこで、同新腹足目のアカニシ、*Rapana venosa*、を用いて、鋳型および切片標本を作成し、中腸腺の位置、立体構造および組織像を調べ、腹足綱、原始腹足目のクロアワビおよびサザエ、中腹足目のツメタガイ、二枚貝綱のマガキおよびアコヤガイと比較検討した。合わせて、中腸腺と同時に唾液腺の鋳型標本を得ることが出来たので、唾液腺についてもその位置、立体構造および組織像を調べた。

材料および方法

実験には、殻高 79.7 ± 28.2 mm (平均値±標準偏差、以下同様に表す)のもの80個体と殻高 14.3 ± 3.2 mmのもの6

個体を用いた。アカニシは、熊本県荒尾地先の有明海および水産大学校田名臨海実験実習場先で採取して室内の水槽(10l)で海水を1l/min注入した状態で蕃養して1週間以上絶食させ、約0.4M/lの塩化マグネシウム水溶液¹⁴⁾に2-6時間浸漬して体を伸展させた後、実験に供した。鑄型 鑄型の作成は、Handa and Yamamoto¹⁵⁾に準じて、主剤(MERCOX CL-2R, 応研商事株式会社)3ml当り硬化剤(MERCOX MA, 応研商事株式会社)約0.1g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、アカニシの殻口付近の殻を鰓が見えるまでニッパーで割って除去し、先端近くを膨らませたポリエチレン細管(外径約1mm, 長さ20cm, Hibiki No. 3)を食道から約5mm挿入し、プラスチックシリンジ(5ml, Top)を使って約1.5ml/minの速さで総量約10mlの樹脂を注入した。この時、殻はできるだけ多くを残すようにした。注入後、細管の端を炎であぶって封入し、海水中に浸漬して樹脂を硬化させた。20%水酸化ナトリウム水溶液に一昼夜浸漬して肉質部を溶かした後、殻を除去して水洗した。

断面像 観察は、殻を除去し、Davidson液(エタノール:ホルマリン:氷酢酸:蒸留水=66:44:23:67)¹⁶⁾で固定した後、安全剃刀で軟体部を水平に切開して行った。

組織像 観察は、小形の個体を用いて前記と同様に殻を除去した後、山元ら¹³⁾と同様にしてDavidson液で固定した後、一個体丸ごと常法に従ってパラフィン切片(10 μ m)を作成し、アザン染色して行った。

結 果

中 腸 腺

中腸腺は、胃を中心として殻頂および殻口への2方向に展開していた(Fig. 1)。中腸腺は、鑄型標本からも、胃から殻頂および殻口に向けて展開している様子が確認されたが、胃の幽門部と噴門部の一部は中腸腺が展開しておらず、露出していた(Fig. 2-4)。食道と腸はほぼ平行して胃と連結していたが、中腸腺の導管は、それらの中間付近の1か所に開口部(EM)があり、そこから2本出ていた(Figs. 5, 6)。そのうち1本は殻頂へ、1本は殻口へ向かって伸び、それぞれが枝別れを繰り返して広がっていた(Figs. 5, 6)。

中腸腺の組織像では、導管は中腸腺細管(T)とほぼ同じ直径のものまで認められた(Fig. 7)。その細い導管はそれよりも太い主導管(D1)から枝分かれして二次導管(D2)を形成して中腸腺細管(T)へ連結していた

(Fig. 7C)。これらの導管(D1およびD2)は断面の内面全体が繊毛で覆われ、中腸腺細管(T)にも繊毛が確認された(Fig. 7C,D)。

中腸腺細管(T)は、全体がアザン染色で青く染まる消化細胞で構成され、二次導管(D2)の細胞も先端が青く染まっていた(Fig. 7D)。しかし、これらの部位には、細胞全体が赤く染まる暗細胞は確認されなかった(Fig. 7D)。

唾 液 腺

唾液腺は、鑄型標本をみると、食道の口寄りの部位に外見上中腸腺に酷似した構造で確認され(Figs. 2, 3)、2つの部位に分かれていた(Fig. 2)。唾液腺への導管は食道から1本出て、出た直後2つに分かれて口へと胃へ方向へ伸び、それぞれが枝別れを繰り返して広がっていた(Fig. 8)。しかし、組織像をみると、導管は太いものが中央を走っているだけで、鑄型で枝分かれしているように見えた部分は、唾液腺の分泌腺細胞(SGC)に囲まれた室が枝分かれしたものであった(Fig. 9)。また、同室はアザン染色で青く染まる結合組織の膜(SP)で覆われており、更に同室が枝分かれしたグループ毎に厚い膜(SP2)で仕切られていた。導管(DD)の内面には繊毛がみられたが、同室の内面には繊毛は認められなかった(Fig. 9)。このように、導管(DD)を構成する細胞と分泌腺細胞(SGC)の境は、Fig. 9Cに矢印で示した様に組織像がはっきりと異なっていた。

考 察

中腸腺は腹足綱や二枚貝綱のいずれも胃を囲むようにして存在していることが知られている¹⁻³⁾。アカニシでも、基本構造は同様であった。しかし、鑄型、組織像および胃を中心とした断面像をみると、クロアワビ¹¹⁾、サザエ¹²⁾、ツメタガイ¹³⁾と同様に、アカニシの中腸腺は胃を完全に取り囲んでおらず、胃の一部は中腸腺が展開していなかった。

腹足綱の中腸腺は1本または複数の管で胃と連結しているとされている²⁰⁾。Graham²¹⁾は、腹足綱の原始腹足目に属するニシキウズガイ科の*Monodonta lineata*および*Calliostoma zizyphinum*では導管は食道近くの胃から1か所、中腹足目に属するタマキビ科の*Littorina littorea*では導管は食道近くの胃から1か所、シラタマガイ科の*Trivia monacha*では食道近くと少し離れたところからの合計2か所から出ている図を示している。山元ら¹³⁻¹⁵⁾は腹足綱の原始腹足目に

属するクロアワビの導管は胃の3か所、サザエでは1か所、中腹足目に属するツメタガイでは、1か所から出ていることを報告している。新腹足目に属するアカニシでは、1か所から出ている。一方、Purchon^{11,12}は、二枚貝綱について中腸腺の導管が胃壁に開口している部位を、それぞれの導管が直接胃壁に開口しているところ(Orifices)と数本の導管が胃壁の湾入したところに開口しているところ(Embayment)の2つの型に分けている。山元ら^{13,14}は腹足綱の原始腹足目に属するクロアワビの導管は3か所のOrificeからそれぞれ1本ずつ、サザエでは1か所のEmbaymentから2本、ツメタガイでは1か所のOrificeから1本の導管が出ていることを報告している。アカニシではサザエ¹⁵と同様に1か所のEmbaymentから2本出ている。これらのことから、胃から出る導管の本数および導管の出る部位の様相には、原始腹足目から新腹足目に向けての方向性は認められないと考えられる。

導管が胃から中腸腺細管へ進むに従って枝分かれを繰り返して細くなる構造は、二枚貝綱、原鰓類のNuculidae、等糸鰓類および真弁鰓類について図示されている¹¹。そのような枝分かれの様子は、鋳型標本から、マガキ、アコヤガイ、クロアワビ、サザエやツメタガイで示されている^{11,15}。しかし、組織像からみると、鋳型標本で示された枝分かれの部位は、腹足綱の原始腹足目に属するクロアワビやサザエでは中腸腺細管が枝分かれしたもので、それぞれ単軸分岐型および又状分岐型の中腸腺を示している^{11,15}。中腹足目に属するツメタガイではマガキやアコヤガイと同様に導管が枝分かれしたもので、単分岐型の中腸腺を示していることが報告されている¹⁵。腹足綱の新腹足目に属するアカニシでもツメタガイと同様に導管が枝分かれしたもので単分岐型を示すことが組織像から確認された。また、マガキやアコヤガイなどの二枚貝綱の貝類では、導管は主導管と二次導管で構成されている^{11,15}。アカニシでも同様に主導管と二次導管で構成されていた。これらのことから、導管は、原始腹足目では発達していないが、中腹足目や新腹足目になって、二次導管が出現したと考えられる。

一方、二枚貝綱の等糸鰓類では、主導管は繊毛が存在する部位と存在しない部位で断面が形成され、二次導管には繊毛が存在しないと報告されている¹¹。同じ二枚貝綱である原鰓類では、主導管には繊毛が存在せず、二次導管は周囲が繊毛で覆われていると報告されている¹¹。アカニシは、それらの二枚貝類と異なって、中腹足目のツメタガイ¹⁵と同様に主導管および二次導管のいずれも断面の周囲が繊

毛で覆われていた。

中腸腺細管を構成する細胞は暗細胞と消化細胞から成っており¹¹、暗細胞は真弁鰓類ではcryptに局在し、*Nucula sulcata* (原鰓類)、ムラサキイガイ、*Mytilus edulis* (等糸鰓類)やアコヤガイ(擬弁鰓類)ではcrypt構造を示さずに中腸腺細管壁に散在している¹¹。クロアワビやサザエでも暗細胞と消化細胞から成っており、前者と同様に暗細胞はCrypt様構造のところに局在していた^{11,15}。ツメタガイでは、中腸腺細管はアザン染色で青く染まる消化細胞で内面が覆われ、前者のような同染色で赤く染まる暗細胞は確認されていない¹⁵。アカニシでは、ツメタガイと同様に、暗細胞は確認されず、中腸腺細管の内面は消化細胞で覆われていた。これらのことから、アカニシは、真弁鰓類と異なって、ツメタガイと同様に擬弁鰓類に近い中腸腺細管を持つと推測される。

等糸鰓類や真弁鰓類では、胃および中腸腺で消化したものは導管の刷子縁のところや中腸腺細管で吸収し、中腸腺細管まで運ばれた微細な粒子は中腸腺細管の消化細胞で細胞捕食しているとされている¹¹。Mathers²¹はヨーロッパガキ、*Ostrea edulis*にC¹⁴でラベルした*Isochrysis galbana*を捕食させて、導管の刷子縁のところおよび中腸腺細管での取り込みを確認している。しかし、マガキでは、二次導管にもアザン染色で青く染まる中腸腺細管と同様に同染色で青く染まる細胞が存在している¹¹。アカニシは、ツメタガイと同様に、主導管と二次導管のいずれにもアザン染色で青く染まる細胞は確認されず、青く染まる細胞は中腸腺細管に存在していた。これらのことから、アカニシは、ツメタガイと同様に、食物の消化は中腸腺細管で行っていると考えられる。しかし、二次導管の細胞の先端もアザン染色で青く染まっていたことから、ヨーロッパガキ²¹と同様に二次導管でも食物の消化を行っている可能性があると考えられる。

唾液腺は、鋳型標本からみると中腸腺と同じ様相を示していたが、組織像からみると分泌細胞で覆われた室が枝分かれを繰り返したもので、サザエの中腸腺細管¹⁵で認められる又状分岐型の様相を示していた。このように、唾液腺は中腸腺の枝分かれ(単分岐型)と基本構造が異なることが明らかとなった。唾液腺の分泌細胞で覆われた室は隔膜でそれぞれ区切られていることから、サザエの中腸腺の場合と同様に、樹脂を注入した際に隔壁が導管と同様な働きをして各室の先端まで樹枝が注入された結果、鋳型標本は中腸腺と同じ様相を示したと推測される。

要 約

アカニシの中腸腺の構造を鋳型および組織像から調べた。導管は、胃の1か所から2本出て、主導管から二次導管へ枝分かれした後、中腸腺細管に連なり、単分岐型を示した。主導管および二次導管は内面が繊毛で覆われていた。中腸腺細管は良く発達した繊毛を有し、その内面は消化細胞で覆われていた。唾液腺は、鋳型標本では中腸腺とほぼ同じ大きさで外見もよく似た様相を示した。唾液腺は導管が食道の口に近いところから1本出て、直ちに2つに分かれて伸びていたが、それぞれの導管が更に分岐する様子は認められず、分泌細胞で覆われた室が分岐を繰り返して、単軸分岐型を示した。唾液腺への導管は繊毛を有していた。

文 献

- 1) Yonge CM : Structure and physiology of the organs of feeding and digestion in *Ostrea edulis*. *J Mar Biol Ass UK*, **14**, 295-386 (1926)
- 2) Mathers NF : The tracing of a natural algal food labeled with a carbon 14 isotope through the digestive tract of *Ostrea edulis* L. *Proc malac Soc Lond*, **40**, 115-124 (1972)
- 3) Voltzow J : Vol. 5 Gastropoda: Prosobranchia. Microscopic anatomy of invertebrates. In : Harrison FW and Kohn AJ (eds) *Mollusca I*. Wiley-liss, USA, pp. 111-252 (1994)
- 4) Yonge CM : The digestive diverticula th the lamellibranchs. *Trans Roy Soc Edinb*, **54**, 703-718 (1926)
- 5) 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)
- 6) Purchon RD : The stomach in the filibranchia and pseudolamellibranchia. *Proc Zool Soc, London*, **129**, 27-60 (1957)
- 7) Purchon RD : The stomach in the Eulamellibranchia; Stomach type IV. *Proc Zool Soc, London*, **131**, 487-525 (1958)
- 8) Purchon RD : The stomach in the Eulamellibranchia; Stomach type IV and V. *Proc Zool Soc, London*, **135**, 431-489 (1960)
- 9) Owen G : Observations on the stomach and digestive diverticula of the lamellibranchia. II. The Nuculidae. *Quart J micr Sci*, **97**, 541-567 (1955)
- 10) 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)
- 11) 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)
- 12) 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**(3), 70-88 (2007)
- 13) 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**(3), 90-98 (2007)
- 14) 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**, 95-100 (2003)
- 15) 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 (2003)
- 16) 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. *Fisheries Sci*, **61**, 241-244 (1995)
- 17) Handa T and Yamamoto K : Corrosion casting of the digestive diverticula of the pearl oyster, *Pinclada fucata martensii* (Mollusca : Bivalvia). *J Shell Res*, **22**, 777-779 (2003)
- 18) Bell TA and Lightner DV : A handbook of normal Penaeid shrimps histology. World aquaculture society, USA, pp. 2 (1988)
- 19) 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**, 461-467 (2001)
- 20) 岩田文男 : 前鰓類. 動物系統分類学 5 (下) 軟体動物 (II) (内田亨・山田真弓監修). 中山書店, 東京, pp. 7-168 (1999)
- 21) Graham A : The molluscan stomach. *Trans Roy Soc Edinburg*, **61**, 737-778 (1949)

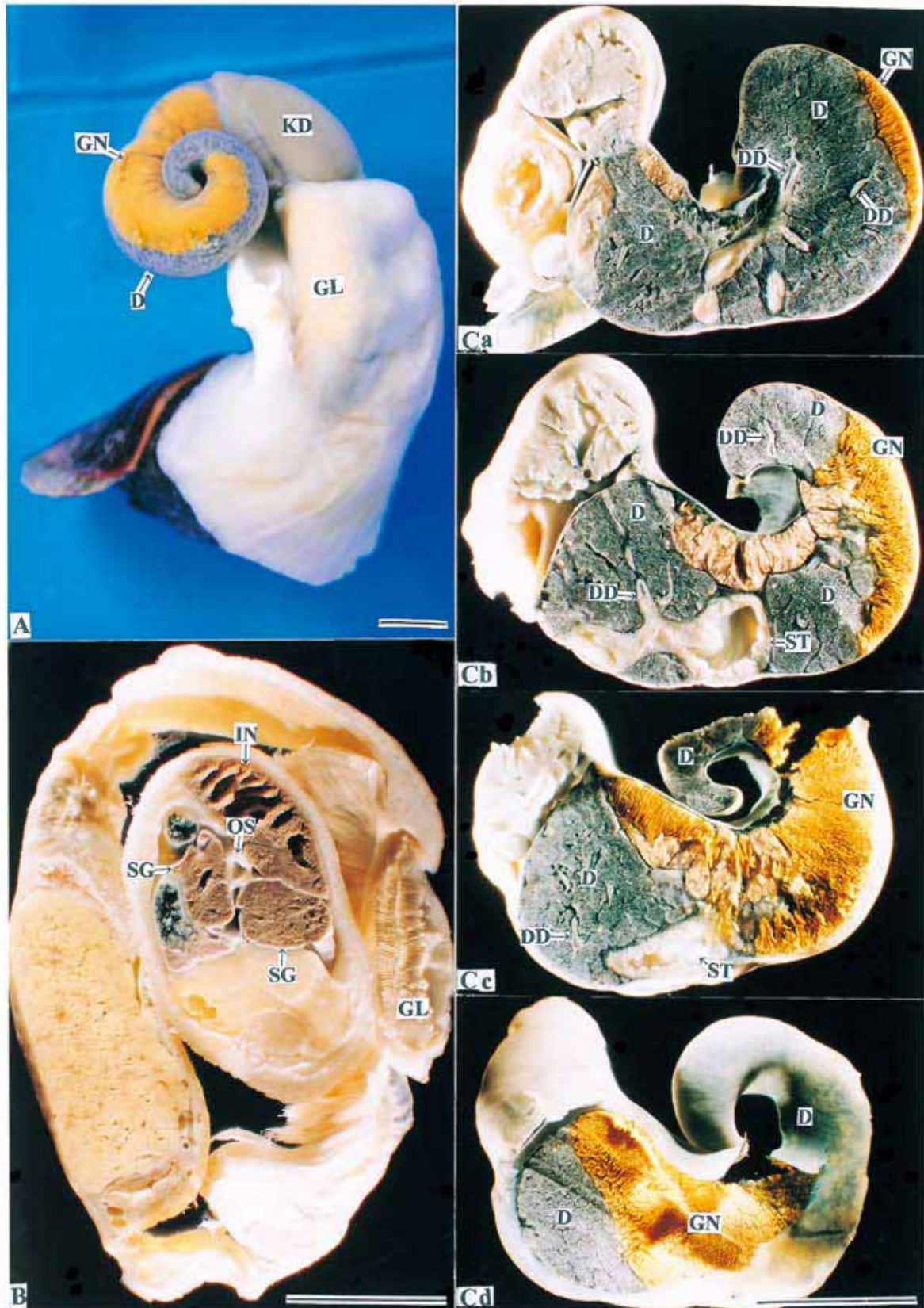
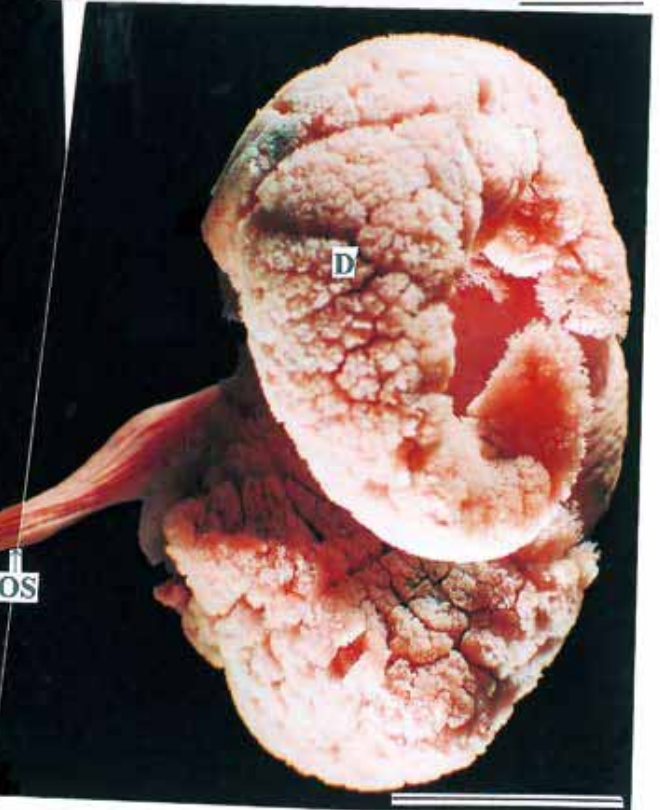
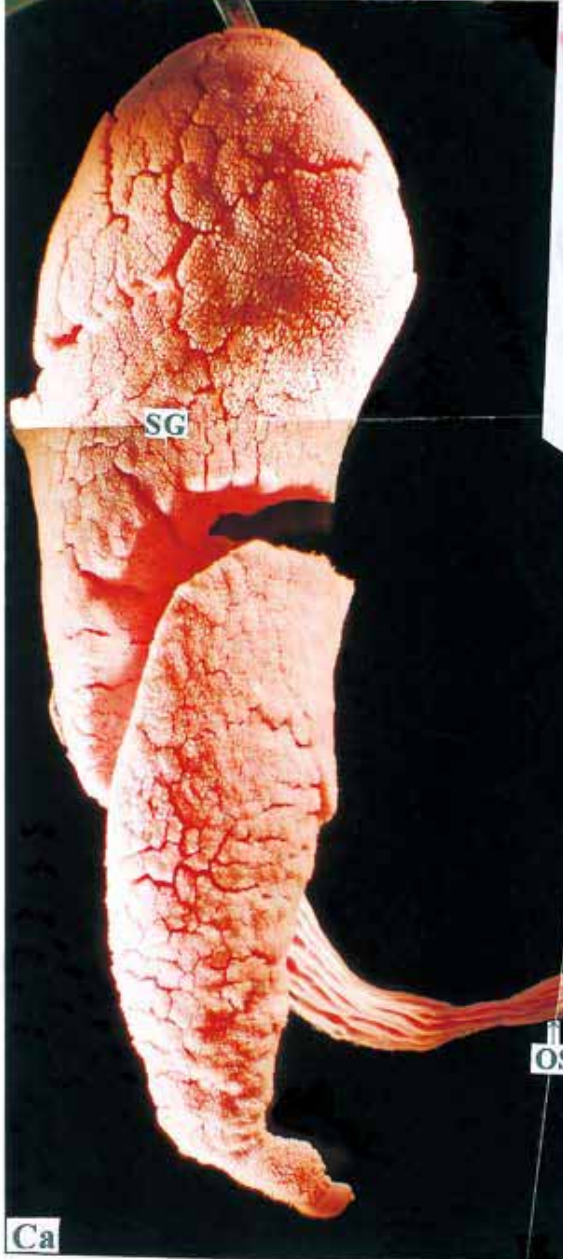
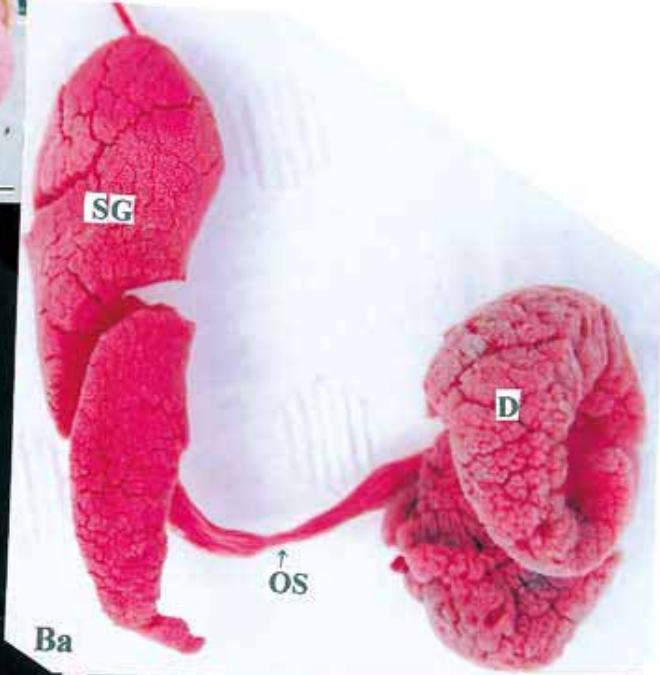
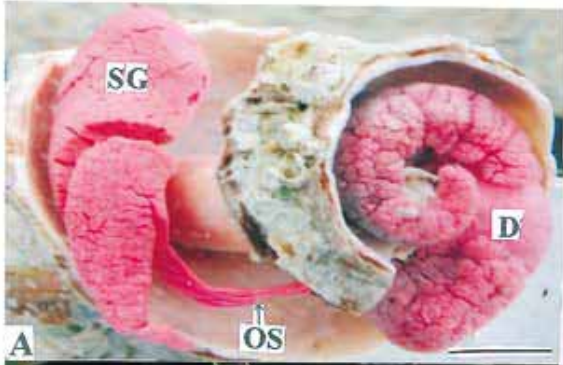


Fig. 1. Appearance of the Thomas's rapa whelk *Rapana venosa* (A), and cross section of the salivary gland (B) and of the digestive diverticula (C). D : digestive diverticula, DD : duct, SG : salivary gland, OS : oesophagus, ST : stomach, IN : intestine, GN : gonad, GL : gill, KD : kidney. Bars = 10mm.



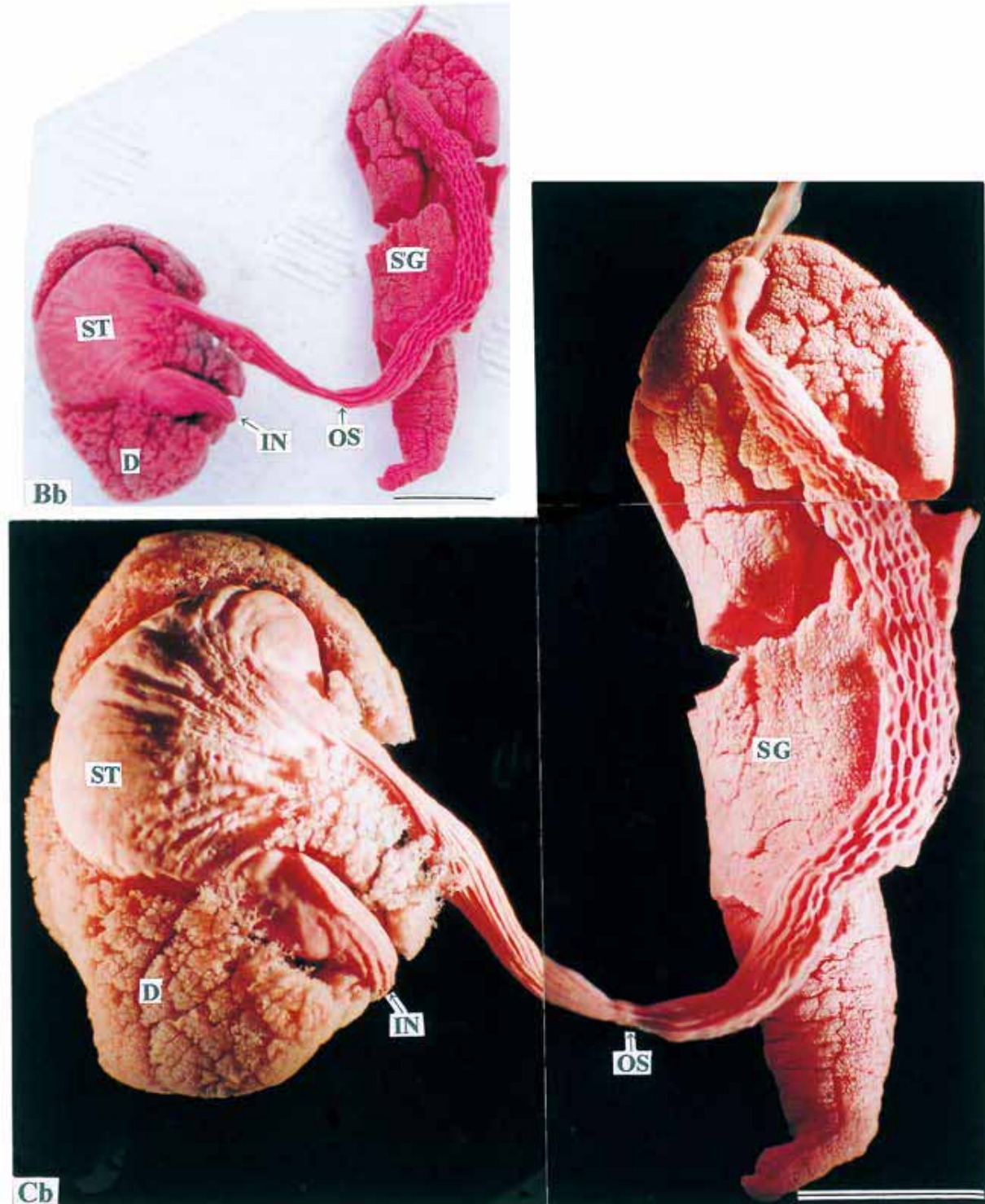


Fig. 2. Corrosion cast of the digestive diverticula and the salivary gland (A-C) of the Thomas's rapa whelk, a and b are viewed from the different direction. D : digestive diverticula, SG : salivary gland, OS : oesophagus, ST : stomach, IN : intestine. Bar=10mm.

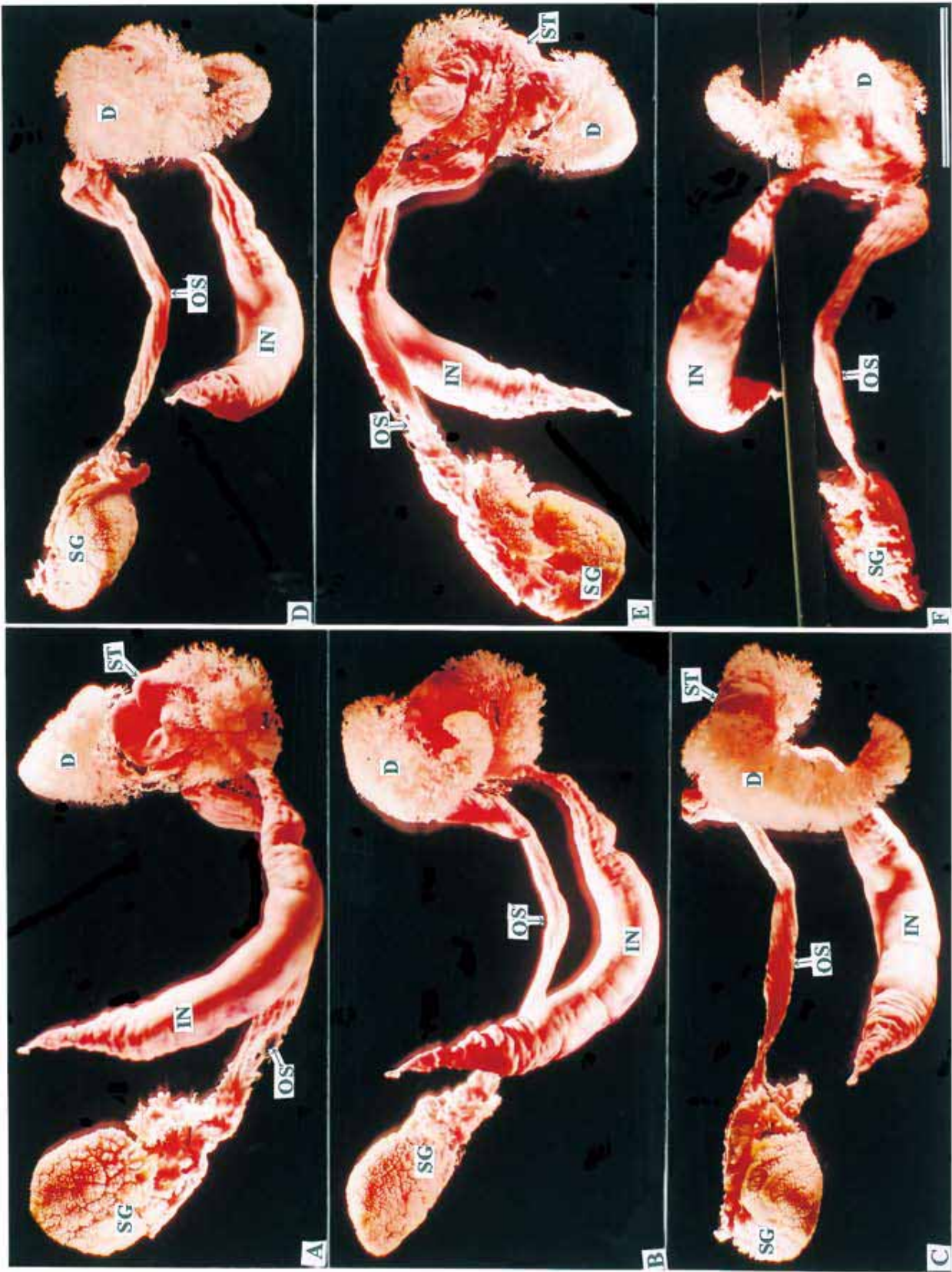


Fig. 3. Corrosion cast of duct of the digestive diverticula and the salivary gland of the Thomas's rapa whelk. A-F are viewed from the different direction. D : digestive diverticula, SG : salivary gland, OS : oesophagus, ST : stomach, IN : intestine. Bar=10mm.

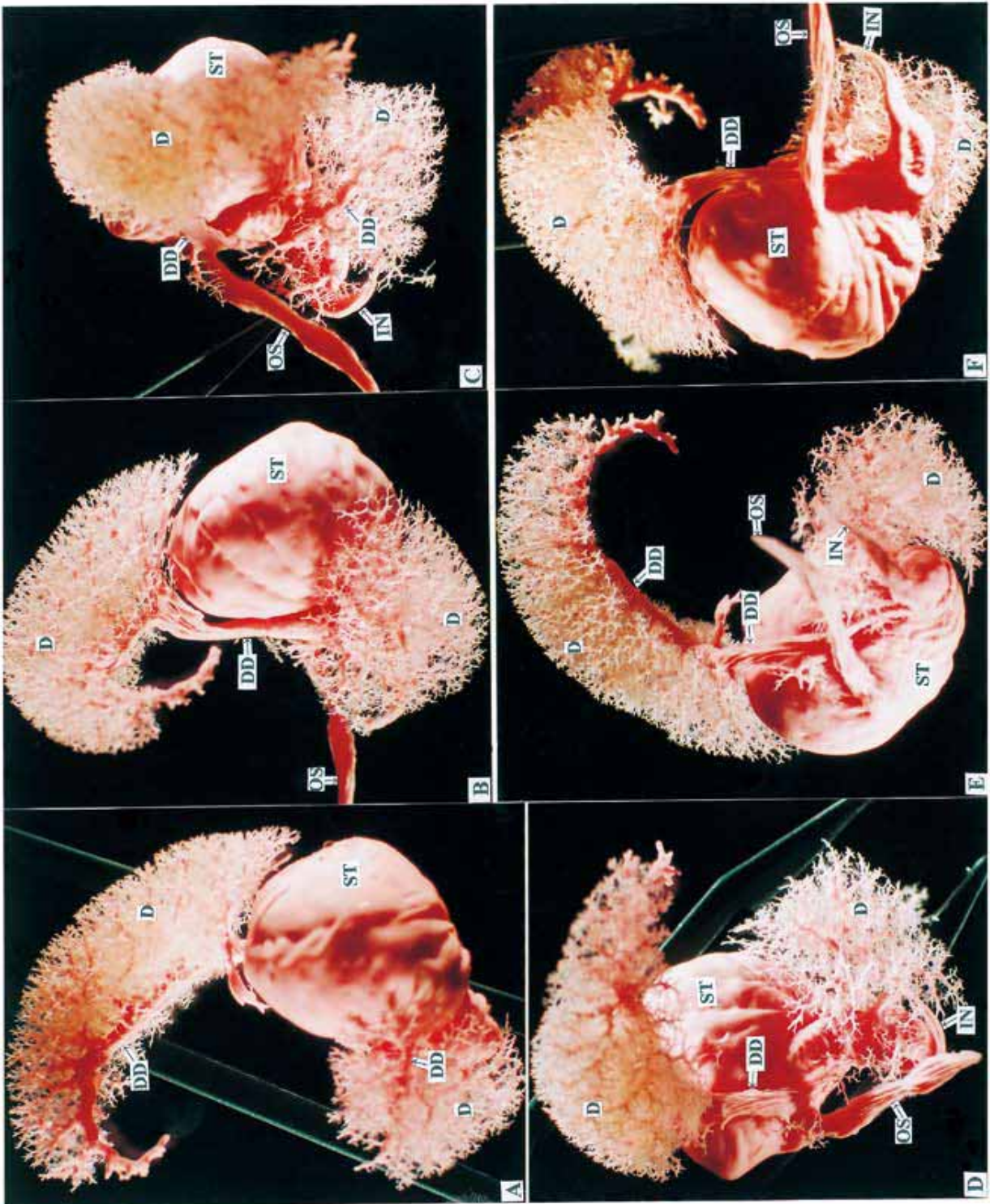


Fig. 4. Corrosion cast of duct of the digestive diverticula of the Thomas's rapa whelk. A-F are viewed from the different direction. D : duct, OS : oesophagus, ST : stomach, IN : intestine. Bar = 10mm.

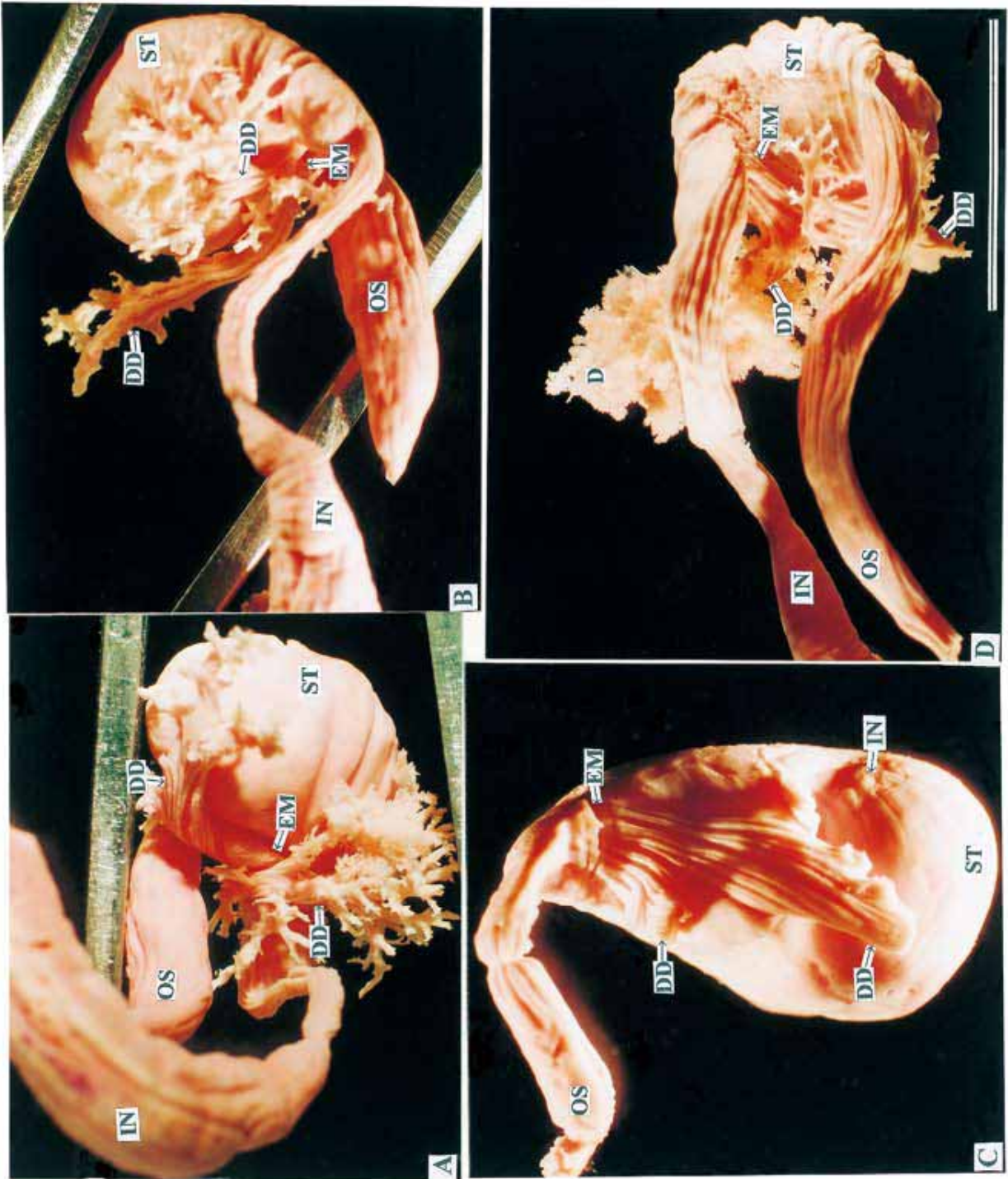


Fig. 5. Corrosion cast of duct of the digestive diverticula of the Thomas's rapa whelk. A-D were viewed from the different direction. D : digestive diverticula, DD : duct, EM : embayment, OS : oesophagus, ST : stomach, IN : intestine. Bar = 10mm.

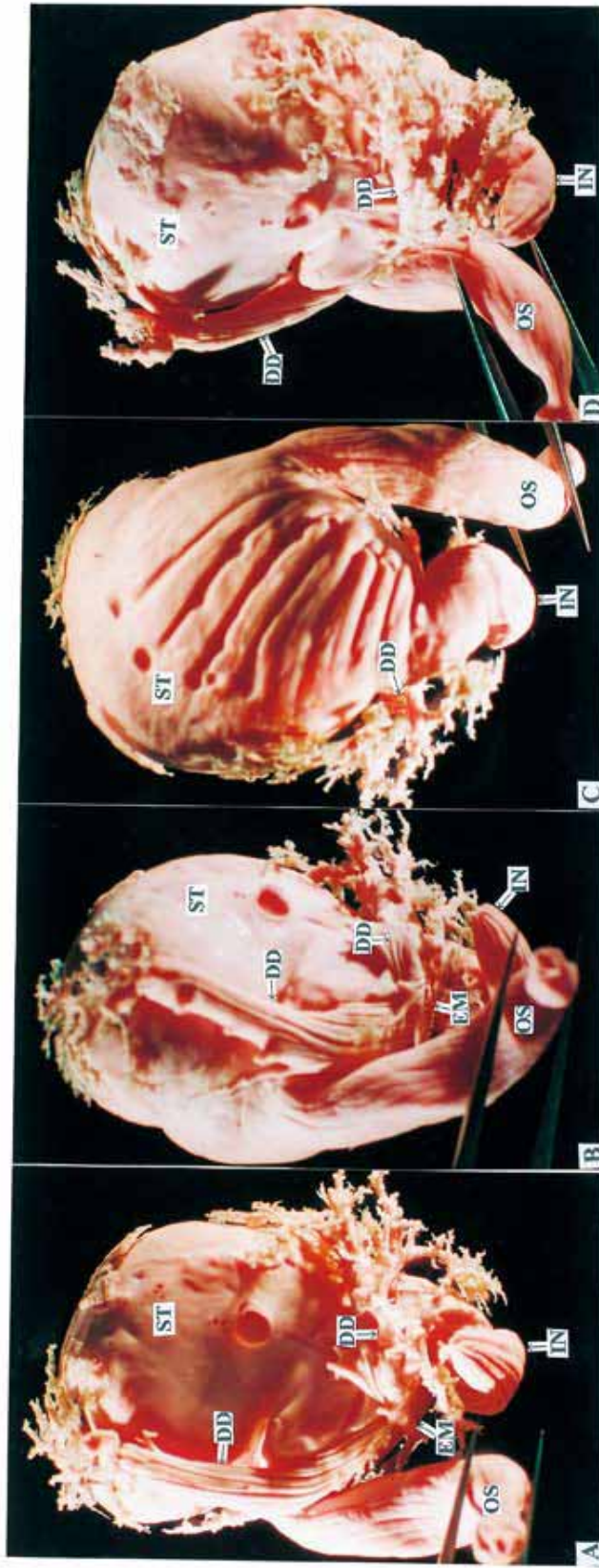


Fig. 6. Corrosion cast of duct of the digestive diverticula of the Thomas's rapa whelk. A-D are viewed from the different direction. DD : duct, EM : embayment, OS : oesophagus, ST : stomach, IN : intestine. Bar = 10mm.

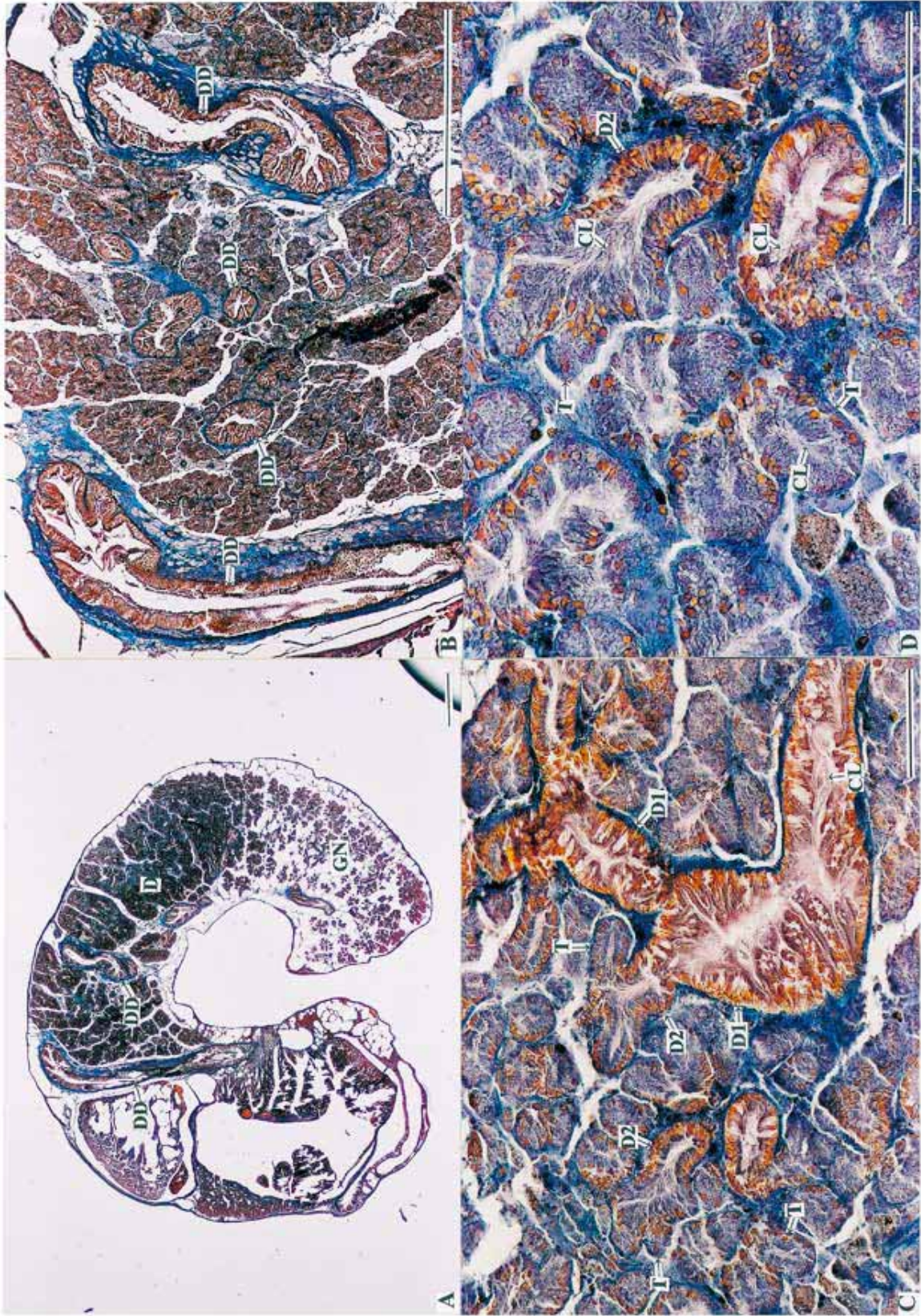


Fig. 7. Digestive diverticula of the Thomas's rapa whelk. D: digestive diverticula, DD: duct, GN: gonad, D1: main duct, D2: secondary duct, T: tubule, CL: cilium, Azan stain. Bars in Fig. A and B=100 μ m, and bars in Figs. C and D =10 μ m.

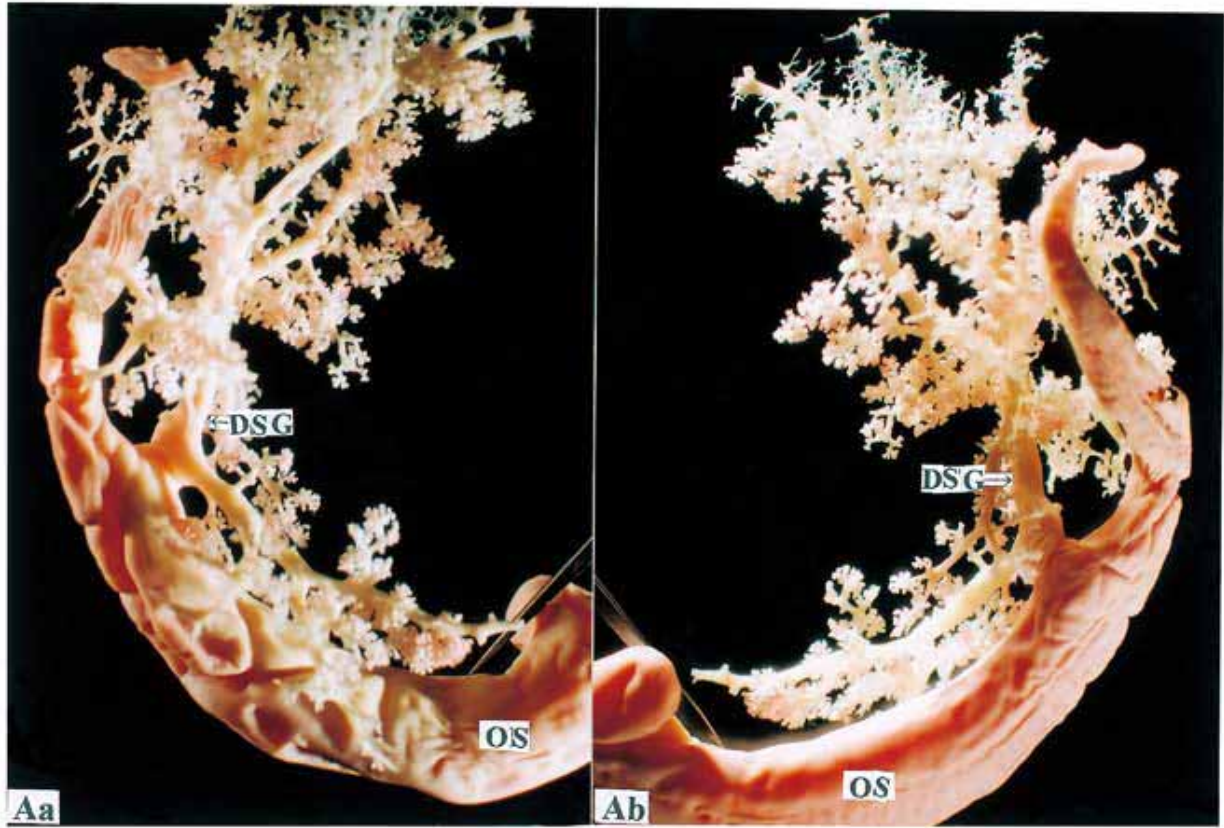


Fig. 8. Corrosion cast of duct of the salivary gland of the Thomas's rapa whelk. A and B are viewed from the different direction. DSG : duct of the salivary gland, OS : oesophagus. Bar=10mm.

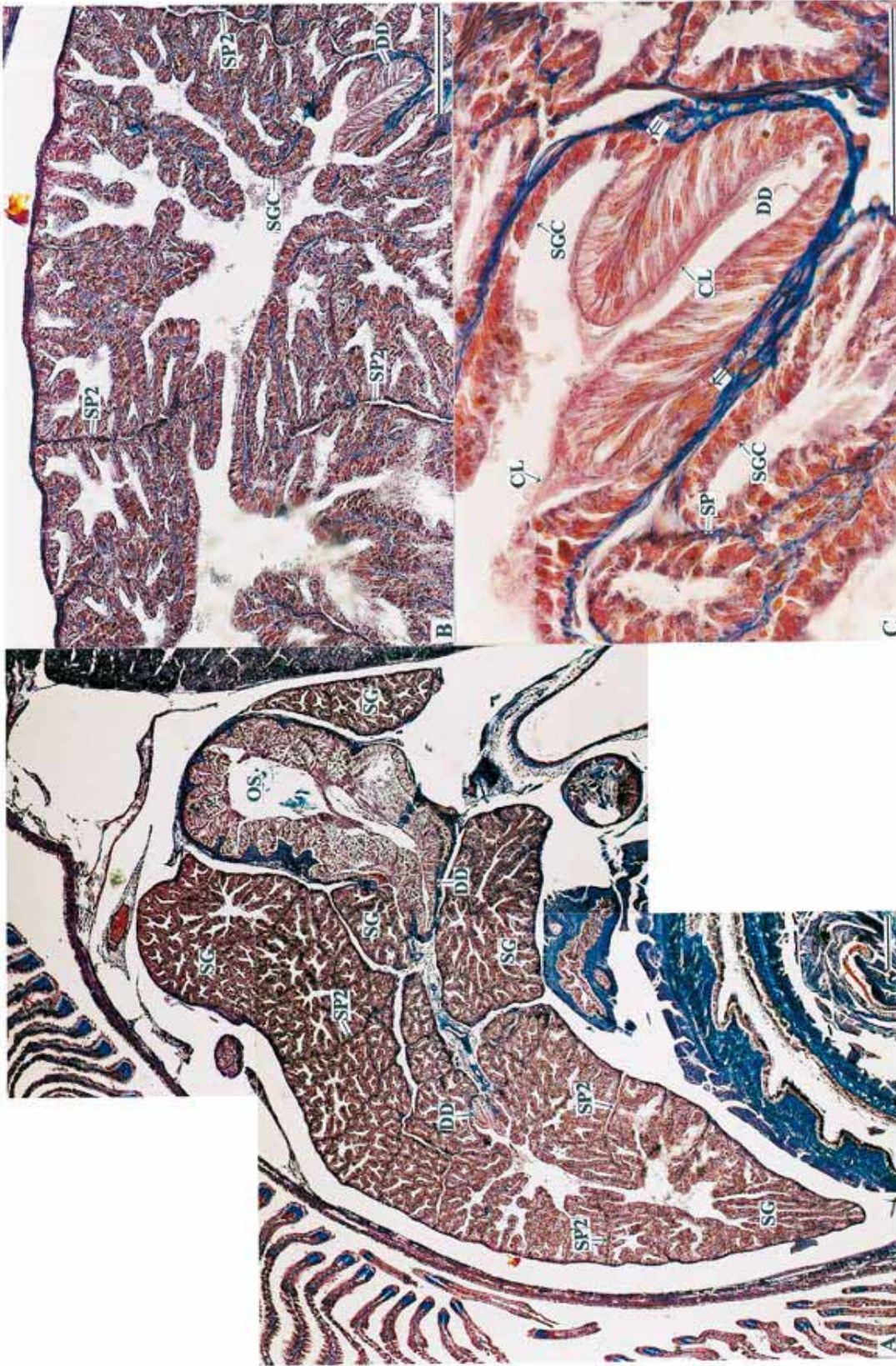


Fig. 9 . Salivary gland of the Thomas's rapa whelk. Arrows show the junction of a duct with a secreting gland cell. SG : salivary gland, OS : oesophagus, DD : duct, SGC : secreting gland cell, CL : cilium, SP : septum of the every vesicle of the salivary gland, SP 2 : septum of the every group of the vesicle. Azan stain. Bars = 10 μ m.