

研究简报

## 中华鲟视网膜早期发育及趋光行为观察

柴毅<sup>1,2,3</sup> 谢从新<sup>2</sup> 危起伟<sup>3</sup> 陈细华<sup>3</sup>

(1. 长江大学动物科学学院, 荆州 434000; 2. 华中农业大学水产学院, 武汉 430070; 3. 中国水产科学院长江水产研究所,  
农业部淡水鱼类种质资源与生物技术重点开放实验室, 荆州 434000)

### DEVELOPMENT OF RETINA AND BEHAVIOR DURING CHINESE STURGEON (*ACIPENSER SINENSIS* GRAY) EARLY ONTOGENY

CHAI Yi<sup>1,2,3</sup>, XIE Cong-Xin<sup>2</sup>, WEI Qi-Wei<sup>3</sup> and CHEN Xi-Hua<sup>3</sup>

(1. College of Animal Science Yangtze University, Jingzhou 434000; 2. Huazhong Agricultural University Fishery College, Wuhan 430070; 3. Key Laboratory of Freshwater Fish Germplasm Resources and Biotechnology, the Ministry of Agriculture of PRC, Yangtze River Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Jingzhou 434000)

关键词: 中华鲟; 视网膜; 发育; 行为

Key words: *Acipenser sinensis*; Retina; Development; Behavior

中图分类号: Q954 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2007)06-0920-03

视觉在鱼类摄食、集群、繁殖及洄游等活动中起着重要的信息传递作用, 深入研究鱼类的视觉特性, 对阐明其行为机制, 了解视觉结构在不同发育时期的生态适应性具有重要意义<sup>[1]</sup>。鱼类和其他脊椎动物一样, 感光细胞由感受强光的视锥细胞和感受弱光的视杆细胞组成。鱼类受到不同光强度照射时, 能以不同的方式调节达到光感受细胞的有效光强度, 从而适应于光亮或者黑暗的环境。鱼类感知光线刺激后能产生定向性运动, 称为趋光反应。渔业生产上的光诱捕鱼根据这种特性用集鱼灯将鱼诱集到预定的水域进行捕捞, 可大大提高渔获量。

中华鲟(*Acipenser sinensis* Gray)属江海洄游性鱼类, 为中国所特有, 主要分布在长江、东海、黄海等水域。长江葛洲坝水利工程的修建阻隔了中华鲟产卵洄游通道, 再加上过度捕捞及环境污染, 中华鲟物种濒临灭绝。1996年中华鲟被国际自然保护联盟(IUCN)列入红皮书<sup>[2]</sup>, 划分到濒危等级。目前对中华鲟的报道主要集中在生理、生态等保护生物学方面<sup>[3-7]</sup>, 早期发育方面的报道比较少<sup>[8]</sup>, 视网膜相关研究还未见报道。本文运用组织学方法研究了中华鲟视网膜的早期发育, 并结合其行为学观察探讨其行为机制, 旨在为其种群资源合理保护提供基础生物学资料, 并为进一步利用和增

养殖中华鲟提供理论科学依据。

### 1 材料与方法

2003年10月从长江宜昌江段捕获中华鲟亲鱼, 经人工催产孵化, 记载鱼苗出膜高峰期当日为0日龄, 出膜后0—6日龄每1天取样一次, 6—30日龄每2天取样一次, 30日龄—180日龄每15天取样一次。参照魏开建<sup>[9]</sup>方法取材, 每阶段取材10尾。全长小于50 mm的小个体取整个头部, 较大个体麻醉后解剖取眼。Bouin氏液固定后按照常规组织学方法制作石蜡切片, H-E染色后观察<sup>[10]</sup>。细胞数量测定计数方法参照文献[13]。20日龄前鱼苗在圆形塑料桶( $r = 80$  cm)中流水培育, 20日龄后在圆形水泥池( $r = 150$  cm)中流水培育, 水温22—24℃。趋光行为试验在水族箱( $150\text{ cm}^3 \times 80\text{ cm}^3 \times 60\text{ cm}^3$ )进行, 参照庄平、魏开建<sup>[11,12]</sup>方法观测并用EXCEL软件统计结果。

### 2 结果

#### 2.1 视网膜的分层及主要层次的形态结构

视网膜的分层 初孵仔鱼的视网膜没有分化, 各层细胞结构均匀一致。3日龄明适应视网膜上出现视锥细胞

收稿日期: 2006-01-08; 修订日期: 2006-11-30

基金项目: 科技部国家社会公益研究专项(2004DIB3J099)资助

作者简介: 柴毅(1978—), 女, 汉族, 山东济宁人; 博士, 讲师; 研究方向为鱼类生理生态学。E-mail: chaiyi123456@126.com

通讯作者: 谢从新, 教授; E-mail: congxin@sohu.com

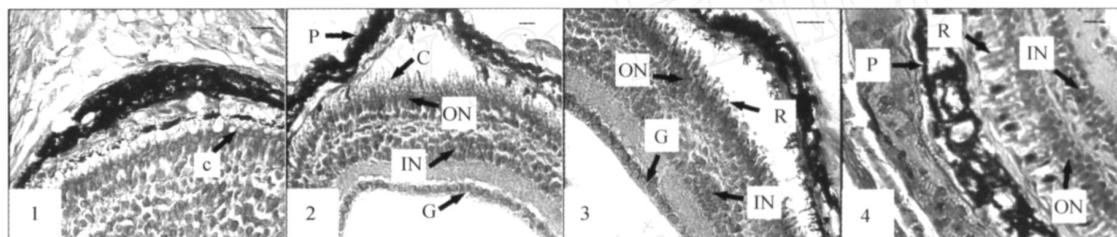
(Cone Cell, C.) 和外核层 (Outer nuclear layer, O.N.) (图版 -1)。9 日龄时外网状层 (Outer net layer)、内网状层 (Internal net layer) 以及内核层 (Internal nuclear layer, IN) 均已形成 (图版 -2)。至此, 视网膜各层分化完毕, 排列顺序和一般硬骨鱼类相似。

**视细胞层** 3 日龄中华鲟仔鱼视网膜上出现视锥细胞, 排列紧密 (图版 -1)。9 日龄明适应视网膜上还是以视锥细胞为主 (图版 -2), 但此时视杆细胞 (Rod Cell) 开始出现。随其生长, 视锥细胞密度不断降低, 视杆细胞密度

不断增加。17 日龄暗适应视网膜上视杆细胞数量已经明显多于视锥细胞数量 (图版 -3)。180 日龄暗适应视网膜上呈视锥细胞较少、视杆细胞数量占绝对优势的视网膜类型 (图版 -4)。

**外核层** 外核层中包含视锥细胞和视杆细胞的细胞核。

3 日龄视网膜上出现外核层, 此时全都是视锥细胞的细胞核 (图版 -1)。9 日龄视杆细胞出现, 外核层中也出现了视杆细胞的细胞核 (图版 -2)。随着视网膜发育, 外核层颜色变深, 厚度增加, 层内主要是排列紧密的视杆细胞核。



图版 中华鲟视网膜的发育

Plate Development of retina of Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis*)

1. 3 日龄视网膜中的视锥细胞; 2. 9 日龄时明适应视网膜各层结构; 3. 17 日龄暗适应视网膜各层结构; 4. 180 日龄暗适应视网膜各层结构  
C: 视锥细胞 (Cone cell); P: 色素层 (Pigment); ON: 外核层 (Outer nuclear layer); IN: 内核层 (Internal nuclear layer); G: 神经节细胞 (Ganglion cell); R: 视杆细胞 (Rod cells)

**内核层** 9 日龄时内核层上可以观察到 1—2 层椭圆形细胞, 染色较深 (图版 -2)。

**神经节细胞层** 神经节细胞层 3 日龄时包含 3—4 层细胞, 细胞排列不规则, 多呈长圆形。随其生长, 细胞层逐渐变薄, 9 日龄时, 神经节细胞呈 1 层稀疏排列 (图版 -2)。

## 2.2 视锥细胞与外核层细胞核的分布

图 1 可知, 随着中华鲟的发育, 视锥细胞密度持续下降, 外核层细胞核密度逐渐增加。其中 9 日龄—17 日龄是视锥细胞密度由高到低、外核层细胞核密度由低到高显著变化时期。

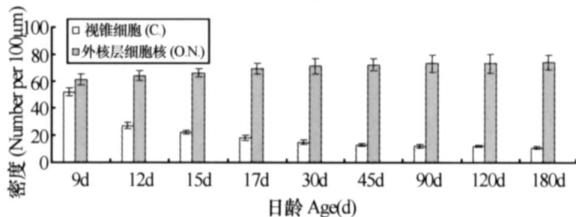


图 1 中华鲟视网膜早期发育阶段视网膜 100  $\mu\text{m}$  视锥细胞和外核层细胞核分布数量 (SD, n = 10)

Fig. 1 The distributive quantity of cone cells (C.) and nuclei of the outer nuclear layer (O.N.) per 100  $\mu\text{m}$  unit length in the retinal cross section of Chinese sturgeon (SD, n = 10)

## 2.3 行为学试验

中华鲟从出膜至 8 日龄, 对强光 (1200—1500 lx) 表现出明显的正趋向性, 观察到的趋光率为 100%。第九日龄时有些仔鱼开始出现避光行为, 趋光率陡降至平均约 76%。第十日龄趋光率最低, 平均约 45%。从 12 日龄开始趋光率有所

回升, 平均值为 51%。此后趋光率快速上升, 16 日龄时已经达到 89%。第十七日龄以后, 绝大部分仔鱼恢复到了与刚出膜时一样, 观察到的趋光率也为 100%, 并趋于稳定 (图 2)。

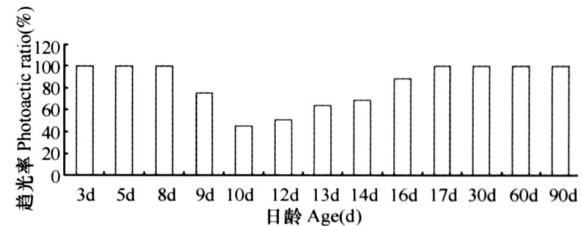


图 2 中华鲟早期发育阶段的趋光性行为变化

Fig. 2 Daily mean percent of Chinese sturgeon preferring illumination

## 3 讨论

中华鲟初孵仔鱼视网膜没有分化好的视觉细胞, 且视觉细胞中最先发育视锥细胞, 然后出现视杆细胞。这与其他许多鱼类的研究结果是一致的<sup>[14—17]</sup>。9 日龄以前视网膜上出现高密度视锥细胞, 适于感受强光, 此时中华鲟仔鱼处于垂直游泳阶段和水平游泳阶段, 都在水体中上层。9 日龄时出现视杆细胞, 仔鱼也开始转为底栖生活, 随着视杆细胞的增多, 仔鱼逐步适应弱光环境。由此可见, 中华鲟视锥细胞和视杆细胞的发生发育与其由水体中上层生活转至底栖生活的生态习性是相适应的<sup>[18]</sup>。17 日龄后仔鱼视网膜上视杆细胞占绝对优势, 以适应底栖黑暗无光或弱光环境, 此时趋光性又恢复至 9 日龄前的 100%, 表明此时视锥细胞感光功能发育较完善。9 日龄视网膜各层分化完毕后, 视锥细胞密度

逐渐降低,视杆细胞数量增多,密度增大,直至30日龄后视网膜发育完善。其中9日龄—17日龄是视觉细胞快速生长时期,也是趋光性发生明显变化阶段,这种变化与中华鲟从仔鱼浮游到幼鱼、成鱼底栖的生态迁移变化相适应。

视觉是鱼类摄食的重要感觉之一。视觉在鱼类摄食行为中的作用主要表现在三个方面:寻找和发现、辨认和选择、摄食时方向和姿势的调整<sup>[19]</sup>。9日龄中华鲟进入底栖生活后开始摄取外界食物,此时视觉细胞已经具备较好的感光能力,而其他感觉器官尚未发育完善<sup>[18]</sup>,所以我们认为视觉在仔鱼摄食初期中作用较大。随着中华鲟个体的发育,视网膜在完成了9日龄—17日龄这个典型过渡时期的迅速发育后,视杆细胞数量占绝对优势,仔鱼逐渐适应了黑暗环境。与此同时,其他感觉器官(如侧线)不断完善<sup>[18]</sup>,以及中华鲟体长的增长幅度远远超过了眼径的增长幅度。这些都表明,在中华鲟完成了早期视网膜的迅速发育后,视觉在摄食时已不是主要感觉器官。

#### 参考文献:

- [ 1 ] Zhao C Y,Tang X M,Chen S X. Fishes behavior [M]. Beijing : Agriculture Press. .1989,263 [赵传润,唐小曼,陈思行. 鱼类的行动. 北京:农业出版社,第二版 1989,263]
- [ 2 ] Wang S. Red book of endangered animals in China (fisheries) [M]. Beijing:Science Press. 1998,6—7 [汪松. 中国濒危动物红皮书(鱼类). 北京:科学出版社. 1998,6—7]
- [ 3 ] Chen X H,Wei Q W,Zhu Y J , et al. Surgical techniques of sex determination in young *Acipenser sinensis* [J ]. *Journal of Fishery Sciences of China*,2004,11(4) :371—374 [陈细华,危起伟,朱永久,等. 低龄中华鲟外科手术性别鉴定技术. 中国水产科学,2004,11 (4) :371—374]
- [ 4 ] Chen X H,Wei Q W,Yang D G, et al. Histological studies on gonadal origin and differentiation of cultured *Acipenser sinensis* [J ]. *Journal of Fisheries of China*,2004,28(6) :633—639 [陈细华,危起伟,杨德国,等. 养殖中华鲟性腺发生与分化的组织学研究. 水产学报,2004,28(6) :633—639]
- [ 5 ] Chen X H,Yang D G,Wei Q W, et al. Natural embryo development of *Acipenser sinensis* below Gezhouba Dam [J ]. *Freshwater Fisheries*,2004,34(2) :3—5 [陈细华,杨德国,危起伟,等. 葛洲坝下中华鲟自然产卵胚胎正常发育的证据. 淡水渔业,2004,34(2) :3—5]
- [ 6 ] Wei Q W,Chen X H,Yang D G, et al. Variations in spawning stock structure of *Acipenser sinensis* within 24 years since damming of Gezhouba Dam [J ]. *Journal of Fishery Sciences of China*,2005,12 (4) :452—457 [危起伟,陈细华,杨德国,等. 葛洲坝截流 24 年来中华鲟产卵群体结构的变化. 中国水产科学,2005,12 (4) :452—457]
- [ 7 ] Wei Q W,Yang D G,Ké F E. Technique of ultrasonic telemetry for Chinese sturgeon,*Acipenser sinenses*,in Yangtze River [J ]. *Journal of Fish series of China*,1998,22(3) :211—217 [危起伟,杨德国,柯福恩. 长江中华鲟超声波遥测技术. 水产学报,1998,22(3) :211—217]
- [ 8 ] Lu D C,Fu Z J,Liu X T, et al. Embryo development of *Acipenser sinensis* [J ]. *Freshwater Fisheries*,1986,(4) :2—5 [鲁大椿,傅朝君,刘宪亭,等. 中华鲟胚胎发育的研究. 淡水渔业,1986,(4) :2—5]
- [ 9 ] Wei K J ,Zhang H M. Histological study on the development of retina of Mandarin fish [J ]. *Journal of Huazhong Agricultural University*,1996,15(3) :263—269 [魏开建,张海明. 鲢鱼视网膜发育的组织学研究. 华中农业大学学报,1996,15(3) :263—269]
- [ 10 ] Wang P,Cao Z,Fan Q C, et al. Histological and embryology of vertebrate [M]. Beijing:Beijing University Press. 2004,220—225 [王平,曹焯,樊启旭,等. 简明脊椎动物组织与胚胎学. 北京大学出版社. 2004,220—225]
- [ 11 ] Zhuang P. Ontogenetic behavior of sturgeons with comments on evolutionary and practical significance [D]. Thesis for Doctor of Science. Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan. 1999 [庄平. 鲟科鱼类个体发育行为学及其在进化与实践上的意义. 博士学位论文,中国科学院水生生物研究所,武汉. 1999]
- [ 12 ] Wei K J ,Zhang G R ,Zhang H M. Studies on the phototactic characteristics of Mandarin fish (*Siniperca chuatsi*) during different development stages [J ]. *Journal of Huazhong Agricultural University*,2001,20(2) :164—168 [魏开建,张桂蓉,张海明. 鲢鱼不同生长阶段中趋光特性的研究. 华中农业大学学报,2001,20(2) :164—168]
- [ 13 ] Tirowell O A ,Westgarth D R. A method for differential cell counting in certain organs [J ]. *Anat Rec.* ,1959,134(3) :463—471
- [ 14 ] Hobcutt C. Effects on fish and shellfish behavior [M]. New York : Academic Press. 1980,1—125
- [ 15 ] Baburina E A. Development of the eye and its function in sturgeon and stellate [J ]. *Proc. USSR Acad. Sci.* ,1956,106:359—361
- [ 16 ] Wahl C,Mills E. Ontogenetic changes in prey selection and visual acuity of the yellow perch *Perca flavescens* [J ]. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* , 1993,50:743—749
- [ 17 ] Boglione C,Bronzi P,Cataldi E, et al. Aspects of early development in the Adriatic sturgeon *Acipenser naccarii* [J ]. *J. Appl. Ichthyol.* , 1997,15:207—213
- [ 18 ] The Changjiang Aquatic Resources Survey Group,Sichuan Province. The biology of the sturgeons in Changjiang and their artificial propagation [M]. Chengdu: Sichuan Scientific and Technical Publishing House. 1988,32—173 [四川省长江水产资源调查组. 长江鲟鱼类生物学及人工繁殖研究. 成都:四川科学技术出版社. 1988,32—173]
- [ 19 ] Li D Y,He D R,Liu X C. Influence of light on feeding of larval,juvenile and young red sea bream [J ]. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait*,1994,13(1) :26—31 [李大勇,何大仁,刘晓春. 光照对真鲷仔、稚、幼鱼摄食的影响. 台湾海峡,1994,13(1) :26—31]