

胡子鲶的胚胎发育

朱作言

(中国科学院水生生物研究所)

提要

用无膜卵的培养方法,比较详细地观察了胡子鲶胚胎发育的过程,并从早期个体发育的本质着眼提出了卵裂、细胞分化和器官分化三个主要胚胎发育阶段。分析了胚胎发育与环境条件的适应性。根据胡子鲶胚胎发育的特点,初步讨论了苗种生产中应该注意的几个问题,同时提出胡子鲶可以作为鱼类细胞工程研究的一个比较理想的实验鱼材料。

鲶类的养殖,在美洲、欧洲和大洋洲颇为盛行。如北美的河鲶(*Ictalurus punctatus* Rafinesque),欧洲的多瑙河鲶(*Silurus glanis* L.),大洋洲和东南亚一带的胡子鲶(Clariidae)及*Pangasius*,是当地具有代表性的养殖鱼类。近年来,胡子鲶在非洲的一些池塘亦有发现^[7]。但是,鲶类养殖历史最悠久者要数东南亚地区^[11]。我国华南和东南沿海一带的劳动人民也早有养胡子鲶的传统习惯。胡子鲶(*Clarias fuscus* Lacepede),属鲶目(Siluriformes),胡子鲶科(Clariidae),又称塘虱鱼,在我国分布于广东、广西、福建和台湾以及长江中下游部分省区^[3,4,6]。它不仅生活在河流、湖泊和塘堰,而且由于成鱼具有特殊的辅助呼吸器官,能广泛栖息于氧气缺乏的水沟、农田和潮湿的泥沼。可以说,它能生活在其他鱼类不能生存的缺氧和范围狭小的水域。胡子鲶以昆虫、蠕虫、甲壳类、米糠、菜叶和有机碎屑及其分解产物为食。由于胡子鲶具有生活适应力强、食性广、经济价值高及适合于长途运输等优点,作为一个推广的养殖品种,其潜力是很大的。随着我国农村经济多种经营的发展,它的这种潜在的优越性日益被群众所认识,成为南方农村零星水体的一个重要养殖对象。为了适应这种形势,促进科学养鱼事业的发展,我们对胡子鲶的胚胎发育进行了初步研究。第二研究室曾给予热情关怀;本所工程师黄文郁同志、广东省兴宁县鱼苗场技术员罗春龙同志全力协助;水生所狄克同志帮助复墨大部分图谱;俞豪祥同志对本文提出了宝贵意见;作者在此一并致谢。

一、卵子的形态特征

胡子鲶可能是分批产卵的鱼类,在广东兴宁地区,4—8月为其产卵季节。胡子鲶产粘性卵,卵径1.8—2.0毫米。卵子借助于一个特殊的直径为1.6毫米、高为0.4毫米的附着盘牢固地粘着在水下的水草、树根和瓦片等附着物之上。卵膜透明,薄且坚韧;卵周隙约0.1毫米左右。动物极胚盘呈桔红色,朝着附着盘方向(图1)。卵黄丰富,呈桔黄色;卵黄

粒粗大,切片染色初步证明其卵黄粒并非均一物质。卵膜内压力大,卵膜一旦被刺破,卵黄外溢不止,卵子随之崩解;这与常见的鲤科鱼类(如鲤、鲫鱼)具有自我收缩能力的卵黄体不同,而与张力大的罗非鱼(*Tilapia*)卵黄体相似。

二、受 精

在自然情况下,胡子鲶的繁殖习性与蟾胡子鲶(*Clarias batrachus* Linnaeus)^[1]、美洲河鲶^[11]及欧洲多瑙河鲶^[14]相似,包括亲鱼择偶追逐,选择安静、荫蔽和有水草的地方营巢,雌鱼排卵和雄鱼尾巴击水并排精以及雄鱼护巢等过程。五十年代中期,蟾胡子鲶人工繁殖在泰国获得成功,所使用的方法与美洲河鲶人工繁殖方法相同。近年来,两广地区许多水产单位都做了胡子鲶的人工繁殖。今春,广东兴宁县鱼苗场用鲤鱼脑垂体催产胡子鲶成功,我们使用的方法与上同。

人工繁殖时,先选1尾腹部丰满圆润的雌鱼,体重150克,于下午2时从背侧肌肉注射用1毫升生理盐水(0.7%)稀释的鲤鱼脑下垂体1毫克;另选1尾雄鱼,体重100克左右,以同样方法注射1毫克鲤鱼脑下垂体。注射毕,将两尾亲鱼放入一只盛有20升水的木桶内,桶内预先备有清洁的水草,作为产卵鱼巢。桶上加盖,以维持一个黑暗和安静的产卵环境,同时防止亲鱼跳出。次日上午9时(催产后19小时,这段时间室温为 $24.5 \pm 1^{\circ}\text{C}$)取雌鱼检查,轻压腹部,有游离的卵子外溢,于是进行人工挤卵授精,即把卵子挤入预先准备的干净玻皿内,立即取雄鱼精巢并剪成碎片与0.9%的生理盐水混合(此时可以见到乳白色的精液从精巢碎片渗出),用这种带有精子的生理盐水给卵子人工授精,边授精边摇荡,务使卵子均匀地散落在玻皿底部。5分钟后,倾去生理盐水,换入清洁的普通水。以受精卵发育至原肠末期计算,受精率接近100%。

三、胚 胎 发 育

鱼类的胚胎发育,一般指从卵子受精到鱼苗孵化出膜这一发育过程。如前所述,胡子鲶卵通过一个特殊的附着盘牢固地粘着在它物之上,不便随意从各个角度观察胚胎发育。为了克服这一困难,作者参考了杨兴棋等的工作方法(手稿),成功地采用了胰蛋白酶溶液脱膜和无膜卵培养法,可以用发圈拨动裸卵,在任意方位观察卵子和胚胎的每一步变化。脱膜过程及无膜卵的培养方法是:受精后5分钟,将卵子投入0.25%的胰蛋白酶(新疆伊犁地区肉联厂出品)溶液,不时地轻轻摇荡。胰酶溶液由 Holtfreter 氏液配制。卵子经胰酶溶液处理10分钟,附着盘粘着能力减退,可用发圈将它一块块地剥落;卵膜亦被胰酶消化变薄,卵膜内外压力逐渐趋于平衡。12分钟后,将卵子移入暴气的冷开水中,用镊子除去残存的卵膜,然后将无膜卵置入 Holtfreter 氏液中培养观察。待胚胎发育至尾芽期始,逐渐用暴气的冷开水稀释原来的培养液。无膜卵的培养过程与鱼类核移植卵的培养过程大致相同^[2]。经与未脱膜处理的受精卵对照实验证明,按上述程序处理的无膜卵不仅发育正常,而且两者的发育进程也几乎完全相同。关于胡子鲶胚胎发育时程详见文末附表。

关于胡子鲶胚胎出膜后的胚后发育有几个特点值得一提。仔鱼身体分泌的粘液在卵

黄囊腹部集中，形成附着器官，仔鱼凭借它粘着在它物之上。仔鱼尾部不停息地摆动，击动水流，并缓慢地移动附着的位置。鳃丝生长迅速，呈细丝状成丛地密布于鳃弓之上。上下颌开合频率很高，与心率相同，出膜后32小时达156次/分（图29）。

四、讨论和总结

1. 胡子鲶胚胎发育的分期问题

作者把胡子鲶的胚胎发育分为卵裂、细胞分化和器官分化3个阶段，这与Г.А.诗密特（1951）所说的一般性概念（即卵裂、胚层发育、器官发生）大体上是一致的^[5]。但就早期个体发育即胚胎发育的本质而言，由单细胞的合子变为仔鱼经历了细胞分裂、分裂球在结构和功能上的分化和分化了的诸细胞彼此识别以及联合组建器官这样的三步过程。后两步实质上是基因的受控表达过程。关于卵裂，胡子鲶有两个明显不同的时期，64细胞以前，细胞一分为二的分裂过程比较划一，分裂球较规则地呈单层排列，不同的卵黄颗粒位置发生调整，但卵黄体无变形运动。64细胞以后，分裂球大小不一，排列无序，胚盘厚薄、疏密不均，卵黄体变形运动逐渐加剧，这一情况下面另作讨论。进入囊胚期后，分裂球的排列自行调整，但不形成在其他鱼类胚胎发育时所见到的圆锥状囊胚，而是以马蹄形倒扣在植物极之上。随着由囊胚向原肠胚过渡，马蹄状的胚盘逐渐由厚变薄，并向四面伸展，囊胚晚期的马蹄形胚盘不如早、中期那样清楚。由此可见，胡子鲶囊胚似乎具有一定的方向性。囊胚的这种方向性与后来胚体的定位有无关系？或者，这种方向性能否表明这种鱼的囊胚细胞已经有了某种分化？这是值得今后进一步探讨的一个十分有趣的问题。

和其他硬骨鱼一样，胡子鲶的囊胚以下包和内卷的方式进行原肠化运动，开始细胞分化。在这一过程中，我们没有观察到有别于其他硬骨鱼发育的特殊情况。在原肠化后期，胚盘下包卵黄体4/5时，神经胚开始形成，有3—4对体节分化。原肠化运动完成（胚孔封闭）的时候，脑有了分化，眼原基初现。这说明胚胎发育过程中细胞分化阶段和器官分化阶段有所重叠，无绝对界线。应该说，生物的胚胎发育是连续的，总的的趋势是细胞分裂、细胞分化和器官分化。现代分子生物学的成就表明，特化了的细胞可以去分化，卵细胞质内的某些物质可以激活和重组分化细胞核的活性，使之表现出功能上的全能性^[12,13]。从这个角度来考察，我们提出的关于胚胎发育三阶段划分只具有相对意义。为了研究生物个体的胚胎发育，有必要把握反映发育过程本质的这三个阶段。但是，由于生命世界的多样性，没有必要、也不可能用一个详尽而刻板的阶段划分的模式来概括不同类群的生物、或者同一类群中不同种属个体的胚胎发育细节。这样，我们就可以避免一些无益的争论。

2. 胡子鲶胚胎发育对环境条件的适应

胡子鲶往往在高温、缺氧和水体狭小的环境里生活和繁殖。正像泥鳅、黄鳝和青鳉的胚胎以各自的特殊结构适应于这类环境一样^[2]，胡子鲶的胚胎也以其独自的特点适应其环境。首先，卵子有一个极为特殊的附着盘，保证它牢固粘着在它物之上，而不至沉没于泥底或被水冲走。第二，卵黄为桔黄色，富含类胡萝卜素（呼吸色素），具底层和耐低氧鱼类卵子的共同特征。第三，胚胎发育至尾芽期开始向外界分泌粘液物质，其中可能含有为

准备出膜用的溶解卵膜的酶；另外，仔鱼出膜后以这些逐渐集中于卵黄囊腹部的粘性物质为附着器官，其功能正像泥鳅幼鱼头部前端的吸盘一样，相对固定身体的空间位置，争取最适发育环境。第四，卵黄囊表面有粗大的居维氏管和丰富的卵黄静脉，宽阔的鳃盖内表面亦有血管密布，这些血管网是仔鱼进行呼吸作用的重要渠道之一；鳃丝在出膜时开始形成，出膜后发育很快，而且鳃盖往后延伸的速度较慢，细长的、呈丛状分布的鳃丝较长时间裸露在头部两侧，这些结构对于仔鱼获得充足的氧气极为有利。就整个胚体而言，胡子鲶的胚体不像鲤鱼和鲫鱼等鲤科鱼类的胚体那样紧贴在卵黄囊之上，而是借助于4对略微内卷的鳃弓和头、腹部的其他膜状结构使胚体大部独立于卵黄囊之外。出膜后，仔鱼酷似傲立在卵黄囊上的一头雄狮，头尾不停地摆动，击动水流，细长而密集的鳃丝在水中随之飘舞，扩大与水的有效接触机会。加之后来上下颌迅速开合（其频率与心率同，达150次/分以上），处于静水环境的胚胎实际上获得了一个微型的“流水”环境，有利于气体交换。胡子鲶胚胎发育中表现出来的生物与周围环境的巧妙适应是十分动人的。胡子鲶卵子卵黄丰富，保证仔鱼的充分发育。这对于一个生活在范围狭小、危机四伏的水体，而且怀卵量不大的鱼类的种族延续尤为重要。

此外，胡子鲶白天蛰居于水体底层或隐蔽在草丛之中，晚上出来觅食；它眼小，视觉不发达，代之以发达的触觉器官——四对触须感知外界环境。在胚胎发育过程中，晶体不发达，相反，触须在胚胎发育出膜之前便已开始分化，而视觉发达的鲤鱼，触须在仔鱼出膜后1个月才分化出来^[10]。总之，胡子鲶的生理习性在胚胎发育过程中已有相应的反映。

3. 卵裂过程中分裂球和卵黄体的运动

观察胡子鲶胚胎发育所得到的突出印象之一是囊胚形成过程中分裂球和卵黄体的激烈运动。有些鱼类的寡质多黄卵，如罗非鱼卵，受精后发育为规则的圆锥状囊胚胚盘，卵黄体无变形运动。胡子鲶卵亦属多黄卵，但囊胚形成过程中和鲤、鲫鱼一样表现出卵黄体的变形运动，甚至运动的程度更为激烈。自64细胞期往后，胚盘分裂球的排列“杂乱无章”，呈积云状变换无常。我们还观察到了这样的极端情况，即有几例多细胞期的胚胎，分裂球被分为两团，分居于卵黄体上方左右两隅，其间仅以一狭窄的“细胞桥”相连。追踪观察说明，胡子鲶卵具有惊人的调整能力，通过囊胚和原肠化运动，两团分居的细胞彼此接近和联合，最后形成正常的原肠胚（图30—33），发育为正常的仔鱼。这种情况不曾见于任何其他鱼类的胚胎发育。我们以前做鱼类核移植实验时，虽然偶尔也见到过类似的囊胚（或称“局部囊胚”），但纯属人为因素所致，而且不能完成原肠化运动，导致早夭。胡子鲶胚胎发育囊胚形成过程中，分裂球的这种分离及随后调整，是分裂球自身固有的特性还是由于卵黄体激烈运动冲击胚盘的结果，我们尚不清楚；但可以揣测，这种运动对于发育中的卵子的呼吸是十分有利的。

4. 从胡子鲶卵子和胚胎发育的特点看人工繁殖问题

本文一开始我们就提到发展养殖胡子鲶的潜力是很大的，它特别适合于南方农村零星小水体养殖。可是，农民普遍反映苗种困难，一些养殖单位反映人工孵化出苗率低。我们认为，一旦掌握了它的卵子和胚胎发育的特点，出苗率低的问题不难解决。首先，为了

提高受精率，要特别注意挑选性腺发育充分的雄鱼，以保证有足够的精液。第二是提高孵化率。胡子鲶卵子附着盘的吸着能力很强，用水草、树根作鱼巢，往往使卵子分布不均，甚至彼此粘着在一起，造成大量死亡。因此，可用人工挤卵的方法，将卵均匀地洒在瓷盘或其他平底容器的底上，在5—10厘米深的静水中孵化，可以得到满意的孵化率。第三是加强出膜后的管理。鱼苗出膜后3—4天内仍需维持原来的环境，但水深可加至15厘米，而且适当更换。安静、阴暗对鱼苗来说是十分重要的两个条件。卵黄囊被吸收到原来的1/3大小时，适当喂些蛋黄，然后下鱼苗塘培育。以上3点建议可供苗种小规模生产时参考。

五、胡子鲶可望作为鱼类细胞工程研究的一个比较理想的材料

自童第周首创鱼类细胞核移植以来^[8]，鱼类细胞工程研究逐渐在我国许多实验室开展起来。但是，我们感到至今没有找到一种理想的实验鱼材料。以前常用的一些材料多各有短处：如金鱼遗传性状不够稳定；鲫鱼繁殖季节太短；泥鳅繁殖季节虽长，但个体太小；罗非鱼生殖周期短，但卵子动物极胚盘太薄，卵内压大，卵黄体受创伤后不能自我收缩愈合等等。研究胡子鲶的胚胎发育，使我们意外地发现它也许是我们所要挑选的一个比较理想的实验材料。这是因为：(1)胡子鲶属经济鱼类，一年性成熟，繁殖季节长，个体大小适中，鱼病少，易于饲养管理，人工繁殖操作简便；(2)卵子体积大，动物极(及胚体)与植物极各有其特殊的颜色，便于识别；(3)卵裂前及卵裂初期，卵子的胚盘向下指向附着盘方向，有固定的空间位置，便于人们对细胞的特定部位进行各种手术处理；(4)卵子脱膜及无膜卵的培养简便易行，去膜后的卵黄体与去膜前完全不同，受创伤后能够自我收缩愈合；(5)受精卵在卵裂后期具有独特的自我调整能力，这对于胚胎手术后的恢复极为有利；(6)胚胎发育过程中表现出一系列有别于其他鱼类的形态结构，可作为早期发育的形态鉴定指标。

附表 胡子鲶胚胎发育时程(室温25±0.5°C)

发育阶段	距离受精的时间	胚胎发育的特征
一、卵裂阶段	0时0分—6时40分	受精后原生质向动物极集中，形成直径为1毫米的桔红色胚盘(图1)。10分钟在胚盘表面的中央观察到第二极体，40分钟时第二极体脱落(图2)。胚盘不断地进行分裂，卵黄物质不断调整和运动。整个卵子体积维持不变
1. 同步卵裂	0时0分—2时30分	卵子在胎盘部位发生盘状卵裂，诸分裂球每次卵裂同时发生，分裂球大小相似，比较规则地呈单层排列 胚盘中央出现一卵裂沟，被切割为2细胞(图3)
2细胞期	0时55分	与第一次卵裂沟的垂直方向上出现第二卵裂沟，胚盘被切为4细胞(图4)
4细胞期	1时10分	胚盘发生第三次卵裂，呈8细胞(图5)
8细胞期	1时25分	胚盘发生第四次卵裂，呈16细胞(图6)
16细胞期	1时40分	胚盘发生第五次卵裂，呈32细胞(图7)
32细胞期	2时05分	诸分裂球在分裂速度及空间排列上均表现出非一致性；卵黄体开始变形运动
2. 非同步卵裂	2时30分—6时40分	胚盘先后发生第六次卵裂，呈64细胞；分裂球大小不一，排列无序，仍为
64细胞期	2时30分	

续 表

发育阶段	距离受精的时间	胚胎发育的特征
多细胞期	3时0分	单层(图8) 分裂球的排列出现空间层次,似积云状或簇地覆盖在植物极上方,卵黄体开始变形运动(图9)
囊胚早期	4时10分	胚盘增厚,无序排列的分裂球适当集中,呈马蹄形倒扣在植物极上方,看上去卵子似有“正”、“侧”之分(图10—11)
囊胚中期	4时55分	分裂球继续集中,胚盘举起,细胞界线在40倍镜下可见;卵黄多核体出现(图12)
囊胚晚期	5时40分	亦称平囊期,细胞界线在40倍镜下不清,胚盘逐渐变薄,并有下展趋势;卵黄体运动加剧,导致整个卵子以动植物极为轴转动(图13)
二、细胞分化阶段	6时40分—15时40分	胚盘细胞越分越小(<10微米),通过下包和内卷进行原肠化运动;细胞开始形态和功能上的分化。整个卵子的体积有增大的趋势
	6时40分	卵黄上举,原来马蹄形的胚盘向四周伸展变薄,胚盘表面光滑;从卵子动物极端透视可见囊胚腔(图14)
	10时40分	胚盘下包植物极的1/2,前沿细胞组成一明显光亮的胚环;在下包胚盘的表面有一内卷而加厚的区域,由此形成胚盾(图15)
	12时40分	胚盘下包植物极2/3以上。胚盾清晰,前端开始隆起为神经嵴,中间凹陷的神经沟隐约可见(图16、17)
	10时30分	胚盘下包植物极4/5,卵黄柱形成;神经嵴和神经沟清晰可见,胚盾中段开始体节分化。此时胚胎发育由细胞分化过渡到中轴器官奠基定位(图18、19)
	14时10分	亦称胚孔封闭期。胚体形成,胚盾前端有3个膨大部分,即脑出现前、中、后3个部分的分化;前脑两侧有一对略增厚并向外突出的细胞团,为眼原基雏形。体节4—5对。原肠化运动就此结束(图20、21)
	15时40分—33时10分	分化了的细胞群彼此识别,联合组建器官
视泡出现期	15时40分	头两侧的眼原基发育为视泡,随后在视泡中央出现一裂缝,形成视泡腔;体节8对(图22)
尾芽形成期	19时10分	尾芽伸出卵黄囊之外,体节18对。在第一对体节之前和在尾芽部分均有一膜状结构把胚体与卵黄囊隔离开来(图23)
听泡和嗅板形成期	22时40分	胚体前端外胚层加厚形成嗅板;脑的第三膨大部分的两侧出现一对椭圆形听泡(20时10分听泡原基隐约可见);胚体头胸部两侧出现两对鳃盖、鳃弓原基;体节29对,有微弱肌肉效应;胚体开始分泌粘液(图24)
心原基出现期	23时40分	听泡的前下方出现一管状结构,即心脏原基。体节32对(图25)
鳃弓形成期	26时40分	鳃弓基膜发生断裂,分化为4对裸露的鳃弓;随后鳃弓内卷,使头部从卵黄囊上托起,鳃盖基膜形鳃盖(其后缘位于第一鳃弓之前);前端出现须突。体节41对,心跳66次/分(图26)
血液循环接通期	29时55分	心脏与背腹动静脉及卵黄囊上粗大的居维氏管接通;体节45对,心跳96次/分
四、出膜阶段	33时10分—35时0分	膜内孵化的对照组仔鱼陆续出膜,出膜仔鱼全长4.5毫米,体节53—54对,心跳112±3次/分。鳃弓后缘出现锯齿状突起,即鳃丝开始形成;胸鳍褶基膜隐约可见。至此,胡子鲶的胚胎发育告一段落,并开始胚后发育(图27)

参 考 文 献

- [1] 中国科学院动物研究所细胞遗传研究组等,1980。中国科学,1980(4): 376—380。
 [2] 朱志荣,1962。泥鳅、黄鳝、青鳉的繁殖、发育及其与环境关系的初步研究。水生生物学集刊,1962(1): 1—13。

- [3] 张春霖, 1962。中国鲇类志。第2—5页。人民教育出版社。
- [4] 陈兼善, 1969。台湾脊椎动物志(上册)。第178页。台湾商务印书馆。
- [5] 尚前柱译(诗密特, Г. А. 著), 1955。动物胎胚学(上卷)。第222—242页。高等教育出版社。
- [6] 湖北省水生生物研究所鱼类研究室, 1976。长江鱼类。第185页。科学出版社。
- [7] 曾阳文, 1975。鱼类养殖学。第七章。徐氏基金会出版。
- [8] 童第周、吴尚憩、叶毓芬、严绍颐、杜森、陆德裕, 1963。鱼类细胞核的移植。科学通报, 7: 60—61。
- [9] 潘桐华、朱洁心、郑文彪、梁淡如, 1980。蟾胡子鲶的人工繁殖试验。淡水渔业, 1980 (2): 2—6。
- [10] 中村守純, 1969。日本のコイ科魚類, 第283—286頁, 資源科学研究所, 東京。
- [11] Bardach, J. E., Ryther, J. H. and W. O. McLarney, 1972. Aquaculture, John Wiley & Sons, Inc., pp. 155—217. New York.
- [12] Brothers, A. J., 1976. Stabbe nuclear activation dependent on a protein synthesised during oogenesis. *Nature*, 260: 112—115.
- [13] Gurdon, J. B., 1962. The developmental capacity of nuclei taken from intestinal epithelium cells of feeding tadpoles. *J. Embryol. Exp. Morph.*, 10: 622—640.
- [14] Крыжановский, С. Г. и. Н. Н. Диснер, 1949. Труды института морфологии животных, Вып. I, стр. 199—208. Издательство Академии Наук СССР.

EMBRYONIC DEVELOPMENT OF *CLARIAS FUSCUS* (TELEOSTEI, SILURIFORMES)

Zhu Zuoyan

(Institute of Hydrobiology, Academia Sinica)

Abstract

The paper describes the embryonic development of the catfish, *Clarias fuscus*, through a culture procedure of chorion-free fertilized eggs. Based on the innate characters of the embryonic development, the author proposes three main developmental stages of this fish embryo: cleavage, cell differentiation, and organ differentiation, and analyses the adaptation of the embryonic development to the surroundings also. According to the distinguishing features of this embryo, the author discusses some problems relevant to artificial propagation of this fish and suggests that the embryo of *Clarias fuscus* is a rather ideal experimental object in the study of cell engineering.

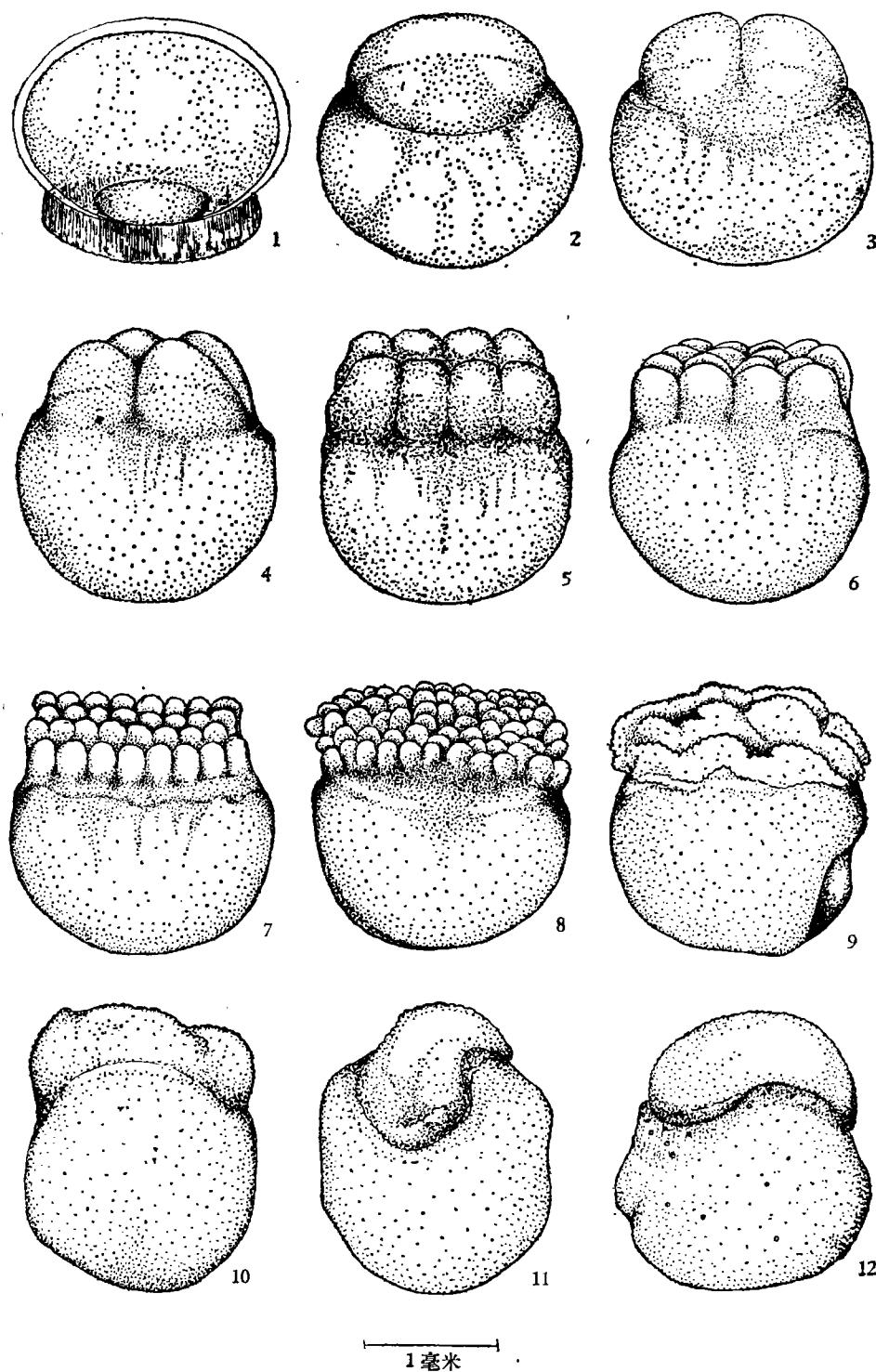


图 1 受精 10 分钟，胚盘朝着附着盘方向 图 2 受精 40 分钟（去膜卵，以下同） 图 3 2 细胞期 图 4 4 细胞期 图 5 8 细胞期 图 6 16 细胞期 图 7 32 细胞期 图 8 64 细胞期 图 9 多细胞期 图 10 囊胚早期（“正面”） 图 11 囊胚早期（“侧面”，示马蹄形胚盘） 图 12 囊胚中期

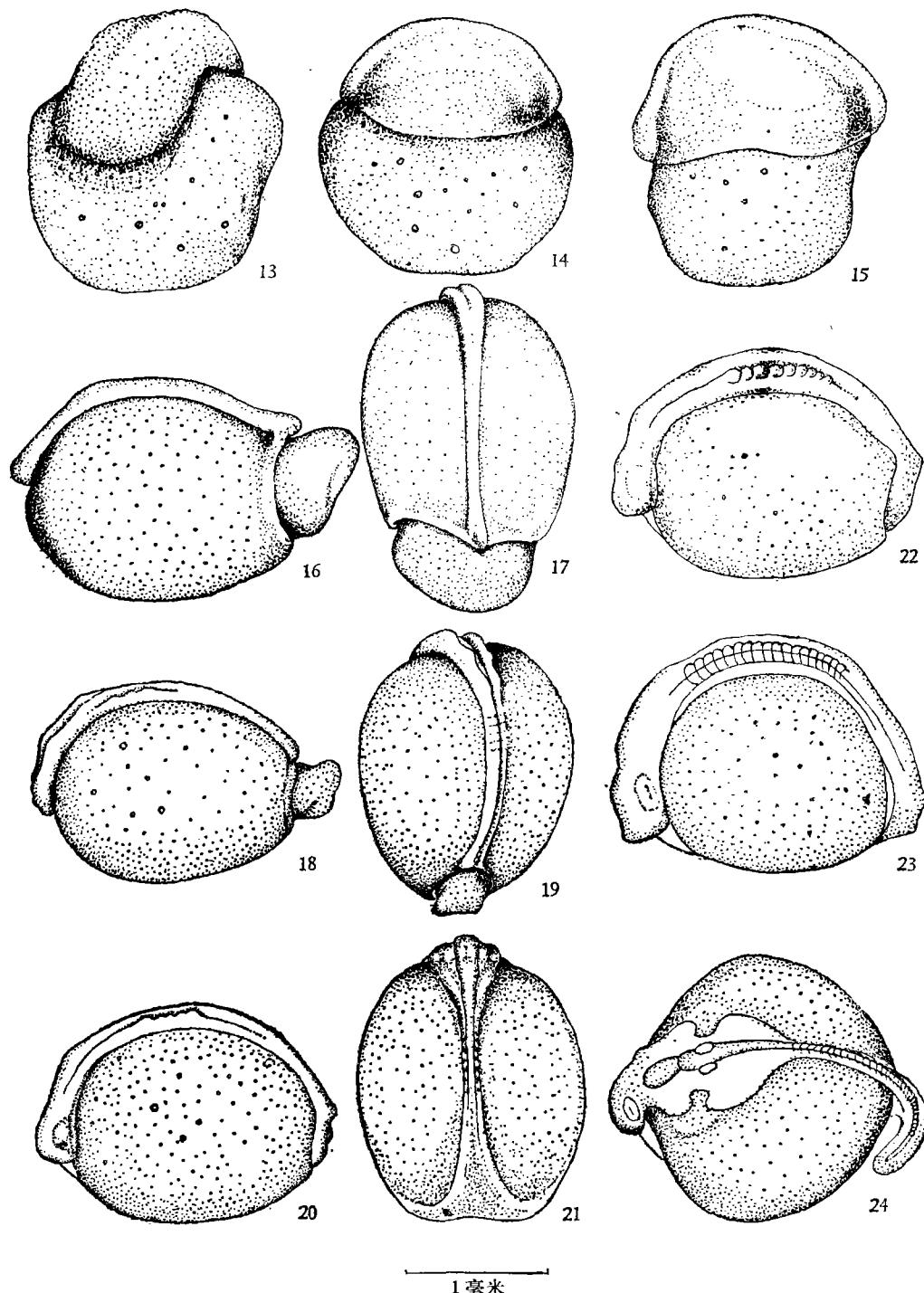


图 13 囊胚晚期(平囊期) 图 14 原肠早期 图 15 原肠中期 图 16 原肠晚期(侧面观) 图 17 原肠晚期(背面观)
图 18 神经胚期(侧面观) 图 19 神经胚期(背面观) 图 20 原肠末期(侧面观) 图 21 原肠末期(背面观)
图 22 视泡形成期 图 23 尾芽形成期 图 24 听泡和喫板形成期

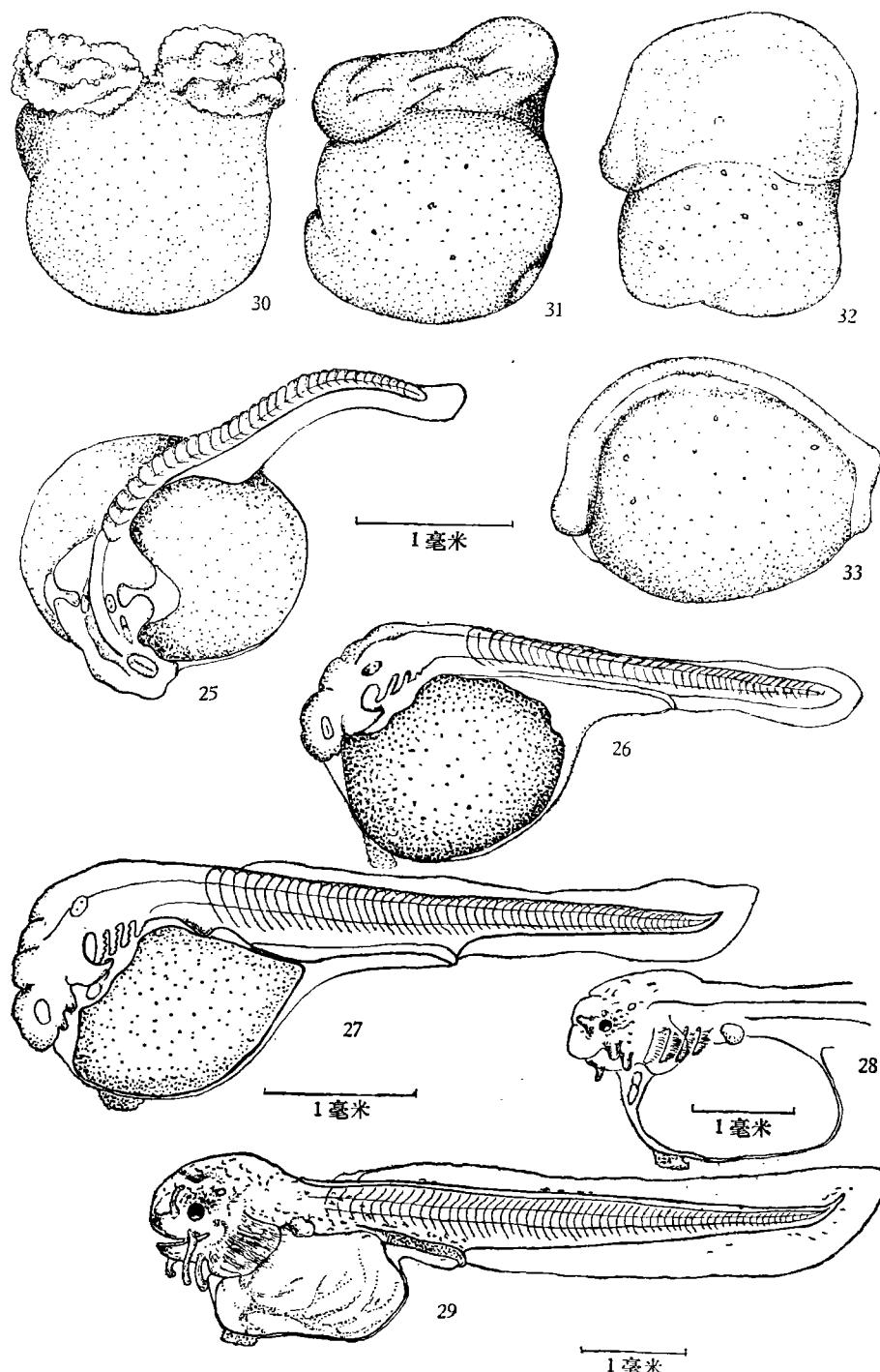


图 25 心原基出现期 图 26 鳃弓形成期，卵黄体下部由粘液物质形成附着器官
图 27 孵化出膜期 图 28 出膜 24 小时的仔鱼头部：示四对触须、鳃丝、胸鳍褶膜和色素
图 29 出膜后 32 小时的仔鱼，鳃盖已覆盖四对鳃弓，鳃丝伸出鳃盖之外
图 30—33 例“异常”多细胞期卵子，卵黄体上分裂球被分为两团，其间由一
狭小的“细胞桥”相连，随后在发育过程中自行调整为正常原肠胚