

中华鲟吻部腹面罗伦氏囊结构与功能的研究^{*}

梁旭方

(水利部中国科学院水库渔业研究所, 武汉 430073)

提要 于1993年12月—1994年9月,从宜昌葛洲坝工程总局中华鲟人工繁殖研究所获中华鲟实验材料128尾,通过扫描电镜(包括冷冻断裂扫描电镜)、透射电镜及行为学实验方法,研究中华鲟吻部腹面罗伦氏囊结构及其功能作用。结果表明,中华鲟吻部腹面存在大量罗伦氏囊。触须表面无罗伦氏囊而仅存在少量味蕾。中华鲟罗伦氏囊由开孔、管道和壶腹三部分组成,壶腹具有梨形单纤毛电觉细胞。中华鲟对微弱电刺激异常敏感,且对较小电刺激物有摄食反应,而对水蚯蚓汁化学刺激则没有反应。为此可以认为中华鲟吻部腹面罗伦氏囊是电觉器官,在中华鲟觅食活动中起作用,而中华鲟触须味觉在觅食中作用不大。

关键词 中华鲟 罗伦氏囊 功能 摄食

中华鲟是我国特有的一种大型珍稀洄游性鱼类,具有很高的科学研究和经济价值。国内许多学者在中华鲟形态、生态习性、繁殖、人工繁育等方面做了大量工作(傅朝君等,1985;四川省长江水产资源调查组,1988;刘勇,1988;肖慧等,1988),但有关其吻部腹面“梅花样”器官——罗伦氏囊结构与功能尚未见报道。研究中华鲟摄食的感觉机理,不仅能为解决中华鲟驯食人工饲料难题提供理论依据,而且也可对鱼类摄食感觉的生物学研究提供基础资料。

1 材料与方法

中华鲟(*Acipenser sinensis* Gray)幼鱼和成鱼材料于1993年12月—1994年9月取自宜昌葛洲坝工程总局中华鲟人工繁殖研究所。用于电镜观察的5尾;行为观察的123尾。

材料经10%NaCl反复冲洗除去污物和粘液后,按常规扫描和透射电镜样品的制备法处理,分别在日立S-450型扫描电镜和JEM-100CX型电镜下观察吻部腹面皮肤感觉器官(包括冷冻断裂扫描电镜)并拍照。

幼鲟行为观察先后在120×50×50cm³水族箱和1.5m³玻璃钢圆柱桶中进行,对几种刺激的反应在傍晚测定。每一种刺激持续2min,观察中华鲟的行为变化。不同刺激间隔时间为2—20min,根据中华鲟对上一种刺激反应强弱确定,下一种刺激均在中华鲟完全恢复平缓游动后进行。饲养用水为活性炭过滤曝气自来水,注排水通过注水管

^{*} 美国加州大学环太平洋研究基金资助项目一部分。梁旭方,男,出生于1965年4月,博士,助理研究员。

本文承导师刘建康院士指导,美国加州大学戴维斯分校Doroshov教授对实验结果进行了有益讨论,肖慧高级工程师惠赠实验材料,均此一并致射。

收稿日期:1995年2月20日,接受日期:1995年6月30日。

和排水管在水面进行,水温为 19—21℃。每天投喂充足活水蚯蚓并清污。亲鲟行为观察在大型水泥蓄养池中进行。

2 结果

2.1 吻部腹面皮肤感觉器官表面形态、内部结构和超微结构 中华鲟吻部腹面皮肤表面存在大量罗伦氏囊。在吻部腹面两侧区域,2—5个罗伦氏囊形成一簇,5—8簇罗伦氏囊呈“梅花样”聚集在一起,并且该部分皮肤表面凹陷,形成花朵状凹穴,肉眼即清晰可见(图版 I: 1,4)。在吻部腹面靠近中央区域,2—5个罗伦氏囊形成一簇,该部分皮肤表面仅略凹陷,簇间距离小,呈均匀密集分布,肉眼不易观察到(图版 I: 2)。在吻部腹面正中中线狭窄区域及触须后部分均无罗伦氏囊分布(图版 I: 2,3)。

罗伦氏囊开孔呈卵圆形,孔径在 60—150 μm ,有的开孔内尚可见到胶状物质(图版 I: 5,箭头所示)。冷冻断裂扫描电镜观察结果表明,中华鲟罗伦氏囊开孔下方呈不规则管状,此即管道,深 100—300 μm (图版 I: 6)。管道底部呈囊状,此即壶腹,直径在 70—130 μm ,囊底和侧面均密布纤毛(图版 I: 7)。

透射电镜观察结果表明,中华鲟罗伦氏囊壶腹感觉细胞呈梨形,细胞表面着色深并形成较宽的染色区。细胞长 5—8 μm ,宽 3—6 μm 。纤毛着生于细胞锐端顶部,长 1—3 μm (图版 I: 8,RC)。

中华鲟触须表面没有罗伦氏囊分布,仅发现很少量的味蕾,大小为 85—110 μm ,其形态类似于真骨鱼类的味蕾(图版 I: 9)。

2.2 摄食行为及对不同刺激的反应 中华鲟生性活泼,无论幼鱼或成鱼均在池底不停缓慢游动,受惊扰时速度加快,甚至窜出水面。游动一般沿直线或非常平缓变化的曲线进行,仅在与其它个体、池壁等相撞或接近碰撞时才调整游动方向。中华鲟游动的动力来源于尾鳍的不停摆动,胸鳍用于控制游动方向。当两侧胸鳍均处于水平位置时,鲟沿直线前进;当一侧胸鳍倾斜一定角度时,阻力增大,鲟即向该侧转向。由于胸鳍本身没有动力作用,这种转向仅能缓慢进行,且不能依靠胸鳍向前摆动而使鱼体反向运动。因此,中华鲟适于不停地缓慢游动,但不善于灵活改变运动方向。中华鲟口下位,在水底游动时以吸吮方式摄食底质上的食物(水蚯蚓)(图 1)。即使在人工饲养较长时间后,亦不能摄取中上层正在下落的食物。中华鲟仅对吻部腹面下方很近距离的食物有摄食反应;对头部两侧的食物则无反应,即使食物的距离非常近;对远距离食物无趋近行为。上述行为观察结果说明,中华鲟利用吻部腹面皮肤的近距离或接触型感觉器官识别食物,而视觉、嗅觉等远距离感觉器官在摄食中作用不大,这与中华鲟游动的不灵活性相适

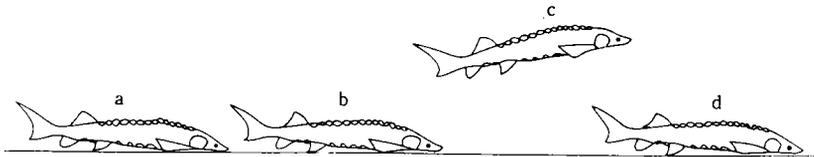


图 1 中华鲟“吸吮型”摄食模式

Fig.1 Feeding pattern of sucking of Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis* Gray)

a. 巡游; b. 吸吮; c. 疾速上升并吞咽; d. 滑翔下降再巡游。

应。虽然中华鲟吻部腹面皮肤的感受范围非常有限,但由于中华鲟不停游动,其识别区域随着游动距离的延长而扩大,从而也能有效地发现食物。

体长在 20—40 cm 的中华鲟对水底不同刺激物反应的实验结果见表 1。中华鲟虽摄食活水蚯蚓,但对注入水底的水蚯蚓汁没有趋近行为,亦无吸吮反应。对放入水底直径为 2cm、长为 30cm 的铁棒有逃避行为,反应十分强烈,鱼呈极度受惊状,游泳速度骤然加大,从刺激物上方快速逃离,有时甚至窜出水面。多次连续重复刺激后仍不适应而有反应。对放入水底同样大小的塑料棒则没有反应。对放入水底直径为 1mm、长为 5mm 的铁丝有咬食反应,对撒入水底的还原铁粉则有吸吮反应,但反应均不很强烈,且对二种刺激很快适应后即不再反应。

表 1 中华鲟对几种刺激的反应

Tab.1 Response of Chinese sturgeon to several kinds of stimuli

刺 激 物	反 应	反应距离 (cm)
活水蚯蚓 (<i>Tubifex</i> spp.)	摄食反应	<2
水蚯蚓汁 (<i>Tubifex</i> spp.)	无反应	—
铁 棒	逃避反应	<5
塑料棒	无反应	—
铁 丝	咬食反应	<2
铁 粉	吸吮反应	<2

3 讨论与结语

3.1 中华鲟罗伦氏囊结构与功能 对中华鲟吻部腹面“梅花样”皮肤感觉器官结构和超微结构的研究结果表明,它们由大群罗伦氏囊按一定方式组合而成,这些罗伦氏囊具有与鲨、鳐等软骨鱼类罗伦氏囊 (Bennett, 1971; Jorgensen, 1989) 相同的电觉细胞,应属于罗伦氏囊电觉器官。中华鲟同鲟形目其它种类 (Jorgensen, 1972, 1980) 一样,罗伦氏囊管道较一般软骨鱼类短,这可能是因为淡水导电率较海水低,鲟类对其淡水或洄游生活习性的一种适应。生活于淡水中的河魮,也发现共存在这种现象,其罗伦氏囊管道短,与鲟类相似 (Szabo et al., 1972)。行为学实验结果中,鲟对铁棒反应强烈,说明鲟对电刺激异常敏感,能感知水中金属电解产生的微弱电流。这也证明中华鲟吻部腹面皮肤感觉器官是电感受器。

3.2 中华鲟依靠电觉觅食 根据鲟科鱼类的摄食方式,一般认为它们是依靠触须觅食的 (Moyle et al., 1988)。但对中华鲟触须表面结构的扫描电镜观察结果表明,其表面仅存在极少量味蕾,完全不同于一般利用触须觅食的真骨鱼类 (Reutter, 1982),例如美洲鲶、胡子鲶等,它们的触须均具有大量味蕾。这说明触须不可能在中华鲟摄食中起很大作用。行为学实验结果也证实中华鲟对水蚯蚓汁化学刺激没有反应。由于中华鲟吻部腹面存在大量的罗伦氏囊电觉器官,且对较小电刺激物有咬食或吸吮反应,为此可以认为,中华鲟主要依靠电觉觅食,其饵料生物 (例如寡毛类、螺类、蝶类等) 均已被证实能产生微弱的特异性生物电信号 (Kalmijn, 1971; Peters et al., 1972), 它们均是理想的较小电刺激物,无疑会诱导中华鲟产生摄食反应。中华鲟对较大电刺激物的逃避行为可能是一种对较大电刺激物或捕食者的防御性行为,其敌害生物 (例如,鲨类) 也已被证

实能产生微弱的特异性生物电信号 (Dijkgraaf et al., 1966), 但它们较大的个体使其成为较大电刺激物, 无疑会诱导中华鲟恐惧的逃避反应。

参 考 文 献

- 四川省长江水产资源调查组, 1988, 四川科学技术出版社(成都), 32 -- 173.
- 刘勇, 1988, 水利渔业, 4: 20 — 25.
- 肖慧等, 1988, 水利渔业, 4: 24 — 29.
- 傅朝君等, 1985, 淡水渔业, 1: 1 — 5.
- Bennett, M. V. L., 1971, Fish Physiology, Volume V, Sensory Systems and Electric Organs, ed. by Hoar, W. S. et al., Academic Press (New York), pp. 493 — 574.
- Dijkgraaf, S. & Kalmijn, A. J., 1966, *Z. Vergl. Physiol.*, 53: 187 — 194.
- Jorgensen, J. M., 1972, *Z. Zellforsch.*, 130: 362 — 377.
- Jorgensen, J. M., 1980, *Acta Zool.* (Stockh.), 61: 87 — 92.
- Jorgensen, J. M., 1989, The Mechanosensory Lateral Line, ed. by Coombs, S., Springer-Verlag (New York), pp. 115 — 145.
- Kalmijn, A. J., 1971, *J. Exp. Biol.*, 55: 371 — 383.
- Moyle, P. B. et al., 1988, Fishes: an Introduction to Ichthyology, Prentice Hall (Englewood Cliffs), pp. 212 — 219.
- Peters, R. C. & Bretschneider, F., 1972, *J. Comp. Physiol.*, 81: 345 — 362.
- Reutter, K., 1982, Chemoreception in Fishes, ed. by Hara, T. J., Elsevier Scientific Publishing Company (New York), pp. 77 — 91.
- Szabo, T. et al., 1972, *J. Comp. Physiol.*, 79: 15 — 27.

THE STRUCTURE AND FUNCTION OF THE AMPULLAE ON THE VENTRAL PART OF THE SNOUT OF CHINESE STURGEON (*ACIPENSER SINENSIS* GRAY)

Liang Xufang

(Institute of Reservoir Fisheries, Ministry of Water Resources and Chinese
Academy of Sciences, Wuhan 430073)

Abstract Indoor tank investigations were made in December, 1993, on the structure and function of the ampullae on the ventral part of the snout of Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis* Gray) collected from the Chinese Sturgeon Artificial Propagation Research Institute (Yichang County, Hubei Province) by scanning and transmission electron microscopical examination and observing its response to various stimuli.

The ventral part of the Chinese sturgeon's snout has numerous ampullae. The ampullary organs have a sensory cell very similar to that found in the Lorenzianian

ampulla, an electroreceptor found in marine Elasmobranchs. The sensory cells are pearshaped with single cilium on the center of their sharp ends.

The conclusion that these organs are electroreceptors is supported by the findings that the fish responds to the introduction of an iron bar, whereas a plastic bar introduced in the same way causes no response. Chinese sturgeon was observed to bite an iron wire or to suck iron powders, but did not respond to *Tubifex* worm juice, while live worms are natural food of the fish.

Sturgeons feed on the bottom by sucking and are generally thought to detect food by their barbels where very few taste buds are found. It indicates that Chinese sturgeon may feed mainly by electroreception of the ampullae on the ventral part of its snout, and that the gustatory sense of the barbels does not play an important role in feeding.

Key words Chinese sturgeon Ampullary organs Function Feeding