

饥饿对鲤幼鱼体型特征的影响*

李秀明^{1,2}, 韦艳洋¹, 付世建², 张耀光¹

(1. 西南大学 淡水鱼类资源与生殖发育教育部重点实验室, 重庆 400715;

2. 重庆师范大学 重庆市动物生物学重点实验室 进化生理与行为学实验室, 重庆 401331)

摘要:为考察不同饥饿时间对鲤(*Cyprinus carpio*)幼鱼体型特征的影响,将大小相当的50尾体质量为(21.50±0.41)g、体长为(9.42±0.08)cm实验鱼随机分为对照组和4个饥饿组,分别饥饿处理0,7,14,28,56d;随后测量并计算各组实验鱼的形态特征参数。结果显示:7d饥饿组的所有体型参数与对照组均无显著性差异;14d饥饿组的体高、体高/体长显著小于对照组($p<0.05$),头高/体高、尾柄下部长/体长、臀鳍面积/鱼体侧面积、尾柄侧面积/鱼体侧面积均显著大于对照组($p<0.05$);28d饥饿组的体高和体高/体长显著小于对照组($p<0.05$),头长/体长、臀鳍面积/鱼体侧面、尾柄侧面积/鱼体侧面积均显著大于对照组($p<0.05$);56d饥饿组的体高、鱼体侧面积、体高/体长显著小于对照组($p<0.05$),头长、头长/体长、头高/体高、臀鳍面积/鱼体侧面积、尾柄侧面积/鱼体侧面积显著大于对照组($p<0.05$)。研究结果提示饥饿胁迫对鲤幼鱼体型特征产生了显著性影响,并且这种影响与饥饿程度相关;饥饿使鲤幼鱼体型变得更加“细长”,相对臀鳍和尾柄面积增大,这可能有利于减少游泳运动过程中能量的消耗。

关键词:饥饿;体型特征;形态;鲤

中图分类号:Q174

文献标志码:A

文章编号:1672-6693(2016)05-0024-05

鱼类的体型特征主要指鱼体各部分长度、面积和相对比例等参数以及某些特殊体态特征^[1],这些特征不仅是鱼类重要的分类依据之一,也与鱼类在捕食、逃逸、洄游及繁殖等生命活动中的游泳运动能力密切相关^[2-5]。在自然环境中,鱼类经常面临各种生物或非生物的胁迫。由于季节的交替和环境的异质性导致的食物分配不均使鱼类经常处于饥饿状态^[6]。以往的大量研究主要关注饥饿对鱼类生长、代谢、身体组成和消化系统组织形态的影响^[7-10],而有关饥饿对鱼类体型特征影响的研究资料相对较少^[11]。

鲤(*Cyprinus carpio*),属鲤形目(Cypriniformes)、鲤科(Cyprinidae),是中国传统的淡水经济鱼类之一^[12]。通常单独或成群地生活于水草丛生的池塘、湖泊、河流的水体底层,是一种杂食性底栖鱼类。鲤的生物学基本特性、能量代谢、养殖技术和鱼病防治等资料已有较多报道^[12-14],但有关鲤饥饿后体型特征的变化研究尚未见报道。因此,本研究以鲤幼鱼为实验材料,考察不同饥饿时间对鲤幼鱼体型特征参数的影响,为鱼类形态学研究以及养殖实践提供重要参考数据。

1 材料与方 法

1.1 实验鱼的来源与驯化

本实验中所用的鲤幼鱼购买于重庆北碚歇马鱼种场,实验前在西南大学水产科学重庆市市级重点实验室室内循环水养殖系统内驯养14d。每日用浮性颗粒饲料(通威)于9:00和18:00各饱足投喂1次。每隔2d换水1次,每次换水量为水体体积的10%左右,水温控制在(25±0.5)℃,水体溶氧量大于6mg·L⁻¹,光照周期设定为12h光照:12h黑暗。

* 收稿日期:2016-02-22 修回日期:2016-04-05 网络出版时间:2016-07-13 14:03

资助项目:国家自然科学基金(No. 31302160;No. 31172096);高等学校学科创新引智计划(111计划)建设项目(No. B14037);中国博士后科学基金(No. 2014M562271);重庆市科委重大项目(No. cstc2014yykfC80001);重庆市基础与前沿研究计划项目(No. cstc2015jcyjA80007);重庆市教育委员会科学技术研究项目(No. KJ1400506);重庆师范大学基金项目(No. 14XLB001)

作者简介:李秀明,男,副教授,博士,研究方向为鱼类生理生态和水产养殖,E-mail:lixiuming_441188@126.com;通信作者:张耀光,教授,E-mail:zhangyg@swu.edu.cn

网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20160713.1403.030.html

1.2 实验处理

驯养期结束后禁食 1 d,选取大小相当的 35 尾实验鱼(体质量为(21.50±0.41) g、体长为(9.42±0.08) cm) 随机分成 1 个对照组和 4 个饥饿组,分别饥饿处理 0,7,14,28,56 d,每组 7 条,将每个实验组分别放置于单独的 养殖单元格内(规格:40 cm×15 cm×25 cm)。饥饿处理期间其他养殖条件与驯养期间一致。不同饥饿时间处 理后,以 400 mg·L⁻¹过量 MS-222 将实验鱼麻醉致死,然后平放在白色背景板上,板旁放一直尺作为刻度标准, 鱼体左侧面照片利用相机(Canon IX-US105)拍摄^[15]。

1.3 数据处理与采集

采用 TpsDig 软件对所有照片 19 个特征点标记 (图 1),测定实验鱼体型特征参数^[15],具体包括:头高 (Head depth, HD)、头长(Head length, HL)、体长 (Body length, BL)、体高 (Body depth, BD)、叉长 (Fork length, FL)、尾柄上部长(Caudal peduncle length, CPL₁)、尾柄下 部长 (Caudal peduncle length, CPL₂)、尾鳍面积(The area of caudal fin, A_c)、背鳍面积(The area of dorsal, A_d)、臀鳍 面积(The area of anal, A_a)、尾柄侧面积(The side area of caudal peduncle, A_{cp})、鱼体侧面积(The side area of body, A_b)。

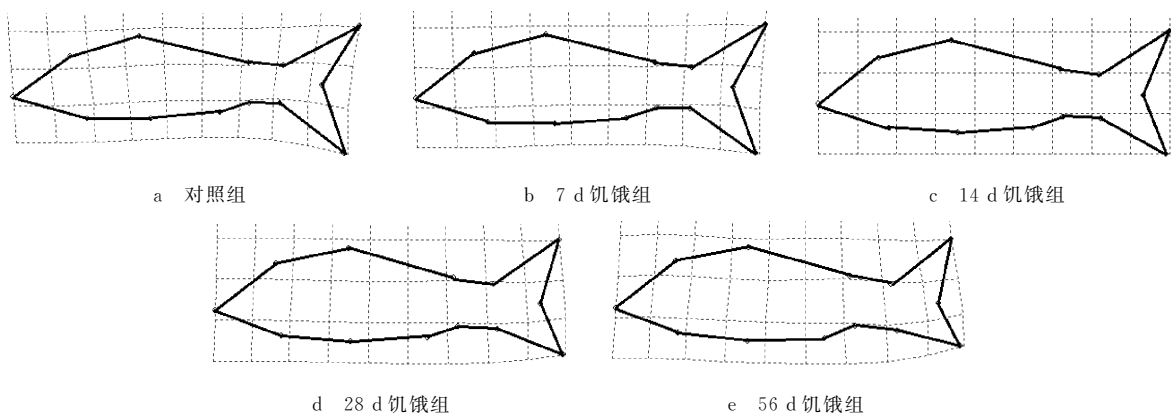
运用图像处理软件(TpsRegr)得到各组实验鱼的综合 图像,进而综合分析其体型特征变化情况(图 2)。具体原 理详见参考文献[15]。

采用 Excel 2007 对所有的实验数据进行常规计算,用 “平均值±标准误”表达,统计分析采用 SPSS 17.0 软件进 行。利用单因素方差分析(One-way ANOVA)检验饥饿对所有体型参数的影响,如果差异显著就采用 LSD 法进 行多重比较,统计显著性水平为 $p < 0.05$ 。

2 结果

2.1 不同饥饿时间后鲤幼鱼形态特性图像变化

实验鱼经过不同饥饿时间处理之后,根据 TpsRegr 软件分析所得图像背景网格的弯曲情况发现,不同饥饿 时间组实验鱼图像各部位均呈现出不同程度的弯曲变化,其中 56 d 饥饿组的背景网格弯曲最为明显(图 2)。



注:点 1 至点 9 距离为叉长;点 1 至点 19 距离为体长;点 1 至点 18 为头长;点 2 至点 17 为头高;点 3 至点 16 为体高;点 6 至点 7 为尾柄上部长;点 11 至点 12 为尾柄下部长;背鳍面积为 点 3,4,5 和 6 依次连线所围成的面积;尾柄侧面积为点 6,7,11 和 12 连线所围面积;尾鳍面积为点 7,8,9,10,11 和 19 所围成; 臀鳍面积为点 12,13,14 和 15 依次连接所围成;鱼体侧面积为点 1,2,3,6,7,19,11,12,15,16 和 17 所围成。

图 1 相关形态学测量的特征点

Fig.1 The morphological feature point measurements

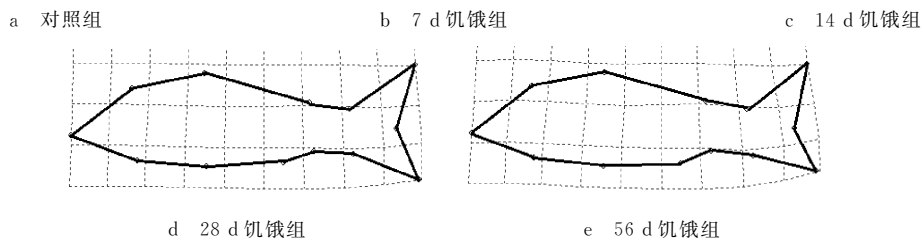


图 2 鲤幼鱼饥饿后的体型变化

Fig.2 The body shape change of the juvenile *C. carpio* after starvation

2.2 不同饥饿时间对鲤幼鱼形态特征参数的影响

表 1 展示了不同饥饿时间对实验鱼体型特征参数的影响。对照组的头长与 7,14 和 28 d 饥饿组之间无显著 差异,但 56 d 饥饿组头长却显著大于其他各组($p < 0.05$);所有饥饿组的头高与对照组无显著差异;7 d 饥饿组

的体高与对照组无显著差异,但 14,28 和 56 d 饥饿组的体高显著小于对照组($p < 0.05$);5 个实验组的尾柄上部长、尾柄下部长、叉长、体长、尾鳍面积、背鳍面积、臀鳍面积和尾柄侧面积之间无显著性差异;7,14 和 28 d 饥饿组的鱼体侧面积与对照组无显著差异,但 56 d 饥饿组的鱼体侧面积却显著小于对照组($p < 0.05$);7,14 d 饥饿组的头长/体长与对照组之间无显著差异,但 28,56 d 饥饿组的头长/体长却显著大于对照组和 14 d 饥饿组($p < 0.05$);7,28 d 饥饿组的头高/体高与对照组无显著差异,但 14,56 d 饥饿组该指标显著大于对照组($p < 0.05$);7 d 饥饿组的体高/体长与对照组无显著差异,14,28,56 d 饥饿组该指标显著小于对照组和 7 d 饥饿组($p < 0.05$);5 个实验组的尾柄上部长/体长之间无显著性差异;7,28 和 56 d 饥饿组的尾柄下部长/体长与对照组也无显著差异,但 14 d 饥饿组的该指标显著大于对照组($p < 0.05$);5 个实验组的尾鳍面积/鱼体侧面积之间无显著性差异;4 个饥饿组的背鳍面积/鱼体侧面积与对照组无显著差异;7 d 饥饿组的臀鳍面积/鱼体侧面积和尾柄侧面积/鱼体侧面积与对照组无显著差异,但 14,28 和 56 d 饥饿组的这两个指标显著大于对照组($p < 0.05$)。

表 1 不同饥饿时间对鲤幼鱼体型特征的影响

Tab.1 The effects of starvation on the body shape features of juvenile *C. carpio*

参数	对照组	7 d 饥饿组	14 d 饥饿组	28 d 饥饿组	56 d 饥饿组
头长/mm	26.84±0.44 ^b	26.52±0.32 ^b	27.11±0.78 ^b	27.77±0.74 ^b	28.12±0.52 ^a
头高/mm	21.29±0.35 ^{ab}	21.68±0.42 ^{ab}	22.14±0.51 ^a	20.72±0.35 ^b	20.67±0.41 ^b
体高/mm	30.56±0.43 ^a	29.80±0.34 ^{ab}	28.70±0.54 ^{bc}	28.56±0.36 ^{bc}	27.38±0.84 ^c
尾柄上部长/mm	16.22±0.87 ^a	16.90±1.24 ^a	18.44±0.41 ^a	15.83±0.49 ^a	16.77±1.40 ^a
尾柄下部长/mm	16.17±0.64 ^a	16.50±0.82 ^a	18.08±0.86 ^a	17.24±0.61 ^a	17.14±0.52 ^a
叉长/mm	108.87±2.07 ^a	107.24±1.68 ^a	110.50±2.10 ^a	108.70±2.36 ^a	109.54±1.32 ^a
体长/mm	99.25±1.77 ^a	97.17±1.59 ^a	100.16±1.94 ^a	98.10±2.18 ^a	99.17±1.39 ^a
尾鳍面积/mm ²	527.50±21.72 ^a	490.22±12.19 ^a	474.83±42.83 ^a	498.29±22.89 ^a	470.44±18.96 ^a
背鳍面积/mm ²	327.80±27.66 ^a	325.12±26.35 ^a	381.31±39.77 ^a	341.36±16.74 ^a	344.69±11.32 ^a
臀鳍面积/mm ²	125.69±8.31 ^a	125.01±4.46 ^a	139.62±9.01 ^a	131.24±7.43 ^a	134.29±6.60 ^a
尾柄侧面积/mm ²	209.21±12.40 ^a	219.42±15.58 ^a	235.85±9.26 ^a	225.69±10.06 ^a	226.69±9.16 ^a
鱼体侧面积/mm ²	2 174.60±65.36 ^a	2 068.40±55.59 ^{ab}	2 093.30±76.29 ^{ab}	2 016.19±7.10 ^{ab}	1 962.60±65.87 ^b
头长/体长	0.27±0.00 ^b	0.27±0.01 ^{ab}	0.27±0.00 ^b	0.28±0.00 ^a	0.28±0.00 ^a
头高/体高	0.69±0.01 ^c	0.73±0.02 ^{bc}	0.77±0.01 ^a	0.73±0.01 ^{bc}	0.76±0.02 ^{ab}
体高/体长	0.31±0.00 ^a	0.31±0.01 ^a	0.29±0.00 ^{bc}	0.29±0.00 ^b	0.28±0.01 ^c
尾柄上部长/体长	0.16±0.01 ^a	0.17±0.01 ^a	0.18±0.00 ^a	0.16±0.00 ^a	0.17±0.01 ^a
尾柄下部长/体长	0.16±0.01 ^b	0.17±0.01 ^{ab}	0.18±0.01 ^a	0.18±0.00 ^{ab}	0.17±0.00 ^{ab}
尾鳍面积/鱼体侧面积	0.24±0.01 ^a	0.24±0.01 ^a	0.23±0.01 ^a	0.25±0.01 ^a	0.24±0.01 ^a
背鳍面积/鱼体侧面积	0.15±0.01 ^{ab}	0.15±0.01 ^b	0.18±0.02 ^a	0.17±0.00 ^{ab}	0.18±0.01 ^{ab}
臀鳍面积/鱼体侧面积	0.06±0.00 ^b	0.06±0.00 ^{ab}	0.07±0.00 ^a	0.06±0.00 ^a	0.07±0.00 ^a
尾柄侧面积/鱼体侧面积	0.10±0.01 ^b	0.11±0.01 ^{ab}	0.11±0.00 ^a	0.11±0.00 ^a	0.11±0.00 ^a

注:上标字母不同的同一行数数值差异显著($p < 0.05$)。

3 讨论

为了提高生存适合度,鱼类通常采用各种生理、生态、行为和形态适应策略应对多变的环境^[6,13,16-17]。饥饿通常会对鱼类的生长和身体组成产生显著影响^[4,9-10,18]。由于整个鱼体能量物质的不均匀分布,因此饥饿期间鱼体各部分体型特征的变化可能存在差异。本研究发现(表 1),饥饿期间鲤幼鱼的头高、尾柄长、体长等参数变化并不明显,而体高变化最为明显。这可能是由于躯干是鱼体能量物质储存的主要部分,饥饿期间大量自身能量物质的消耗而导致体高明显下降。此外,本研究还发现,7 d 的饥饿处理并没有对鲤幼鱼的体型特征产生显著影响,但 14 d 及以上的饥饿处理导致鲤幼鱼体高、体高/体长和尾柄面积/鱼体侧面积等体型参数显著变化($p < 0.05$)。由此表明,鲤幼鱼体型特征变化与饥饿程度密切相关。

具有流线形体型的鱼类在游泳过程中遇到的水体阻力较小,能耗效率较高,这将有利于自身游泳速度的提高。随着饥饿时间的延长,鱼体通常表现出体质量的急剧下降,而体长变化往往不显著^[1,19]。但对中华倒刺鲃(*Spinibarbus sinensis*)仔鱼的研究发现,随着饥饿时间的延长,仔鱼体长和体高均显著下降^[11]。本研究发现,饥饿并没有对鲤幼鱼的体长产生显著影响,但导致幼鱼体高明显降低,进而导致体高/体长明显下降(表1)。由此表明,一定时间的饥饿后鲤幼鱼体型变得更加“细长”,更加倾向于“流线型”,这种体型的变化可能有利于降低鱼类游泳过程中能量消耗^[5,20]。此外,由于鱼类游泳过程中的动力主要来源于鱼鳍和尾部摆动,因此鱼鳍形态大小和尾柄面积也是影响鱼类游泳能力和能耗效率的主要形态因素^[3]。有研究发现,适当流速下的游泳训练能够显著提高鲤和中华倒刺鲃幼鱼的尾柄和尾鳍侧面积,研究者认为这能够为鱼体提供更多的动力,可能有利于提高游泳速度和能耗效率^[5,15]。本研究发现,随着饥饿时间的延长,鲤幼鱼的臀鳍/鱼体侧面积和尾柄侧面积/鱼体侧面积比例明显增加。由此表明,饥饿导致鲤幼鱼臀鳍面积和尾柄侧面积相对增大,这种饥饿期间的形态适应策略可能更有利于维持身体的平衡以及为游泳运动提供更多动力,进而提高生存适合度。

参考文献:

- [1] 宋昭彬,何学福. 鱼类饥饿研究现状[J]. 动物学杂志,1998,33(1):48-52.
Song Z B, He X F. Research status of hungry fish[J]. Chinese Journal of Zoology, 1998, 33(1): 48-52.
- [2] Hanson K C, Hasler C T, Suski C D, et al. Morphological correlates of swimming activity in wild largemouth bass (*Micropterus salmoides*) in their natural environment[J]. Comparative Biochemistry and Physiology, 2007, 148(4): 913-920.
- [3] Rouleau S, Glémet H, Magnan P. Effects of morphology on swimming performance in wild and laboratory crosses brook trout ecotypes[J]. Functional Ecology, 2010, 24(2): 310-321.
- [4] 汤洪芬,曹振东,付世建. 饥饿过程鲇鱼幼鱼静止代谢、身体组成及与力竭性运动后过量耗氧的关系[J]. 水生生物学报, 2010, 34(1): 190-194.
Tang H F, Cao Z D, Fu S J. The relationship among resting metabolic rate, body composition and excess post-exercise oxygen consumption during fasting in *Silurus asotus* [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2010, 34(1): 190-194.
- [5] 闫冠杰,曹振东,彭姜岚,等. 运动锻炼对鲤鱼幼鱼形态参数的影响[J]. 重庆师范大学学报:自然科学版, 2011, 28(3): 18-21.
Yan G J, Cao Z D, Peng J L, et al. The effects of exercise training on the morphological parameter of juvenile common carp[J]. Journal of Chongqing Normal University: Natural Science, 2011, 28(3): 18-21.
- [6] Nadav B. Physiological and hormonal changes during prolonged starvation in fish[J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 2014, 71(10): 1447-1458.
- [7] 崔奕波,王少梅,陈少莲. 饥饿状态下草鱼的代谢率和氮排泄率及其与体重的关系[J]. 水生生物学报, 1993, 17(4): 375-376.
Cui Y B, Wang S M, Chen S L. Rates of metabolism and nitrogen excretion in starving grass carp in relation to body weight [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 1993, 17(4): 375-376.
- [8] Fu S J, Xie X J, Cao Z D. Effect of fasting and repeat feeding on metabolic rate in southern catfish; *Silurus meridionalis* Chen [J]. Marine and Freshwater Behaviour and Physiology, 2005, 38(3): 191-198.
- [9] 乔秋实,徐维娜,朱浩,等. 饥饿再投喂对团头鲂生长、体组成及肠道消化酶的影响[J]. 淡水渔业, 2011, 41(2): 63-68.
Qiao Q S, Xu W N, Zhu H, et al. Effects of starvation-and-refeeding on the growth, body composition and intestinal digestive enzyme of *Megalobrama amblycephala* Yih [J]. Freshwater Fisheries, 2011, 41(2): 63-68.
- [10] 罗波,冯健,蒋步国,等. 饥饿对太平洋鲑生长、机体组成及血浆相关生化指标变化研究[J]. 水生生物学报, 2010, 34(3): 541-548.
Luo B, Feng J, Jiang B G, et al. The effects of starvation on growth proximate composition and biochemical index of plasma of pacific salmon (*Oncorhynchus* spp.) [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2010, 34(3): 541-548.
- [11] 黄洪贵,胡振禧,黄种持,等. 饥饿对中华倒刺鲤仔鱼摄食、存活与生长发育的影响[J]. 江西农业大学学报, 2010, 32(2): 231-235.
Huang H G, Hu Z X, Huang Z C, et al. The Effects of starvation on feeding, survival, growth and development of *Spinibarbus sinensis* larvae [J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2010, 32(2): 231-235.
- [12] 曹明华. 鲤鱼的生物学特性及养殖方法[J]. 养殖技术顾问, 2013(4): 224-224.
Cao M H. Carp biological characteristics and farming methods [J]. Technical Advisor for Animal Husbandry, 2013(4): 224-224.
- [13] Pang X, Cao Z D, Fu S J. The effects of temperature on metabolic interaction between digestion and locomotion in juveniles of three cyprinid fish (*Carassius auratus*, *Cyprinus carpio* and *Spinibarbus sinensis*) [J]. Comparative Bi-

- ochemistry and Physiology, 2011, 159(3): 253-260.
- [14] 付成, 曹振东, 付世建. 温度和饥饿对鲤鱼幼鱼静止代谢率及自发运动的影响[J]. 动物学杂志, 2012, 47(2): 85-90.
Fu C, Cao Z D, Fu S J. The influence of temperature and starvation on resting metabolic rate and spontaneous activity in juvenile *Cyprinus carpio* [J]. Chinese Journal of Zoology, 2012, 47(2): 85-90.
- [15] 李秀明, 王川, 于丽娟, 等. 有氧运动训练对中华倒刺鲃幼鱼形态特征的影响[J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2013, 35(7): 21-26.
Li X M, Wang C, Yu L J, et al. The effects of aerobic exercise training on the morphological characteristics of juvenile *Spinibarbus sinensis* [J]. Journal of Southwest University: Natural Science Edition, 2013, 35(7): 21-26.
- [16] Webb P W. Body form, locomotion and foraging in aquatic vertebrates [J]. American Zoologist, 1984, 24(1): 107-120.
- [17] Pakkasmaa S, Piironen J. Water velocity shapes juvenile salmonids [J]. Evolutionary Ecology, 2000, 14 (8): 721-730.
- [18] 李强, 李孟均, 周传江, 等. 饥饿对白甲鱼 (*Onychostoma sima*) 仔鱼摄食、生长的影响 [J]. 淡水渔业, 2009, 39(5): 32-37.
Li Q, Li M J, Zhou C J, et al. Effects of starvation on feeding and growth of the larvae of *Onychostoma sima* [J]. Freshwater Fisheries, 2009, 39(5): 32-37.
- [19] 姚峰, 甄恕其, 杨严鸥. 循环饥饿后异育银鲫幼鱼的补偿生长及部分生理生化指标的变化 [J]. 淡水渔业, 2010, 40(4): 39-43.
Yao F, Zeng S Q, Yang Y O. Compensatory growth and some physiological and biochemical indices after experiencing cycles of feed deprivation and re-feeding in young fish of gibel carp, *Carassius auratus gibelio* [J]. Freshwater Fisheries, 2010, 40(4): 39-43.
- [20] 王芳, 曹振东, 付世建, 等. 中华倒刺鲃幼鱼的快速启动与逃逸行为 [J]. 生态学杂志, 2010, 29(11): 2181-2186.
Wang F, Cao Z D, Fu S J, et al. Fast-start and escape performance of juvenile *Spinibarbus sinensis* [J]. Chinese Journal of Ecology, 2010, 29(11): 2181-2186.

Animal Sciences

Effects of Starvation on the Body Shape Features of Juvenile *Cyprinus carpio*

LI Xiuming^{1,2}, WEI Yanyang¹, FU Shijian², ZHANG Yaoguang¹

(1. Key Laboratory of Freshwater Fish Reproduction and Development (Ministry of Education), Southwest University, Chongqing 400715; 2. Chongqing Key Laboratory of Animal Biology, Laboratory of Evolutionary Physiology and Behavior, Chongqing Normal University, Chongqing 401331, China)

Abstract: To investigate the effects of starvation on the body shape features of juvenile *Cyprinus carpio*, the 50 experimental fish (body mass: (21.50 ± 0.41) g, body length: (9.42 ± 0.08) cm) were randomly divided into control group and four starvation groups (starved 0, 7, 14, 28, and 56 days, respectively) at 25 °C. Then, the morphological images and related parameters of the juvenile *C. carpio* after different periods of fasting were measured and calculated. There were no differences in the all body shape parameters of *C. carpio* between the 7 days starvation group and control group. The fish in 14 days starvation group displayed significant decreased in body depth (BD) and its ratio to body length (BL) ($p < 0.05$), whereas it displayed significant increase in the ratios of head depth (HD) to BD, the ratio of second caudal peduncle (CPL₂) to BL, the ratio of area of anal (A_a) to the side area of body (A_b), the ration of side area of caudal peduncle (A_{cp}) to the A_b compared with the fish of control group ($p < 0.05$). The fish in 28 days starvation group displayed significantly lower BD and BD/BL ratio but significantly higher ratio of head length (HL) to BL, A_a/A_b ratio and A_{cp}/A_b ratio compared with the fish of control group ($p < 0.05$). The fish in 56 days starvation group displayed significantly lower BD, BD/BL ratio and A_b but significantly higher HL, HL/BL ratio, HD/BD ratio, A_a/A_b ration and A_{cp}/A_b ratio compared with the fish of control group ($p < 0.05$). These results suggested that: 1) the body shape features of juvenile *C. carpio* were impacted by the starvation which intensified with the prolong of starvation; 2) starvation resulted in a significant increase in relative A_a and A_{cp} and hence a more "slender" body shape, which may be beneficial to energy saving during swimming.

Key words: starvation; body figure features; morphology; *Cyprinus carpio*

(责任编辑 方 兴)