

文章编号:1000-0615(2009)05-0742-13

条纹斑竹鲨的胚胎发育

谢仰杰^{1,2}, 王 军², 苏永全², 徐晓津^{1,2}, 傅蒙娜²

(1. 集美大学水产学院, 福建省高校水产科学技术与食品安全重点实验室, 福建 厦门 361021;

2. 厦门大学海洋与环境学院, 福建 厦门 361005)

摘要:观察了室内培育的条纹斑竹鲨自然生产的受精卵形态和胚胎发育过程。结果表明, 条纹斑竹鲨受精卵个体较大, 卵黄略呈椭圆形, 长径为 25.91 ~ 36.16 mm, 短径为 13.56 ~ 19.44 mm。受精卵外裹有棕褐色的卵鞘, 鞘长 75.25 ~ 107.30 mm, 鞘宽 33.39 ~ 47.70 mm, 鞘厚 15.82 ~ 24.65 mm, 卵鞘坚韧而略有弹性。在水温 28.0 ℃、盐度 26.2 ~ 28.8 条件下, 受精卵经 65 ~ 80 d 发育孵出幼鱼, 胚胎发育分为 23 期, 参照硬骨鱼类胚胎发育各期名称给予命名。初孵幼鱼全长 121.82 ~ 166.80 mm, 体重 5.30 ~ 18.22 g, 已具成鱼的外形特征, 但体内尚存卵黄, 体外卵黄少许或消失。胚体长度 (L/mm) 与孵化时间 (D/d) 呈线性相关, $L = 2.1368D - 11.175$ ($R^2 = 0.9862$); 胚体重 (M/mg) 与孵化时间 (D/d) 呈幂函数关系, $M = 0.0001D^{4.3763}$ ($R^2 = 0.9579$); 胚体重 (M/mg) 与胚体长度 (L/mm) 呈幂函数关系, $M = 0.0005L^{3.4278}$ ($R^2 = 0.9822$)。

关键词:条纹斑竹鲨; 胚胎发育; 孵化

中图分类号:Q 954.4; S 917

文献标识码:A

条纹斑竹鲨 [*Chiloscyllium plagiosum* (Bennett, 1830)] 俗称狗鲨、犬鲨, 归属于须鲨目 (Orectolobiformes), 斑竹鲨科 (Hemiscylliidae), 斑竹鲨属^[1-4]。分布于中国、日本、菲律宾、泰国、马来半岛、印度及非洲东部和南部海域, 在我国分布于南海、台湾海峡和东海^[1,5]。在闽南近海, 条纹斑竹鲨资源丰富, 全年均可捕到, 是捕捞产量较高的鲨类之一^[6-7]。条纹斑竹鲨易保活, 易运输, 多为鲜活销售, 也是水族馆中常见的观赏种类。

由于条纹斑竹鲨具有重要的经济价值和观赏价值, 近年来对其研究日益增加。同时, 由于其资源量的日益减少, 人工繁殖和养殖研究日益引起人们的重视。国内外已有一些学者对条纹斑竹鲨的生殖生物学进行了研究, 并描述了水族馆中条纹斑竹鲨的交配、产卵、孵化、胚胎发育和生长^[8-13], Motoyasu 等^[14]进行了条纹斑竹鲨的人工授精试验, 刘宏良^[15]开展了条纹斑竹鲨人工繁殖和养殖试验。而进一步了解条纹斑竹鲨的胚胎

发育过程, 将对开展人工繁殖具有重要的指导意义, 也可对所有研究机构评价条纹斑竹鲨的繁殖群体的繁殖力和胚胎及幼鱼的健康和活力提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

条纹斑竹鲨亲鱼采自厦门, 于室内水池进行培育, 每天早晨收集自然产出的卵子于玻璃水族箱中进行人工孵化。

1.2 方法

采用恒温孵化, 水温 (28.0 ± 0.5) ℃, 盐度 26.2 ~ 28.8, 持续充气, 定期换水, 及时清除坏卵。定期取出卵子, 剥开卵鞘, 在显微镜和解剖镜下对胚胎的发育情况进行观察和拍摄, 并测量胚体长度, 除去外卵黄囊后对胚体称重。采用 Excel 和 SPSS 统计软件对所得数据进行分析。以收集卵子当天记为第 1 天, 次日记为第 2 天, 依此类推。

收稿日期: 2008-09-28

修回日期: 2008-11-18

资助项目: 国家自然科学基金 (40776083, 40876080); 厦门市科技项目 (3502Z20063022)

通讯作者: 苏永全, E-mail: yqsu@xmu.edu.cn

第1~10天每天观察1次,第11~50天隔天观察1次,第50天开始每5天观察1次,每次观察3~5个胚胎。

2 结果

2.1 条纹斑竹鲨卵子的基本特征

条纹斑竹鲨的卵子较大,卵子外面包有一棕褐色的卵鞘。卵鞘坚韧而有一定的弹性,不透明,四周密而无缝,中央形成卵圆形的空间。卵鞘的一端有1个尖角,另一端有2个尖角。卵鞘的一边附有卵膜丝,卵子可依此附着在其它物体上。卵鞘长度为75.25~107.30 mm,宽度为33.39~47.70 mm,厚度为15.82~24.65 mm(图版-1)。卵黄大,略呈椭圆形,长径为25.91~36.16 mm,短径为13.56~19.44 mm。卵黄淡绿色,表面有沟状纹。卵黄包裹于卵鞘内的透明胶状物中。

2.2 条纹斑竹鲨的胚胎发育

条纹斑竹鲨为体内受精,卵子产出体外之前便已开始发育,以下对胚胎发育的观察结果是从卵子产出体外,从收集卵子的当天(记为第1天)开始的。

第1天 胚盘直径约1.50 mm,近圆形,红色,外周被一圈将此与正常的绿色的或黄色的卵黄分开的白色的卵黄所包围(图版-2)。

第2天 胚盘直径约2.00 mm,中央橘黄色。边缘一周略隆起,为胚环,胚环的一部分略增厚,为胚盾。胚盾指向胚盘中心的一端是头端,作为胚盘边缘一部分的一端是尾端(图版-3)。

第3天 胚盘直径7.60~9.00 mm。胚盾已发育成胚体雏形,长0.96~1.04 mm,隆起于卵黄之上。出现2~4对肌节。头部略膨大。神经板明显(图版-4,5)。

第4天 胚盘直径10.54~13.24 mm。胚体全长1.70~1.98 mm,肌节11~15对。神经褶已开始闭合。后突(posterior lobes)明显(图版-6)。

第5天 胚盘直径15.40~18.00 mm。胚体全长2.01~2.24 mm。肌节17~21对。胚体淡黄色,变得非常透明。胚体头部和尾部已明显挺起。咽的侧壁开始膨胀,可见第1对咽囊呈半透明。眼囊开始突出。听板刚刚可见(图版-7)。

第6天 胚体全长2.31~3.10 mm。肌节25~28对。胚体头部和尾部稍有延长,头部前面

一半弯向腹侧,宽阔的尾芽稍微突出于卵黄囊上。可看见第1对和第2对咽囊,口凹出现。眼囊明显。胚环边缘出现血岛,呈淡红色。胚体开始左右摆动(图版-8,9)。

第8天 胚体全长2.92~4.37 mm。胚盘包裹卵黄1/2~3/4。肌节28~34对。从侧面看,背部通常凹入。胚胎通过宽的卵黄柄与卵黄囊相连。尾部延长,通常弯曲,可见背鳍褶和腹鳍褶。前脑增大且变得明显。前脑与后脑间形成90°的头曲,中脑凸出,成为胚胎长轴的最前端。后脑的第4脑室开始膨胀。可见3对咽囊,半透明。口凹明显。弯曲的管状的心脏已经开始跳动。红血球离开血岛到达第1对大动脉弓。肾脏明显。耳囊原基明显。胚环显红棕色。卵黄动脉明显,颜色比卵黄静脉淡许多。胚动频繁(图版-10,11)。

第10天 胚体全长7.89~8.88 mm。胚环下包卵黄9/10左右,卵黄塞慢慢缩小。肌节约50~86对。躯干部与胚盘之间的联系明显紧缩。咽囊4~6对,半透明,第2、第1和第3对咽鳃裂相继开裂,口裂形成。头曲大大增加,胚体长轴和头部前面部分小于直角。显著的中脑位于胚体长轴最前端。可以见到第4脑室的薄的顶壁,位于中脑后面。鳍膜发达。心脏S形,泵动血液循环,血液经过第1~2对大动脉弓和背大动脉,流向尾部,再从尾静脉到肠下静脉再到后主静脉。从背大动脉分出的卵黄动脉进入卵黄囊后分为2主支。胚盘边缘的静脉汇合成单一的中央脐肠静脉,再通过脐带回到胚体。视囊明显。耳囊凹陷,仍开口于外。卵鞘内的透明胶状物被消化约1/3(图版-12~14)。

第12天 胚体全长10.48~14.46 mm。肌节86~92对。口凹深入直至开裂。第4和第5对咽鳃裂相继开裂,心脏位于鳃部后下方,各部分明显。鳃弓明显。胚孔即将封闭,胚孔周围血管发达。部分个体胚孔已完全封闭,卵黄静脉已不再呈环状。卵黄动脉分支已近卵黄前端。脐带变窄而长。背大动脉贯穿胚体前后。胸鳍芽和腹鳍芽出现,鳃丝芽首次出现于第2和第3对咽鳃裂,随后第4和第5对咽鳃裂也先后出现鳃丝。耳囊扩大但开口缩小,内淋巴管延长(图版-15,16)。

第14天 胚体全长15.98~18.40 mm,胚

体重 0.005 8 ~ 0.008 7 g。胚孔完全封闭。所有咽鳃裂全部开裂。除了第 1 对咽鳃裂(喷水孔)和第 6 对咽鳃裂尚无鳃丝芽出现外,其它咽鳃裂均有鳃丝伸出。口菱形。肌节已出现于尾端。胚体血液循环发达。卵黄静脉和动脉均显红色,静脉粗大。卵黄囊的一半外包毛细血管网。胸鳍芽和腹鳍芽增大,背鳍原基明显(图版-17、18)。

第 16 天 胚体全长 19.65 ~ 21.72 mm,胚体重 0.012 8 ~ 0.013 0 g。外鳃逐步延长,每条外鳃均为一条细长封闭的管子,管内有血液流动。从头部表面仍然可以清晰看见脑的 3 个主要分区。后面部分是后脑,包含小脑和延脑。脊髓到前面部分可以看到第四脑室的薄顶壁。再前面,顶壁变厚,为小脑原基。后脑前面是中脑,其顶壁为视球,仍然位于胚体长轴最前端。第 1 对咽鳃裂(喷水孔)和第 6 对咽鳃裂尚无鳃丝芽出现。胚体尾部继续延长。背鳍原基明显,背鳍膜开始退缩。卵鞘内的透明胶状物已被消化 1/2 左右(图版-19、20)。

第 18 天 胚体全长 22.76 ~ 26.35 mm,胚体重 0.013 3 ~ 0.025 4 g。所有 6 对咽鳃裂均具有外鳃,外鳃进一步增多并延长。其中第 1 咽弓(颚弓)只有 1 ~ 2 个鳃丝芽。口仍然呈菱形。回肠螺旋瓣快速发育。背鳍、胸鳍和腹鳍初步形成,辐状软骨明显,臀鳍原基也已出现。无鳍部分的鳍膜明显退缩。尾部出现鳞片原基。眼晶体形成。卵黄囊完全被覆血管网。孵化腺开始出现于头部突出的表面(图版-21 ~ 23)。

第 20 天 胚体全长 31.25 ~ 32.12 mm,胚体重 0.039 1 ~ 0.045 2 g。脐带长约 5.34 mm。外鳃进一步发达。口由菱形变为横椭圆形。心脏各部分明显。所有 6 对动脉弓有血液流动。无鳍部分背鳍膜多数退缩。眼出现黑色素。卵鞘内的透明胶状物已被消耗,卵鞘内充满水液。卵黄凹陷明显。尾端左右各出现 2 列盾鳞,上列 10 ~ 18 个,下列 13 ~ 18 个(图版-24 ~ 26)。

第 22 天 胚体全长 28.64 ~ 36.32 mm,胚体重 0.036 6 ~ 0.052 1 g。外鳃进一步增加和延长。口由椭圆形变为弯曲直线型。眼黑色素明显,胚体其它部分未见色素(图版-27、28)。

第 24 天 胚体全长 32.13 ~ 41.25 mm,胚体重 0.045 4 ~ 0.121 3 g。充满血液的外鳃快速生长。卵黄动脉和静脉粗大。2 个背鳍和臀鳍已

经长出,后缘与后面的鳍膜成钝角。尾部两侧的盾鳞明显。眼球周围一圈布满黑色素。卵黄凹陷明显。卵鞘尖角处出现缝隙,卵鞘内外相通。若把卵从水中取出,则水会漏出(图版-29、30)。

第 26 天 胚体全长 43.34 ~ 45.11 mm,胚体重 0.147 2 ~ 0.176 4 g。外鳃进一步延长。背鳍和臀鳍的后缘与鳍膜仍成钝角或直角(图版-31 ~ 33)。

第 28 天 胚体全长 45.32 ~ 50.03 mm,胚体重 0.204 0 ~ 0.403 1 g。外鳃非常发达,达到最大长度。喷水孔外鳃也很显著。吻突突出于口的前面,与体轴呈直角。盾鳞更为明显。卵黄开始从外卵黄囊向内卵黄囊和回肠转移。背鳍和臀鳍的后缘与鳍膜呈锐角。雄性胚胎的鳍脚逐渐长出。此时鳍脚与腹鳍外叶完全愈合(图版-34 ~ 37)。

第 30 天 胚体全长 45.49 ~ 53.11 mm,胚体重 0.282 9 ~ 0.612 3 g。吻突显著,与体轴夹角减少,小于 90°。回肠明显,内部充塞绿色的卵黄。卵黄囊直径仍未明显变小(图版-38 ~ 40)。

第 32 天 胚体全长 55.02 ~ 55.35 mm,胚体重 0.624 2 ~ 0.680 4 g。头部皮肤血管发达。胚体活动加强(图版-41、42)。

第 34 天 胚体全长 55.10 ~ 57.00 mm,胚体重 0.660 4 ~ 0.758 2 g。除了臀鳍、背鳍和尾鳍,鳍褶的所有部分几乎完全退缩。雄性的鳍脚后端与腹鳍外叶开始分离。头部眼间隔区出现黑色斑纹(图版-43)。

第 36 天 胚体全长 63.43 ~ 66.83 mm,胚体重 1.029 ~ 1.220 g。喷水孔外鳃开始缩短。咽的呼吸运动逐渐加强。头部眼间隔区黑色斑纹明显(图版-44)。

第 38 天 胚体全长 66.52 ~ 71.77 mm,胚体重 1.177 ~ 1.326 g。较小个体外鳃长达 16.26 mm。较大个体外鳃明显缩短,长度仅 4.878 mm。胚体头部明显变为宽大。胚体出现黑色横纹(图版-45、46)。

第 40 天 胚体全长 66.71 ~ 80.11 mm,胚体重 1.470 ~ 1.810 g。外鳃短,大部分缩入鳃腔。最后 1 对鳃裂的外鳃较长,约 4.76 mm。胚体黑色横纹和白色斑点明显。外形同成鱼相似。脐带剪断后,可见卵黄从切口流出(图版-47、48)。

第 42 天 胚体全长 70.12 ~ 75.69 mm,胚

体重 1.670 ~ 1.986 g。卵黄囊直径 21.70 mm,重 3.612 g。仅最后 1 对鳃裂有外鳃露出,外鳃长 2.16 mm。黑色横纹和白色斑点明显。外形同成鱼更为相似。剥离卵鞘的胚体可携带卵黄囊在水中游动(图版-49、50)。

第 44 天 胚体全长 84.63 ~ 88.87 mm,胚体重 2.370 ~ 2.400 g。卵黄囊直径 19.99 ~ 20.26 mm,重 3.010 ~ 3.030 g。外鳃全部退缩。体侧盾鳞原基明显(图版-51、52)。

第 46 天 胚体全长 89.41 ~ 97.48 mm,胚体重 2.929 ~ 4.070 g。卵黄囊直径 17.90 ~ 23.25 mm,重 2.850 ~ 3.980 g。胚体重开始大于卵黄重。剪开卵鞘取出胚体,可以成活。体侧盾鳞大量出现,但头部和躯干部腹面尚无明显的盾鳞出现(图版-53)。

第 48 天 胚体全长 95.21 ~ 102.05 mm,胚体重 3.620 ~ 4.860 g。卵黄囊直径 16.23 ~ 20.99 mm,重 2.620 ~ 3.770 g。剪开卵鞘取出的胚体更为活跃,外形更像成鱼。头部皮肤感觉器官明显,盾鳞继续出现、变大(图版-54)。

第 50 天 胚体全长 102.55 ~ 110.29 mm,胚体重 4.160 ~ 5.400 g。卵黄囊直径 17.78 ~ 23.25 mm,重 1.920 ~ 3.980 g。内卵黄囊明显。头和躯干部腹面尚无鳞片(图版-55、56)。

第 55 天 胚体全长 114.7 ~ 126.1 mm,胚体重 6.640 ~ 8.460 g。随着卵黄向胚体内的转移,外卵黄囊明显变小,直径 11.06 ~ 17.19 mm,重 0.450 ~ 2.470 g(图版-57、58)。

第 60 天 胚体全长 115.3 ~ 135.0 mm,胚体重 7.060 ~ 9.390 g。外卵黄囊变得更小,直径 11.50 ~ 17.10 mm,重 1.100 ~ 2.300 g。剖开腹部,可见内卵黄囊与外卵黄囊大小相似。盾鳞大量出现,棘突已突出于皮肤外,且逐渐变得坚硬锐利,皮肤因此变得粗糙(图版-59、60)。

第 65 ~ 80 天 65 d 开始胚胎陆续孵出,至 80 d 全部孵出。幼体是从卵鞘裂开的单角的一端出鞘的。初孵出的幼体全长 121.8 ~ 166.8 mm,重 5.30 ~ 18.22 g。体外卵黄囊剩余少许(直径约 1 mm)或完全消失,但体内尚存卵黄。幼体游动能力强,外形特征与成鱼基本一致。投喂肉糜,可见幼体摄食。较大个体会主动觅食(图版-61 ~ 64)。

根据条纹斑竹鲨胚胎发育各阶段的典型特

征,结合小点猫鲨各发育阶段的特征^[16],将条纹斑竹鲨的胚胎发育划分为 23 期,并参照硬骨鱼类的胚胎发育各阶段的名称命名(表 1)。

2.3 条纹斑竹鲨胚胎的生长

条纹斑竹鲨不同个体之间胚胎发育的速度存在一定的差异,但总体差异不大。从胚体全长来看,在第 1 ~ 6 天,增长相对缓慢,从第 8 天开始,增长相对较快,从第 60 天开始到胚体孵出,增长又相对减缓。从胚胎体重来看,第 30 天之前生长较慢,第 30 ~ 60 天是快速生长期,从第 60 天开始到胚体孵出期间,胚体重量没有显著的增长。对胚体长度、胚体重和发育时间进行统计分析,结果表明:胚体长度(L/mm)与孵化时间(D/d)呈线性相关,其关系式为: $L = 2.1368D - 11.175$,相关系数 $R = 0.9862$ (图 1)。胚体重(M/mg)与孵化时间(D/d)之间呈幂函数关系,其关系式为: $M = 0.0001D^{4.3763}$,相关指数 $R^2 = 0.9579$ (图 2)。胚体重(M/mg)与胚体长度(L/mm)之间呈幂函数关系,其关系式为: $M = 0.0005L^{3.4278}$,相关指数 $R^2 = 0.9822$ (图 3)。

3 讨论

3.1 条纹斑竹鲨的生殖特点

软骨鱼类的生殖方式多样,在传统上分为卵生、卵胎生和胎生。很多学者认为,卵胎生与胎生只是人为的区分而已。因此,目前多数学者趋向于把软骨鱼类的生殖方式分为卵生和胎生 2 大类,其中胎生又可根据胎盘的有无或子宫分室与否划分为不同的类型^[17-20]。卵生是比较原始的生殖方式,全头类、鳐类和少量鲨类属于卵生。胎生是软骨鱼类的主要生殖类型,约 55% 的种类是胎生的。相比之下,硬骨鱼类只有 2% ~ 3% 的种类是胎生的^[17]。条纹斑竹鲨属于卵生种类,可以认为是比较原始的。

条纹斑竹鲨的卵鞘略小于点纹斑竹鲨的卵鞘,形态与点纹斑竹鲨(*Chiloscyllium punctatum*)的相似^[21]。与其它卵生软骨鱼类一样,条纹斑竹鲨的卵子较大,卵子外面的卵鞘对于发育时间较长的胚胎来说显得非常重要,可以保护胚胎,从而保证其有较高的孵化率和存活率。

与其它已研究的卵生软骨鱼类相比较,条纹斑竹鲨的胚胎发育期(65 ~ 80 d, 28.0 °C)与灰斑竹鲨 *C. griseum* (70 ~ 80 d)^[22] 相似,短于点纹斑

竹鲨(140 ~ 174 d, 21 ~ 25 ℃)^[21]、斑点长尾须鲨 (*Hemiscyllium ocellatum*, 124 ~ 142 d, 25 ℃)^[23] 和小点猫鲨 (170 ~ 220 d, 16 ℃)^[16, 24-25]。Masuda^[13] 的研究表明条纹斑竹鲨在 18.7 ~ 26.5 ℃ 条件下的孵化时间为 112 ~ 140 d, 说明孵化温度对其发育速度影响很大。温度与孵化时间的关系有待于进一步研究。

表 1 条纹斑竹鲨的胚胎发育阶段
Tab.1 Stages of embryonic development of *Chiloscyllium plagiosum*

发育期 stage	产卵后天数(d) days post deposition	主要特征 chief character	小点猫鲨的发育阶段 stage of <i>Scyliorhinus canicula</i> ^[16]
囊胚期	1	胚盘位于内部凹陷的白色卵黄杯上。胚下腔明显。	stage 4-9
原肠早期	2	胚环出现,新月形的胚盾形成。	stage 10-12
肌节出现期	3	胚盾发育成胚体雏形。神经板和神经沟相继出现。肌节出现。	stage 13-15
神经褶闭合期	4	神经褶已开始闭合。后突明显。	stage 16
1 对咽囊期	5	第 1 对咽囊出现。胚体头部和尾部已明显挺起。	stage 17
2 对咽囊期	6	第 2 对咽囊出现,口凹出现。眼囊明显。胚体开始摆动。	stage 18
3 对咽囊期	8	可见 3 对咽囊,口凹变深。心脏开始跳动。	stage 19
4 对咽囊期	10	可见 4 对咽囊。	stage 20
第 1 对鳃裂形成期	10	第 1 对鳃裂和口裂开裂。	stage 21
喷水孔裂形成期	10	第 1 对咽裂裂(喷水孔裂)形成。	stage 22
第 2 对鳃裂形成期	10	第 2 对鳃裂形成。第 5 ~ 6 对咽囊出现。	stage 23
第 3 对鳃裂形成期	12	第 3 对鳃裂形成。口变成菱形。胸鳍原基出现。	stage 24
第 4 对鳃裂形成期	12	第 4 对鳃裂形成。腹鳍芽出现。胚孔封闭。	stage 25
第 5 对鳃裂形成期	14	第 5 对鳃裂形成。卵黄囊一半外包毛细血管网。背鳍原基明显。	stage 26
喷水孔鳃丝出现期	18	喷水孔鳃裂出现鳃丝芽。尾部出现鳞片原基。	stage 27
眼黑色素出现期	20	口变为横椭圆形。眼出现黑色素。卵黄凹陷明显。	stage 28-29
卵鞘缝隙出现期	24	卵鞘尖角处出现缝隙,卵鞘内外相通。背鳍和臀鳍后缘与后面的鳍膜成钝角。	stage 30
吻突出现期	28	吻突出现。卵黄开始从外卵黄囊向内卵黄囊和回肠转移。外鳃丝达到最大长度。雄性胚胎鳍脚长出。背鳍和臀鳍的后缘与后面的鳍膜呈锐角。	stage 31
头部黑色斑纹出现期	34	头部眼间隔区出现黑色斑纹。雄性的鳍脚后端与腹鳍外叶开始分离。	stage 32
外鳃萎缩期	38	外鳃逐渐缩短,胚体头部明显变为宽大。胚体出现黑色横纹。	stage 32
鳞片大量出现期	44	外鳃全部退缩。鳞片大量出现。	stage 32
外卵黄囊萎缩期	55	随着卵黄向胚体内的转移,外卵黄囊明显变小,内卵黄囊逐渐增大。	stage 33
孵出期	65 ~ 80	外卵黄囊几乎完全消失。胚胎陆续孵出。	stage 34

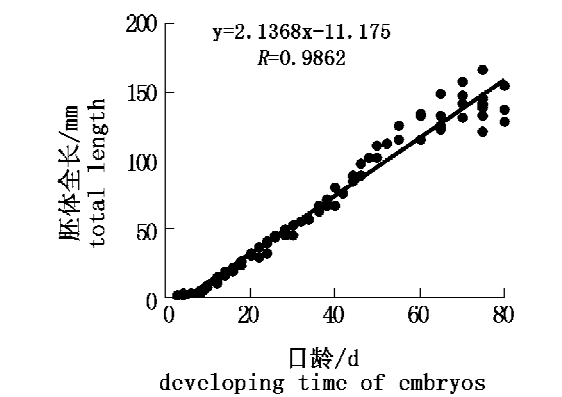


图 1 条纹斑竹鲨胚体全长与发育时间的关系
Fig.1 Correlation between total length and developing time of embryonic *Chiloscyllium plagiosum*

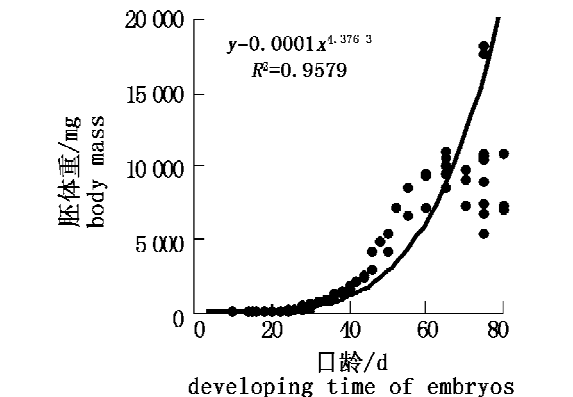


图 2 条纹斑竹鲨胚体重和发育时间的关系
Fig.2 Correlation between body mass and developing time of embryonic *Chiloscyllium plagiosum*

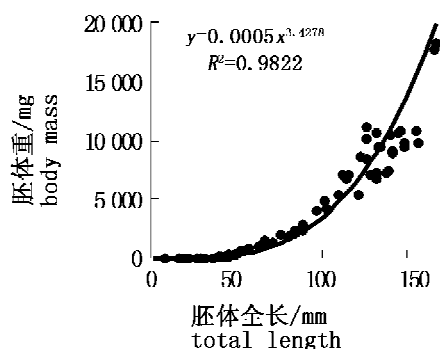


图3 条纹斑竹鲨胚体全长与胚体重的关系

Fig.3 Correlation between total length and body mass of embryonic *Chiloscyllium plagiosum*

条纹斑竹鲨的初孵幼鱼全长 121.82 ~ 166.80 mm, 体重 5.30 ~ 18.22 g, 总体上小于点纹斑竹鲨的初孵幼鱼(全长 183 ~ 209 mm, 体重 12 ~ 28 g)^[21]。

条纹斑竹鲨孵出的个体已经具有成鱼的外形特征, 可以自由生活, 应属于幼鱼阶段。

3.2 条纹斑竹鲨的外鳃和内卵黄囊

条纹斑竹鲨在胚胎发育过程中出现发达的外鳃。每一条外鳃都是一根闭合的管子, 血液在这管中流动, 并通过管壁与外界进行气体交换。外鳃在胚胎发育后期、鳃形成之后萎缩消失。外鳃的出现是软骨鱼类胚胎发育的典型特征, 即使是卵胎生和胎生的种类, 在胚胎发育期间也都出现外鳃^[16, 21, 26]。绝大多数硬骨鱼类, 在胚胎发育期间并不出现外鳃。外鳃的出现对于条纹斑竹鲨胚胎的存活具有重要的作用, 因为此时胚胎被局限于卵鞘内, 卵鞘内外仅仅依靠窄窄的缝隙相通, 卵鞘内溶解氧有限, 通过这些众多而细长的外鳃便能进行被动而有效的呼吸, 直到内鳃形成、主动的呼吸运动足以保证胚胎获得足够的氧气为止。而胚胎发育后期外鳃的萎缩和消失对于胚胎的孵出和孵出后的存活显然是有益的。因此, 外鳃的出现和消失均是条纹斑竹鲨胚胎存活的要求。

在条纹斑竹鲨胚胎发育后期, 体内出现与体外卵黄囊类似的内卵黄囊, 内外卵黄囊通过卵黄管相通。条纹斑竹鲨通过内卵黄囊把营养储存起来, 有助于体外卵黄囊的尽快缩小, 便于其孵化出壳和自由活动。内卵黄囊的出现, 并非局限于卵生软骨鱼类, 胎生种类也有发现^[27]。

3.3 条纹斑竹鲨胚胎发育阶段的划分

软骨鱼类胚胎发育阶段的划分尚没有统一的标准。Balfour^[26]采用 A ~ Q 来命名软骨鱼类的胚胎发育阶段, 而 Ballard 等^[16]则把小点猫鲨的胚胎发育分为 1 ~ 34 期。这些发育阶段的命名不能直观反映发育阶段的特征, 容易混淆。我们根据条纹斑竹鲨胚胎发育各阶段的典型特征, 结合小点猫鲨各发育阶段的特征, 把条纹斑竹鲨的胚胎发育划分为 23 期, 并参照硬骨鱼类的胚胎发育各阶段的名称, 给予命名, 便于直观准确地确定胚胎发育所处的阶段(表 1), 同时也可把软骨鱼类的胚胎发育统一起来, 便于软骨鱼类胚胎发育的相关研究。

3.4 条纹斑竹鲨胚胎的生长

从条纹斑竹鲨胚胎生长的测量结果可以看出, 胚胎发育不同阶段的生长存在差异, 在 1 ~ 6 d, 全长和胚体重的增长均相对缓慢, 8 ~ 30 d, 全长增长相对较快, 30 ~ 60 d 是快速生长期, 胚体全长和胚体重均快速增长, 从 60 d 开始到胚体孵出期间, 全长和体重的增长又相对减缓, 这应该是胚胎发育后期发育所需的空间和溶解氧受到限制的结果。这与 Tullis 等^[28]对条纹斑竹鲨胚胎的研究结果一致。

3.5 孵化期间应该注意的问题

在条纹斑竹鲨的胚胎发育后期, 卵鞘出现缝隙, 有助于卵鞘内外的水体交换, 保证胚体在受到保护的同时可以获得足够的氧气。此时一旦把卵从水中取出, 卵鞘内的水即漏出, 空气就会进入卵鞘内, 即便再把卵放入水中, 空气也不易排除, 这样, 卵就可能会浮于水面, 影响孵化。因此, 在生产和实验中要防止把卵取出水面, 如果卵内进入空气, 放回水中后, 要轻轻把卵内空气挤出。

条纹斑竹鲨的胚胎发育期较长, 胚胎发育期间各器官已发育完善, 代谢强度高, 又局限在卵鞘内, 容易缺氧, 因此孵化时要保证优良的水质, 特别要防止卵子堆积在一起。可以把卵分放于网盘或笼中并悬挂于水中, 可有效防止污物的附着和原动物及其它微生物的繁殖。

参考文献:

- [1] Compagno L J V. Sharks of the world (volume 2) [M]. Rome: Food and agriculture organization of

- the United Nations, 2001: 173–175.
- [2] Nelson J S. Fishes of the world [M]. 4th ed. New York: John Wiley and Sons Inc, 2006: 1–601.
 - [3] 李明德. 中国鱼类系统分类 I 盲鳗纲、头甲鱼纲、软骨鱼纲 [J]. 海洋通报, 1998, 17(4): 29–40.
 - [4] 朱元鼎, 孟庆闻. 中国动物志 圆口纲 软骨鱼纲 [M]. 北京: 科学出版社, 2001: 134–137.
 - [5] 《福建鱼类志》编写组. 福建鱼类志 [M]. 上卷. 福州: 福建科学技术出版社, 1984: 22–23.
 - [6] 张清榕, 杨圣云. 中国软骨鱼类种类、地理分布及资源 [J]. 厦门大学学报 (自然科学版), 2005, 44 (增刊): 207–211.
 - [7] 中国科学院生物多样性委员会, 林业部野生动物和森林植物保护司, 国家环保局自然保护司, 等. 生物多样性与人类未来——第二届全国生物多样性保护与持续利用研讨会论文集 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1998: 185–193.
 - [8] 胡灯进. 闽南近海条纹斑竹鲨生殖生物学的初步研究 [J]. 福建水产, 2007, (4): 31–34, 16.
 - [9] 陈明茹, 丘书院, 杨圣云, 等. 条纹斑竹鲨雌性生殖系统的初步研究 [J]. 海洋科学, 2002, 26(5): 52–54.
 - [10] Chen W K, Liu K M. Reproductive biology of whitespotted bamboo shark *Chiloscyllium plagiosum* in northern waters off Taiwan [J]. Fisheries Science, 2006, 72: 1215–1224.
 - [11] Miki T. Spawning, hatching, and growth of the whitespotted bamboo shark, *Chiloscyllium plagiosum* [J]. J Jap Assoc Zool Aqua, 1994, 36: 10–19.
 - [12] Masuda M, Teshima M. Reproduction of the whitespotted bamboo shark (*Chiloscyllium plagiosum*) in an aquarium [J]. J Jap Assoc Zool Aqua, 1994, 36: 20–23.
 - [13] Masuda M. Mating, spawning and hatching of the whitespotted bamboo shark in an aquarium [J]. Jap J Ichthyol, 1998, 45: 29–35.
 - [14] Motoyasu M, Yoshiyuki I, Shigenori K, et al. Artificial insemination of the white-spotted bamboo shark, *Chiloscyllium plagiosum* [J]. Journal of Japanese Association of Zoological Gardens and Aquariums, 2005, 46(3): 91–96.
 - [15] 刘宏良. 条纹斑竹鲨人工繁殖技术 [J]. 中国水产, 2005, (9): 48–50.
 - [16] Ballard W W, Mellinger J, Lechenault H. A series of normal stages for development of *Scyliorhinus canicula*, the lesser spotted dogfish (Chondrichthyes: Scyliorhinidae) [J]. The Journal of Experimental Zoology, 1993, 267(3): 318–336.
 - [17] Wourms J P, Demski L S. The reproduction and development of sharks, skates, rays and ratfishes: introduction, history, overview, and future prospects [J]. Environmental Biology of Fishes, 1993, 33: 7–21.
 - [18] Wourms J P. Reproduction and development in chondrichthyan fishes [J]. American Zoologist, 1977, 17(2): 379–410.
 - [19] Teshima K, Mizue K. Studies on sharks. I. Reproduction in the female sumitsuki shark *Carcharhinus dussumieri* [J]. Marine Biology, 1972, 14(3): 222–231.
 - [20] Pratt H L, Gruber S H, Taniuchi T. Elasmobranchs as living resources: Advances in the biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries [C]. NOAA Technical Report NMFS, 1990: 111–130.
 - [21] Harahush B K, Fischer A B P, Collin S P. Captive breeding and embryonic development of *Chiloscyllium punctatum* Muller & Henle, 1838 (Elasmobranchii: Hemiscyllidae) [J]. Journal of Fish Biology, 2007, 71(4): 1007–1022.
 - [22] Dral A J. Reproduction end aquarium du requin de fond tropical *Chiloscyllium griseum* Mull et Henle (Orectolobides) [J]. Revue Francaise d'Aquariologie Herpetologie, 1980, 7: 99–104.
 - [23] West J G, Carter S. Observations on the development and growth of the epaulette shark *Hemiscyllium ocellatum* (Bonnaterre) in captivity [J]. Journal of Aquaculture and Aquatic Sciences, 1990, 5: 111–117.
 - [24] Uyeno T, Arai R, Taniuchi T, et al. Indo-Pacific fish biology: Proceedings of the Second International Conference on Indo-Pacific Fishes [C]. Tokyo: Ichthyological Society of Japan, 1986: 310–332.
 - [25] Lechenault H, Wriesez F, Mellinger J. Yolk utilization in *Scyliorhinus canicula*, an oviparous dogfish [J]. Environmental Biology of Fishes, 1993, 38: 241–252.
 - [26] Balfour F M. The development of elasmobranch fishes (II) [J]. J Anat Physiol, 1876, 10(3): 514, 517–570.
 - [27] 丘书院. 丘书院海洋生物学文集 [M]. 厦门: 厦门大学出版社, 1996: 287–302.
 - [28] Tullis A, Peterson G. Growth and metabolism in the embryonic white-spotted bamboo Shark, *Chiloscyllium plagiosum*; comparison with embryonic birds and reptiles [J]. Physiological and Biochemical Zoology, 2000, 73(3): 271–282.

Study on embryonic development of whitespotted bamboo shark, *Chiloscyllium plagiosum*

XIE Yang-jie^{1,2}, WANG Jun², SU Yong-quan², XU Xiao-jin^{1,2}, FU Meng-na²

(1. The Key Laboratory of Science and Technology for Aquaculture and Food Safety, Fujian University

Fisheries College, Jimei University, Xiamen 361021, China;

2. College of Oceanography and Environmental Science, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: Studies on the eggs and embryonic development of *Chiloscyllium plagiosum* showed that the eggs were big, the egg yolks were oval, with the longer diameter of 25.91–36.16 mm and the short diameter of 13.56–19.44 mm. The eggs covered by brown, leathery with a little malleable, and opaque external shell with the longer diameter of 75.25–107.30 mm, the short diameter of 33.39–47.70 mm and the thickness of 15.82–24.65 mm. Under water temperature of 28.0 °C and salinity of 26.2–28.8, the young fish hatched between 65 and 80 d after deposition. The embryonic development of *Chiloscyllium plagiosum* was divided into 23 stages with suitable names. The total length of the newly hatched young were 121.82–166.80 mm, while the body mass were 5.30–18.22 g. The yolk remained just a little or nothing at all out of the body, but there were yolk inside the body. They had the figure of the adult fish. There was a significant linear correlation between total length (L/mm) and incubation time (D/d): $L = 2.1368D - 11.175$ ($R = 0.9862$), while a significant curvy correlation between body mass (M/mg) and the accumulative time (D/d): $M = 0.0001D^{4.3763}$ ($R^2 = 0.9579$). The curve between body mass (M/mg) and total length (L/mm) was fitted by $M = 0.0005L^{3.4278}$ ($R^2 = 0.9822$).

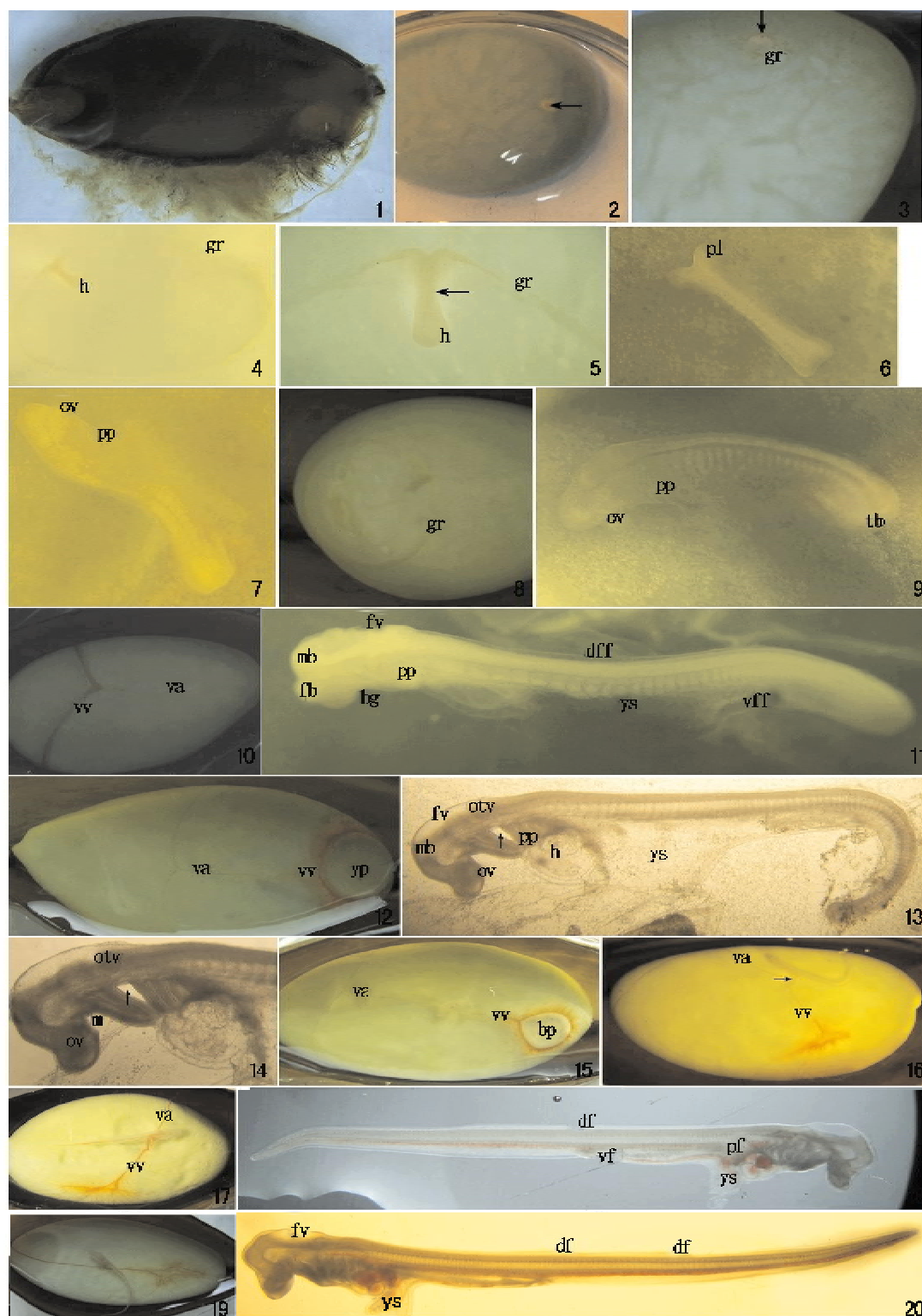
Key words: *Chiloscyllium plagiosum*; embryonic development; hatching

图版说明

1. 卵鞘; 2. 1 d 胚盘, 箭头示胚盘; 3. 2 d 胚盘, gr: 胚环, 箭头示胚盾; 4~5. 3 d 胚胎, gr: 胚环, h: 头部, 箭头示肌节; 6. 4 d 胚胎, pl: 后突; 7. 5 d 胚胎, ov: 眼囊, pp: 咽囊; 8~9. 6 d 胚胎, gr: 胚环, ov: 眼囊, pp: 咽囊, tb: 尾芽; 10~11. 8 d 胚胎, bg: 口凹, dff: 背鳍褶, fb: 前脑, fv: 第4脑室, mb: 中脑, pp: 咽囊, va: 卵黄动脉, vff: 腹鳍褶, vv: 卵黄静脉, ys: 卵黄柄; 12~13. 10 d 胚胎, fv: 第4脑室, h: 心脏, mb: 中脑, otv: 耳囊, ov: 眼囊, pp: 咽囊, va: 卵黄动脉, vv: 卵黄静脉, yp: 卵黄塞, ys: 卵黄柄, 箭头示第2对咽鳃裂; 14. 10 d 胚胎(头部侧面观), m: 口裂, otv: 耳囊, ov: 眼囊, 箭头示第2对咽鳃裂; 15. 12 d 胚胎(胚孔未封闭), bp: 胚孔, va: 卵黄动脉, vv: 卵黄静脉; 16. 12 d 胚胎(胚孔已封闭), va: 卵黄动脉, vv: 卵黄静脉, 箭头示卵黄柄; 17~18. 14 d 胚胎, df: 背鳍原基, pf: 胸鳍芽, va: 卵黄动脉, vf: 腹鳍芽, vv: 卵黄静脉, ys: 卵黄柄; 19~20. 16 d 胚胎, df: 背鳍原基, fv: 第4脑室, ys: 卵黄柄; 21~22. 18 d 胚胎, af: 臀鳍原基, cf: 尾鳍原基, df: 背鳍原基, egf: 外鳃; 23. 18 d 胚胎(头部侧面观), egf: 外鳃, m: 口; 24~26. 20 d 胚胎, 箭头示口; 27~28. 22 d 胚胎; 29~30. 24 d 胚胎, af: 臀鳍, cf: 尾鳍, dfl: 第一背鳍, df2: 第二背鳍, egf: 外鳃, va: 卵黄动脉, vf: 腹鳍, vv: 卵黄静脉, 箭头示眼黑色素; 31~32. 26 d 胚胎; 33. 26 d 胚胎(尾部侧面观), s: 鳞片; 34. 28 d 胚胎; 35. 28 d 胚胎(头部腹面观), sgf: 喷水孔外鳃; 36. 28 d 胚胎; 37. 28 d 胚胎(尾部侧面观), s: 盾鳞; 38~39. 30 d 胚胎; 40. 30 d 胚胎(头部腹面观); 41. 32 d 胚胎; 42. 32 d 胚胎(头部腹面观); 43. 34 d 胚胎; 44. 36 d 胚胎; 45~46. 38 d 胚胎; 47. 40 d 胚胎; 48. 40 d 胚胎(腹面观); 49~50. 42 d 胚胎; 51~52. 44 d 胚胎; 53. 46 d 胚胎; 54. 48 d 胚胎; 55~56. 50 d 胚胎; 57~58. 55 d 胚胎; 59. 60 d 胚胎; 60. 60 d 胚胎(腹面观), eys: 外卵黄囊, il: 回肠, iys: 内卵黄囊; 61~64. 初孵幼鱼, 箭头示外卵黄囊

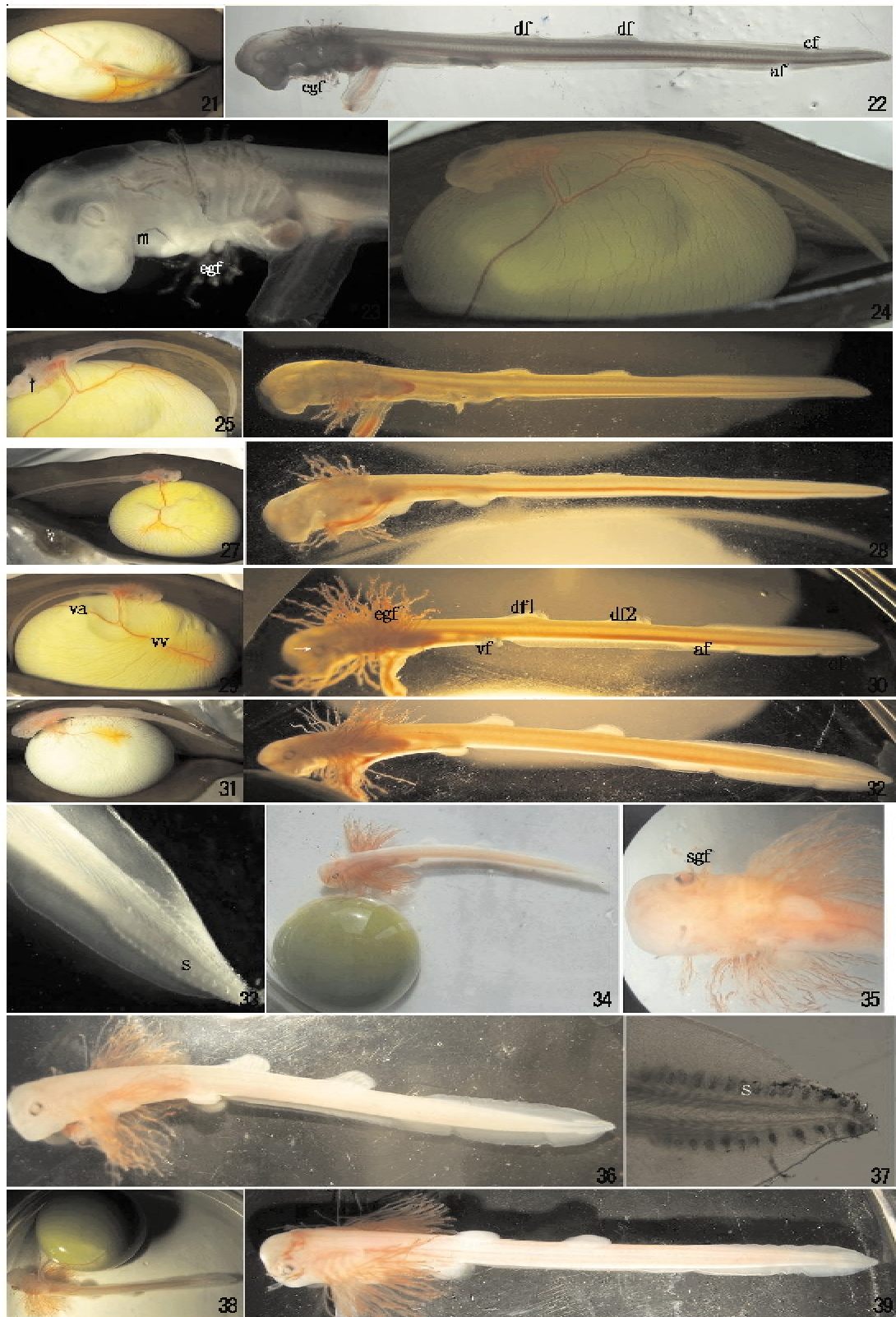
Explanation of Plate

1. eggshell; 2. 1 d blastoderm, arrowhead indicates the blastoderm; 3. 2 d blastoderm, gr: germ ring, arrowhead indicates the embryonic shield; 4~5. 3 d old embryo, gr: germ ring, h: head, arrowhead indicates the somites; 6. 4 d old embryo, pl: posterior lobes; 7. 5 d old embryo, ov: the optic vesicle, pp: pharyngeal pouches; 8~9. 6 d old embryo, gr: germ ring, ov: the optic vesicle, pp: pharyngeal pouches, tb: tail bud; 10~11. 8 d old embryo, bg: the buccal groove, dff: dorsal finfold, fb: forebrain, fv: the fourth ventricle, mb: mesencephalon, pp: pharyngeal pouches, va: vitelline artery, vff: ventral finfold, vv: vitelline vein, ys: yolk stalk; 12~13. 10 d old embryo, fv: the fourth ventricle, h: heart, mb: mesencephalon, otv: the otic vesicle, ov: the optic vesicles, pp: pharyngeal pouches, va: vitelline artery, vv: vitelline vein, yp: yolk plug, ys: yolk stalk, arrowhead indicates the second pair of pharyngeal clefts; 14. 10 d old embryo (side view of head), m: mouth clefts, otv: the otic vesicle, ov: the optic vesicle, arrowhead indicate the second pair of pharyngeal clefts; 15. 12 d old embryo (blastopore hasn't closed), bp: blastopore, va: vitelline artery, vv: vitelline vein; 16. 12 d old embryo (blastopore has closed), va: vitelline artery, vv: vitelline vein, arrowhead indicates the yolk stalk; 17~18. 14 d old embryo, df: dorsal fin rudiments, pf: pectoral fin rudiments, va: vitelline artery, vf: pelvic fin rudiments, vv: vitelline vein, ys: the yolk stalk; 19~20. 16 d old embryo, df: dorsal fin rudiments, fv: the fourth ventricle, ys: the yolk stalk; 21~22. 18 d old embryo, af: anal fin rudiments, cf: caudal fin rudiments, df: dorsal fin rudiments, egf: external gill filaments; 23. 18 d old embryo (side view of head), egf: external gill filaments, m: mouth; 24~26. 20 d old embryo, arrowhead indicates the mouth; 27~28. 22 d old embryo; 29~30. 24 d old embryo, af: anal fin, cf: caudal fin, dfl: the first dorsal fin, df2: the second dorsal fin, egf: external gill filaments, va: vitelline artery, vf: pelvic fin, vv: vitelline vein, arrowhead indicates pigment of eyes; 31~32. 26 d old embryo; 33. 26 d old embryo (side view of tail), s: scales; 34. 28 d old embryo; 35. 28 d old embryo (ventral view of head), sgf: external gill filaments of spiracular clefts; 36. 28 d old embryo; 37. 28 d old embryo (side view of tail), s: scales; 38~39. 30 d old embryo; 40. 30 d old embryo (ventral view of head); 41. 32 d old embryo; 42. 32 d old embryo (ventral view of head); 43. 34 d old embryo; 44. 36 d old embryo; 45~46. 38 d old embryo; 47. 40 d old embryo; 48. 40 d old embryo (ventral view); 49~50. 42 d old embryo; 51~52. 44 d old embryo; 53. 46 d old embryo; 54. 48 d old embryo; 55~56. 50 d old embryo; 57~58. 55 d old embryo; 59. 60 d old old embryo; 60. 60 d old old embryo (ventral view), eys: the external yolk sac, il: ileum, iys: the internal yolk sac; 61~64. Newly hatched young fish, arrowhead indicates the external yolk sac



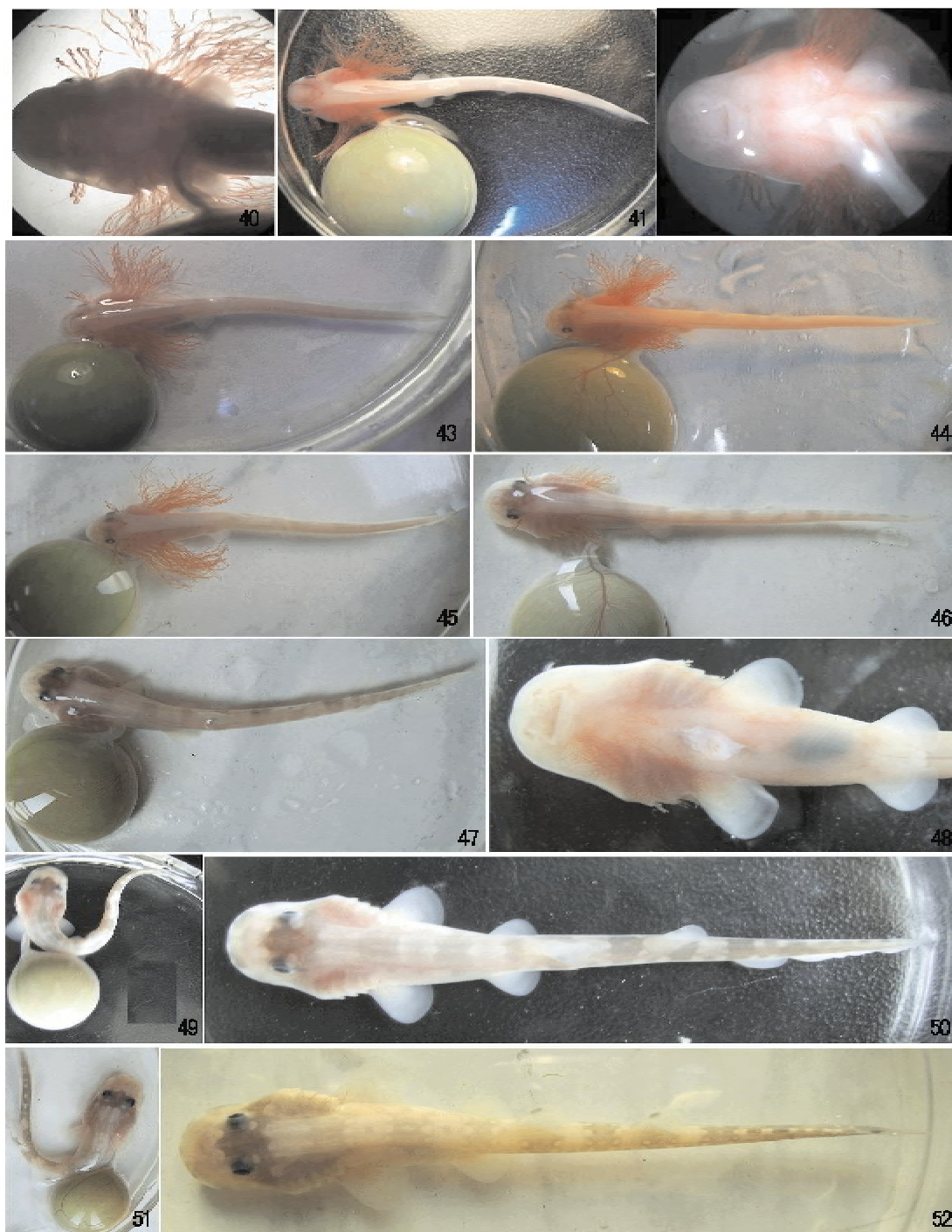
图版 条纹斑竹鲨的胚胎发育

Plate Embryonic development of *Chiloscyllium plagiosum*



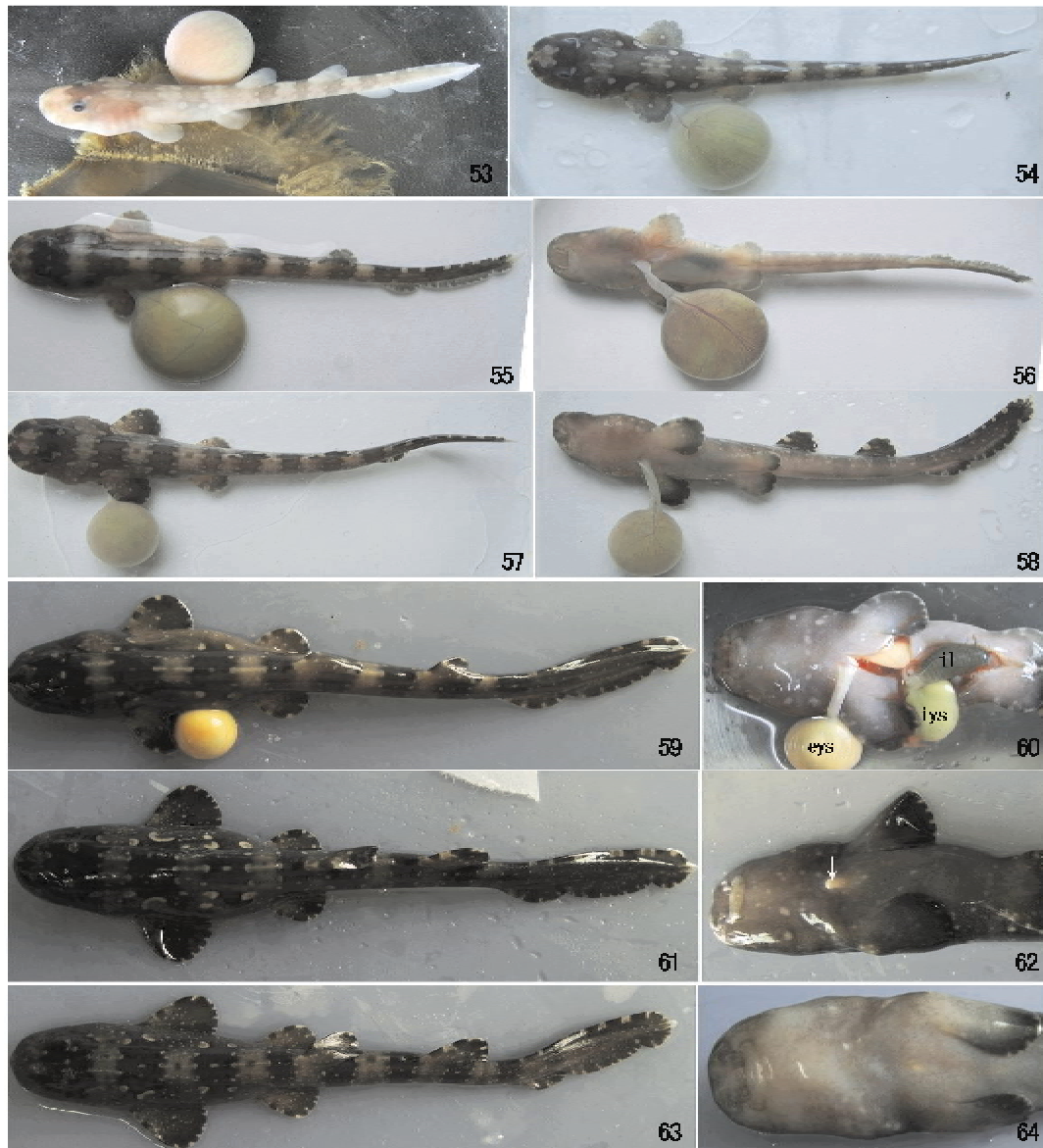
图版 条纹斑竹鲨的胚胎发育

Plate Embryonic development of *Chiloscyllium plagiosum*



图版 条纹斑竹鲨的胚胎发育

Plate Embryonic development of *Chiloscyllium plagiosum*



图版 条纹斑竹鲨的胚胎发育

Plate Embryonic development of *Chiloscyllium plagiosum*