

褶纹冠蚌珍珠囊发育的研究*

杜晓东

(湛江水产学院养殖系 524025)

何海平 吴熙载

(武汉大学生物系 430072)

提 要

以褶纹冠蚌 (*Cristaria plicata* Leach) 为实验对象,应用光学显微技术和扫描电子显微技术研究珍珠囊的发育,结果表明在水温 16℃ 左右时约需 30d 形成具有单层上皮细胞的珍珠囊,6 个月后稳定分泌珍珠质。构成珍珠囊的上皮细胞从高柱状逐渐变成扁平状或立方形,细胞的碳酸酐酶活性也日益增强。大部分移植细胞小片的结缔组织与母蚌的结缔组织共同成层排列在珍珠囊腔外围。游走细胞在珍珠囊的早期发育阶段十分活跃。本文还阐明了珍珠囊液是存在于上皮细胞与珍珠表面之间的一薄层流体状物质。碳酸钙结晶的核化 (nucleation) 和初期生长都发生在珍珠囊液中。

关键词 褶纹冠蚌,珍珠囊,发育,珍珠囊液

珍珠囊是珍珠形成的必备条件,从现有的国内外资料来看^[1-2,4-7],对珍珠囊发育的研究并不多见,而且结论也很不一致,为此,作者认为有必要对该问题作深入细致的研究,以期为人工育珠提供理论指导,也为生物科学基础理论的研究提供参考资料。

材 料 和 方 法

褶纹冠蚌取自湖北省汉川珍珠养殖场和武汉市双江实业公司南湖养殖场。蚌龄 2—3 年。研究工作在 1987 年 5—12 月进行,水温保持在 16℃ 左右。发育 6 个月以上的珍珠囊取自南湖养殖场。

实验方法是在育珠蚌的外套膜中部植入细胞小片的同时插入一个直径约 2.0 mm 的圆形石蜡核,这以后发育成有核珍珠囊,不插入石蜡核的就形成无核珍珠囊。分别在手术后 5 d、10 d、15 d、20 d、30 d、3 个月、6 个月、12 个月和 18 个月解剖取材,以 2.5% 的戊二醛二甲胍 (0.05 mol/L) 固定液于 4℃ 下固定,石蜡包埋,切片 5—7 μm,分别用 Ehrlich 酸性苏木素-伊红染色 (H·E) 和 Heidenhain 氏 Azan 染色 (三色法)

* 该论文曾于 1988 年 11 月在中国贝类学会第四次学术讨论会分组会上宣读。

实验材料由武汉市南湖养殖场和汉川县珍珠养殖场提供,实验工作在武汉大学生物系开展,在此一并致谢。
1988 年 12 月 22 日收到。

以观察其形态发生,切片用汞溴酚蓝(HgBpB)法显示蛋白质,用高碘酸-Schiff氏反应(简称PAS)显示多糖、粘多糖及粘蛋白,以期观察珍珠囊的物质代谢。切片用钙-钴法检测碱性磷酸酶活性,对照组免去底物。用Hansson法显示碳酸酐酶活性,对照组中加入 10^{-6} mol/L 乙酰唑胺钠。用作扫描电镜观察的材料采用常规扫描电镜制样法制样,临界点干燥,喷金100 Å,所用仪器为日产Hitachi X-650型扫描电子显微镜。

结 果

(一) 珍珠囊的形态发生

1. 有核珍珠囊的普通组织学 5—30 d 是珍珠囊成形阶段,在这一时期内,植入的细胞小片与育珠蚌的结缔组织愈合,小片的表皮细胞增殖迁移,最后包绕蜡核形成一个单层上皮细胞的珍珠囊。第5 d 的切片中可见增殖细胞形成复层上皮细胞层。小片的结缔组织细胞也发生较大规模的迁移运动,它们对H·E的染色反应比育珠蚌的结缔组织强烈,所以两种不同的结缔组织在光镜下很容易区别。在第10 d 的切片中可见大量的来自育珠蚌的游走细胞分布于珍珠囊的结缔组织中,并穿越囊上皮层进入囊腔。游走细胞在光镜下可分为两类:I型游走细胞核明显,形状多变,细胞质具有强烈的嗜伊红特性;II型游走细胞大多是圆型,不被伊红着色,嗜苏木素的异染颗粒多(图版I:3)。在第5 d 的切片中只见II型游走细胞。在第15 d 移入珍珠囊腔的大量游走细胞绕蜡核构成了有机质层,上皮细胞的分裂和迁移活动更加明显,往往难以区分与腔内细胞的界线(图版I:1,2)。三色法把细胞质和核都染成红色,囊内分泌物染成蓝色。小片的结缔组织细胞继续进行分裂、迁移和重排,部分的结缔组织解体,形成一些局部空隙,尤为明显的是肌纤维退化,腔内许多游走细胞已开始解体,裸露出细胞核(图版I:2)。在第30 d 的切片中,单层上皮细胞的珍珠囊已形成,囊腔中已开始积累许多嗜苏木素分泌物(图版I:4)。

2. 无核珍珠囊的普通组织学 无核珍珠囊的发育与有核珍珠囊的发育仅在早期阶段有所差异。植入的细胞小片与育珠蚌的结缔组织愈合,这种愈合仅发生在紧密接触的部分,小片的折皱部分仍呈游离状态。在第5 d 的切片中可见表皮细胞开始增殖。在第10 d 切片中,可见大部分区域的上皮细胞随着植入小片折皱而相互接触,这些区域的上皮细胞一直是单层,看不见大量的增生和迁移运动,组化分析表明,它们仍不断地分泌糖蛋白等有机质。在第10 d 也可见大量的游走细胞,一些区域结缔组织已开始解体,出现了很多空隙(图版I:5)。

在30 d 左右未与育珠蚌细胞接触的珍珠囊游离部分退化分解,不同区域的上皮细胞,脱离相互接触形成明显的囊腔。大部分结缔组织细胞从杂乱的状态转为较规则的成层排列。珍珠囊内的分泌物也不断积累起来,在第30 d 也有结晶片出现(图版I:6,7)。这一阶段与有核珍珠囊的发育相比较,最明显的是上皮细胞增殖区域较少,因为一个月左右才形成一个真正的腔,所以仅在第30 d 的切片中见到大量的游走细胞进入囊腔。

经过初期发育的珍珠囊逐渐过渡到稳定分泌珍珠质的时期。3个月的珍珠囊上皮细胞还呈高柱状,但已与初期的高柱状很不相同,明显的区别是相邻细胞之间有更多的空隙。囊周围的结缔组织稀疏,细胞间质浓厚,一些区域还可见到肌纤维的退化现象。游走

细胞非常稀少,也不见进入囊腔。珍珠囊内的碳酸钙结晶呈薄片状、淡褐色、无珍珠光泽(图版 I:8)。在6个月的切片中,珍珠囊上皮细胞已从柱状变成了扁平状或立方形,核圆形或椭圆形。三色法把上皮细胞质染成橙红色,核呈红色。囊周围的结缔组织细胞间质的着色情况与3个月前很不相同,表明已全部更新。珍珠囊的分泌物——珍珠呈椭圆形,具有较醒目的光泽(图版 II:9)。

6个月以后珍珠囊已能稳定分泌珍珠质。三色法把立方形的上皮细胞质染成桔黄色,这与半年前的着色不同(红色)(图版 II: 11)。该时期珍珠囊的上皮细胞间常见较大的间隙,在切片制作过程中,上皮细胞易于成片地脱离结缔组织。囊周围的结缔组织细胞以囊腔为中心形成同心圆层,层与层之间易于分离,细胞间质也随细胞显示出成层结构(图版 II: 10, 11)。三色法把珍珠囊周围的细胞间质染成较浓的蓝色,蓝色呈一连续梯度,越靠近囊上皮基膜颜色越深。从 H·E 染色的切片看,发育3个月以后的珍珠囊上皮细胞质有较强的嗜苏木素的特性,发育时间越长,这一现象越明显(图版 I: 4,8, 图版 II: 10)。

无论有核珍珠囊或无核珍珠囊,在第10d的切片中已见到用三色法将细胞质染成蓝色的一类细胞出现在上皮细胞层中;在以后的各发育阶段都能见到。在 H·E 染色的切片中可见一些这类细胞呈排空状态,我们认为是一种分泌细胞(图版 I: 6, 图版 II: 9,10)。

(二) 珍珠囊的组织化学

1. 显示多糖、粘多糖及粘蛋白的高碘酸-Schiff 氏反应(PAS 反应) 手术后第5d细胞小片的表皮细胞呈弱阳性反应;发育10d—18个月的珍珠囊上皮细胞、上皮分泌细胞及囊腔内分泌物呈强阳性反应;结缔组织中的肌纤维和游走细胞以及发育3个月以后的结缔组织细胞间质都呈阳性反应。珍珠囊内的分泌物及分解的细胞也显阳性反应。在发育的各时期,有核珍珠囊和无核珍珠囊具有相同的 PAS 反应。

2. 珍珠囊的汞溴酚蓝反应(HgBpB) 有核和无核珍珠囊在发育各时期反应相同。珍珠囊上皮细胞、游走细胞、肌纤维囊内分泌物及分解的细胞皆呈阳性反应;上皮分泌细胞反应不明显。发育6个月以后珍珠囊的结缔组织间质也呈阳性反应(图版 II:12)。

(三) 珍珠囊的酶组织化学

1. 碱性磷酸酶(AKPase) 有核和无核珍珠囊具有相似的 AKPase 活性(表1)。发育6个月以后的囊上皮细胞酶活性大为降低,在第12—18个月的珍珠囊切片中,上皮细胞的 AKPase 活性仅在细胞的游离缘显示。对照组反应阴性。

2. 碳酸酐酶(CAH) 有核和无核珍珠囊在发育各时期的上皮细胞都显示出较强的 CAH 活性。发育6个月以后的上皮细胞的酶活性愈来愈强(表2)。对照组反应呈阴性。

(四) 珍珠囊腔表面的扫描电子显微镜观察

在第10—30d的珍珠囊腔内有大量无定形的分泌物、移入腔内的游走细胞以及细胞分解后的碎片。在第30d的囊腔中可见片状结晶体出现(图版 II: 11)。

3—18个月,这一时期的珍珠囊腔中无游走细胞移入,上皮细胞表面覆盖着无定形的分泌物、大量呈游离状态的微晶体以及经初步生长的较大晶体。在发育6个月以后的珍

表 1 珍珠囊各发育时期的碱性磷酸酶活性

Tab. 1 The activities of alkaline phosphatase of the pearl sac at different stages

发育阶段 Stage 酶活性 Activity	10 d Days	20 d Days	30 d Days	3 个月 Months	6 个月 Months	12 个月 Months	18 个月 Months
上皮细胞 Epithelial cell	+++	+++	+++	++	++	+	+
游走细胞 Wandering cell	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
肌纤维 Muscular fibre	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
+ 阳性 Positive ++ 较强阳性 Highly positive +++ 最强阳性 Extremely positive							

珠囊腔内,成堆的晶体在上皮表面的大片区域出现;在另一些区域可以见到上皮细胞之间的较大沟隙,在其表面还有许多无定形分泌物(图版 II: 13, 14, 15)。

表 2 珍珠囊各发育时期的碳酸酐酶活性

Tab. 2 The activities of carbonic anhydrase of the pearl sac at different stages

发育阶段 Stage 酶活性 Activity	10 d Days	20 d Days	30 d Days	3 个月 Months	6 个月 Months	12 个月 Months	18 个月 Months
上皮细胞 Epithelial cell	++	++	++	++	+++	+++	+++
游走细胞 Wandering cell	++	++	++	++	++	++	++
肌纤维 Muscular fibre	++	++	++	++	++	++	++
+ 阳性 Positive ++ 较强阳性 Highly positive +++ 最强阳性 Extremely positive							

讨 论

关于珍珠囊的发育,国内外的学者进行过不同程度的探讨^[1-2,4-7,24]大多数人认为在有核珍珠囊的形成过程中植入育珠蚌体内的细胞小片只有外表皮细胞存活并增殖形成珍珠囊,小片的结缔组织退化分解或被育珠蚌的组织吞噬。珍珠囊具有单层上皮细胞是公认的,争论在于上皮细胞的起源以及植入的细胞小片的结缔组织的命运。

根据细胞的形态和动能可把珍珠囊的发育分为早、中、晚三个时期。早期发育是指从植入细胞小片开始到单层上皮细胞的珍珠囊完全形成,这一时期在水温 16℃ 左右约需 30 d。中期是指珍珠囊形成后直到稳定地分泌珍珠质,这时期约需 4—5 个月。晚期则是指从珍珠囊稳定分泌珍珠质开始直到收获成品质为止。在各发育阶段构成珍珠囊的细胞形态和功能都发生了较大的变化。现分别详细讨论如下:

1. 珍珠囊的形态发生

我们的实验结果表明,不论是有核珍珠囊或无核珍珠囊,囊上皮细胞都由植入的细胞小片的外表皮细胞分裂增殖而来。增殖的上皮细胞从发育的第 5 d 至 20 d 都可以见到,在局部形成多层上皮,经过迁移和重排,约 30 d 形成单层上皮细胞的珍珠囊,细胞的形态也从发育早期的高柱状变成发育晚期时(6 个月以后)的扁平状或立方形,相互间的联系也从紧密变得松散。细胞小片的结缔组织并没有完全被育珠蚌愈合、吞噬或自行退化,它们同样经过增殖、迁移和重排,与育珠蚌的结缔组织共同形成以珍珠囊腔为圆心的同心圆层,同时珍珠囊周围的结缔组织细胞间质也在不断地更新变化,发育 6 个月以后,其组化反应明显不同于以前,胶元和糖蛋白占优势。从实验结果还可看出,珍珠囊上皮细胞层中至少从发育的第 10d 起可以见到一种分泌细胞的存在,它们的胞质用三色法染成蓝色。它们的 PAS 阳性反应表明其分泌物中含有多糖类。这一现象与一些资料的报告不一致^[1,2],由此看来很有必要对该类细胞作进一步研究。

2. 珍珠囊的功能

关于珍珠囊在合成、分泌和转运珍珠质等方面的问题,迄今研究的不多。从组化反应结果来看,珍珠囊上皮细胞以及囊内分泌的有机质在发育的各时期都呈现 PAS 和 HgBpB 的强阳性反应,这说明它们进行着十分活跃的糖蛋白合成和分泌活动。H·E 和三色法染色情况在早、晚期不同,晚期的细胞质嗜碱性,这说明合成和分泌活动在发育的早期和晚期是不尽相同的。另外,珍珠囊上皮细胞的碱性磷酸酶活性在发育 6 个月以后大大减弱,以致于在第 12—18 个月的切片中,酶活性部位仅局限在上皮细胞的游离缘,这样看来 AKPase 活性对钙的转运和碳酸钙结晶的形成并无直接关系,因为后期结晶速率比早期大得多。可能象 Beedham^[11]所指出的那样,AKPase 只与某些蛋白质的合成有关。这也说明了在发育早期和晚期,珍珠囊的上皮细胞合成不同的蛋白质。

从对珍珠囊上皮细胞的碳酸酐酶活性测定的结果来看,发育 6 个月以后的上皮细胞酶活性显著增强,这也是 CaCO_3 结晶大量形成的阶段。换句话说,碳酸酐酶活性的强度与碳酸钙结晶的速率成正比。

珍珠囊液这一概念的提法,在现有的国内外资料中未曾见到。它是存在于珍珠囊上皮细胞与珠核或珍珠之间的一薄层流体状物质。在切片中可以看到植入的蜡核与上皮细胞并没有紧密接触,而是留有一定空间,其间充满流体状物质。电镜扫描表明上皮细胞的表面存在大量的有机物和结晶体。这说明珍珠囊液的组分是比较复杂的。在珍珠囊发育的早期,珍珠囊液的固相部分主要包括大量死亡的游走细胞以及其它细胞,而在晚期,固相成分几乎全是碳酸钙微结晶体。不难推测珍珠囊液的液相成分基本与蚌体的血液和组织液相同,除此之外,由珍珠囊上皮分泌细胞合成和分泌的含多糖类的物质以及上皮细胞自身的合成分泌物,是其特有的成分,当然这些还有待于进一步的实验研究。根据扫描观察,发育 6 个月以后的珍珠囊腔内有大量的游离微晶体,这表明晶体核化和生长都在珍珠囊液中进行。到此,我们认为珍珠囊液是转运构成珍珠的各种物质组分的中介,也是珍珠形成的直接生理和物理微环境,它把活细胞的活动与珍珠的形成有机地联系起来了。

Crenshaw^[12] 在探讨贝壳形成机制时指出: 在外套膜中央区, 钙是通过胞间转运到壳面的, 而在边缘区, 钙的转运必须通过外套膜外表皮细胞胞体。从实验来看, 在发育 6 个月以后, 珍珠囊上皮细胞变成立方形或扁平状, 相邻细胞间的联系也相对减少, 为物质的胞间转运提供了良好的条件。三色法把囊周围结缔组织染成蓝色, 它们的 PAS 反应和 HgBpB 反应都是阳性, 这说明这些物质可能是胶元或软骨素硫酸盐之类的糖蛋白, 有人^[1]认为后者可能参与钙的转运。从现有资料来看, 关于珍珠周围结缔组织的功能还研究的不多, 我们认为它们在结构上紧贴珍珠囊上皮层, 而且细胞间质也比其他部分致密, 这样就构成了珍珠囊转运物质的通道或屏障。

关于游走细胞在珍珠和贝壳形成中的作用问题, 还有不少争论^[10, 13, 15]。实验表明, 无论有核珍珠囊或无核珍珠囊在发育的第 10 d 各部分都已布满了游走细胞。在有核珍珠囊中, 大量的游走细胞穿越上皮层进入囊腔内, 然后分解、沉积, 构成了围绕蜡核有机质层的主要部分, 这一现象一直持续到第 30 d。在发育 3 个月以后的珍珠囊腔内已不见任何游走细胞移入, 结缔组织中游走细胞的数量也大大减少, 这时囊腔内的珍珠质却已开始大量存积。这样看来, 游走细胞的最初反应是针对外物的人侵, 毕竟细胞小片和蜡核对育珠蚌来说是异物。在无核珍珠囊的初期发育阶段, 结缔组织间质明显分解的区域游走细胞数量也较多, 这表明游走细胞可能参与分解作用, 对珍珠囊的形态建成有重大的影响。至于游走细胞在珍珠囊腔中分解后形成的有机质层及细胞的内含物对珍珠结晶的初期形成和生长发生怎样的影响, 目前尚不清楚。

参 考 文 献

- [1] 熊大仁译(小林新二郎等著), 1965. 珍珠的研究. 农业出版社。
- [2] 石安静等, 1985. 三角帆蚌珍珠囊形成的研究. 水产学报, 9(3): 247—253.
- [3] 石安静, 1981. 我国淡水育珠蚌外套膜的组织学研究. 淡水渔业, 2: 2—5.
- [4] 石安静等, 1985. 三种淡水育珠蚌外套膜酶的组织化学研究. 水产科学, 4(2): 1—6.
- [5] 张玺等, 1962. 珠母贝及珍珠的形成. 生物学通报, 1: 1—4.
- [6] 俞豪祥, 1985. 三角帆蚌外套膜及珍珠囊的组织学初步观察. 动物学杂志, 1: 1—3.
- [7] 熊大仁等, 1980. 河蚌无核珍珠形成的初步研究. 湛江水产学院学报, 2: 1—7.
- [8] 蒙钊美等, 1983. 大珠母贝外套膜细胞小片的移植和珍珠囊形成的研究. 贝类学论文集第一辑, 97—101. 科学出版社。
- [9] 和田浩爾, 1973. 外套膜の酵素組織化学による研究. 国立真珠研究所報告, 17, 2059—2074.
- [10] Beedham, G. E., 1965. Repair of the shell in species of *Anodonta*. *Proc. Zool. Soc. Lond.*, 145: 108—126.
- [11] Beedham, G. E., 1965. Observation on the mantle of the *Lamellibranchia*. *Proc. Zool. Soc. Lond.*, 145: 181—197.
- [12] Crenshaw, M. A., 1980. Mechanisms of shell formation and dissolution. In "Skeletal growth of aquatic organisms" (Rhoads, D. C. and Lutz, R. A. eds): 115—132. Plenum Press, New York.
- [13] Kapur, S. P. and Gupta, A. S., 1970. The role of amoebocytes in the regeneration of shell in the land pulmonate, *Euplecta indica* (Pfeiffer). *Biol. Bull.*, 139: 502—509.
- [14] Kawakami, K., 1952. Studies on pearl-sac formation. I. On the regeneration and transplantation of the mantle piece in the pearl oyster. In "Report of the Nippon Institute for Scientific Research on Pearls", No. 29: 1—6.
- [15] Wilbur, K. M., 1964. Shell formation and regeneration. In "Physiology of Mollusca I" (Wilbur, K. M. and Yong, C. M. eds): 243—282. Academic Press, New York.

STUDIES ON THE DEVELOPMENT OF THE PEARL SAC IN THE PEARL OYSTER *CRISTARIA Plicata* LEACH (*LAMELLIBRANCHIA*)

Du Xiaodong

(Department of Aquaculture, Zhanjiang Fishery College 524025)

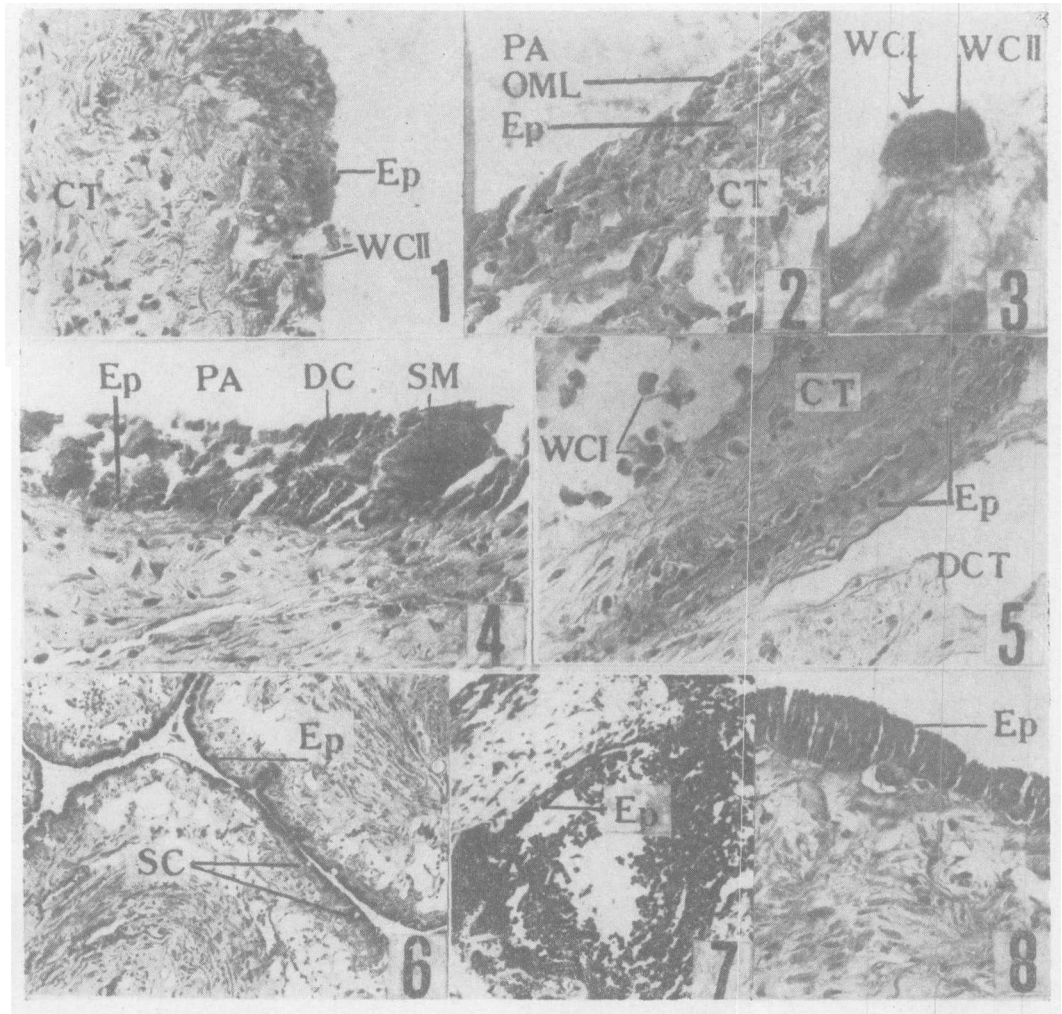
He Haiping and Wu Xizai

(Department of Biology, Wuhan University, Wuhan 430072)

Abstract

The optical and scanning electron microscopy were applied to study the development of the pearl sac in *Cristaria plicata* Leach. The results show that it takes about 30 days to constitute the pearl sac with single layer of epithelial cells when the water temperature is about 16°C, after six months the pearl sac can secrete pearl substances steadily. The shape of the epithelial cells changes gradually from rod-like to square or flattened, and the activity of carbonic anhydrase of those cells becomes higher with the development. Most connective tissue cells of the grafted mantle piece, together with that of the host oyster, arrange themselves in layers around the pearl sac cavity. Wandering cells are more active during the early developmental stage of the pearl sac. The concept of the pearl sac fluid which was proved to be a thin layer of fluid between the epithelium and the surface of the pearl-core or pearl was proposed in this paper; the nucleation and early growth of the CaCO_3 crystals takes place within the pearl sac fluid.

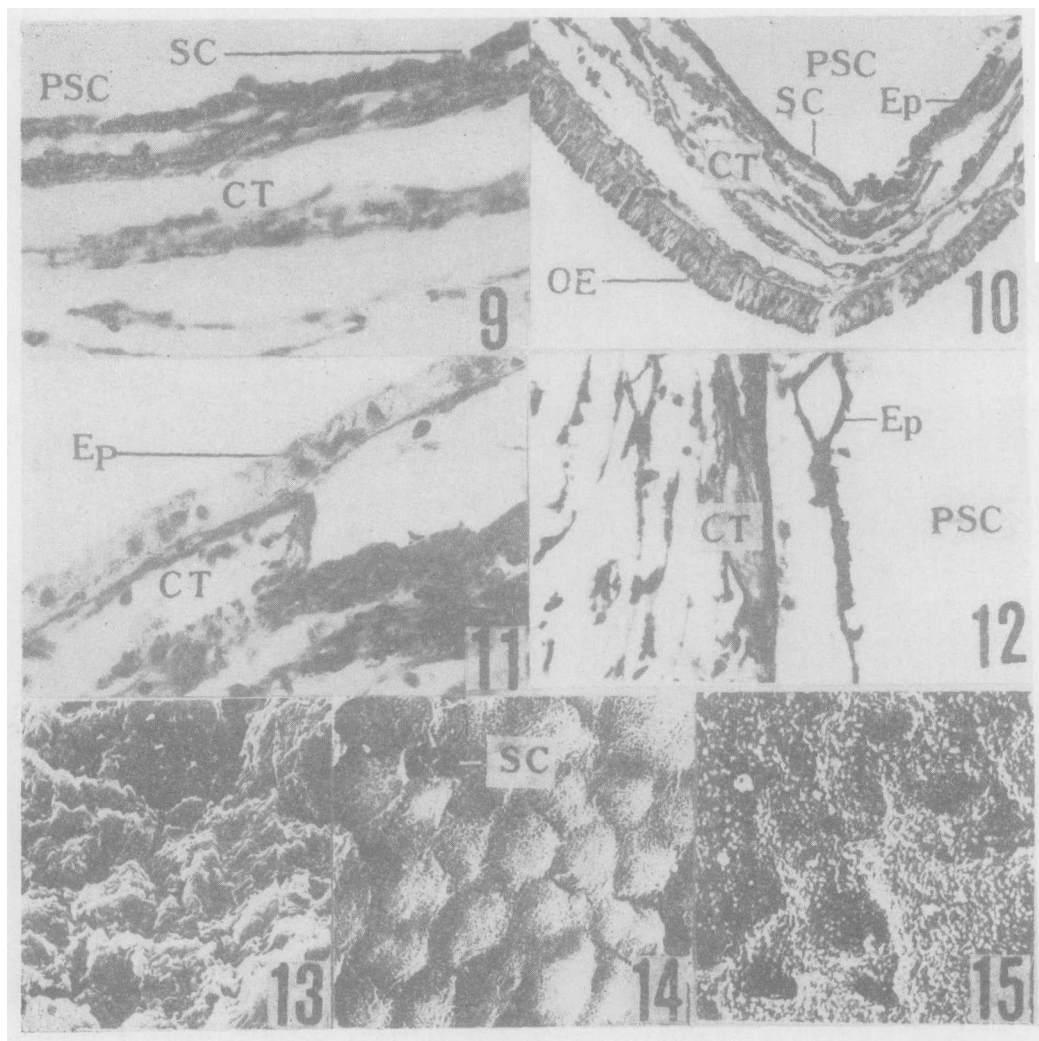
Key words *Cristaria plicata* Leach, Pearl sac, Development, Pearl sac fluid.



1. 示增殖的柱状上皮及 II 型游走细胞, $\times 260$; 2. 示大量游走细胞围绕蜡核成层, $\times 100$; 3. 示两类游走细胞, $\times 1220$; 4. 示单层上皮细胞、腔内分泌物、分解细胞和蜡核, $\times 260$; 5. 示折迭的上皮及局部分解的结缔组织, $\times 260$; 6. 示分泌细胞及正在形成的珍珠囊腔, $\times 70$; 7. 示珍珠囊 (30 d) 的 HgBpB 反应, 游走细胞和分泌物都呈阳性, $\times 260$; 8. 示嗜苏木素的柱状上皮, $\times 260$

1. showing the multiplying rod-like epithelial cells and wandering cells, $\times 260$; 2. showing the organic layer constituted by the large quantity of wandering cells, $\times 100$; 3. showing two types of wandering cells, $\times 1220$; 4. showing the single-layered epithelium, secreted materials and degenerated cells, paraffin core, $\times 260$; 5. showing the folding epithelium and degeneration of some connective tissues, $\times 260$; 6. the pearl sac cavity and its secretory cells, $\times 70$; 7. the HgBpB reaction of a 30-day pearl sac, wandering cells and secretory cells show positive reaction, $\times 260$; 8. showing the hematoxylinophilic rod-like epithelium, $\times 260$

Ep (上皮); WCII (II 型游走细胞); CT (结缔组织); OML (围绕蜡核成层); PA (蜡核); WCI (I 型游走细胞); SM (腔内分泌物); DC (分解细胞); DCT (分解的结缔组织); SC (分泌细胞)



9. 示三色法把上皮细胞染色红色, 分泌细胞和结缔组织呈蓝色, $\times 400$; 10. 示苏木素的立方上皮和成层排列的结缔组织, $\times 130$; 11. 示三色法把上皮细胞质染色橘黄色, 细胞核显红色, 结缔组织呈蓝色, $\times 1200$; 12. 示 18 个月的珍珠囊的 PAS 反应, 上皮细胞和结缔组织显强阳性, $\times 260$; 13. 15 d 珍珠囊腔的扫描电镜照片, 示覆盖在上皮表面的有机质, $\times 2580$; 14. 6 个月的珍珠囊腔的扫描电镜照片, 示上皮细胞及排空的分泌细胞, $\times 3440$; 15. 18 个月的珍珠囊腔的扫描电镜照片, 示堆集在上皮表面的大量微晶体, $\times 6880$

9. the epithelial cells show red colour, secretory cells (SC) and connective tissues (CT) are blue by the triple-stain, $\times 400$; 10. the hematoxyliophilic cuboid epithelium (Ep) and stratified connective tissues, $\times 130$; 11. the plasma of the epithelial cells show orange colour and the nuclei red, the connective tissues blue by the triple-stain, $\times 1200$; 12. the PAS reaction of a 18-month pearl sac, the epithelial cells and the connective tissues (CT) show positive reaction strongly, $\times 260$; 13. scanning electron micrograph of a 15-day pearl sac cavity, showing organic matrixes covering the epithelium, $\times 2580$; 14. scanning electron micrograph of a 6-month pearl sac cavity, showing the surface of the epithelial cells and a secretory cell (SC), $\times 3440$; 15. scanning electron micrograph of a 18-month pearl sac cavity, showing a large numbers of microcrystals aggregated on the surface of the epithelium, $\times 6880$.

PSC (珍珠囊腔); OE (母蚌外表皮); 其他图注同图版 I。