

限食和再恢复投喂对鲮鱼生化组成的影响

殷帅文^{1,2,3} 林学群² 陈洁辉²

(1. 中国科学院海洋研究所, 青岛 266071; 2. 汕头大学海洋生物实验室, 汕头 515063;

3. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要: 在水温 19℃—24℃ 条件下对鲮鱼(初始体重: 88.86±5.92g)进行了不同时间的限食处理后再充分投喂的恢复生长实验。结果表明: 限食状态下, 肝脏糖原, 肝脏脂肪和肌肉(白肌)糖原含量均显著降低; 肝脏和肌肉水含量显著升高; 而肌肉脂肪, 肝脏蛋白和肌肉蛋白变化都不显著; 血糖, 血脂和血浆蛋白含量都显著降低。再充分投喂后, 各生化成分均恢复到对照组水平, 表明鲮鱼在恢复生长过程中产生了显著的补偿效应。

关键词: 鲮鱼; 限食; 生化组成; 补偿生长

中图分类号: S917 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2004)03-0253-07

周期性缺食或营养匮乏是野生鱼类普遍存在的现象。因缺食或营养匮乏的鱼类在食物恢复正常后表现出来的快速生长, 称为鱼类补偿生长(Compensatory growth, Catch up growth)^[1]。在一些禽兽类中, 补偿生长规律已被利用并获得一定的经济效益^[2]。在鱼类养殖中, 补偿生长现象亦有重要的应用意义, 可以控制生长速度及投放市场时鱼体组织的营养成分^[3], 对于提高饲料转化率, 控制因投饵不当引起水质污染的问题也有一定的作用。

鲮鱼(*Cirrhinus chinensis* Günther)是我国华南地区重要的淡水经济鱼类, 价廉物美, 市场需求不断, 是目前鱼类加工附加值较高的种类之一。有关其补偿生长的研究一直未见报道。本文考察了其限食以及再充分投喂过程中的生化组成变化, 以期对鲮鱼的养殖具有更好的参考价值。

1 材料和方法

1.1 实验用鱼及驯化 鲮鱼购自广东省南澳县深澳镇水产养殖场, 体重 88.86±5.92g, 体长 15.51±0.52cm, 实验前先饲养于汕头大学南澳海洋生物实验站的室外水泥池内一个月, 投喂饲料为广东饶平县宝华饲料厂生产的配合饲料。实验时将实验鱼随机分成3组, 每组60尾鱼, 分别置于3个室内水泥

池, 每个水泥池约 1m³, 水源为充分曝气的井水, 每天换水 2/3, 并持续充气, 如此驯化两个星期, 待实验鱼摄食和生长正常后, 随机选取所需样本作实验。

对照组(饱食组)自始至终每天投喂一次达饱食(投喂量以该鱼驯化期最大摄食量作为参照), 观察直至饵料不再减少为止。半饱组在限食期每天投喂量为饱食组的一半, 饥饿组则不投食物, 重喂期每天均投喂一次达饱食, 实验从2001年12月1日到2002年3月1日进行, 实验期间水温 19℃—24℃, 自然光照。

取样分别在限食期的0, 1, 2, 4周和重喂期的2, 4, 8周进行, 每次每组各取6尾鱼。

1.2 样品制备及测定 将鱼麻醉(MS222, 1:1000)后, 尾静脉抽血(抽血时间尽量短且每组接近同一时间), 肝素钠抗凝, 4000r/min 10min, 取上清液, 保存于-20℃, 将鱼体解剖, 取出肝脏和肌肉, 液氮速冻, 保存于-20℃, 以备测定。

水含量测定采用 100℃常压干燥法, 糖原测定采用蒽酮比色法, 脂肪采用酸性乙醚抽提法测定, 蛋白采用微量凯氏定氮法测定, 血浆蛋白、血糖和血脂的测定分别采用考马斯亮蓝 G250 染色法、邻甲苯胺法和磷钼铁法。所用生化方法主要采用汕头大学生物系主编的生物化学实验教程, 稍加修改。测定样本数均为6。

收稿日期: 2003-09-09; 修订日期: 2003-11-29

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30070592); 广东省自然科学基金资助项目(990784)

作者简介: 殷帅文(1978—), 男, 湖南长沙人, 博士在读

通讯作者: 林学群, E-mail: sh_w_yin@sohu.com

1.3 数据处理 每组数据均用平均值±标准误 (mean±SE) 表示,用 Duncan 多重比较检验各组差异 (单因子方差分析结果显著时)。

2 结果

2.1 限食以及再充分投喂对鲢鱼糖原代谢的影响

图1表示限食以及再充分投喂对鲢鱼糖原含量的影响。限食使鲢鱼肝脏和肌肉糖原降低,限食一周,饥饿组和半饱组的肝糖原均显著低于饱食组 [$5.28 \pm 0.44(\%)$, $7.22 \pm 0.50(\%)$ 比 9.64 ± 0.55

(%)],限食到第二周,肝糖原趋于稳定,半饱组甚至回升至与饱食组无显著差异,限食第四周,饥饿组肝糖原进一步下降,而半饱组与饱食组仍无显著差异 [$2.95 \pm 0.47(\%)$, $7.48 \pm 0.42(\%)$ 比 $8.43 \pm 0.54(\%)$]。肌糖原下降较慢,限食第二、四周,饥饿组与饱食组有显著差异 [$0.32 \pm 0.04(\%)$ 比 $0.61 \pm 0.03(\%)$, $0.26 \pm 0.05(\%)$ 比 $0.63 \pm 0.07(\%)$],而半饱组虽也下降,但比较稳定,始终与饱食组无显著差异。重喂后,肝糖原和肌糖原均迅速回升,在重喂的第二周,饥饿组和半饱组均与饱食组无显著差异。

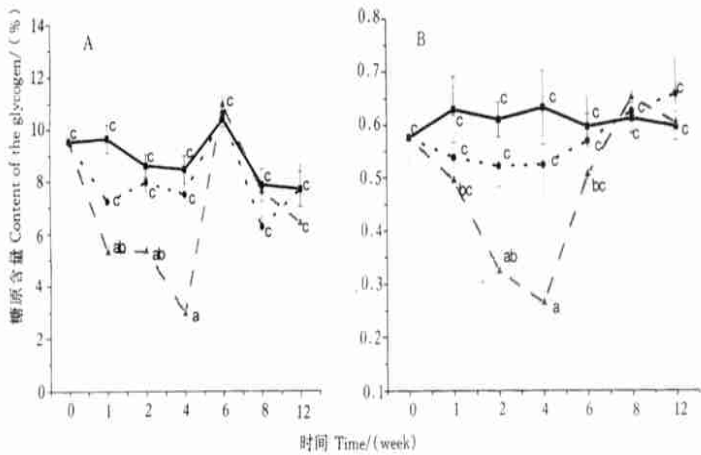


图1 限食以及再充分投喂鲢鱼肝脏(A)和肌肉(B)糖原含量的变化

Fig.1 The change of glycogen content of liver (A) and white muscle(B) in mud carp in the period of feed deprivation or ration restriction and refeeding
图中各点数据标示有一个字母相同的表示差异不显著($P>0.05$)(Figures with one of the same letter indicate no significantly different)($P>0.05$)

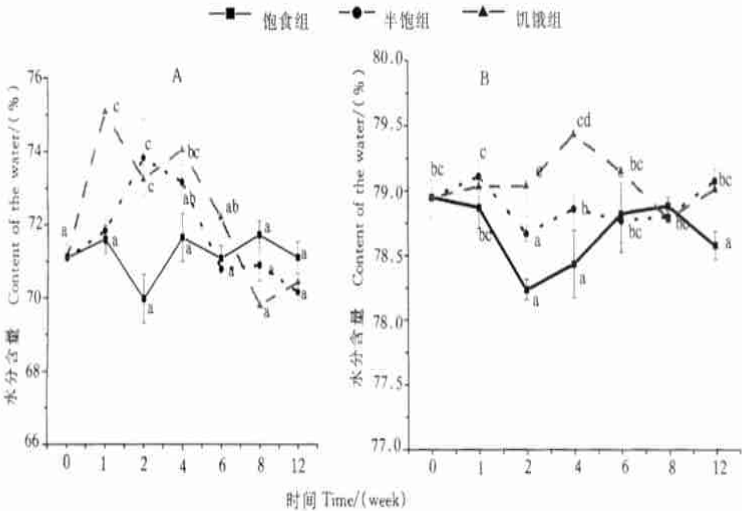


图2 限食以及再充分投喂鲢鱼肝脏(A)和肌肉(B)水分含量的变化

Fig.2 The change of water content of liver(A) and white muscle (B) in mud carp in the period of feed deprivation or ration restriction and refeeding
图中各点数据标示有一个字母相同的表示差异不显著($P>0.05$)(Figures with one of the same letter indicate no significantly different)($P>0.05$)

2.2 限食以及再充分投喂对鲢鱼水分含量的影响

图2表示限食以及再充分投喂对鲢鱼水分含量

的影响。限食使鲢鱼肝脏和肌肉水分含量上升,限食一、二、四周,饥饿组肝脏水含量与饱食组有显著差异

[75.06 ± 0.41(%) 比 71.59 ± 0.38(%) , 73.24 ± 0.38(%) 比 69.96 ± 0.67(%) , 74.03 ± 0.59(%) 比 71.63 ± 0.65(%)] , 半饱组在限食第二周与饱食组有显著差异 [73.82 ± 1.04(%) 比 69.96 ± 0.67(%)] , 重喂两周后, 饥饿组和半饱组均恢复至与饱食组无显著差异。肌肉含水量在限食第二、四周后, 饥饿组与饱食组有显著差异 [79.03 ± 0.24(%) 比 78.23 ± 0.08(%) , 79.43 ± 0.15(%) 比 78.43 ± 0.26(%)] , 而半饱组限食至第四周与饱食组仍无显著差异。重喂后, 肌肉水分含量下降, 在重喂第二周, 饥饿组和半饱组与饱食组均无显著差异。

2.3 限食以及再充分投喂对鲢鱼脂肪含量的影响

图3表示限食以及再充分投喂对鲢鱼脂肪含量的影响。限食使鲢鱼肝脏和肌肉脂肪含量下降, 限食至第四周, 饥饿组肝脂肪含量显著低于饱食组 [2.57 ± 0.38(%) 比 3.96 ± 0.29(%)] , 而半饱组与饱食组差异不显著, 重喂第二、四周, 饥饿组和半饱组肝脏脂肪持续上升并超过饱食组, 但差异不显著。在限食和重喂过程中, 肌肉脂肪虽然也有升降, 但与饱食组差异均不显著。

2.4 限食以及再充分投喂对鲢鱼蛋白含量的影响

表1显示限食以及再充分投喂对鲢鱼蛋白含量

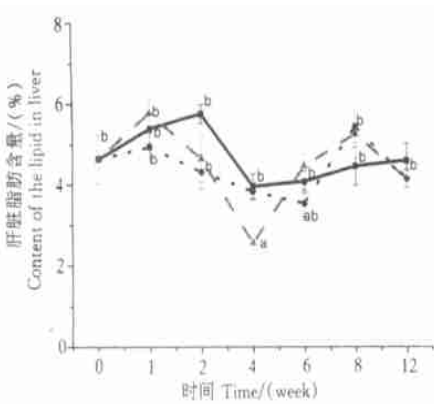


图3 限食以及再充分投喂鲢鱼肝脏脂肪含量的变化
Fig.3 The change of lipid content of liver in mud carp in the period of feed deprivation or ration restriction and refeeding
图中各点数据标示有一个字母相同的表示差异不显著 ($P > 0.05$)
(Figures with one of the same letter indicate no significantly different) ($P > 0.05$)

的影响。鲢鱼在限食过程中, 肝脏蛋白质有所上升, 至第四周半饱组和饥饿组分别为 $12.8 \pm 0.42(%)$ 和 $13.72 \pm 0.48(%)$, 比饱食组 $11.99 \pm 0.28(%)$ 高, 但并没有统计学差异。重喂后, 肝脏蛋白质逐渐降低并恢复至饱食组水平。肌肉蛋白质在限食期有所下降, 但同样与饱食组无显著差异。

表1 限食以及再充分投喂对鲢鱼肝脏和肌肉蛋白含量的变化

	限食时间(周)				重喂时间(周)		
	0	1	2	4	6	8	12
肝蛋白(%)							
饱食组	12.52 ± 0.64	12.96 ± 0.63	12.28 ± 0.24	11.99 ± 0.28	11.99 ± 0.30	12.43 ± 0.37	11.85 ± 0.32
半饱组	12.52 ± 0.64	12.60 ± 0.27	12.90 ± 0.15	12.80 ± 0.42	12.44 ± 0.34	12.10 ± 0.46	12.21 ± 0.47
饥饿组	12.52 ± 0.64	12.74 ± 0.54	12.14 ± 0.15	13.72 ± 0.48	11.55 ± 0.39	11.78 ± 0.43	12.47 ± 0.39
肌蛋白(%)							
饱食组	18.11 ± 0.45	18.44 ± 0.34	18.71 ± 0.48	18.83 ± 0.17	18.83 ± 0.27	17.98 ± 0.21	18.60 ± 0.29
半饱组	18.11 ± 0.45	17.99 ± 0.20	17.65 ± 0.39	18.82 ± 0.49	18.53 ± 0.22	17.66 ± 0.19	17.71 ± 0.35
饥饿组	18.11 ± 0.45	18.17 ± 0.46	18.19 ± 0.21	17.86 ± 0.26	18.00 ± 0.43	18.15 ± 0.32	18.08 ± 0.26

2.5 限食以及再充分投喂对鲢鱼血糖含量的影响

表2显示限食以及再充分投喂对鲢鱼血糖含量的影响。限食使鲢鱼血糖含量降低, 限食一周, 饥饿组血糖下降极其显著 [0.68 ± 0.07(mg/mL) 比 1.51 ± 0.14(mg/mL)] , 限食第二、四周, 血糖含量稳定在一个水平不再下降, 分别为 0.69 ± 0.04(mg/mL) 和 0.70 ± 0.04(mg/mL) , 限食第二、四周, 半饱组亦稳定在一个

水平, 与饱食组差异显著 [0.82 ± 0.06(mg/mL) 比 1.87 ± 0.10(mg/mL) , 0.82 ± 0.06(mg/mL) 比 1.54 ± 0.10(mg/mL)] 。重喂二周后, 饥饿组和半饱组均很快恢复至与饱食组无显著差异。

2.6 限食以及再充分投喂对鲢鱼血脂含量的影响

表3显示限食以及再充分投喂对鲢鱼血脂含量的影响。限食时血脂含量降低, 限食一、二、四周, 饥

饿组血脂分别降为 3.02 ± 0.16 (mg/mL), 2.7 ± 0.18 (mg/mL) 和 3.1 ± 0.25 (mg/mL), 与饱食组 4.24 ± 0.13 (mg/mL), 3.98 ± 0.12 (mg/mL) 和 4.72 ± 0.06 (ng/mL) 差异显著, 半饱组在限食过程中, 血脂亦下降明显, 限

食第二、四周与饱食组差异显著[3.01 ± 0.18 (mg/mL) 比 3.98 ± 0.12 (mg/mL), 3.61 ± 0.24 (mg/mL) 比 4.72 ± 0.06 (ng/mL)]。重喂后, 血脂逐渐恢复, 至重喂第二周, 饥饿组和半饱组均与饱食组无显著差异。

表 2 限食以及再充分投喂鲢鱼血糖含量的变化

Tab.2 The changes of blood glucose in mud carp in the period of feed deprivation or ration restriction and refeeding

	限食时间(周)				重喂时间(周)		
	0	1	2	4	6	8	12
饱食组	1.65 ± 0.17^d	1.51 ± 0.14^c	1.87 ± 0.10^d	1.54 ± 0.10^d	1.28 ± 0.04^c	1.30 ± 0.07^c	1.47 ± 0.05^d
半饱组	1.65 ± 0.17^d	1.45 ± 0.11^c	0.82 ± 0.06^a	0.82 ± 0.06^a	1.23 ± 0.07^{bc}	0.99 ± 0.07^{bc}	1.07 ± 0.03^{bc}
饥饿组	1.65 ± 0.17^d	0.68 ± 0.07^a	0.69 ± 0.04^a	0.70 ± 0.04^a	1.11 ± 0.02^c	1.18 ± 0.10^{bc}	1.58 ± 0.27^{cd}

注: 表中各组数据标示有一个字母相同的表示差异不显著(P> 0.05), Figures with same letter indicate no significantly different(P> 0.05). 表 3、4 注同.

表 3 限食以及再充分投喂鲢鱼血脂含量的变化

Tab.3 The changes of plasma lipid in mud carp in the period of feed deprivation or ration restriction and refeeding

	限食时间(周)				重喂时间(周)		
	0	1	2	4	6	8	12
饱食组	3.62 ± 0.26^c	4.24 ± 0.13^c	3.98 ± 0.12^c	4.72 ± 0.06^{cd}	4.45 ± 0.11^c	4.61 ± 0.48^c	4.50 ± 0.13^c
半饱组	3.62 ± 0.26^c	3.46 ± 0.31^{bc}	3.01 ± 0.18^{ab}	3.61 ± 0.24^{ab}	4.37 ± 0.15^c	4.54 ± 0.29^c	4.30 ± 0.52^c
饥饿组	3.62 ± 0.26^c	3.02 ± 0.116^{ab}	2.70 ± 0.0118^a	3.10 ± 0.0125^a	3.178 ± 0.0118^{bc}	4.26 ± 0.0122^c	3.148 ± 0.0119^{bc}

217 限食以及再充分投喂对鲢鱼血浆蛋白含量的影响

表 4 表示限食以及再充分投喂对鲢鱼血浆蛋白含量的影响。限食后, 鲢鱼血浆蛋白下降迅速, 限食第二、四周, 饥饿组血浆蛋白含量显著低于饱食组

[18193 ± 0140 (mg/mL)] 比 22167 ± 0113 (mg/mL), 17144 ± 0182 (mg/mL) 比 2116 ± 0159 (mg/mL)], 而半饱组虽有所下降, 但与饱食组没有统计学差异。重喂后, 血浆蛋白迅速恢复, 重喂后第二周, 已与饱食组无显著差异。

表 4 限食以及再充分投喂鲢鱼血浆蛋白含量的变化

Tabl.4 The changes of plasma protein in mud carp in the period of feed deprivation or ration restriction and refeeding

	限食时间(周)				重喂时间(周)		
	0	1	2	4	6	8	12
饱食组	21176 ± 0188^c	21131 ± 0180^{bc}	22167 ± 0113^c	21160 ± 0159^c	21151 ± 0151^c	22157 ± 0180^c	23130 ± 0131^c
半饱组	21176 ± 0188^c	20148 ± 0182^{bc}	21100 ± 0156^c	21143 ± 0152^c	21189 ± 0167^c	21194 ± 0166^c	20196 ± 0177^{bc}
饥饿组	21176 ± 0188^c	18187 ± 0184^{ab}	18193 ± 0140^a	17144 ± 0182^a	20129 ± 0141^c	22163 ± 0150^c	21178 ± 0173^c

218 限食以及再充分投喂对鲢鱼体重的影响

表 5 表示限食以及再充分投喂对鲢鱼体重的影响。限食后鲢鱼体重连续下降, 至第四周, 饥饿组和

半饱组分别为 76125 ± 4179 (g) 和 89122 ± 2140 (g), 比饱食组 94112 ± 5114 (g) 低, 但却无显著差异。重喂四周后, 鲢鱼体重不断上升, 与饱食组相差无几。

表 5 限食以及再充分投喂对鲢鱼体重的变化
Tab15 The changes of body weight in mud carp in the period of feed deprivation or ration restriction and refeeding

	限食时间(周)				重喂时间(周)		
	0	1	2	4	6	8	12
饱食组	86160? 4198	91113? 2142	90142? 6111	94112? 5114	88178? 5111	97102? 6113	114170? 8115
半饱组	86160? 4198	84128? 4195	86192? 3142	89122? 2140	86122? 6168	101108? 3117	110150? 5195
饥饿组	86160? 4198	88122? 6127	77190? 2168	76125? 4179	79136? 6171	95160? 4127	114134? 5182

219 限食以及再充分投喂期间鲢鱼各生理参数的相关系数

类中, 血糖、肝糖原和肌糖原都两两表现出显著的正相关。另外, 与肝水分显著相关的除了肌水分外均为负相关。

从表 6 可以看出, 各营养物质中, 肝水分和肝糖原、肝脂肪和肌糖原等都表现出显著的负相关。糖

表 6 鲢鱼生理参数相关系数(n= 100, r_{0.05}= 0.195)
Tab16 The coefficient of physiological parameters in mud carp

	体长	体重	肝水分	肌水分	肝脂肪	肌脂肪	血脂	肝糖原	肌糖原	血糖	肝蛋白	肌蛋白	血蛋白
体长	11 000	01881*	- 01135	- 01134	01038	01036	01245*	- 01007	01348*	01140	- 01108	0.088	0.195*
体重		1.000	- 0.245*	- 0.172	0.120	0.010	0.298*	0.006	0.372*	0.228*	- 0.118	0.085	0.204*
肝水分			1.000	0.336*	- 0.261*	0.022	- 0.519*	- 0.333*	- 0.322*	- 0.446*	- 0.017	- 0.020	- 0.429*
肌水分				1.000	- 0.136	0.112	- 0.290*	- 0.218*	- 0.253*	- 01250*	01232*	- 01266*	- 01310*
肝脂肪					11000	- 0.079	0.032	- 0.009	0.137	0.095	- 0.021	0.061	0.020
肌脂肪						1.000	- 0.001	- 0.278*	0.009	- 0.183	0.083	0.068	- 0.037
血脂							1.000	0.372*	0.285*	0.334*	- 0.140	0.056	0.543*
肝糖原								1.000	0.373*	0.342*	- 0.168	0.155	0.385*
肌糖原									1.000	0.285*	- 0.201*	0.153	0.394*
血糖										1.000	- 0.113	0.178	0.377*
肝蛋白											1.000	0.082	- 0.170
肌蛋白												11000	01162
血蛋白													1.000

注: 表中各组数据有* 标示的表示有显著相关 Figures with upper script* indicate significant correlation

3 讨论

Wilson 和 Osbourn^[4] 依据限食阶段动物体重的变化将限食水平分为三类, 一是限食使动物失重; 二是限食使动物的体重保持不变; 三是限食使动物的体重略有增加。已有的文献资料中相对较少涉及不同限食水平下鱼类的补偿生长。国内的研究涉及不同限食水平的报道仅见王岩^[5] 对罗非鱼的研究。为此, 本研究中设立半饱组这一限食水平, 同时, 考虑到鱼类补偿生长现象, 受鱼体大小, 环境因子(温度、光照等), 营养物质性质, 性成熟程度, 限食强度以及恢复生长时间等因子的影响。在尽可能接近养殖条件下进行, 以期对鲢鱼的养殖具有更好的参考价值。

在限食中, 不同鱼种各营养成分被动用的先后次序及比例不同, 甚至饥饿的不同时期能源动用的成分也不一样。在限食和再充分投喂过程中, 鲢鱼

血液生化指标变化明显, 血糖、血脂在限食第一周, 血蛋白在限食第二周, 限食组即显著低于饱食组, 而在再充分投喂两周后, 三项指标均恢复到与饱食组没有显著差异。这表明鲢鱼在动用体内能源物质时, 血液生化指标能很好的反映鱼体营养状况的好坏。在肝脏和肌肉中, 像白斑狗鱼^[6]、虹鳟和尼罗罗非鱼^[7] 乏食时一般先消耗脂肪和糖原。非洲鲷^[8]、大西洋鲱^[9] 和欧洲鳗鲡^[10] 在长期饥饿中, 其蛋白质也紧随着脂肪后分解。在鲑鳟鱼类, 也有报道在饥饿早期蛋白质作为主要能源被动用(3d 至 2 星期), 而后直至 1 个月, 蛋白分解速率稍微大于充分喂食组, 此期间, 脂肪逐渐取代蛋白质成为能量的主要来源^[11]。即便同样是鳗鲡属鱼类, 日本鳗鲡在饥饿时消耗肝糖原和肝脂肪, 欧洲鳗鲡同时也动用肌肉脂肪, 而美洲鳗鲡却保留糖原^[12]。本实验结果显示, 鲢鱼在饥饿的第一、二周, 肝糖原和肌糖原迅速下

降,与饱食组有显著差异,而肝脂肪直到饥饿的第四周才有显著差异,肌脂肪、肝蛋白和肌蛋白则都与饱食组无显著差异,重喂后,肝糖原、肌肉糖原和肝脂肪均很快恢复到饱食组水平。这表明鲢鱼能很好的利用糖原作为能源物质,其次为脂肪,而蛋白含量变化不明显。从结果中也可以看出鲢鱼动用肌肉生化成分和动用肝脏生化成分相比有一定的滞后性,鲢鱼动用体内贮存物质的顺序是糖原)脂肪)蛋白质,位置是先血液、肝脏,然后是肌肉。

沈文英^[13]在草鱼的研究中发现,饥饿状态下脂类被用作能源物质,缺失部分被水分所取代。鲢鱼肝糖原和肝水分之间,肌糖原和肌水分之间,都存在显著的负相关,同时肝糖原和肌糖原与血糖之间也都存在着显著的正相关。而在脂类,只有肝脂肪和肝水分之间才存在显著的负相关性,而在肌脂肪和肌水分之间,以及脂肪和血脂之间并不存在有显著的相关性,这更进一步说明在限食状态下,鲢鱼是以糖原作为主要的能源物质,脂肪次之,缺失部分由水分取代。

在糖类的研究中,限食一周,肝糖原下降显著,但在限食第二周,饥饿组并没有进一步下降,直到限食第四周,饥饿组糖原含量才进一步下降,而半饱组在限食的第二周反而有所回升,与饱食组无显著差异,肌糖原亦有此类似现象,血糖则更明显。这或许说明一定的血糖浓度是维持动物生存的必需条件。为此,动物通过体内糖异生途径合成一定的糖原,来维持体内血糖浓度不至于降得太低,以延续其基本代谢。

由于限食强度的不一样,半饱组与饥饿组相比有一定的差异。一是在动用体内能源物质时,时间上表现出一定的滞后性,同时,数量上有一定的减少。另外,在同一试验水平不同个体生长情况变异很大。这可能是在饲料不足时,鲢鱼个体间产生食物竞争现象,这样,一部分个体可能能够摄食到足够的食物从而处于饱食状态,而另一部分个体则可能只能处于饥饿状态。而在竞争中处于下风的个体,一旦有充足的饲料时,其补偿生长将更明显,因此在同一试验水平的不同个体生长情况变异很大。

谢小军等^[14]从补偿量(体重)的角度将鱼类的补偿生长分为超补偿生长,完全补偿生长,部分(有限)补偿生长和不能补偿生长四类。本实验中,鲢鱼体重在重新投喂后完全追上饱食组,而肝脏、肌肉、血液生化指标和肝细胞超微结构也均完全恢复到饱食组水平,显示鲢鱼的补偿生长为完全补偿生长,这种补偿

生长现象或许在鲢鱼的养殖中有很好的应用前景。

参考文献:

- [1] Miglavs I, Jobling M. Effects of feeding regime on food consumption, growth rates and tissue nucleic acids in juvenile Arctic charr, *Salvelinus alpinus*, with particular respect to compensatory growth[J]. *J. Fish Biol.* 1989, **34**: 947) 957
- [2] Deng L, Zhang B, Xie X J. The recovery growth in the southern catfish (*Silurus meridionalis*) following starvation[J]. *Acta Hydrobiol Sin*, 1999, **23**(2): 167) 172 [邓利,张波,谢小军. 南方鲶继饥饿后的恢复生长. 水生生物学报. 1999, **23**(2):167) 173]
- [3] Jobling M, Meloy O H, Santos J D. the compensatory growth response of the Atlantic cod: effects of nutritional history[J]. *Aquaculture International*. 1994, **2** 75) 90
- [4] Wilson P N, Olsson D F. Compensatory growth after undernutrition in mammals and birds[J]. *Biol Rev.* 1960, **35**: 324) 363
- [5] Wang y. Bioenergetics of hybrid tilapia(*Oreochromis niloticus* @ *O. aureus*) reared in seawater, in relation to compensatory growth[J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2001, **32**(3): 233) 239 [王岩. 海水养殖罗非鱼补偿生长的生物能量学机制. 海洋与湖沼. 2001, **32**(3): 233) 239]
- [6] Ince B W, Thorpe A. The effects of starvation and refeeding on the metabolism of the northern pike[J]. *Esoc lucius L. J. Fish Biol* *ol.* 1976, **8**: 79) 88
- [7] Satoh S, Takeuchi H, Watanabe T. Effect of starvation and environmental temperature on proximate and fatty acid composition of *Tilapia nilotica*[J]. *Bull. Jan. Soc. Sci. Fish.* 1984, **50**: 79) 84
- [8] Zamal H, Ollevier F. Effect of feeding and lack of food on the growth, gross biochemical and fatty acid composition of juvenile catfish[J]. *J. Fish Biol.* 1995, **46**: 404) 414
- [9] Wilkin N P. Starvation of herring, *Clupea harengus* L.: survival and some gross biochemical changes[J]. *Comp. Biochem. Physiol.* 1967, **23** 503) 518
- [10] Larsson A, Lewander K. Metabolic effects of starvation in the eel, *Anguilla Anguilla* L. [J]. *Comp. Biochem. Physiol.* 1973, **44A**: 367) 374
- [11] Rueda F M, *et al.* Effect of fasting and refeeding on growth and body composition of red porgy[J]. *Pagrus pagrus* L. *Aquacult. Res.* 1998, **29**(6): 447) 452
- [12] Moon T M. Metabolic reserves and enzyme activities with food deprivation in immature American eels[J]. *Anguilla rostrata* (LeSueur). *Can. J. Zool.* 1983, **61**: 802) 811
- [13] Shen W Y, Lin H R, Zhang W M. Effects of starvation and refeeding on biochemical composition of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fingerling[J]. *Acta Hydrobiol Sin*, 1999, **45**(4): 404) 412. [沈文英,林浩然,张为民. 饥饿和在投喂对草鱼鱼种生物化学组成的影响. 动物学报. 1999, **45**(4): 404) 412]
- [14] Xie X J, Deng L, Zhang B. Advances and studies on ecophysiological effects of starvation on fish[J]. *Acta Hydrobiol Sin*, 1998, **22**(2): 181) 189. [谢小军,邓利,张波. 饥饿对鱼类生理生态学影响的研究进展. 水生生物学报. 1998, **22**(2):181) 188]

EFFECT OF FEED DEPRIVATION OR RATION RESTRICTION AND REFEEDING ON BIOCHEMICAL COMPOSITION OF MUD CARP, *CIRRHINUS CHINENSIS*

YIN Shua^{1,2,3}Wen^{1,2,3}, LIN Xue²Qun² and CHEN Jie²Hui²

(1. *Institute of Oceanology, Chinese Academy of Science, Qingdao 266071;*

2. *Marine Biology Laboratory, Shantou University, Shantou 515063;*

3. *Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039)*

Abstract: The compensatory growth of mud carp (*Cirrhinus chinensis* G nther), following 4 weeks of feed deprivation or ration restriction, was studied at Nan. ao Marine Biology Station in Shantou during December 2001 and March 2002. In the study, the control group was fed to satiation during the 12-week experimental period. The other two groups were deprived or restricted from feed for 4 weeks and then were fed to satiation for 8 weeks. The blood, liver, and white muscle were sampled from six fish each time at weeks 0, 1, 2, 4 in the period of feed deprivation or ration restriction, and at weeks 2, 4, 8 in the refeeding period, respectively.

The results showed that the concentration of plasma glucose, lipid and protein was rapidly decreased after starvation or ration restriction for 12 weeks compared with those in full ration controls. After refeeding for 8 weeks, all the above biochemical parameters in blood were recovered to the level of the control group. These results indicate that these biochemical parameters in blood were sensitive to feed deprivation or ration restriction.

After starvation for one or two weeks, the content of the glycogen in liver and white muscle, and that of liver lipid decreased rapidly, however, the lipid content in white muscle and protein content in liver and white muscle had no significant difference from the controls. After refeeding, all the above parameters in liver and white muscle were recovered to the levels of the controls. The results suggested that mud carp can take good advantage of glycogen, subsequent lipid as energy material.

During the starvation period, body water content increased, however, the contents of glycogen and lipid decreased, which indicated a significantly negative relation between lipid, glycogen and water content respectively.

At the end of the experiments, the contents of glycogen, lipid and protein in blood and liver, as well as white muscle in treated groups didn't differ significantly from the control groups. The body weight of treated groups also recovered to the level of the control group. It is suggested that mud carp have a completely compensatory growth during refeeding for 8 weeks, following 4 weeks of feed deprivation or ration restriction.

Key words: *Cirrhinus chinensis* G nther; Ration restriction; Biochemical composition; Compensatory growth