

# 鲇鱼形态特征参数与体长关系及变异分析\*

彭姜岚, 曹振东, 付世建

(重庆师范大学 进化生理与行为学实验室, 重庆 400047)

**摘要** 本研究对嘉陵江鲇鱼(*Silurus asotus* Linnaeus)形态特征参数测量分析后发现:鲇鱼的头长、体高、臀鳍长、臀鳍高和尾鳍高均随体长的增加呈线性增加;而体重、口裂宽和尾鳍长随体长增加呈指数上升。根据各参数与体长相应拟合方程计算得到去除体长影响后的各参数值,并对各参数值间的相关关系分别进行回归分析,结果表明:头长和口裂宽呈正相关( $r=0.703, p<0.001$ );体高与头长( $r=0.366, p<0.05$ )和口裂宽( $r=0.392, p<0.05$ )也呈正相关;而体重分别与体高( $r=0.560, p<0.001$ )、头长( $r=0.532, p<0.001$ )和口裂宽( $r=0.363, p<0.05$ )呈正相关,与臀鳍长则呈负相关( $r=-0.421, p<0.05$ );依变异系数由大到小排列,各形态特征参数依次分别为:体重(2.01)、臀鳍高(1.64)、头长(1.62)、尾鳍高(1.60)、口裂宽(1.57)、体高(1.28)、尾鳍长(1.27)和臀鳍长(0.87)。

**关键词** 鲇鱼;形态可塑性;身体形态特征参数

中图分类号:Q112

文献标识码:A

文章编号:1672-6693(2007)01-0069-03

## Phenotypic Variation in Chinese Catfish (*Silurus asotus* Linnaeus)

PENG Jiang-lan, CAO Zhen-dong, FU Shi-jian

(Laboratory of Evolutionary Physiology and Behaviour, Chongqing Normal University, Chongqing 400047, China)

**Abstract** The head length, body height, anal fin length, anal fin height and tail fin height linearly increase with body length in Chinese catfish. The body weight, mouth width and tail fin length increased exponentially with body length. The relative value of head length is positively related with that of mouth width( $r=0.703, p<0.001$ ). The relative value of body weight is positively related with those of body height( $r=0.560, p<0.001$ ), head length( $r=0.532, p<0.001$ ), mouth width( $r=0.363, p<0.05$ ), and negative related with that of anal fin length( $r=-0.421, p<0.05$ ). Body height is positively related with head length( $r=0.366, p<0.05$ ) and mouth width( $r=0.392, p<0.05$ ). The magnitude of variation coefficient of body weight, anal fin height, head length, tail fin height, mouth width, body height, tail fin length and anal fin length are 2.01, 1.64, 1.62, 1.60, 1.57, 1.28, 1.27 and 0.87, respectively.

**Key words** *Silurus asotus* Linnaeus; morphological plasticity; Morphological characters

动物身体的结构是生理功能的基础,而结构和功能关系的研究一直是动物生理生态学的热点领域<sup>[1,2]</sup>。相关研究资料主要讨论不同物种间的结构和功能的差异及其相互关系,而很少注意到种内差异及这种差异可能造成的对生态适应和进化历程的影响<sup>[3,4]</sup>。鲇鱼(*Silurus asotus* Linnaeus)为我国重要的经济鱼类,本实验室以鲇鱼为对象曾进行了静止代谢、摄食代谢、运动能力和运动后恢复代谢等方面研究<sup>[5-7]</sup>发现鲇鱼的生理功能显著地受鱼体大小的影响,而且在去除这种影响后其生理功能仍存在着

较大的个体变异。作者认为鲇鱼的功能差异很可能受到其身体形态和内部器官特征的影响。因此本研究对鲇鱼身体形态的多个参数进行了测量,旨在考察鲇鱼身体特征参数与鱼体大小的关联;分析形态特征参数间的相关关系并比较各参数变异程度;为阐明个体功能差异的形态适应机制提供基础资料。

## 1 材料和方法

### 1.1 实验鱼来源

实验于2005年3月在重庆师范大学进化生理

\* 收稿日期 2006-06-15 修回日期 2006-10-25

资助项目:重庆市自然科学基金项目(No. 20059041)、重庆市教委科学技术研究项目(KJ050801)

作者简介:彭姜岚(1959-),女,重庆市人,实验师,研究方向为动物生理学。

与行为学实验室进行。选择在嘉陵江捕获的、状态正常、体色均匀、体表完好、健康无病的鲇鱼(共33尾)为实验鱼。体长范围:13.6~27.4 cm,体重范围20.6~147.2 g。实验鱼在实验室驯养3 d后进行测量。

### 1.2 测定方法

实验采用常规测量方法对鲇鱼体表形态参数进行测定,各参数分别定义如下:

- 体长——头部最前端至尾鳍基部;
- 全长——头部最前端至尾鳍末端;
- 体高——腹鳍基部至背部;
- 头长——头部最前端至鳃盖后缘;
- 口裂宽——左右口角之间的距离;
- 臀鳍长——同肛后体长,即从肛门至尾鳍基部;
- 臀鳍高——臀鳍舒展,测最宽处;
- 尾鳍长——尾鳍基部至尾鳍末端;

尾鳍高——尾鳍舒展,测最宽处。

### 1.3 统计方法

实验数据经 EXCEL2000 初步处理后,用 STATISTICA4.5 进行统计分析。

## 2 结果

### 2.1 身体形态特征参数及其与体长的关系

比较鲇鱼身体形态特征各参数(表1),可以看出随体长的生长,鱼体体重和其它形态特征均有所增大,但不同参数增加的趋势和幅度不同。以体长为因变量,各参数为自变量,分别选用直线方程和指数方程两种不同的拟合方法,探讨各参数与体长的关系。拟合结果见表2。依两组不同方程的拟合度统计检验:头长、体高、臀鳍长、臀鳍高、尾鳍高与体长呈线性相关( $p < 0.001$ ),而体重、口裂宽、尾鳍长和体长则符合指数相关( $p < 0.001$ )。

表1 鲇鱼身体形态特征数值分布表(平均值±标准误)

体长分组/cm	13.0-15.9	16.0-18.9	19.0-21.9	22.0-24.9	25.0-27.9	合计
<i>N</i>	7	7	4	9	6	33
体长/cm	14.9±0.3	17.0±0.3	20.0±0.7	23.6±0.3	25.6±0.4	20.4±0.7
全长/cm	16.6±0.3	18.9±0.3	22.3±0.7	26.1±0.4	28.2±0.4	22.6±0.8
体重/g	24.6±2.0	34.9±1.4	60.9±6.6	99.9±4.6	121.8±6.9	70.5±7.1
头长/cm	3.3±0.1	3.7±0.1	4.4±0.3	5.0±0.1	5.4±0.2	4.4±0.2
体高/cm	2.1±0.1	2.5±0.1	2.9±0.1	3.2±0.1	3.6±0.1	2.8±0.1
口裂宽/cm	1.9±0.1	2.1±0.1	2.5±0.2	2.7±0.1	3.0±0.1	2.5±0.1
臀鳍长/cm	8.8±0.2	10.2±0.2	11.7±0.6	14.0±0.3	15.1±0.6	12.1±0.5
尾鳍长/cm	1.9±0.1	2.2±0.2	2.6±0.2	2.7±0.1	3.0±0.1	2.5±0.1
臀鳍高/cm	1.1±0.1	1.2±0.0	1.4±0.1	1.6±0.0	1.7±0.0	1.4±0.1
尾鳍高/cm	1.7±0.1	1.9±0.1	2.3±0.1	2.6±0.1	2.6±0.1	2.2±0.1

注:第二行数值为参数的变动范围

### 2.2 身体形态特征参数的变异度及其相关关系

根据表2选用相应的拟合方程(头长、体高、臀鳍长、臀鳍高、尾鳍高选用线性方程,而体重、口裂宽、尾鳍长选用指数方程),计算得到不同体长各形态指标的估算值。而实际测定值与估算值的差占估算值的百分比作为相对头长、相对体高、相对臀鳍

长、相对臀鳍高、相对尾鳍高、相对体重、相对口裂宽和相对尾鳍长的指标。对各相对指标进行相关分析(表3)结果表明:体重分别与体高( $p < 0.001$ )、头长( $p < 0.001$ )和口裂宽( $p < 0.05$ )呈正相关,体重与臀鳍长( $p < 0.05$ )呈负相关;体高分别与头长( $p < 0.05$ )、口裂宽( $p < 0.05$ )正相关;头长与口裂宽

( $p < 0.001$ ) 呈正相关。将各参数相对值的标准误差作为各形态特征个体变异的指标, 体重、头长、体高、口裂宽、臀鳍长、臀鳍高、尾鳍长和尾鳍高的变异系数分别为 2.01、1.62、1.28、1.57、0.87、1.64、1.27 和 1.60。

表 2 鲇鱼身体形态指标与体长的拟合方程

	$y = a + bx$			$Y = ax^b$		
	$a$	$b$	$R^2$	$a$	$b$	$R^2$
体重/g	119.26	9.3074	0.9402	0.0071	3.011	0.9692
头长/cm	0.3649	0.1979	0.8815	0.2851	0.9074	0.8776
体高/cm	0.2065	0.1290	0.8403	0.1548	0.9638	0.8367
口裂宽/cm	0.5365	0.0940	0.7647	0.2377	0.7741	0.7683
臀鳍长/cm	0.0482	0.5891	0.9494	0.6101	0.9894	0.9419
尾鳍长/cm	0.5651	0.0943	0.8296	0.2477	0.7657	0.8370
臀鳍高/cm	0.2531	0.0567	0.7983	0.1137	0.8345	0.7863
尾鳍高/cm	0.3296	0.0919	0.7416	0.1405	0.9115	0.6846

表 3 鲇鱼身体形态特征的相关关系系数( $y = a + bx$   $b$  值)

	体重	体高	头长	口裂宽	臀鳍长	臀鳍高	尾鳍长
体重							
体高	0.560**						
头长	0.532**	0.366*					
口裂宽	0.363*	0.392*	0.703**				
臀鳍长	-0.421*	-0.114	-0.202	-0.316			
臀鳍高	0.093	0.225	0.094	0.116	-0.014		
尾鳍长	-0.033	0.112	0.016	0.175	0.042	0.321	
尾鳍高	-0.063	-0.016	0.034	0.001	0.113	-0.161	0.161

注: \*  $p < 0.01$ ; \*\*  $p < 0.05$

### 3 讨论

#### 3.1 身体形态参数与体长的关系

实验的鲇鱼头长、体高、臀鳍长、臀鳍高、尾鳍高均与体长线性相关, 说明鲇鱼身体形态特征参数主要表现为等速生长, 鲇鱼体形在该生活史阶段没有明显变化。研究中通常用指数方程表示鱼类体重和体长的关系, 一般指数  $b$  值在 2.5 ~ 4 之间<sup>[8]</sup>, 它与身体各部分生长速度的相对大小有关, 对于体高、体宽等与体长等速生长的鱼类, 该值约为 3。鲇鱼为典型的等速生长鱼类,  $b$  值十分接近 3。研究发现口裂宽的增加幅度有下降趋势, 说明小鱼有相对更大的口裂, 这可能由于鲇鱼是肉食性鱼类, 显然口裂较大有利于增大小鱼的捕食范围。而鲇鱼尾鳍长随体长增长其增加幅度也有所下降, 可能与鲇鱼游泳方式和游泳能力的变化有关, 鲇鱼小鱼相对较活跃, 持续游泳能力较强, 较长的尾鳍有利, 而大鱼倾向于伏

击隐蔽取食<sup>[5]</sup>, 这种行为适应方式的改变降低了对游泳速度的要求, 故尾鳍相对较短。而鲇鱼臀鳍是与游泳能力相关的另一指标, 由肛门一直延伸到尾鳍(与肛后体长相等), 严格受身体限制, 与体长等速生长。

#### 3.2 身体形态特征参数的变异及其相互关系

机体各形态指标变异的大小即表型可塑性(即个体变异)由多方面因素决定。从结构参数间的关系分析, 各形态指标相对独立性影响并决定其变异的可能性, 本研究结果表明臀鳍长由体长决定, 因此便不可能产生较大的变异。另外, 形态指标的变异取决于选择变异的进化动力, 有研究发现鱼类在同一环境下可能产生不同的形态适应, 欧洲鲫鱼(*Carassius carassius* Linnaeus)在捕食者存在的条件下, 部分鱼的身体变高, 使捕食者难以吞咽, 而部分鱼的体型较低, 游泳能力较强, 有利于迅速逃避敌害。于是这两种适应对策使被食者具有了较大的表型可塑性<sup>[9]</sup>。本研究鲇鱼各身体形态指标的变异系数整体上变异并不大, 远小于生理功能(如运动能力、摄食能力和最大代谢功率等)的变异(实验室资料), 因此需要对机体内脏参数指标、及体内代谢途径开展进一步研究以揭示生理功能的个体变异机制。另外本实验鲇鱼为同一地理种群, 而不同地理种群表型可塑性分析及相关生理功能分析可能更具意义。

通过不同形态指标的相关性分析(表 3)可以发现, 口裂宽与头长显著相关, 这是由于形态结构决定的, 即通常头较大的鱼口裂较宽。相关分析还表明, 在体长一定的情况下, 体重一般与体高正相关, 即体型高的鲇鱼有较大体重, 而有关二者与头长和口裂宽的关系则较为复杂, 一般认为, 机体在营养丰富的条件下, 身体积累物质增加, 头部的相对比例有所下降。然而鲇鱼较大的头部(和口裂宽)有利于扩大捕食范围, 捕食范围的扩大使身体营养状况更好, 集中表现为较大的体高和体重。因此营养物质优先保证头部器官的发育可能是鲇鱼的显著适应特征。而体重和臀鳍长负相关可能由于体重大的鱼身体高, 头大, 相对肛后体长较小, 因此导致臀鳍长相对较小, 然而鲇鱼体重与臀鳍长的这种相关关系是否说明体重与游泳能力存在某种相关还有待进一步研究。

#### 参考文献:

[1] 宋志刚, 王德华. 长爪沙鼠的代谢率与器官的关系[J]. (下转 75 页)

(上接71页)

动物学报 2002 48 :445-451.

[ 2 ] FITZPATRICK B M , BENARD M F , FORDYCE J A. Morphology and Escape Performance of Tiger Salamander Larvae ( *Ambystoma tigrinum* ) [ J ]. Journal of Experimental Zoology 2003 , 297A :147-159.

[ 3 ] WEBB P W , WEIHS D. Functional Locomotor Morphology of Early History Stages of Fishes [ J ]. Transactions of the American Fisheries Society , 1986 , 115 :115-127.

[ 4 ] OJANGUREN A F , BRANA F. Effects of Size and Morphology on Swimming Performance in Juvenile Brown Trout ( *Salmon trutta* L. ) [ J ]. Ecology of Freshwater Fish , 2003 , 12 :241-246.

[ 5 ] FU S J , CAO Z D , PENG J L. Effect of Meal Size on Specific Dynamic Action in Chinese Catfish [ J ]. Journal of

Comparative Physiology B 2006 , 176 :489-495.

[ 6 ] 彭姜岚 , 曹振东 , 付世建. 鲇鱼力竭运动后过量耗氧及其与体重的关系 [ J ]. 水生生物学报 , 待发表.

[ 7 ] 张怡 , 曹振东 , 付世建. 延迟首次投喂对南方鲇仔鱼早期发育的影响 [ J ]. 重庆师范大学学报(自然科学版) , 2005 , 22(4) :45-48.

[ 8 ] BROWN M E. Experimental Studies on Growth , in the Physiology of Fishes [ M ]. London :Academic Press , 1957. 361-400.

[ 9 ] PETTERSSON L B , BRONMARK C. Energetic Consequences of an Inducible Morphological Defence in Crucian Carp [ J ]. Oecologia , 1999 , 121 :12-18.

(责任编辑 李若溪)