

リシケタイラギの鰓構造

山元憲一・荒木 晶・半田岳志[†]

Anatomical Structure of Ctenidium of the Pen Shell *Atrina* (*Servatrina*) *lischkeana*

Ken-ichi Yamamoto, Akira Araki and Takeshi Handa[†]

Abstract : The structure of the ctenidium of the Pen shell *Atrina* (*Servatrina*) *lischkeana* was examined. The pen shell provided the structures which were not observed to other bivalve: The ciliated canal of the mantle through which debris was passed out from the mantle chamber, and the mantle gland in the supra-branchial cavity. The gill type showed the heterorhabdic pseudolamellibranch: principal filaments and ordinary filaments were joined by inter-filament connecting membrane, and principal filaments of inner and outer laminae by the inter-laminar connecting bars.

Key words : Pen shell; ciliated canal of the mantle; heterorhabdic pseudolamellibranch; inter-filament connecting membrane; inter-laminar connecting bar; mantle gland.

緒 言

鰓の全体像から細部に至る一連の解剖図は報告が少なく、糸鰓類ではハボウキガイ科のタイラギ *Pinna japonica*, ウグイスガイ目ウグイスガイ科のアコヤガイ *Pinctada fucata martensii*, シロチョウガイ *Pinctada maxima*, 古弁鰓類ではイシガイ目イシガイ科のイケチョウガイ *Hyriopsis schlegeli* で表されている¹⁻⁴⁾。そこで、著者らは二枚貝の呼吸・循環や捕食に関する研究を進める上での基礎資料を得る目的で、イガイ目イガイ科のムラサキイガイ *Mytilus galloprovincialis* およびムラサキインコ *Septifer virgatus*, ウグイスガイ目ウグイスガイ科のアコヤガイ, クロチョウガイ *Pinctada margaritifera* およびマベ *Pteria penguin*, カキ目イタヤガイ科のホタテガイ *Patinopecten yessoensis* およびヒオウギガイ *Mimachlamys nobilis*, イタボガキ科のマガキ *Crassostrea gigas* およびイタボガキ *Ostrea denselamellosa*,

マルスダレガイ目ナタマメ科のアゲマキ *Sinonovacula constricta* の鰓構造を明らかにした⁵⁻¹⁴⁾。

本研究では、ウグイスガイ目ハボウキガイ科のリシケタイラギ *Atrina* (*Servatrina*) *lischkeana* の鰓構造を解剖学および組織学的に明らかにした。なお、分類は奥谷¹⁵⁾に従った。

材料および方法

実験には、殻長 151±16 mm (平均値±標準偏差, 以降同様に表す) の 30 個体と殻長 12.4±1.8 mm の 10 個体のリシケタイラギを用いた。リシケタイラギは、有明海で採取し、約 0.4 M の塩化マグネシウム水溶液¹⁶⁾ に 2～4 時間浸漬して軟体部を伸展させ、Davidson 液¹⁷⁾ で固定した。大型の個体は実体顕微鏡での観察に供した。小型の個体は常法に従ってパラフィン切片 (10 μm) を作成してアザン染

色し, 生物顕微鏡での観察に供した¹⁸⁾。

結果および考察

入水口と出水口

出水口(EO)はアコヤガイ⁷⁾と同様に, 体の後側に位置し, 入水口(IO)と出水口の境に位置する外套皺襞(PD)から背側正中線(MDL)の後端までの間に開口していた(Fig. 1B)。背側正中線は, 出水口から前閉殻筋(AAM)の末端の殻頂までの背側全体に長く真っ直ぐ延びていた。従って, 左右の殻の会合部の靱帯は殻の後端から前端まで長く真っ直ぐ延びていた。これとは反対に, 左右の外套膜(MT)は外套皺襞から体の前端の殻頂までの腹側全体に大きく開いていた(Fig. 1A)。しかし, 入水口は, 外套膜の外套皺襞から体の後側の一部を開口させて形成する構造となっていた。そこで, 入水口と出水口は三角形の一边を形成する殻の後端に平行に並んだ構造となっていた。このような構造から, リシケタイラギは入水口と出水口を同時に底泥から出して鰓換水を行うことが可能となっている^{19,20)}。

排出通路

排出通路(CCM)は, 外套膜の表皮が盛り上がり壁を形成した構造を示し, 外套膜の腹側の縁辺部に沿って外套皺襞から唇弁(LPの近く)まで走行していた(Fig. 1A, B, D, F)。組織像を見ると, その内面は繊毛(CL)で覆われていた(Fig. 2B, G, H)。排出通路は外套腔内に落下した砂などの異物を外套皺襞まで繊毛運動で運んで外套腔の外へ排出する役目を担っていることが明らかにされている^{21,22)}。

外套腺

外套腺(MG)は柄と頭様の二つの部位で構成されていた(Figs. 3H; 4A-D)。柄の基部は後閉殻筋(PAM)の後側(出水口側)に位置する内臓塊(VM)に付着し, 頭様の部位は鰓上腔(SBC)内を出水口へ向って延びていた(Figs. 3H; 4A, D)。

砂泥底に後部をわずかに出して鰓換水を行っている状態のリシケタイラギを観察すると, 外套腺は出水口の間から見ることができる。時として, 外套腺は大きく出水口から出ている状態も確認される。しかし, 外套腺の役割は不明である。

合着縁と鰓上腔

鰓葉(CT)は外鰓外葉(OLO)の基部を走行する外鰓外葉

合着縁(FOC)が外套膜から伸びている懸垂膜(SM)に接着して, 殻腔内に懸垂していた(Figs. 3C; 6-1Cb; 6-2Db, E, Fb; 6-3Gb, Hb)。外鰓外葉と懸垂膜は絨毛(MV)で接着していた(Fig. 7B, D)。一方, 鰓葉の先端(矢印)から外套皺襞(PD)までの間は, 外鰓外葉の基部と接着した懸垂膜が伸びて懸垂膜前部(FSM)を形成していた(Figs. 3C-G; 5B)。左右の懸垂膜前部の懸垂膜前都合着縁(FFSM)はお互いが接着して, 外套腔(MC)と鰓上腔(SBC)を仕切っていた(Figs. 3B-G; 5B)。左右の懸垂膜前都合着縁は絨毛(MV)で接着していた(Fig. 2C)。このようにして, 外鰓外葉の全体は, 懸垂膜と懸垂膜前部で殻腔内を外套腔(MC)と鰓糸の間を通過した水を出水口へ流す鰓上腔(SBC)に仕切られていた(Figs. 2A; 3C-F; 4E-G; 5B)。

しかし, 出水口から後閉殻筋までは, 内鰓内葉(ILI)は左右内鰓内葉合着縁(FICB)でお互いが接着して, 後閉殻筋や内臓塊から離れていた(Figs. 3D; 5A, B, D; 6-1Cb; 6-2Db, E)。外鰓内葉と内鰓外葉の境(鰓軸, CA)も後閉殻筋や内臓塊から離れていた(Figs. 5B-D; 6-1Cb)。従って, この区間では鰓上腔は1本でなっていた(Fig. 6-1B, Cb)。後閉殻筋から後閉殻筋と唇弁までの中間付近までは, 内鰓内葉は左右内鰓内葉合着縁でお互いが接着して後閉殻筋や内臓塊から離れていたが, 鰓軸は後閉殻筋および内臓塊に接着していた(Figs. 5B-D; 6-2Db, E)。従って, この区間では鰓上腔は左右の外鰓(LOC, ROC)に各1本と左右の内鰓(LIC, RIC)に1本の合計3本でなっていた(Figs. 5C-D; 6-2Db, E)。唇弁近くでは, 内鰓内葉は内鰓内葉合着縁(FIC)で内臓塊に接着し, 鰓軸も内臓塊に接着していた(Figs. 6-2Fb; 6-3Gb, Hb)。従って, この区間では, 左右の外鰓に各1本と左右の内鰓に各1本の合計4本でなっていた(Figs. 6-2Fb; 6-3Gb, Hb)。

前記の外鰓外葉合着縁(FOC), 左右内鰓内葉合着縁(FICB)および内鰓内葉合着縁(FIC)は, ムラサキイガイ⁵⁾, ムラサキイガイ⁶⁾, アコヤガイ⁷⁾, クロチヨウガイ⁸⁾やマベ⁹⁾と同様に, 全て絨毛(MV)で接着していた(Fig. 7B-D, F, H)。従って, 各合着縁は物理的に容易に剥離することが可能であった。

鰓葉連結

鰓葉の内葉と外葉は, それぞれの主鰓糸(PF)の間を鰓葉間連結棒(ICB)で連結していた(Figs. 8A-C; 9A, B)。鰓葉間連結棒はムラサキイガイ⁵⁾やムラサキイガイ⁶⁾でも認められている。しかし, 糸鰓類のムラサキイガイ⁵⁾やムラサキイガイ⁶⁾では, 擬弁鰓類のリシケタイラギと異なって,

鰓葉間連結棒が鰓葉の内葉と外葉の全ての鰓糸（常鰓糸）の間を連結している。同じ擬弁鰓類のアコヤガイ⁷⁾、クロチョウガイ⁸⁾、マベ⁹⁾、マガキ¹²⁾やイタボガキ¹³⁾では、リシケタイラギと異なって、主鰓糸の間を鰓葉間連結膜で連結している。

鰓糸連結

Dufour and Beninger²⁴⁾は、二枚貝類の鰓の基本構造を内葉と外葉の常鰓糸の間を Interlamellar junctions（鰓葉間連結）で連結している Homorhabdic filibranch、内葉と外葉の主鰓糸の間を鰓葉間連結で連結し、隣接した常鰓糸の間を繊毛のある突起物 (Ciliated spurs) で連結している Heterorhabdic filibranch、隣接した常鰓糸の間を Interlamellar junctions（鰓糸間連結）で連結している Homorhabdic eulamellibranch、内葉と外葉の主鰓糸の間を鰓葉間連結で連結し、隣接した常鰓糸の間を鰓糸間連結で連結している Heterorhabdic pseudolamellibranch の4つの型に分けている。リシケタイラギの鰓葉は、アコヤガイ⁷⁾、クロチョウガイ⁸⁾、マベ⁹⁾、マガキ¹²⁾やイタボガキ¹³⁾と同様に、主鰓糸と数十本の常鰓糸 (OF) を一組として、配列した構造となっていた (Figs. 10A, D, E; 11A-C; 12B; 15A-D)。しかし、アコヤガイ⁷⁾、クロチョウガイ⁸⁾やマベ⁹⁾と異なって、前記の一組の鰓糸はマガキ¹²⁾やイタボガキ¹³⁾と同様に主鰓糸と常鰓糸の間および各常鰓糸の間が半円形に展開した鰓葉間連結膜 (FCM) で固定されていた (Figs. 10D, E; 11Ab, Bb; 12B; 15Ab, Bb, Cb, Db)。これらのことから、リシケタイラギの鰓は、Homorhabdic filibranch 構造のムラサキガイ⁵⁾やムラサキインコ⁶⁾および Heterorhabdic filibranch 構造のアコヤガイ⁷⁾、クロチョウガイ⁸⁾やマ⁹⁾と異なり、マガキ¹²⁾やイタボガキ¹³⁾と同様の Heterorhabdic pseudolamellibranch 構造を示すことが明らかである。

鰓葉の血管

鰓軸 (CA) の部位は、入鰓静脈 (ABV) と出鰓静脈 (EBV) が上下に並んで縦走していた (Fig. 8B, C)。入鰓静脈からは鰓葉間連結血管 (ICV) が2方向に分岐して、1つは外鰓外葉の基部を縦走する外鰓外葉基部縦走血管 (VAO) へ、1つは内鰓内葉の基部を縦走する内鰓内葉基部縦走血管 (VAI) へ延びていた (Figs. 8A-C; 9A)。それらの縦走血管からは、常鰓糸の中を走行する常鰓糸血管 (VOF) および主鰓糸の中を走行する主鰓糸血管 (VPF) が分岐して、鰓葉の腹側の先端に位置する食物溝 (FG) へ向って延びていた。途中、鰓葉の内葉と外葉の主鰓糸の間を連結している鰓葉

間連結棒 (ICB) の中は、鰓葉間連結棒血管 (VICB) が走行して、内葉と外葉の主鰓糸血管の間を連結していた (Figs. 10D; 11Aa, Ab, Ba, Ca, Cb)。また、鰓糸間連結膜 (FCM) は二枚の膜構造で、その間の全体は鰓糸間連結膜血管 (VFCM) となっていた (Figs. 11Cb; 13A-E; 16B-D; 17A-D)。食物溝ではアコヤガイ⁷⁾、クロチョウガイ⁸⁾やマベ⁹⁾と同様に、食物溝縦走血管 (VFG) が縦走していた (Figs. 9C; 10B, C; 14F; 15Ca)。食物溝縦走血管へは、内鰓内葉と外鰓外葉の常鰓糸血管との主鰓糸血管が連結していた (Figs. 16B, D; 17A-D)。食物溝縦走血管からは、内鰓外葉と外鰓内葉の常鰓糸血管と主鰓糸血管が分岐して延びて、両血管は鰓軸を縦走している出鰓静脈 (EBV) に連結していた。

これらの観察から、鰓葉での血流を推測すると次のようになる。血液は、入鰓静脈から鰓葉間連結血管を経由して、内鰓内葉を縦走する内鰓内葉基部縦走血管あるいは外鰓外葉を縦走する外鰓外葉基部縦走血管へ流れ、これらの縦走血管から主鰓糸血管および常鰓糸血管へ分岐して各鰓糸を通過した後、食物溝縦走血管へ流入して混合する。途中、鰓糸間連結膜のところでは、主鰓糸血管および常鰓糸血管を流れる血液の一部は鰓糸間連結膜血管へ流入して混合した後主鰓糸血管および常鰓糸血管へ戻る。このように鰓糸間連結膜毎に、これら一連の流れを繰り返して食物溝へ向かって流れる。また、主鰓糸血管が鰓葉間連結棒血管と連結した部位では、内葉あるいは外葉の主鰓糸血管を流れてきた血液の一部は反対側を走行するそれぞれの外葉あるいは内葉の主鰓糸血管へと短絡して流れる。この時、鰓糸間連結膜血管で混合した常鰓糸血管の血液の一部も主鰓糸血管を経由して反対側を走行する主鰓糸血管へと短絡して流れる。

食物溝の部位では、内鰓内葉あるいは外鰓外葉の主鰓糸血管と常鰓糸血管からの血液が食物溝縦走血管で混合した後、内鰓外葉あるいは外鰓内葉の主鰓糸血管と常鰓糸血管へと流出する。この流出した血液は、一部は鰓糸間連結膜血管へ流入して混合した後、主鰓糸血管と常鰓糸血管へと流出する。このように鰓糸間連結膜毎に、これら一連の流れを繰り返して出鰓静脈へと至る。これに加えて、鰓糸間連結血管で短絡した血液も合流して出鰓静脈へと至り、鰓より流出する。

基底溝と食物溝

主鰓糸および常鰓糸は前面が前繊毛 (FCL) で覆われ、側面には側繊毛 (LCL) を備えていた (Fig. 12E)。

外鰓外葉の基部には外鰓外葉基底溝 (BTO) が、内鰓内

葉の基部には内鰓内葉基底溝 (BTI) が, 内鰓外葉と外鰓内葉の会合部には内外鰓外内葉基底溝 (BTL) が構成されていた (Figs. 6-2Db, Fb; 6-3Gb; 8A-C; 9A)。組織像を観ると, それらの基底溝はアコヤガイ⁷⁾, クロチョウガイ⁸⁾ やマベ⁹⁾ と同様に, 絨毛で覆われていた。

食物溝 (FG) は各鰓葉の腹側屈曲部をほぼ同じ幅の溝状に縦走していた (Figs. 3A; 8A, B; 9A-C; 10B, C; 14A-F)。組織像を観ると, 食物溝はアコヤガイ⁷⁾, クロチョウガイ⁸⁾ やマベ⁹⁾ と同様に, 外葉と内葉の常鰓糸が外側から丸く屈曲して食物溝に連絡し, 主鰓糸が常鰓糸の内側から食物溝に連絡した構造で, 表面が絨毛で覆われていた (Figs. 8C; 15Ab, Bb; 16A-D; 17A-D)。

唇弁

唇弁 (LP) は足 (FT) を中心に左右対象に位置していた (Figs. 1A; 18A-C)。左右の唇弁は内鰓と外鰓の先端を上唇弁 (LUL, RUL) と下唇弁 (LLL, RLL) で挟んで, 鰓葉の先端を受け止めた形となっていた (Figs. 1A; 18C-E)。上唇弁と下唇弁の会合部は側位口溝 (LOG) を形成していた (Figs. 6-4Kb; 18E)。側位口溝は, 鰓葉の外鰓外葉基底溝, 内鰓内葉基底溝, 内外鰓外内葉基底溝の合計 3 本の基底溝, および内葉と外葉の合計 2 本の食物溝と連結していた (Fig. 18B, C)。次いで, 側位口溝は上下の唇 (L) の会合部に形成されている近位口溝 (POG) へと連なっていた (Figs. 18E; 19D)。近位口溝は左右から唇の中心に位置する口 (OA) へと連なっていた (Figs. 18C-E; 19D)。組織像を観ると, 唇弁, 側位口溝および近位口溝の内面は, 全て絨毛で覆われていた (Fig. 19B, C, E-G)。

これらの観察から, 鰓で捕捉した懸濁粒子を口まで運ぶ経路を次のように確認した。他の二枚貝と同様に, 主鰓糸と常鰓糸の側絨毛 (LCL) で鰓糸間を通過する水流を起こし, 水中の懸濁粒子を各鰓糸の間で濾過して捕捉する。捕捉した懸濁粒子は, 一つは主鰓糸の前絨毛 (FCL) で鰓葉の基底溝へ, 一つは常鰓糸の前絨毛で食物溝へ運ぶ²²⁻²⁶⁾。基底溝と食物溝では側位口溝へ運び, 近位口溝を経由して口まで運んで捕食する。このとき, 唇弁へ大量の懸濁物が運ばれた場合や大きな粒子が運ばれた場合には, 側位口溝へ運ばれずに, 唇弁の側壁でこれらを受け, 外縁 (唇弁襞側部) に運んで塊状にし, 擬糞として唇弁の外へ排出する。排出された擬糞は排出通路を経由して殻腔の外へ排出される。しかし, 大量の懸濁物の一部は唇弁の側壁を経由して近位口溝へと運ばれ, 口まで運んで捕食する。これら一連の懸濁物の輸送は全て絨毛運動で行っている²²⁻²⁶⁾。

要 約

リシケタイラギの鰓構造を調べた。リシケタイラギは他の二枚貝に見られない構造として, 外套膜には外套腔内に落下した異物を排出するための排出通路を備え, 出水口側には外套腺を備えていた。鰓葉は内葉と外葉の主鰓糸の間を鰓葉間連結棒で連結し, 隣接した主鰓糸と常鰓糸の間および各常鰓糸の間を鰓糸間連結膜で連結した Heterorhabdic pseudolamellibranch 構造を示した。

文 献

- 1) 岡田彌一郎: タイラギ (*Pinna japonica* Reeve) の解剖. 動雑, **26**, 15-20, 29-34, 57-60, 79-82 (1914)
- 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) 中村正人, 松井 魁, 網尾 勝: イケチョウガイ *Hyriopsis schlegeli* の解剖. 水大校研報, **13**, 61-74 (1963)
- 5) 山元憲一, 半田岳志: ムラサキイガイの鰓構造. 水大校研報, **61**, 123-142 (2013)
- 6) 山元憲一, 半田岳志: ムラサキインコの鰓構造. 水大校研報, **61**, 143-155 (2013)
- 7) 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)
- 8) 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)
- 9) 山元憲一, 半田岳志: マベの鰓と唇弁および消化管の構造. 水大校研報, **59**, 92-120 (2011)
- 10) 山元憲一, 半田岳志: ホタテガイの鰓構造. 水大校研報, **63**, 189-208 (2017)
- 11) 山元憲一, 半田岳志, 荒木 晶: ヒオウギガイの鰓構造. 水大校研報, **64**, 102-124 (2016)
- 12) 山元憲一, 半田岳志: マガキの鰓構造. 水大校研報, **61**, 190-210 (2013)
- 13) 山元憲一, 半田岳志: イタボガキの鰓構造. 水大校研報, **63**, 69-82 (2017)
- 14) 山元憲一, 半田岳志, 荒木 晶: アゲマキの鰓構造. 水大校研報, **64**, 86-101 (2016)
- 15) 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)

- 16) 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 (1997)
- 17) Bell T A, Lightner D V: A Handbook of Normal Penaeid Shrimp Histology. World aquaculture society, USA, 2 (1988)
- 18) 山元憲一, 半田岳志: カサガイ目と古腹足目の中腸腺細管の構造. 水大校研報, **59**, 121-148 (2011)
- 19) 山元憲一, 半田岳志, 西岡 晃: リシケタイラギの鰓換水量の直接測定法. 水産増殖, **53**, 291-296 (2007)
- 20) 山元憲一, 半田岳志, 那須博史: タイラギの外套腔内への底質の間隙水の浸入. 水大校研報, **56**, 233-235 (2008)
- 21) 山元憲一, 半田岳志, 近藤昌和, 中田安昭, 那須博史: リシケタイラギの外套腔内落下異物の排出. 水産増殖, **55**, 77-82 (2007)
- 22) 山元憲一, 半田岳志, 中田安昭, 那須博史: リシケタイラギの外套腔内落下異物の排出に及ぼす水温の影響. 水産増殖, **55**, 645-648 (2007)
- 23) Dufour SC, Beninger PG: A functional interpretation of the cilia and mucocyte distributions on the abfrontal surface of bivalve gills. *Mar Biol*, **138**, 295-309 (2001)
- 24) Ward JE, MacDonald BA, Thompson RJ, Beninger PG: Mechanisms of suspension feeding in bivalves: Resolution of current controversies by means of endoscopy. *Limnol Oceanogr*, **38**, 265-272(1993)
- 25) Ward JE, Newell RIE, Thompson RJ, MacDonald BA: In vivo studies of suspension-feeding in the eastern oyster, *Crassostrea virginica*. *Biol bull*, **186**, 221-240(1994)
- 26) 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)

Short forms used in the figures

AAM, anterior adductor muscle	前閉殻筋	LOC, left outer ctenidium	左外鰓
ABV, afferent branchial vein	入鰓靜脈	LOG, lateral oral groove	側位口溝
AN, anus	肛門	LP, labial palp	唇弁
BC, branchial cavity	鰓腔	LUL, left upper lip	上唇弁
BTI, based ciliated tract of inner lamina of inner ctenidium	内鰓内葉基底溝	MC, mantle cavity	外套腔
BTL, based ciliated tract of inner and outer laminae of ctenidia	内外鰓外内葉基底溝	MDL, mid-dorsal line	背側正中線
BTO, based ciliated tract of outer lamina of outer ctenidium	外鰓外葉基底溝	MG, mantle gland	外套腺
BY, byssus	足糸	MLM, middle lamella of mantle margin	外套膜緣中葉
CCM, ciliated canal of the mantle through which debris is passed out from the mantle chamber	排出通路	MT, mantle	外套膜
CL, cilium	纖毛	MV, microvilli	絨毛
CT, ctenidium	鰓	OA, oral aperture	口
DD, digestive diverticula	中腸腺	OF, ordinary filament	常鰓糸
EBV, efferent branchial vein	出鰓靜脈	OLI, outer lamina of inner ctenidium	内鰓外葉
EO, exhalent orifice	出水口	OLM, outer lamella of mantle margin	外套膜緣外葉
FCL, frontal cilia	前纖毛	OLO, outer lamina of outer ctenidium	外鰓外葉
FCM, inter-filament connecting membrane	鰓糸間連結膜	PAM, posterior adductor muscle	後閉殻筋
FFSM, fused border of front part of suspensory membrane	懸垂膜前部合着縁	PD, pallial fold	外套皺襞
FG, food groove	食物溝	PF, principal filament	主鰓糸
FIC, fused border of inner laminae of inner ctenidia	内鰓内葉合着縁	POG, proximal oral groove	近位口溝
FICB, fused border of inner laminae of inner ctenidia of both sides	左右内鰓内葉合着縁	RIC, right inner ctenidium	右内鰓
FOC, fused border of outer lamina of outer ctenidium	外鰓外葉合着縁	RLL, right lower lip	右下唇弁
FSM, front part of suspensory membrane	懸垂膜前部	ROC, right outer ctenidium	右外鰓
FT, foot	足	RUL, right upper lip	右上唇弁
ICB, inter-laminar connecting bar	鰓葉間連結棒	SBC, supra-branchial cavity	鰓上腔
ICV, inter-laminar connecting vessel	鰓葉間連結血管	SM, suspensory membrane	懸垂膜
ILI, inner lamina of inner ctenidium	内鰓内葉	VAI, longitudinal vessel running along the base of inner lamina of inner ctenidium	内鰓内葉基部縱走血管
ILM, inter lamella of mantle margin	外套膜緣内葉	VAO, longitudinal vessel running along the base of outer lamina of outer ctenidium	外鰓外葉基部縱走血管
ILO, inner lamina of outer ctenidium	外鰓内葉	VFCM, vessel of inter-filament connecting membrane	鰓糸間連結膜血管
IO, inhalent orifice	入水口	VFG, vessel of food groove	食物溝縱走血管
L, lip	唇	VICB, vessel of inter-laminar connecting bar	鰓葉間連結棒血管
LCL, lateral cilia	側纖毛	VM, visceral mass	内臟塊
LIC, left inner ctenidium	左内鰓	VOF, vessel of ordinary filament	常鰓糸血管
LLL, left lower lip	左下唇弁	VPF, vessel of principal filament	主鰓糸血管

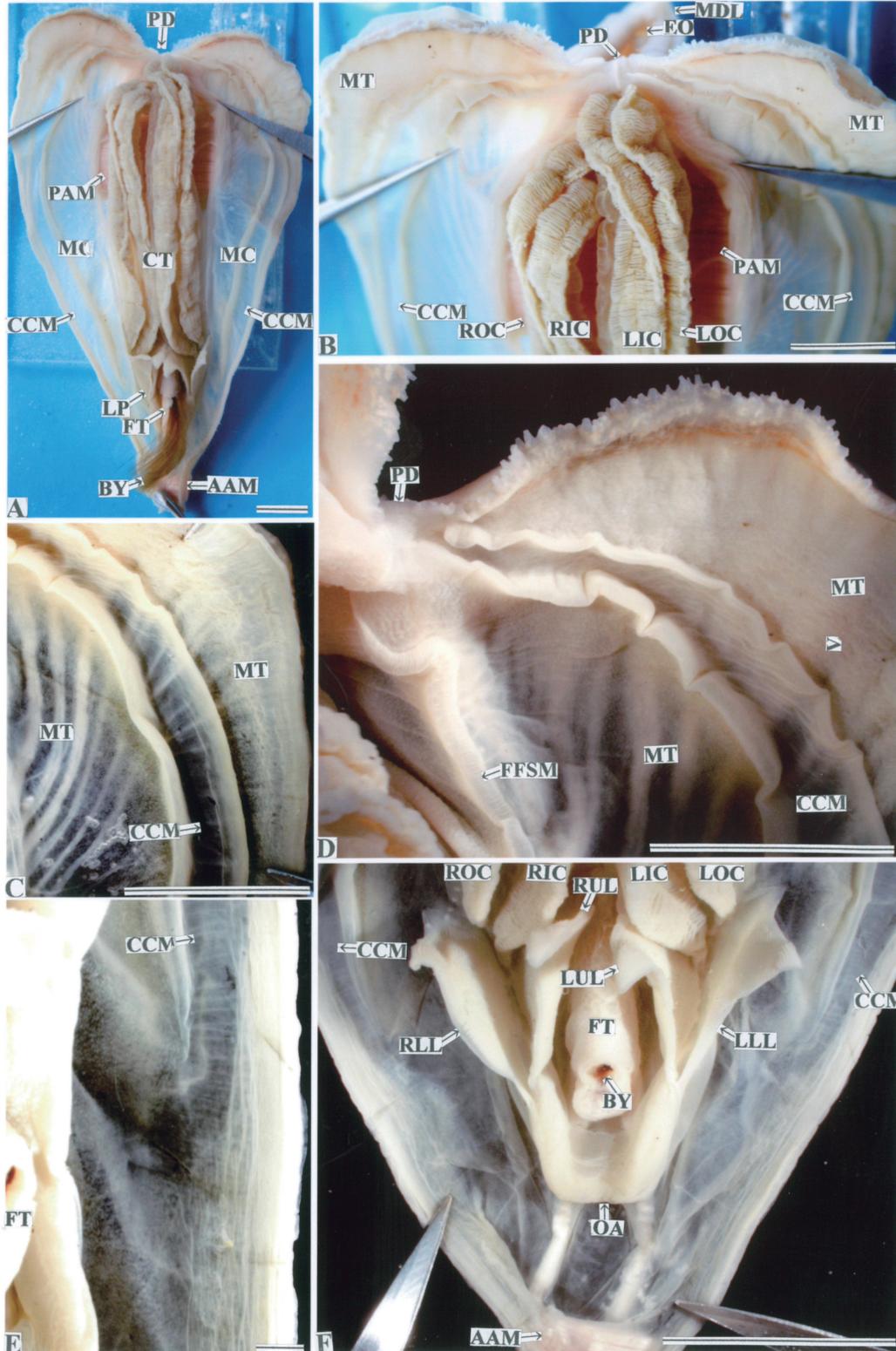


Fig. 1. Ventral side views of the soft part of the Pen shell *Atrina* (*Servatrina*) *lischkeana*. A, The whole soft part; B-E, Notice the ciliated canal of the mantle through which debris is passed out the mantle chamber (CCM); F, The labial palp of which foot is cut off. Bar in E = 100 μ m, and bars in other = 1 mm.

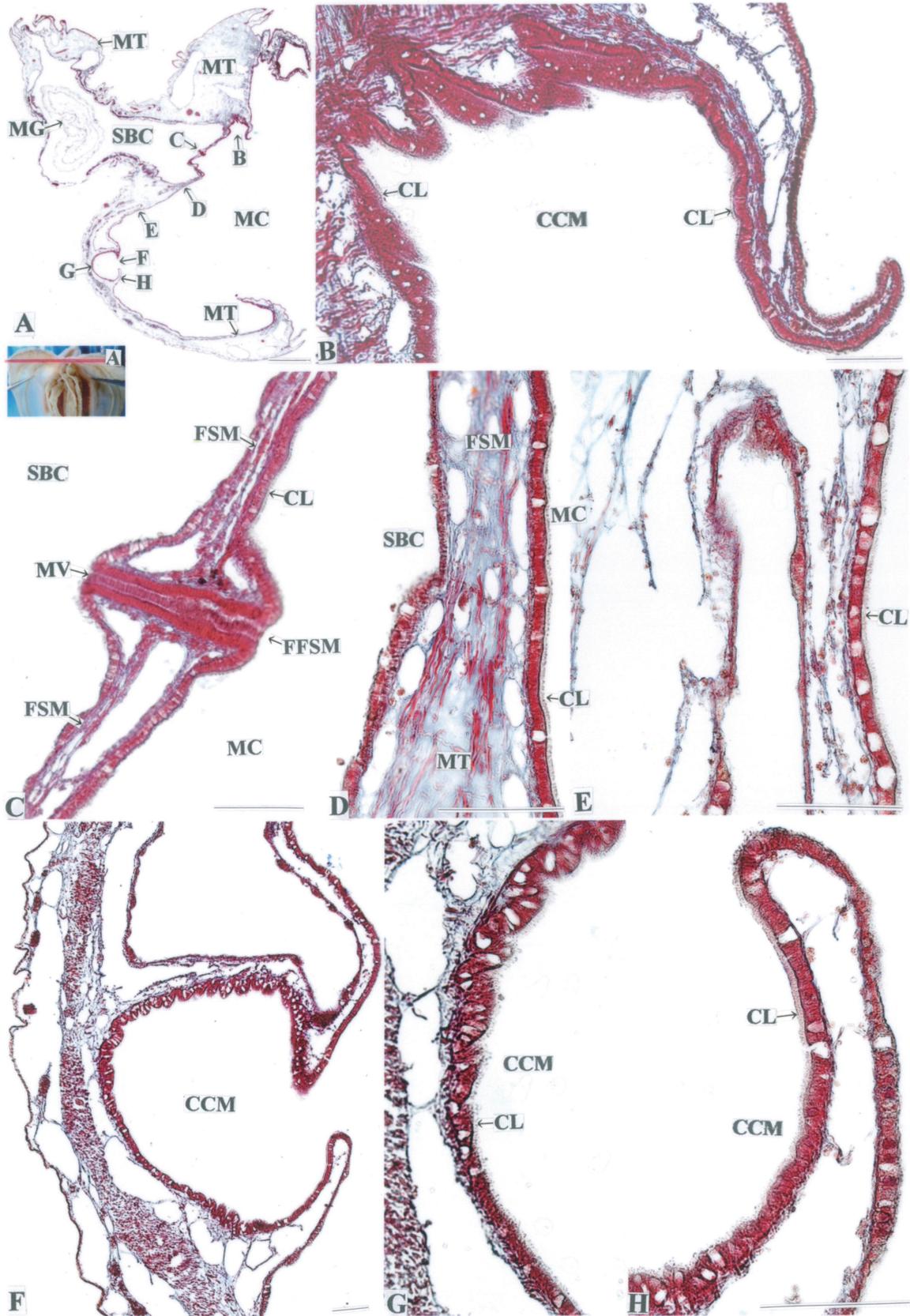


Fig. 2. Vertical section of the soft part near the site of the pallial fold of the Pen shell. Vertical red line in the upper left small figure shows the plane of section corresponding to figure A. B-G, magnified the parts of B-G in A. Azan staining. Bar in A = 1 mm, and bars in B-G = 100 μ m.



Fig. 3. Ventral views of the soft part near the site of the pallial fold of the Pen shell. A, Notice the fused border of front part of suspensory membrane; B-F, The fused border of front part of suspensory membrane separates into two; G and H, The exhalant orifice and the supra-brachial cavity; Arrows in B-G indicate the boundary of the ctenidium and the fused border of front part of suspensory membrane. Bars = 1 cm.

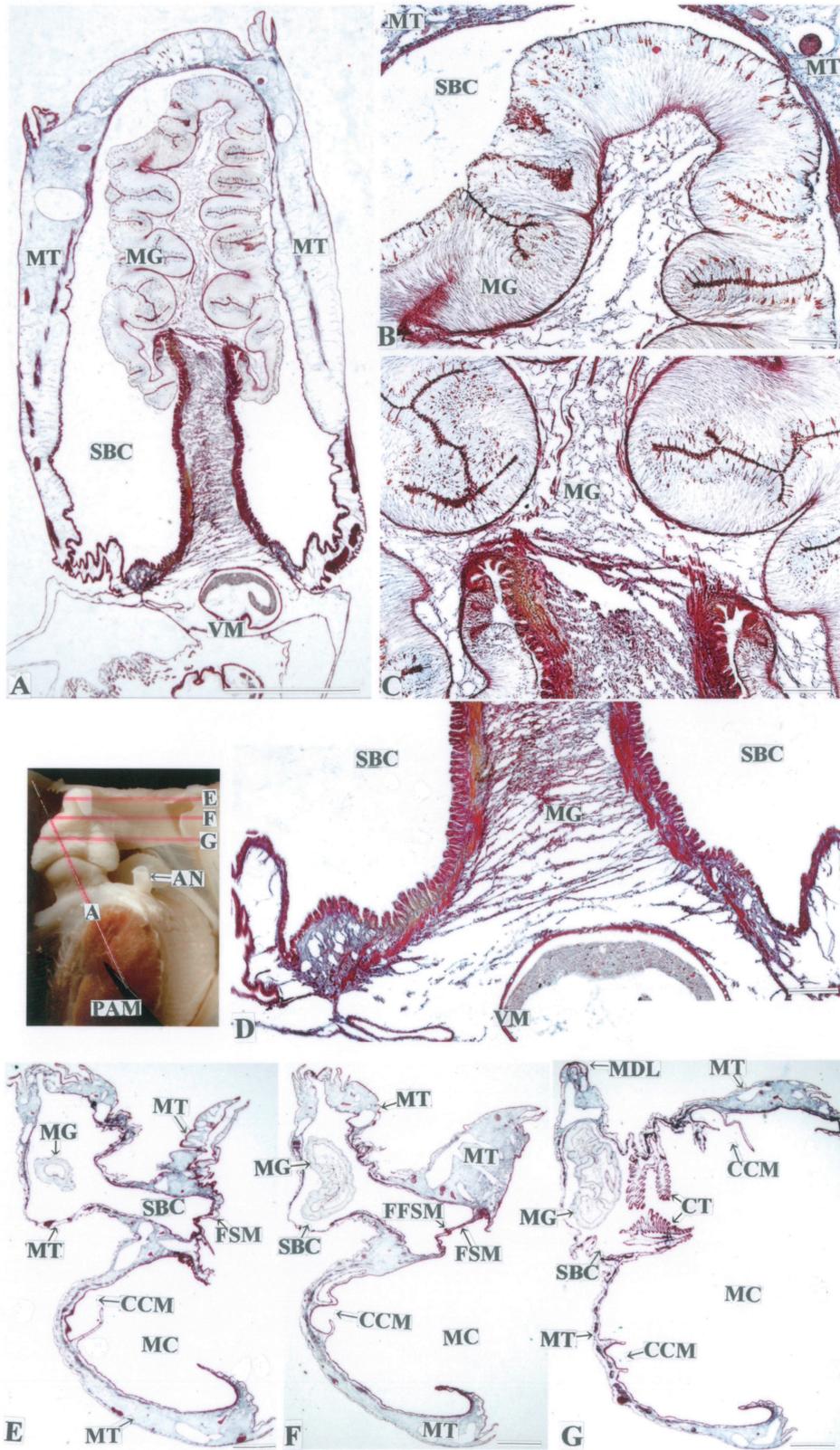


Fig. 4. Sections of the mantle gland of the Pen shell. Diagonal and vertical red lines in the left small figure show the planes of section corresponding to A-G figures. B-D show the magnified parts of A. Azan staining. Bars in A and E-G = 1 mm, and bars in B-D = 100 μ m.

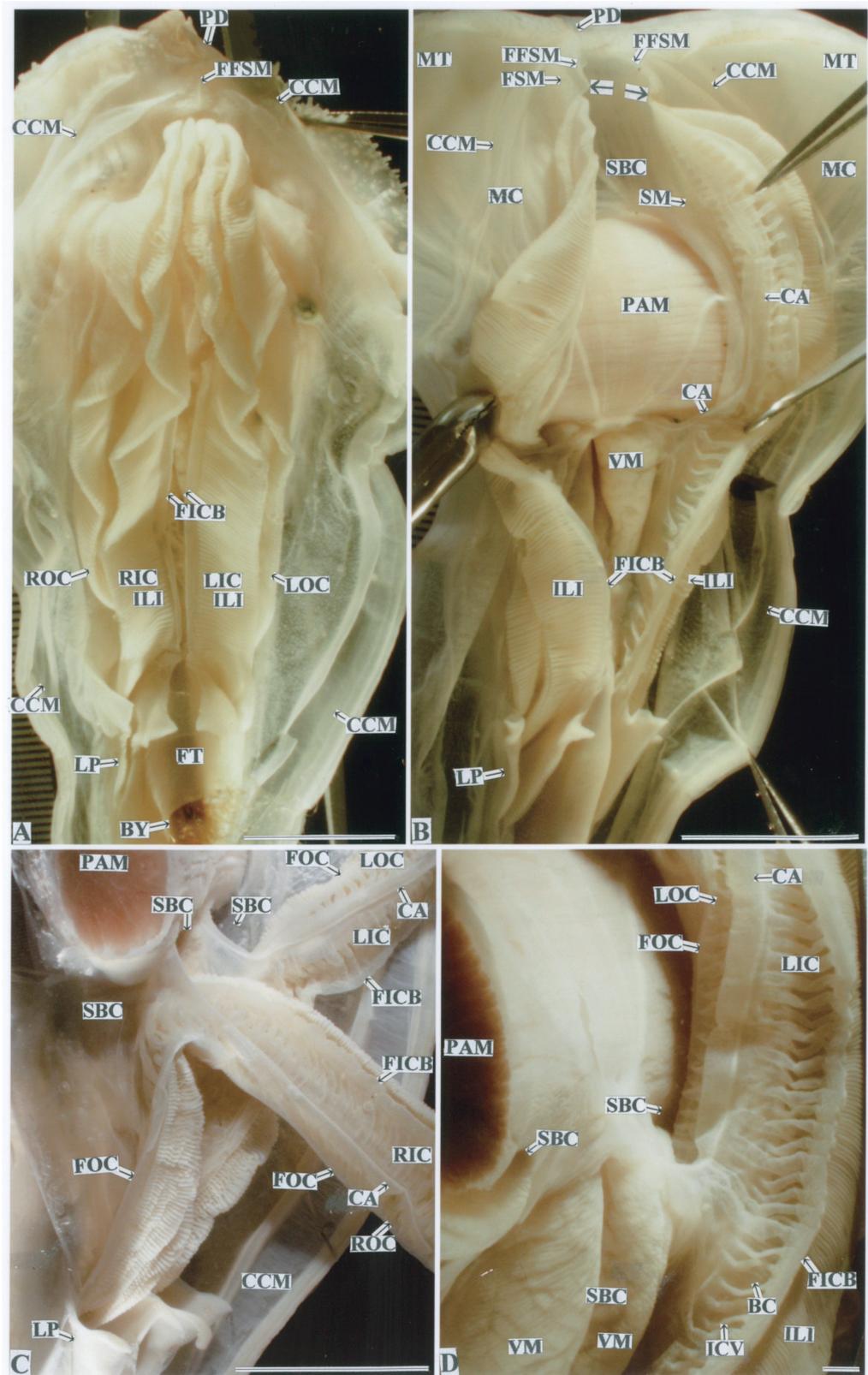


Fig. 5. Ventral views of the ctenidia of the Pen shell. A, The ventral view of the ctenidia; B, the abfrontal view of the ctenidia pulled apart; C and D, Notice the supra-branchial cavity and the ctenidia. Bars in A-C = 1 cm, and bar in D = 1 mm.

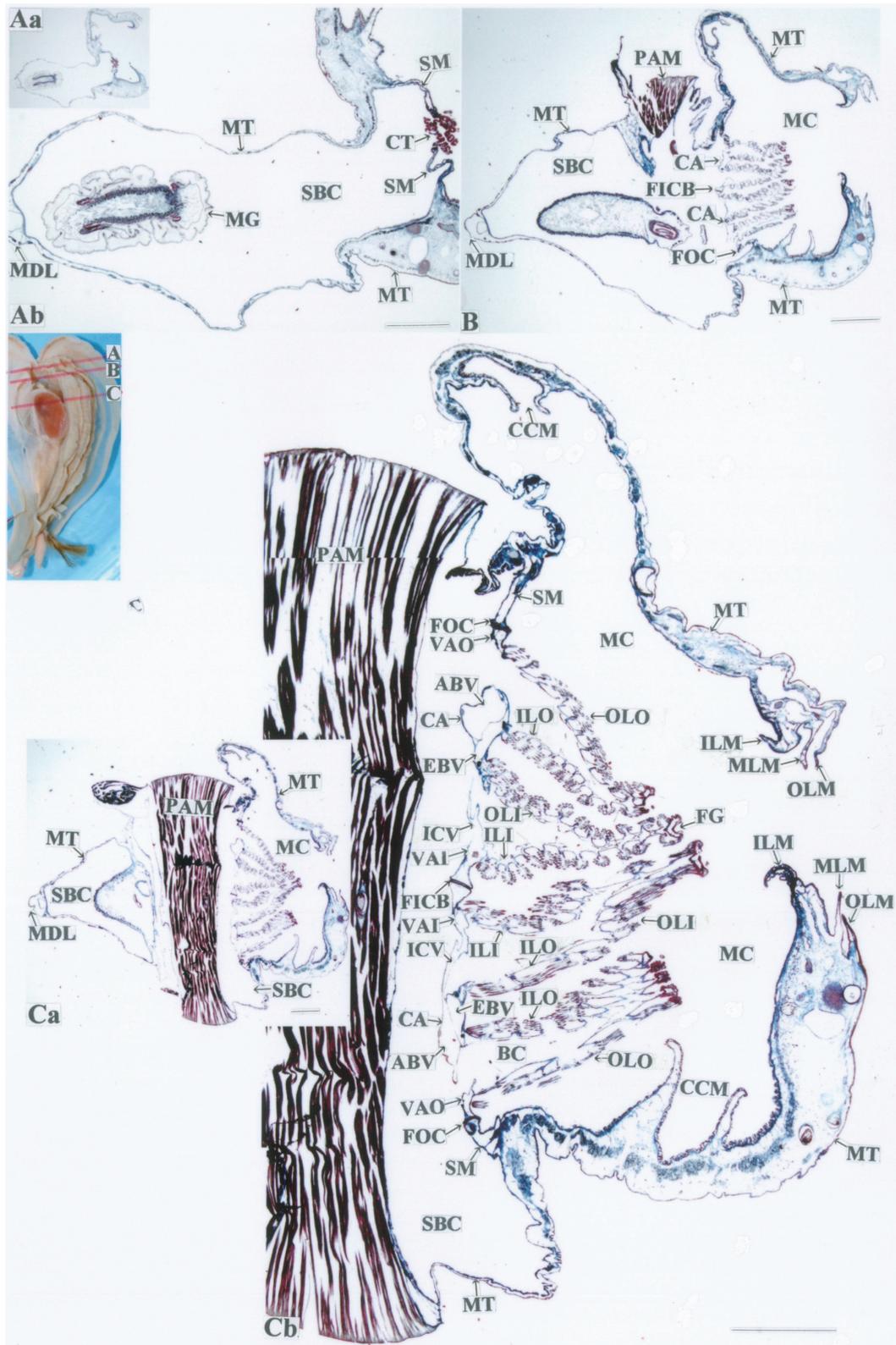


Fig. 6-1. Vertical sections of the tentacles between the pallial fold and the posterior adductor muscle of the Pen shell. Vertical red lines in the left small figure show the planes of section corresponding to A-C figures. Ab and Cb are extended figures of Aa and Ca, respectively. Azan staining. Bars = 1 mm.

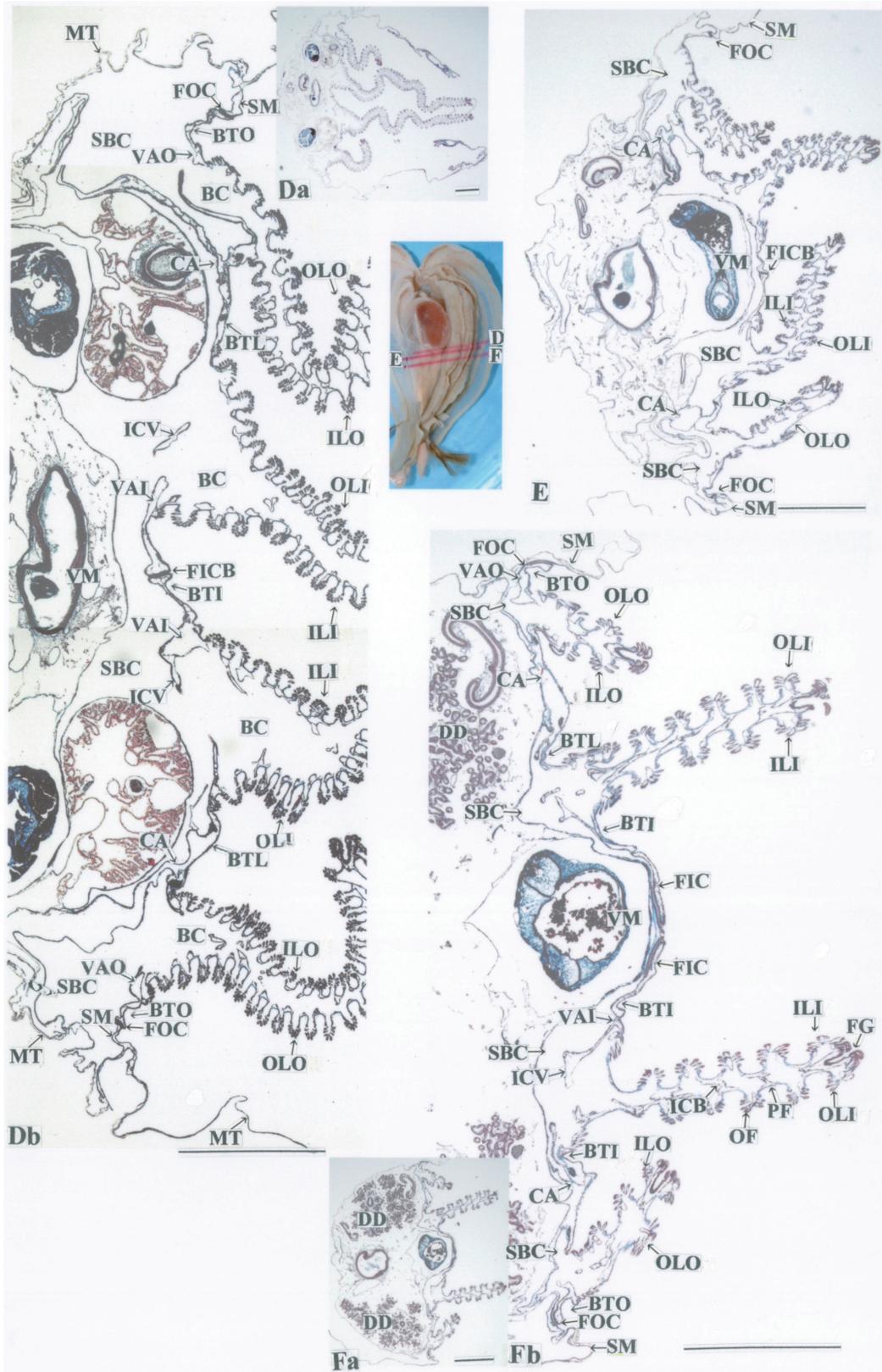


Fig. 6-2. Vertical sections of the ctenidia between the posterior adductor muscle and the visceral mass of the Pen shell. Vertical red lines in the central small figure show the planes of section corresponding to Da-Fa figures. Db and Fb are extended figures of Da and Fb, respectively. Azan staining. Bars = 1 mm.

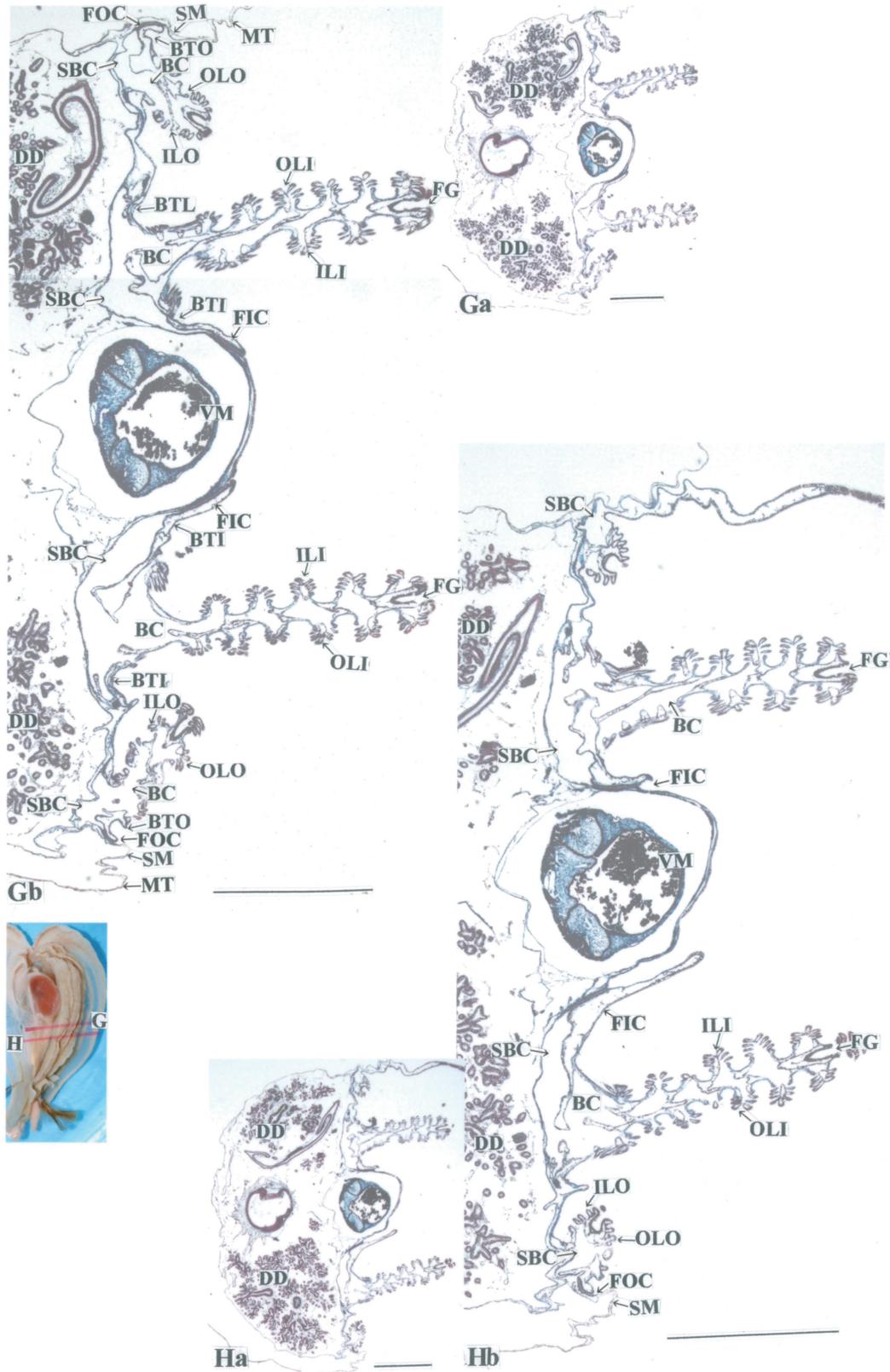


Fig. 6-3. Vertical sections of the ctenidia at the visceral mass of the Pen shell. Vertical red lines in the lower left small figure show the planes of section corresponding to G and H figures. Gb and Hb are extended figures of Ga and Ha, respectively. Azan staining. Bars = 1 mm.

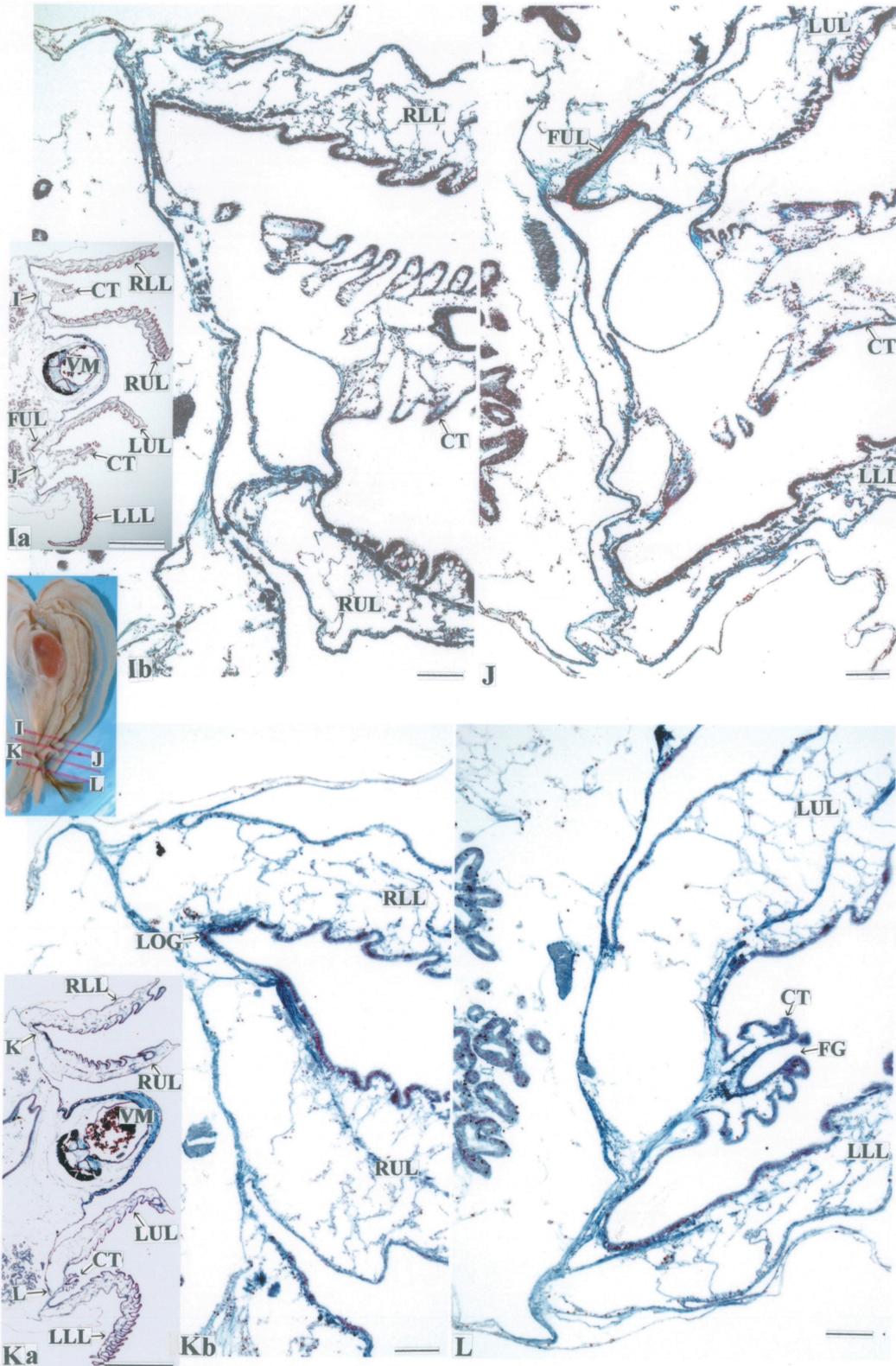


Fig. 6-4. Vertical sections of the ctenidia near the site of the labial palp of the Pen shell. Vertical red lines in the middle small figure show the planes of section corresponding to I-L figures. Ib and Kb are extended figure of Ia and Ka, respectively. Azan staining. Bars in Ia and Ka = 1 mm, and bars in Ib, J, Kb and L = 100 μ m.

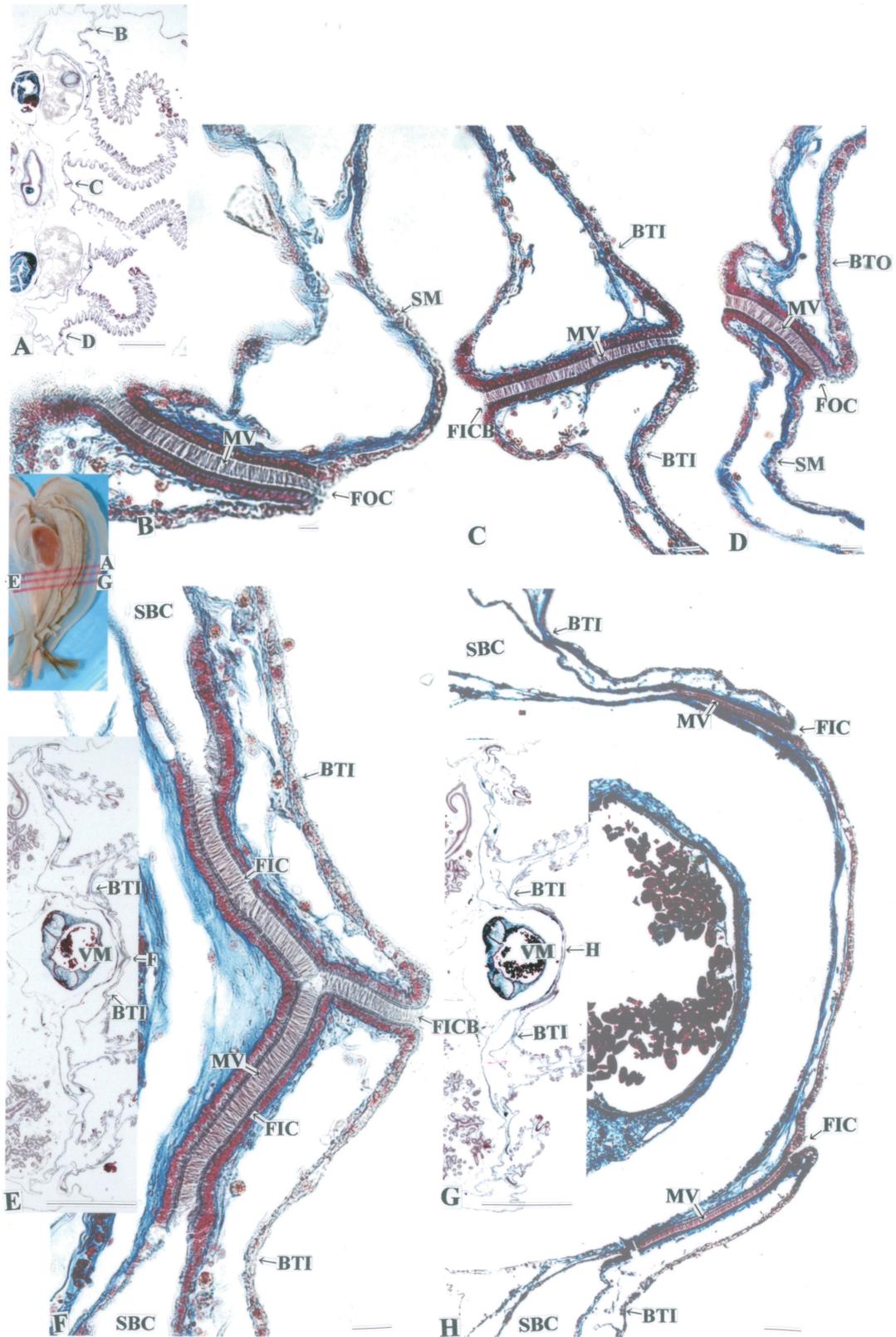


Fig. 7. Vertical sections of the ctenidia near the site of the visceral mass of the Pen shell. Vertical red lines in the middle small figure show the planes of section corresponding to A, E and G figures. B-D are extended the parts of B-D in A, respectively, and F the part of F in E and H the part of H in G. B and D, Notice the fused border of outer lamina of outer ctenidium; C and F, Notice the fused border of inner laminae of inner ctenidia of both sides; H, Notice the fused border of inner laminae of inner ctenidia. Azan staining. Bars in A and E = 1 mm, and bars in other = 100 μm.

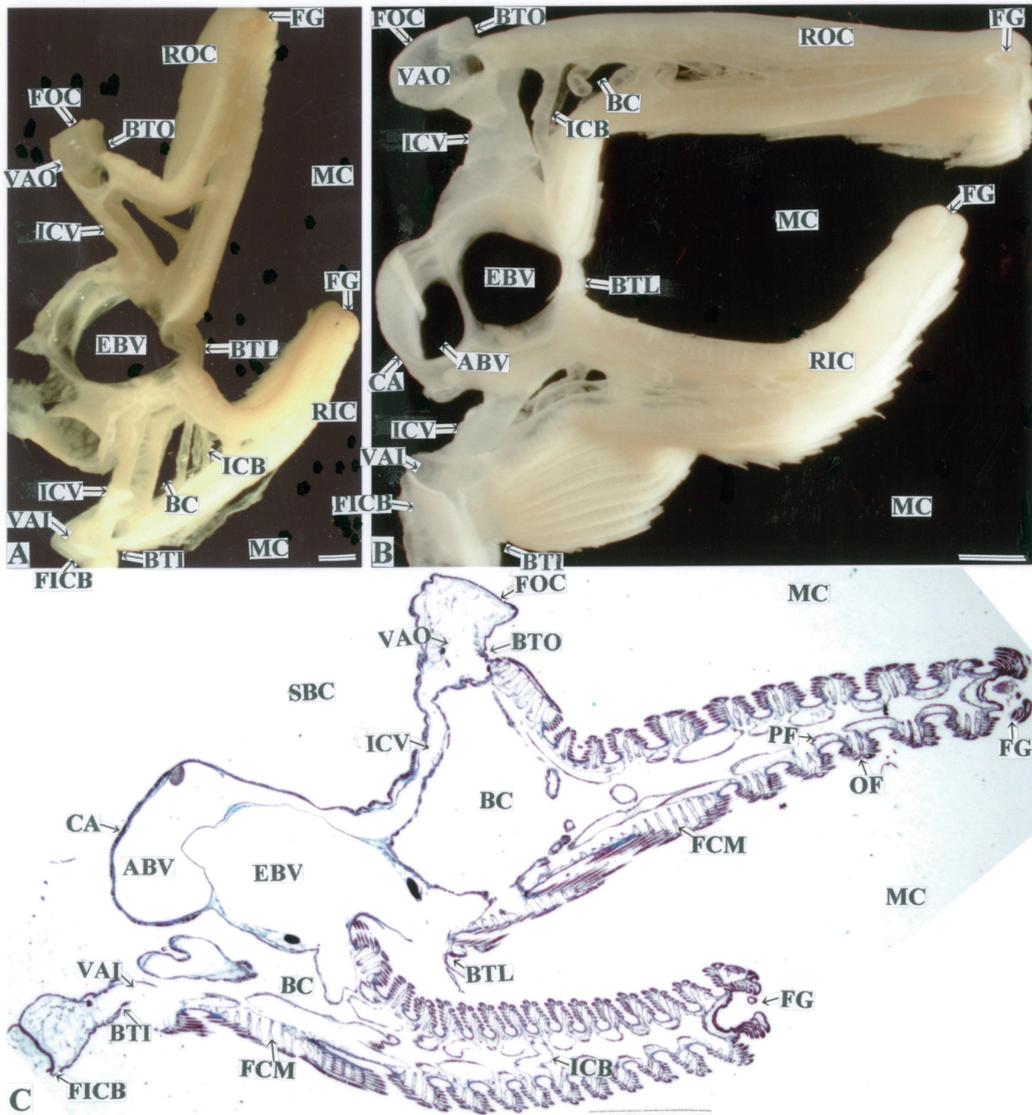


Fig. 8. Vertical views and section of the ctenidium of the Pen shell. A and B, Parts of the ctenidium; C, Ctenidium section dyed with the Azan. Bars = 100 μ m.



Fig. 9. Vertical views of the ctenidium parts of the Pen shell. A and B, Notice the inter-laminar connecting bar of ctenidium; C, The inside view after removal of one side of laminae. Bars = 1 mm.

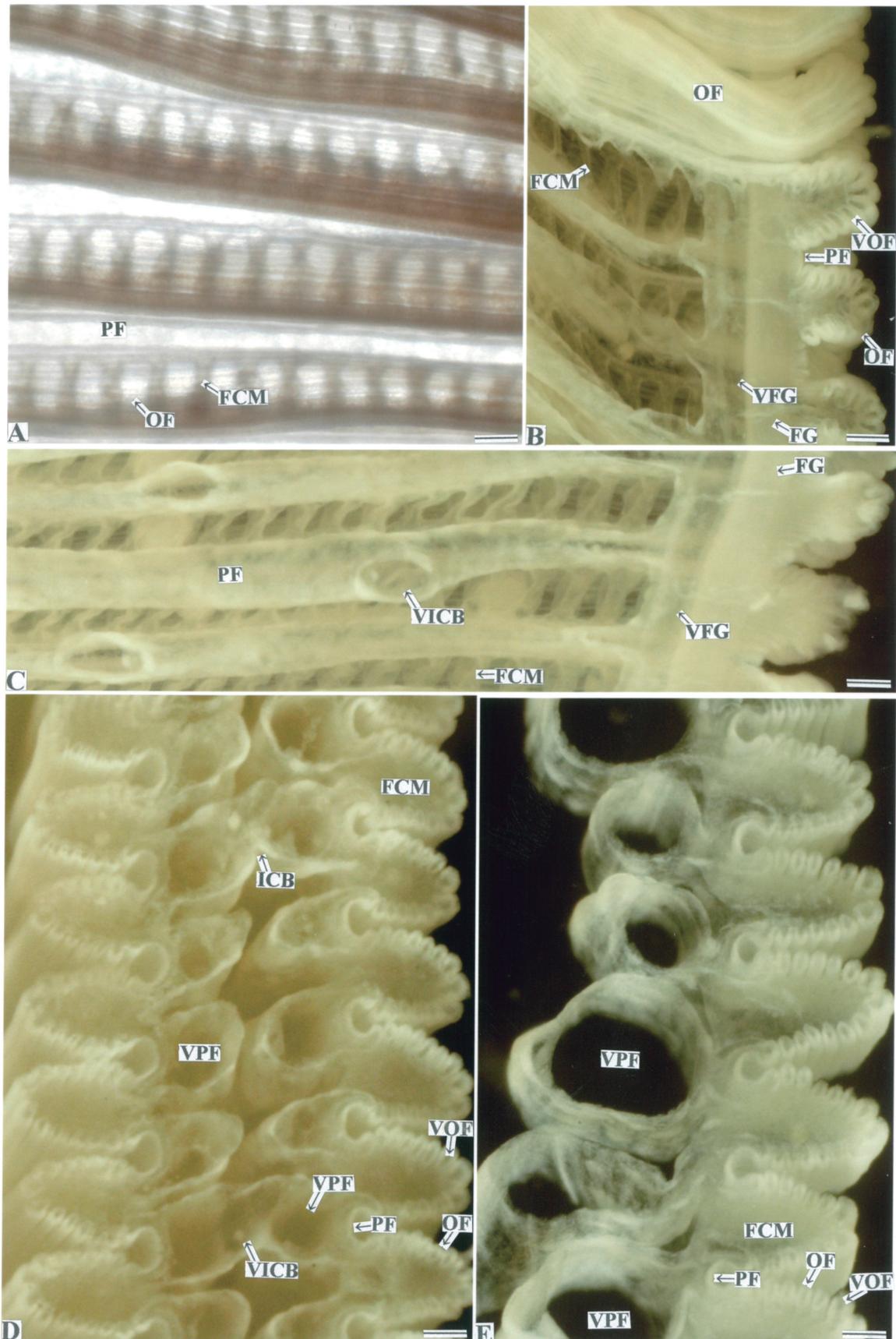


Fig. 10. The tentacle lamina of the Pen shell. A, Surface of the lamina; B and C, The inside views of the laminae after removal of one side of laminae; D and E, Cross sections of the tentacle lamina. Bars = 100 μ m.

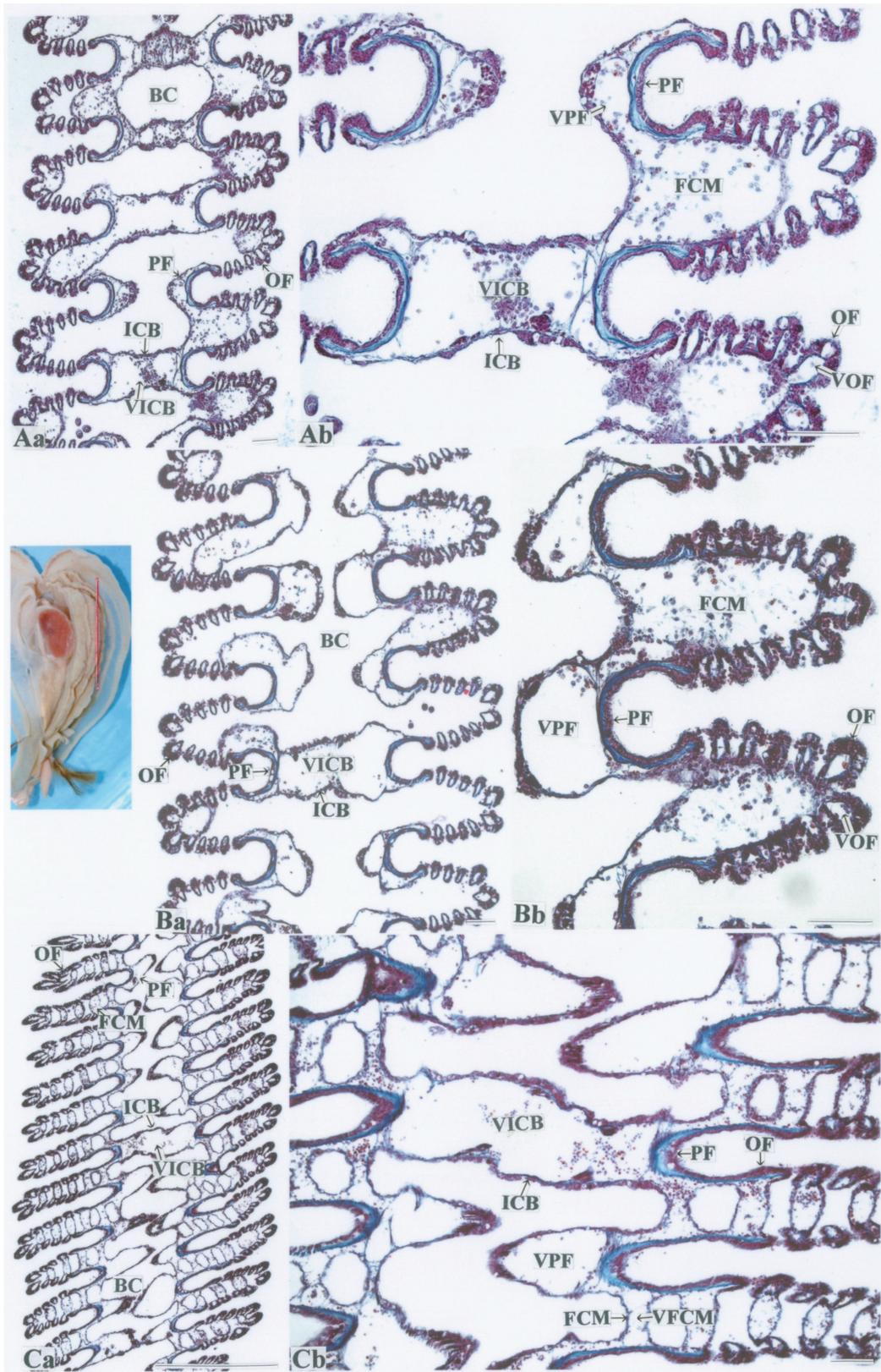


Fig. 11. Cross sections of the lamina of the Pen shell. Vertical red line in the middle left small figure shows the plane of section. Ab, Bb and Cb are extended figures of Aa, Ba and Ca, respectively. Azan staining. Bar in Ca = 1 mm, and bars in other = 100 μm.

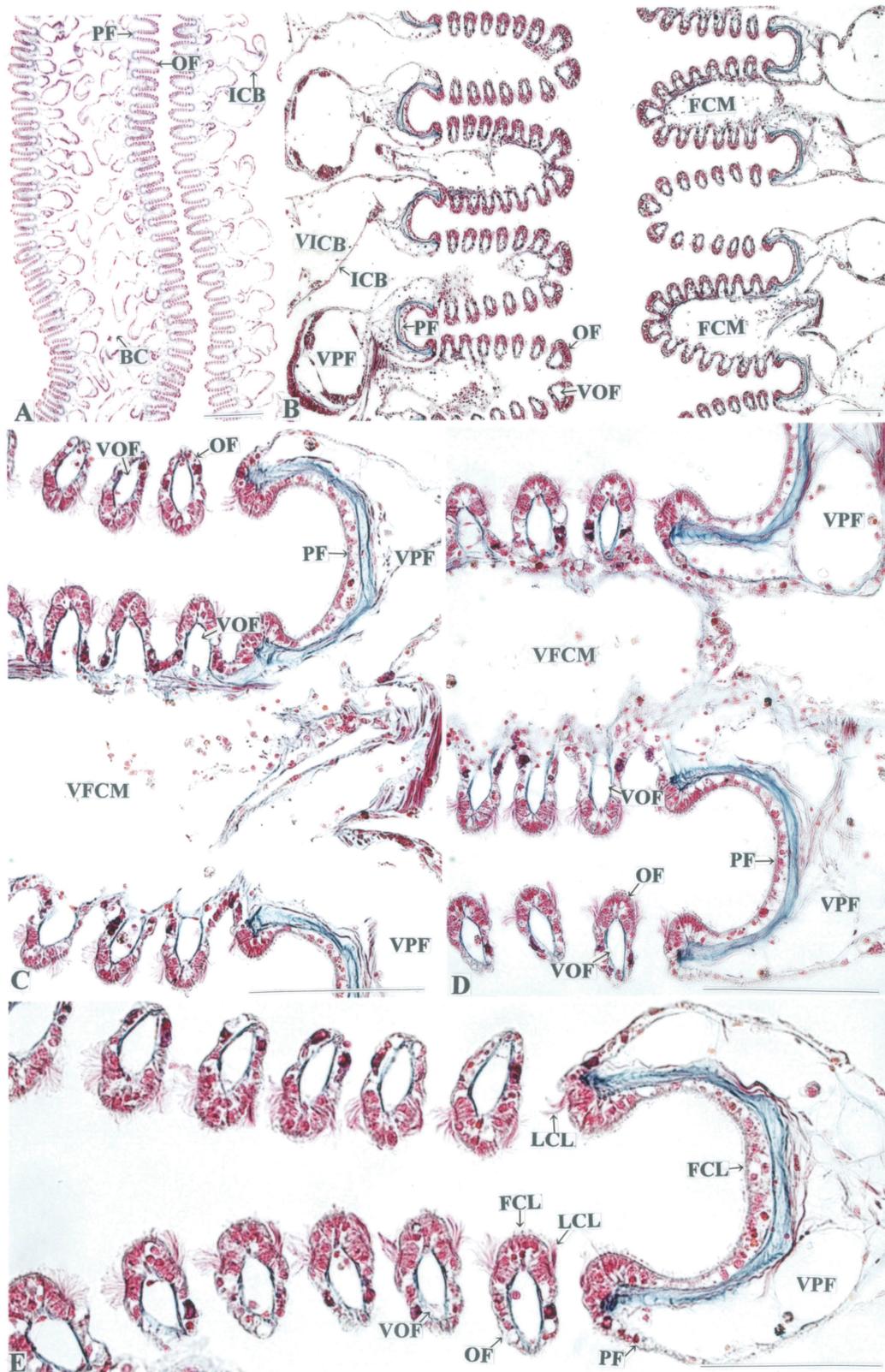


Fig. 12. Cross sections of the lamina of the Pen shell. B-E are magnified A. Azan staining. Bar in A = 1 mm, and bars in B-E = 100 μm.

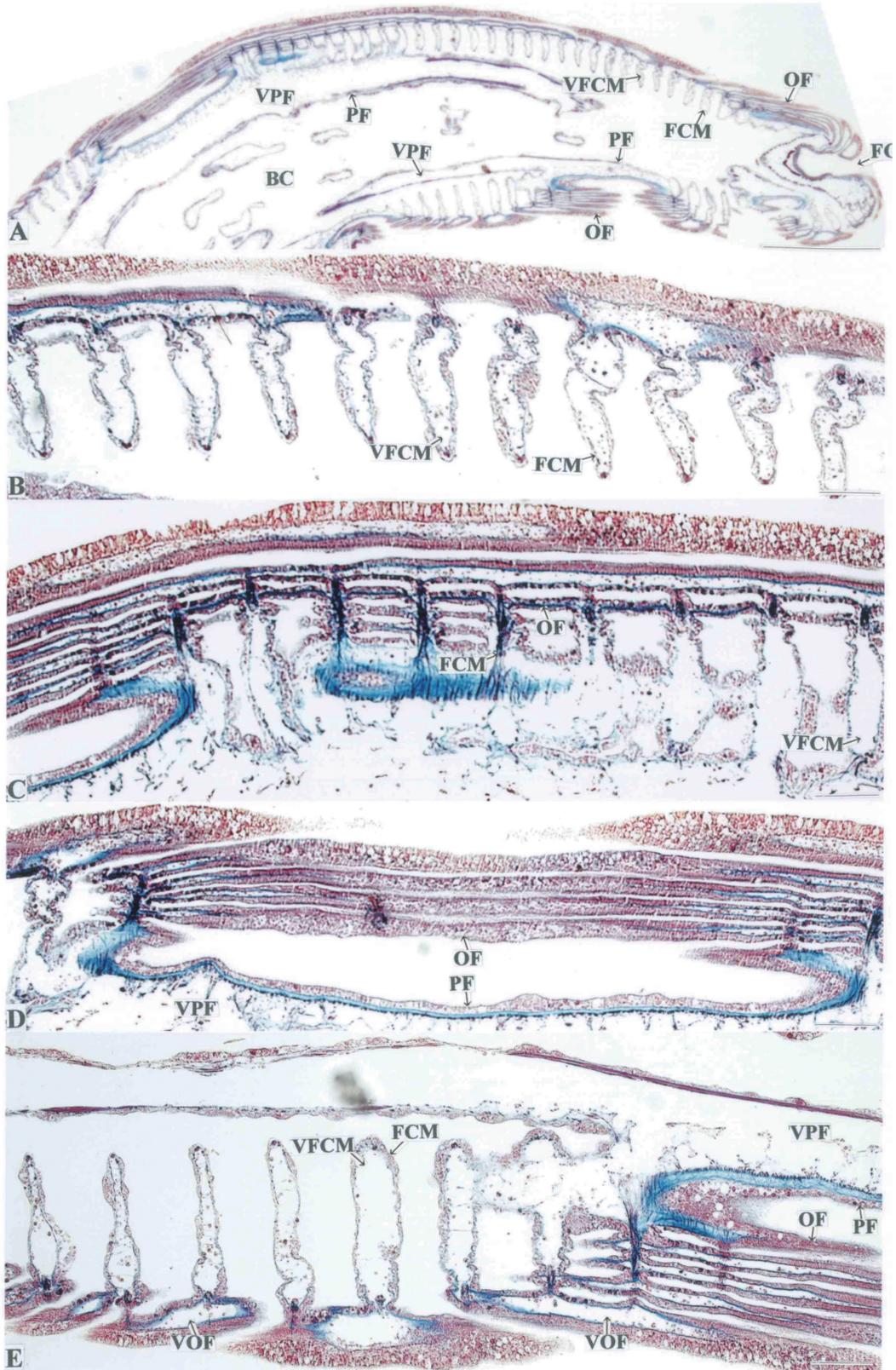


Fig. 13. Vertical and horizontal sections of the lamina of the Pen shell. A and B, Vertical sections; C-E, Horizontal sections. Azan staining. Bars = 100 μ m.

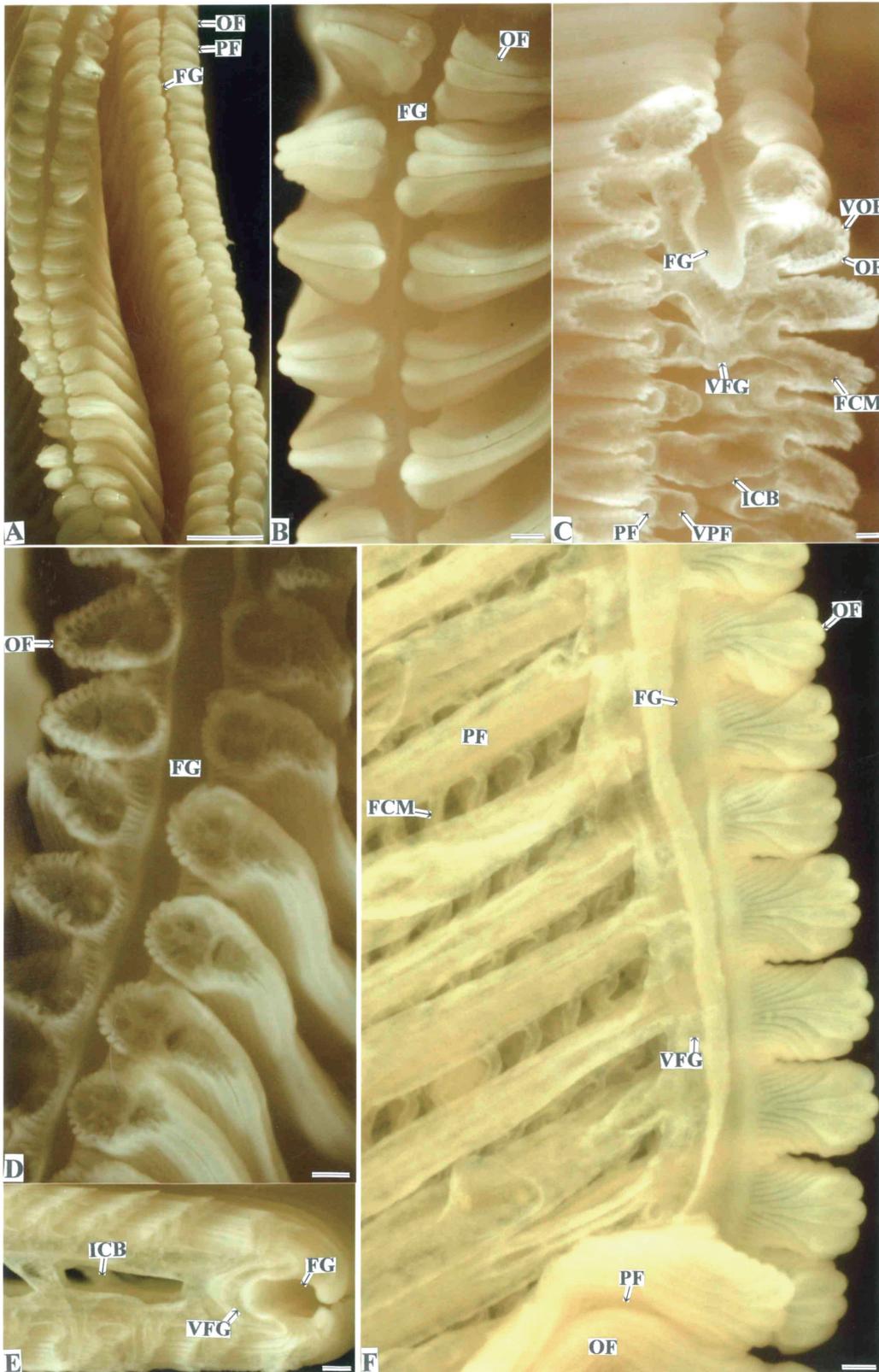


Fig. 14. Food groove of the Pen shell. A and B, Vertical views of the food groove surface; C, Oblique section of the food groove; D, Cross section of the food groove; E, Vertical section of the food groove; F, The inside view of the food groove after removal of one side of laminae. Bar in A = 100 μ m, and bars in B-F = 10 μ m.

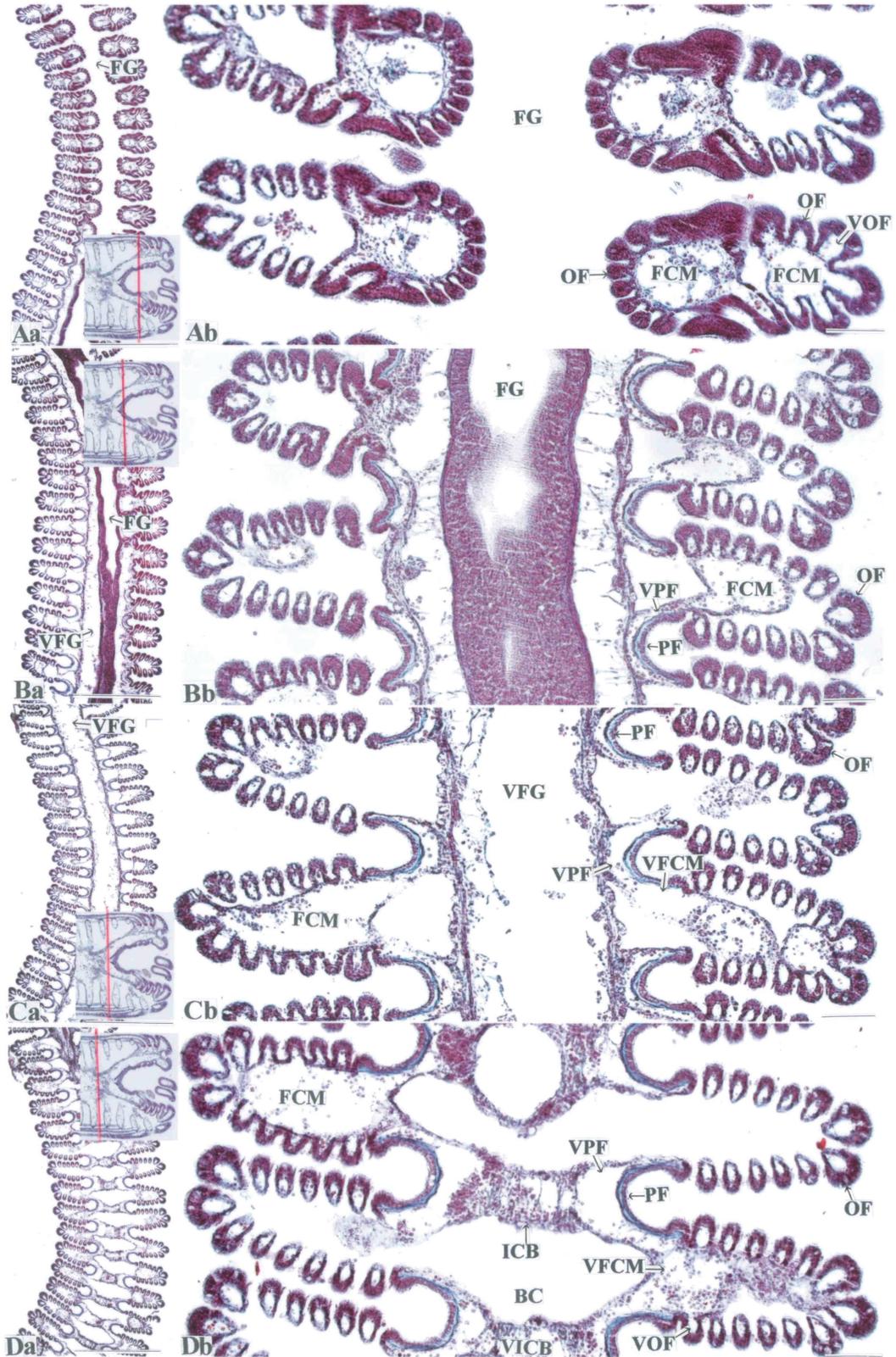


Fig. 15. Cross sections of the distal portions of the laminae of the Pen shell. Vertical red lines in the left small figures show the planes of the respective distal portions of the laminae. Ab, Bb, Cb and Db are extended figures of Aa, Ba, Ca and Da, respectively. Azan staining. Bars in Aa, Ba, Ca and Da = 1 mm, and bars in Ab, Bb, Cb and Db = 100 μ m.

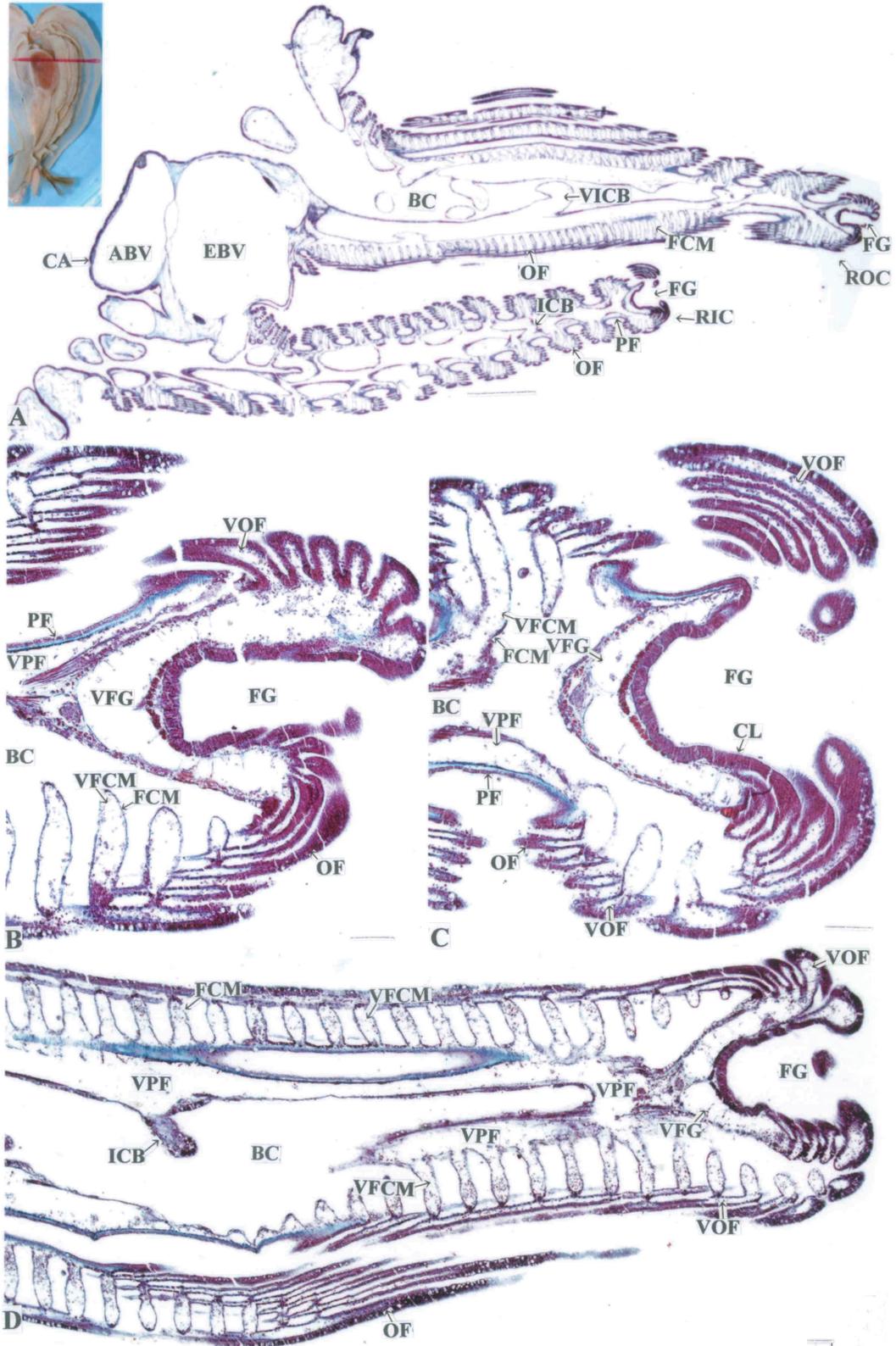


Fig. 16. Vertical section of the food groove of the Pen shell. Horizontal red line in the upper small figure shows the plane of the distal portion of the laminae. B and C are extended figure of A. A, Right ctenidium; B, Right outer ctenidium; C, Right inner ctenidium; D, left ctenidium. Azan staining. Bar in A = 1 mm, and bars in B-D = 100 μ m.

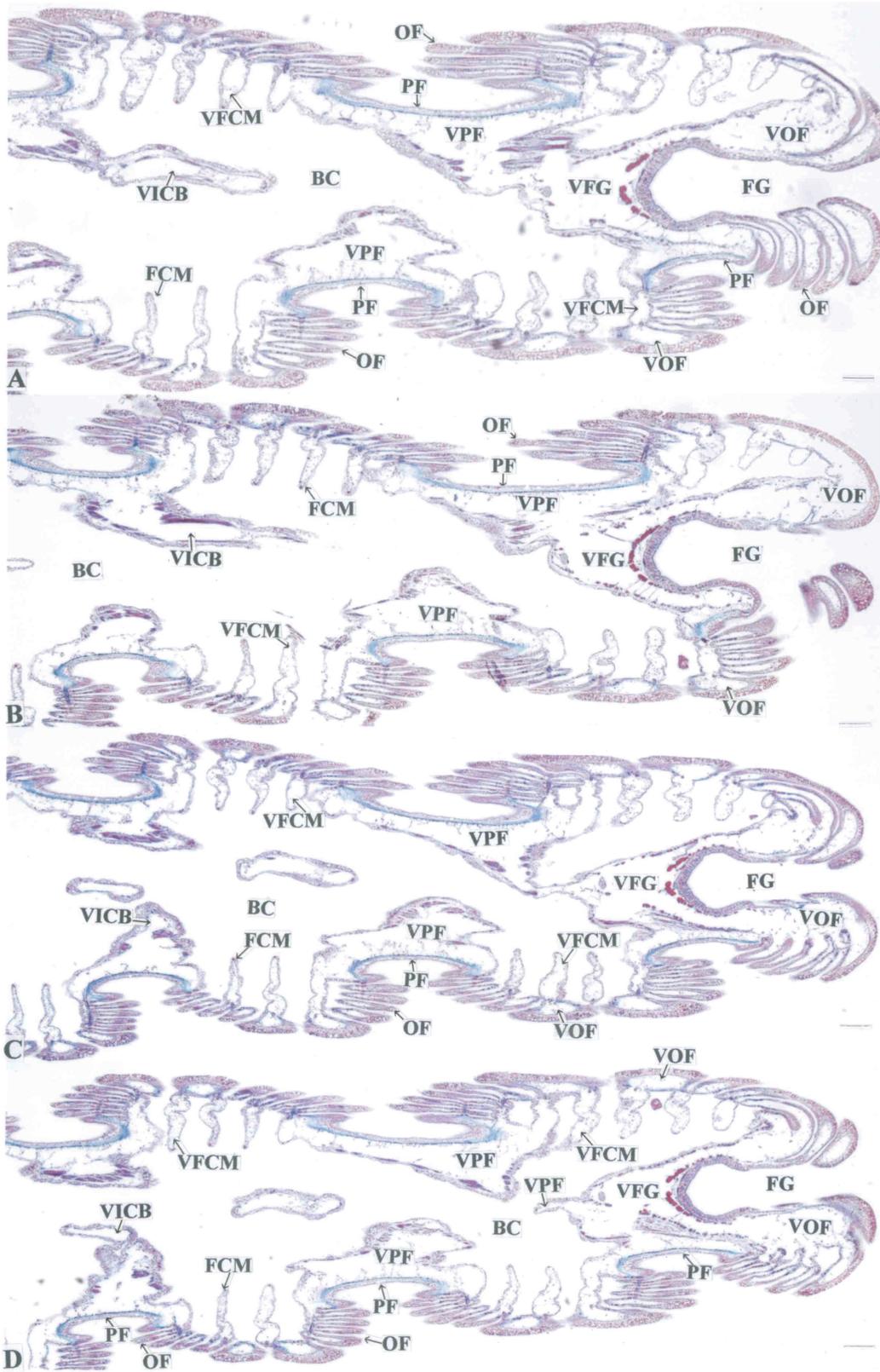


Fig. 17. Vertical sections of the food groove of the Pen shell. Azan staining. Bars = 100 μ m.

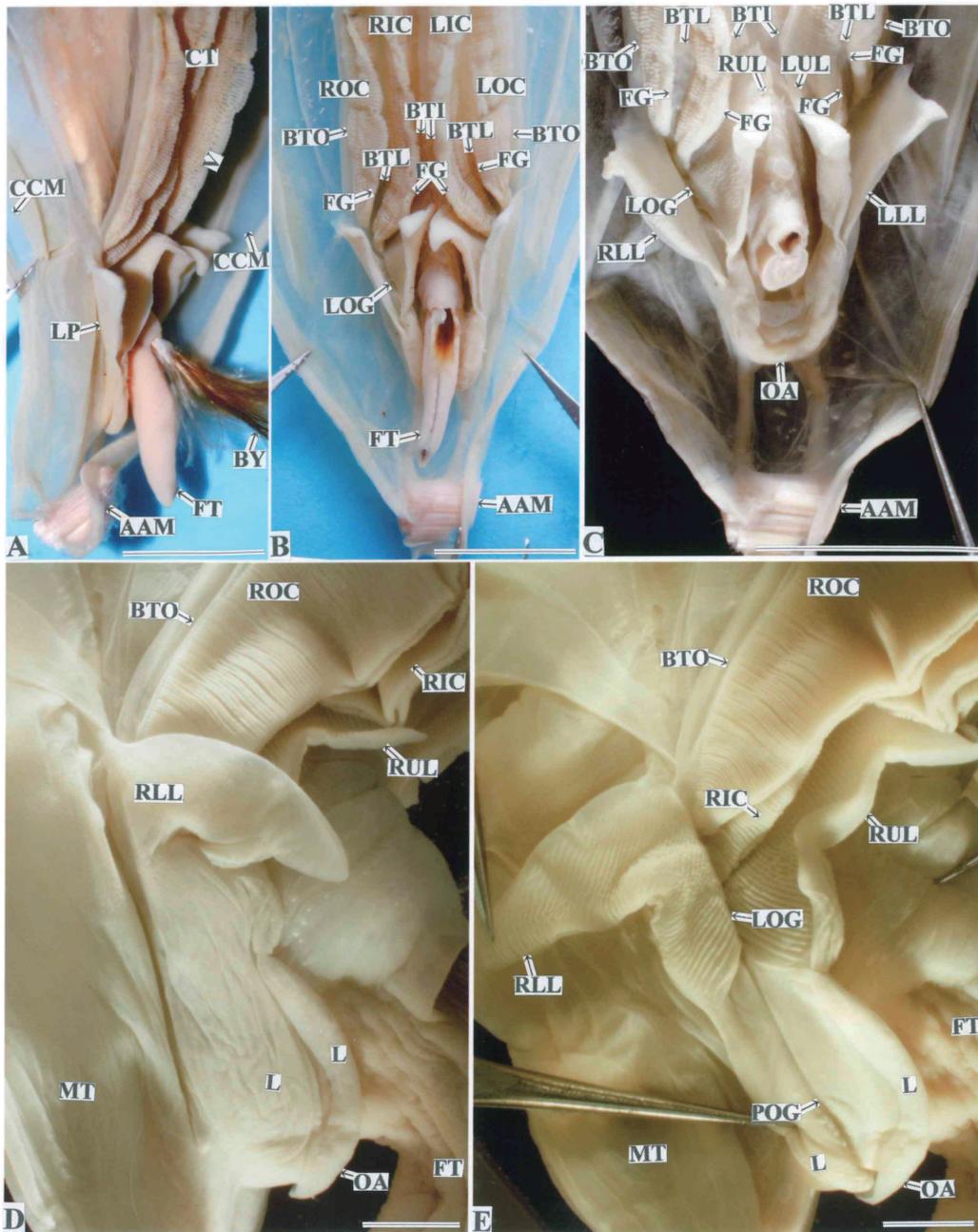


Fig. 18. The labial palp of the Pen shell. A and D, Right side view of the labial palp; B, Ventral view of the labial palp; C, Ventral view of the labial palp after removal of the foot; E, Inside view of the labial palp. Bars in A-C = 1 cm, and bars in D and E = 1 mm.

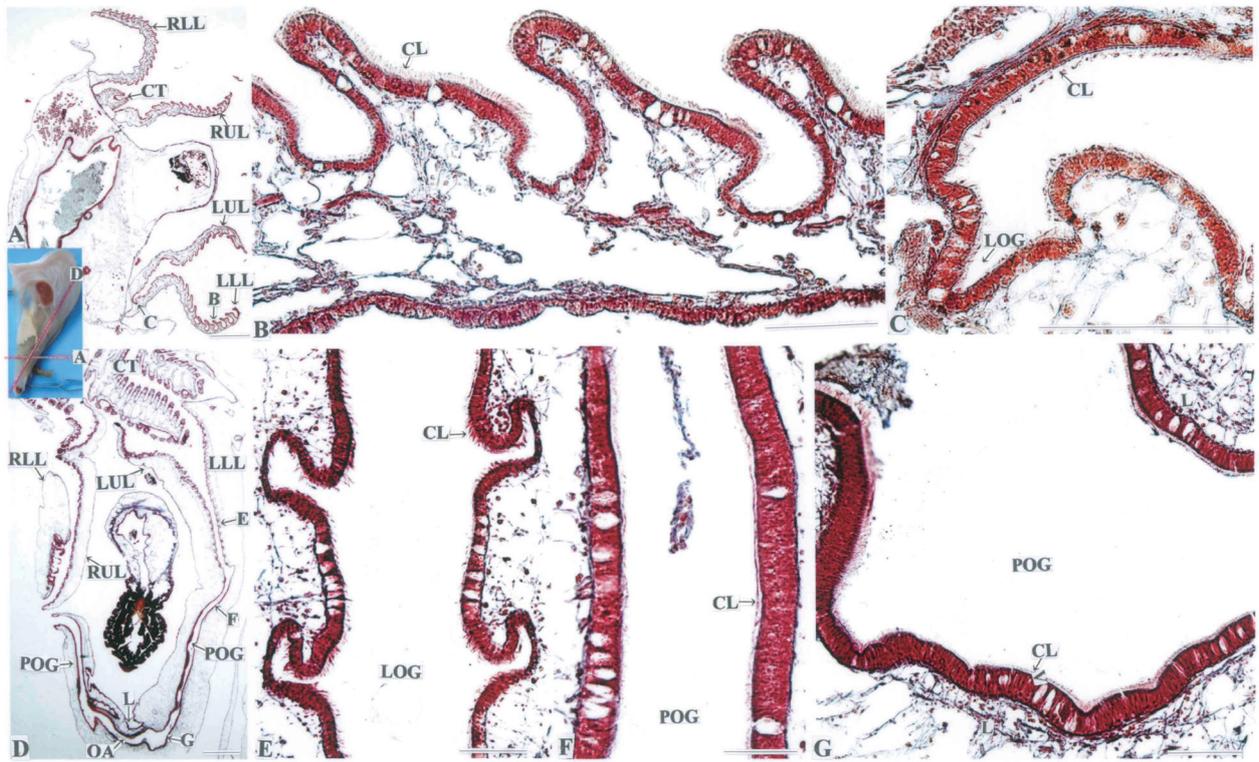


Fig. 19. Vertical and oblique sections of the labial palp of the Pen shell. Vertical and oblique red lines in the middle left small figure show the planes of section corresponding to figure A and D. Figures A and D are extended to B and C, and to E-G, respectively. Azan staining. Bars in A and D = 1 mm, and bars in other = 100 μ m.