

## マベの鰓と唇弁および消化管の構造

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| メタデータ | <p>言語: Japanese</p> <p>出版者: 水産大学校</p> <p>公開日: 2024-10-11</p> <p>キーワード (Ja):</p> <p>キーワード (En): Black-winged pearl oyster; corrosion cast; ctenidium; digestive organ; histology; labial pulp</p> <p>作成者: 山元, 憲一, 半田, 岳志</p> <p>メールアドレス:</p> <p>所属: 水産研究・教育機構</p> |
| URL   | <a href="https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2011949">https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2011949</a>                                                                                                                                                              |

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.



## マベの鰓と唇弁および消化管の構造

山元憲一<sup>1†</sup>・半田岳志<sup>1</sup>

### Structure of ctenidium, labial pulp and digestive organ of the Black-winged pearl oyster, *Pteria penguin* (Pteriidae : Pterioidea = Pseudolamellibranchia : Bivalvia)

Ken-ichi Yamamoto<sup>1†</sup> and Takeshi Handa<sup>1</sup>

**Abstract** : The structure of the ctenidium, labial pulp and digestive organ of the Black-winged pearl oyster, *Pteria penguin*, was examined with corrosion casts and histological sections. The casts were made using the prepolymerization methyl methacrylate (MercoxCL-2R) containing 10 % Mercor MA. The food groove was formed by the ordinary filaments with the extended and deformed tip, and the primary filaments were connected at the food groove in the center of the supra-branchial chamber side. The inter-laminar connecting membrane connected the outer lamina to the inner laminae at the primary filament with the Heterorhabdic filibranch type, but did not join the inter-laminar connecting vessels. The ciliary disk attached each ordinary filament, and the ordinary and primary filaments were composed of collagen fiber. The frontal surfaces of the ordinary filament and the primary filament were covered with the cilium. The inner surfaces of labial pulp, stomach, duct of digestive diverticula and intestine were also covered with the cilium.

**Key words** : Black-winged pearl oyster ; corrosion cast ; ctenidium ; digestive organ ; histology ; labial pulp

軟体動物の二枚貝綱は、鰓の構造から原鰓類、糸鰓類、弁鰓類、隔鰓類に大別される。更に糸鰓類は、糸鰓類、等糸鰓類、擬弁鰓類に分けられている<sup>1)</sup>。ウグイスガイ目（擬弁鰓目）の鰓は、糸鰓ないし擬弁鰓の構造を示し、ウグイスガイ科の鰓は擬弁鰓型を示すとされている<sup>1)</sup>。ウグイスガイ科のアコヤガイ *Pinctada fucata martensii* の鰓構造の概略については、椎野<sup>2)</sup> が「あこやがい（真珠貝）解剖図」のなかで紹介している。ウグイスガイ科のシロチョウガイ *Pinctada maxima* の鰓構造の概略については、竹村・加福<sup>3)</sup> が「シロチョウガイ *Pinctada maxima* (JAMESON) の解剖」のなかで紹介している。山元ら<sup>4), 5)</sup> は、血管系も含めた詳細な鰓の全体構造をウグイスガイ科のアコヤガイおよびクロチョウガイ *Pinctada margaritifera* について示している。しかし、アコヤガイ、シロチョウガイやクロ

チョウガイと同様に真珠養殖の代表的な種であるマベ *Pteria penguin* の鰓および唇弁の構造については報告されていない。

そこで、著者らは、マベを用いて、呼吸・循環や捕食機構などに関する研究および増養殖を進める上での基礎的知見を得る目的で、鰓の鋳型標本および鰓、唇弁、消化管の切片標本作製して、鰓の構造、鰓血管の走行および鰓で捕捉した粒子運搬の経路に関する構造を明らかにした。

### 材料および方法

実験には、殻長 $103.0 \pm 13.8$ mm、殻高 $115.0 \pm 15.5$ mm、殻幅 $35.6 \pm 4.1$ mm、体重 $203.8 \pm 83.7$ gのマベ3個体と、殻長 $24.4 \pm 3.7$ mm、殻高 $12.3 \pm 2.4$ mm、殻幅 $4.2 \pm 0.7$ mm、体重

2010年8月20日受付, Received August 20, 2010.

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

〒759-6595 下関市永田本町 2-7-1 (2-7-1 Nagata-honmachi, Shimonoseki 759-6595)

0.36±0.15gのもの21個体を用いた。マベは、愛媛県水産試験場より入手後、水槽(60l)に移し、0.5μm以上の粒子を除去した海水を2l/min注入した状態で1週間以上畜養し、約0.4 M/lの塩化マグネシウム水溶液<sup>6)</sup>に1~3時間浸漬して軟体部を伸展させ、実験に供した。

**鋳型** 鋳型は、大型の個体を用いて、Handa and Yamamoto<sup>7)</sup>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を混合したもの(以降、樹脂と表す)を用いて作成した。まず、片方の殻を除去して鰓を露出させ、入鰓血管に濾過海水を満たしたポリエチレン細管(外径約1mm、長さ20cm、Hibiki No.3)を約10mm挿入し、注射器(5ml, Top)で樹脂を約1.5ml/minの速さで総量約10ml注入した。注入後、海水中で樹脂を硬化させ、20%水酸化ナトリウム水溶液に浸して肉質部を溶かし、水洗した。

**観察** 軟体部の観察は、Davidson液<sup>8)</sup>で固定して行った。組織の観察は、常法に従ってパラフィン切片(10μm)を作成し、アザン染色して行った。

## 結果および考察

**鰓の構造** 鰓は、入水口と出水口を区切っている皺襞(PD)のところから唇弁(LP)までに半月形を呈して広がっていた(Fig. 1)。足(FT)を中心にして見ると、左鰓葉と右鰓葉は皺襞(PD)のところから接着して延び、足の近くで左右に分かれ、左右の唇弁(LP)へと連なっていた(Figs. 1, 16)。左右の唇弁は、中央の口へと連なっていた(Figs. 1, 16)。

外套膜と鰓葉の境(FOC)および右鰓葉と左鰓葉の境(FIC)は、繊維状の構造で接着されていた(Figs. 2-4)。このような構造は、物理的な影響で外鰓葉と外套膜の間および左右の鰓葉の間が容易に剥離する原因であると考えられる。

鰓葉の基本構造は、主鰓糸(PF)と数十本の常鰓糸(OF)が交互に配列された形からなることが確認された(Figs. 5, 6)。主鰓糸(PF)および常鰓糸(OF)は、入水側の前面に前纖毛(FCL)を、側面に側纖毛(LCL)を備えていた(Fig. 6)。

常鰓糸(OF)のそれぞれの間および常鰓糸(OF)と主

鰓糸(PF)の間は、鰓糸連結盤(CD)で固定されていた(Figs. 5, 7, 8)。それらを固定している鰓糸連結盤(CD)の位置は、鰓葉の基部から先端に向かってほぼ等間隔に、鰓葉の基部に平行に並んでいた(Fig. 5)。鰓糸連結盤(CD)は、常鰓糸(OF)あるいは主鰓糸(PF)の一部が盛り上がった構造で、アザン染色で青く染まるコラーゲン繊維で支持された構造となっていた(Fig. 8)。また、それぞれの鰓糸連結盤(CD)は、繊維状の構造でお互いが固着されていた(Figs. 6, 8)。Murakami<sup>9)</sup>は、ムラサキイガイの鰓葉では鰓糸連結盤のところで剥離することができると報告している。Sunila and Lindstrom<sup>10)</sup>は、鰓糸連結盤は銅やカドミニウムの溶液に浸漬すると繊維状の構造のところでそれぞれが剥離すると報告している。

鰓の内葉と外葉はそれぞれに位置する主鰓糸から広がる鰓葉間連結膜(ICM)で連絡されていた(Figs. 5, 7, 9)。Dufour and Beninger<sup>11)</sup>は、二枚貝類の鰓の基本構造を鰓糸と鰓葉間連絡膜の構造の違いからHomorhabdic filibranch(内葉と外葉の常鰓糸の間を鰓葉間連結膜で連結)、Heterorhabdic filibranch(内葉と外葉の主鰓糸の間を鰓葉間連結膜で連結)、Heterorhabdic eulamellibranch(隣同士の間を常鰓糸の間の連結、および内葉と外葉の常鰓糸の間を鰓葉間連結膜で連結)、Heterorhabdic pseudolamellibranch(隣同士の間を常鰓糸の間の連結、および内葉と外葉の主鰓糸の間を鰓葉間連結膜で連結)の4つの型に分けている。これに従うと、マベの鰓構造は、アコヤガイ<sup>4)</sup>やクロチョウガイ<sup>5)</sup>と同様に、Heterorhabdic filibranchに相当している。アコヤガイでは、ほぼ等間隔に格子状を呈して内葉と外葉の基部を連結している鰓葉間連絡血管(ICV)の部位では、鰓葉間連結膜(ICM)は内葉と外葉の主鰓糸の間を食物溝(FG)から同血管(ICV)まで三角形を成して全面に展開している<sup>4)</sup>。しかし、マベでは、クロチョウガイ<sup>5)</sup>と同様に、鰓葉間連結膜(ICM)は鰓葉の先端近くの主鰓糸の間を連結しているだけで、鰓葉間連絡血管(ICV)まで延びていなかった(Figs. 5, 7, 9)。

**鰓の血管** 鰓葉の基部は、入鰓静脈(ABV)と出鰓静脈(EBV)が平行して走行し、入鰓静脈(ABV)からはほぼ等間隔に鰓葉間連絡血管(ICV)が出ていた(Figs. 9, 10)。鋳型標本を見ると、入鰓静脈(ABV)は内葉の基部に平行して走行し、同血管からはほぼ等間隔に鰓葉間連絡血管(ICV)が外葉の基部に走行する縦走血管(LBV)に連絡

していた (Fig. 10)。出鰓静脈 (EBV) は入鰓静脈 (ABV) よりも内鰓葉の基部寄りを入鰓静脈 (ABV) に平行して走行していた (Figs. 9, 10)。

主鰓系の血管 (VPF) は常鰓系の血管 (VOF) よりも鰓葉の内側 (鰓葉の鰓上室側) に位置し、主鰓系の血管 (VPF) はその外側に半円形に展開していた (Figs. 10, 11)。これらの血管 (VPF, VOF) は、鋳型および組織像からみると、基は1本の管として縦走血管 (LVB) または出鰓静脈 (EBV) から伸びており、その後主鰓系の血管 (VPF) と常鰓系の血管 (VOF) の2つに分かれ、さらに常鰓系の血管 (VOF) は数十の常鰓系の血管へと分かれていた (Figs. 11, 13, 14)。

主鰓系の間を連結している鰓葉間連結膜 (ICM) は、二枚の板状の膜構造で、膜の間は全体が血管となっており、所々がサザエ<sup>12)</sup> やアワビ<sup>13)</sup> の鰓葉と同様に Trabecula (TB, 結締組織繊維柱) で固定した形となっていた (Fig. 7)。鰓葉間連結膜の血管 (ICMV) の両端は、主鰓系の血管 (VPF) と全面で連絡した構造であることが明らかとなった (Fig. 11)。

各鰓葉の外縁部に位置する食物溝には、食物溝の血管 (VFG) が縦走していた (Figs. 11, 15)。この食物溝の血管 (VFG) へは、常鰓系の血管 (VOF) が食物溝の外側から連結し、主鰓系の血管 (VPF) が食物溝の裏側 (食物溝の鰓上室側) の中央付近から連結していた (Figs. 11, 15)。

以上の観察から鰓葉での血流を推測すると、血液は、入鰓静脈 (ABV) から外鰓と内鰓の外葉へ延びる鰓葉間連絡血管 (ICV) を経て外葉縦走血管 (LVB) に送られ、同血管 (LVB) から外葉の常鰓系の血管 (VOF) および外葉の主鰓系の血管 (VPF) へ流入する。外葉の常鰓系の血管 (VOF) からは、食物溝の血管 (VFG)、次いで内葉の常鰓系の血管 (VOF) を経て出鰓静脈 (EBV) へ集められる。外葉の主鰓系の血管 (VPF) を流れる血液は、食物溝の血管 (VFG)、次いで内葉の主鰓系の血管 (VPF) へ流入する場合と鰓葉間連絡血管 (ICV) を短絡して内葉の主鰓系の血管 (VPF) へ流入する場合の2経路で出鰓静脈 (EBV) へ集められ、鰓の外へ流出していることになる。

**粒子の運搬** 二枚貝では、主鰓系 (PF) と常鰓系 (OF) の側鰓毛 (LCL) で鰓系間を通過する水流を起こし、水中の懸濁粒子を触毛で捕捉して粘液に絡め、主鰓系の前鰓毛

(FCL) で鰓葉の基底溝へ、常鰓系の前鰓毛 (FCL) で食物溝へ運ぶことが知られている<sup>14)</sup>。

鰓葉の基部を見ると、左右の外套膜 (ML) に接している左右の外鰓葉 (OC) の基部はそれぞれに外鰓外葉基底溝 (BTO) を、左右の内鰓葉 (IC) の会合部 (FIC) は内鰓内葉基底溝 (BTI) を、左右の外鰓葉 (OC) と内鰓葉 (IC) のそれぞれの会合部は鰓葉基底溝 (BTL) を構成していた (Figs. 2-3, 12, 13, 16)。組織像から、それぞれの溝は鰓毛で覆われているところが観察された (Figs. 13, 14)。これら合計6本の溝は、主鰓系 (PF) の前鰓毛 (FCL) で運ばれた粒子を集めて、唇弁 (LP) へ鰓毛運動で運ぶ通路となっている<sup>11, 14, 15)</sup>。

一方、食物溝 (FG) は、各鰓葉の外縁部 (4箇所) に位置し、ほぼ同じ幅の溝状となっていた (Figs. 5, 12)。組織像から、鰓葉の外葉と内葉のそれぞれの常鰓系 (OF) は丸く屈曲して外側から食物溝 (FG) に連絡し、主鰓系 (PF) が食物溝 (FG) の裏側の中央付近に連絡した構造となっており、鰓毛で覆われているところが確認された (Fig. 15)。食物溝 (FG) は常鰓系 (OF) の前鰓毛 (FCL) で運んできた粒子を集めて鰓毛運動で唇弁 (LP) へ運ぶ通路となっている<sup>11, 14, 15)</sup>。

鰓葉と唇弁の関係を見ると、平行して並んでいる内鰓と外鰓の先端は上唇弁 (RUP, LUP) と下唇弁 (RLP, LLP) の間に終わり、内鰓と外鰓の基底部 (BTO, BTL, BTI) および食物溝 (FG) は上唇弁と下唇弁の会合部 (LOG) に連なっていた (Fig. 16)。組織像から、唇弁内は全体が鰓毛で覆われているところが観察された (Figs. 17-19)。Ward *et al*<sup>16)</sup> は、マガキでの観察から、内鰓と外鰓の基底部 (BTO, BTL, BTI) を運ばれてきた粒子は上唇弁と下唇弁の会合部 (LOG) へ入り、口へと運ばれるが、過剰に運ばれてきた場合には唇弁で大きな塊にされて擬糞として鰓葉の外に放出される。しかし、食物溝で運ばれてきた粒子は、一部は口へと運ばれるが、多くは唇弁で大きな塊にされて擬糞として鰓葉の外に放出されると報告している。

一方、消化管 (Figs. 20, 22) をみると、胃 (ST)、中腸腺の導管 (DD) および腸 (IN) の内壁は鰓毛で覆われていた (Figs. 21, 23, 24)。このことから、口から取り入れた粒子は、消化管内を鰓毛運動で運ばれていることが明らかである。また、役割については明らかでないが、外套膜の先端部分の内側および足の表面も鰓毛で覆われていた (Figs. 2, 17)。

## 要 約

マベの鰓、唇弁と消化管の構造を調べた。鰓で捕捉した粒子を唇弁内に運ぶ鰓葉の基部および食物溝の内面は全体が繊毛で覆われていた。食物溝は、ほぼ同じ幅の溝状を呈し、常鰓糸が側面から、主鰓糸が裏側の中央付近に連絡した構造となっていた。内葉と外葉は、主鰓糸のところで、Heterorhabdic filibranch 構造を示して鰓葉間連結膜で連絡されていた。しかし、アコヤガイと異なって、同膜は鰓葉間連絡血管まで延びていなかった。各常鰓糸および常鰓糸と主鰓糸は、コラーゲン繊維が発達した鰓糸連結盤で固定されていた。主鰓糸および常鰓糸は、入水側の前面に前繊毛を、側面に側繊毛を、唇弁、食道、胃、中腸腺の導管および腸の内面全体に繊毛を備えている様子が確認された。

## 謝 辞

本研究は、文部科学省「持続可能な”えひめ産”日本型養殖モデル創出」、研究開発事業、温暖化対応型真珠養殖技術の研究開発（海洋環境の変化を地域の強みとして活かした市場価値の高い南洋真珠貝〔クロチョウガイ、マベガイ〕の養殖技術の確立）によって実施したものである。

## 引用文献

- 1) 波部忠重, 浜谷巖, 奥谷喬司: 呼吸と循環, 軟体動物学概説上巻 (波部忠重, 奥谷喬司, 西脇三郎共編), サイエンティスト社, 東京, 3-134 (1999)
- 2) 椎野季雄: あこやがい (真珠貝) 解剖図, 三重県試験場 (1952)
- 3) 竹村嘉夫, 加福竹一郎: シロチョウガイ *Pinctada maxima* (JAMESON) の解剖, 東海区水研報, 16, 1-23 (1957)
- 4) 山元憲一, 半田岳志, 近藤昌和: アコヤガイの鰓構造, 水大校研報, 57, 81-110 (2008)
- 5) 山元憲一, 半田岳志: クロチョウガイの鰓と唇弁の構造, 水大校研報, 59, 53-73 (2010)
- 6) Namba K M, Kobayashi S, Aida K, Uematsu M, Yoshida Y, Kondo K, Miyata Y: Persistent relaxation of the adductor muscle of oyster *Crassostrea gigas* induced by magnesium ion, *Fish Sci*, 61, 241-244 (1995)
- 7) Handa T, Yamamoto K: Corrosion casting of the digestive diverticula of the pearl oyster, *Pinctada fucata martensii* (Mollusca: Bivalvia), *J Shell Res*, 22, 777-779 (2003)
- 8) Bell T A, Lightner D V: A handbook of normal Penaeid shrimp history, World aquaculture society, USA, 2 (1988)
- 9) Murakami A: On the mechanism of ciliary junctions in gill of *Mytilus*, *J Fac Sci, Tokyo Univ. Section 4 (Zoology)*, 9, 319-332 (1962)
- 10) Sunila I, Lindstrom R: The structure of the interfilamentar junction of the mussel (*Mytilus edulis* L.) gill and its uncoupling by copper and cadmium exposures, *Comp Biochem Physiol*, 81C, 267-272 (1985)
- 11) Beninger P G, Ward J E, Newell R I E, MacDonald B A, Thompson R J: Gill function and particle transport in *Placopecten magellanicus* (Mollusca: Bivalvia) as revealed using video endoscopy, *Mar Biol*, 114, 281-288 (1992)
- 12) 山元憲一, 半田岳志, 近藤昌和: サザエの鰓構造, 水大校研報, 56, 273-285 (2008)
- 13) 山元憲一, 半田岳志, 近藤昌和: アワビの鰓構造, 水大校研報, 56, 287-298 (2008)
- 14) Ward J E: Biodynamics of suspension-feeding in adult bivalve molluscs: particle capture, processing, and fate, *Invertebrate Biol*, 115, 218-231 (1996)
- 15) 山元憲一, 半田岳志, 山下勲: アコヤガイの鰓での粒子運搬, 水産増殖, 50, 309-314 (2002)
- 16) Ward J E, Newell R I E, Thompson R J, MacDonald B A: In vivo studies of suspension-feeding processes in the eastern oyster, *Crassostrea virginica* (Gmelin), *Biol Bull*, 186, 221-240 (1994)

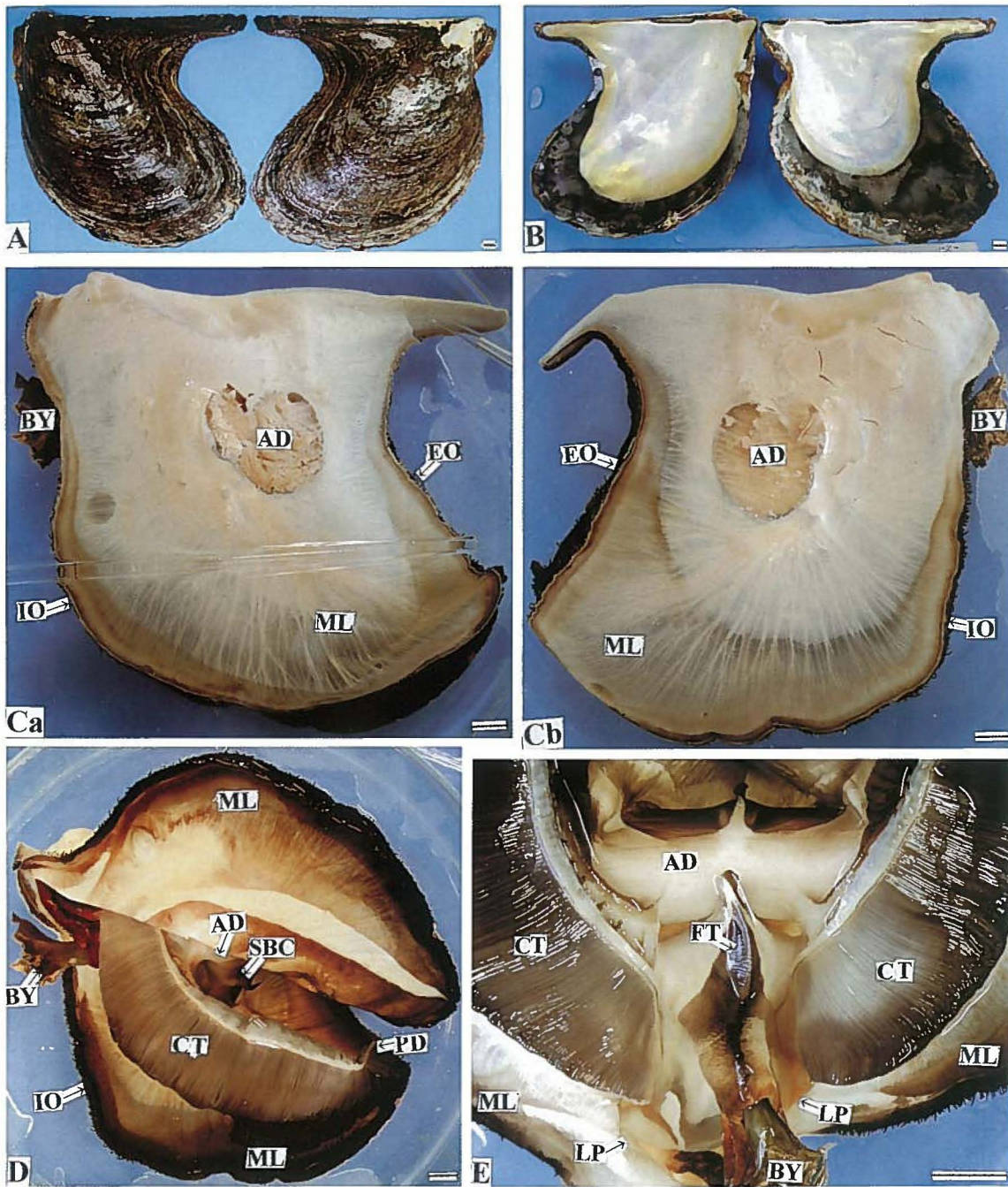


Fig. 1. Soft part of the body in the Black-winged pearl oyster; *Pteria penguin*. IO, inhalant orifice; EO, exhalant orifice; ML, mantle; AD, adductor muscle; BY, byssus; PD, pallial fold; SBC, supra-branchial chamber; LP, labial pulp; CT, ctenidium; FT, foot. Bars = 1 cm.

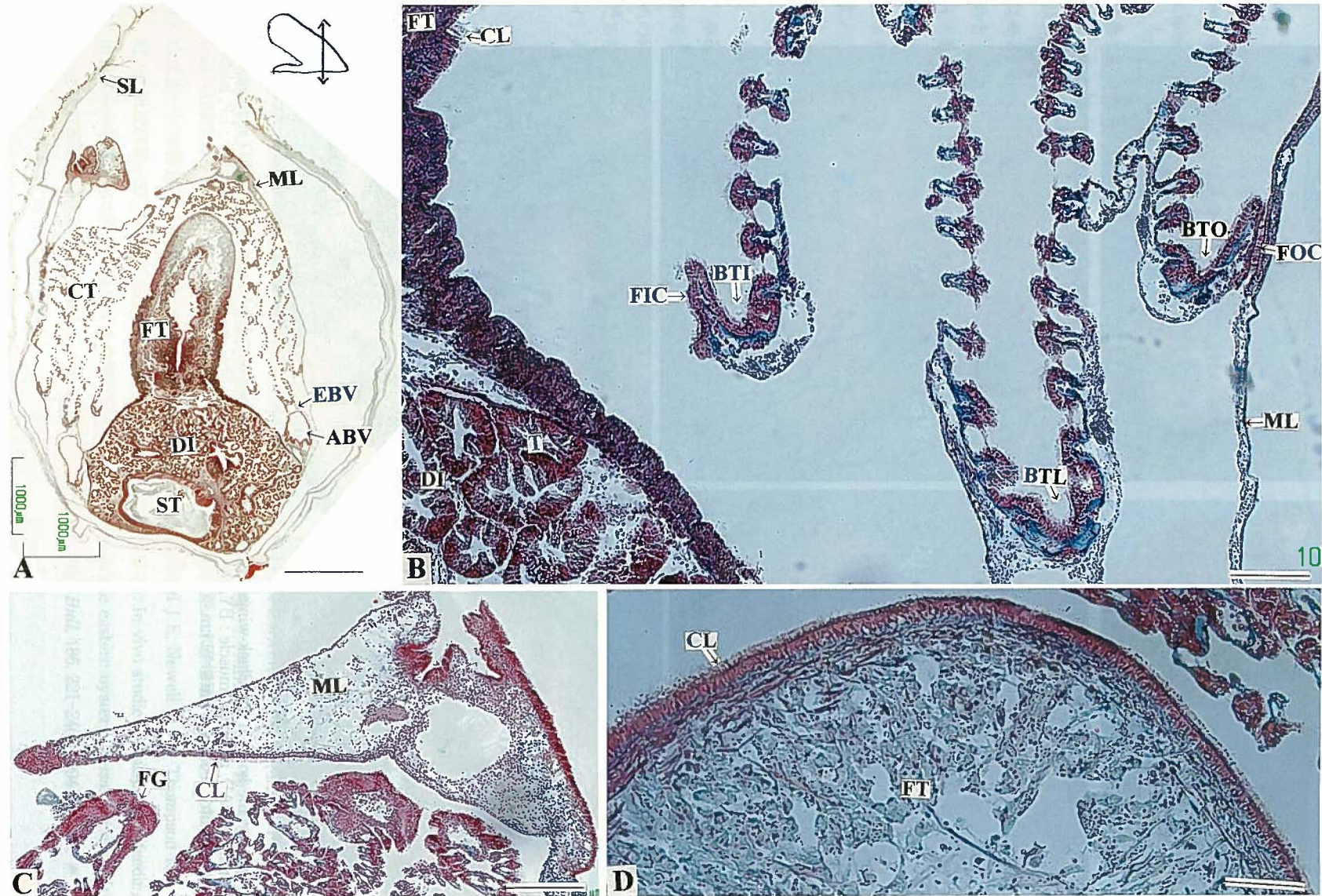


Fig. 2. Cross section of the body in the Black-winged pearl oyster. SL, shell valve ; ML, mantle ; CT, ctenidium ; FT, foot ; DI, digestive diverticula ; ST, stomach ; EBV, efferent branchial vessel ; ABV, afferent branchial vessel ; CL, cilium ; FIC, fused border of inner laminae of inner ctenidia ; FOC, fused border of outer laminae of outer ctenidia ; BTI, basal ciliated tract of outer lamina of inter ctenidium ; BTL, basal ciliated tract of laminae of ctenidia ; BTO, basal ciliated tract of outer lamina of outer ctenidium ; FG, food groove ; T, tubule of digestive diverticula. Azan staining. Bar in A = 1 mm and bars in B-D = 100  $\mu$  m.

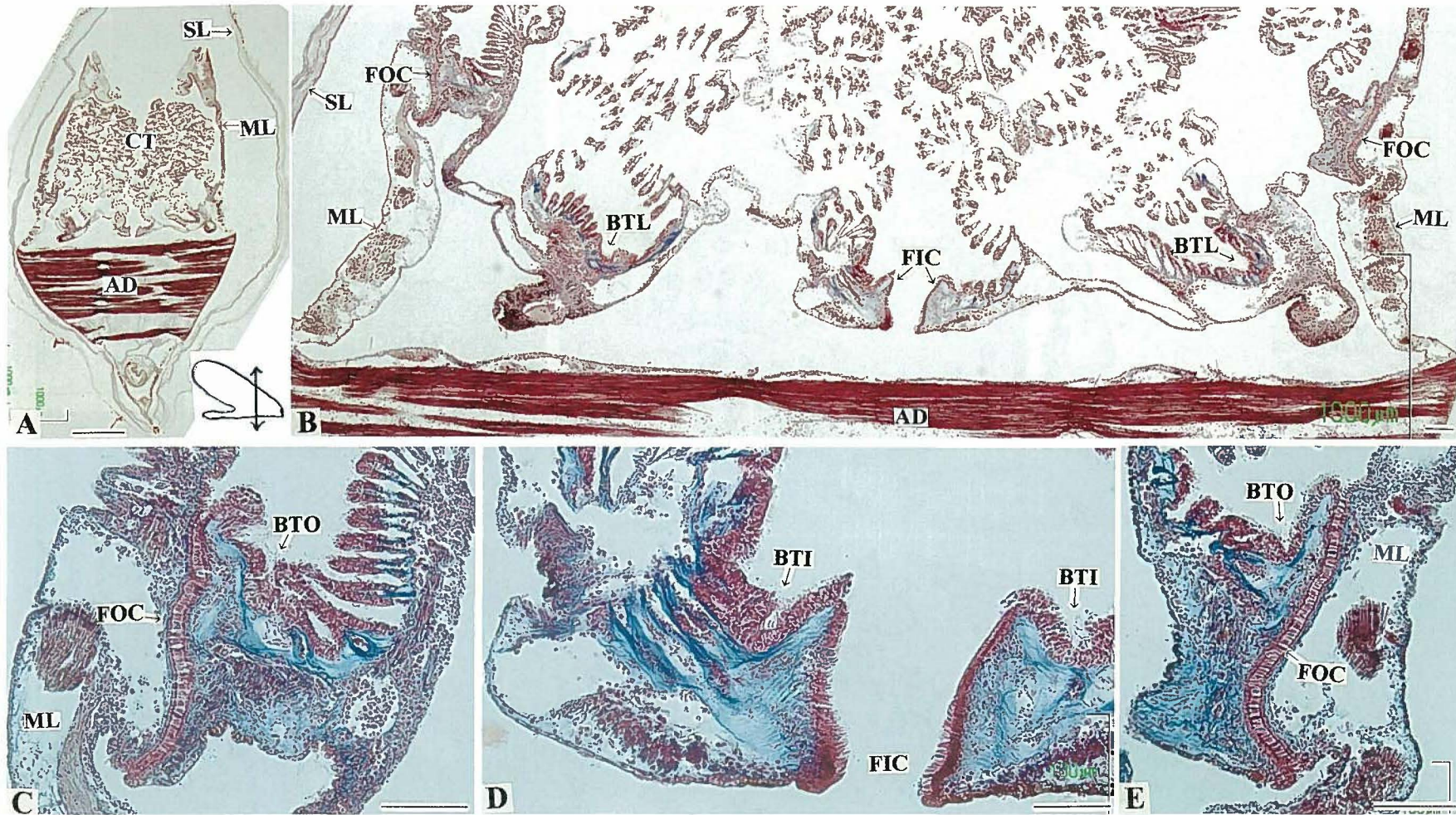


Fig. 3. Cross section of the body in the Black-winged pearl oyster. SL, shell valve ; ML, mantle ; CT, ctenidium ; AD, adductor muscle ; FIC, fused border of inner laminae of inner ctenidia ; FOC, fused border of outer laminae of outer ctenidium ; BTI, basal ciliated tract of outer lamina of inter ctenidium ; BTL, basal ciliated tract of laminae of ctenidia ; BTO, basal ciliated tract of outer lamina of outer ctenidium. Azan staining. Bar in A = 1 mm and bars in B-E = 100  $\mu$ m.

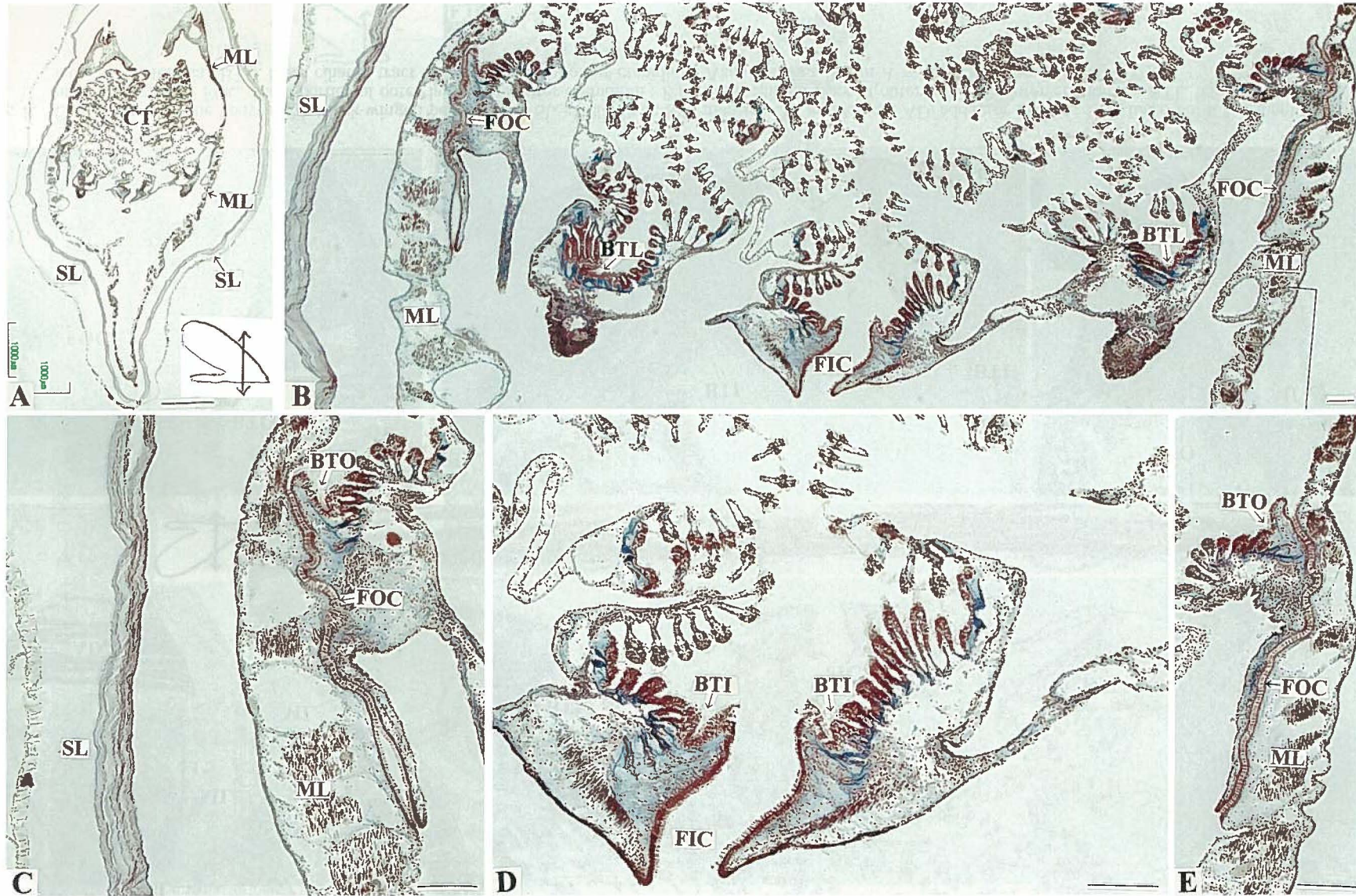


Fig. 4. Cross section of the body in the Black-winged pearl oyster. SL, shell valve ; ML, mantle ; CT, ctenidium ; FIC, fused border of inner laminae of inner ctenidia ; FOC, fused border of outer laminae of outer ctenidium ; BTI, basal ciliated tract of outer lamina of inner ctenidium ; BTL, basal ciliated tract of laminae of ctenidia ; BTO, basal ciliated tract of outer lamina of outer ctenidium. Azan staining. Bar in A = 1 mm and bars in B-E = 100  $\mu$  m.

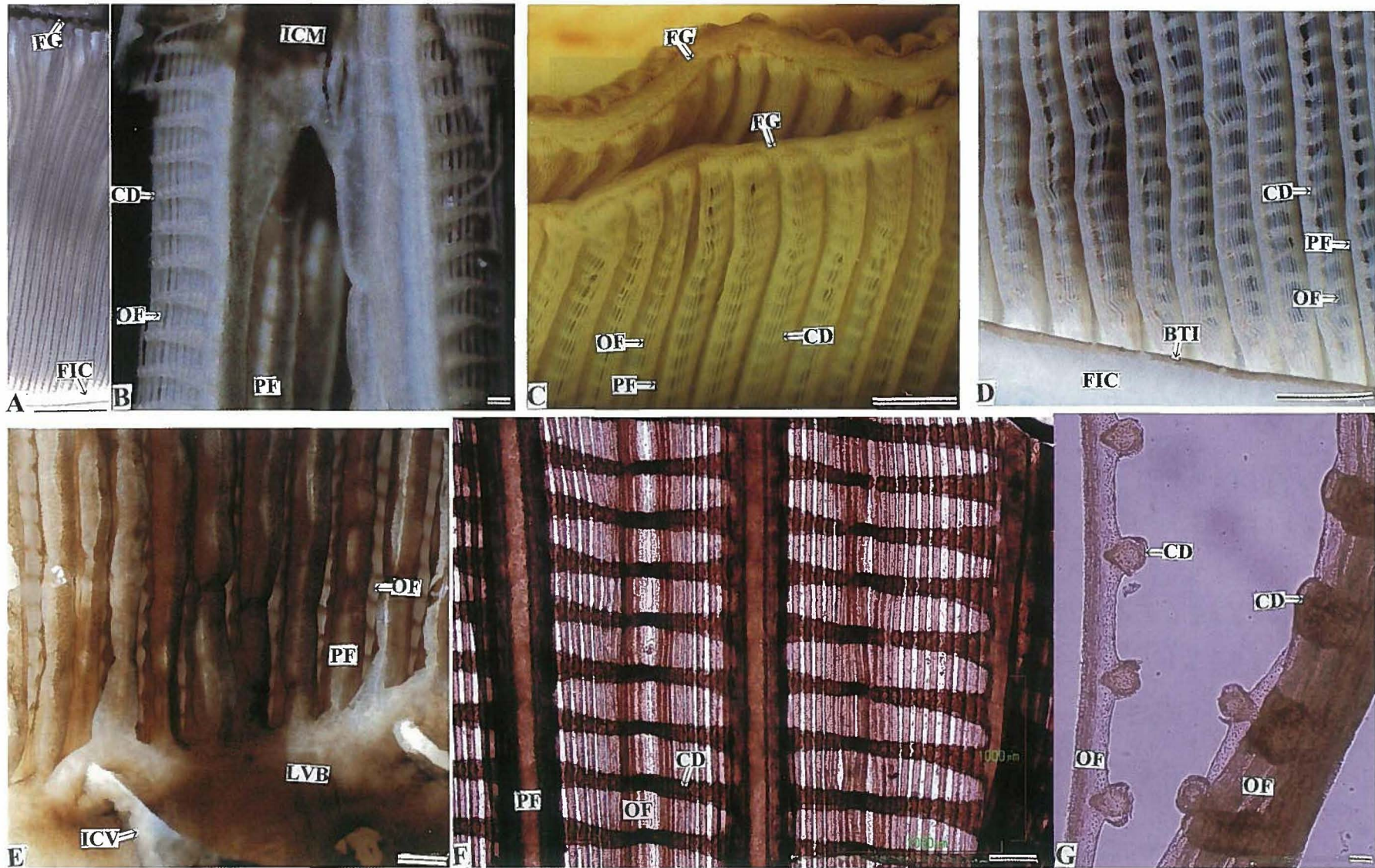


Fig. 5. Ctenidium in the Black-winged pearl oyster. FG, food groove ; FIC, fused border of inner laminae of inner ctenidia ; PF, primary filament ; OF, ordinary filament ; ICM, inter-laminar connecting membrane ; CD, ciliary disc ; ICV, inter-laminar connecting vessel ; LVB, longitudinal vessel running along the base of outer lamina ; BTI, basal ciliated tract of outer lamina of inter ctenidium. Bar in A=1 cm ; bars in C and D = 1 mm ; bars in B ; E and F = 100  $\mu$  m ; and bar in G = 10  $\mu$  m.

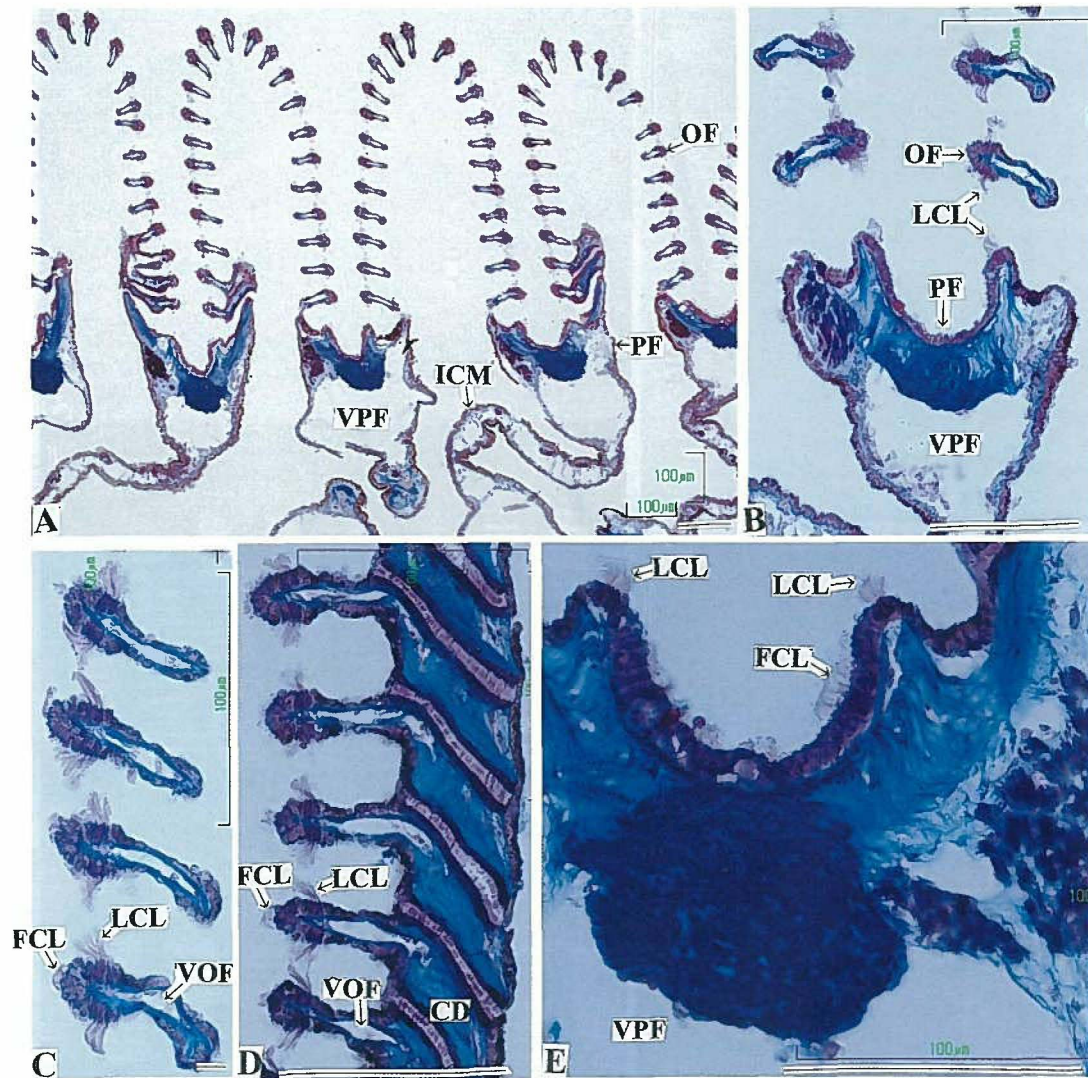


Fig. 6. Vertical section of lamina of ctenidium in the Black-winged pearl oyster. OF, ordinary filament ; PF, primary filament ; VPF, vessel of primary filament ; VOF, vessel of ordinary filament ; CD, ciliary disc ; LCL, lateral cilia ; FCL, frontal cilia. Azan staining. Bars = 100  $\mu$  m.

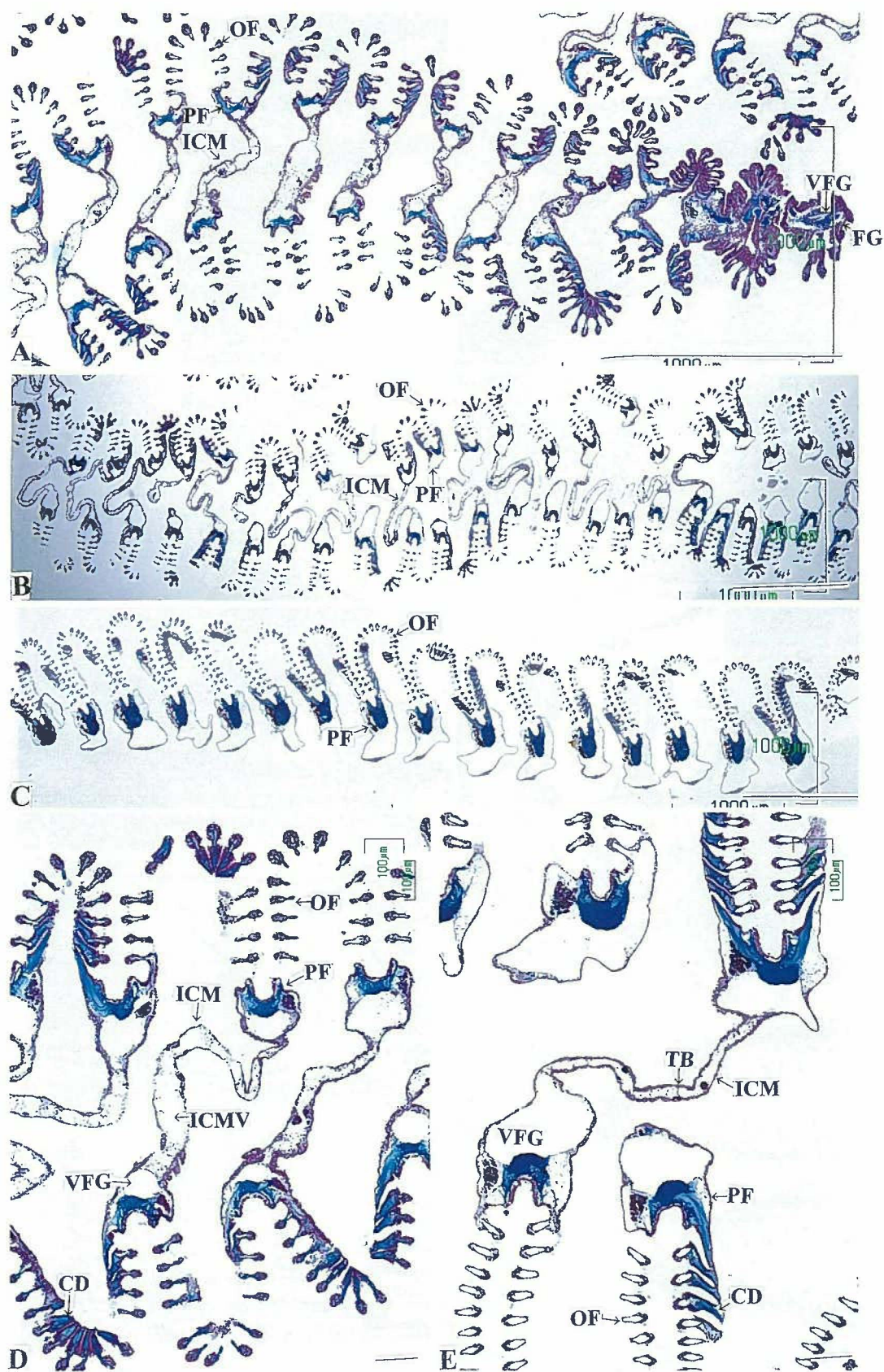


Fig. 7. Vertical section of lamina of ctenidium in the Black-winged pearl oyster. FG, food groove ; VFG, vessel of food groove ; PF, primary filament ; OF, ordinary filament ; ICM, inter-laminar connecting membrane ; ICMV, vessel of inter-laminar connecting membrane ; TB, trabecular ; CD, ciliary disc. Azan staining. Bars = 100  $\mu$  m.

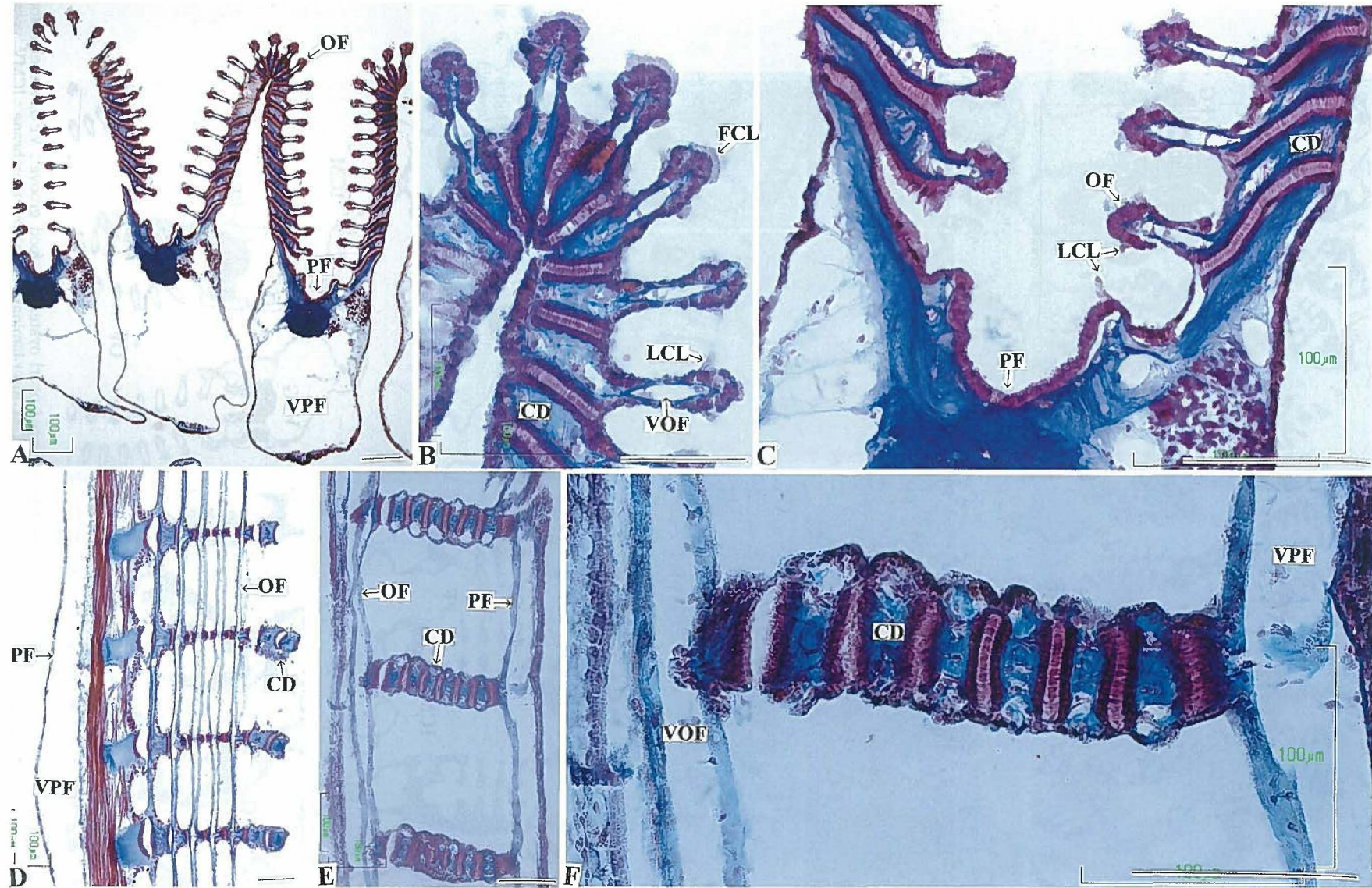


Fig. 8. Vertical (A-C) and horizontal sections (D-F) of lamina of ctenidium in the Black-winged pearl oyster. PF, primary filament ; VPF, vessel of primary filament ; OF, ordinary filament ; VOF, vessel of ordinary filament ; CD, ciliary disc ; LCL, lateral cilia ; FCL, frontal cilia. Azan staining. Bars = 100  $\mu$  m.

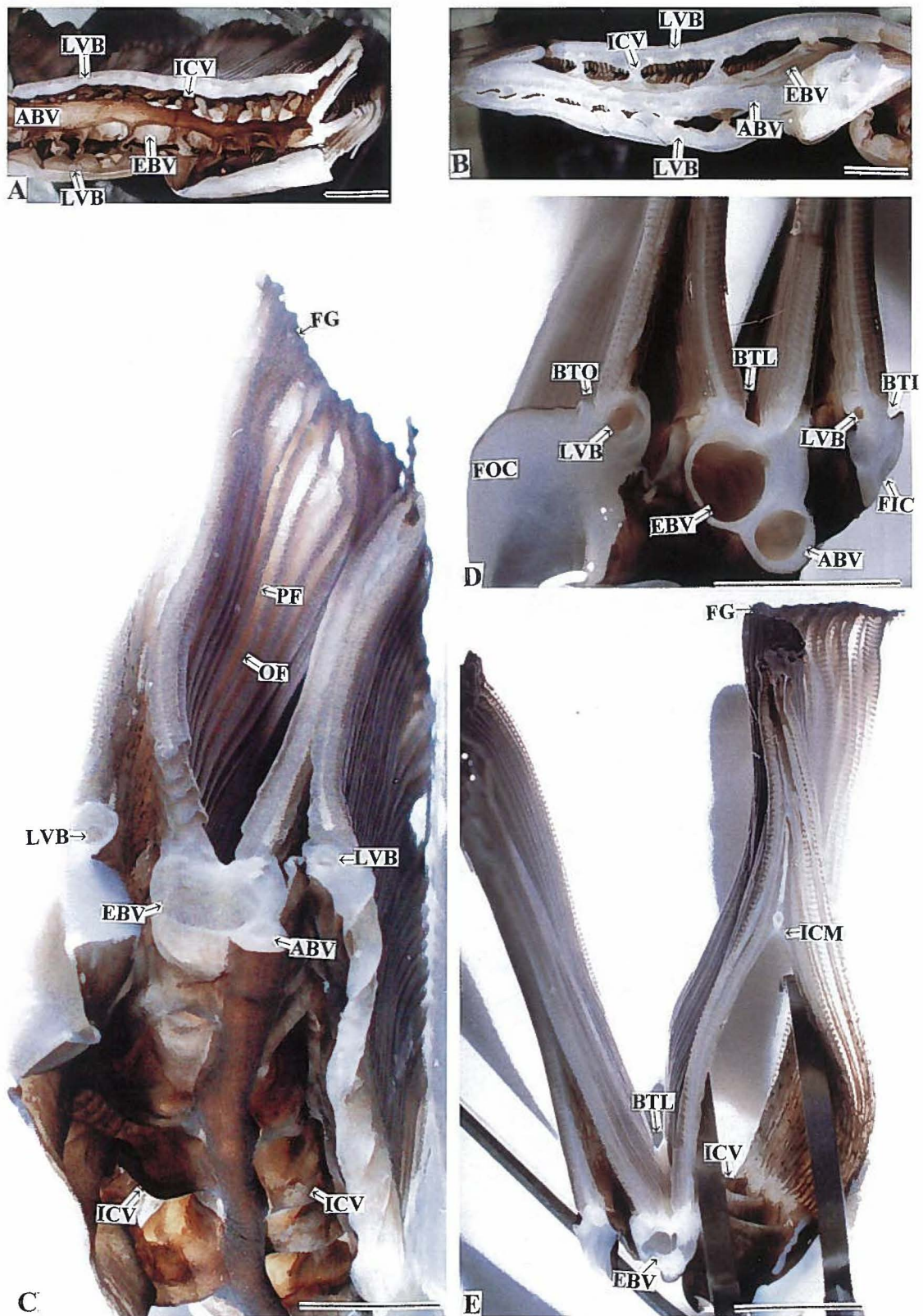


Fig. 9. Vessel of ctenidium in the Black-winged pearl oyster. LVB, longitudinal vessel running along the base of outer lamina ; ABV, afferent branchial vessel ; EBV, efferent branchial vessel ; ICV, inter-laminar connecting vessel ; FG, food groove ; PF, primary filament ; OF, ordinary filament ; BTO, basal ciliated tract of outer lamina of outer ctenidium ; BTL, basal ciliated tract of laminae of ctenidia ; BTI, basal ciliated tract of outer lamina of inter ctenidium ; FIC, fused border of inner laminae of inner ctenidia ; FOC, fused border of outer laminae of outer ctenidium ; ICM, inter-laminar connecting membrane. Bars = 1 cm.

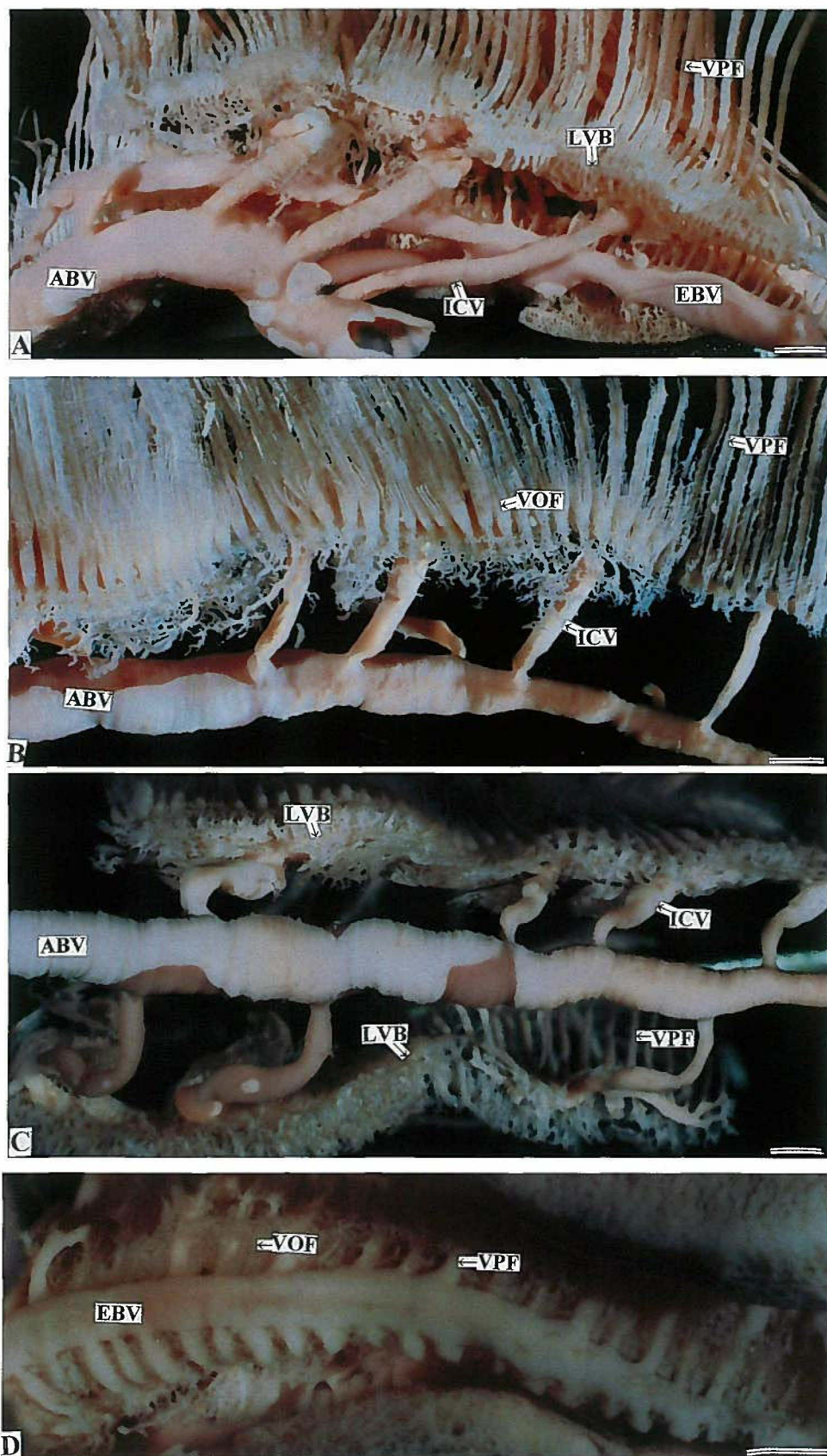
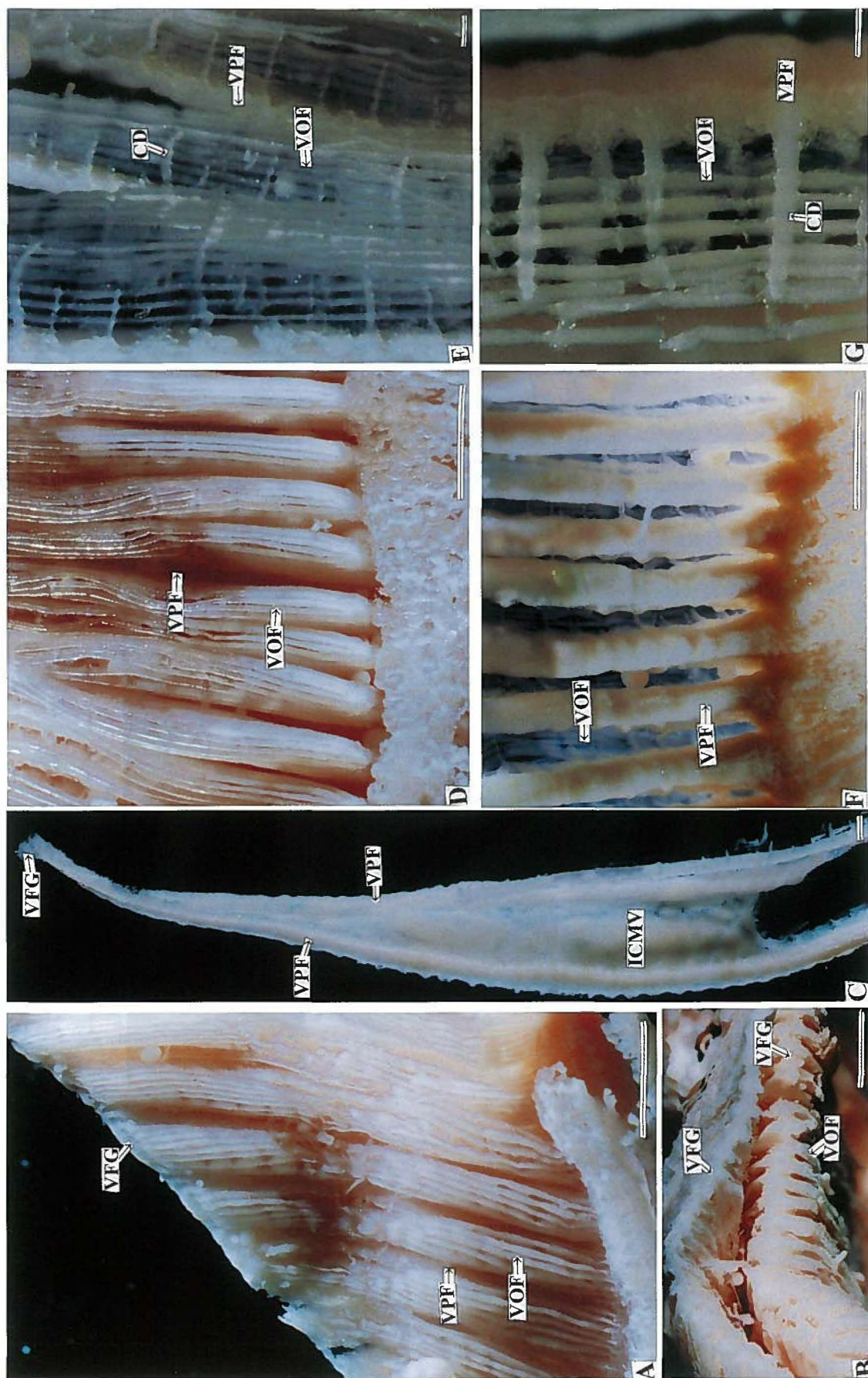


Fig. 10. Corrosion cast of ctenidium in the Black-winged pearl oyster. LVB, longitudinal vessel running along the base of outer lamina; ABV, afferent branchial vessel; EBV, efferent branchial vessel; IGV, inter-laminar connecting vessel; VPF, vessel of primary filament; VOF, vessel of ordinary filament. Bars=1 cm.



**Fig. 11.** Corrosion cast of ctenidium in the Black-winged pearl oyster. VPF, vessel of food groove; VOF, vessel of ordinary filament; ICMV, vessel of inter-laminar connecting membrane; CD, ciliary disc. Bars in A: B; D and F = 1 cm; and bars in C: E and G = 1 mm.

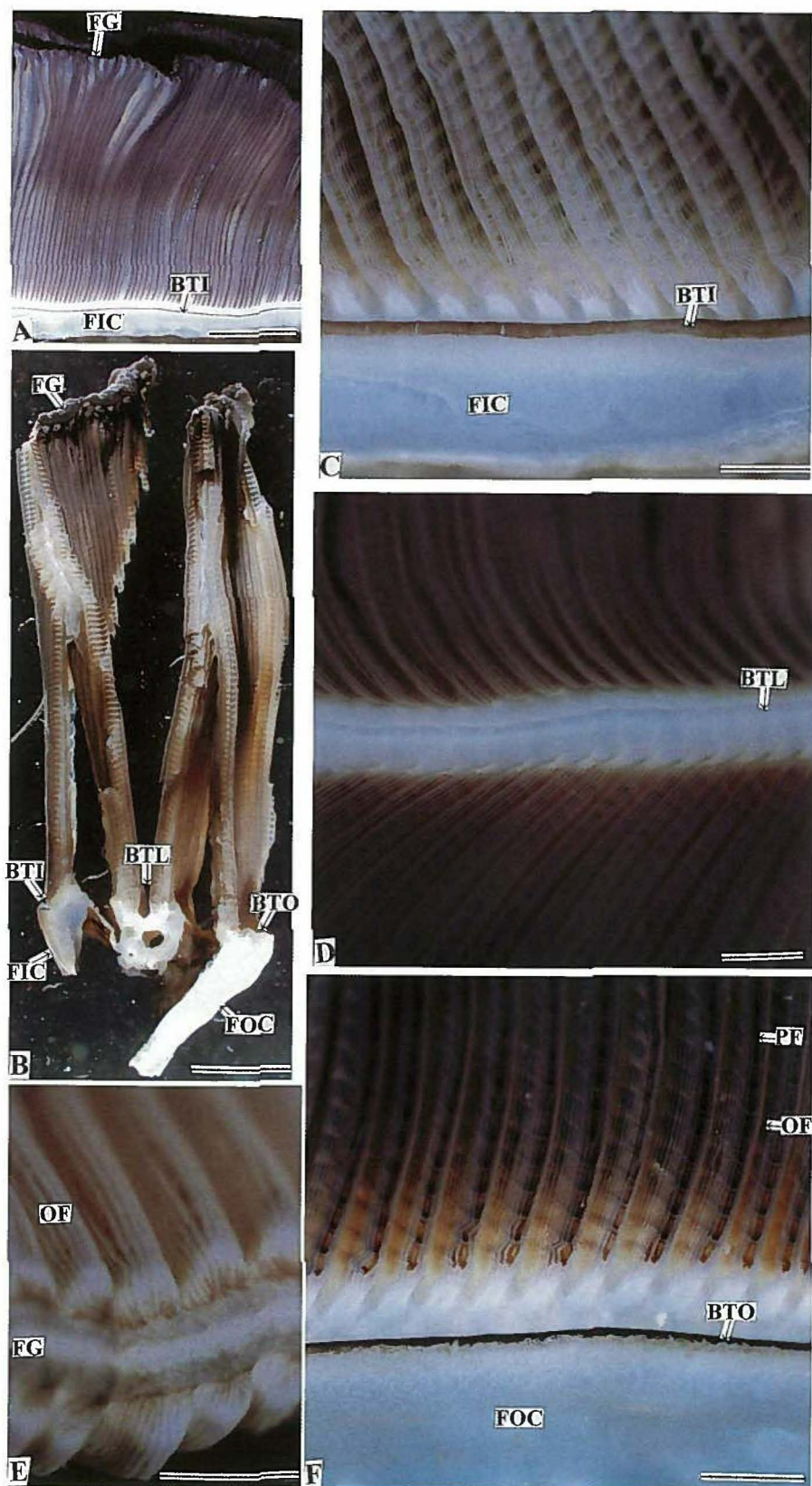
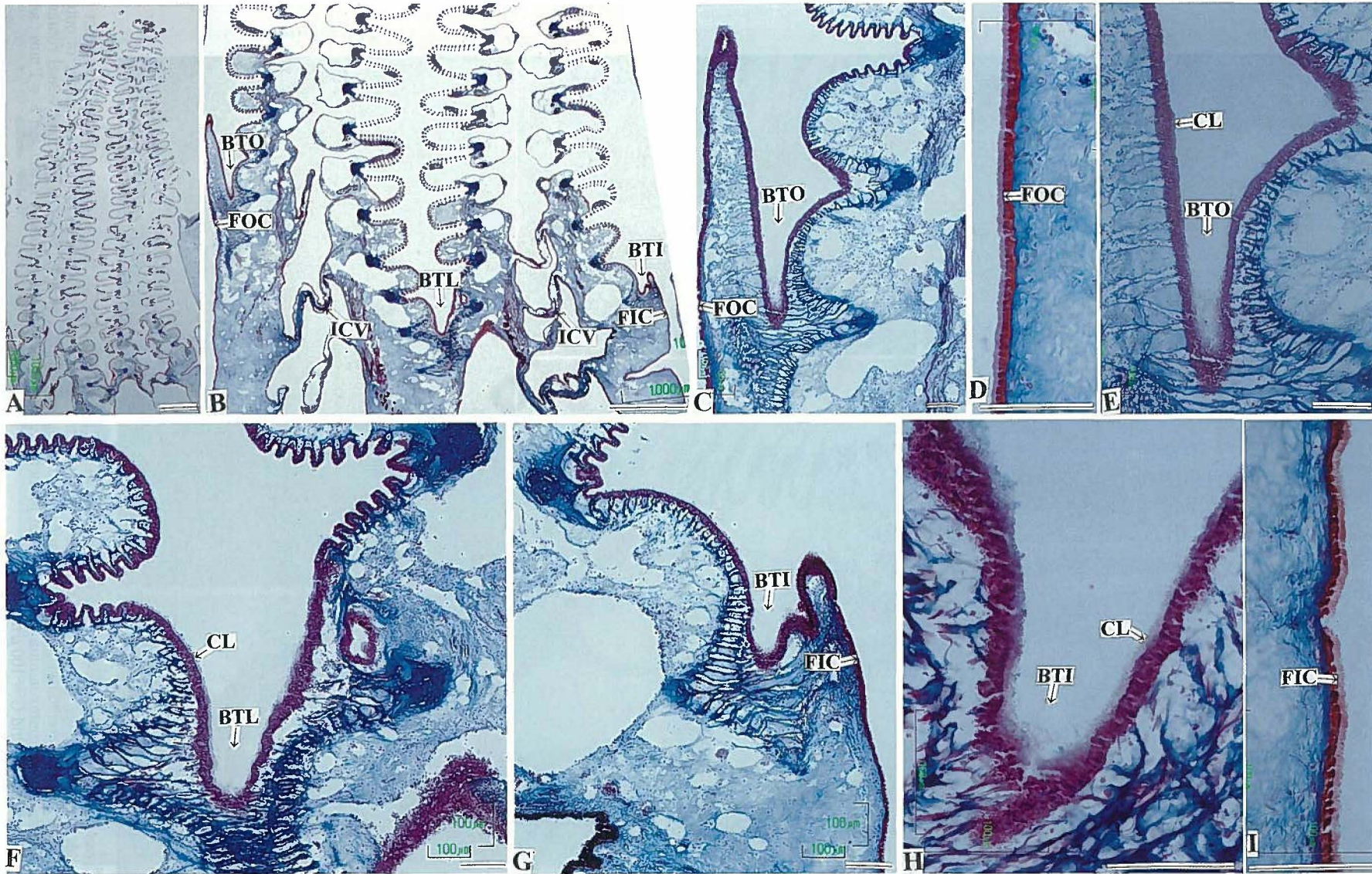


Fig. 12. Food groove and basal ciliated tract of ctenidium in the Black-winged pearl oyster. FG, food groove ; BTO, basal ciliated tract of outer lamina of outer ctenidium ; BTL, basal ciliated tract of laminae of ctenidia ; BTI, basal ciliated tract of outer lamina of inter ctenidium ; FIC, fused border of inner laminae of inner ctenidia ; FOC, fused border of outer laminae of outer ctenidium ; PF, primary filament ; OF, ordinary filament. Bars in A and B = 1 cm ; bars in C-F = 1 mm.



**Fig. 13.** Cross section of basal ciliated tract of ctenidium in the Black-winged pearl oyster. BTO, basal ciliated tract of outer lamina of outer ctenidium ; BTL, basal ciliated tract of laminae of ctenidia ; BTI, basal ciliated tract of outer lamina of inter ctenidium ; FIC, fused border of inner laminae of inner ctenidia ; FOC, fused border of outer laminae of outer ctenidium ; ICV, inter-laminar connecting vessel ; CL, cilium. Azan staining. Bars in A and B = 1 mm ; and bars in C-H = 100  $\mu$  m.

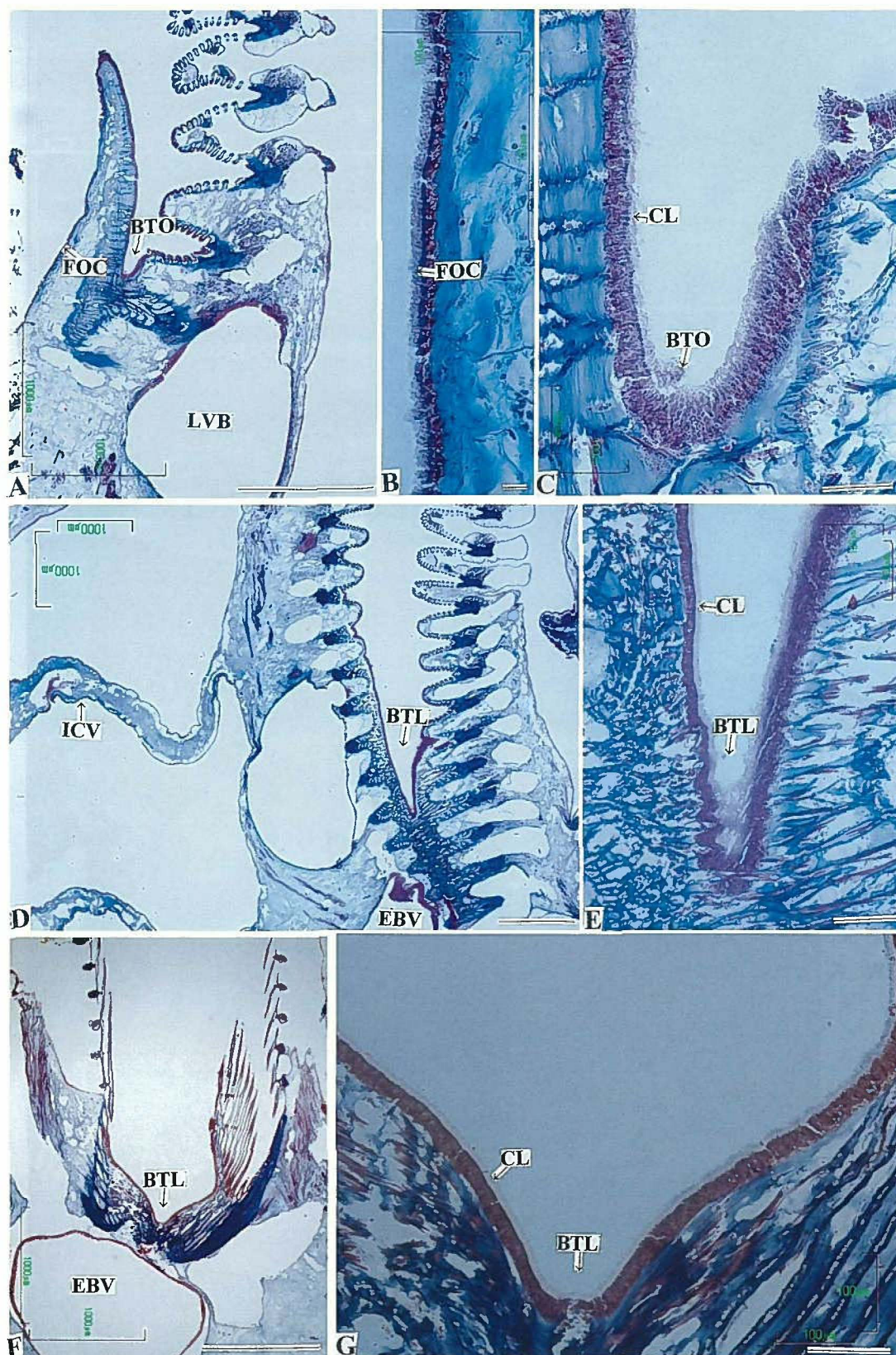


Fig. 14. Cross section of basal ciliated tract of ctenidium in the Black-winged pearl oyster. BTO, basal ciliated tract of outer lamina of outer ctenidium ; BTL, basal ciliated tract of laminae of ctenidia ; FOC, fused border of outer laminae of outer ctenidium ; ICV, inter-laminar connecting vessel ; CL, cilium ; LVB, longitudinal vessel running along the base of outer lamina ; EBV, efferent branchial vessel. Azan staining. Bars in A ; D and F = 1 mm ; and bars in B ; C ; E and G = 100  $\mu$  m.

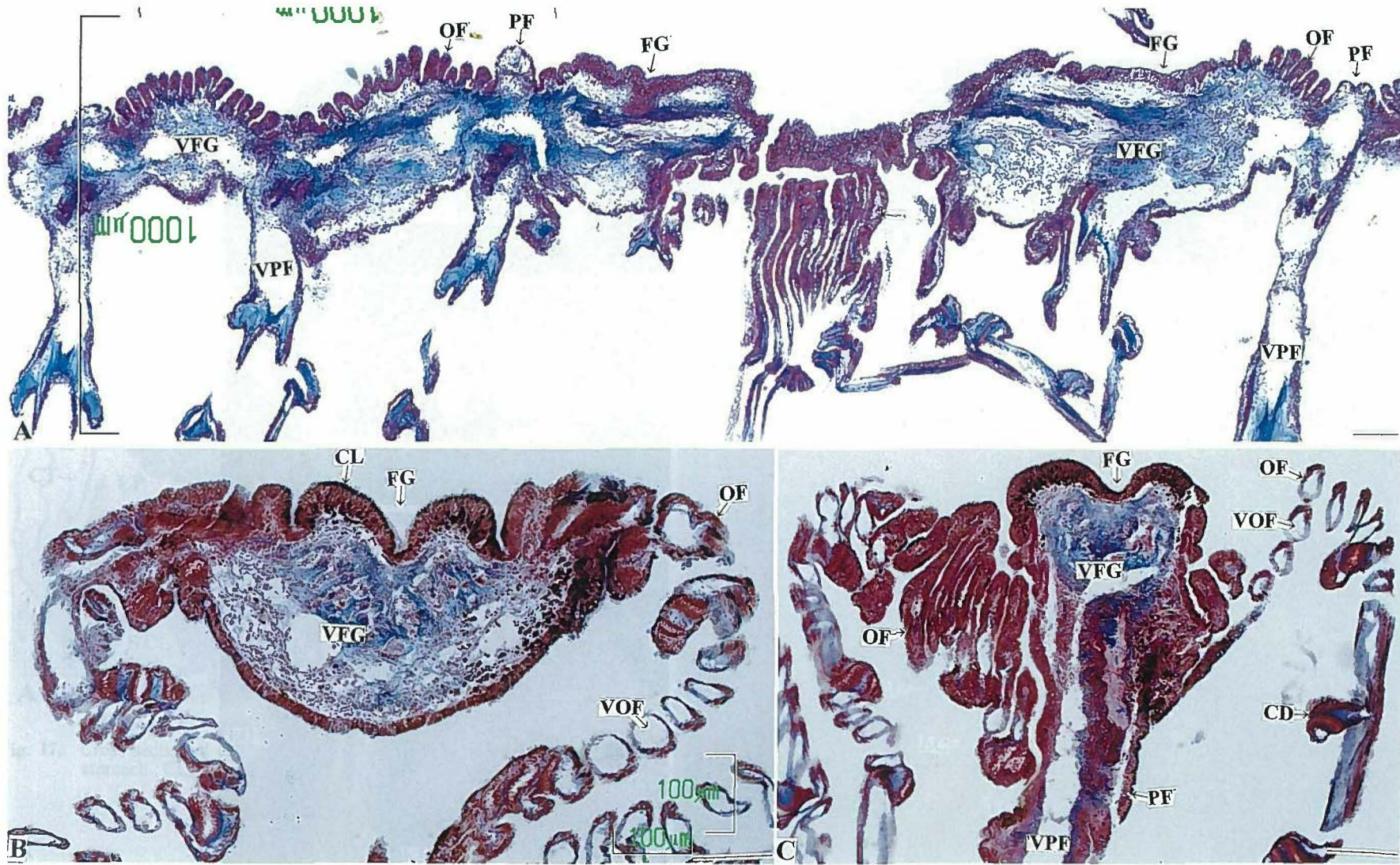


Fig. 15. Horizontal (A) and cross sections (B : C) of food groove in the Black-winged pearl oyster. FG, food groove ; PF, primary filament ; OF, ordinary filament ; VFG, vessel of food groove ; VPF, vessel of primary filament ; VOF, vessel of ordinary filament ; CL, cilium. Azan staining ; CD, ciliary disc. Bars = 100  $\mu$ m.

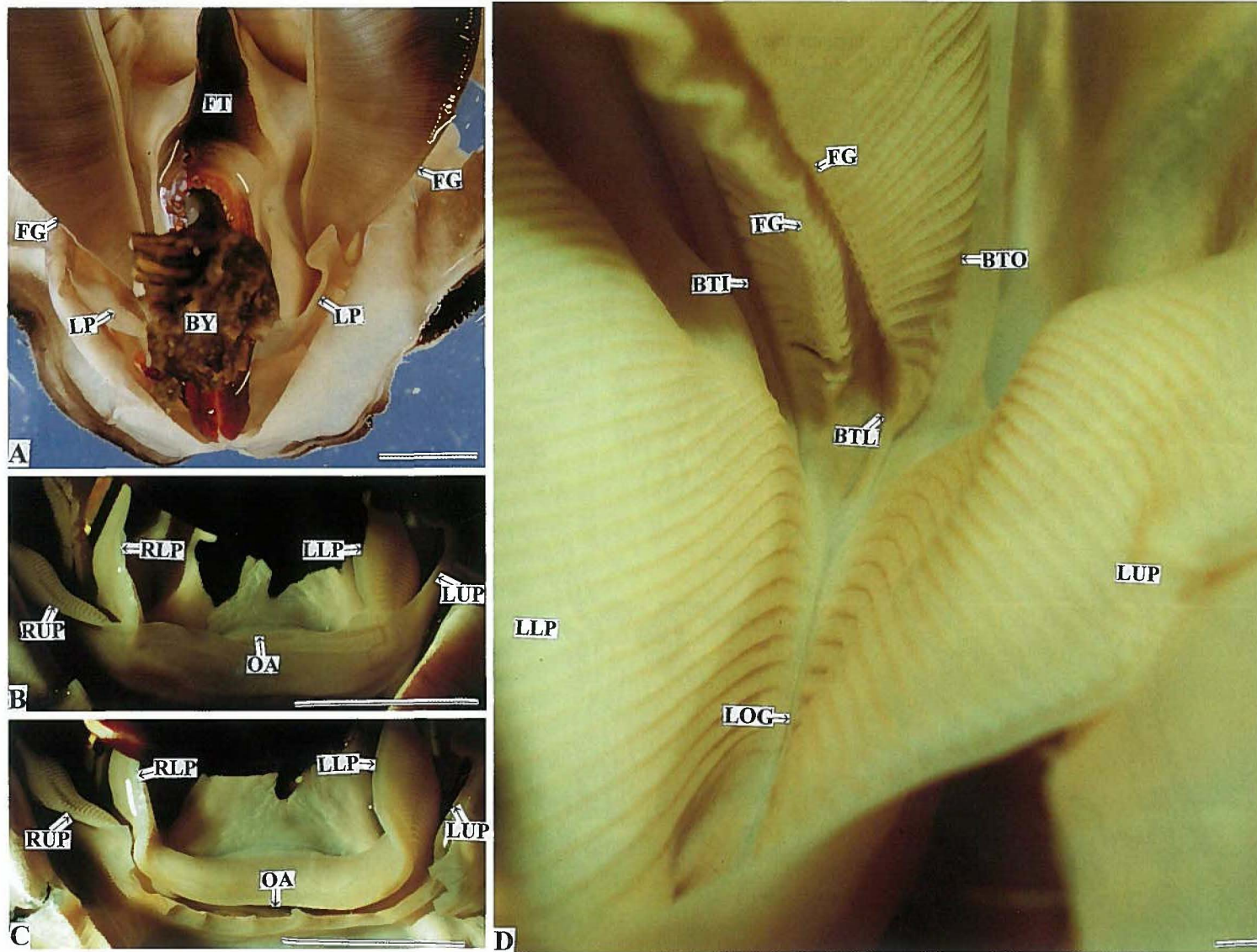


Fig. 16. Labial pulp in the Black-winged pearl oyster. BY, byssus; FT, foot; LP, labial pulp; FG, food groove; LUP, left upper labial pulp; LLP, left lower labial pulp; RUP, right upper labial pulp; RLP, right lower labial pulp; BTO, basal ciliated tract of outer lamina of outer ctenidium; BTL, basal ciliated tract of laminae of ctenidia; BTI, basal ciliated tract of outer lamina of inter ctenidium; LOG, lateral oral groove. Bars in A-C = 1 cm; and bar in D = 1 mm.

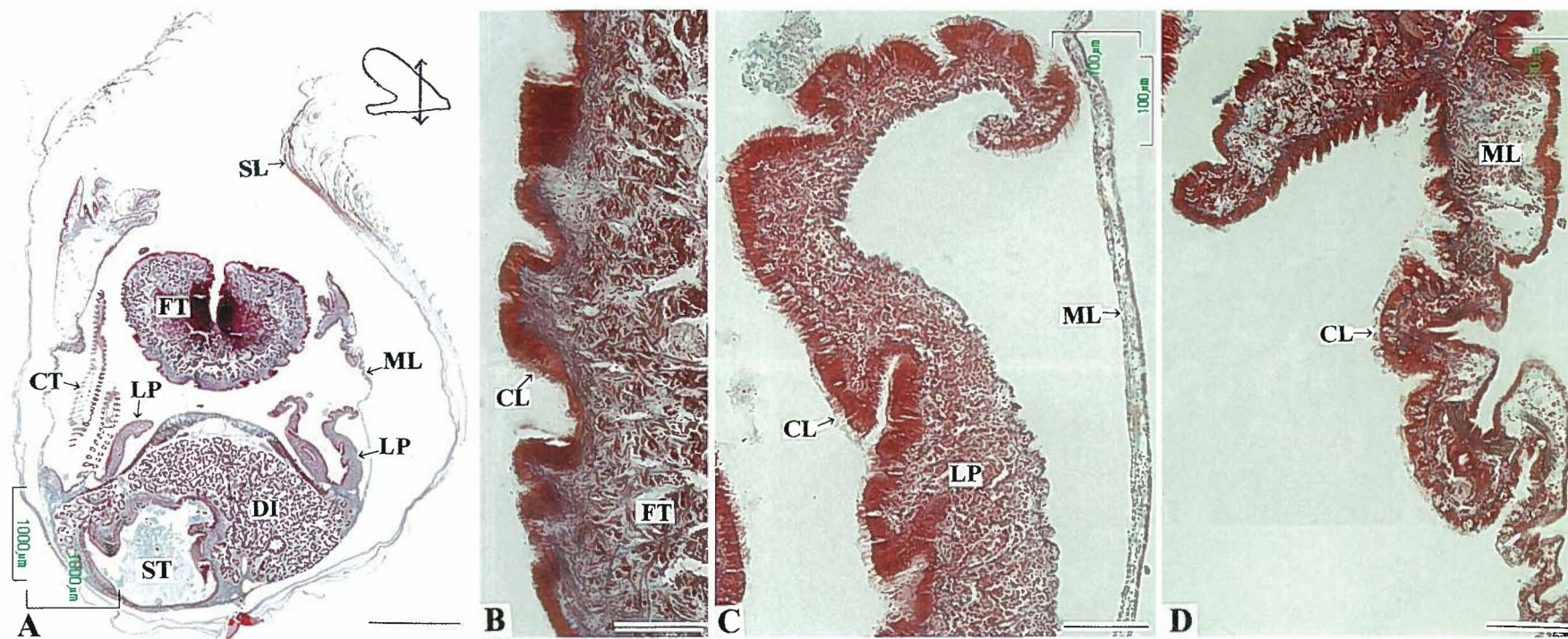


Fig. 17. Cross section of the body in the Black-winged pearl oyster. SL, shell valve ; ML, mantle ; CT, ctenidium ; LP, labial pulp ; FT, foot ; DI, digestive diverticula ; ST, stomach ; CL, cilium. Azan staining. Bar in A= 1 mm and bars in B-D=100  $\mu$  m.

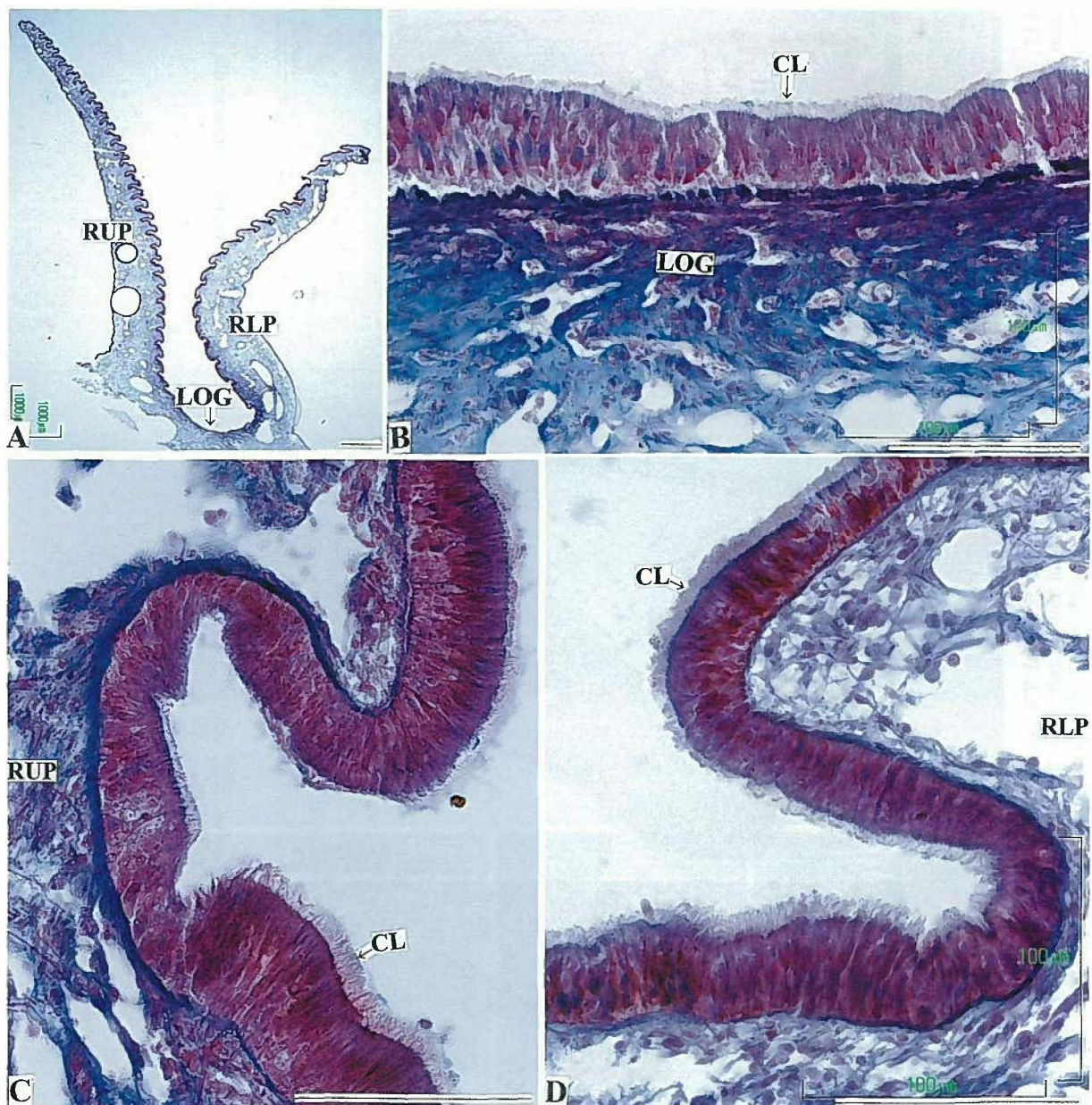


Fig. 18. Cross section of labial pulp in the Black-winged pearl oyster. RUP, right upper labial pulp ; RLP, right lower labial pulp ; LOG, lateral oral groove ; CL, cilium. Azan staining. Bars = 100  $\mu$  m.

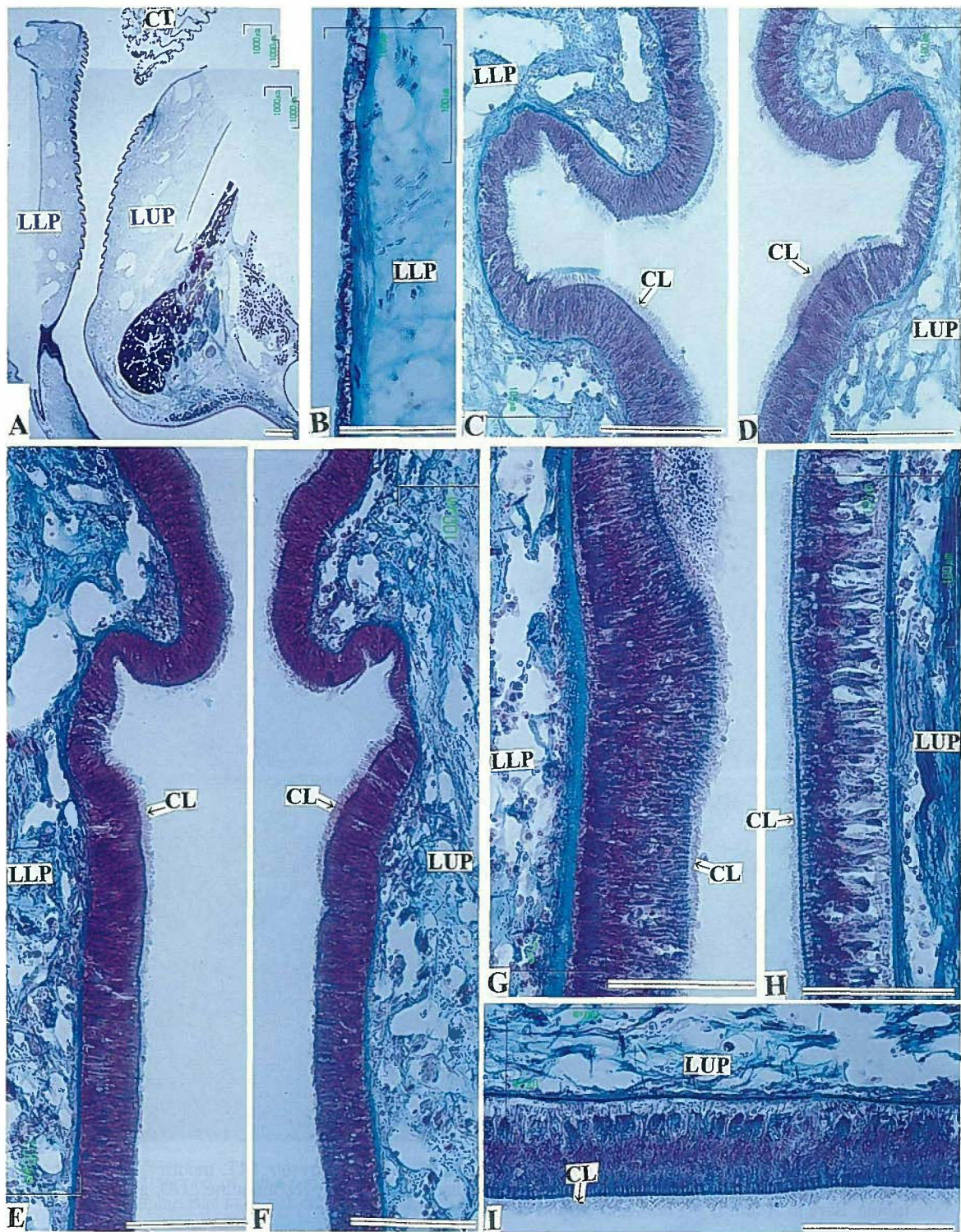


Fig. 19. Vertical section of labial pulp in the Black-winged pearl oyster. LUP, left upper labial pulp ; LLP, left lower labial pulp ; CT, ctenidium ; CL, cilium. Azan staining. Bars = 100  $\mu$ m.

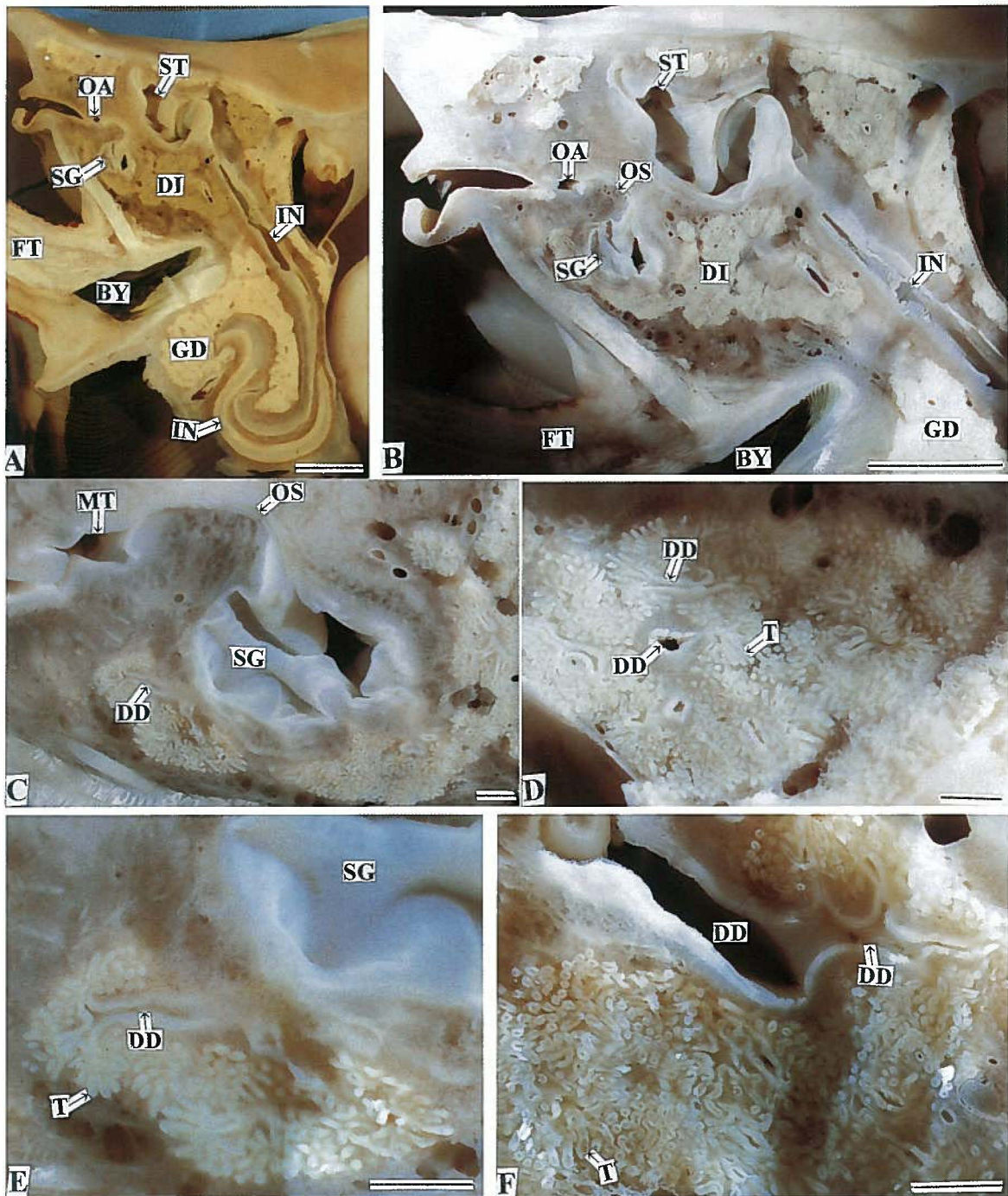


Fig. 20. Horizontal section of soft part of the body in the Black-winged pearl oyster. MT, mouth ; OS, oesophagus ; SG, soaring gland ; ST, stomach ; DI, digestive diverticula ; BY, byssus ; IN, intestine ; GD, gonad ; DD, duct ; T, tubule. Bars in A and B = 1 cm ; and bars in C-F = 1 mm.

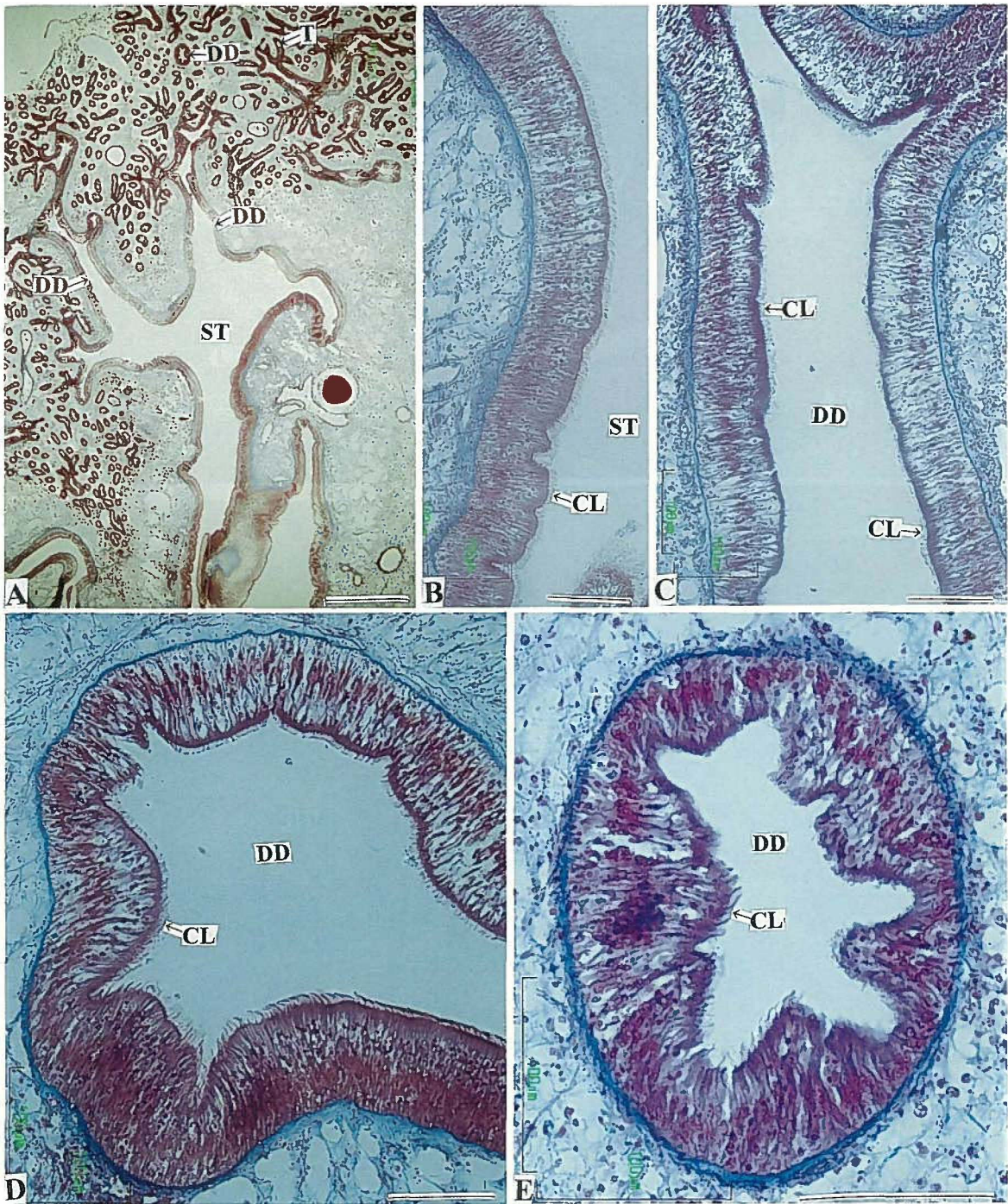


Fig. 21. Horizontal section of gonad in the Black-winged pearl oyster. ST, stomach ; DD, duct ; T, tubule ; CL, cilium. Azan staining. Bar in A = 1 cm ; bars in B and C = 1 mm ; and bars in D and E = 100  $\mu$  m.

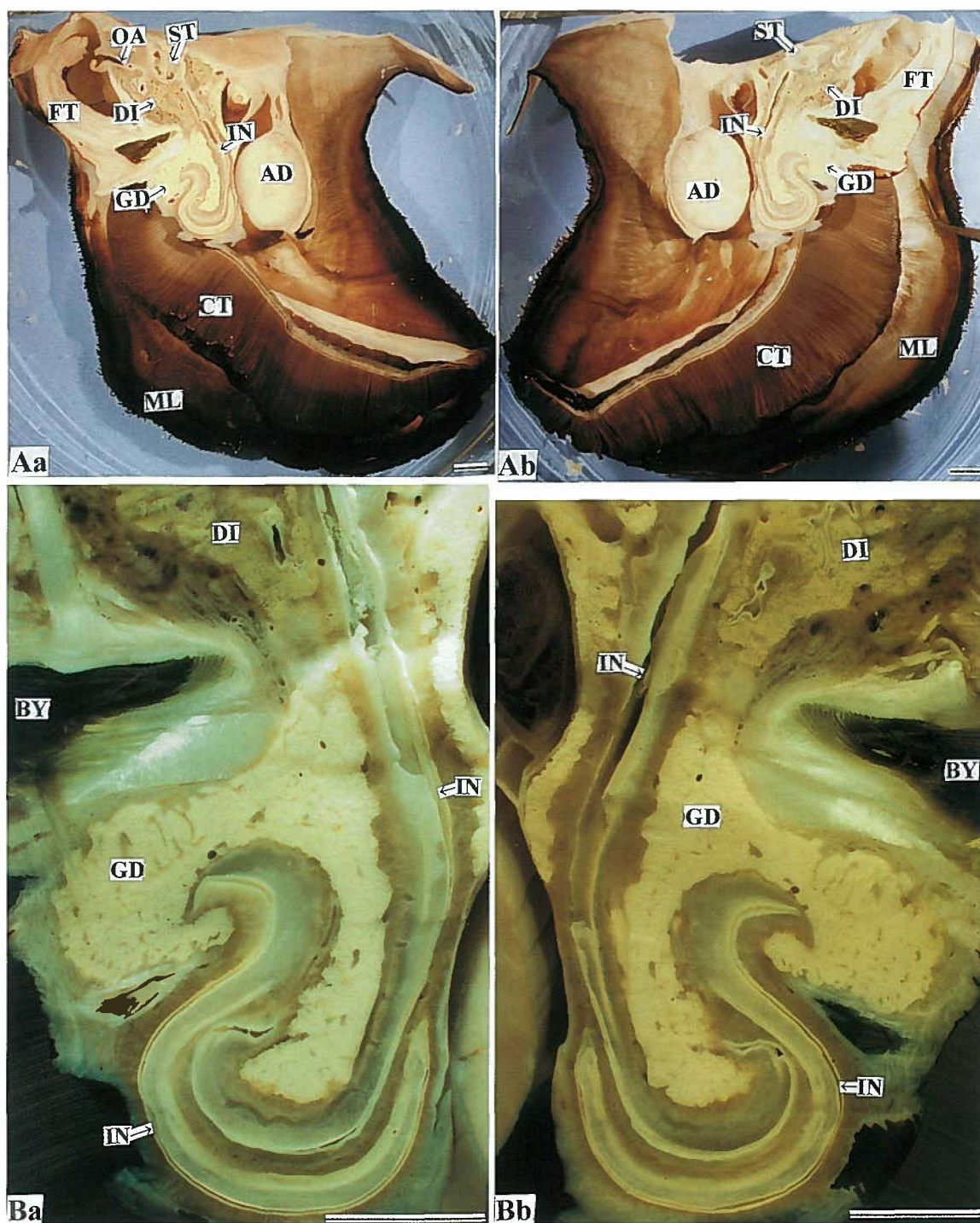


Fig. 22. Horizontal section of soft part of the body in the Black-winged pearl oyster. ML, mantle ; AD, adductor muscle ; CT, ctenidium ; DI, digestive diverticula ; BY, byssus ; FT, foot ; IN, intestine ; GD, gonad. Bars in A = 1 cm ; and bars in B = 1 mm.

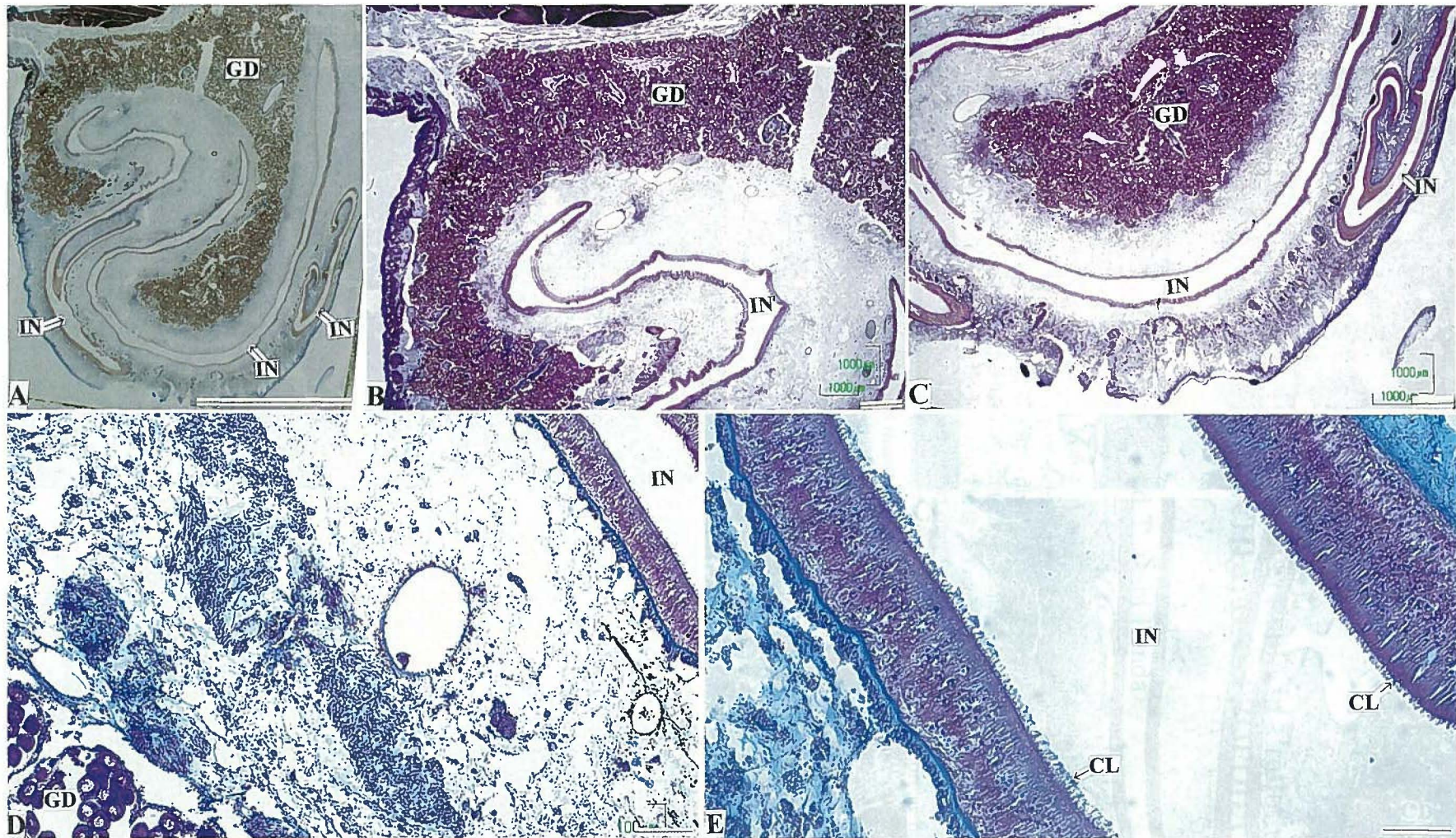


Fig. 23. Horizontal section of gonad in the Black-winged pearl oyster. GD, gonad ; IN, intestine ; CL, cilium. Azan staining. Bar in A = 1 cm ; bars in B and C = 1 mm ; and bars in D and E = 100 μm.

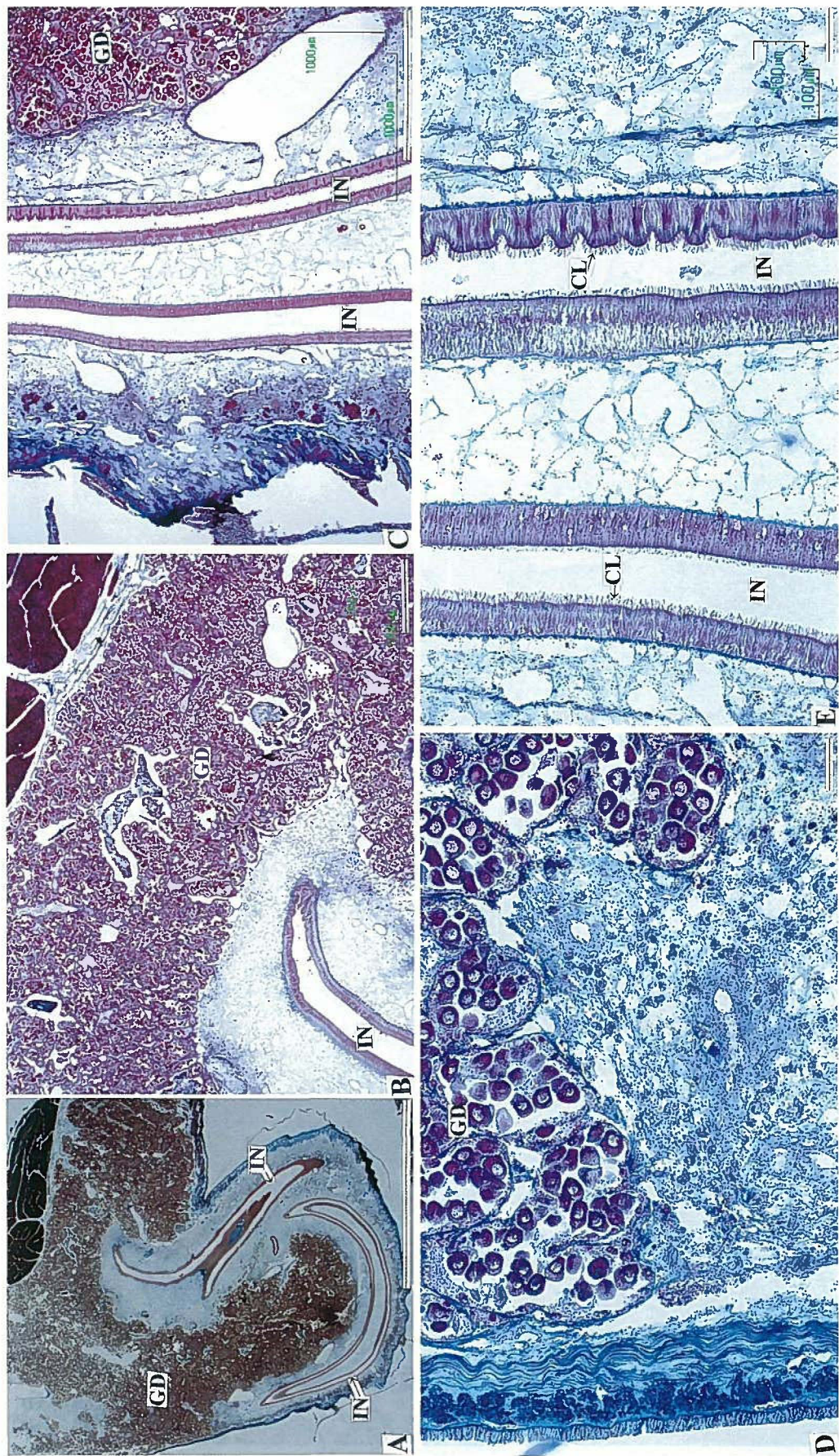


Fig. 24. Horizontal section of gonad in the Black-winged pearl oyster. GD, gonad; IN, intestine; CL, cilium. Azan staining. Bar in A = 1 cm; bars in B and C = 1 mm; and bars in D and E = 100  $\mu$ m.