

## クロチョウガイの鰓と唇弁の構造

山元憲一<sup>1†</sup>・半田岳志<sup>1</sup>

### Structure of ctenidium and labial pulp of the Black-lip pearl oyster, *Pinctada margaritifera* (Pteriidae : Pterioida=Pseudolamellibranchia : Bivalvia)

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

**Abstract** : The structure of the ctenidium and the labial pulp of the Black-lip pearl oyster, *Pinctada margaritifera*, was examined with corrosion casts and histological sections. The casts were made using the prepolymerization methyl methacrylate (MercoxCL-2R) containing 10% Mercox MA. Surfaces of the basal ciliated tracts of laminae at ctenidia and surface of the food groove were covered with the cilia. The food groove was formed by the ordinary filaments with the extended and deformed tip, and the primary filaments connecting close to the center of the supra-branchial chamber side. The inner and outer lamina connected with the inter-laminar connecting membrane at the junction region of the primary filaments, and exhibited the structure of "Heterorhabdic filibranch". However, the membrane did not spread out to the inter-laminar connecting vessel. The frontal surfaces of ordinary and primary filaments were covered with the frontal cilia, and the lateral sides of the filaments with the lateral cilia. The mucous cell was interspersed in the frontal surfaces of filaments.

**Key words** : Black-lip pearl oyster; Pseudolamellibranchia; corrosion cast; ctenidium; histology; labial pulp

### 緒 言

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、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。山元らは、アコヤガイの鰓換水に及ぼすオゾン処理海水の影響<sup>3)</sup>、アコヤガイの鰓換水に及ぼすホルマリンの影響<sup>4)</sup>、アコヤガイの鰓での粒子運搬<sup>5)</sup>を明らかにする目的で、鰓葉の構造について明らかにしている。山元ら<sup>6)</sup>は、血管系も含めた詳細なアコヤガイの鰓の全体構造についても示している。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>7)</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。

しかし、アコヤガイやシロチョウガイと同様に真珠養殖の代表的な種であるクロチョウガイ *Pinctada margaritifera*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、呼吸・循環および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、鋳型標本および切片標本作製して、クロチョウガイの鰓および唇弁の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 (M  $\pm$  SD)、殻高  $115.0 \pm 15.5$  mm、殻幅  $35.6 \pm 4.1$  mm、体重  $203.8 \pm 83.7$

2010年6月23日受付。Received June 23, 2010.

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

<sup>†</sup>別刷り請求先 (corresponding author) : yamagenk@fish-u.ac.jp

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

gのもの15個体のクロチョウガイを用いた。クロチョウガイは、愛媛県水産試験場より入手し、水槽(60 l)に移し、0.5 μm以上の粒子を除去した海水を2 l/min注入した状態で1週間以上畜養した後、約0.4 M/lの塩化マグネシウム水溶液に1~3時間浸漬し<sup>8)</sup>、軟体部を伸展させて実験に供した。

**鑄型** 鑄型は、Handa and Yamamoto<sup>9)</sup>に準じて、主剤(MERCOX CL-2R, 応研商事株式会社)3 ml当り硬化剤(MERCOX MA, 応研商事株式会社)約0.1 g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、濾過海水を満したポリエチレン細管(外径約1 mm, 長さ20 cm, Hibiki No. 3)を入鰓血管に約10 mm挿入し、注射器(5 ml, Top)で樹脂を約1.5 ml/minの速さで総量約10 ml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** 観察は、Davidson液<sup>10)</sup>で固定して実体顕微鏡(M420, LEICA)で行い、次いで常法に従ってパラフィン切片(10 μm)を作成し、アザン染色して生物顕微鏡(ECLIPSE E800, Nikon)で行った。

## 結果および考察

**鰓と唇弁** 鰓(CT)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)のところまでに半月形を呈して広がっていた(Fig. 1)。この様子足を中心として見ると、皺襞(PD)のところから延びている左鰓葉(LOC, LIC)と右鰓葉(ROC, RIC)は足のところで左右に分かれ、その先端は左右の唇弁(LP)へと連なり、左右の唇弁は中央の口(OA)へと連なっている(Figs. 1, 2)。

鰓葉と唇弁の関係を見ると、平行して並んでいる内鰓葉(RIC, LIC)と外鰓葉(ROC, LOC)の先端は上唇弁(RUP, LUP)と下唇弁(RLP, LLP)の間に終わり(Fig. 1)、鰓葉の基底部分(BTO, BTL, BTI)および食物溝(FG)で運ばれてきた粒子は唇弁内に渡され(Figs. 2, 3)、口(OA)へと運ばれる<sup>5, 11-14)</sup>構造となっている(Fig. 2)。組織像から、唇弁内は全体が繊毛で覆われているところが観察された(Figs. 4-7)。Ward *et al.*<sup>13)</sup>は、マガキでの観察から、粒子が唇弁内に過剰に運ばれてきた場合には、捕食できない粒子は唇弁で大きな塊にされ、擬糞として殻腔の外に放出さ

れると報告している。

**鰓葉** 鰓葉の基部を見ると、外套膜(ML)に接している左右の外鰓葉(LOC, ROC)の基部にはそれぞれに外鰓葉基底溝(BTO)が、左右の内鰓葉(LIC, RIC)の会合部(FIC)にはそれぞれの基部に内鰓葉基底溝(BTI)が、左右の外鰓葉(LOC, ROC)と内鰓葉(LIC, RIC)のそれぞれの会合部には鰓葉基底溝(BTL)が観察された(Figs. 2, 3)。それぞれの溝は繊毛で覆われているところが組織像から確認された(Fig. 8)。これら合計6本の溝は、鰓葉で濾過して捕捉し、主鰓糸の前繊毛で運んできた粒子を集めて繊毛運動で唇弁へ運ぶ通路となっており、食物溝は常鰓糸の前繊毛で運んできた粒子を集めて唇弁へ運ぶ通路であることが知られている<sup>5, 11, 14)</sup>。

外套膜と鰓葉の境(FOC)および右鰓葉と左鰓葉の境(FIC)は、いずれも繊維状の構造で接着された構造となっていた(Fig. 8)。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。

**食物溝** 鰓葉の外縁部に位置する食物溝(FG)は、連続したほぼ同じ幅の溝状となっていた(Figs. 2D, 3F)。組織像では、鰓葉の外葉と内葉のそれぞれの常鰓糸(OF)が丸く屈曲して外側から食物溝(FG)に連絡し、これに伴って常鰓糸の血管(VOF)も丸く屈曲して外側から食物溝の血管(VFG)に連絡し、主鰓糸(PF)が食物溝(FG)の裏側の中央付近に連絡し、これに伴って主鰓糸の血管(VPF)も食物溝の血管(VFG)と連絡した構造となっていた(Fig. 9)。食物溝内は、血管(VFG)が縦走していた(Fig. 9)。鑄型標本でも、鰓葉の外観(Figs. 2, 3)とほぼ同じ形を示しており、食物溝内には血管(VFG)が縦走し、この食物溝の血管(VFG)に常鰓糸の血管(VOF)が丸く屈曲して外側から連絡していた(Fig. 14)。組織像では、主鰓糸の血管(VPF)は食物溝の血管(VFG)に食物溝の裏側の中央付近に連絡していた(Fig. 9)。食物溝は、鰓葉で捕捉し、常鰓糸の前繊毛で運ばれてきた粒子を繊毛運動で唇弁へ運ぶ役割を果たしている<sup>5, 11-14)</sup>。山元ら<sup>6)</sup>は、アコヤガイを用いた観察から、食物溝では常鰓糸の前繊毛で運んできた粒子をほぼ90度向きを変えて唇弁へ運んでいるが、両者の運ぶ速度はほぼ同じ値を示すことを報告している。これらのことから、食物溝の繊毛は、常鰓糸の前繊毛の配列と90度向きを変えた構造になっていると推測される。

**鰓葉間連結膜** 内鰓の内葉と外葉あるいは外鰓の内葉と外葉で対になっている主鰓糸の間は、鰓葉間連結膜 (ICM) で連絡されていた (Fig. 10)。この鰓葉間連結膜 (ICM) は二枚の板状の膜構造で、膜の間は主鰓糸の血管 (VPF) と連絡した血管となっており (Fig. 10)、所々がサザエ<sup>15)</sup> やアワビ<sup>16)</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. 11)。Dufour and Beninger<sup>17)</sup> は、二枚貝類の鰓の基本構造を鰓糸と鰓葉間連結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、クロチョウガイの鰓構造は、アコヤガイ<sup>6)</sup> と同様に、Heterorhabdic filibranch に相当している。一方、アコヤガイ<sup>6)</sup> 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。しかし、クロチョウガイでは、鰓葉間連結膜 (ICM) は鰓葉の先端 (食物溝) 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) までは展開していなかった (Fig. 11)。

**血管系** 鰓葉の基部をみると、入鰓静脈 (ABV) と出鰓静脈 (EBV) が平行して走行し、入鰓静脈 (ABV) からほぼ等間隔に鰓葉間連絡血管 (ICV) が出ている構造となっていた (Figs. 8, 12)。鋳型標本を見ると、入鰓静脈 (ABV) は唇弁側の鰓葉の長さの約 1/3 のところから皺襞側へ内葉の基部に平行して走行し、同血管からほぼ等間隔に鰓葉間連絡血管 (ICV) が外葉へ向けて両方へ出て、それぞれが外葉の基部を走行している縦走血管 (LBV) に連絡している様子が確認された (Fig. 13)。出鰓静脈 (EBV) は、入鰓静脈 (ABV) よりも内鰓葉の基部よりのところを入鰓静脈 (ABV) に平行して走行している様子が確認された (Fig. 13)。

主鰓糸の血管 (VPF) と常鰓糸の血管 (VOF) は、鋳型および組織像からみると、始めは1本の管として縦走血管 (LVB) または出鰓静脈 (EBV) から出た後、主鰓糸の血管 (VPF) と常鰓糸の血管 (VOF) の2つに分かれ、さ

らに常鰓糸の血管 (VOF) は数十の常鰓糸の血管へと分かれていることが確認された (Figs. 14, 16)。鰓葉間連結膜の血管 (ICMV) と主鰓糸の血管 (VPF) は、組織像から、鰓葉間連結膜 (ICM) と主鰓糸 (PF) の間の全面で連絡した構造を示していることが確認された (Fig. 11)。

鰓葉での血流を推測すると次のようになる。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) を経て外鰓と内鰓の外葉縦走血管 (LVB) に送られ、同血管 (LVB) から外葉の常鰓糸の血管 (VOF) および外葉の主鰓糸の血管 (VPF) へ流入する (Figs. 12, 13, 14)。外葉の常鰓糸の血管 (VOF) を流れる血液は、食物溝の血管 (VFG) へ流入し、内葉の常鰓糸の血管 (VOF) を経て出鰓静脈 (EBV) へ集められる。外葉の主鰓糸の血管 (VPF) を流れる血液は、食物溝の血管 (VFG) を経由して内葉の主鰓糸の血管 (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糸の血管 (VPF) へ流入する場合の2経路で出鰓静脈 (EBV) へ集められる。

**鰓糸連結盤** 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. 10, 15)。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る様子が確認された (Figs. 3, 10)。このことから、鰓葉の成長は、クロチョウガイの成長に伴って鰓葉の基部全体で同時に並行して行われていると考えられる。鰓糸連結盤 (CD) は、組織像から常鰓糸 (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ることが確認された (Fig. 15)。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 (Fig. 15)。Murakami<sup>18)</sup> は、ムラサキ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ことを報告している。Sunila and Lindstrom<sup>19)</sup> は、ムラサキガイを用いた実験で、鰓糸連結盤は銅やカドミニウム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。このような剥離の現象は、お互いの鰓糸連結盤が繊維状の構造で固着されていることに起因していることが明らかである。

**鰓糸** 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 (Fig. 16)。主鰓糸 (PF) および常鰓糸 (OF) は、入

水側の前面に前繊毛 (FCL) を、側面に側繊毛 (LCL) を備え、それぞれの鰓糸の入水側には粘液細胞 (MC) が散在していた (Fig. 16)。二枚貝では、主鰓糸と常鰓糸の側繊毛で鰓糸間を通過する水流を起こして水中の懸濁粒子を触毛で捕捉し、粘液に絡めて、主鰓糸の前繊毛で鰓葉基底溝へ、常鰓糸の前繊毛で食物溝へ運び、唇弁を経て捕食していることが知られている<sup>14)</sup>。

## 要 約

クロチョウガイの鰓と唇弁の構造を鋳型および切片標本を作成して明らかにした。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表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絡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、側面に側繊毛を備え、入水側には粘液細胞が散在している様子が確認された。

## 謝 辞

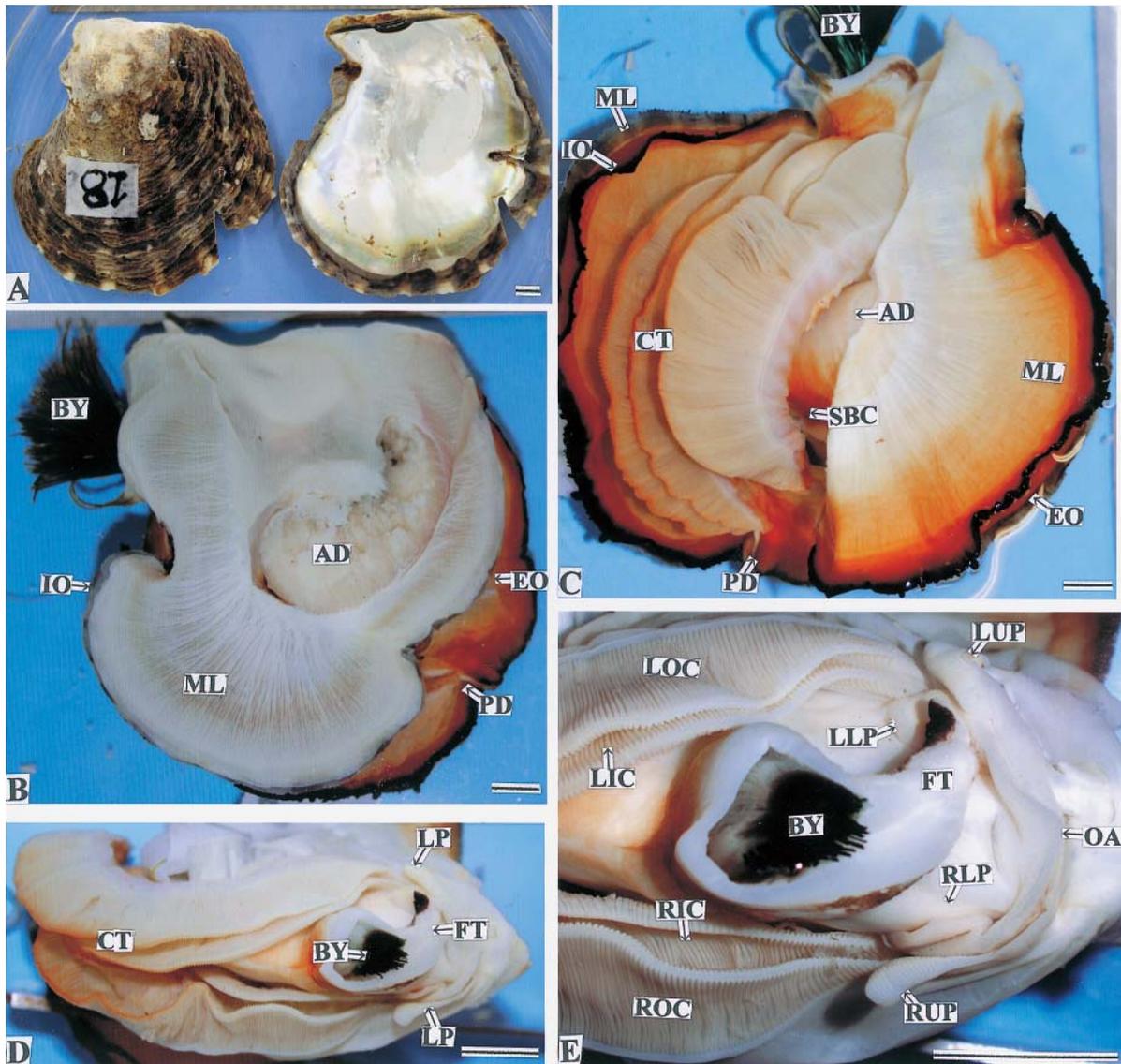
本研究は、文部科学省「持続可能な”えひめ発”日本型養殖モデル創出」, 研究開発事業, 温暖化対応型真珠養殖技術の研究開発 (海洋環境の変化を地域の強みとして活かした市場価値の高い南洋真珠貝 [クロチョウガイ, マベガイ] の養殖技術の確立) によって実施したものである。

## 文 献

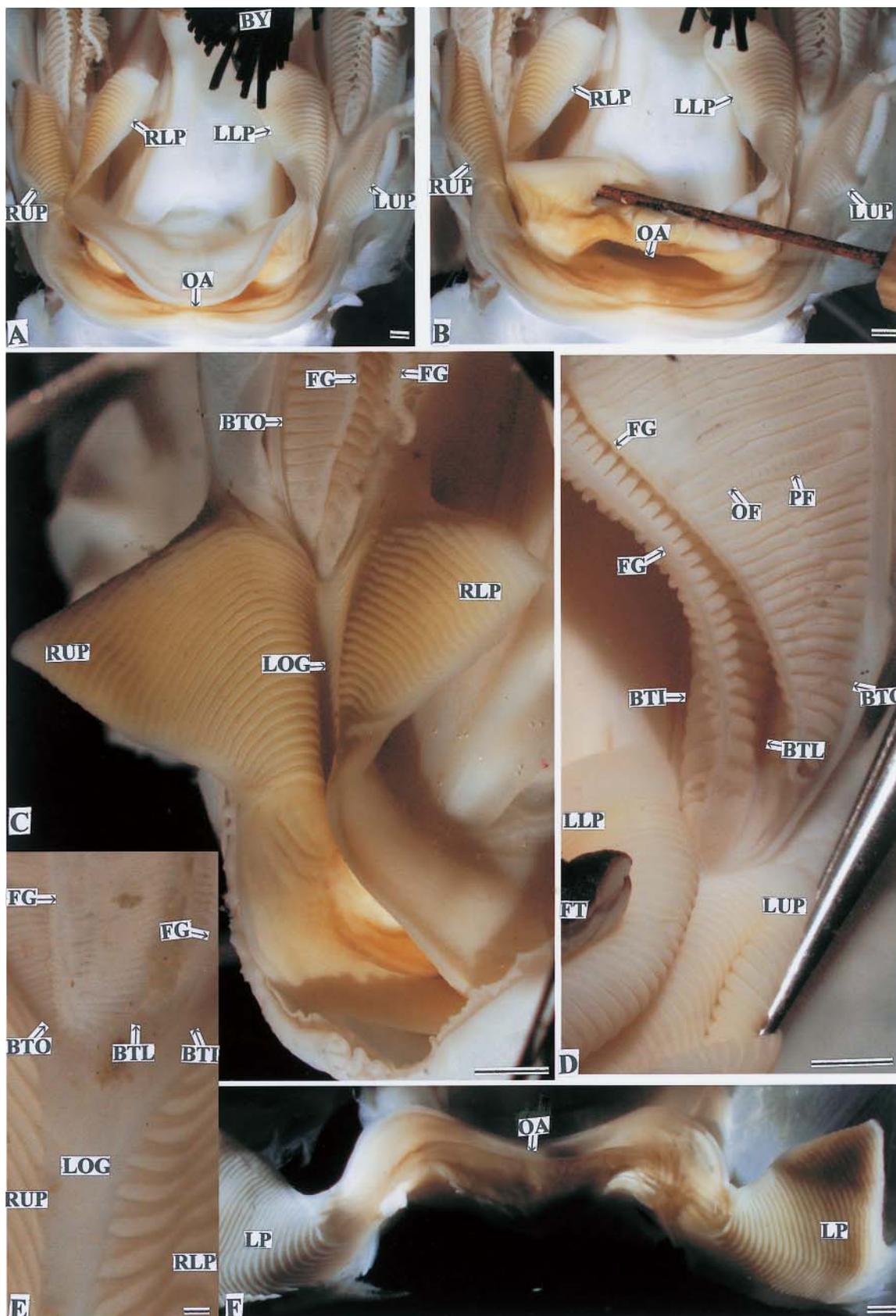
- 1) 波部忠重, 浜谷巖, 奥谷喬司: 呼吸と循環. 軟体動物学概説上巻 (波部忠重, 奥谷喬司, 西脇三郎共編). サイエンス社, 東京, 3-134 (1999)
- 2) 椎野季雄: あこやがい (真珠貝) 解剖図. 三重県試験場 (1952)
- 3) 山元憲一, 近藤昌和, 半田岳志, 中村真敏: アコヤガイの鰓換水に及ぼすオゾン処理海水の影響. 水産増殖, 48, 509-516 (2000)
- 4) 山元憲一, 近藤昌和, 半田岳志, 林安章: アコヤガイ

- の鰓換水に及ぼすホルマリンの影響. 水産増殖, 48, 461-467 (2001)
- 5) 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)
- 6) 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)
- 7) 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)
- 8) Namba K, Kobayashi M, 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)
- 9) 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)
- 10) Bell T A, Lightner D V: A handbook of normal Penaeid shrimp history. World aquaculture society, USA, 2 (1998)
- 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) Ward J E, MacDonald B A, Thompson R J: Mechanisms of suspension feeding in bivalves: Resolution of current controversies by means of endoscopy. *Limnol Oceanogr*, 38, 265-272 (1993)
- 13) 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)
- 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, 近藤昌和: サザエの鰓構造. 水大校研報, 56, 273-285 (2008)
- 16) 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)
- 17) Dufour S C, Beninger P G: Functional interpretation of cilia and mucocyte distributions on the abfrontal

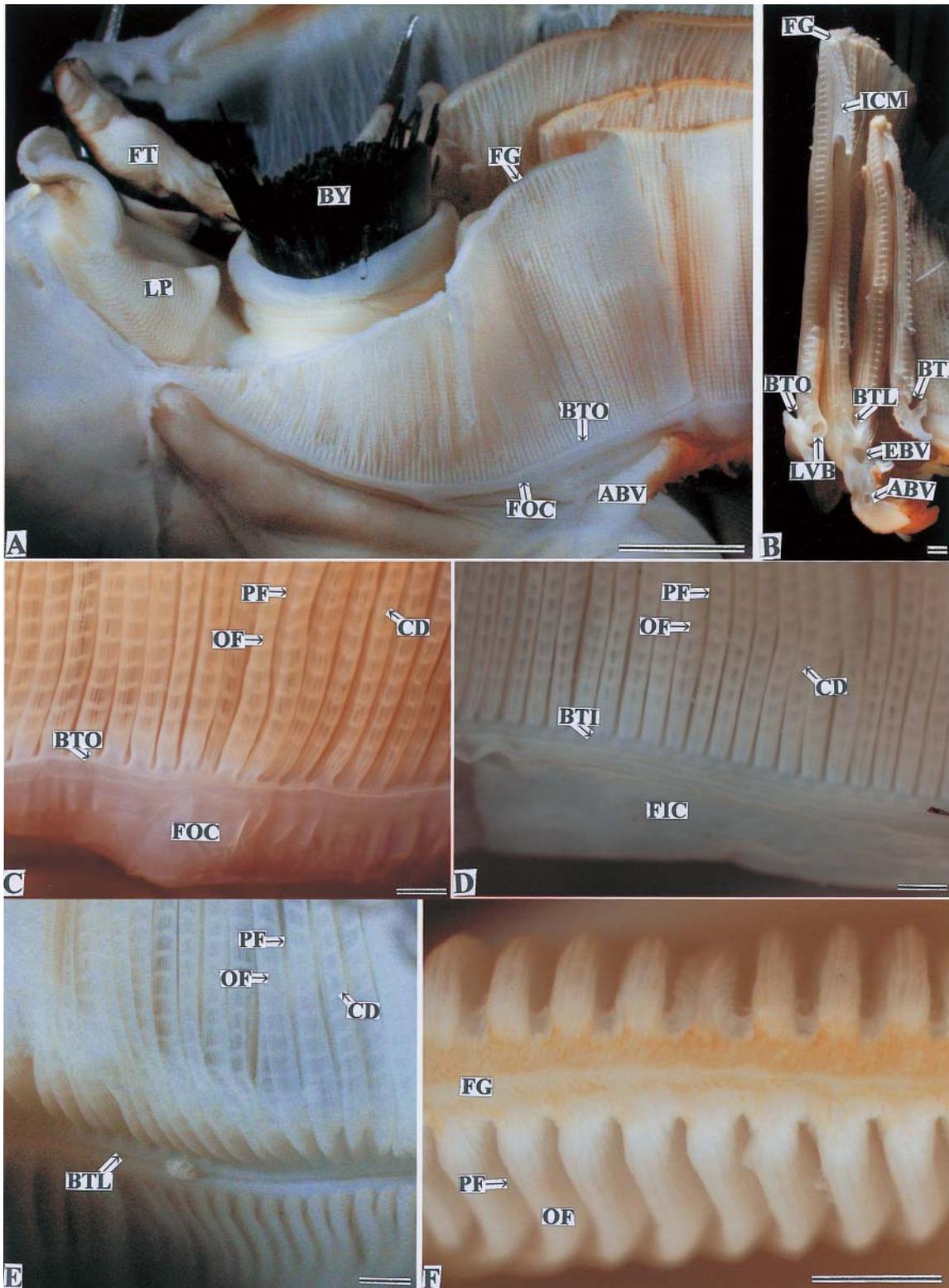
- surface of bivalve gills. *Mar Biol*, 138, 295-309 (2001)
- 18) Murakami A : On the mechanism of ciliary junctions in gill of *Mytilus*. *J Fac Sci, Tokyo Univ. Section 4 (Zoology)*, 9, 319-332 (1962)
- 19) Sunila I, Lindstrom R : The structure of the interfilamentar junction of the mussel (*Mytilus edulis* L.) gill and its uncoupling by copper and cadmium exposures. *Comp Biochem Physiol*, 81C, 267-272 (1985)



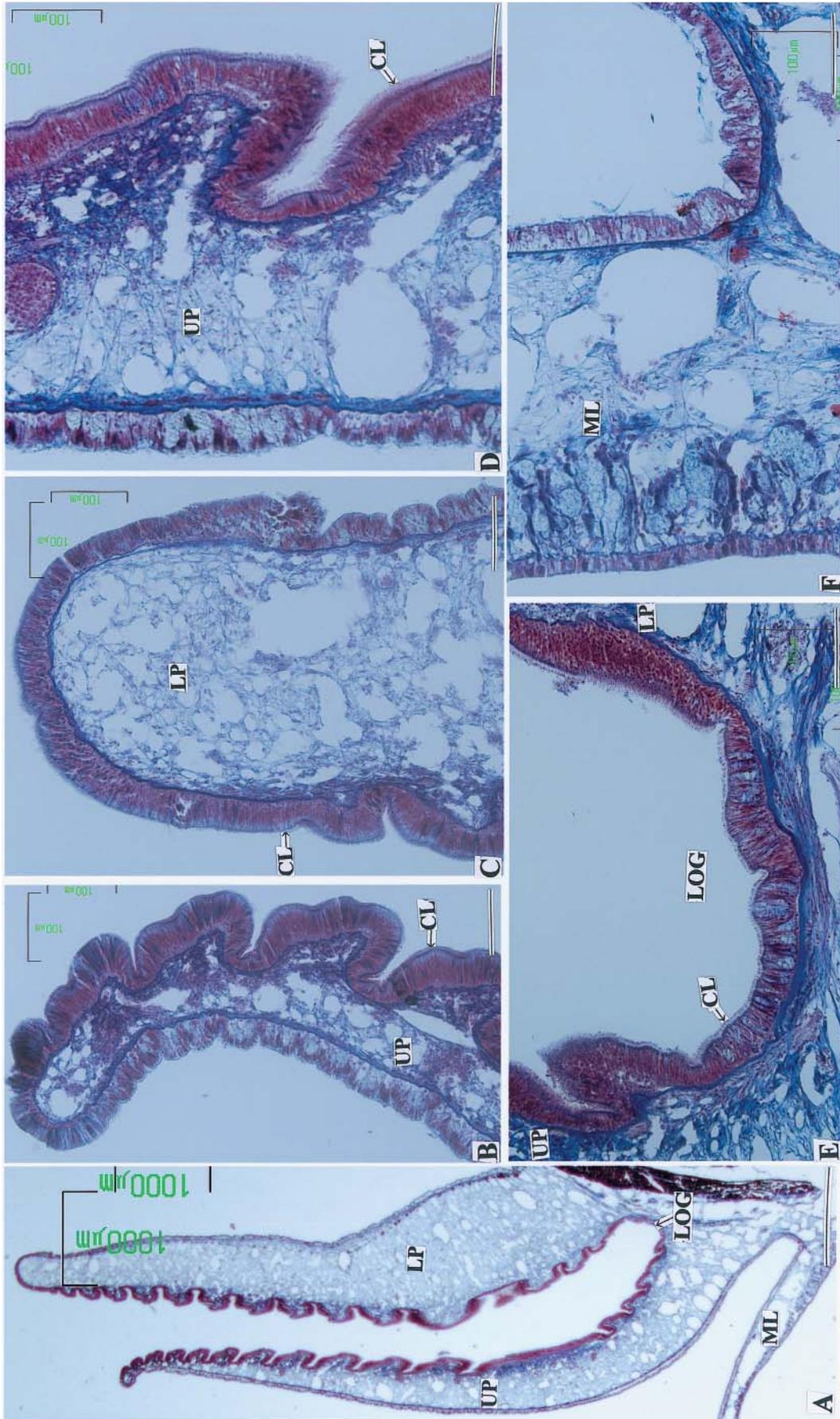
**Fig. 1** Soft part of the body in the Black-lip pearl oyster, *Pinctada margaritifera*. IO, inhalant orifice; EO, exhalant orifice; ML, mantle; AD, adductor; BY, byssus; PD, pallial fold; LP, labial pulp; CT, ctenidium; FT, foot; SBC, supra-branchial chamber; OA, oral aperture; LOC, left outer ctenidium; LIC, left inner ctenidium; RIC, right inner ctenidium; ROC, right outer ctenidium; LUP, left upper labial pulp; LLP, left lower labial pulp; RUP, right upper labial pulp; RLP, right lower labial pulp. Bars = 1 cm.



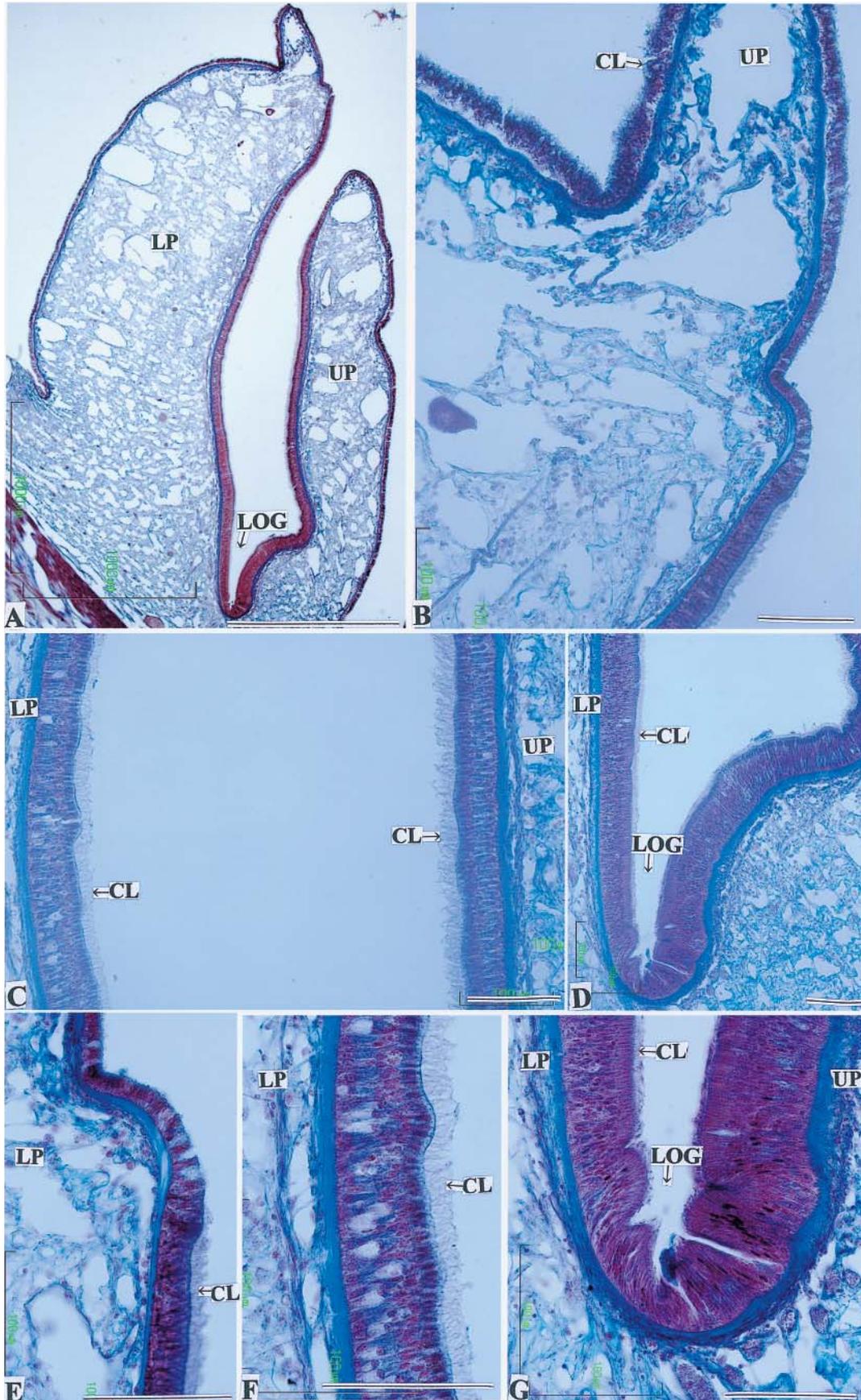
**Fig. 2** Ctenidium and labial pulp in the Black-lip pearl oyster. OA, oral aperture; BY, byssus; RUP, right upper labial pulp; RLP, right lower labial pulp; LLP, left lower labial pulp; LUP, left upper labial pulp; FG, food groove; BTO, basal ciliated tract of outer lamina of outer ctenidium; BTL, basal ciliated tract of laminae of ctenidia; BTI, basal ciliated tract of outer lamina of inter ctenidium; LOG, lateral oral groove; FT, foot; LP, labial pulp; PF, primary filament; OF, ordinary filament. Bars in A-D and F = 1 mm, and bar in E = 100  $\mu$  m.



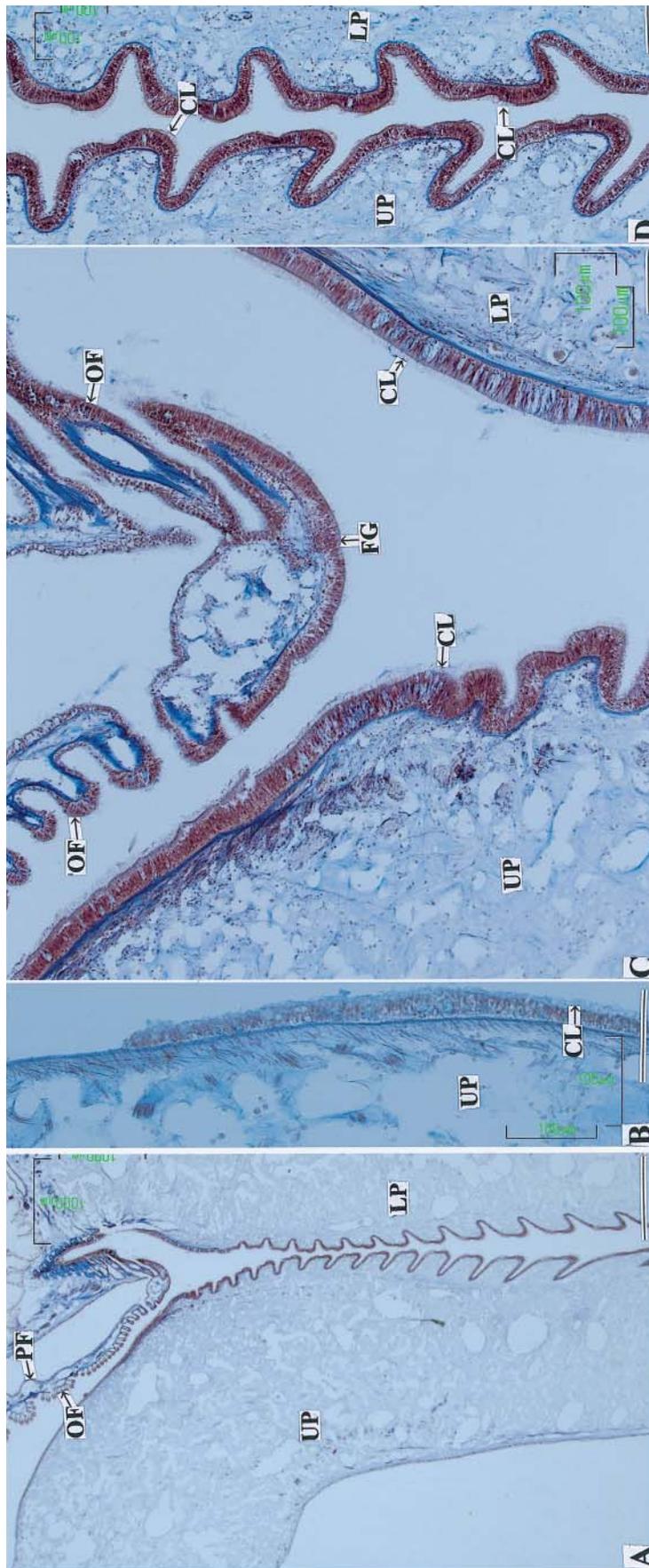
**Fig. 3** Food groove and basal ciliated tract of ctenidium in the Black-lip pearl oyster. BY, byssus; FT, foot; FG, food groove; LP, labial pulp; BTO, basal ciliated tract of outer lamina of outer ctenidium; BTL, basal ciliated tract of laminae of ctenidia; BTI, basal ciliated tract of outer lamina of inter ctenidium; ABV, afferent branchial vessel; EBV, efferent branchial vessel; LVB, longitudinal vessel running along the base of outer lamina; ICM, inter-laminar connecting membrane; FIC, fused border of inner laminae of inner ctenidia; FOC, fused border of outer laminae of outer ctenidium; PF, primary filament; OF, ordinary filament; CD, ciliary disc. Bar in A = 1 cm, bars in B-F = 1 mm.



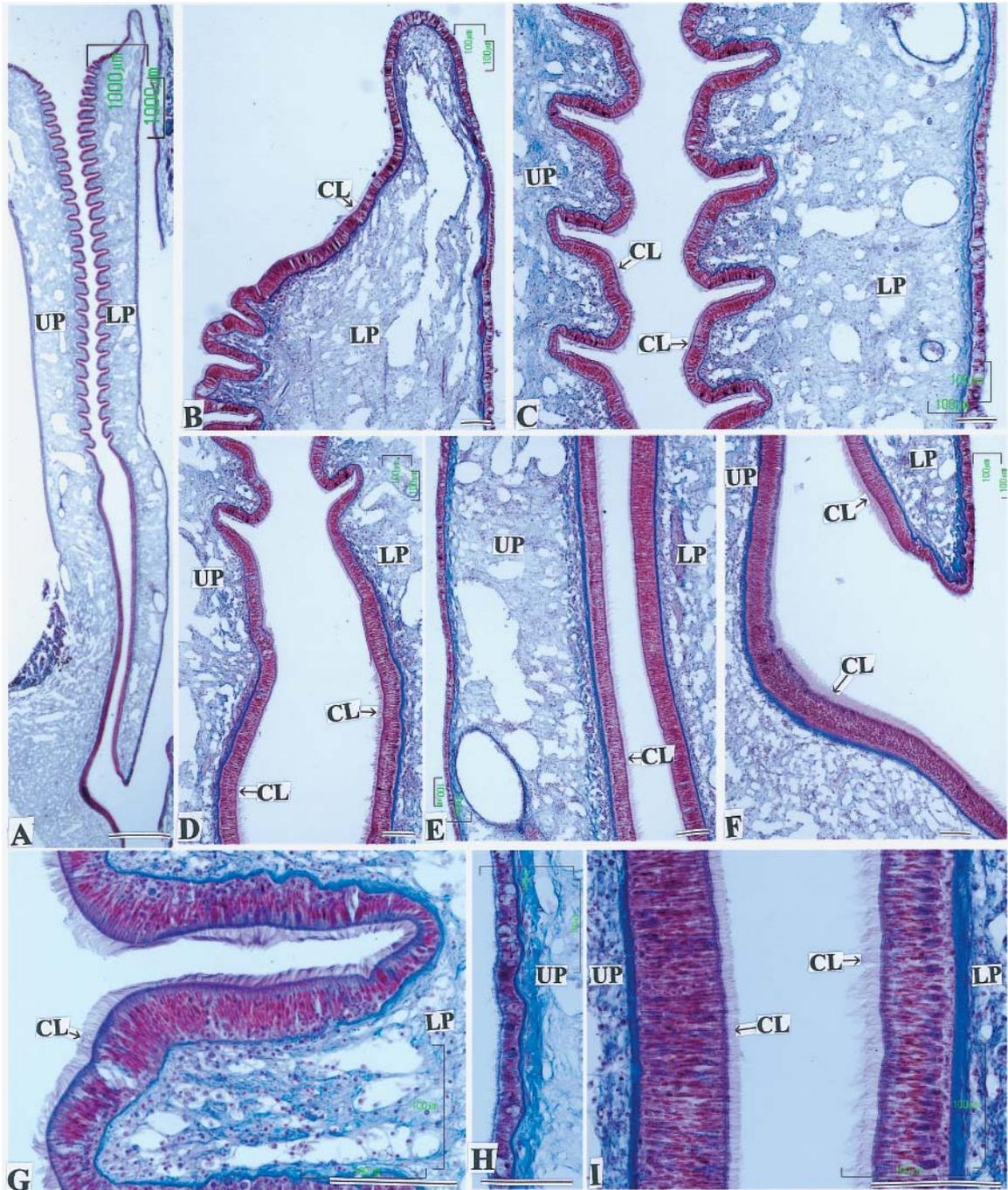
**Fig. 4** Cross section of labial pulp in the Black-lip pearl oyster. UP, upper labial pulp; LP, lower labial pulp; LOG, lateral oral groove; ML, mantle; CL, cilium. Azan staining. Bar in A = 1 mm, and bars in B-F = 100  $\mu$ m.



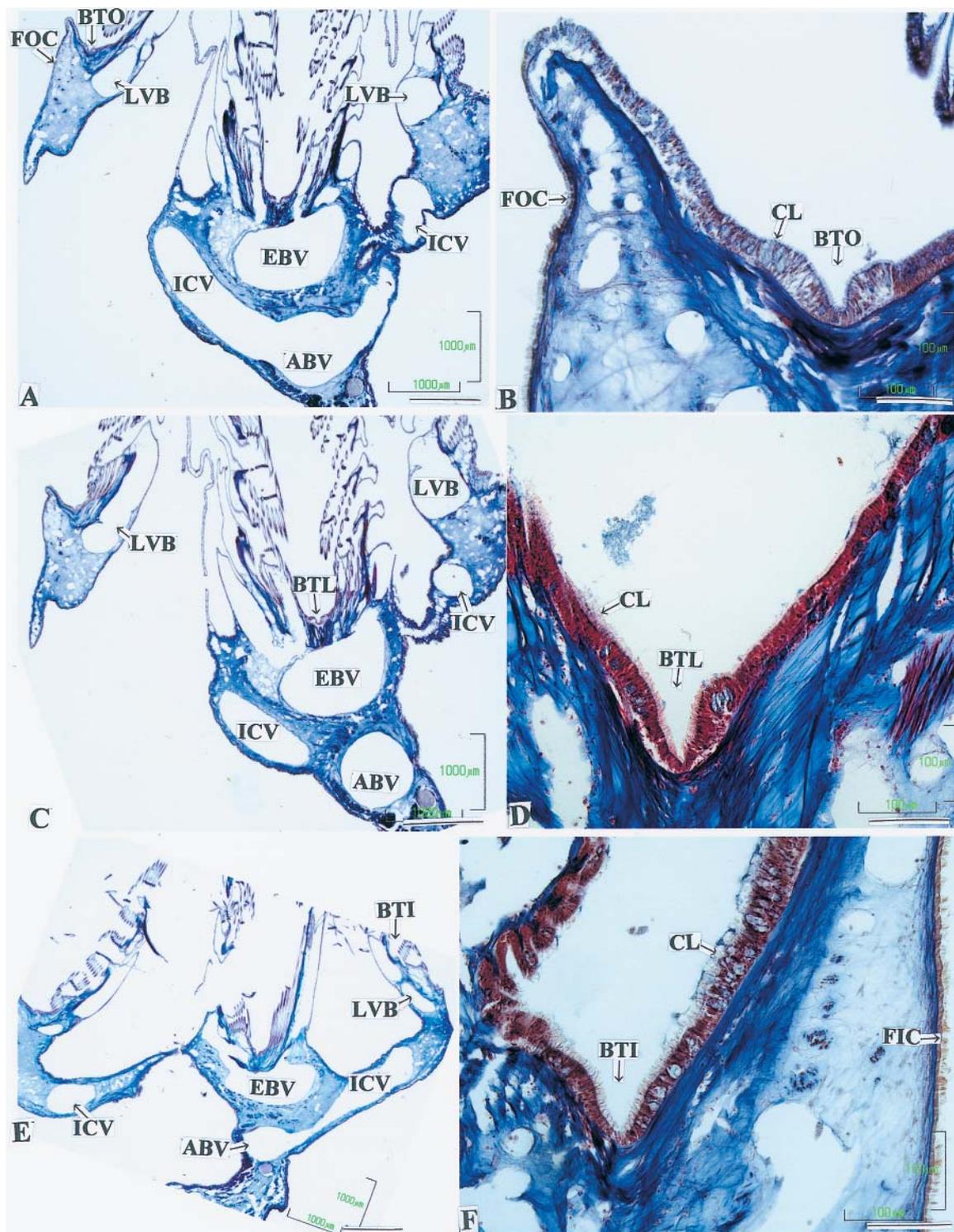
**Fig. 5** Cross section of labial pulp in the Black-lip pearl oyster. UP, upper labial pulp; LP, lower labial pulp; LOG, lateral oral groove; CL, cilium. Azan staining. Bar in A = 1 mm, and bars in B-G = 100  $\mu$ m.



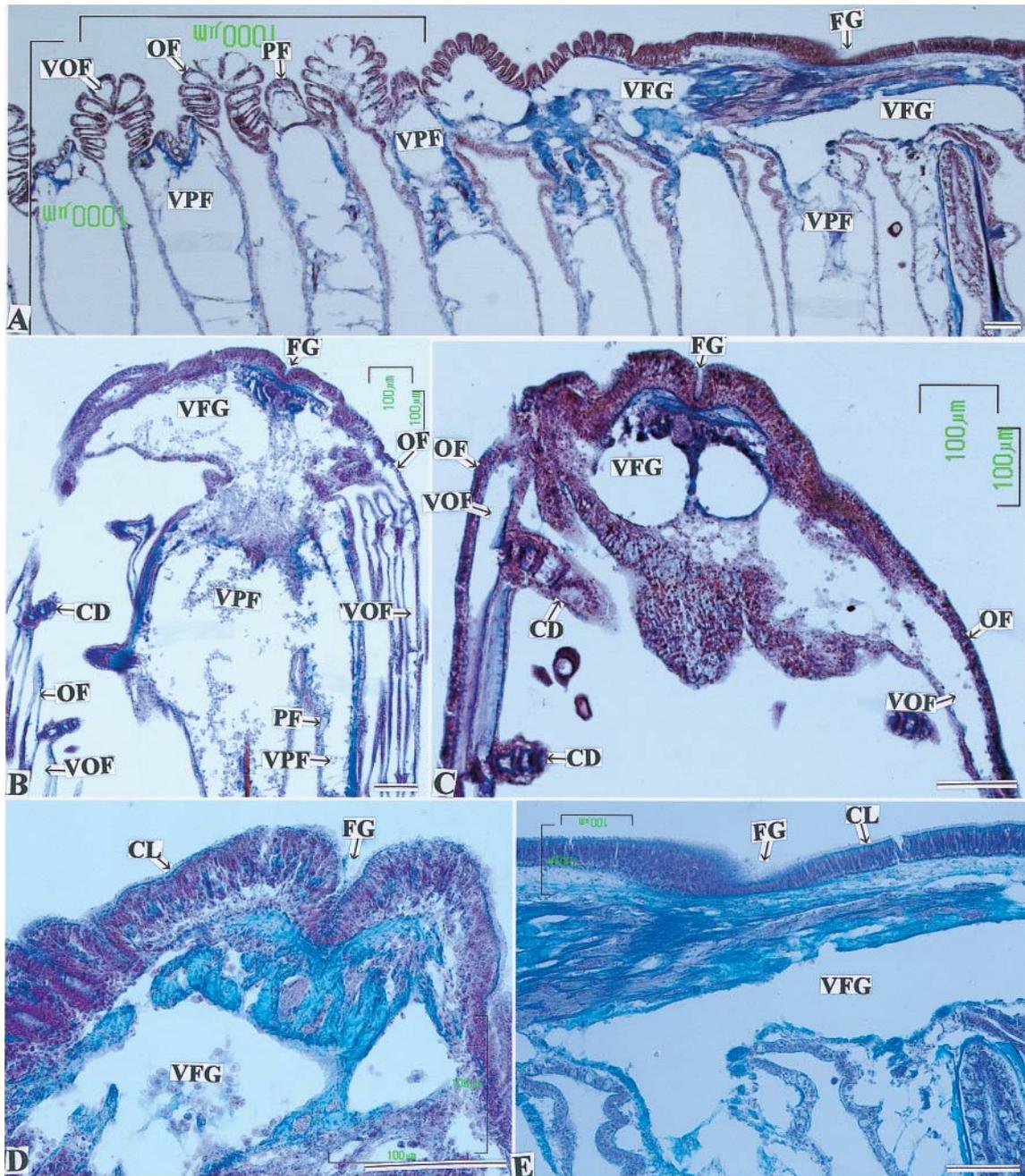
**Fig. 6** Vertical section of labial pulp in the Black-lip pearl oyster. UP, upper labial pulp; LP, lower labial pulp; CL, cilium; PF, primary filament; OF, ordinary filament; FG, food groove. Azan staining. Bar in A = 1 mm, and bars in B-D = 100  $\mu$ m.



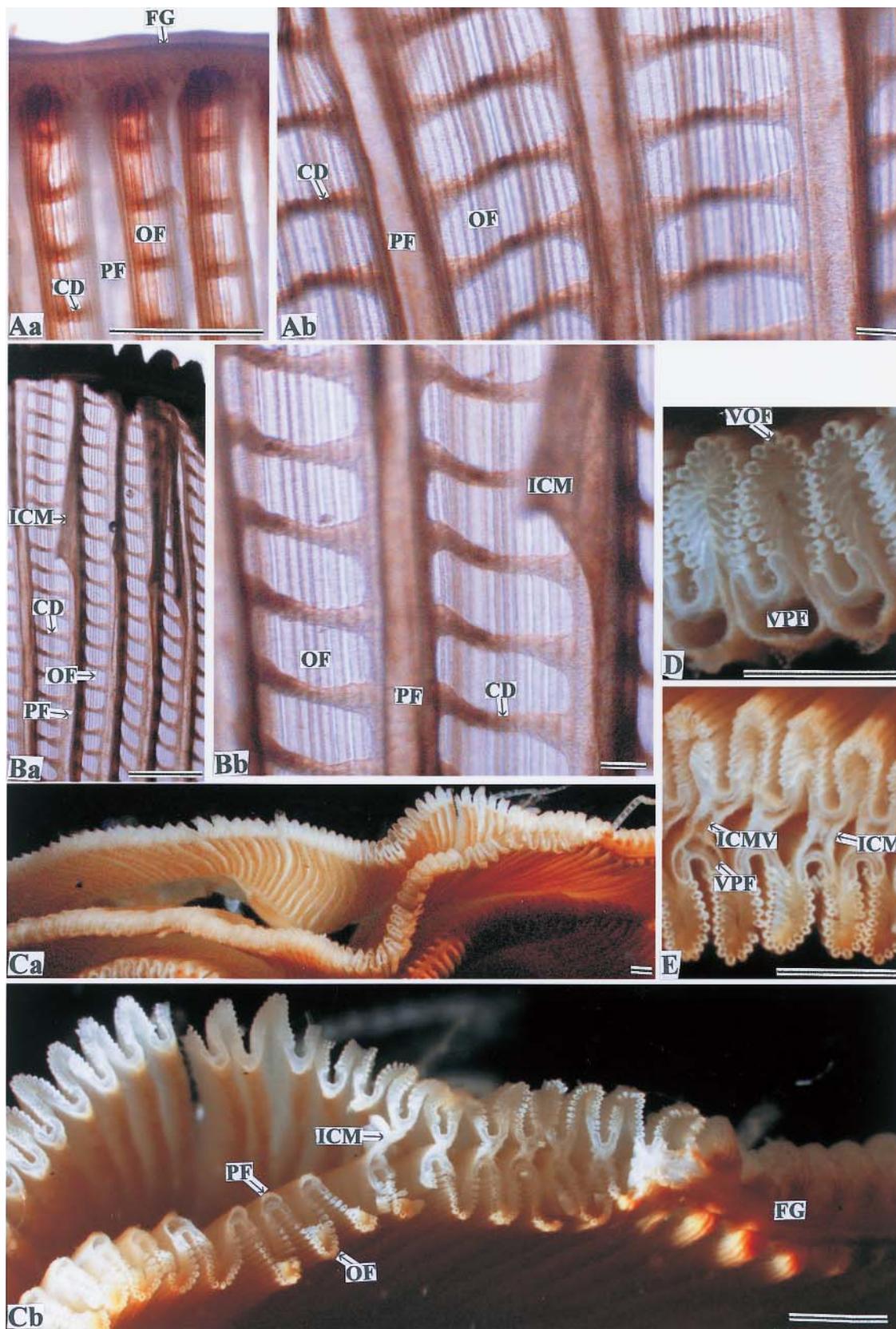
**Fig. 7** Vertical section of labial pulp in the Black-lip pearl oyster. UP, upper labial pulp; LP, lower labial pulp; CL, cilium. Azan staining. Bar in A = 1 mm, and bars in B-I = 100  $\mu$ m.



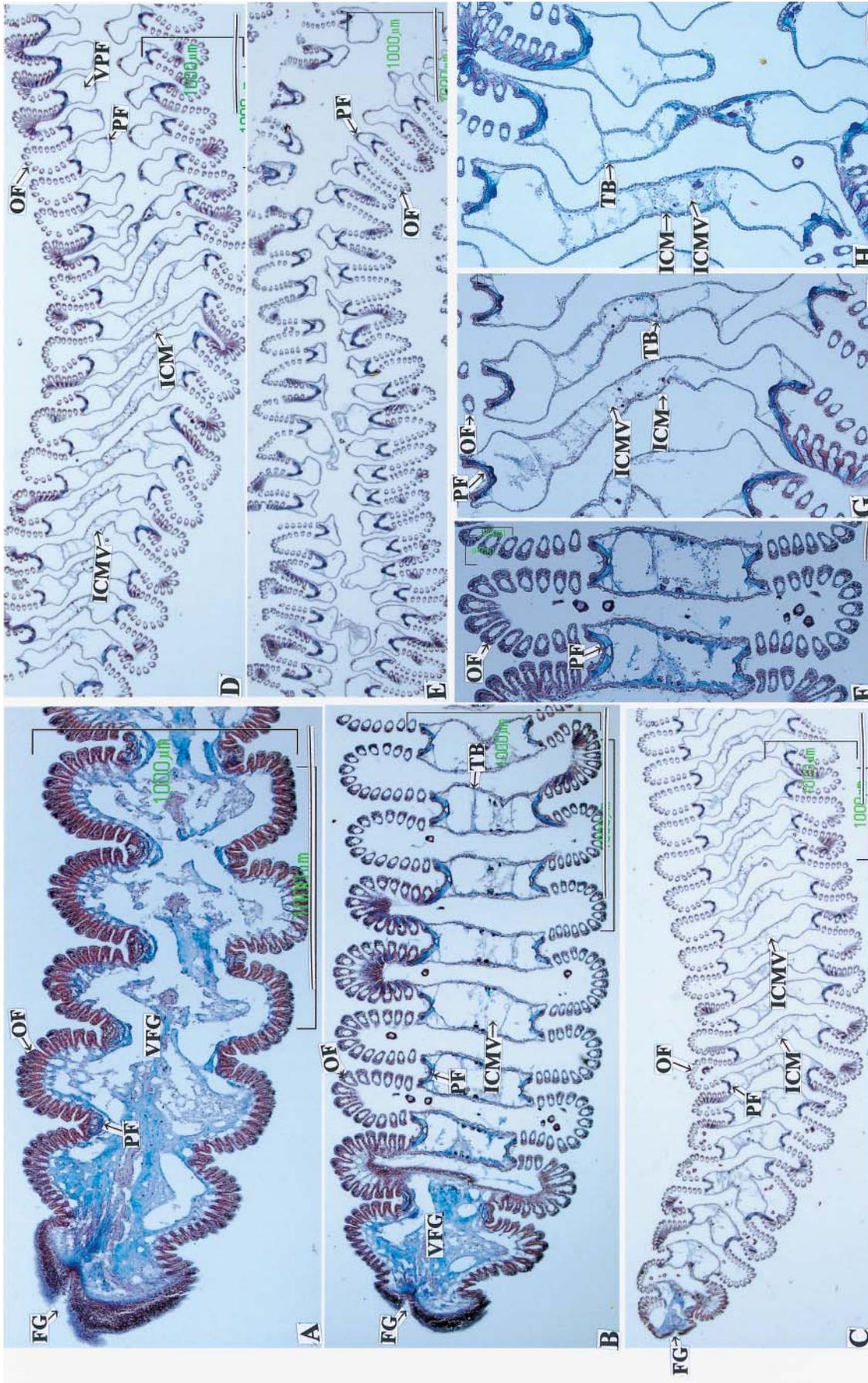
**Fig. 8** Cross section of ctenidium in the Black-lip pearl oyster. FOC, fused border of outer laminae of outer ctenidium; FIC, fused border of inner laminae of inner ctenidia; BTO, basal ciliated tract of outer lamina of outer ctenidium; BTL, basal ciliated tract of laminae of ctenidia; BTI, basal ciliated tract of outer lamina of inter ctenidium; LVB, longitudinal vessel running along the base of outer lamina; ABV, afferent branchial vessel; EBV, efferent branchial vessel; ICV, inter-laminar connecting vessel; CL, cilium. Azan staining. Bars in A and C = 1 mm, and bars in B and D-F = 100  $\mu$ m.



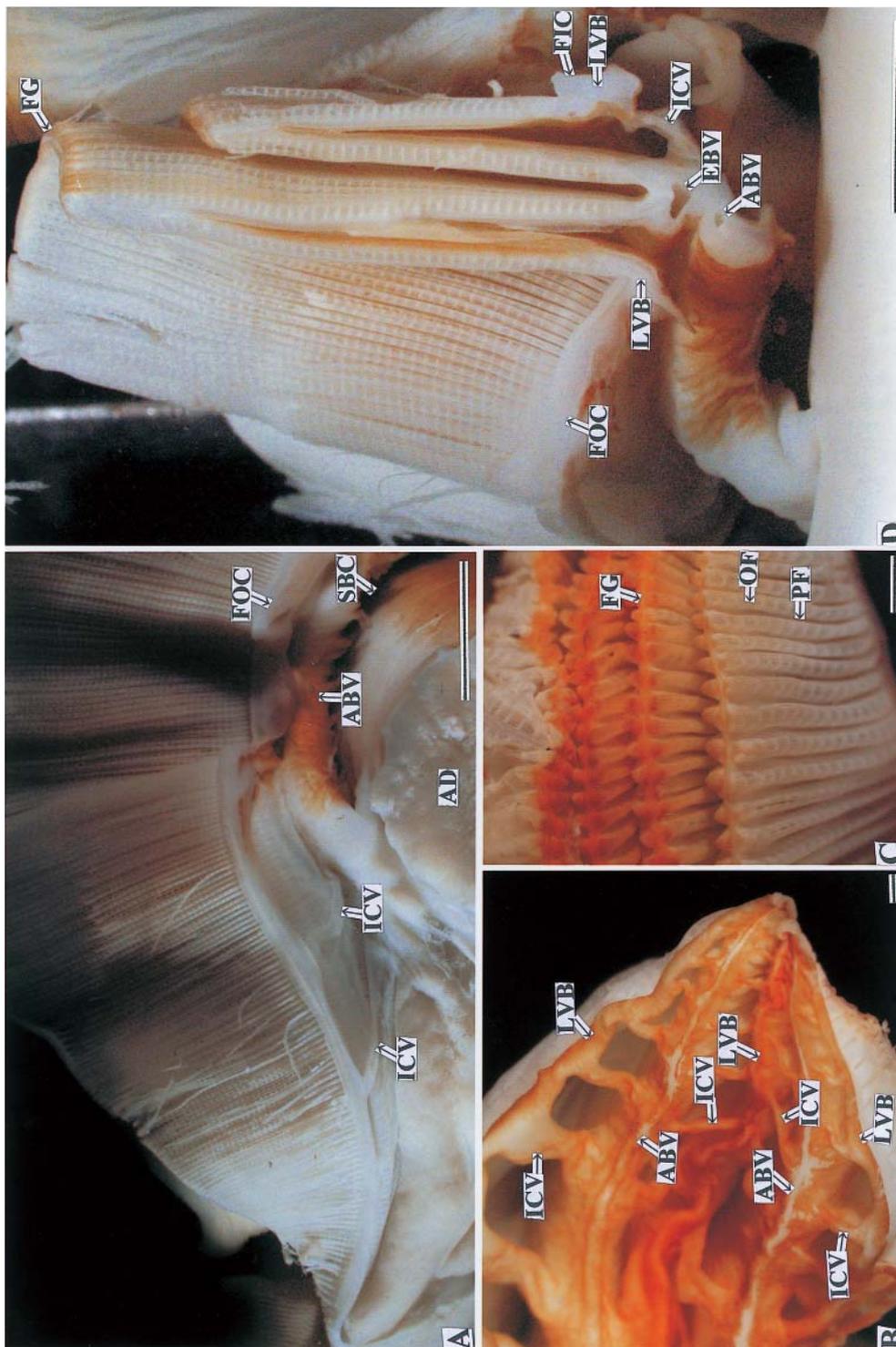
**Fig. 9** Vertical (A) and cross section (B-E) of food groove in the Black-lip pearl oyster. FG, food groove; VFG, vessel of food groove; PF, primary filament; VPF, vessel of primary filament; OF, ordinary filament; VOF, vessel of ordinary filament; CD, ciliary disc; CL, cilium. Azan staining. Bars =100 μm.



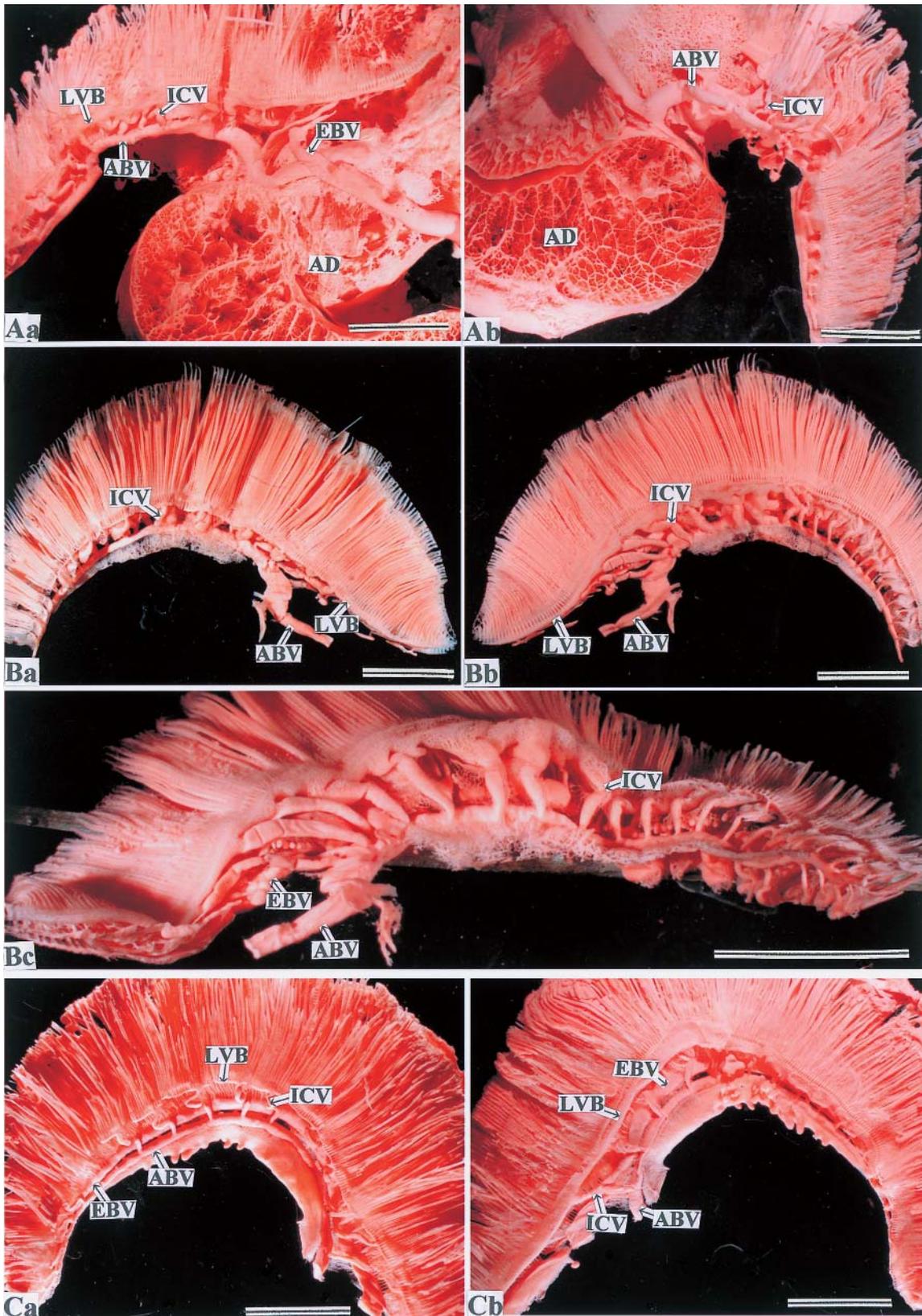
**Fig. 10** Ctenidium in the Black-lip pearl oyster. A, outer side view; B, inner side view; C-E, vertical section; FG, food groove; PF, primary filament; VPF, vessel of primary filament; OF, ordinary filament; VOF, vessel of ordinary filament; CD, ciliary disc; ICM, inter-laminar connecting membrane; ICMV, vessel of inter-laminar connecting membrane. Bars = 1 mm.



**Fig. 11** Horizontal section of ctenidium in the Black-lip pearl oyster. FG, food groove; PF, primary filament; VPF, vessel of primary filament; OF, ordinary filament; ICM, inter-laminar connecting membrane; ICMV, vessel of inter-laminar connecting membrane; TB, trabecula. Azan staining. Bars in A-C = 1 mm, and bars in D-H = 100  $\mu$ m.



**Fig. 12** Vessel of ctenidium in the Black-lip pearl oyster. AD, adductor; FG, food groove; OF, ordinary filament; SBC, supra-branched chamber; FOC, fused border of outer ctenidium; FIC, fused border of inner laminae of inner ctenidia; ABV, afferent branchial vessel; EBV, efferent branchial vessel; LVB, longitudinal vessel running along the base of outer lamina; ICV, inter-laminal connecting vessel. Bars in A and B = 1 cm, and bars in C and D = 1 mm.



**Fig. 13** Corrosion cast of ctenidium in the Black-lip pearl oyster. AD, adductor; ABV, afferent branchial vessel; EBV, efferent branchial vessel; LVB, longitudinal vessel running along the base of outer lamina; ICV, inter-laminar connecting vessel. Bars = 1 cm.

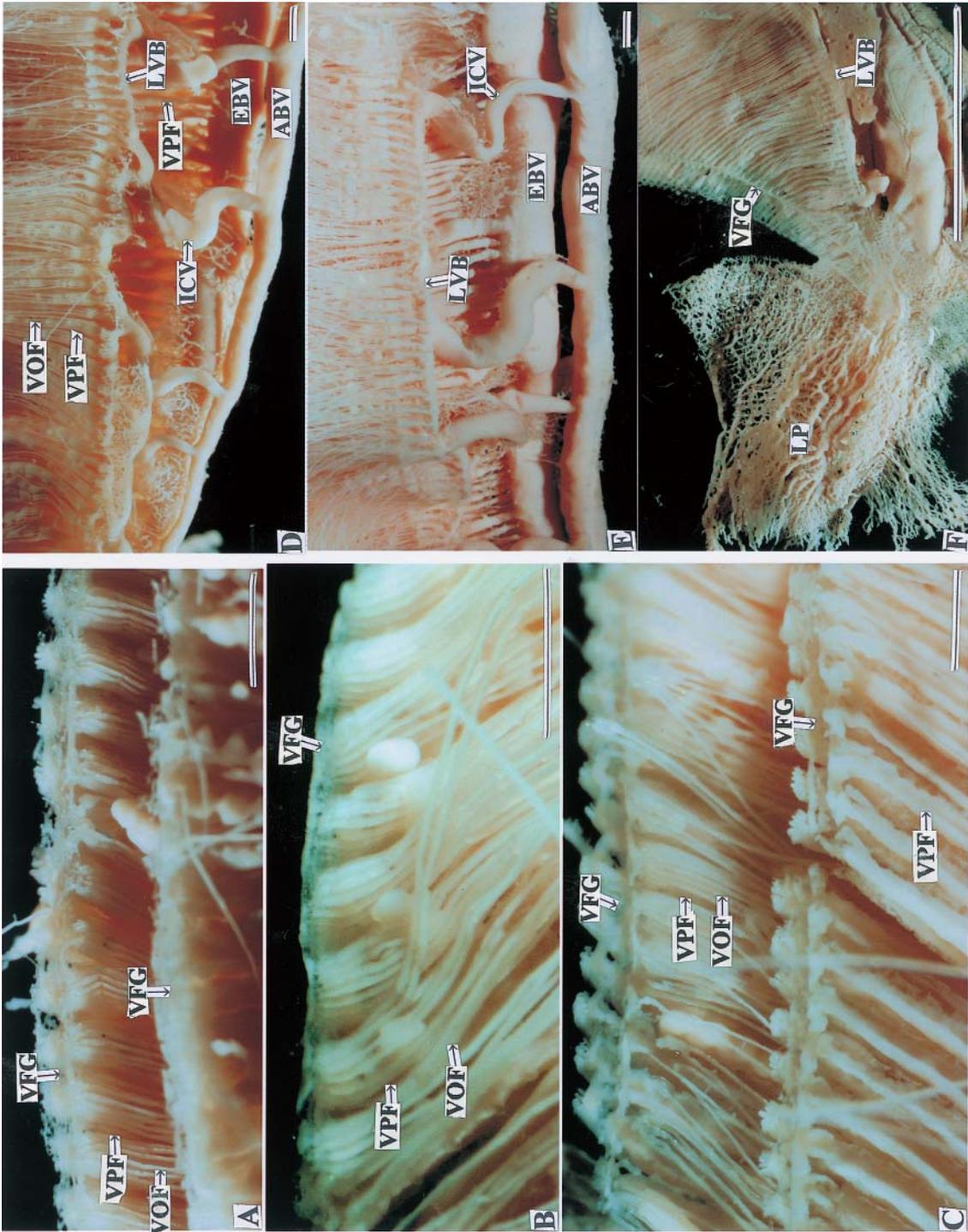
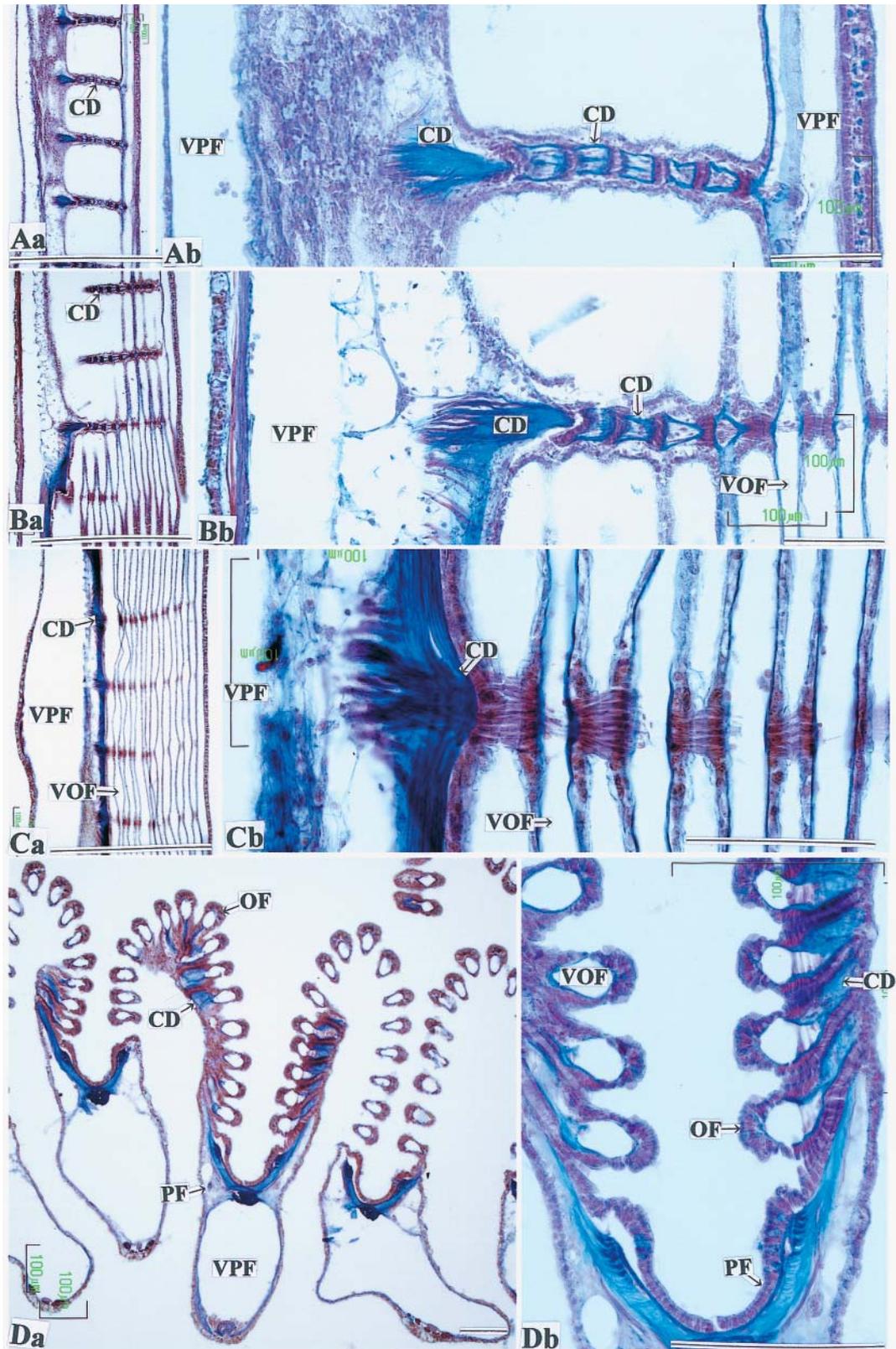
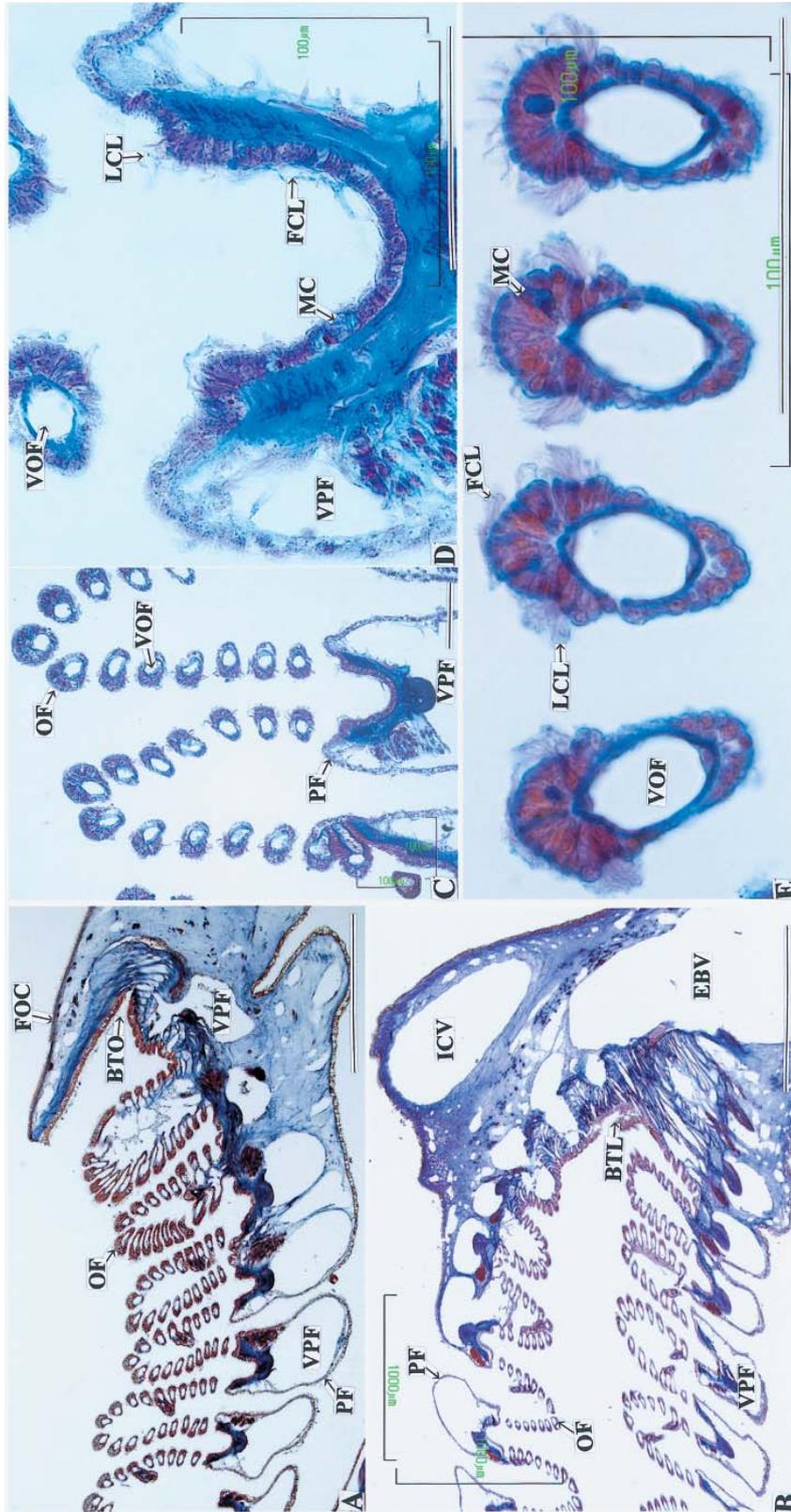


Fig. 14 Corrosion cast of ctenidium in the Black-lip pearl oyster. FG, food groove; PF, primary filament; OF, ordinary filament; LP, labial pulp; ABV, afferent branchial vessel; EBV, efferent branchial vessel; LVB, longitudinal vessel; LVC, longitudinal vessel running along the base of outer lamina; ICV, inter-laminar connecting vessel. Bars in A-E = 1 mm; and Bar in F = 1 cm.



**Fig. 15** Horizontal (A-C) and vertical sections (D) of ciliary disc of the filament in the Black-lip pearl oyster. CD, ciliary disc; PF, primary filament; VPF, vessel of primary filament; OF, ordinary filament; VOF, vessel of ordinary filament. Azan staining. Bars = 100  $\mu$  m.



**Fig. 16** Section of the filament of ctenidium in the Black-lip pearl oyster. PF, primary filament; VPF, vessel of primary filament; OF, ordinary filament; VOF, vessel of ordinary filament; EBV, efferent branchial vessel; ICV, inter-laminar connecting vessel; BTO, basal ciliated tract of outer lamina of outer ctenidium. Azan staining. FOC, fused border of outer laminae of outer ctenidium; FCL, frontal cilia; LCL, lateral cilia. Bars =100  $\mu$  m.