

沙鳅亚科四种鱼脑的形态结构和特征

陈红萍^{①②} 史晋绒^{①#} 陈红军^① 王永明^{①*} 谢碧文^① 王渝^①

① 内江师范学院生命科学学院 长江上游鱼类资源保护与利用四川省重点实验室 内江 641199;

② 华南农业大学海洋学院 广州 510642

摘要: 应用解剖学方法对中华沙鳅 (*Sinibotia superciliaris*)、宽体沙鳅 (*S. reevesae*)、紫薄鳅 (*Leptobotia taeniops*)、小眼薄鳅 (*L. microphthalmna*) 脑的形态结构和特征进行比较观察。结果显示, 上述沙鳅亚科 4 种鱼脑的形态结构与真骨鱼类相似, 由端脑、间脑、中脑、小脑、延脑 5 部分组成。脑各部分结构在属内差异不显著, 属间除相对大脑体积和相对小脑体积存在极显著差异外, 其他部分均无显著差异。紫薄鳅和小眼薄鳅大脑及小脑体相对体积较大, 可能与喜营流水生活, 需具有较高运动协调能力有关。

关键词: 中华沙鳅; 宽体沙鳅; 紫薄鳅; 小眼薄鳅; 脑; 形态

中图分类号: Q954 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2019) 01-37-08

Morphological Structure and Characteristics of the Brain in Four Botiinae Fishes

CHEN Hong-Ping^{①②} SHI Jin-Rong^{①#} CHEN Hong-Jun^① WANG Yong-Ming^{①*}
XIE Bi-Wen^① WANG Yu^①

① *Conservation and Utilization of Fishes Resources in the Upper Reaches of the Yangtze River Key Laboratory of Sichuan Province, College of Life Sciences, Neijiang Normal University, Neijiang 641199;* ② *College of Oceanography, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China*

Abstract: Botiinae was the second largest group of Cobitidae fish. In order to investigate the morphological differences of the four species (*Sinibotia superciliaris*, *S. reevesae*, *Leptobotia taeniops*, *L. microphthalmna*) of Botiinae fishes, anatomical methods were used in this study. Standard length, body weight and other biological indices of each specimen were measured. Statistical analysis of all data was performed using Microsoft Excel 2007 and SPSS 19.0. The results showed that the morphological structures of the brain in four Botiinae fishes were similar to other teleosts, consisting of five parts: telencephalon, diencephalon, mesencephalon, cerebellum and myelencephalon (Fig. 1 and 2). Among them, there were significant

基金项目 四川省教育厅项目 (No. 17ZB0219), 内江师范学院大学生创新创业项目 (No. X2017060);

* 通讯作者, E-mail: wym8188@126.com;

第一作者介绍 陈红萍, 女, 硕士研究生; 研究方向: 水生生物免疫和疾病防控; E-mail: 1574707809@qq.com;

共同第一作者 史晋绒, 女, 实验师; 研究方向: 鱼类细胞生物学; E-mail: bnsjr.04@163.com。

收稿日期: 2018-06-29, 修回日期: 2018-07-31 DOI: 10.13859/j.cjz.201901006

differences in the relative volumes of cerebrum and corpus cerebelli, while there was no significant difference in other parts (Table 3). The more closely related the fish, the more similar the morphological structure of the brain. The *L. taeniops* and *L. microphthalmna* prefer to live in the environment with flowing water, suggesting that possession of the larger relative volume of cerebrum and corpus cerebelli might be related to a higher motor coordination ability.

Key words: *Sinibotia superciliaris*; *S. reevesae*; *Leptobotia taeniops*; *L. microphthalmna*; Brain; Morphology

伴随着动物从低等向高等进化, 其器官结构及功能日趋复杂。神经系统作为机体中最重要的机能调节系统, 是动物界进化的重心(陈小麟等 2013)。鱼类现存种类超过 30 000 种, 是脊椎动物中种类最多的类群, 其器官和系统功能协调、统一是通过神经系统的主导作用实现的(黄静等 2013)。因此, 开展鱼类神经系统的相关研究具有重要意义。目前, 淡水真骨鱼类中枢神经系统的比较研究主要集中在鲤科鱼类, 对于鳅科鱼类的研究甚少。

沙鳅亚科(Botiinae)是鳅科(Cobitidae)鱼类中第二个较大的类群, 营底栖生活, 主要分布于长江流域以南地区。沙鳅亚科鱼类在四川省除西部高原地区外, 主要分布于盆地和盆周丘陵地区的江河、湖泊及大型水库等水域中(丁瑞华等 1994)。中华沙鳅(*Sinibotia superciliaris*)和宽体沙鳅(*S. reevesae*)隶属沙鳅属, 常以虾类、水生昆虫和淡水壳菜(*Limnoperna lacustris*)为食, 是肉食性鱼类(李斌等 2016)。紫薄鳅(*Leptobotia taeniops*)和小眼薄鳅(*L. microphthalmna*)隶属薄鳅属, 常以小型鱼类、底栖无脊椎动物、高等植物的碎屑和藻类为食, 是偏肉食性的杂食性鱼类(丁瑞华等 1994)。本文通过对沙鳅亚科以上 4 种鱼脑的形态进行比较分析, 探讨其脑组织结构特点, 旨在了解环境对鱼类脑结构的影响和脑的适应性演化, 丰富鱼类神经系统形态学的内容, 为其野生驯化和人工养殖提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 实验材料

于 2017 年 9 月收集野生鱼进行实验。其中,

中华沙鳅和宽体沙鳅采自沱江(资中段), 紫薄鳅采自长江(合江段)、小眼薄鳅采自岷江(犍为段)。

1.2 实验方法

1.2.1 解剖及测量 选取健康的中华沙鳅、宽体沙鳅、紫薄鳅、小眼薄鳅雌雄各 5 尾, 测量鱼体体重(精确到 0.01 g)以及体长、头长及眼径(精确到 0.01 mm)。断头, 将头部经 10% 福尔马林固定 2 周后, 在解剖镜下分离脑结构并测量脑质量(精确到 0.01 g)。Nikon SM1 体式显微镜对脑的背面、腹面、侧面进行拍照, Motic Images Plus 2.0 软件对脑各结构的长度、宽度、高度进行测量, 数据精确到 0.01 mm。

脑背面观测指标包括: 大脑半球宽、中脑宽、小脑体宽、延脑宽、延脑面叶宽、视盖宽和视盖长(图 1)。脑腹面观测指标包括: 嗅球宽、嗅束长和下叶宽(图 1)。脑侧面观测指标包括: 嗅球高、大脑半球高、中脑高、小脑体高、延脑背部高、下叶高、嗅球长、大脑半球长、中脑长、小脑体长、延脑长、面叶长和下叶长(图 1)。

1.2.2 分析方法 利用 Motic Images Plus 2.0 软件测量脑各结构的长、宽、高并计算其体积。各结构体积采用椭圆体模型计算: $V = L \cdot W \cdot H \cdot \pi / 6$, 其中, V 表示体积 (mm^3), L 表示长 (mm), W 表示宽 (mm), H 表示高 (mm)。对于成对的结构, 如嗅球、端脑、中脑, 其估算体积加倍。比较脑的各部分绝对及相对大小, 其中相对大小以体长作校正。

1.2.3 数据处理 实验结果用平均值 \pm 标准差 (Mean \pm SD) 来表示。使用 Microsoft Excel 2007 和 SPSS 19.0 软件对实验数据进行统计分

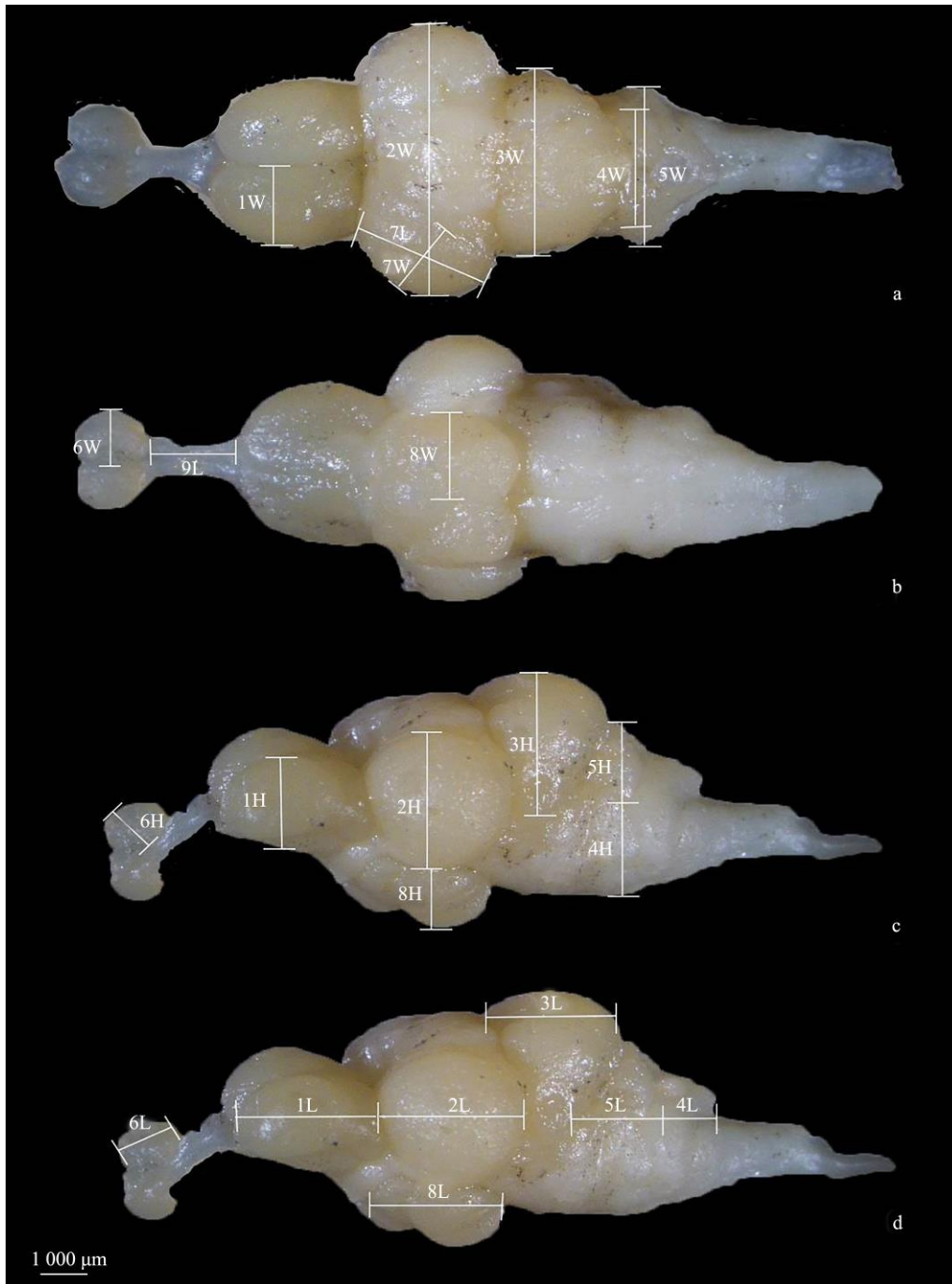


图 1 中华沙鳅脑各结构测量图

Fig. 1 The structural measurements of the brain in *Sinibotia superciliaris*

a. 背面观; b. 腹面观; c, d. 侧面观。a. Dorsal view of the brain; b. Ventral view of the brain; c, d. Lateral view of the brain.

1. 大脑半球; 2. 中脑; 3. 小脑体; 4. 延脑背部; 5. 面叶; 6. 嗅球; 7. 视盖; 8. 下叶。W、H、L. 分别代表宽、高和长。

1. Cerebrum hemisphere; 2. Mesencephalon; 3. Corpus cerebellum; 4. Myelencephalon dorsal; 5. Lobus facialis; 6. Olfactory bulbs; 7. Tectum opticum; 8. Lobus inferior. W, H, L. Width, height and length.

析, $P < 0.05$ 表示差异显著, $P < 0.01$ 表示差异极显著。

2 结果

沙鳅亚科 4 种鱼类的脑从头侧至尾侧依次为端脑 (telencephalon)、间脑 (diencephalon)、中脑 (mesencephalon)、小脑 (cerebellum) 及延脑 (myelencephalon), 呈中间稍粗, 两端稍尖的梭形。沙鳅亚科 4 种鱼类体重、体长、头长、眼径、脑质量、脑各结构体积绝对及相对大小在雌雄样本间及属内差异不显著 ($P > 0.05$) (表 1, 2)。

2.1 端脑

端脑是脑的最前部分, 由嗅球 (bulbus olfactorius)、嗅束 (tractus olfactorius) 和大脑 (cerebrum) 组成 (图 2)。嗅球略呈椭圆形, 位于大脑前端, 紧靠嗅觉器官嗅囊 (rhinencephalon) 的后方, 通过细长的嗅束与大脑相连接。大脑由一对椭圆形的半球组成, 两半球之间有明显的纵裂, 仅在腹中部前连合。沙鳅亚科 4 种鱼类端脑的差别主要在于嗅束的长短 (图 2a, d, g, j) 及大脑的大小 (表 3), 表现为沙鳅属的中华沙鳅和宽体沙鳅的嗅束较长, 薄鳅属的紫薄鳅和小眼薄鳅嗅束稍短, 特别是个别小眼薄鳅的嗅束极短, 几乎不可见。

2.2 间脑

间脑位于端脑的后面, 分上丘脑 (epithalamus)、丘脑 (thalamus)、下丘脑 (hypothalamus) 三部分。背面被中脑视叶覆盖, 腹面的下丘脑前方为视交叉 (optic chiasma), 往后两侧肾形隆起为下叶, 下叶中央是脑下垂体 (hypophysis), 垂体基部是漏斗 (infundibulum), 漏斗后方为单个血管囊 (vascular), 经甲醛固定后区分不明显 (图 2)。4 种鳅的主要差别在于: 中华沙鳅、宽体沙鳅、紫薄鳅的下叶 (inferior lobe) 更为突出明显, 而小眼薄鳅的下叶凸起幅度相对前 3 种鳅小 (图 2b, e, h, k)。

2.3 中脑

中脑前部为大脑, 后部紧接小脑, 下方连接间脑。由一对近椭圆形的丘状突起构成, 又称视叶 (optic lobes)。其背面为视盖 (tectum opticum), 又称中脑盖, 腹部为被盖 (tegmentum) (图 2)。视盖与被盖之间的腔是中脑室, 小脑瓣由后突入中脑室, 将两视盖推向两侧。4 种鳅的中脑均被小脑瓣分离成两部分, 中间露出舌形的小脑瓣 (图 2a, d, g, j)。

2.4 小脑

小脑位于中脑后方, 由小脑瓣 (valvula cerebelli)、小脑体 (corpus cerebelli) 和侧叶

表 1 沙鳅亚科 4 种鱼类体重、体长、头长及眼径比较 (平均值 \pm 标准差)

Table 1 Comparison of weight, body length, head length and eye diameter among four Botiinae fishes (Mean \pm SD)

物种 Species	性别 Sex	数量 Number	体重 (g) Weight	体长 (mm) Body length	头长 (mm) Head length	眼径 (mm) Eye diameter
中华沙鳅 <i>Sinibotia superciliaris</i>	♀	5	8.98 \pm 1.09	85.20 \pm 5.04	20.40 \pm 1.02	2.29 \pm 0.11
	♂	5	6.98 \pm 0.49	74.60 \pm 1.50	18.80 \pm 1.17	2.11 \pm 0.13
宽体沙鳅 <i>S. reevesae</i>	♀	5	20.78 \pm 2.68	96.00 \pm 3.63	22.40 \pm 0.49	2.49 \pm 0.05
	♂	5	17.76 \pm 1.58	92.80 \pm 1.94	22.20 \pm 1.72	2.47 \pm 0.19
紫薄鳅 <i>Leptobotia taeniops</i>	♀	5	9.48 \pm 1.49	88.60 \pm 2.73	20.80 \pm 0.98	1.63 \pm 0.08
	♂	5	6.58 \pm 1.61	79.00 \pm 7.35	19.40 \pm 1.50	1.52 \pm 0.12
小眼薄鳅 <i>L. microphthalmia</i>	♀	5	9.22 \pm 2.62	86.60 \pm 7.96	20.40 \pm 2.87	1.02 \pm 0.14
	♂	5	4.80 \pm 1.83	76.00 \pm 8.02	16.80 \pm 3.43	0.84 \pm 0.17

表 2 沙鳅亚科 4 种鱼类脑质量 (g) 及脑各结构体积 (mm^3) 绝对大小的比较 (平均值 \pm 标准差)
Table 2 Comparison of weight (g) and the absolute volume (mm^3) of each structure in the brain of four Botiinae fishes (Mean \pm SD)

物种 Species	性别 Sex	数量 Number	脑质量 Brain weight	嗅球 Olfactorius bulbus	大脑 Cerebrum	中脑 Mesencephalon	小脑体 Corpus cerebellum	迷叶 Lobus vagal	面叶 Lobus facialis	下叶 Lobus inferior	视叶 Optic lobes
中华沙鳅 <i>Sinibotia superciliosus</i>	♀	5	53.60 \pm 2.20	0.32 \pm 0.03	1.75 \pm 0.11	9.63 \pm 1.63	2.59 \pm 0.72	3.06 \pm 0.84	0.70 \pm 0.26	0.77 \pm 0.55	1.10 \pm 0.20
宽体沙鳅 <i>S. reevesae</i>	♂	5	51.20 \pm 4.10	0.44 \pm 0.04	1.92 \pm 0.141	8.96 \pm 0.40	2.35 \pm 0.20	2.03 \pm 0.42	0.71 \pm 0.10	0.44 \pm 0.07	0.96 \pm 0.12
紫薄鳅 <i>Leptobotia taeniops</i>	♀	5	90.00 \pm 6.21	0.56 \pm 0.06	2.50 \pm 0.07	9.62 \pm 0.16	2.72 \pm 0.42	4.68 \pm 0.54	1.17 \pm 0.10	0.82 \pm 0.09	1.26 \pm 0.28
小眼薄鳅 <i>L. microphthalmus</i>	♂	5	76.80 \pm 8.10	0.34 \pm 0.17	1.46 \pm 0.24	10.44 \pm 0.33	2.32 \pm 0.10	2.18 \pm 0.22	1.07 \pm 0.36	0.62 \pm 0.20	1.21 \pm 0.17
	♀	5	56.20 \pm 7.10	0.70 \pm 0.09	2.90 \pm 0.29	11.80 \pm 0.82	6.88 \pm 0.72	3.53 \pm 0.43	0.77 \pm 0.11	0.51 \pm 0.10	1.00 \pm 0.40
	♂	5	58.10 \pm 0.80	0.70 \pm 0.11	3.58 \pm 0.43	11.90 \pm 3.19	6.76 \pm 1.66	4.06 \pm 0.86	1.00 \pm 0.29	0.47 \pm 0.11	1.13 \pm 0.19
	♀	5	29.60 \pm 2.00	0.72 \pm 0.07	3.76 \pm 0.69	9.81 \pm 1.22	5.34 \pm 1.18	3.68 \pm 0.99	1.05 \pm 0.34	0.44 \pm 0.10	0.70 \pm 0.27
	♂	5	35.40 \pm 3.60	0.74 \pm 0.15	3.08 \pm 0.51	9.90 \pm 1.02	4.48 \pm 1.03	2.49 \pm 1.16	0.75 \pm 0.21	0.50 \pm 0.06	0.75 \pm 0.10

表 3 沙鳅亚科 4 种鱼类脑质量 (g/mm) 及脑各结构体积 (mm^3/mm) 相对大小的比较 (平均值 \pm 标准差)
Table 3 Comparison of relative weight (g/mm) and the relative volume (mm^3/mm) of each structure in the brain of four Botiinae fishes (Mean \pm SD)

物种 Species	性别 Sex	数量 Number	脑质量 Brain weight	嗅球 Olfactorius bulbus	大脑 Cerebrum	中脑 Mesencephalon	小脑体 Corpus cerebellum	迷叶 Lobus vagal	面叶 Lobus facialis	下叶 Lobus inferior	视叶 Optic lobes
中华沙鳅 <i>Sinibotia superciliosus</i>	♀	5	0.63 \pm 0.02 ^a	0.00 \pm 0.00 ^a	0.02 \pm 0.00 ^a	0.11 \pm 0.02 ^a	0.03 \pm 0.01 ^a	0.04 \pm 0.01 ^a	0.01 \pm 0.00 ^a	0.01 \pm 0.01 ^a	0.01 \pm 0.00 ^a
宽体沙鳅 <i>S. reevesae</i>	♂	5	0.67 \pm 0.05 ^a	0.01 \pm 0.00 ^a	0.03 \pm 0.00 ^a	0.12 \pm 0.01 ^a	0.03 \pm 0.00 ^a	0.03 \pm 0.01 ^a	0.01 \pm 0.00 ^a	0.01 \pm 0.00 ^a	0.01 \pm 0.00 ^a
紫薄鳅 <i>Leptobotia taeniops</i>	♀	5	0.93 \pm 0.06 ^a	0.01 \pm 0.00 ^a	0.03 \pm 0.00 ^a	0.10 \pm 0.00 ^a	0.03 \pm 0.00 ^a	0.05 \pm 0.01 ^a	0.01 \pm 0.00 ^a	0.01 \pm 0.00 ^a	0.01 \pm 0.00 ^a
小眼薄鳅 <i>L. microphthalmus</i>	♂	5	0.83 \pm 0.09 ^a	0.00 \pm 0.00 ^a	0.02 \pm 0.00 ^a	0.11 \pm 0.00 ^a	0.03 \pm 0.00 ^a	0.02 \pm 0.00 ^a	0.01 \pm 0.00 ^a	0.01 \pm 0.00 ^a	0.01 \pm 0.00 ^a
	♀	5	0.63 \pm 0.08 ^a	0.01 \pm 0.00 ^a	0.03 \pm 0.00 ^b	0.13 \pm 0.01 ^a	0.08 \pm 0.01 ^b	0.04 \pm 0.00 ^a	0.01 \pm 0.00 ^a	0.01 \pm 0.00 ^a	0.01 \pm 0.00 ^a
	♂	5	0.73 \pm 0.08 ^a	0.01 \pm 0.00 ^a	0.05 \pm 0.01 ^b	0.15 \pm 0.04 ^a	0.07 \pm 0.01 ^b	0.04 \pm 0.00 ^a	0.01 \pm 0.00 ^a	0.01 \pm 0.00 ^a	0.02 \pm 0.01 ^a
	♀	5	0.34 \pm 0.02 ^a	0.01 \pm 0.00 ^a	0.04 \pm 0.01 ^b	0.11 \pm 0.01 ^a	0.06 \pm 0.01 ^b	0.04 \pm 0.01 ^a	0.01 \pm 0.00 ^a	0.01 \pm 0.00 ^a	0.01 \pm 0.00 ^a
	♂	5	0.47 \pm 0.01 ^a	0.01 \pm 0.00 ^a	0.04 \pm 0.01 ^b	0.11 \pm 0.01 ^a	0.06 \pm 0.01 ^b	0.03 \pm 0.02 ^a	0.01 \pm 0.00 ^a	0.01 \pm 0.00 ^a	0.01 \pm 0.00 ^a

同一列中参数上方字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)。In the same column, values with different letter superscripts mean significant difference ($P < 0.05$).



图 2 沙鳅亚科 4 种鱼类脑的外部形态

Fig. 2 Morphological characteristics of the brain in four Botiinae fishes

a ~ c. 中华沙鳅; d ~ f. 宽体沙鳅; g ~ i. 紫薄鳅; j ~ l. 小眼薄鳅。a、d、g、j. 背面观; b、e、h、k. 腹面观; c、f、i、l. 侧面观。1. 嗅球; 2. 嗅束; 3. 大脑; 4. 下叶; 5. 脑下垂体; 6. 视神经交叉; 7. 视盖; 8. 小脑瓣; 9. 小脑体; 10. 面叶; 11. 迷叶; 12. 菱形窝; 13. 脊髓。
a - c. *Sinibotia superciliaris*; d - f. *S. reevesae*; g - i. *Leptobotia taeniops*; j - l. *L. microphthalmus*. a, d, g, j. Dorsal view of the brain; b, e, h, k. Venture view of the brain; c, f, i, l. Lateral view of the brain. 1. Olfactory bulbs; 2. Tractus olfactorius; 3. Cerebrum; 4. Inferior lobe; 5. Hypophysis; 6. Optic chiasma; 7. Tectum opticum; 8. Valvula cerebelli; 9. Corpus cerebelli; 10. Lobus facial; 11. Lobus vagal; 12. Rhomboid fossa; 13. Medulla.

(auricles) 组成 (图 2)。小脑瓣呈舌形, 向前突入中脑室。小脑体表面光滑, 是一个略呈球状的隆起 (图 2a, d, g, j)。4 种鳅的小脑体相对大小存在极显著差异 ($P < 0.01$), 表现为中华沙鳅和宽体沙鳅小脑较紫薄鳅和小眼薄鳅小 (表 3)。

2.5 延脑

延脑是脑的最后部分, 位于脊髓前端, 前宽后窄, 呈三角形。主要由面叶 (lobus

facialis)、迷叶 (lobus vagus)、延脑本部和第 4 脑室构成 (图 2)。延脑中间的一独突为面叶, 面叶两侧是迷叶。面叶与迷叶交接处形成菱形窝 (rhomboid fossa), 揭去表面的脉络膜丛 (choroid plexus), 可见呈“V”形的第 4 脑室, 4 种鳅延脑形态差异不明显 ($P > 0.05$) (表 3)。

3 讨论

3.1 鱼脑的形态结构差异

硬骨鱼脑部的分区由神经管前部膨大分化而成(万安等 2009)。通过对沙鳅亚科 4 种鱼类脑形态结构观察发现,其结构与绝大多数硬骨鱼类相似,包括端脑、间脑、中脑、小脑和延脑 5 部分(王典群 1986, 谢宗墉等 1987, 万安等 2009)。

沙鳅亚科 4 种鱼类与其他已有研究鱼类脑形态结构的差异主要表现在:① 硬骨鱼端脑大致分为两种类型:一类是嗅叶(olfactory lobe)分化成嗅球和嗅束,嗅球紧靠嗅囊,借细长的嗅束与大脑连接(万安等 2009),如鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)、鳙(*Aristichthys nobilis*)和鲤(*Cyprinus carpio*)(王典群 1986)等鲤科鱼类;另一类是嗅叶不分化,紧贴在大脑前方,嗅叶前方通过一较长的嗅神经与嗅囊相连,如大黄鱼(*Larimichthys crocea*)、鲈(*Lateolabrax japonicus*)等鲈形目鱼类(赵磊等 2008)。沙鳅亚科 4 种鱼类嗅叶分化明显,与鲢、鳙、鲤等鲤科鱼类相似,与鲈形目鱼类不同。② 已有研究表明,鲢、鳙和雅罗鱼属(*Leuciscus*)(王典群 1986)等鲤科鱼类视叶大,两视叶彼此在中线相遇(万安等 2009),小脑瓣伸入视叶室,未暴露在外。而鲇形目的南方鲇(*Silurus meridionalis*)、革胡子鲇(*Clarias gariepinus*)和鲇(*S. asotus*)的中脑中央被小脑遮盖,仅能见两侧(张耀光 1992, 赵磊等 2008)。本实验发现,沙鳅亚科 4 种鱼类中脑的两视叶被小脑瓣挤向两侧,背面被撕开,与鲢、鳙、雅罗鱼属等鲤科鱼类及南方鲇、革胡子鲇、鲇等鲇形目鱼类不同。③ 延脑是鱼的生命中枢,主要由面叶、迷叶、延脑本体和第四脑室等构成(张善庆等 1998, 方展强等 2006, 赵磊等 2008)。鲢、鳙、草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)(孟庆闻等 1989)等鲤科鱼类延脑呈狭长的三角形,无面叶和迷叶,但在小脑体的下方有一隆起的体壁感觉叶(王典群 1986)。沙鳅亚科 4 种鱼类的延脑无体壁感觉叶,但有分化明显的面叶和迷叶,与鲢、鳙和草鱼不同。

3.2 鱼脑形态与生态习性的关系

脊椎动物脑中特定结构的大小通常表明它的功能占优势或者与之相关的感觉的准确性较强(丁瑞华等 1994)。已有研究表明,生态环境及习性对鱼类中枢神经系统结构的影响较大,且鱼类因生活习性不同,脑的相应部位也得到了不同程度的发展(张善庆等 1998, 黄静等 2013)。

沙鳅亚科 4 种鱼类脑形态结构也表现出了对生态习性的适应性特征,具体表现为:① 4 种鳅端脑的嗅叶均分化成嗅球和嗅束,不直接连接在端脑半球上,这一形态特征与 Huber 等(1992)和王典群(1986)所描述的鲤科鱼类端脑相一致。4 种鳅类的大脑发达程度相当,中华沙鳅和宽体沙鳅的嗅束较紫薄鳅和小眼薄鳅长,可能与其更依赖于嗅觉进行捕食有关。② 中脑是鱼类的视觉中枢,上有视神经纤维末梢将刺激从视网膜传递到脑细胞,形成视觉。同时,还可控制鱼类位置和移动功能(万安等 2009)。中华沙鳅和宽体沙鳅的视叶膨大,较紫薄鳅和小眼薄鳅发达。中华沙鳅、宽体沙鳅、紫薄鳅、小眼薄鳅的头长与眼径的比值依次为 7.60 ~ 10.30、9.00、12.80、20.00,这种形态上的差异可能与中华沙鳅和宽体沙鳅虽常栖息于底层水中,但常以虾类、水生昆虫和淡水壳菜为食,而紫薄鳅和小眼薄鳅是偏肉食性的杂食性鱼类的的生活习性相关(丁瑞华等 1994, 李斌等 2016)。③ 小脑为鱼体运动的协调中枢,与鱼体保持平衡及整合运动有关(Abrah ão et al. 2015)。本次研究中,紫薄鳅和小眼薄鳅的小脑体较大,可能与其喜欢生活在流水环境中(丁瑞华等 1994),游动需较高的准确性有关。

参 考 文 献

- Abrah ão V P, Shibatta O A. 2015. Gross morphology of the brain of *Pseudopimelodus bufonis* (Valenciennes 1840) (Siluriformes: Pseudopimelodidae). *Neotropical Ichthyology*, 13(2): 255-264.

- Huber R, Rylander M K. 1992. Brain morphology and turbidity preference in *Notropis* and related genera (Cyprinidae, Teleostei). *Evolution Biology Fishes*, 33(1): 153–165.
- 陈小麟, 方文珍. 2013. 动物生物学. 北京: 高等教育出版社, 251–255.
- 丁瑞华, 邓琪祥, 叶妙荣. 1994. 四川鱼类志. 成都: 四川科学技术出版社, 95–104.
- 方展强, 陈丽玉, 陈国柱. 2006. 唐鱼脑的组织形态学观察. *动物学杂志*, 41(2): 24–28.
- 黄静, 彭作刚, 王志坚. 2013. 贝氏高原鳅与玫瑰高原鳅脑大体解剖结构的比较. *西南师范大学学报*, 38(3): 94–100.
- 李斌, 陶敏, 徐丹丹, 等. 2016. 长江上游中华沙鳅食性特征的 C、N 同位素分析. *水生生物学报*, 40(5): 978–984.
- 孟庆闻, 张春波. 1989. 草鱼脑的发育和结构. *水生生物学报*, 13(2): 97–113.
- 万安, 华田苗, 孔学军, 等. 2009. 泥鳅脑的形态构造观察. *生物学报*, 26(6): 15–18.
- 王典群. 1986. 八种鲤科鱼类脑的形态构造观察. *水产学报*, 10(1): 95–106.
- 谢宗塘, 王琦, 金洪生, 等. 1987. 真骨鱼类脑的研究. *山东海洋学院学报*, 17(1): 142–158.
- 张善庆, 孙幅英. 1998. 大银鱼脑的结构. *解剖学杂志*, 21(4): 284–287.
- 张耀光. 1992. 7 种鲢形目鱼类脑和脑神经的比较. *四川师范学院学报: 自然科学版*, 13(4): 303–308.
- 赵磊, 梁剑弦, 龙天澄. 2008. 广东地区常见经济鲑鱼脑组织构筑的比较研究. *广州大学学报*, 7(6): 50–53.