

ヒオウギの鰓構造

山元憲一・半田岳志[†]・荒木 晶

Anatomical Structure of Ctenidium of the Noble Scallop *Mimachlamys nobilis*

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

Abstract : The structure of the ctenidium of the Noble scallop *Mimachlamys nobilis* was examined. The border of the inner lamina of outer ctenidium and the outer lamina of inner ctenidium was fixed on the adductor muscle with the suspensory membrane of filament. The outer lamina of inner ctenidium and the inner lamina of outer ctenidium were reinforced with the dorsal respiratory expansion. Both the fused border of inner lamina of inner ctenidium and the fused border of outer lamina of outer ctenidium had the structure with which they were possible to peel off at high water pressure. The mouth was covered with the well developed lobe of lip-apparatus. The gill type showed the heterorhabdic filibranch. The principal filaments between inner and outer lamina were joined with the inter-laminar connecting membrane. The principal filament and the ordinary filament, and the adjacent ordinary filaments were connected with the ciliary discs.

Key words : Noble scallop; dorsal respiratory expansion; heterorhabdic filibranch; inter-laminar connecting membrane; lobe of the lip-apparatus; suspensory membrane.

緒 言

二枚貝の鰓の構造は、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 *P. 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* で報告されている¹⁻⁴⁾。

著者らは、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 *P. margaritifera*, マベ *Pteria penguin*, カキ目イタボガキ科のマガキ *Crassostrea gigas*, イタボガキ *Ostrea denselamellosa* およびミノガイ目イタヤガイ科のホタテガイ *Patinopecten yessoensis* の鰓の構造を解剖学的に明らか

にしてきた⁵⁻¹²⁾。本研究では、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、カキ目イタヤガイ科のヒオウギ *Mimachlamys nobilis* の鰓の構造を解剖学的に明らかにした。なお、分類は奥谷¹³⁾に従った。

材料および方法

実験には、殻長 86.1 ± 5.0 mm (平均値 \pm 標準偏差, 以降同様に表す), 殻高 88.0 ± 5.1 mm, 殻幅 33.7 ± 1.3 mm, 体重 102.7 ± 11.8 g のヒオウギ 16 個体を用いた。ヒオウギは、長崎県平戸市の養殖場より入手し、生海水の注水下で 1 週間畜養した後、実験に用いた。畜養後のヒオウギは、約 0.4M の塩化マグネシウム水溶液¹⁴⁾ に 2 ~ 4 時間浸漬して軟体

部を伸展させた後 Davidson 液¹⁵⁾で固定し、実体顕微鏡で鰓の構造を観察した。

結果および考察

ヒオウギは、空中に放置するとホタテガイ¹²⁾と同様に、殻を大きく開け、鰓(CT)が左右に離れて、それぞれが殻に貼り付いて閉殻筋(AD)や内臓塊(VM)を露出させた(Fig. 1)。この状態のヒオウギを海水に戻すと、外套膜(MT)と鰓を徐々に伸展させ、外套膜の左右および内鰓内葉の左右をそれぞれ接着させることによって入水口(IO)と出水口(EO)を構築して、鰓換水を開始した(Fig. 2)。鰓換水を行っているヒオウギの殻を突いて刺激すると、殻を更に開けて殻腔内に海水を吸入し、この状態で短く静止した後、外套膜の一部を開きながら一気に殻を閉じて、殻腔の外へ海水を激しく噴出させた(Figs. 3-1; 3-2; 3-3)。噴出は、前側(Fig. 3-1)、腹側(Fig. 3-2)あるいは後側(Fig. 3-3)に、任意に方向を定めて行った。

外套膜

ヒオウギは、海水中では殻を大きく開け、左右の外套膜の縁辺部を接触させ、縁辺部の一部を開いて入水口と出水口を構築して、鰓換水を行っていた(Fig. 2)。Davidson 液で固定して、殻を除去した観察からも、左右の外套膜の縁辺部を接触させる様子が確認された(Fig. 4B-D)。外套膜の縁辺部は内側に屈曲し、大きく殻腔へ張り出していた(Fig. 4E)。外套膜の横断面から、殻腔へ大きく張り出した部分は外套膜内層(IF)であることが分かる(Fig. 4F-L)。このように内向きに張り出した外套膜内層は、海水を噴出する際に生じる殻腔内の水圧を外套膜で受動的に受け止めて、外套膜を開いている部分だけから海水を噴出させる上で有効な機能を発揮していると推測される。

鰓葉

殻の片方を除去して観察すると、外鰓外葉(OLO)の基部(外鰓外葉合着縁, FOC)は、外套膜と接触しただけの構造で、外套膜と接着していなかった(Figs. 5D-F; 6A, C, D; 7A-C; 8A-D; 9A, B)。内鰓内葉の基部(内鰓内葉合着縁, FIC)も、左右の内鰓内葉の基部がお互いに接触した構造で、接着していなかった(Fig. 6D)。それらの基部が接触しただけの構造は、空中に放置した場合には、ホタテガイ¹²⁾と同様に鰓葉が左右に分かれて、殻に貼り付き、大きく開けた殻の間から閉殻筋や内臓塊が露出する要因となってい

ることが明らかである。それらの基部は、外鰓外葉が外套膜と絨毛で接着し、内鰓内葉が内臓塊と絨毛で接着しているアコヤガイ⁷⁾、クロチョウガイ⁸⁾、マベ⁹⁾、マガキ¹⁰⁾やイタボガキ¹¹⁾の構造と異なっていた。

また、鰓葉はホタテガイ¹²⁾と同様に、外鰓と内鰓の会合部が鰓葉懸垂膜(SM)で閉殻筋に固定されていた(Figs. 5D, F; 6C-E)。鰓葉懸垂膜は出水口近くではホタテガイ¹²⁾と同様に、閉殻筋から離れて鰓葉懸垂膜前部(FSM)を形成していた(Figs. 5F; 6A, B)。このような出水口近くの構造は、アコヤガイ⁷⁾、クロチョウガイ⁸⁾、マベ⁹⁾、マガキ¹⁰⁾やイタボガキ¹¹⁾では認められない。

これらのことから、外套膜および鰓葉を十分に伸ばして鰓換水を行っている状態では、鰓は次のようになっていると考えられる。唇弁から閉殻筋の出水口側の外れまでの部位では、左右の外鰓の外鰓外葉合着縁は全体を外套膜へ接触させ、左右の内鰓の内鰓内葉合着縁もそれぞれを内臓塊に接触させている。外鰓と内鰓の会合部は鰓葉懸垂膜(SM)で閉殻筋(AD)に固定されている(Figs. 5F; 6A, C)。従って、この部位では、鰓上腔(SBC)は4本形成されていることになる。しかし、外鰓と内鰓の会合部が鰓葉懸垂膜前部(FSM)に連結した部位、つまり閉殻筋のはずれから鰓葉の先端までの部位では、外鰓と内鰓の会合部が閉殻筋から離れて鰓葉懸垂膜前部を形成し、左右の内鰓の内鰓内葉合着縁も内臓塊から離れて、左右の内鰓のそれぞれが接触している(Figs. 5F; 6A, B)。従って、この部位では、鰓上腔は4本が1本となって出水口へ連なっている(Fig. 2D, E)。また、この部位では、左右の外鰓外葉合着縁はそれぞれが外套膜に接触し、左右の鰓葉の内鰓内葉合着縁もお互いが接触して、殻腔内を入水側(外套腔, MC)と出水側(鰓上腔, SBC)に完全に仕切ると同時に、入水口(IO)と出水口(EO)を形成している(Fig. 2)。従って、出水口近くの鰓葉の先端は、アコヤガイ⁷⁾、クロチョウガイ⁸⁾、マベ⁹⁾、マガキ¹⁰⁾やイタボガキ¹¹⁾で見られる外套皺襞の部位と同様の構造を示している。実際に、マジェランツキヒ *Placopeten magellanicus* では、外鰓外葉合着縁を外套膜に接触させ、海水を鰓糸の間を通過させて懸濁物を濾過する様子が内視鏡で観察されている¹⁶⁾。

鰓葉合着縁

内鰓内葉合着縁(FIC)および外鰓外葉合着縁(FOC)は、いずれも鰓糸の先端が折れ曲がった構造となっていた(Fig. 6D)。両合着縁は、半円形に並んだ十数本を単位として波形に並んで鰓葉の先端から伸びてきた常鰓糸(OF)が

合着縁近くで平面に広がって主鰓系 (PF) を覆い隠し、常鰓系が平行に折れ曲がって、接触面が形成されていた (Fig. 7B-I)。従って、両合着縁は常鰓系が鰓葉から接触面までに連続して延びた構造となっていた (Fig. 7D)。鰓上腔側から見ると、両合着縁は主鰓系が合着縁の手前で常鰓系の間に入り込んで見えなくなり、常鰓系が折れ曲がって平面に広がって、接触面が形成されていた (Fig. 7B, C, H, I)。

鰓葉の縦断面をみると、鰓葉間連結血管 (ICV) は入鰓静脈 (ABV) から主鰓系の最も内側 (鰓上腔側) を U 字型に走行して、合着縁の接触面 (FOC, FIC) で終わっていた (Figs 8D-F; 9D, F, H-J)。このように、鰓葉間連結血管は合着縁の部位ではお互いが融合して縦走血管を構成していると推測される。また、この縦走血管からは主鰓系血管 (VPF) および常鰓系血管 (VOF) が分岐していると推測される。主鰓系血管および常鰓系血管は鰓葉を走行して出鰓静脈 (EBV) に連なっている (Figs. 11-2H-K; 11-3N; 11-4B, C, H)。

鰓葉連結

鰓葉の内葉と外葉の主鰓系の間は、アコヤガイ⁷⁾やマガキ¹²⁾と同様に、鰓葉間連結膜 (ICM) で連絡されていた (Fig. 8B-F)。アコヤガイ⁷⁾やマガキ¹⁰⁾では、鰓葉間連結膜は主鰓系の数本毎に、内葉と外葉の主鰓系とそれらの主鰓系の基部を連絡している鰓葉間連絡血管までに三角形に展開している。しかし、ヒオウギは、アコヤガイ⁷⁾やマガキ¹⁰⁾と異なり、ホタテガイ¹²⁾と同様に内葉と外葉の全ての主鰓系の間を、鰓葉の先端から主鰓系の基部までの約 2/5 のところまでに同じ長さの三角形に展開していた (Fig. 8C-E)。

鰓系連結

鰓葉は、アコヤガイ⁷⁾、クロチョウガイ⁸⁾、マベ⁹⁾やマガキ¹⁰⁾と同様に、主鰓系と半円形に並んだ数十本の常鰓系を一組として配列した構造で、各鰓系は鰓系連結盤 (CD) で固定されていた (Figs. 7D-I; 8C-F; 9H-J; 10C-G)。

Dufour and Beninger¹⁷⁾は、二枚貝の鰓の構造を内葉と外葉の相対する常鰓系の間を Interlamellar junctions (鰓葉間連結) で連結した Homorhabdic filibranch 構造、内葉と外葉の相対する主鰓系の間を鰓葉間連結で接合し、隣接した常鰓系の間を繊毛のある突起物 (Ciliated spurs) で接合した Heterorhabdic filibranch 構造、隣接した鰓系の間を Interlaminar junctions (鰓系間連結) で接合した Homorhabdic eulamellibranch 構造、内葉と外葉の主鰓系の間を鰓葉間連結で接合し、隣接した常鰓系の間を鰓系間連結で接合した

Heterorhabdic pseudolamellibranch 構造の 4 つの型に分けている。ヒオウギの鰓では、内葉と外葉の主鰓系の間は鰓葉間連結膜 (ICM) で接合していた (Figs. 8D-F; 9H; 10E; 11-1D-G)。隣接した常鰓系の間は鰓系連結盤 (CD) で接合していた (Figs. 7D-I; 8C-F; 9H-J; 10C-G)。これらのことから、ヒオウギは、アコヤガイ⁷⁾、クロチョウガイ⁸⁾やマベ⁹⁾やホタテガイ¹²⁾と同様の Heterorhabdic filibranch 構造を示し、Heterorhabdic pseudolamellibranch 構造を示すマガキ¹⁰⁾やイタボガキ¹¹⁾と異なっていた。

主鰓系基部の膜

マジェランツキヒでは、外鰓内葉および内鰓外葉の主鰓系は鰓腔側の基部から鰓葉の約 1/2 までの部位に Dorsal respiratory expansion と名付けられた膜を備えている¹⁶⁾。マジェランツキヒと同じ仲間であるヒオウギでも同様に、外鰓内葉および内鰓外葉の主鰓系の基部に Dorsal respiratory expansion (主鰓系背面呼吸膜, DRE) が認められた (Figs. 6B, D; 8B-F; 9A-J; 10A; 11-2H-K; 11-3L-N; 11-4H)。この主鰓系背面呼吸膜はガス交換を行う上での有効面積を大きくする膜構造であると推測されている¹⁶⁾。また、ヒオウギでも同様に、この膜の鰓腔側には鰓葉連結血管 (ICV) が走行していた (Figs. 8D-F; 9D, F-J; 11-2H-K; 11-3L-O; 11-4B-H)。この血管と主鰓系血管の間は、折り重なるように密集して走行する沢山の Interconnecting vessel (主鰓系連結血管, IV) で連絡されていた (Figs. 8D-F; 9F-J; 11-2I, K; 11-3L-N; 11-4H)。

血管

殻と外套膜を除去すると、鰓葉懸垂膜の部位を鰓葉の基部に沿って、出鰓静脈 (EBV) は外側 (鰓葉寄り) を、入鰓静脈 (ABV) は内側 (閉殻筋寄り) を半円形に並んで走行していた (Figs. 5F, 6C)。入鰓静脈からは、鰓葉間連結血管 (ICV) が分岐して伸びていた (Figs. 9F; 11-2H-K; 11-3O; 11-4B-G)。鰓葉間連結血管は、入鰓静脈から分岐した後、外鰓内葉あるいは内鰓外葉の主鰓系背面呼吸膜 (DRE) の外縁を走行し、次いで鰓葉間連結膜の外縁を湾曲して走行して、鰓葉の Dorsal bend¹⁶⁾ (背側屈曲部, DB) の内鰓内葉基底溝 (BTI) あるいは外鰓外葉基底溝 (BTO) に達していた (Figs. 8C, D; 9E, H; 10A)。このように、鰓葉間連結血管 (ICV) は主鰓系毎に鰓葉の内葉と外葉の間を連絡していた (Figs. 8D, E; 9H; 11-1G)。しかし、ムラサキイガイ⁵⁾、ムラサキイコ⁶⁾、アコヤガイ⁷⁾、クロチョウガイ⁸⁾、マベ⁹⁾やマガキ¹⁰⁾ではヒオウギと異なって、鰓葉間連結血管は主鰓

糸の数本あるいは十数本に1本の割合で鰓葉の内葉と外葉の基部の最短距離を連絡している。

鰓葉間連結血管は、内鰓内葉基底溝 (BTI) および外鰓外葉基底溝 (BTO) では、融合して縦走血管を構成していた。この縦走血管からは常鰓糸血管 (VOF) および主鰓糸血管 (VPF) が分岐して、鰓葉の Ventral bend¹⁶⁾ (腹側屈曲部, VB) へ向って走行していた (Fig. 8D, E)。一方、腹側屈曲部では、ヒオウギやホタテガイと同じ仲間のマジェランツキヒの常鰓糸および主鰓糸はお互いに Ciliated disc (鰓糸連結盤) で固定された状態で折れ曲がった構造である¹⁶⁾。従って、腹側屈曲部では、それぞれの鰓糸の血管は連絡していないと報告されている¹⁶⁾。ヒオウギの腹側屈曲部でもマジェランツキヒ¹⁶⁾と同様に、ムラサキイガイ⁵⁾、ムラサキインコ⁶⁾、アコヤガイ⁷⁾、クロチョウガイ⁸⁾、マベ⁹⁾、マガキ¹⁰⁾やイタボガキ¹¹⁾と異なって、常鰓糸および主鰓糸は屈曲しただけの構造で、それぞれの鰓糸の血管は連絡していないことが確認された (Figs. 10B-G; 11-1A, B)。また、ヒオウギではマジェランツキヒ¹⁶⁾と同様に、ムラサキイガイ⁵⁾、ムラサキインコ⁶⁾、アコヤガイ⁷⁾、クロチョウガイ⁸⁾、マベ⁹⁾、マガキ¹⁰⁾やイタボガキ¹¹⁾と異なって、腹側屈曲部 (VB) は食物溝を形成しないことが確認された (Figs. 8C-E; 10A-G)。一方、外鰓内葉と内鰓外葉のそれぞれを腹側屈曲部から走行してきた常鰓糸と主鰓糸は、内外鰓外内葉基底溝 (BTL) で外鰓内葉と内鰓外葉のものが交差した形で終わっていた (Fig. 11-3M)。このような構造に伴って、外鰓内葉と内鰓外葉のそれぞれの常鰓糸血管と主鰓糸血管は、内外鰓外内葉基底溝 (BTL) を縦走している出鰓静脈 (EBV) に外鰓内葉と内鰓外葉のものが交差した形で連絡していた (Figs. 11-3N; 11-4C)。

これらのことから、鰓での血行は次のように推測される。鰓に流入した血液は、入鰓静脈から主鰓糸の鰓上腔側の外縁に位置する鰓葉間連結血管へ流入し、同血管を介して主鰓糸背面呼吸膜の外縁から鰓葉間連結膜の外縁を湾曲して背側屈曲部 (基底溝付近) へ流れ、背側屈曲部の縦走血管へ流入して合流する。この合流した血液は、ここで縦走血管から各常鰓糸血管および主鰓糸血管へ分配される。一方、入鰓静脈の血液の一部は鰓葉間連結血管から短絡して主鰓糸背面呼吸膜を走行している主鰓糸連結血管を経由して主鰓糸血管へ流れて、出鰓静脈へ流出する。鰓葉の背側屈曲部付近で鰓葉間連結血管から分配された常鰓糸血管の血液は背側屈曲部から腹側屈曲部へと流れ、屈曲して常鰓糸の基部へと流れて出鰓静脈へ流出する。この間の血液は常鰓糸血管毎に独立して流れている。主鰓糸血管の血液は、常

鰓糸と同様に鰓葉の背側屈曲部を経由して腹側屈曲部へと流れる。しかし、一部は腹側屈曲部を経由せずに、鰓葉間連結膜内を短絡して隣の鰓葉の主鰓糸血管へ流入する。これら二つの経路を流れてきた主鰓糸血管の血液は鰓葉間連結膜を通過したところで合流し、再び主鰓糸血管を流れて出鰓静脈へ流出する。この間の主鰓糸血管の血液は常鰓糸血管と同様に主鰓糸血管毎に独立して流れている。

唇弁

唇弁 (LP) は、上唇弁 (LUL, RUL) が唇弁支持膜 (SML) で内臓塊に固定されていた (Fig. 12D)。しかし、ムラサキイガイ⁵⁾、ムラサキインコ⁶⁾、アコヤガイ⁷⁾、クロチョウガイ⁸⁾、マベ⁹⁾、マガキ¹⁰⁾やイタボガキ¹¹⁾では、唇弁支持膜は認められず、上唇弁は下唇弁 (LLL, RLL) と同様に内臓塊に固定されていない。

唇弁の唇弁襲側部 (RP)、近位口溝 (POG) および側位口溝 (LOG) はアコヤガイ⁷⁾、クロチョウガイ⁸⁾、マベ⁹⁾やマガキ¹⁰⁾と同様の構造を示した (Fig. 12B, C)。しかし、唇 (L) は、アコヤガイ⁷⁾、クロチョウガイ⁸⁾、マベ⁹⁾、マガキ¹⁰⁾やイタボガキ¹¹⁾と著しく異なり、それらの種には認められない瘤状の隆起が発達していた (Fig. 12D; 13A-E)。このような瘤状の構造は、ミノガイ目ミノガイ科やカキ目イタヤガイ科の二枚貝で一般に知られている^{19, 20)}。ヒオウギの唇でも同じ仲間のウミギクモドキ *Pedum spondyloideus*²⁰⁾と同様に、上唇に2つと下唇に3つの瘤状構造を備え、それらが合体した構造となっていた (Figs. 12D; 13A-E)。各瘤は、幹状の唇葉 (LO) が樹枝状に枝分かれし、その先端に唇小葉 (LOB) が展開した構造となっていた (Figs. 12D; 13B-E)。このような唇の構造は、上下の唇の隙間より水を排出して唇弁で集められた懸濁粒子を濃縮し、効率よく捕食すると同時に殻の激しい開閉に伴う水圧の変化から口を防御する役割を果たしていると推測されている^{19, 20)}。

基底溝と腹側屈曲部

ヒオウギの鰓は、外葉の基部には外鰓外葉基底溝 (BTO)、内鰓内葉の会合部には内鰓内葉基底溝 (BTI) および鰓葉の外鰓と内鰓の会合部には内外鰓外内葉基底溝を備え、左右の鰓葉を合わせると6本の基底溝を備えていた (Figs. 9E, F, H; 10A; 11-2J, K; 11-3M)。一方、鰓葉の腹側屈曲部は主鰓糸と常鰓糸が屈曲しただけの簡単な構造を示し、食物溝を備えていなかった (Figs. 8C-E; 10A-G)。しかし、食物溝を持たないマジェランツキヒは、鰓葉で捕捉した懸濁粒子を主鰓糸では基底溝へ運び、常鰓糸では鰓葉の先端の腹側屈

曲部へ運び、他の二枚貝と同様に基底溝と腹側屈曲部を経由して唇弁へ運ぶ様子が内視鏡で観察されている¹⁶⁾。これらのことから、ヒオウギも同様に、鰓葉で捕捉した懸濁粒子は主鰓糸では基底溝へ、常鰓糸では腹側屈曲部へ運び、唇弁へ運んで捕食すると考えられる。

以上のことから、ヒオウギはホタテガイと同様に、鰓葉は主鰓糸背面呼吸膜で基部を補強し、鰓葉懸垂膜でしっかりと閉殻筋に固定されている。一方、内鰓内葉合着縁と外鰓外葉合着縁は水圧で容易に剥離して、鰓葉に水圧が掛からない構造となっている。口は、水圧が掛からないように瘤状の唇葉で覆っている。このような特色ある鰓及び口の構造を備えて、ヒオウギは殻を激しく開閉させる場合に起こる殻腔内の水圧および水流の激しい変化から鰓葉を守っていることが明らかとなった。

要 約

ヒオウギの鰓構造を調べた。鰓葉は鰓葉懸垂膜で閉殻筋に固定し、外鰓内葉と内鰓外葉は主鰓糸背面呼吸膜で補強していた。内鰓内葉合着縁と外鰓外葉合着縁は水圧で剥離可能な構造で、口は発達した瘤状の唇葉で覆っていた。鰓葉は内葉と外葉の主鰓糸を鰓葉間連結膜で接合し、隣接した常鰓糸および主鰓糸の間を鰓糸連結盤で接合した Heterorhabdic filibranch 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 (1912)
- 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 (2011)
- 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 (2011)
- 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：マガキの鰓構造。水大校研報, **61**, 190-210 (2011)
- 11) 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 (2015)
- 12) 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 (2015)
- 13) 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)
- 14) 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)
- 15) Bell T A, Lightner D V: A Handbook of Normal Penaeid Shrimp Histology. World Aquaculture Society, USA, 2 (1988)
- 16) Beninger PG, Pennec ML, Salaun M: New observations of the gills of *Placopeten magellanicus* (Mollusca: Bivalvia) and implications for nutrition. I. General anatomy and surface microanatomy. *Mar Biol*, **98**, 61-70 (1988)
- 17) 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)
- 18) Beninger PG, Ward JE, MacDonald BA, Thompson RJ: Gill function and particle transport in *Placopeten magellanicus* (Mollusca: Bivalvia) as revealed using video endoscopy. *Mar Biol*, **114**, 281-288 (1992)
- 19) Gilmour THJ: The structure, ciliation and function of the lip-apparatus of Lima and *Pecten* [Lamellibranchia]. *J mar biol Ass UK*, **44**, 485-498 (1964)
- 20) Yonge CM: Observations on *Pedum spondyloideum* (Chemnitz) Gmelin, a scallop associated with reef-building corals. *Proc malac Soc Lond*, **37**, 311-323 (1967)

Short forms used in the figures

ABV, afferent branchial vein	入鰓靜脈	LOG, lateral oral groove	側位口溝
AD, adductor muscle	閉殼筋	LP, labial palp	唇弁
AN, anus	肛門	LUL, left upper lip	左上唇弁
BC, branchial cavity	鰓腔	MC, mantle cavity	外套腔
BTI, based ciliated tract of inner lamina of inner ctenidium		MT, mantle	外套膜
	内鰓内葉基底溝	OA, oral aperture	口
BTL, based ciliated tract of inner lamina of outer ctenidium and outer lamina of inner ctenidium		OF, ordinary filament	常鰓糸
	内外鰓外内葉基底溝	OLI, outer lamina of inner ctenidium	内鰓外葉
BTO, based ciliated tract of outer lamina of outer ctenidium		OLO, outer lamina of outer ctenidium	外鰓外葉
	外鰓外葉基底溝	PF, principal filament	主鰓糸
BY, byssus	足糸	POG, proximal oral groove	近位口溝
CD, ciliary disc	鰓糸連結盤	RIC, right inner ctenidium	右内鰓
CT, ctenidium	鰓	RLL, right lower lip	右下唇弁
DD, digestive diverticula	中腸腺	ROC, right outer ctenidium	右外鰓
DRE, dorsal respiratory expansion	主鰓糸背面呼吸膜	RP, ridges of palp	唇弁襲側部
DB, dorsal bend	背側屈曲部	RUL, right upper lip	右上唇弁
EBV, efferent branchial vein	出鰓靜脈	SBC, supra-branchial cavity	鰓上腔
EO, exhalant orifice	出水口	SM, suspensory membrane of filament	鰓葉懸垂膜
FIC, fused border of inner lamina of inner ctenidium		SML, suspensory membrane of labial palp	唇弁支持膜
	内鰓内葉合着縁	VBT, transverse vessel of the based ciliated tract	基底溝縱走血管
FOC, fused border of outer lamina of outer ctenidium		VB, ventral bend	腹側屈曲部
	外鰓外葉合着縁	VM, visceral mass	内臟塊
FSM, frontal part of suspensory membrane of filament		VOF, vessel of ordinary filament	常鰓糸血管
	鰓葉懸垂膜前部	VPF, vessel of principal filament	主鰓糸血管
FT, foot	足		
HG, hinge	蝶番		
ICM, inter-laminar connecting membrane	鰓葉間連結膜		
ICV, inter-laminar connecting vessel	鰓葉間連結血管		
IF, inner fold of the mantle	外套膜内層		
ILI, inner lamina of inner ctenidium	内鰓内葉		
ILO, inner lamina of outer ctenidium	外鰓内葉		
IO, inhalant orifice	入水口		
IV, interconnecting vessel	主鰓糸連結血管		
L, lip	唇		
LG, ligament	韌帶		
LIC, left inner ctenidium	左内鰓		
LLL, left lower lip	左下唇弁		
LO, lobe of lip-apparatus	唇葉		
LOB, lobule of lip-apparatus	唇小葉		
LOC, left outer ctenidium	左外鰓		

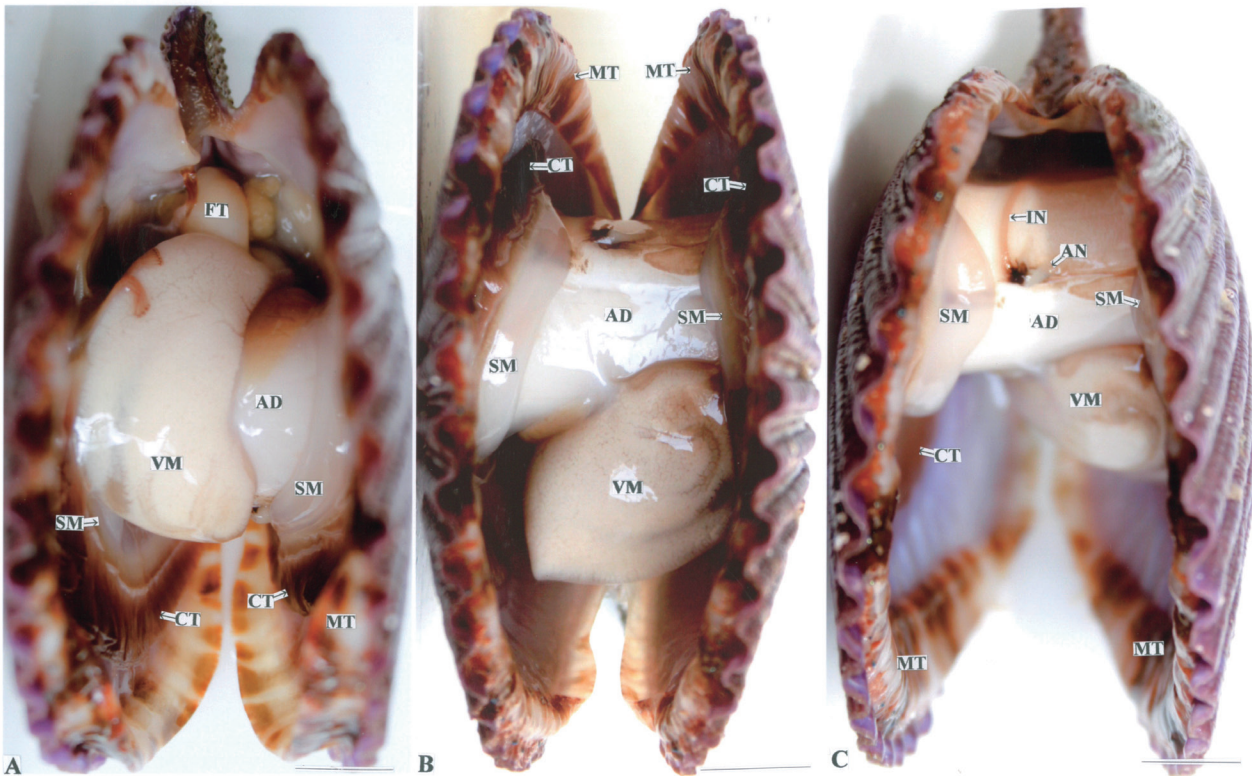


Fig. 1. Outside views of the Noble scallop *Mimachlamys nobilis* exposed in the air. A, Anterior side view; B, Ventral side view; C, Posterior side view. Bars = 1 cm.

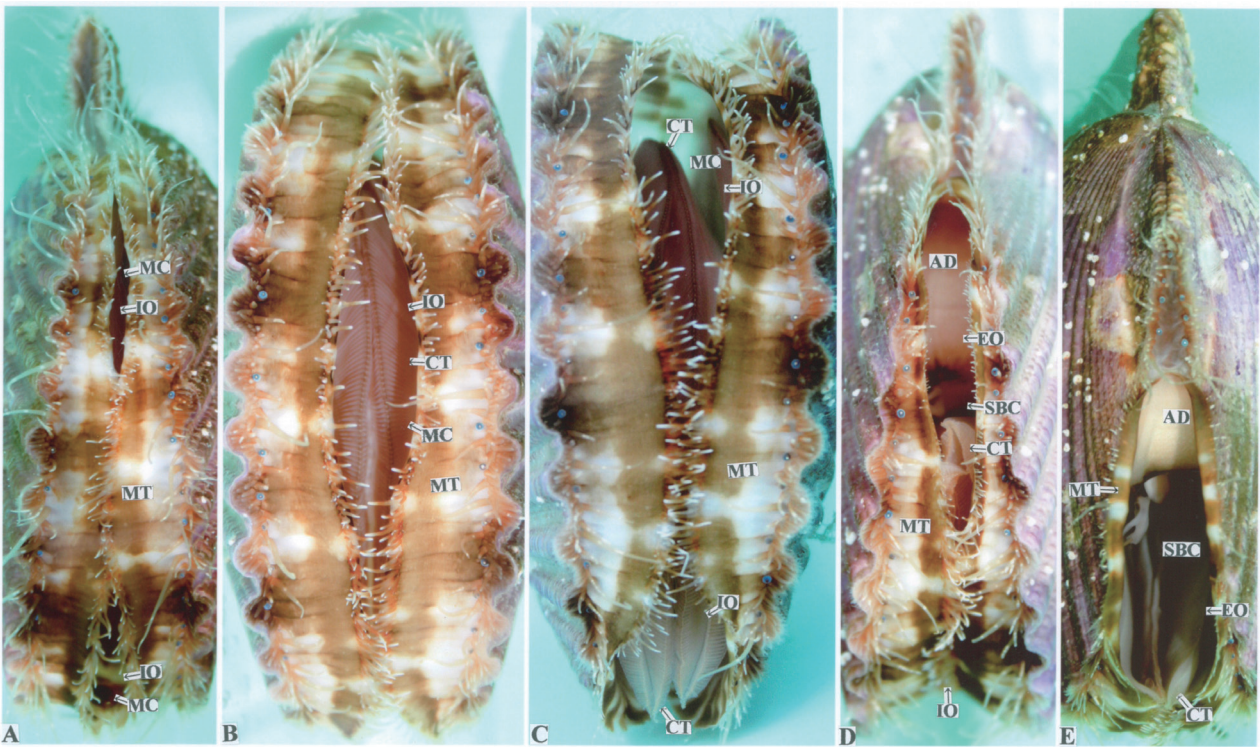


Fig. 2. Outside views of the Noble scallop immersed in the sea water. A, Anterior side view; B and C, Ventral side views; D and E, Posterior side views. Bars = 1 cm.

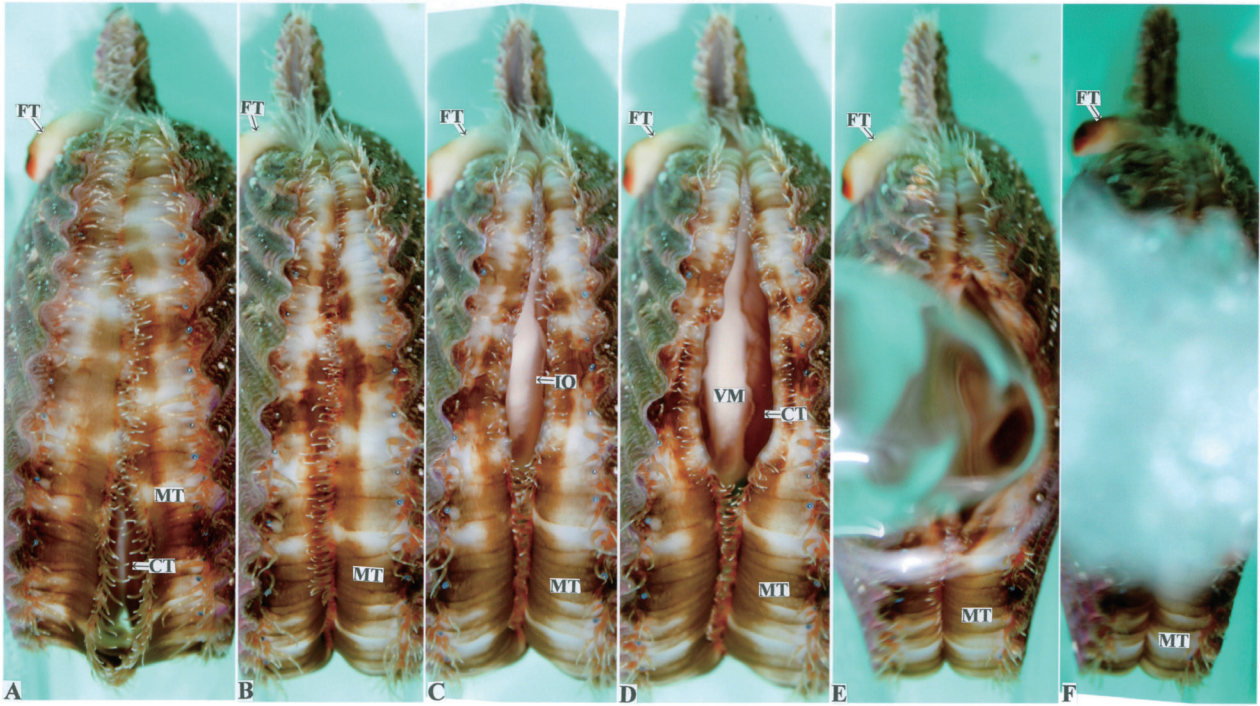


Fig. 3-1. The process (left to right) of the spouting sea water from the anterior side of the Noble scallop immersed in the sea water. Bars = 1 cm.

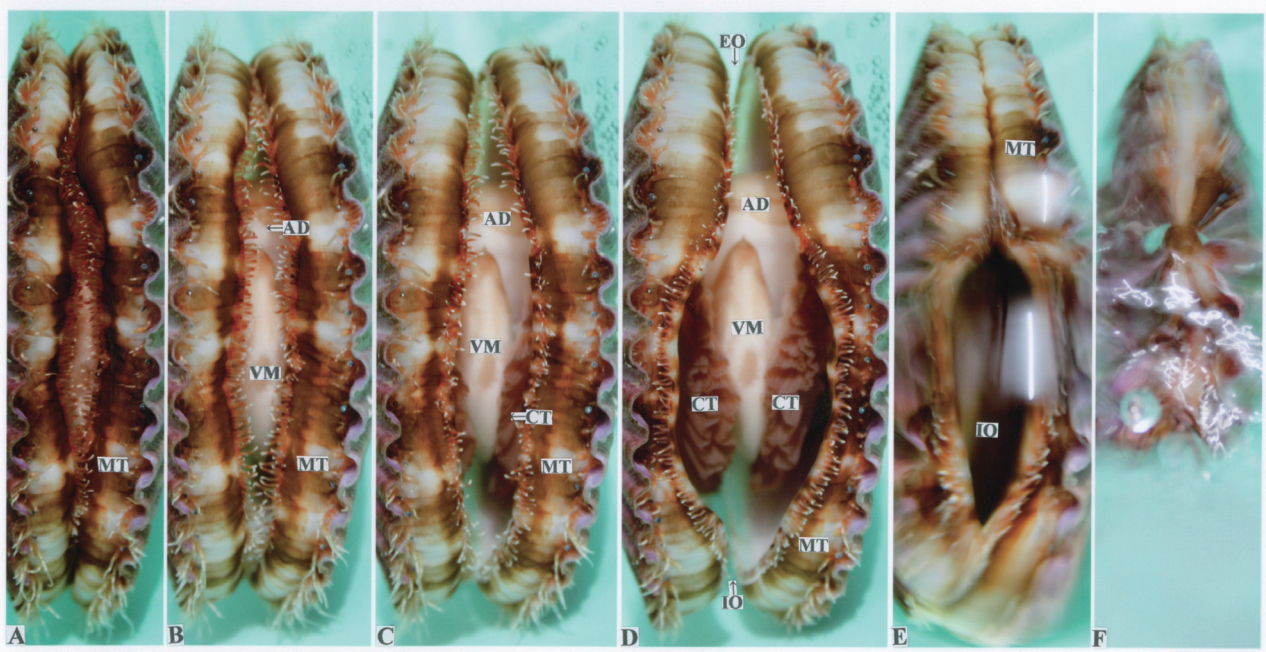


Fig. 3-2. The process (left to right) of the spouting sea water from the ventral side of the Noble scallop immersed in the sea water. Bars = 1 cm.

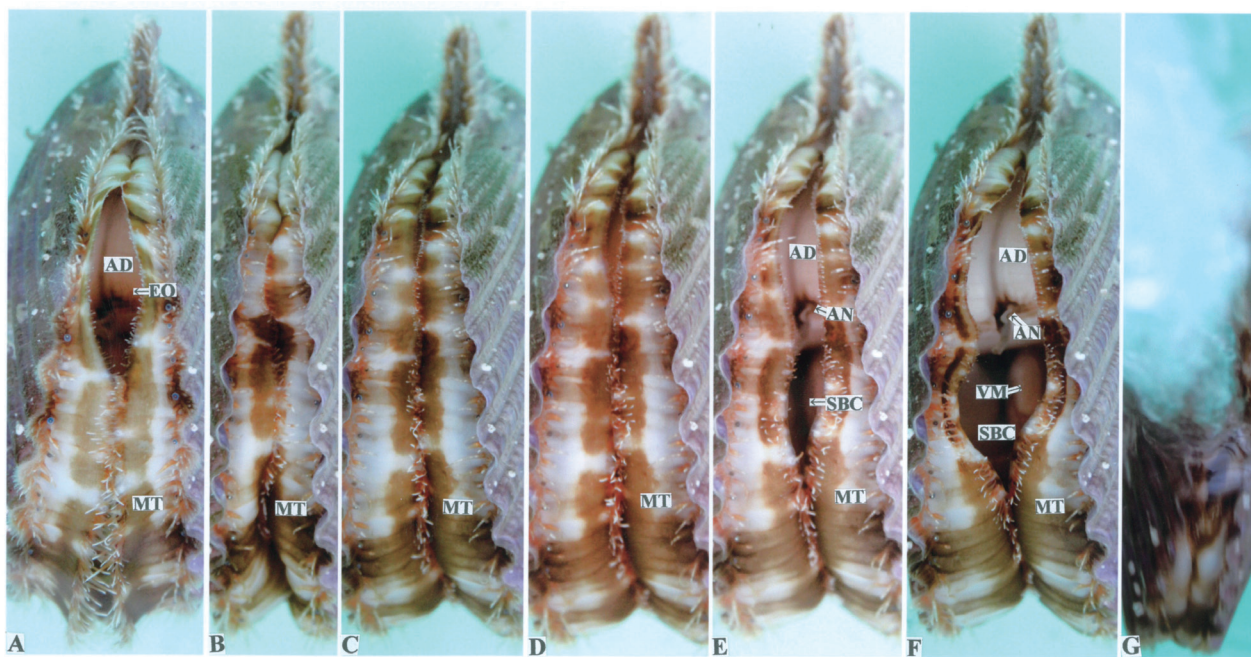


Fig. 3-3. The process (left to right) of the spouting sea water from the posterior side of the Noble scallop immersed in the sea water. Bars = 1 cm.

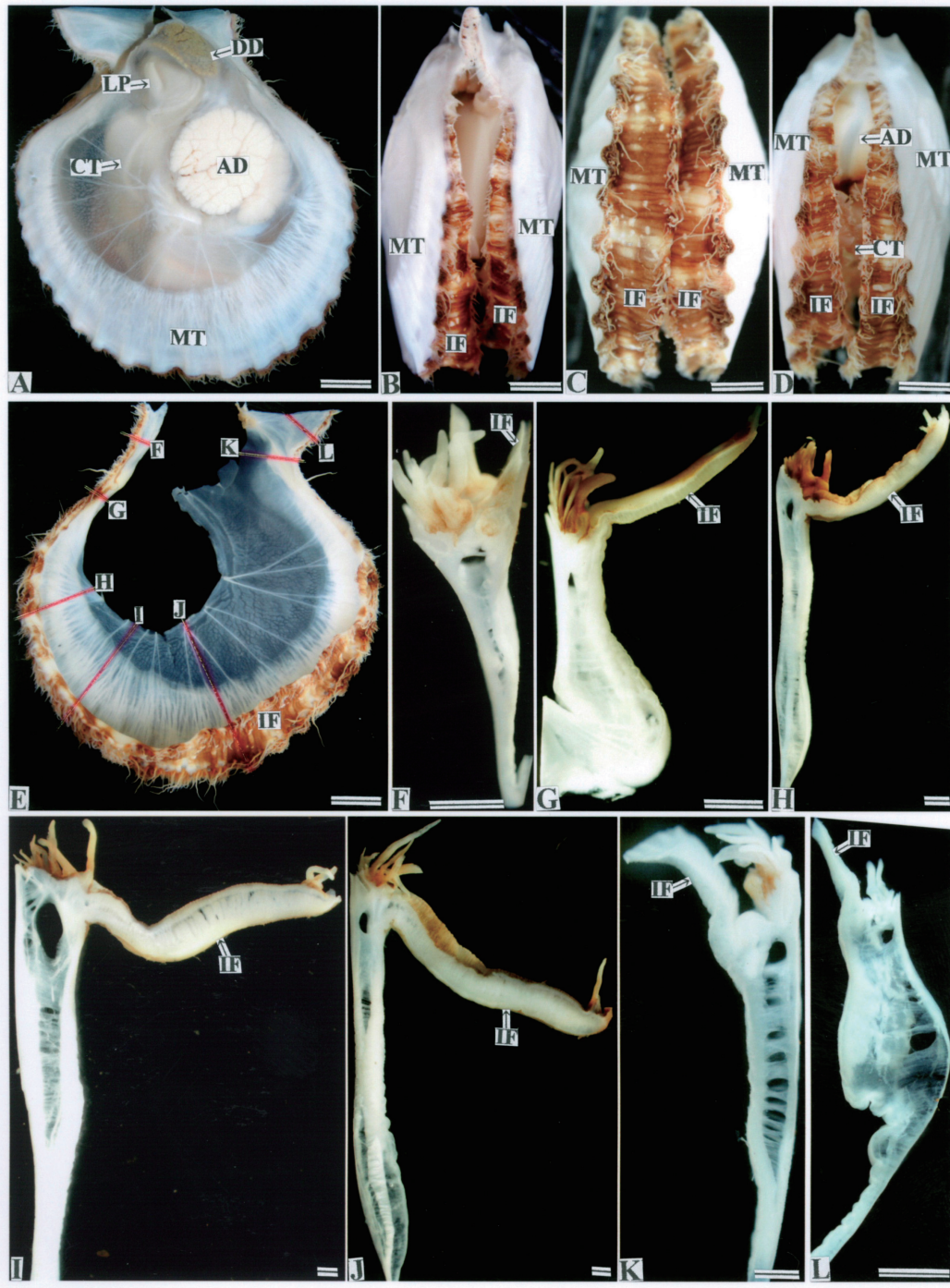


Fig. 4. Mantle of the Noble scallop. A, Left side view of the mantle after removal of the left shell valve; B, Anterior side view of the mantle; C, Ventral side view of the mantle; D, Posterior side view of the mantle. Diagonal red lines from F to L in Fig. E show cutting planes in Fig. F to L, respectively. Bars in A-E = 1 cm, and bars in F-L = 1 mm.

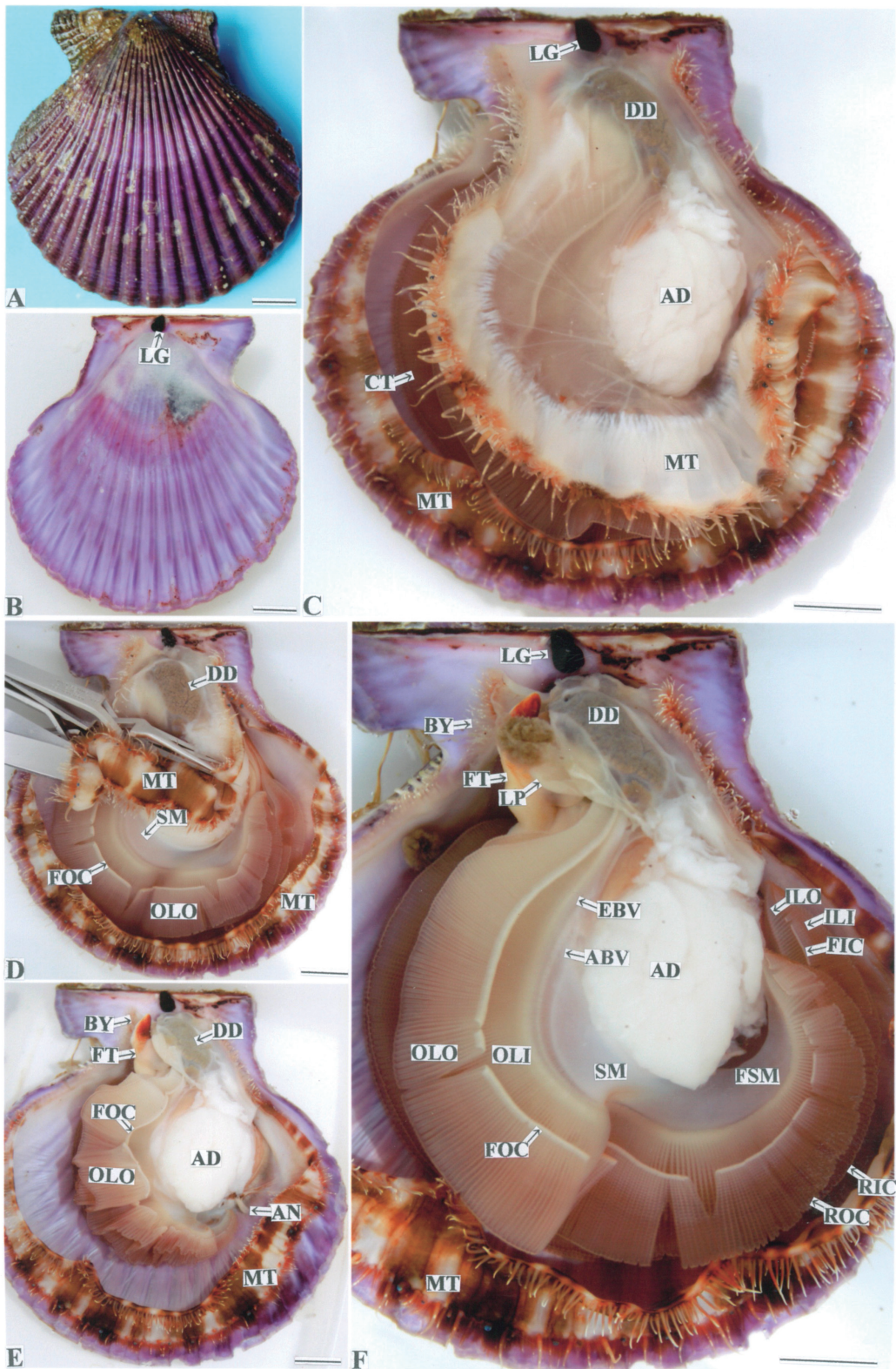


Fig. 5. Left side views of the Noble scallop. A, Outside view of the left shell valve; B, Inside view of left shell valve; C and D, Left side views of the soft part after removal of the left shell valve; E and F, Left side views of the ctenidia after removal of the left mantle. Bars = 1 cm.

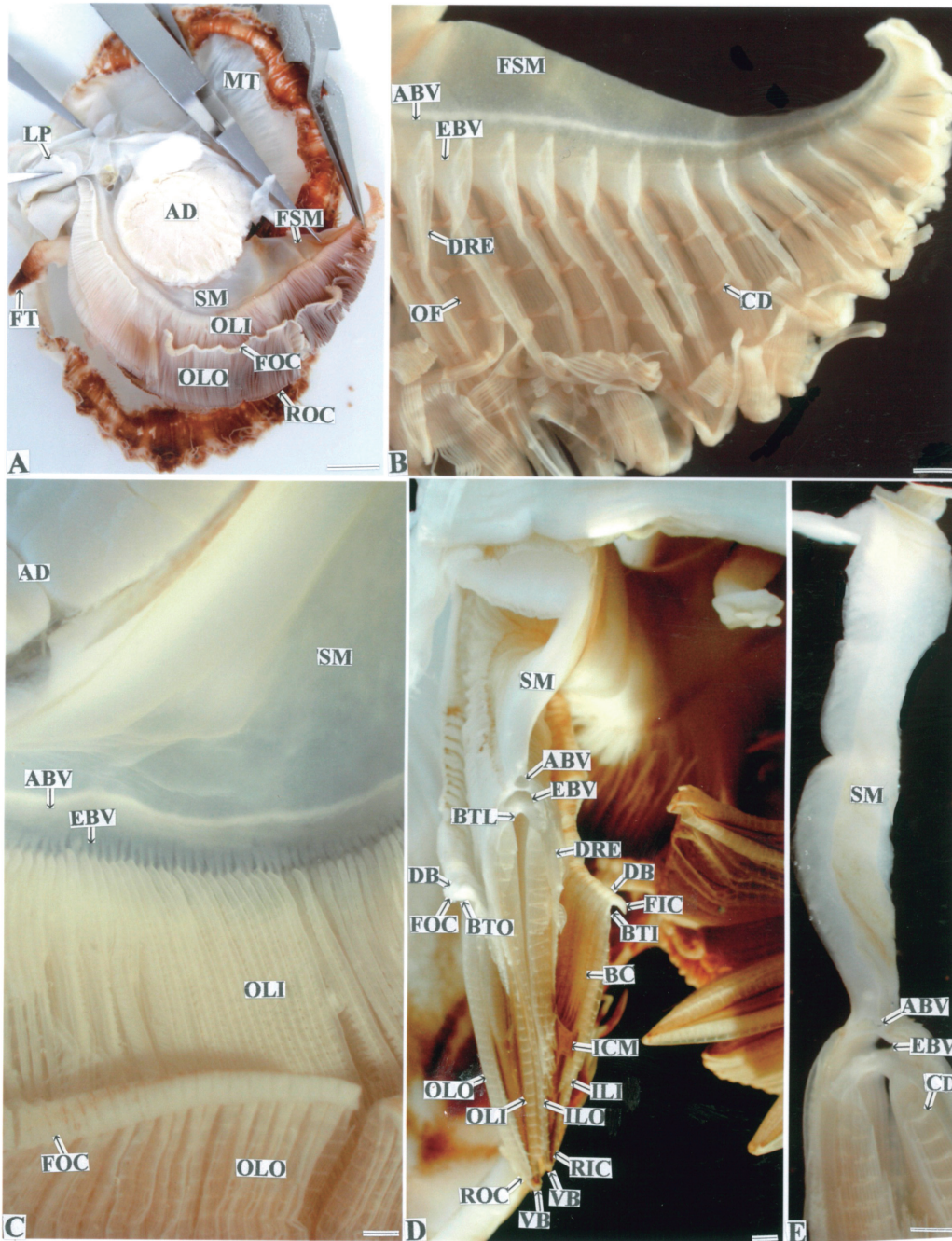


Fig. 6. Suspensory membrane of ctenidium of the Noble scallop. A, Left side view of the suspensory membrane and the ctenidium after removal of the left mantle; B, The front part of suspensory membrane and the ctenidium; C, The suspensory membrane and the ctenidium; The views of B and C are observed from the direction of the supra-branchial cavity; D and E, Cross sections of the ctenidium and the suspensory membrane. Bar in A = 1 cm, and bars in B-E = 1 mm.

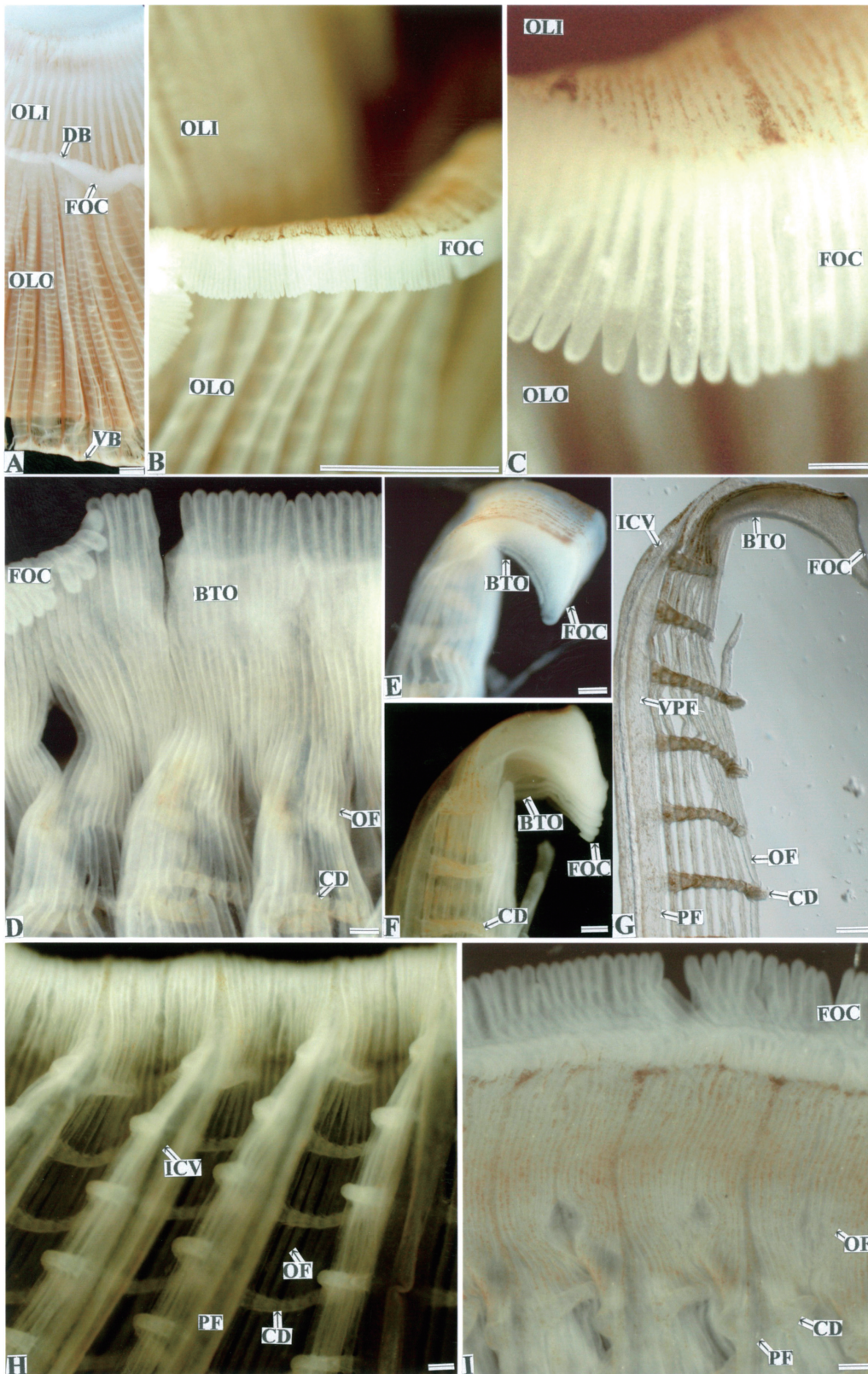


Fig. 7. The fused border of outer lamina of outer filament of the Noble scallop. A, Ctenidium; B and C, The fused border; D, The appearance of the smoothed out fused border; The views of A, B, C and D are observed from the direction of the mantle cavity; E-G, Side views of the fused border; H, The fused border; I, The appearance of the smoothed out fused border; The views of H and I are observed from the direction of the supra-branchial cavity. Bars in A and B = 1 mm, and bars in C-I = 100 μ m.

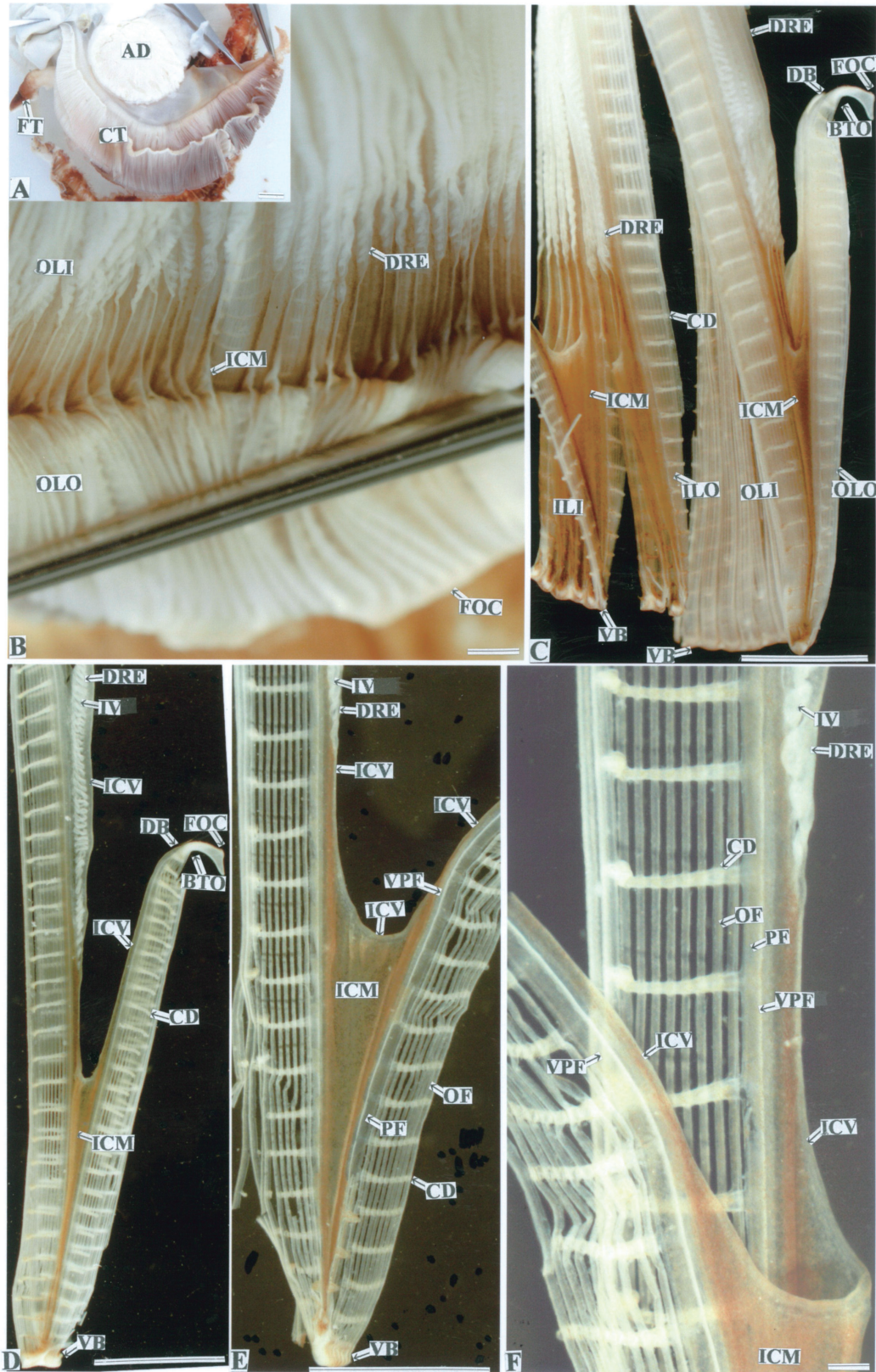


Fig. 8. The inter-laminar connecting membrane and the dorsal respiratory expansion of the filament of the Noble scallop. A, Ctenidium observed from the direction of the mantle cavity; B, The inter-laminar connecting membrane and the dorsal respiratory expansion observed from the direction of the supra-branchial cavity; C-F, Lateral side views of the inter-laminar connecting membrane and the dorsal respiratory expansion. Bar in A = 1 cm, bars in B-E = 1 mm, and bar in F = 100 μ m.

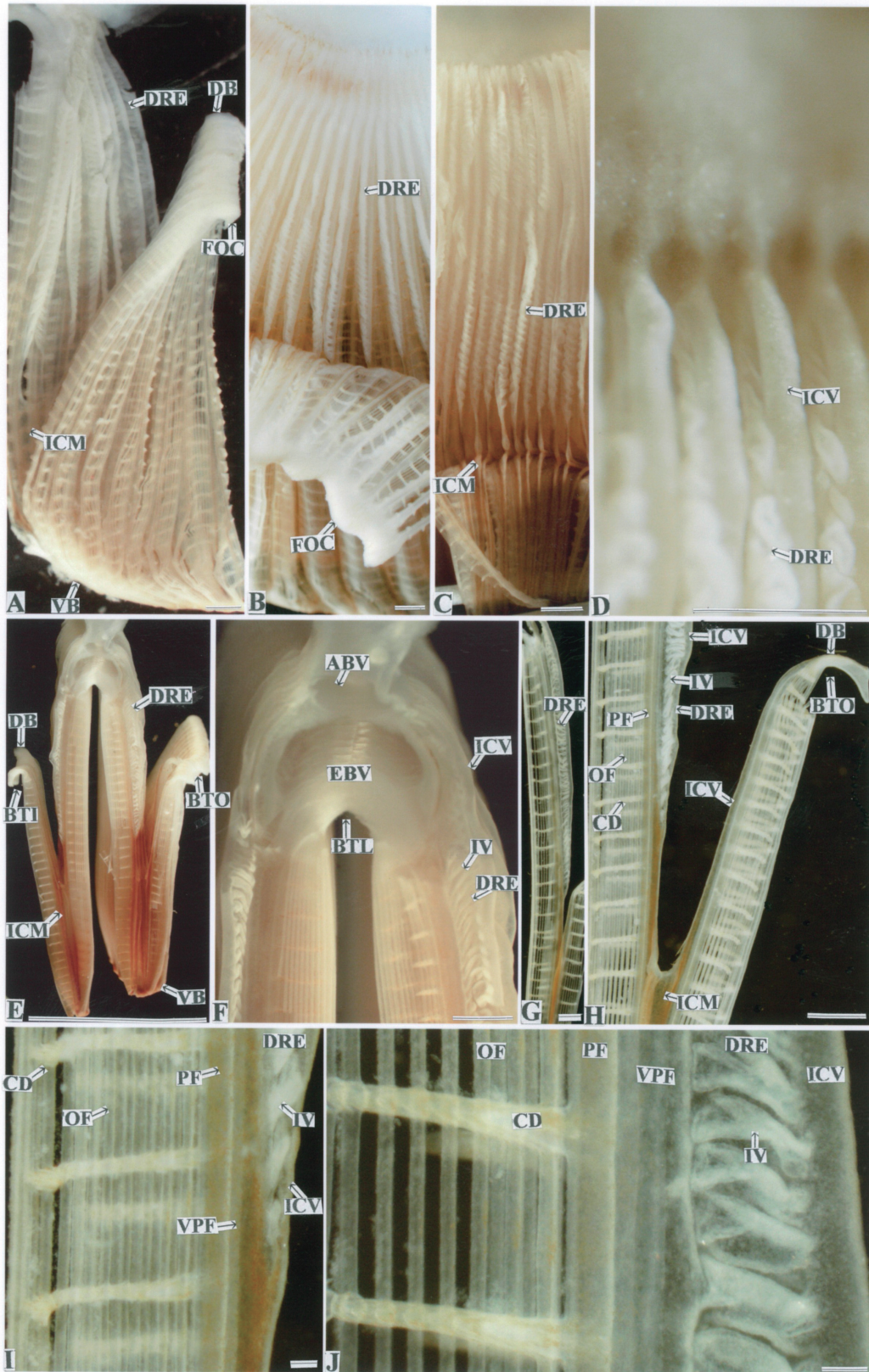


Fig. 9. The inter-laminar connecting membrane and the dorsal respiratory expansion of the filament of the Noble scallop. A-D, Ctenidium observed from the direction of the supra-branchial cavity; E-J, Lateral side views of the filament. Bar in E = 1 cm, bars in A-D and F-H = 1 mm, and bars in I and J = 10 μm.

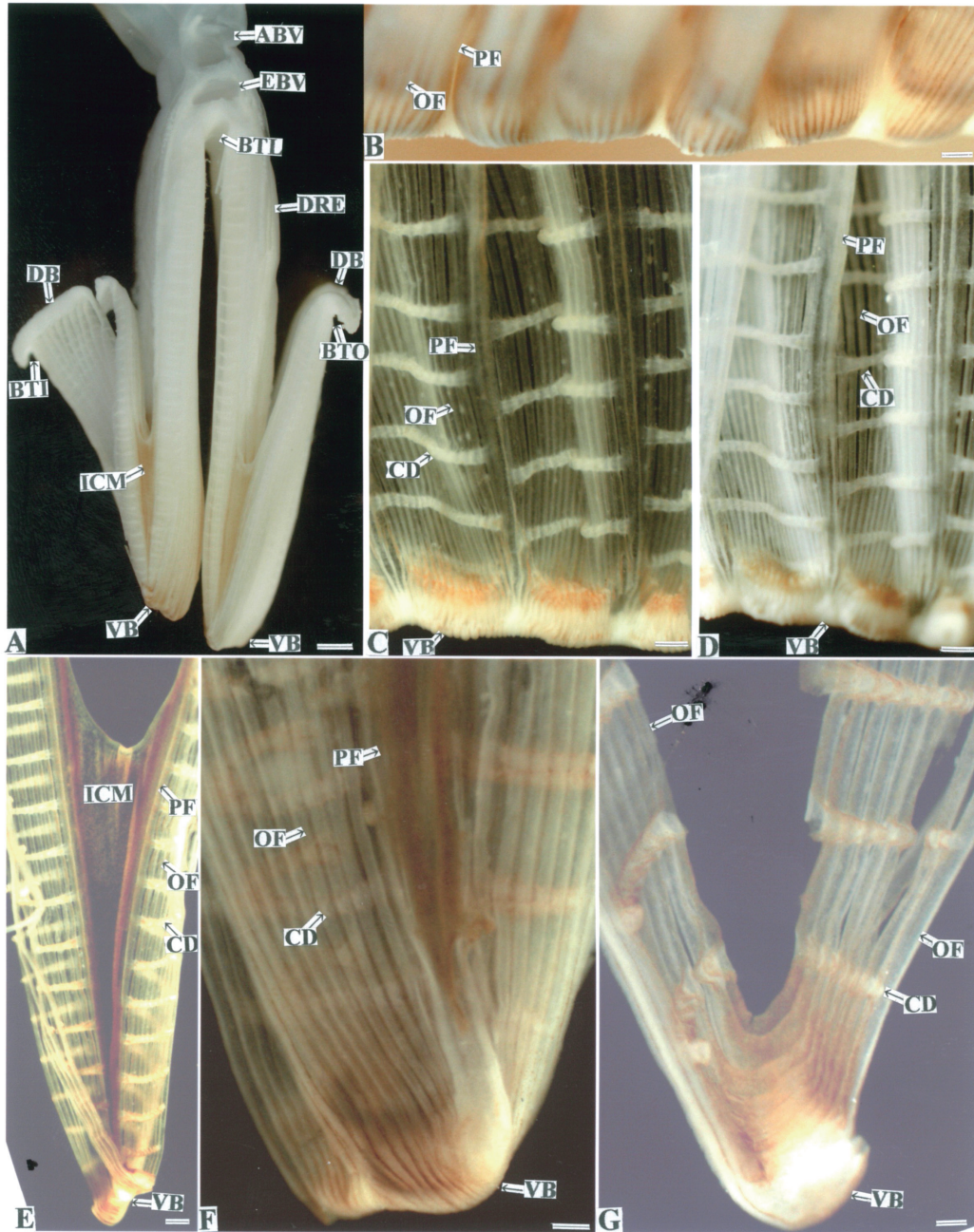


Fig. 10. The tip (the ventral bend) of the filament of the Noble scallop. A, Lateral side views of the filament; B and C, The ventral bend observed from the direction of the mantle cavity; D, The ventral bend observed from the direction of the supra-branchial cavity; E-G, Lateral side views of the ventral bend. Bar in A = 1 mm, and bars in B-G = 100 μ m.

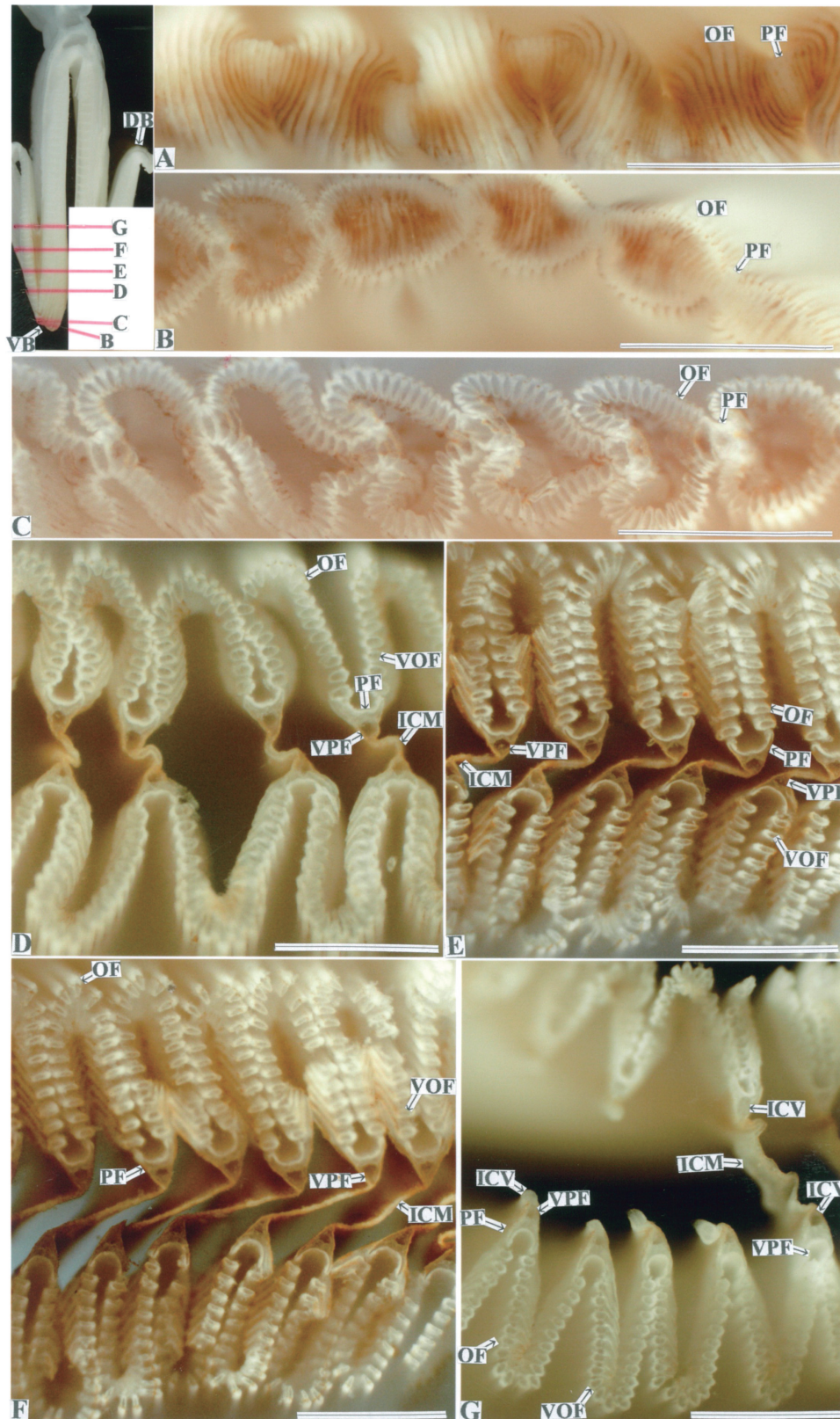


Fig. 11-1. Cross sections of the filament of the Noble scallop. Horizontal red lines in the upper left figure show the cutting planes. A, Ventral side view of the ventral bend of the filament; B-G, Ventral side views of the filament sections. Bars = 1 mm.

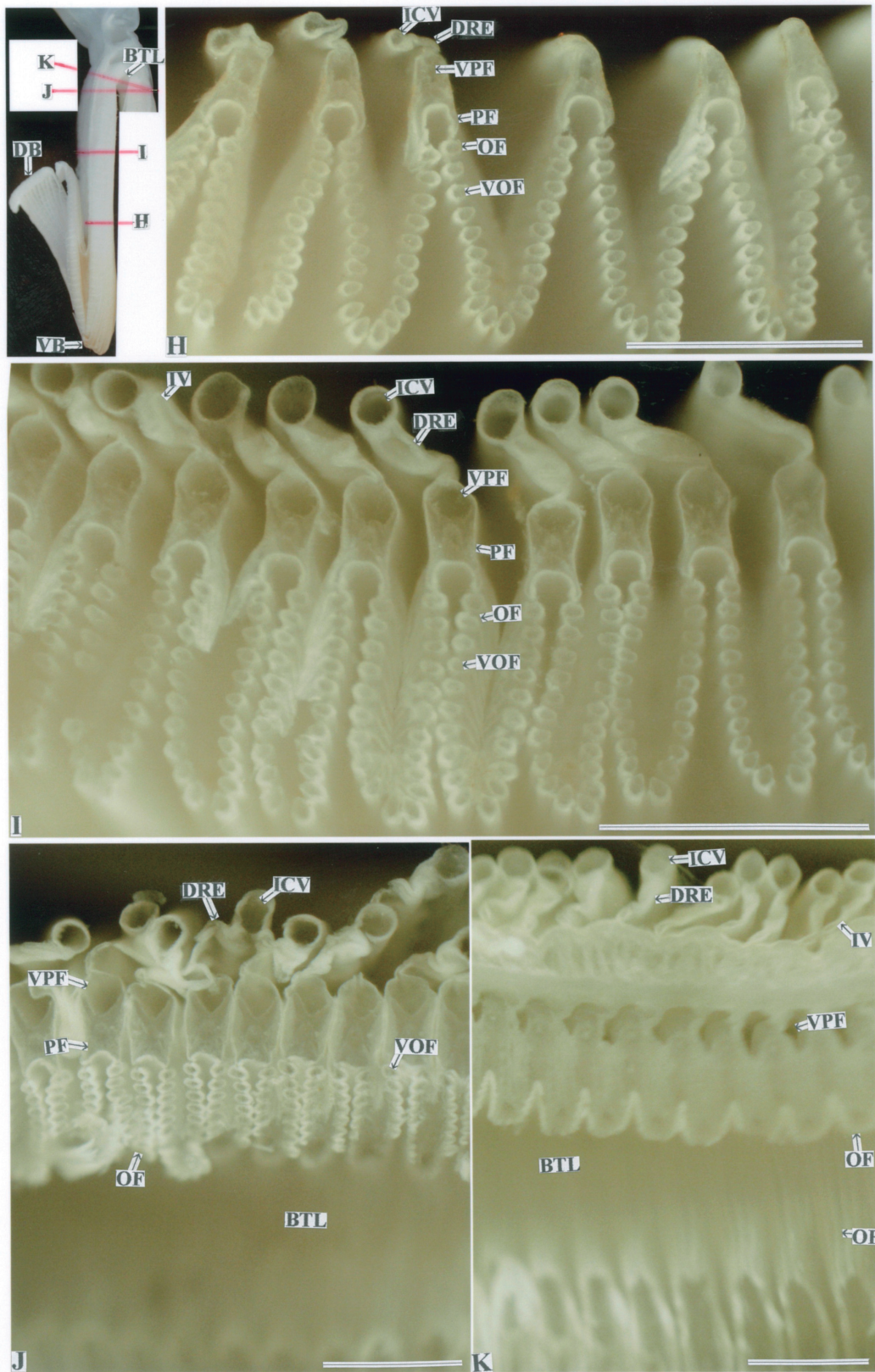


Fig. 11-2. Cross sections of the filament of the Noble scallop. Horizontal and diagonal red lines in the upper left figure show the cutting planes. H-M, Ventral side views of the filament sections. Bars = 1 mm.

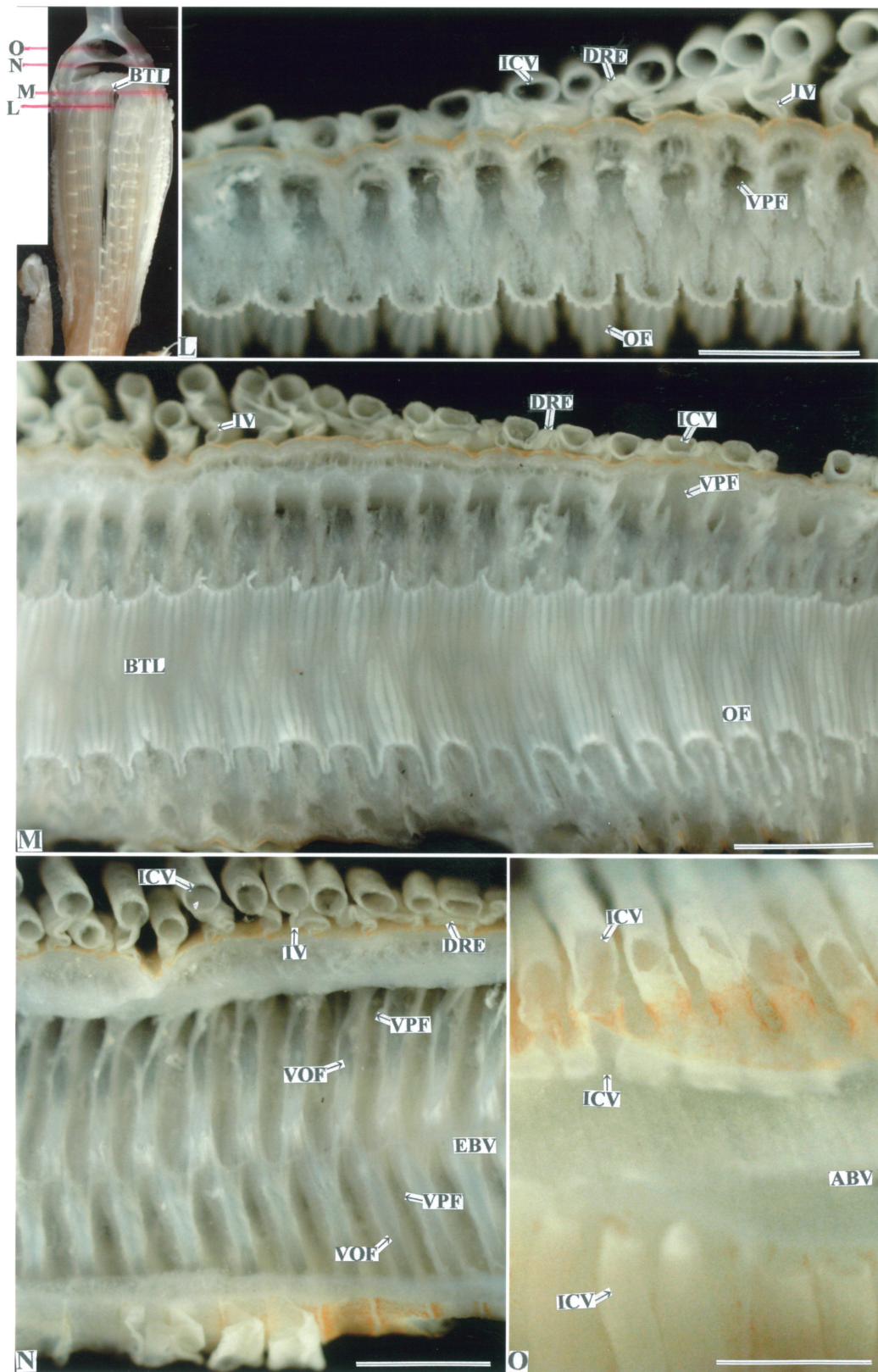


Fig. 11-3. Cross sections of the filament of the Noble scallop. Horizontal red lines in the upper left figure show the cutting planes. L and M, Ventral side views of the filament sections; N, Efferent branchial vessel; O, Afferent branchial vessel; The views of N and O are observed from the direction of the supra-branial cavity. Bars = 1 mm.

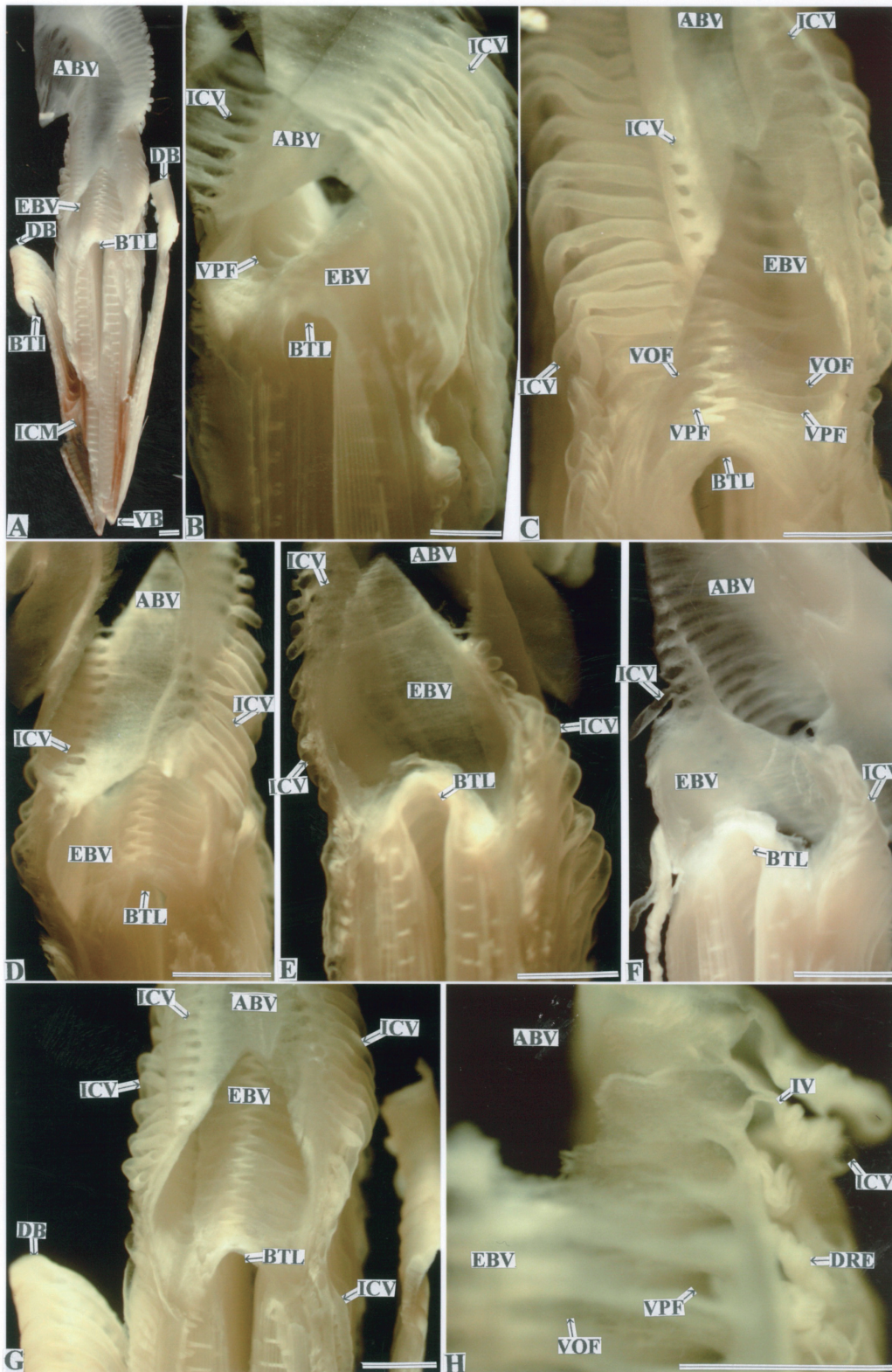


Fig. 11-4. Vertical sections of the efferent and afferent branchial vessel of the Noble scallop. A-H, Lateral side views of the filament. Bars = 1 mm.

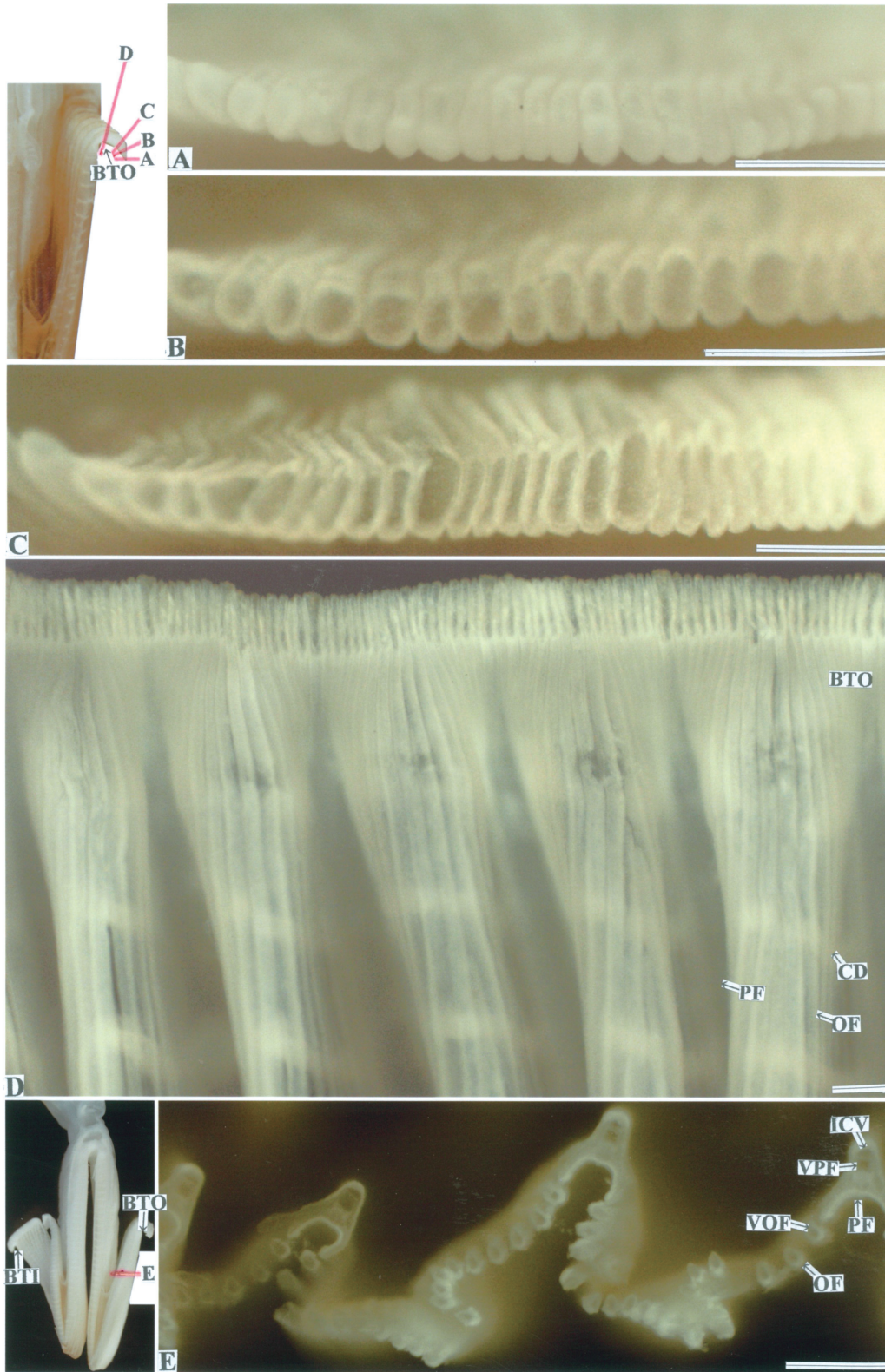


Fig. 11-5. Cross sections of the filament of the Noble scallop. Diagonal and horizontal red lines in the upper left figure show the cutting planes. A-D, Near the fused border (the dorsal bend of filament); E, Outer laminae. Bars = 1 mm.

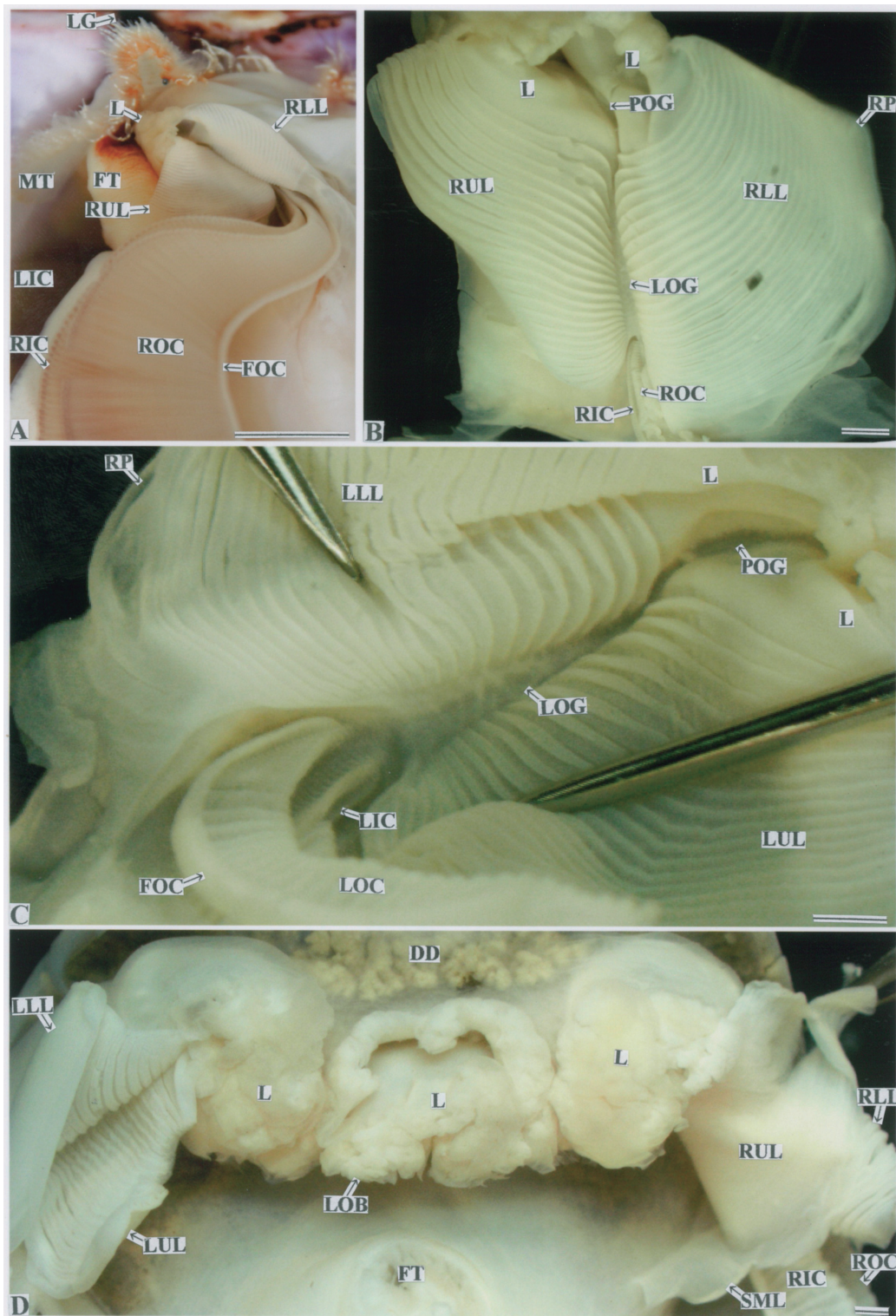


Fig. 12. The labial palp of the Noble scallop. A, Left view of the labial palp and ctenidium; B and C, Opened the upper and lower lips of the labial palp; D, Labial palp and lip. Bar in A = 1 cm, and bars in B-D = 1 mm.

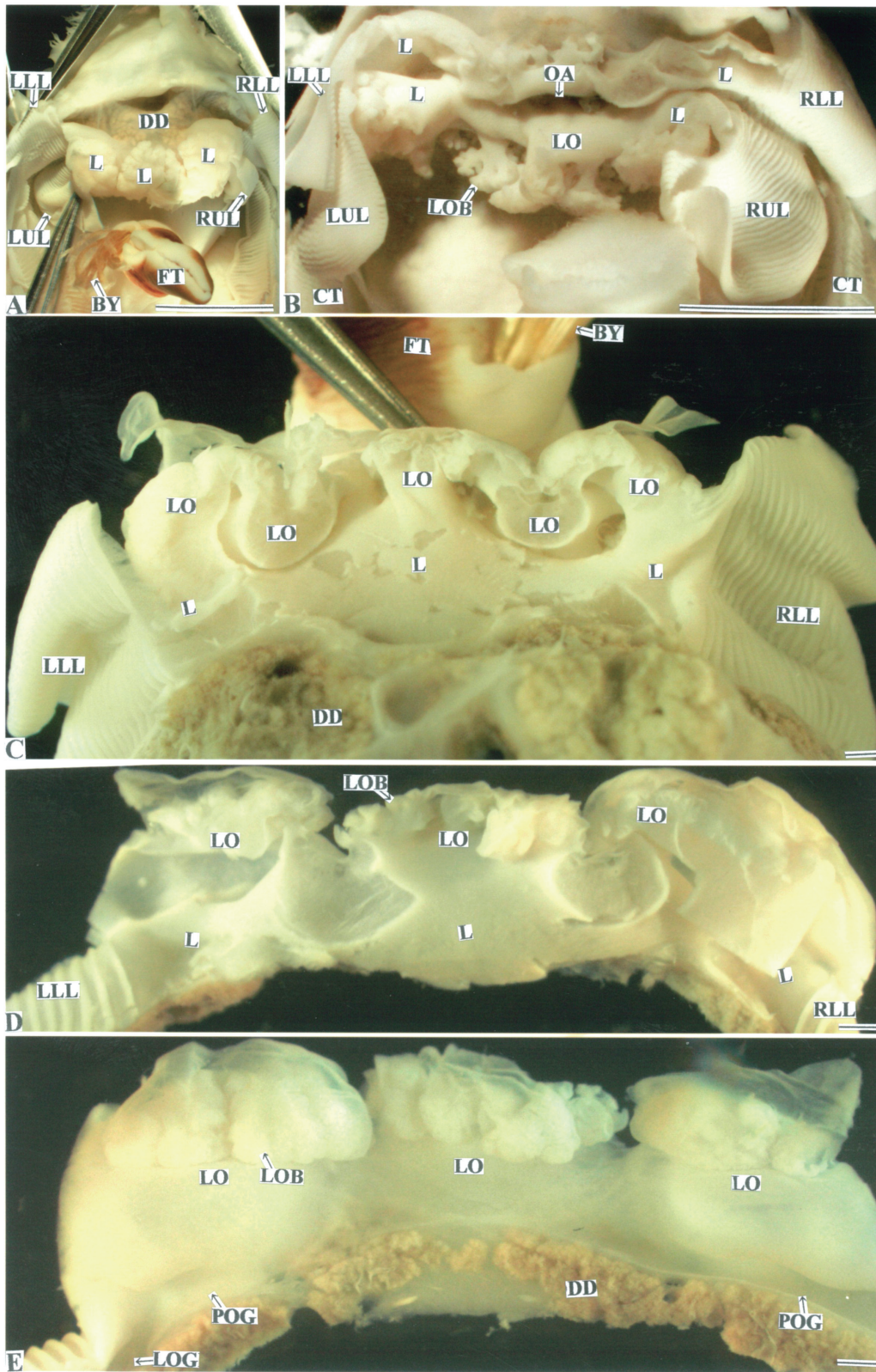


Fig. 13. The lip-apparatus of the Noble scallop. A, The labial palp and the lip-apparatus; lower lip of labial palp; B, Lip-apparatus of the lower and upper lips which are opened; C, The lower lip of labial palp and the lip-apparatus; D, Inside view of the lip-apparatus; E, Outside view of the lip-apparatus. Bars in A and B = 1 cm, and bars in C-E = 1 mm.