

饥饿对于鲈肌肉、肝脏和血清主要生化组成的影响

杜震宇^① 刘永坚^{①*} 田丽霞^① 曹俊明^② 梁桂英^① 何建国^①

(^①中山大学水生经济动物研究所, 广州 510275)

(^②广东省农业科学院, 广州 510640)

摘要 于 $22.93 \pm 2.15^\circ\text{C}$ 条件下, 在室外水泥池 ($3\text{ m} \times 2\text{ m} \times 1\text{ m}$) 中对正常鲈 ($285.26 \pm 6.54\text{ g}$) 和患脂肪肝病鲈 ($464.71 \pm 54.22\text{ g}$) 进行为期 9 周的饥饿处理。分别在实验开始后第 0 周、3 周、5 周、7 周和 9 周取样, 以观察饥饿对于鲈内脏相对重量、肌肉肝脏和血清主要生化指标的影响。研究表明, 鲈对饥饿耐受能力较强, 在饥饿时首先快速动用肠系膜脂肪和肌肉脂肪作为能量供应, 而在整个饥饿阶段则主要以肌肉蛋白质作为能量来源, 肝脏中能源物质在饥饿中并无明显减少, 故不是鲈饥饿时的主要供能物质。饥饿时, 肌肉和肝脏中的水分和脂肪含量呈现负相关, 尤其在肝脏中表现明显。鲈血清中脂肪酶、甘油三酯、胆固醇、低密度脂蛋白和高密度脂蛋白在饥饿中表现出周期性和阶段性的变化, 其中正常鲈表现出有规律的波浪状图形, 而脂肪肝病鲈则表现出山峰状图形, 说明脂肪肝病鲈代谢机制不如正常鲈灵敏, 9 周的饥饿并不能减轻或消除鲈的脂肪肝病 [动物学报 49(4): 458~465, 2003]

关键词 鲈 饥饿 生化组成 血清 脂肪肝

Effects of starvation on visceral weight and main biochemical composition of the muscle, liver and serum in the Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicus*)

DU Zhen-Yu^① LIU Yong-Jian^{①*} TIAN Li-Xia^①
CAO Jun-Ming^② LIANG Gui-Ying^① HE Jian-Guo^①

(^①Institute of Economic Aquatic Animals, Sun Yan-Sen University, Guangzhou 510275, China)

(^②Guangdong Academy of Agriculture Sciences, Guangzhou 510640, China)

Abstract We investigated the effect of long-time starvation on the use of energy and symptoms of fat liver disease in the Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicus*). Healthy Japanese sea bass ($285.26 \pm 6.54\text{ g}$) and Japanese sea bass with fat liver disease ($464.71 \pm 54.22\text{ g}$) were maintained in fresh water in outdoor concrete ponds ($3\text{ m} \times 2\text{ m} \times 1\text{ m}$) and starved for 9 weeks. Each treatment was replicated in triplicate. Water temperature in the experimental period was $22.93 \pm 2.15^\circ\text{C}$ and dissolved oxygen, pH and ammonia were $8.17 \pm 0.58\text{ mg/L}$, 7.40 ± 0.45 and $0.54 \pm 0.13\text{ mg/L}$ respectively. Samples were collected on weeks 0, 3, 5, 7 and 9 and the effects of starvation on gut weight, the nutritional content of muscle and liver, and some biochemical serum indices were observed.

No fish died during the experiment. During starvation, the condition factor, gut ratio and intraperitoneal fat ratio decreased significantly ($P < 0.05$). The hepatosomatic index (HSI) in healthy Japanese sea bass was stable, but in sick Japanese sea bass decreased during the early period (from 1.09 ± 0.14 to 0.65 ± 0.03 , $P < 0.05$) after which it remained stable ($P > 0.05$). The moisture content of muscle increased during starvation (healthy Japanese sea bass: from $78.30\% \pm 0.28\%$ to $79.72\% \pm 0.22\%$; sick Japanese sea bass: from $76.95\% \pm 0.36\%$ to $79.26\% \pm 0.11\%$, $P < 0.05$). The moisture content of the liver of healthy Japanese sea bass decreased from $69.62\% \pm 0.59\%$ to $53.10\% \pm 2.27\%$ ($P < 0.05$), but remained stable in sick Japanese sea bass ($P > 0.05$). The protein content of muscle significantly decreased during starvation (healthy Japanese sea bass: from $19.63\% \pm 0.22\%$ to $18.54\% \pm 0.13\%$; sick Japanese sea bass: from $20.75\% \pm 0.15\%$ to $18.90\% \pm 0.21\%$, $P < 0.05$), but fluctuated periodically in the liver ($P > 0.05$). The fat content of muscle decreased during the early period and then remained stable ($P > 0.05$). However, the fat content of the liver increased during starvation ($P > 0.05$) and this change was significant in healthy Japanese sea

2002-10-27 收稿, 2003-02-28 修回

* 通讯作者 (Corresponding author). E-mail: ls59@zsu.edu.cn

第一作者简介 杜震宇, 男, 26 岁。博士研究生, 研究方向: 鱼类营养学。E-mail: duzhenyu@263.net

© 2003 动物学报 Acta Zoologica Sinica

bass (from $9.84\% \pm 0.97\%$ to $31.92\% \pm 3.49\%$, $P < 0.05$). A negative relationship was observed between moisture and fat content in the muscle and liver. The content of lipase (LIPA), triacylglycerol (TG), total cholesterol (TC), low density lipoprotein-cholesterol (LDL-C) and high density lipoprotein-cholesterol (HDL-C) in the serum fluctuated periodically during starvation. Wave-like curves were observed in healthy fish and hill-like curves in sick fish.

The results show that the Japanese sea bass can endure starvation for a long time. There were some slight differences in the use of metabolic energy resources during starvation between healthy Japanese sea bass and those with fat liver disease. In healthy Japanese sea bass, intraperitoneal fat and muscle fat were metabolized first during the early period of starvation. Muscle protein was used as the main energy source during the whole starvation period. The content of protein and fat in the liver were relatively stable, so these tissues appear not to be a main energy source during starvation. Although the HSI of Japanese sea bass with fat liver disease decreased after 9 weeks starvation, the most important determinate index of fat liver disease, liver fat content, did not decrease. Thus the symptoms of fat liver disease in the Japanese sea bass were not alleviated by 9 weeks starvation [*Acta Zoologica Sinica* 49 (4): 458–465, 2003].

Key words Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicus*), Starvation, Biochemical composition, Serum, Fat liver

在某些特殊的生理状况和特定的生活阶段中, 鱼类能够忍受较长时间的饥饿 (Larsson *et al.*, 1973; Love, 1958)。近年来, 研究者发现, 在饥饿一段时间后恢复投喂, 将出现比正常生长速度更快的补偿生长 (Dobson *et al.*, 1984; Paul *et al.*, 1995)。由于不同的鱼类耐受饥饿的能力和对饥饿的适应方式不同, 因此开展鱼类饥饿生理的研究在学术和应用上都有着重要的价值。另外, 近年来我国海水鱼养殖中脂肪肝病发生频繁, 引起养殖鱼类的大量死亡, 给生产造成巨大损失 (王兴强等, 2002)。已有文献报道, 饥饿能够降低鱼类肝脏中的脂肪含量 (沈文英等, 1999; 张波等, 2000; Nagai *et al.*, 1971), 由于脂肪肝最显著的特点无论在高等动物还是在鱼类都表现为肝脏中脂肪含量显著升高 (陈耀凯等, 2000; 王兴强等, 2002), 那么能否通过饥饿来缓解甚至消除脂肪肝病, 也是一个研究者和生产者都十分关心的问题。

鲈 (*Lateolabrax japonicus*) 是生活于我国、日本和朝鲜半岛沿岸的特有广盐性鱼类, 目前其养殖面积日益增加, 脂肪肝的问题也日益突出, 目前对其营养学研究仍较少 (高淳仁等, 1998; 潘勇, 2000; 钱云霞, 2002a, b), 并主要集中于海水环境中鲈人工配合饲料的研究, 而针对淡水环境中鲈饥饿生理和脂肪肝病的报道极其缺乏。本研究主要考察了淡水环境中正常鲈和脂肪肝鲈在饥饿过程中内脏的相对重量、肌肉肝脏和血清主要生化指标的变化, 以期为鲈的健康高效养殖提供基础数据。

1 材料和方法

1.1 实验鱼和日常管理

实验鱼分别为本研究室用人工配合饲料饲养 8 周后的正常鲈 (285.26 ± 6.54 g) 和用冰杂鱼饲养 8 周后诱发脂肪肝的病鲈 (464.71 ± 54.22 g) (杜震宇等, 2002)。两种鲈养于室外水泥池养殖系统

($3 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 1 \text{ m}$) 中, 每池置鱼 15 尾, 每个实验组设 3 个平行, 即正常鲈 3 池, 病鲈 3 池, 共 6 个实验池。水源为充分曝气消氯后的自来水, 每天充气 12 h, 记录水温; 每周测定溶氧、氨氮和 pH 值, 换水一次。实验过程中水温为 $22.93 \pm 2.15^\circ\text{C}$ ($n = 63$), 溶氧为 $8.17 \pm 0.58 \text{ mg/L}$ ($n = 9$), 氨氮为 $0.54 \pm 0.13 \text{ mg/L}$ ($n = 9$), pH 为 7.40 ± 0.45 ($n = 9$)。

1.2 样品制备和测定

将鱼停食一天使排空粪便后开始实验, 实验期间完全禁食。分别于实验开始后第 0 周、3 周、5 周、7 周和 9 周取样一次。每池取鱼 2 尾, 击打头部致昏迷, 立即解剖取得肝脏和背部肌肉样。心脏采血, 置离心管中静置 2 h 后, $9\ 500 \times g$ 离心 12 min, 分离血清。所有样品取得后立即置于 -20°C 冰箱保存待测。

分别采用 105°C 常压干燥法、凯氏定氮法、索氏提取法及 550°C 灼烧法测定肌肉和肝脏的水分、粗蛋白、脂肪和灰分。将血清解冻, $2\ 000 \times g$ 离心 10 min 除去凝胶状物, 在日立 7170 自动生化测定仪和 VITROS 750 \times RC 临床诊断仪上进行血清生化指标的分析。

1.3 数据处理

采用 Statistic for windows 5.0 软件分别对两种鱼饥饿期间各数据经 ANOVA 方差分析后, 再进行 Duncan's 多重比较, 并对同期两种鱼的数据进行显著性差异比较 (t 检验), 显著性水平为 0.05。

2 结果

2.1 饥饿对鲈存活率的影响

为期 9 周的实验结束后, 各实验池中鲈均无死亡, 虽然体形消瘦, 但仍游泳迅速, 反应敏捷, 表现出旺盛的生命力。

2.2 饥饿对鲈内脏相对重量的影响

正常组和脂肪肝组鲈的的肥满度、脏体比和脂体比在整个饥饿过程中呈下降趋势,并在实验前后存在显著性差异 ($P < 0.05$) (图 1: i, ii, iv)。与前几项指标不同,正常鲈的肝体比 (图 1: iii) 在整个饥饿过程中维持相对平稳的状态 (0.80 ± 0.11 , $P > 0.05$), 而脂肪肝鲈在饥饿后 3 周内的肝体比急剧下降 ($1.09 \pm 0.14 : 0.65 \pm 0.03$, $P < 0.05$), 然后保持平稳状态 ($P > 0.05$), 并与正常鲈各同期水平无显著差异 ($P > 0.05$)。

2.3 饥饿对鲈肌肉、肝脏主要生化组成的影响

在饥饿过程中,两组鲈的肌肉水分含量上升,在实验前后有显著性差异 ($78.30\% \pm 0.28\% : 79.72\% \pm 0.22\%$, $76.95\% \pm 0.36\% : 79.26\% \pm 0.11\%$, $P < 0.05$) (图 2: i); 肌肉蛋白质含量逐步下降 (图 2: ii), 并在实验前后有显著性差异 [$19.63\% \pm 0.22\%$] : ($18.54\% \pm 0.13\%$),

($20.75\% \pm 0.15\%$) : ($18.90\% \pm 0.21\%$), $P < 0.05$]。正常鲈肌肉脂肪含量 (图 2: iii) 在饥饿 3 周内下降明显 ($P < 0.05$), 此后维持较为平稳的状态 ($P > 0.05$), 而脂肪肝鲈肌肉脂肪含量在饥饿 5 周内急剧下降 ($P < 0.05$), 此后虽有明显上升 ($P < 0.05$), 但仍低于实验开始时的数值 [$0.9\% \pm 0.24\%$] : ($0.63\% \pm 0.11\%$), $P < 0.05$]。正常鲈肌肉灰分含量有下降趋势 (图 2: iv), 但脂肪肝鲈在饥饿 3 周内有较为明显的上升 [$1.14\% \pm 0.01\%$] : ($1.17\% \pm 0.02\%$), $P < 0.05$], 此后同样维持在稳定的水平。

正常鲈肝脏水分含量呈下降趋势,并在实验前后有显著性差异 [($69.62\% \pm 0.59\%$) : ($53.10\% \pm 2.27\%$), $P < 0.05$], 脂肪肝鲈肝脏水分含量则基本稳定 ($59.17\% \pm 3.6\%$, $P > 0.05$) (图 3: i)。两组鲈肝脏蛋白含量呈波浪状变化 (图 3: ii),

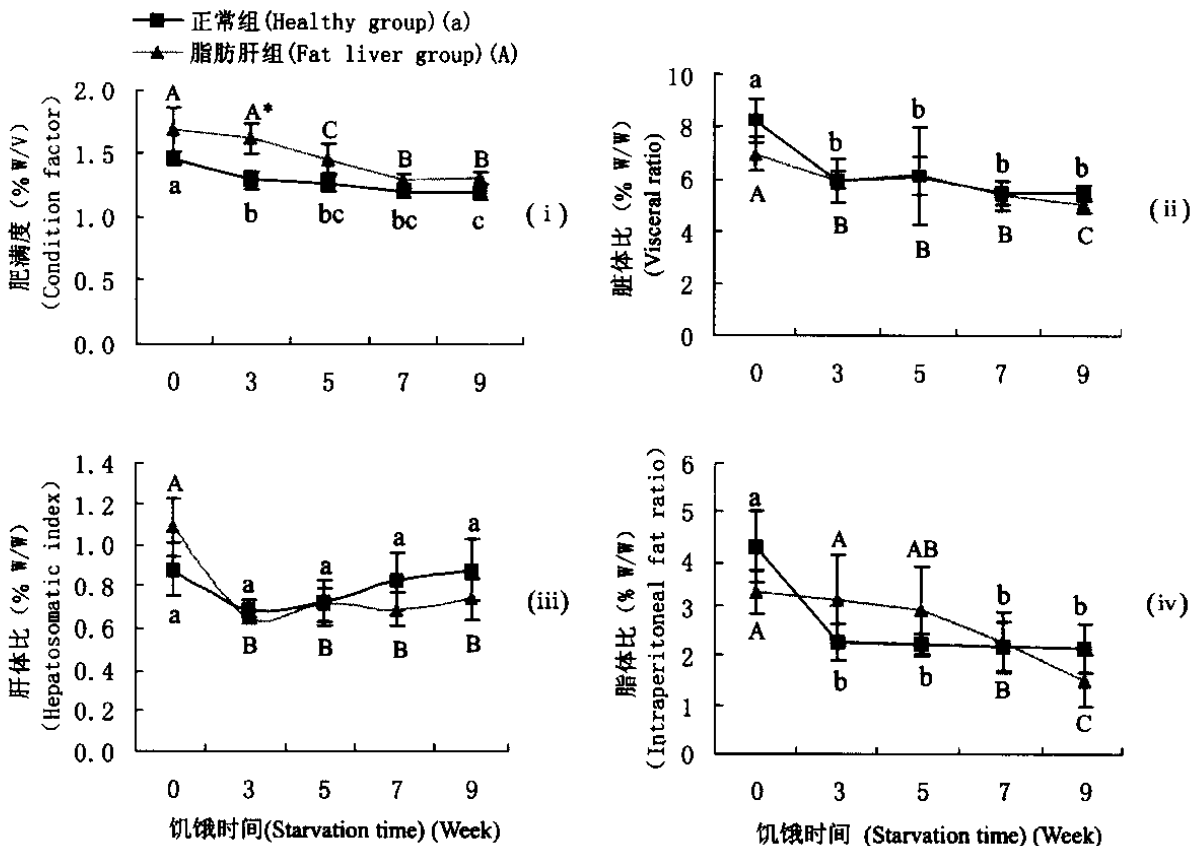


图 1 饥饿对鲈内脏相对重量的影响

Fig. 1 Effects of starvation on the visceral weight of Japanese sea bass

i. 肥满度 (Condition factor) = $100 \times \text{体重 (Body wt.)} / \text{体长 (Body length)}^3$ ii. 脏体比 (Visceral ratio) = $100 \times \text{内脏重 (Visceral wt.)} / \text{体重 (Body wt.)}$ iii. 肝体比 (Hepatosomatic index, HSI) = $100 \times \text{肝脏重 (Liver wt.)} / \text{体重 (body wt.)}$ iv. 脂体比 (Intraperitoneal fat ration, IPF ration) = $100 \times \text{肠系膜脂肪 (IPF wt.)} / \text{体重 (Body wt.)}$

同组鱼各期字母不同者表示有显著性差异 ($P < 0.05$), 带 * 者表示与同期正常组鱼有显著性差异 ($P < 0.05$) [Values with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$). Values marked with an asterisk are significantly different compared with normal fish at the same time ($P < 0.05$)]

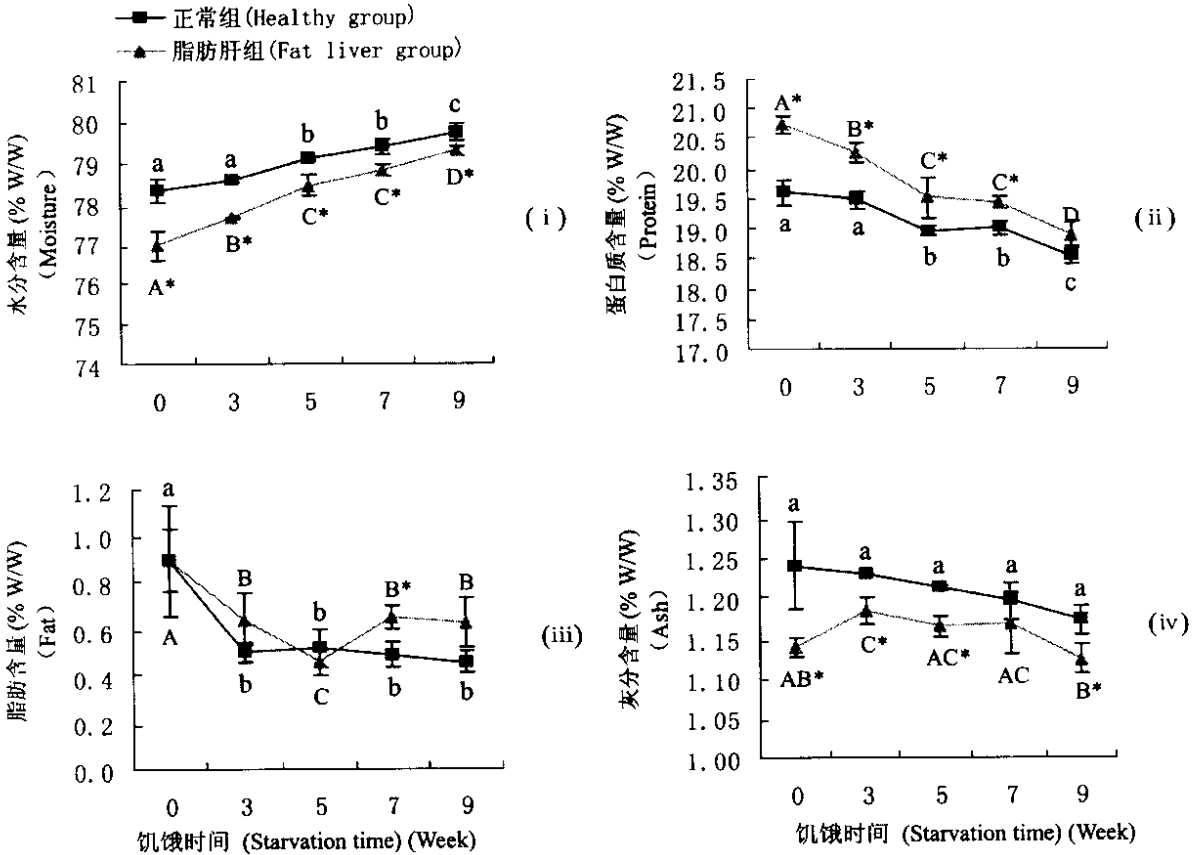


图 2 饥饿对鲈肌肉主要生化组成的影响

Fig. 2 Effects of starvation on biochemical composition of muscle in Japanese sea bass

i. 水分 (Moisture) ii. 蛋白质 (Protein) iii. 脂肪 (Fat) iv. 灰分 (Ash)

同组鱼各期字母不同者表示有显著性差异 (P < 0.05), 带 * 者表示与同期正常组有显著性差异 (P < 0.05) [Values with different superscripts are significantly different (P < 0.05) . Values marked with an asterisk are significantly different compared with normal fish at the same period (P < 0.05)]

但在实验前后并无显著性差异 (P > 0.05); 正常鲈肝脏脂肪含量呈上升趋势, 并在实验前后有显著性差异 [(9.84% ± 0.97%) : (31.92% ± 3.49%) , P < 0.05], 而脂肪肝鲈肝脏脂肪含量虽有上升趋势, 但是在实验前后并无显著性差异 [(19.52% ± 2.98%) : (23.81% ± 2.31%) , P > 0.05] (图 3 : iii) 。 正常鲈肝脏灰分含量在饥饿 3 周后显著下降 (P < 0.05) , 此后呈明显的锯齿状波动, 并在实验前后有显著差异 [(1.20% ± 0.04%) : (0.84% ± 0.10%) , P < 0.05] (图 3 : iv) ; 脂肪肝鲈肝脏灰分含量变化与正常鲈相仿, 但是实验前后无显著性差异 (P > 0.05) 。

2.4 饥饿对鲈血清生化指标的影响

正常鲈血清脂肪酶 (LIPA) 活性呈明显锯齿状波动, 且各个取样时段数据间存在显著差异 (P < 0.05) (图 4 : i) 。 其中, 第 0 周和第 3 周分别为其的最低点和最高点 (6.33 ± 3.06 U/L , 18.33 ±

2.08 U/L) , 而脂肪肝鲈血清脂肪酶活性则出现山峰状趋势, 第 0 周和第 3 周分别为其的最低点和最高峰 (8.67 ± 2.08 U/L , 17.00 ± 3.61 U/L) , 但各取样时段数据之间并无显著性差异 (P > 0.05) 。 两组鲈血清甘油三酯 (TG) 变化较为平缓, 实验前后亦无显著性差异 [(3.64 ± 0.55 mmol/L) : (3.13 ± 0.36 mmol/L) : (3.33 ± 0.25 mmol/L) : (2.36 ± 0.44 mmol/L) , P > 0.05] (图 4 : ii) ; 两组鲈血清总胆固醇 (TC) 含量与高密度脂蛋白 (HDL-C) 含量变化趋势极为相似 (图 4 : iii , v) , 正常鲈均呈现明显锯齿状波动, 分别于实验开始时和第 7 周达到最低谷 (4.59 ± 0.68 mmol/L , 2.00 ± 0.30 mmol/L) 和最高峰 (7.76 ± 1.51 mmol/L , 3.07 ± 0.50 mmol/L) ; 而脂肪肝鲈该两个指标均呈山峰形, 都在饥饿 5 周后达到最高峰 (10.06 ± 1.09 mmol/L , 3.48 ± 0.41 mmol/L) 。 血清低密度脂蛋白 (LDL-C) 趋势则与甘油三酯趋势大致相同

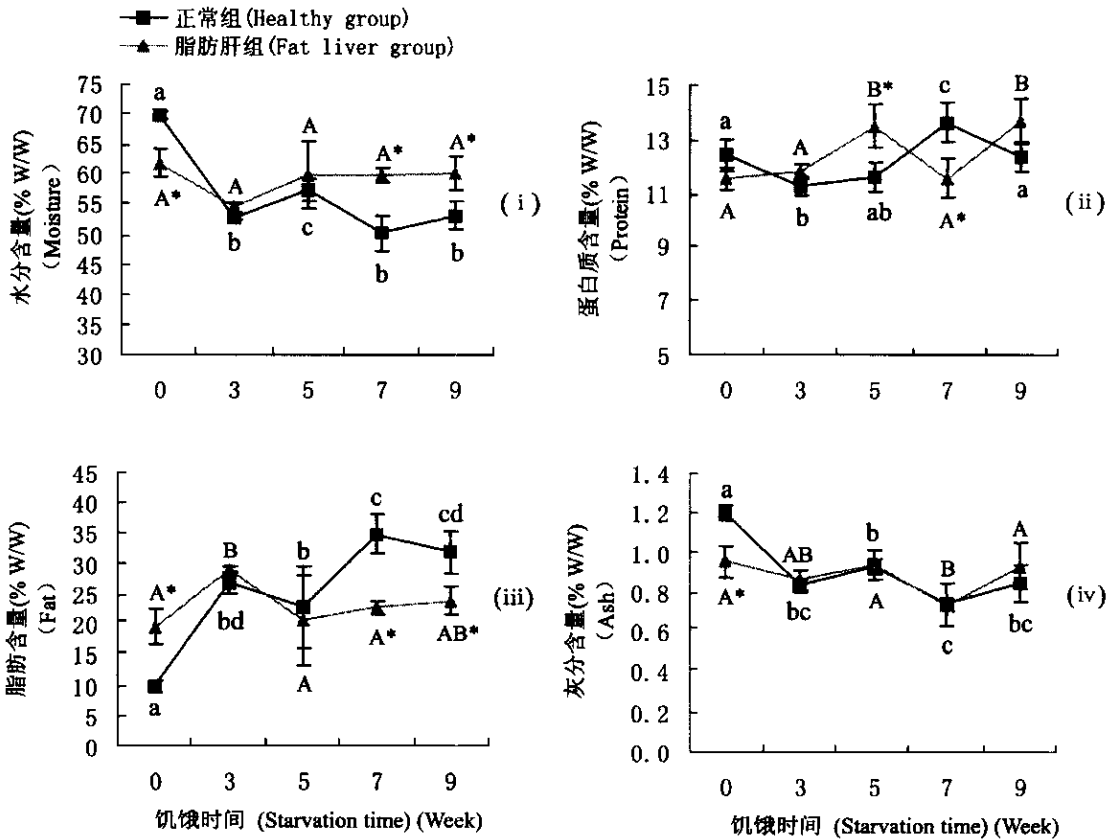


图3 饥饿对鲈肝脏主要生化组成的影响

Fig.3 Effects of starvation on biochemical composition of the liver in the Japanese sea bass

i. 水分 (Moisture) ii. 蛋白质 (Protein) iii. 脂肪 (Fat) iv. 灰分 (Ash)

同组鱼各期字母不同者表示有显著性差异 ($P < 0.05$), 带 * 者表示与同期正常组有显著性差异 ($P < 0.05$) [Values with different superscripts are significantly different in the same experiment group ($P < 0.05$). Values marked with an asterisk are significantly different compared with normal fish at the same period ($P < 0.05$)]

(图4:iv), 两组鲈在实验前后均出现显著性差异 ($P < 0.05$)。

3 讨论

在本实验条件下, 鲈在饥饿了9周后仍表现出旺盛的生命力, 这说明, 鲈是一种对饥饿忍受能力较强的鱼类, 这与 Paul *et al.* (1995) 的发现一致。在饥饿条件下, 不同的鱼类动用体内各种贮能器官中的能源物质的先后次序是不同的 (Collins *et al.*, 1995; Maddock *et al.*, 1994)。本研究发现, 饥饿时正常鲈内脏相对重量下降快于躯干部, 尤其在饥饿开始3周内特别明显。而在内脏中, 肝的相对重量下降与实验前后相比并无明显差异, 而肠系膜脂肪相对重量的下降趋势与脏体比一致, 在饥饿开始3周内特别明显。这说明, 在饥饿条件下, 鲈首先动用其肠系膜脂肪作为能量供应。由于鲈的肝脏较小 (杜震宇等, 2002), 所以在饥饿时首先迅

速动用贮备较多的肠系膜脂肪, 是鲈对饥饿胁迫的一种适应性的对策。钱云霞 (2002a) 在研究饥饿对鲈的蛋白酶活力的影响时发现肝体比在饥饿一周后显著下降, 这与本研究结果不同。杜震宇 (2002) 发现, 鲈的肝脏较小, 即使当鲈已经产生脂肪肝病变导致肝肿大时, 其肝体比仍只有1.09。但是注意到钱云霞文中实验鲈为海水养殖, 而本文实验鲈则自始至终生活于淡水中, 不同养殖环境对鲈生理是否存在影响, 影响有多大, 值得进一步研究。然而钱云霞文中也表明, 在饥饿1周后的3周内, 鲈的肝体比变化不显著, 此时鲈肝体比与本文鲈的肝体比类似, 这与本文结果相符合。

一般而言, 脂肪和糖原是鱼类的主要的贮能物质, 饥饿状态下主要消耗这两种物质 (Ince *et al.*, 1976; Nagai *et al.*, 1971), 但是也有一些鱼在饥饿过程中首先动用蛋白质作为供能物质 (Mommensen *et al.*, 1980; 张波等, 2000)。本研究发现,

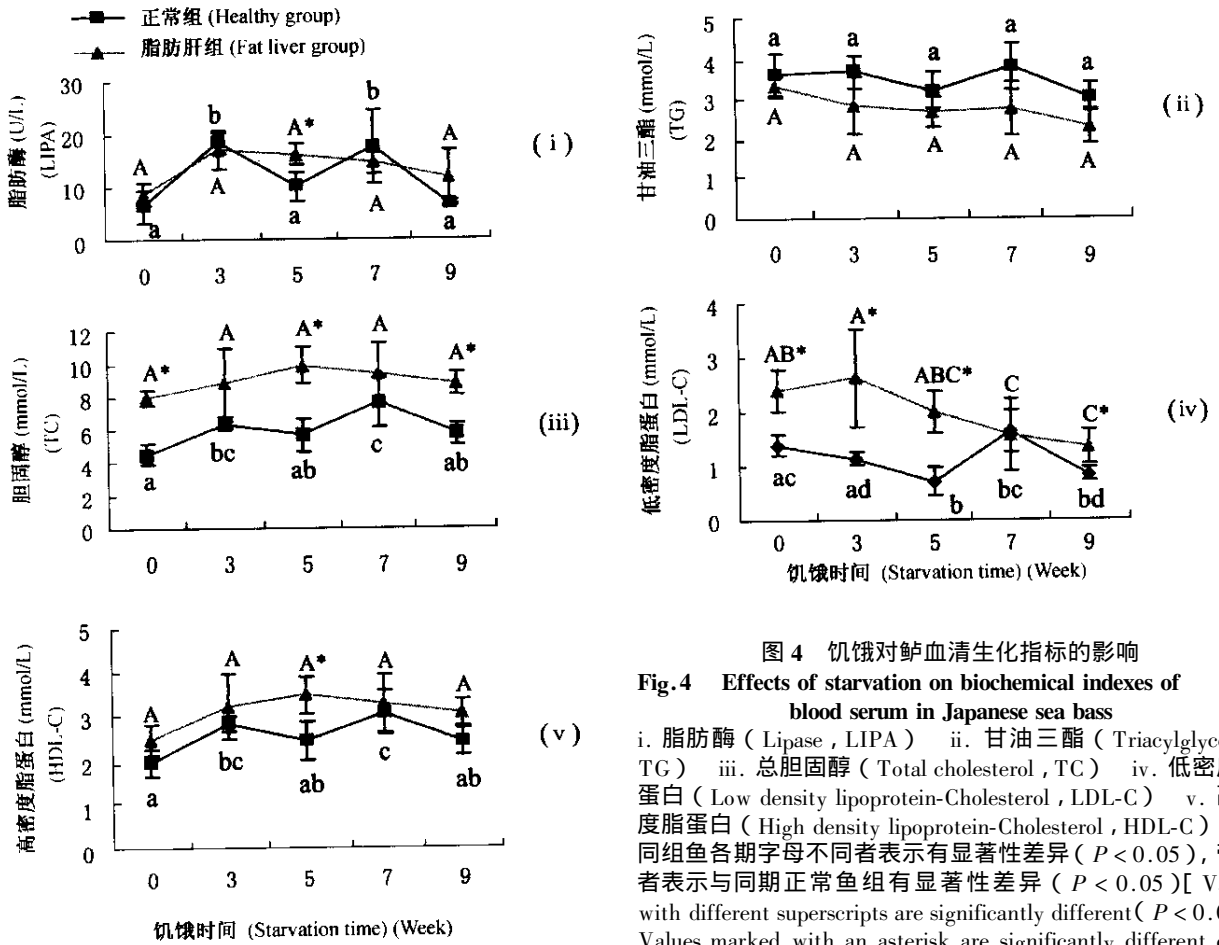


图 4 饥饿对鲈血清生化指标的影响
 Fig.4 Effects of starvation on biochemical indexes of blood serum in Japanese sea bass

i. 脂肪酶 (Lipase, LIPA) ii. 甘油三酯 (Triacylglycerol, TG) iii. 总胆固醇 (Total cholesterol, TC) iv. 低密度脂蛋白 (Low density lipoprotein-Cholesterol, LDL-C) v. 高密度脂蛋白 (High density lipoprotein-Cholesterol, HDL-C)
 同组各期字母不同者表示有显著性差异 (P < 0.05), 带 * 者表示与同期正常鱼组有显著性差异 (P < 0.05) [Values with different superscripts are significantly different (P < 0.05). Values marked with an asterisk are significantly different compared with normal fish at the same time (P < 0.05)]

两组鲈肌肉蛋白质含量在饥饿过程中持续下降, 肌肉脂肪含量也在饥饿开始 3 周内显著下降, 然后持续在一个较低的水平。这说明, 在饥饿过程中, 鲈首先快速动用较大的肌肉脂肪作为能源物质, 同时自始至终利用肌肉蛋白作为能源, 可见肌肉蛋白可能是鲈长期饥饿时最主要的供能物质。与肌肉情况不同, 正常鲈肝脏脂肪含量在饥饿过程中逐步上升, 随之的是肝脏水分的同步下降, 而肝脏蛋白含量则上下波动, 但无显著性差异。考虑水分、脂肪和蛋白在肝脏中的含量, 发现鲈肝脏中糖原的含量在饥饿过程中也相对稳定。这与 Nagai *et al.* (1971) 的研究结果相吻合。综合饥饿中肝脏中能源物质的含量变化情况说明, 鲈在饥饿时主要动用的并不是肝脏中的能源物质。这也是其肝体比在饥饿期间变化不明显的主要原因。可见, 饥饿状态下, 鲈对肌肉和肝脏中的能源物质的利用存在差异, 这值得进一步研究。

与对鱼体内贮能物质的研究相比, 饥饿对于鱼

类血液生化成分的影响的报道较少 (陈晓耘, 2000; 陈惠群等, 2001; 钱云霞, 2002b)。本研究发现, 正常鲈各种血清生化指标呈锯齿状波动。由于这些指标都与脂肪的动用有关, 因此可以认为, 在饥饿过程中, 对脂肪的利用一直存在, 并存在着利用的周期性和阶段性。钱云霞 (2002b) 在研究饥饿对养殖鲈血液生理生化指标的影响中, 也发现血清总蛋白、白蛋白、球蛋白、碱性磷酸酶、Na⁺、Ca²⁺ 等指标在 4 周的饥饿时间内上下波动, 这与本文结果类似。但是钱云霞同时也发现, 鲈血清中甘油三酯和总胆固醇在 4 周的饥饿时间内有呈下降的趋势, 这与本文结果有所不同。考虑到两文采用的实验鲈养殖环境不同, 饥饿时间不同, 单一数据间的比较尚缺乏统一的标准, 需要更多的相关数据来支持。

联系其它指标, 可以发现锯齿状波动图形 (或者是类似锯齿状的阶梯状波动图形) 在饥饿状态下正常鲈的各个指标的变化中是比较普遍的。这说

明, 鲈在饥饿时对体内贮能物质的动用并不是简单地与饥饿时间成线性相关的, 而是一种“活跃-滞缓-活跃”的周期性阶段性的变化。一般认为, 鱼类在长期饥饿状态下对自身贮备能量的利用有两方面的适应: 一方面降低代谢水平以节约能量消耗; 另一方面又尽可能地代谢保持在一定水平上, 以保证在重新获得食物供应时或其它环境胁迫时能产生适当的应激反应(谢小军等, 1998)。因此, 在饥饿过程中, 鱼类对于贮能物质的动用出现周期性阶段性起伏的变化, 应该就是这两个方面的因素相互颉颃而交替占优势的妥协结果。

本研究发现, 脂肪肝鲈在血清生化各指标的变化中, 明显出现了与正常鲈锯齿性图形不同的山峰状图形。由于图形的起伏频率代表着鱼体内两种饥饿适应的互相颉颃和交替的快慢, 某种程度上也代表了鱼体代谢水平变化的灵敏程度。而血清中各指标往往比体内生化组成更能迅速敏感地反映机体的代谢水平, 因此, 可以推测具有山峰状图形的脂肪肝鲈的代谢水平变化不如正常鲈灵敏。另外, 研究也发现, 在实验开始时脂肪肝鲈与正常鲈一些指标上的差异, 在饥饿 9 周后并没有得到消除, 而且考虑到鲈肝脏中的脂肪并不会因为饥饿而明显减少, 因此作者认为, 9 周的饥饿, 并不能缓解和消除鲈的脂肪肝症状。

很多学者认为, 营养不平衡的饵料会诱发养殖鱼类的脂肪肝病, 其主要原因除了饵料中蛋白质等大量营养素组成不平衡之外, 也与饵料中缺少胆碱、磷脂、肉碱等有助于脂肪转运、氧化的抗脂肪肝因子有关(Mosconi-Bac, 1987, 1990)。本研究中的脂肪肝病鲈是通过长期投喂缺少微量营养素的冰杂鱼躯干而诱发的(杜震宇, 2002), 体内抗脂肪肝因子相对缺乏。饥饿状态下, 没有外源抗脂肪肝因子的摄入, 由于脂肪转运、氧化载体的缺少, 因此脂肪肝鲈不能有效地转运和氧化肝脏内积蓄的大量脂肪。同时考虑到即使是正常鲈, 饥饿时也并大量动用肝脏的能量物质, 因此, 饥饿不是缓解鲈脂肪肝病的好办法。

致谢 中山大学第一附属医院生化检验室肖绍村、高玲两位老师在血清生化分析方面给予了大力的协助, 本研究室肖伟平、王骥腾、王勇和王胜同学参加了本研究的部分工作, 特此感谢。

参考文献 (References)

Chen, H. Q. and W. G. Yang 2001 Effects of starvation on some

- blood properties of Japanese eel, *Auguilla japonica*. *Fish. Sci.* **20**(2): 10~11. [陈惠群, 杨文鹤 2001 饥饿对鳗鲡某些血液指标的影响. 水产科学 **20**(2): 10~11.]
- Chen, X. Y. 2000 Effects of starvation on the blood of southern catfish (*Silurus meridionalis* Chen). *J. Southwest Agr. Univ.* **22**(2): 167~169, 176. [陈晓耘 2000 饥饿对南方幼鱼血液的影响. 西南农业大学学报 **22**(2): 167~169, 176.]
- Chen, Y. K., X. Q. Liu and Y. Bo 2000 The prevention and cure methods of fat liver: a review. *Clin. Medi. China* **16**(2): 89. [陈耀凯, 刘小青, 卜英 2000 脂肪肝防治方法研究进展. 中国综合临床 **16**(2): 89.]
- Collins, A. L. and T. A. Anderson 1995 The regulation of endogenous energy stores during starvation and refeeding in the somatic tissues of the golden perch. *J. Fish Biol.* **47**: 1 004~1 015.
- Dobson, S. H. and R. M. Holmes 1984 Compensatory growth in the rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *J. Fish. Biol.* **25**: 649~656.
- DU, Z. Y., Y. J. Liu, W. H. Zheng, L. X. Tian and G. Y. Liang 2002 The effects of three oil sources and two anti-fat liver factors on the growth, nutrient composition and serum biochemistry indexes of *Lateolabrax japonicus*. *J. Fish. China* **26**(6): 542~550. [杜震宇, 刘永坚, 郑文晖, 田丽霞, 梁桂英 2002 三种脂肪源和两种降脂因子对鲈生长、体营养成分组成和血清生化指标的影响. 水产学报 **26**(6): 542~550.]
- Gao, C. R., Q. H. Liu, Y. Q. Liang and A. S. Han 1998 The optimum content of protein and fat in the artificial diet fed to cultured juvenile seabass (*Lateolabrax japonicus*). *Mar. Fish. Res.* **19**(1): 81~85. [高淳仁, 刘庆慧, 梁亚全, 韩阿寿 1998 鲈鱼幼鱼人工配合饲料中蛋白质脂肪适宜含量的研究. 海洋水产研究 **19**(1): 81~85.]
- Ince, B. W. and A. Therpe 1976 The *in vitro* metabolism of [¹⁴C] glucose and [¹⁴C] glycine in insulin-treated Northern pike (*Esox lucius* L.). *Gen. Comp. Endocrinol.* **28**: 481~486.
- Larsson, A. and K. Lewander 1973 Metabolic effects of starvation in the eel (*Auguilla anguilla* L.). *Comp. Biochem. Physiol.* **44**: 367~374.
- Love, R. M. 1958 Studies on the North Sea cod: effects of starvation. *J. Sci. Food. Agric.* **9**: 617~620.
- Maddock, D. M. and M. P. M. Burton 1994 Some effects of starvation on the lipid and skeletal muscle layers of the winter flounder, *Pleuronectes americanus*. *Can. J. Zool.* **72**: 1 672~1 679.
- Mommsen, T. P., C. J. French and P. W. Hochachka 1980 Sites and patterns of protein and amino acid utilization during the spawning migration of salmon. *Can. J. Zool.* **58**: 1 785~1 799.
- Mosconi-Bac, N. 1987 Hepatic disturbances induced by artificial feed in the sea bass (*Dicentrarchus labrax*) during the first year of life. *Aquaculture* **67**: 93~99.
- Mosconi-Bac, N. 1990 Reversibility of artificial feed-induced hepatic disturbances in the sea bass (*Dicentrarchus labrax*): an ultrastructural study. *Aquaculture* **88**: 363~370.
- Nagai, M. and S. Ikeda 1971 Carbohydrate metabolism in fish. I. effects of starvation and dietary composition on the blood glucose

- level and the hepatopancreatic glycogen and lipid contents in carp. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.* **37**:404~409.
- Pan, Y., F. Q. Wang and H. L. Liu 2000 Optimal proportion of fish meal and soybean cake in formulated diets of juvenile sea perch *Lateolabrax japonicus*. *J. Dalian Fish. Univ.* **15**(3):157~163. [潘勇, 王福强, 刘焕亮 2000 花鲈配合饲料中鱼粉与豆粕适宜比例的研究. 大连水产学院学报 **15**(3):157~163.]
- Paul, A. J., J. M. Paul and R. L. Smith 1995 Compensatory growth in Alaska yellowfin sole, *Pleuronectes asper*, following food deprivation. *J. Fish. Biol.* **46**:442~448.
- Qian, Y. X. 2002a Effect of starvation on protease of cultured *Lateolabrax japonicus*. *Fish. Sci.* **21**(3):6~7. [钱云霞 2002a 饥饿对养殖鲈蛋白酶活力的影响. 水产科学 **21**(3):6~7.]
- Qian, Y. X., H. Q. Chen and J. F. Sun 2002b Effect of starvation on blood physiology and biochemical indexes of cultured *Lateolabrax japonicus*. *J. Fish. Sci. China* **9**(2):133~136. [钱云霞, 陈惠群, 孙江飞 2002b 饥饿对养殖鲈血液生理生化指标的影响. 中国水产科学 **9**(2):133~136.]
- Shen, W. Y., H. R. Lin and W. M. Zhang 1999 Effects of starvation and refeeding on biochemical composition of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fingerling. *Acta. Zoo. Sin.* **45**(4):404~412. [沈文英, 林浩然, 张为民 1999 饥饿和再投喂对草鱼种生物化学组成的影响. 动物学报 **45**(4):404~412.]
- Wang, X. Q., Q. Y. Duan, K. S. Mai and B. G. Zhang 2002 Studies on fatty liver of cultured fishes: a review. *Mar. Sci.* **26**(7):36~39. [王兴强, 段青源, 麦康森, 张百刚 2002 养殖鱼类脂肪肝研究概况. 海洋科学 **26**(7):36~39.]
- Xie, X. J., L. Deng and B. Zhang 1998 Advances and studies on ecophysiological effects of starvation on fish. *Acta. Hydrobiol. Sin.* **22**(2):181~188. [谢小军, 邓利, 张波 1998 饥饿对鱼类生理生态学影响的研究进展. 水生生物学报 **22**(2):181~188.]
- Zhang, B., Y. Sun and Q. S. Tang 2000 The effects of starvation on growth and biochemical composition in *Pagrosomus major*. *J. Fish. China* **24**(3):206~210. [张波, 孙耀, 唐启升 2000 饥饿对真鲷生长及生化组成的影响. 水产学报 **24**(3):206~210.]