

草鱼摄食高脂饲料后血脂变化的初步研究^{*}

杜震宇, 刘永坚, 田丽霞, 王骥腾, 王 勇, 郭 冉, 梁桂英

(中山大学水生经济动物研究所 // 广东省水生经济动物良种繁育重点实验室, 广东 广州 510275)

摘 要: 借鉴人类营养学中的 FTT 试验方法, 以无脂纯化饲料为对照, 采用脂肪含量为 12% 的高脂纯化饲料, 对草鱼 *Ctenopharyngodon idella* 摄食高脂饲料后血脂 (甘油三酯、胆固醇、高密度脂蛋白和低密度脂蛋白) 的变化进行了连续观察。以摄食前血脂相关指标水平为基础水平, 每隔 1.5 h 取样一次, 连续观察 9 h。结果表明, 草鱼摄食高脂饲料后血脂升高, 出现两个吸收高峰, 分别出现在摄食后 1.5 h 和 6 h, 同时在摄食后 4h 和 9h 达到或接近基础水平。提示草鱼摄食高脂饲料后血脂变化情况与人类等哺乳动物不同, 鱼类 FTT 试验的相关参数尚需进一步探索。

关键词: 草鱼 *Ctenopharyngodon idella*; 血脂; 高脂饲料; FTT 试验

中图分类号: Q175; S917 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2004) S1-0077-03

在鱼类营养研究中, 不少学者发现, 在饲料中适当增加脂肪的含量, 可节约蛋白质消耗, 降低饲料和代谢产物对水环境的污染, 因此目前国际上对高脂饲料的研制已成为一大热点^[1-4]。草鱼是我国特有的植食性鱼类, 在自然生活状态中以水旱草为主。目前草鱼已被大规模人工养殖, 在养殖中则往往以配合饲料为其主要食物。目前的草鱼配合饲料中, 脂肪含量很低, 一些报道也指出, 草鱼饲料中适宜脂肪含量为 3% ~ 8%^[5,6], 与肉食性鱼类相比, 草鱼对脂肪的需要量并不算很高。但是, 尚无文献报道高脂饲料对草鱼血脂的影响和对其可能产生的不良影响。

脂肪耐受试验 (FTT, fat tolerance test) 主要用于可作为评价机体富含甘油三酯脂蛋白清除延迟的客观指标, 同时也可用于动物脂肪代谢生化机制的研究^[7,8]。目前该指标多用于人类营养研究和小鼠等模式动物的代谢研究。国内外尚无鱼类脂肪耐受实验的相关报道。本文借鉴 FTT 实验的思路, 配制脂肪含量为 12% 的配合饲料, 以无脂饲料为对照, 对草鱼摄食高脂饲料后血脂动态的变化进行了初步研究, 以期为进一步完善和发展 FTT 试验在鱼类营养中的应用提供最初的依据。

1 材料与方法

1.1 实验鱼、实验条件和日常管理

实验所用的草鱼 *Ctenopharyngodon idella* 由中山大学鱼类营养研究室鱼塘供应, 养殖于室内循环流

水 (活性炭和珊瑚沙过滤) 的水族箱 (100 cm × 50 cm × 50 cm, 250 L) 内。体质量为 (6.33 ± 1.23) g。试验期间保持连续充氧, 水温、溶解氧、pH 和氨含量分别是 26.2 ~ 27.5 °C, 7.55 ~ 8.46 mg · L⁻¹, 7.61 ~ 7.97 和 0.08 ~ 0.12 mg · L⁻¹。

1.2 实验饲料

实验饲料采用酪蛋白和明胶作为蛋白源, 鱼油和玉米油的混合物为脂肪源, 配制成直径为 1.5 mm 的 2 种纯化饲料 (w) (对照组: 蛋白, 37.8%, 脂肪, 0%, 糖, 20%, 总能, 2.31 kCal/g; 高脂饲料: 蛋白, 37.8%, 脂肪, 12%, 糖, 20%, 总能, 3.39 kCal/g), 冰箱低温保存。

1.3 实验过程和样品分析

挑选个体均匀游动活泼的草鱼于 8 个水族箱中, 每 4 个箱为一个处理, 每箱放养草鱼 40 尾。取样前使其在水族箱中适应 2 周, 期间投喂脂肪含量为 6% 的正常饲料, 投喂量为鱼体重的 1%。实验开始前停止投喂饲料 2 d。实验当日于投喂前取鱼 10 尾, 心脏采血得到基础样。于上午 9:00 在 2 个处理组中分别投喂相当于鱼体质量 4% 的 2 种饲料, 使其自由摄食至饱食。1 h 后清除饲料残饵。投喂后每隔 1.5 h 从各个箱中取鱼 3 尾 (每个处理 12 尾鱼), 共取样 6 次。取得鱼后立即毁髓致其昏迷, 心脏采血, 每 6 尾鱼做一混样, 取得两个平行样, 肝素钠抗凝。采得血样后置离心管中室温静置 2 h, 9 500 × g 离心 12 min, 分离血浆。所有样品取得后立即置于 -20 °C 冰箱保存待测。待所有样品

^{*} 收稿日期: 2004-04-28

作者简介: 杜震宇 (1977 年生), 男, 博士研究生; 通讯联系人: 刘永坚; E-mail: ls59@zsu.edu.cn

采集完毕后, 将血浆解冻, $2\,000\times g$ 离心 10 min 除去凝胶状物后在日立 7170 自动生化测定仪上进行血浆生化指标的分析。分析指标为甘油三酯、胆固醇、高密度脂蛋白和低密度脂蛋白。

1.4 数据处理和制图

基础样数据为基础水平 (基线), 不同取样点数据为同期两个平行混样数据的平均数, Excel 2000 (Office 2000, Microsoft) 作图。

2 结 果

草鱼摄食高脂饲料后四项血浆生化指标动态变

化见图 1。可以明显看到在本研究取样时间内, 草鱼在摄食高脂饲料后各血脂指标均高于基础水平, 并出现两个高峰, 分别出现在摄食后 1.5 h 和 6 h, 同时在摄食后 4.5 h 和 9 h 达到或接近基础水平, 呈现出明显的波浪状图形。同时也可以看到, 草鱼摄食无脂对照饲料后胆固醇、高密度脂蛋白和低密度脂蛋白同样呈现波浪图形, 其曲线走势与摄食高脂饲料组草鱼相关指标趋势相同, 但是此三项指标数据均低于同期摄食高脂饲料组草鱼, 并在基础水平上下波动。草鱼摄食无脂饲料后, 甘油三酯呈现逐步上升趋势, 与其它图形所不同。

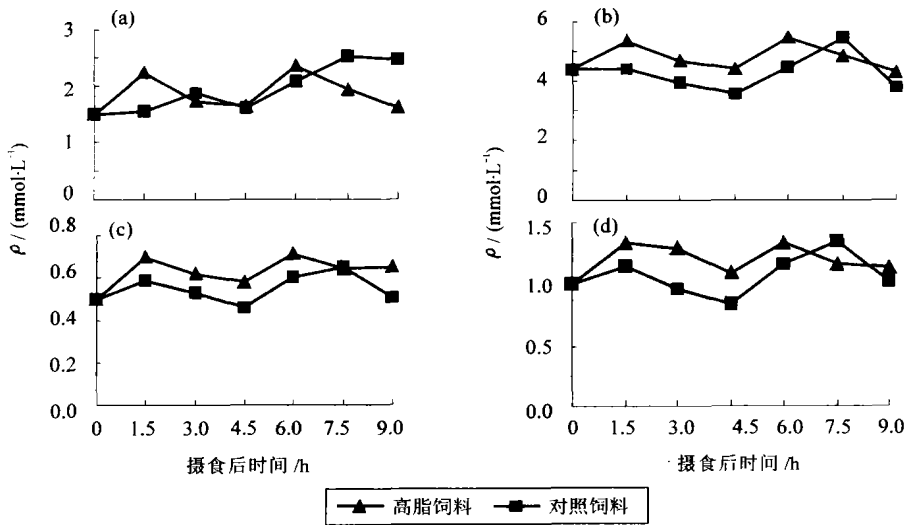


图 1 草鱼摄食高脂饲料后血脂 4 项的变化

Fig 1 The change of blood lipid indexes of grass carp after fed high-fat fomulated diet
(a) 甘油三酯; (b) 胆固醇; (c) 高密度脂蛋白; (d) 低密度脂蛋白

3 讨 论

在人类营养研究中, FTT 试验主要采用血清乳糜浊度 (A 值)、甘油三酯和高密度脂蛋白作为检测指标^[8], 并发现血清乳糜浊度和甘油三酯在摄食后的变化均大致呈现单峰状图形^[7], 但是在不同的人群中, 波峰出现时间不同, 一般在 2~5 h 内出现高峰, 正常人在 8 h 内恢复或接近空腹的基础水平^[7,8]。而高密度脂蛋白则往往被甘油三酯所抑制, 导致出现 “V” 字图形^[8]。

本试验的试验对象为草鱼, 与哺乳动物亲缘关系较远, 其消化道结构和消化方式也大相径庭。因此, FTT 试验结果与人类相比有较大不同。哺乳动物具有完善的咀嚼器官和发达的胃, 食物在经过咀嚼器官和胃的机械碾磨搅拌作用后成为食糜进入肠道, 大大有利于对食物中营养素的快速完全吸收。而草鱼为无胃鱼类, 对食物只能吞咽而不能进行充

分的咀嚼。食物直接进入肠道。通过本实验室对草鱼摄食的长期解剖观察表明, 草鱼对颗粒状配合饲料完全依靠吞咽作用进行, 饲料在进入肠道后依然保持颗粒状, 尔后在食道壁的挤压和消化酶慢慢从外而内的渗透作用下分成很多小段, 在从前肠到后肠的移动过程中逐渐被消化吸收, 饱食一餐后, 4 h 内饲料残渣可到消化道末端, 12 h 内将肠排空。但是, 甚至在摄食后 9 h, 仍可以观察到饲料颗粒的小段在肠道中存在。另有学者认为, 鱼类对食物的消化和排空并不是直线式的, 而是以脉冲式进行^[9]。本研究结果中, 草鱼摄食高脂饲料后血脂水平出现波浪状图形, 即说明其对饲料中的脂肪吸收存在着 “活跃—滞缓—活跃……” 内在节律, 这是与其对配合饲料的消化吸收方式和其本身的消化吸收特点相适应的。另外, 有研究表明, 鱼类对脂肪的吸收部位存在不同, 鲤科鱼类在肠道中部充分吸收脂肪^[10]。通过本实验室长期解剖发现, 当草鱼

摄食配合饲料后 6~7 h, 饲料小段基本集中于中肠部分, 这也可以部分解释在本研究结果中为什么在摄食后 6 h 出现第二个血脂高峰。

在人类和小鼠的营养研究中发现, 如果长期摄食高脂含量食物, 可加重肝脏和心血管负担, 造成高脂血症^[1]。本实验中, 通过与摄食无脂饲料草鱼的血脂情况的比较, 可以看到饲料中较高的脂肪水平可以影响其血脂水平, 如果长期给鱼投喂高脂饲料, 会对鱼的代谢造成何种不良影响, 尚待研究。至于为何草鱼摄食无脂饲料后甘油三酯逐渐升高, 其峰值甚至高于高脂饲料组, 原因未明。

在人类营养研究中, FTT 试验中血脂达到峰值和恢复为基础水平的时间可用于评价脂肪代谢异常和心血管疾病发生的潜在危险^[7,8], 而目前养殖鱼类营养代谢障碍导致的营养性疾病也大量存在, 如常见的脂肪肝病即是脂肪代谢障碍的后果之一^[12]。如何应用 FTT 试验这一相对简单易行的评价方法来评估鱼类脂肪代谢障碍发生的可能性, 是值得进一步探索和研究的课题。从本研究的初步结果来看, 鱼类 FTT 试验尚存在很多不确定因素。以本研究结果为例, 判断血脂峰值时间和恢复时间以 1.5 h 和 4.5 h 还是 6 h 和 9 h 为标准便存在困难。另外, 在人类 FTT 试验中的脂肪餐脂肪含量为每 kg 体质量 1~1.5 g, 脂肪含量过高则易引起恶心和呕吐^[7,8]。但很多种鱼类可摄食脂肪含量很高的饲料 (超过 20%)^[10], 本研究的试验饲料脂肪含量为 12%, 虽然高于草鱼的正常脂肪需要量, 但是在对其的 FTT 试验中, 该含量是否为适宜的剂量, 尚待摸索。同时, 人类营养 FTT 试验选择的指标是否适合鱼类 FTT 试验, 如高密度脂蛋白的变化规律便与人类血脂变化水平不同。另外, 考虑到鱼类种类太多, 其消化器官、消化方式不同, 食性不同, 因此可以想

象不同鱼类对高脂饲料的反应也不相同。因此, 还需要进行大量相关实验, 以规定某种或某几种代表性鱼类 FTT 试验的相关参数, 使之成为一项有效的营养评价指标。

参考文献:

- [1] PAGE J W, ANDREWS J W. Interaction of dietary levels of protein and energy on channel catfish (*Ictalurus punctatus*) [J]. J. Nutr., 1973, 103: 1339—1346.
- [2] DE SILVA S S, GUNASEKERA R M, SHIM K F. Interaction of varying dietary protein and lipid levels in young red tilapia: evidence of protein sparing[J]. Aquaculture, 1991, 95: 305—318.
- [3] VERGARA J M, FERNANDEZ-PALACIOS H, ROBAINA L, et al. The effects of varying dietary protein level on the growth, feed efficiency, protein utilization and body composition of gilthead sea bream[J]. Fish Sci, 1996, 62: 620—623.
- [4] HILTON J W, ATKINSON J L. High-energy/low-protein diets for Atlantic salmon: effects on growth, nutrient retention and slaughter quality[J]. Aquaculture, 1994, 124: 109—116.
- [5] 雍文岳. 饲料中脂肪含量对草鱼生长的影响[J]. 淡水渔业, 1985, 6: 11—14.
- [6] 刘玮, 任本根. 饲料中不同脂肪含量对草鱼稚鱼生长的影响[J]. 江西科学, 1995, 13(4): 219—223.
- [7] 李健斋. 正常人脂肪餐后血脂反应的初步观察[J]. 中华医学检验杂志, 1997, 20(5): 278—280.
- [8] 健康人脂肪耐量试验 460 例分析[J]. 中华医学检验杂志, 2001, 24(3): 161—164.
- [9] 张波, 孙耀, 唐后升. 鱼类的胃排空率及其影响因素[J]. 生态学报, 2001, 21(4): 665—670.
- [10] 尾崎久雄. 鱼类消化生理(下)[M]. 上海科学技术出版社, 1985: 452—458.
- [11] 赵水平. 高脂血症的病因和分类[J]. 中国冶金工业医学杂志, 1997, 14(5): 289—295.
- [12] 王兴强, 段青源, 麦康森, 等. 养殖鱼类脂肪肝研究概况[J]. 海洋科学, 2002, 26(7): 36—39.

The Change of Blood Lipid Indexes after Fed High fat Diet in Grass Carp

DU Zhen yu, LIU Yong jian, TIAN Li xia, WANG Ji teng, WANG Yong, GUO Ran, LIANG Gui ying

(Institute of Economic Aquatic Animals and Key Lab of GD for Improved Variety Reproduction of Aquatic Economic Animals, Sun Yan sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: Juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) (6.33 ± 1.23) g were been fed two purified formulated diet with different fat content (Control diet: non fat content; Experimental diet: 12% fat content) to observe the effect of high fat content diet on the change of four blood lipid indexes (triacylglycerol, cholesterol, low density lipoprotein and high density lipoprotein) after fed. Blood examples were collected before fed (base level) and hour 1.5, 3, 4.5, 6, 7.5, 9 after fed respectively. The results showed the blood lipid increased after fish fed high fat diet. At 1.5 h and 6 h, all blood lipid indexes reached the maximum level and at 4 h, 9 h, all the indexes reached the base level. These suggested there existed some differences of fat tolerance ability between fish and mammal.

Key words: grass carp (*Ctenopharyngodon idella*); blood lipid; high fat diet; fat tolerance test