

文章编号: 1000-8020(2015)03-0353-06

· 论 著 ·

## 能量平衡状态下不同膳食脂肪摄入量对大鼠 血脂、体脂、脂联素及瘦素的影响

孙岩桐 卓勤<sup>1</sup> 张宇 杨春 杨晓光 朴建华  
中国疾病预防控制中心营养与健康所 卫生部微量元素  
重点实验室 北京 100050



**摘要:** 目的 探讨能量平衡状态下,不同膳食脂肪摄入量对大鼠血糖、血脂、体脂、胰岛素及瘦素的影响。方法 40只SD雄性大鼠随机分为4组,分别饲喂等能量低脂饲料(脂肪供能比5%)、普通饲料(脂肪供能比15%)、中脂饲料(脂肪供能比25%)和高脂饲料(脂肪供能比40%)。测量第0、5和10周血糖和血脂水平及第0、10周血清脂联素和瘦素水平。10周末取肾周及睾周脂肪垫,计算体脂比,用realtime PCR方法测算脂肪中脂联素及瘦素mRNA的相对表达水平。结果 喂养5周及10周后,中脂组和高脂组大鼠血清中甘油三酯含量显著低于低脂组和普通组;10周末,中脂组脂肪中脂联素mRNA的表达水平显著低于低脂组;体脂比、血糖、血胆固醇、血清脂联素和瘦素水平以及脂肪中瘦素mRNA的相对表达水平,各组间均无显著性差异。结论 能量平衡状态下,不同的膳食脂肪摄入量对大鼠体脂、血糖、血清甘油三酯、脂联素及瘦素水平均无影响。

**关键词:** 能量平衡 膳食脂肪 体脂 脂联素 瘦素

中图分类号: Q591.5 R589.2

文献标志码: A

## Effect of different dietary fat intake on blood lipids , body fat , adiponectin and leptin on energy balance status in rats

SUN Yantong , ZHUO Qin , ZHANG Yu , YANG Chun , YANG Xiaoguang , PIAO Jianhua

Key Laboratory of Trace Element Nutrition MOH , National Institute for Nutrition and Health ,  
China CDC , Beijing 100050 , China

**Abstract: Objective** To investigate the effects of different dietary fat intake on body fat , adiponectin and leptin on energy balance status in rats. **Methods** Forty male SD rats were randomly assigned to four groups. Rats in low fat , normal fat , medium fat and high fat group were fed equal energy diets of low fat diet ( 5% energy from fat ) , normal diet ( 15% energy from fat ) , medium fat diet ( 25% energy from fat ) and high fat diet ( 40% energy from fat ) respectively. Blood glucose and lipids were analyzed at 0 , 5 and 10 weeks. The level of serum adiponectin and leptin was tested at 0 and 10 weeks. At the end of 10 weeks , the rats were sacrificed , the perirenal and periepididymis fat were separated and weighed. The mRNA of adiponectin and leptin in fat tissues were determined by realtime PCR. **Results** After the 5 and 10 weeks , the levels of serum triglyceride of rats in medium fat group and high fat group were lower than those in low fat group and normal fat group. At the end of 10 weeks , the expression of adiponectin mRNA

基金项目: 国家自然科学基金( No. 81372992)

作者简介: 孙岩桐,女,硕士研究生,研究方向: 营养与慢性病, E-mail: 448522754@qq.com

<sup>1</sup> 通信作者: 卓勤,女,研究员,硕士生导师,研究方向: 营养与慢性病, E-mail: zhuoqin1@sina.com

in fat tissues in medium fat group was lower than those in low fat group. There were no significant differences among four groups in body fat, blood glucose, blood cholesterol, serum adiponectin and leptin, and the expression of leptin mRNA in fat tissues.

**Conclusion** In energy balance status, different dietary fat intake had no effects on body fat, blood glucose, blood cholesterol, serum adiponectin and leptin in rats.

**Key words:** energy balance, dietary fat, body fat volume, adiponectin, leptin

肥胖( obesity) 是指长期能量摄入超过消耗, 导致体内过多的能量以脂肪的形式储存, 脂肪的聚集达到损害健康的程度<sup>[1]</sup>。它不是单纯的体重增加, 而是体内脂肪组织, 尤其是甘油三酯积蓄过剩的状态。脂肪组织可分泌多种脂肪因子( adipokines), 广泛调节机体的能量代谢和各种功能<sup>[2]</sup>。其中脂联素( adiponectin) 和瘦素( leptin) 是两种重要的脂肪因子, 脂联素可增加胰岛素敏感性, 促进糖脂代谢<sup>[3]</sup>; 瘦素通过抑制食欲、减少能量摄入、抑制脂肪合成、增加能量消耗等途径调节能量代谢, 具有调节体重、参与体内物质和能量代谢的生物学效应<sup>[4]</sup>。

肥胖的成因与能量正平衡有关, 能量过剩也一直被认为是肥胖的主因。然而, 近年来人群膳食调查显示, 每日能量摄入呈下降趋势, 肥胖及相关慢性病却呈上升趋势。但值得注意的是, 膳食中脂肪的比例则呈逐年上升趋势。提示膳食脂肪供能比的增加似乎是肥胖的主因<sup>[5-7]</sup>。

目前, 一部分研究显示, 在校正了总能量后, 体重增加与膳食脂肪供能比无显著相关性<sup>[8-9]</sup>; 而另一部分研究结果则相反, 认为膳食脂肪比例的增加会打破机体原有的碳水化合物和蛋白质调节机制, 从而增加脂肪积累<sup>[10]</sup>。可见, 能量过剩与膳食脂肪供能比增加, 哪一个才是肥胖的主因仍存在争议。而且迄今对膳食脂肪供能比的研究<sup>[9-11]</sup>, 都没有排除能量摄入量这一混杂因素。

因此, 本研究在严格控制能量平衡的条件下, 分别用脂肪供能比为 5%、15%、25% 和 40% 的饲料对 SD 雄性大鼠进行为期 10 周的喂养, 观察不同脂肪摄入量对大鼠血糖、血脂、体脂、血中脂联素和瘦素含量以及脂肪组织中脂联素和瘦素 mRNA 表达水平的影响, 探寻脂肪摄入量与肥胖的相关性。

## 1 材料与方法

### 1.1 饲料配制

低脂饲料、普通饲料、中脂饲料和高脂饲料脂肪供能比分别为 5%、15%、25% 和 40%。4 组饲料均以 AIN-93M 配方为参照进行配置, 保证单位能量饲料中所含的蛋白质、矿物盐、维生素的含量基本一致, 脂肪不足的部分由碳水化合物补齐, 饲料配方及能量见表 1。以上实验饲料中脂肪来源一半为动物脂肪, 一半为植物脂肪。4 组饲料由北京华阜康生物科技股份有限公司配制, 许可证号: SCXK(京) 2014-0008, 饲料形式为颗粒状(φ12 mm), 经<sup>60</sup>Co 辐照灭菌, 真空包装 2 kg 一袋。饲料配成后由北京市营养源研究所分析检测中心进行营养成分及总能量的检测。结果显示, 4 组饲料的脂肪供能比均符合预期的 5%、15%、25% 和 40%, 各组单位能量饲料中所含的其余主要营养成分基本一致, 并符合 AIN-93M 的配方要求(表 2)。

表 1 四组饲料的配方

饲料成分	低脂组	普通组	中脂组	高脂组
脂肪	19.480	62.120	110.448	196.570
酪蛋白	136.338	144.922	154.603	171.971
L-胱氨酸	1.763	1.874	2.001	2.224
淀粉	750.697	693.737	628.889	514.017
纤维	46.284	49.199	52.485	58.381
矿物质混合物	34.080	36.226	38.646	42.988
维生素混合物	9.726	10.350	11.042	12.282
氯化胆碱	1.380	1.467	1.565	1.741
Tert-butylhydroquinone	0.008	0.008	0.009	0.010
能量 <sup>(1)</sup>	3506.247	3727.062	3976.027	4423.017

注: (1) 单位为 kcal/kg

表2 成品饲料主要成分的检测结果

Table 2 Analyzed results of main components in the final products

饲料成分	含量/(g/kg)				单位能量含量/(g/kcal)			
	低脂组	普通组	中脂组	高脂组	低脂组	普通组	中脂组	高脂组
粗脂肪	26.0	70.0	117.0	187.0	0.007	0.018	0.027	0.041
粗蛋白	114.0	121.0	132.0	144.0	0.031	0.031	0.031	0.031
碳水化合物	743.0	701.0	667.0	578.0	0.200	0.177	0.156	0.126
粗灰分	24.0	25.0	28.0	30.0	0.006	0.006	0.007	0.007
水分	93.0	83.0	56.0	61.0	0.025	0.021	0.013	0.013
粗纤维	13.0	17.0	26.0	31.0	0.004	0.004	0.006	0.007
钙	5.0	5.4	5.5	6.6	0.001	0.001	0.001	0.001
总磷	3.0	3.2	3.4	3.8	0.001	0.001	0.001	0.001
能量 <sup>(1)</sup>	3711.8	3957.9	4280.6	4586.5				

注:(1)单位为 kcal/kg

## 1.2 实验动物

**1.2.1 动物分组与饲养** 购买健康 SPF 级 SD 大鼠 50 只,雄性,其中 7 周龄大鼠 40 只,体重 200~220 g;10 周龄大鼠 10 只,体重 300~350 g。所有大鼠均购自北京维通利华实验动物技术有限公司,生产许可证号:SCXK(京)2012-0001。大鼠饲养于中国疾病预防控制中心动物实验室,许可证号:SYXK(京)2009-0032,室温 20~23℃,相对湿度 40%~70%,昼夜明暗交替 10 h/14 h。

所有大鼠单笼喂养,自由饮水。其中 10 只 10 周龄大鼠用作预实验,每两天定量给予普通饲料(脂肪供能比 15%),并称体重,确定其处于能量平衡状态(维持体重 350~400 g)时每公斤体重每日所需进食量,计算能量,换算出等能量相应低脂、中脂、高脂饲料的重量。

其余 40 只 7 周龄大鼠用普通饲料喂养 3 周,每周称体重一次,在体重达到 350~400 g 后,按体重及体重增长随机将动物分为低脂、普通、中脂、高脂 4 组,每组 10 只,分别饲喂低脂、普通、中脂、高脂 4 种饲料,按照预实验结果,每两天给一次定量饲料,称进食量,并称体重,根据体重适当调整给食量,控制体重基本不变。

**1.2.2 动物处理** 实验第 0 和 5 周经大鼠尾静脉采血;第 10 周时经腹主动脉采血。采血前,实验大鼠禁食(不禁水)16 h。采血后离心,分离血清,用于血糖、血脂、脂联素、瘦素的测定。实验第 10 周末,所有大鼠经 10% 水合氯醛(0.4 ml/100 g)麻醉处死后,取肾周及附睾周脂肪垫称重,加入 RNAlater(购自 Invitrogen 公司),-80℃ 保存,用于之后 mRNA 的测定。

## 1.3 检测指标

**1.3.1 体脂比计算** 体脂比 = [肾周脂肪垫重量(g) + 附睾周脂肪垫重量(g)] / 体重(g) × 100%

**1.3.2 血糖、血脂测定** 第 0、5、10 周大鼠采血

制备血清后,采用全自动血生化分析仪(7080 型,日立公司)测定血清中血糖(Glu)、甘油三酯(TG)、胆固醇(CHO)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)水平。

**1.3.3 血清脂联素、瘦素水平测定** 取第 0 和 10 周血清,采用 ELISA 法,在酶标仪(Multiskan FC 酶标仪,美国 Thermo 公司)上测定血清脂联素和瘦素水平。ELISA 试剂盒均由美国 Andygene 生产,购自北京麦格泰克科技有限公司。以标准品浓度为横坐标,以其对应 A 值为纵坐标,在 Excel 中绘制标准曲线,得出线性回归方程:脂联素为  $y = 52.425x - 1.021$ ,瘦素为  $y = 3.625x - 0.111$ 。样品线性回归与预期浓度相关系数 R 值均在 0.99 以上。将样本 A 值带入方程,得出样本浓度,再乘以稀释倍数 5 得出实际浓度。

**1.3.4 RT-PCR 方法检测脂肪组织脂联素和瘦素 mRNA 表达水平** 采用 TRIZOL 法提取脂肪组织中总 mRNA<sup>[12]</sup>,并在微量紫外分光光度计(北京锦坤科技有限公司)上测定 mRNA 浓度,适当调节使其浓度一致。提取成功后,用 HiFi-MMLV cDNA 第一链合成试剂盒(北京博乐通生物科技有限公司)将 mRNA 逆转录成 cDNA。

脂联素、瘦素及内参  $\beta$ -actin 引物由上海生工生物工程股份有限公司设计,经特异性检验后,由上海生工合成。

脂联素引物:上游 CCCTCCACCCAAGGAACT,下游 ACCAAGAACACCTGCGTCTC,目的片段大小为 139 bp;

瘦素引物:上游 CCTGTGGCTTTGCTCC TATC,下游 ATACCGACTGCGTGTGTGAA,目的片段大小为 128 bp;

$\beta$ -actin 引物:上游 GGGAAATCGTCGGT GACATT,下游 GCGGCAGTGGCCATCTC,目的片段大小为 130 bp。

按照 Realtime PCR Master Mix( SYBR Green) 试剂盒( 北京博乐通生物科技有限公司) 说明操作, 采用 realtime PCR 方法, 在实时荧光 PCR 仪( iQ™5 多重实时荧光 PCR 仪, 美国 Bio-RAD 公司) 上进行检测, PCR 反应条件: 95 ℃ 预变性 2 min; 94 ℃、10 s、60 ℃、40 s、40 个循环。反应结束后产生相应扩增曲线和溶解曲线, 并得出 Ct 值。采用 2 - ΔΔCt 法得出目的基因的相对表达水平<sup>[13]</sup>。

1.4 统计学处理

数据采用 SPSS 18.0 软件进行统计分析, 以平均数 ± 标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示。同一指标组间比较, 先进行正态性检验, 若数据符合正态性, 采用单因素方差分析( one way ANOVA); 若数据不符合正态性, 则采用非参数检验进行统计分析。P < 0.05 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 大鼠一般情况

由图 1、图 2 可见, 大鼠体重严格控制在 350 ~ 400 g 范围内, 各组间体重及平均每日进食量的变化趋势基本一致。经计算, 各组的平均每

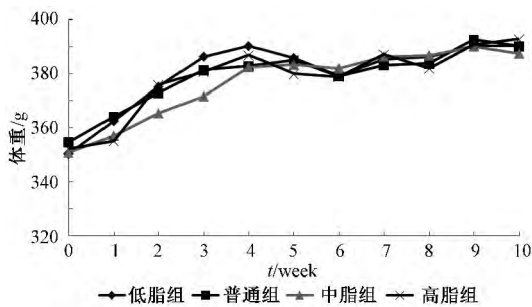


图 1 4 组大鼠体重变化曲线  
Figure 1 Body weight curves of rats in 4 groups

日能量摄入分别为 71.0、70.4、71.1 和 71.4 kcal。

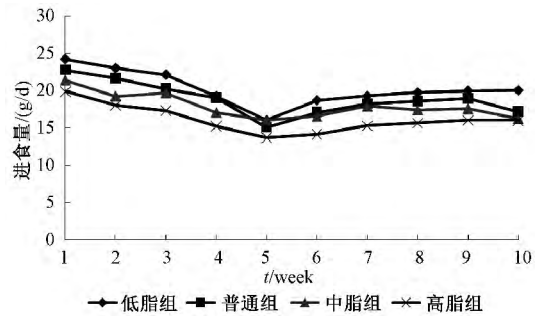


图 2 4 组大鼠进食曲线

Figure 2 Food consumption curve of rats in 4 groups

2.2 大鼠体脂比

由表 3 可见, 实验结束时, 各组大鼠的体重差异无统计学意义, 低脂组体脂比略低于其他 3 组, 但差异无统计学意义。

表 3 10 周末 4 组大鼠体脂比比较

Table 3 Comparison of body fat rate between 4 groups at the end of 10 weeks (n = 10,  $\bar{x} \pm s$ )

组别	体重/g	肾周+睾周脂肪垫重量/g	体脂比/%
低脂组	390.2 ± 4.0	6.98 ± 2.54	1.79 ± 0.66
普通组	390.1 ± 3.3	8.55 ± 3.61	2.19 ± 0.92
中脂组	387.3 ± 4.9	7.96 ± 3.00	2.05 ± 0.77
高脂组	392.8 ± 3.3	7.77 ± 2.58	1.98 ± 0.66

2.3 血糖、血脂测定结果

由表 4 可见, 5 周后, 大鼠血清甘油三酯含量中脂组明显低于低脂组 (P < 0.05), 高脂组明显低于低脂组和普通组 (P < 0.01); 喂养 10 周后, 血清甘油三酯含量高脂组明显低于低脂组和普通组 (P < 0.01, P < 0.05)。血糖、总胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇和高密度脂蛋白胆固醇含量, 在喂养 5 周及 10 周后, 各组间差异均无统计学意义。

表 4 第 0、5 和 10 周 4 组大鼠血清中血糖及血脂水平

Table 4 The levels of serum glucose and lipids of rats in 4 groups at 0, 5 and 10 weeks (n = 10,  $\bar{x} \pm s$ )

时间/周	分组	Glu	CHO	TG	LDL-C	HDL-C
0	低脂组	4.52 ± 0.68	1.72 ± 0.50	0.51 ± 0.14	0.24 ± 0.10	1.28 ± 0.34
	普通组	5.89 ± 0.50	1.82 ± 0.46	0.64 ± 0.12	0.31 ± 0.15	1.28 ± 0.32
	中脂组	4.61 ± 0.35	1.73 ± 0.40	0.62 ± 0.14	0.26 ± 0.14	1.26 ± 0.26
	高脂组	4.67 ± 0.36	1.84 ± 0.41	0.54 ± 0.09	0.27 ± 0.11	1.35 ± 0.28
5	低脂组	3.77 ± 0.29	1.79 ± 0.30	0.64 ± 0.15	0.25 ± 0.10	1.43 ± 0.23
	普通组	4.07 ± 0.68	1.93 ± 0.37	0.56 ± 0.13	0.24 ± 0.06	1.52 ± 0.29
	中脂组	3.84 ± 0.20	1.84 ± 0.35	0.44 ± 0.10 <sup>(1)</sup>	0.22 ± 0.06	1.47 ± 0.27
	高脂组	4.04 ± 0.70	1.75 ± 0.44	0.35 ± 0.07 <sup>(2,3)</sup>	0.24 ± 0.04	1.42 ± 0.36
10	低脂组	10.26 ± 2.27	1.51 ± 0.22	0.37 ± 0.07	0.14 ± 0.07	1.20 ± 0.15
	普通组	10.52 ± 2.53	1.50 ± 0.30	0.40 ± 0.12	0.14 ± 0.05	1.17 ± 0.23
	中脂组	9.20 ± 1.47	1.43 ± 0.23	0.30 ± 0.06	0.13 ± 0.05	1.20 ± 0.19
	高脂组	9.26 ± 1.17	1.39 ± 0.31	0.24 ± 0.04 <sup>(2,4)</sup>	0.16 ± 0.05	1.10 ± 0.24

注: (1) 与低脂组比较 P < 0.05; (2) 与低脂组比较 P < 0.01; (3) 与普通组比较 P < 0.01; (4) 与普通组比较 P < 0.05

## 2.4 血清脂联素、瘦素水平

由表5可见,实验开始及喂养10周后,4组大鼠血清脂联素和瘦素水平均无差异。

表5 第0、10周4组大鼠血清脂联素和瘦素水平

Table 5 The level of serum adiponectin and leptin of rats in 4 groups at 0 and 10 weeks ( $n = 10 \bar{x} \pm s$ )

时间/周	组别	μg/ml	
		脂联素	瘦素
0	低脂组	8.98 ± 2.35	5.20 ± 0.76
	普通组	8.68 ± 1.71	4.54 ± 0.75
	中脂组	9.20 ± 1.63	4.80 ± 0.97
	高脂组	8.00 ± 1.20	4.75 ± 0.74
10	低脂组	8.33 ± 1.67	5.28 ± 0.92
	普通组	8.49 ± 2.01	4.60 ± 0.77
	中脂组	9.48 ± 1.57	4.99 ± 0.87
	高脂组	9.59 ± 1.75	5.19 ± 0.89

## 2.5 脂肪组织中脂联素和瘦素 mRNA 的表达水平

由表6可见,饲喂中脂饲料10周后,大鼠脂肪组织中脂联素 mRNA 与低脂组相比,表达量明显减少 ( $P < 0.05$ ); 普通组及高脂组脂联素 mRNA 的表达水平与低脂组相比,差异无统计学意义。

10周末,普通组、中脂组与高脂组大鼠与低脂组相比,脂肪组织中瘦素 mRNA 的表达水平有随着膳食脂肪供能比的提高而升高的趋势,但差异无统计学意义。

表6 10周末大鼠脂肪组织中脂联素和瘦素 mRNA 表达水平

Table 6 The expression of adiponectin and leptin mRNA in fat tissues of 4 groups at the end of the 10<sup>th</sup> week ( $n = 10 \bar{x} \pm s$ )

组别	脂联素	瘦素
低脂组	1.02 ± 0.25	1.09 ± 0.43
普通组	0.69 ± 0.45	1.13 ± 0.39
中脂组	0.59 ± 0.31 <sup>(1)</sup>	1.23 ± 0.31
高脂组	0.82 ± 0.57	1.37 ± 0.27

注: (1) 与低脂组比较  $P < 0.05$

## 3 讨论

以往研究中,即使控制膳食的摄入,各组研究对象的能量摄入也不尽相同,高脂肪膳食组摄入的能量通常要高于对照组,缺少对于能量平衡条件的控制。本实验以能量平衡为研究的前提,严格控制各组的能量摄入,各组的平均每日能量摄入分别为71.0、70.4、71.1和71.4 kcal,弥补了上述缺陷。除此之外,在饲料的配制过程中,保持4组饲料相同能量所含其他营养素(碳水化合物除

外)基本一致,以确保各组主要营养素的均衡,防止营养素缺乏或过量。4组饲料相同能量所含其他营养素(碳水化合物除外)基本一致,实验设计更加合理,使所得结果更加科学。

本实验发现,在控制能量平衡即控制体重维持一定水平的条件下,各组大鼠的体脂含量差异不显著,并不会随着膳食脂肪供能比的提高而增加,这一结论与已有研究的结果<sup>[8]</sup>相同。脂肪的积累主要是由于摄入的能量大于消耗,多余的能量在体内堆积所致;而保持摄入的能量不变,仅增加膳食中脂肪的比例,不会引起脂肪的堆积。

在一些不限食的研究中,高脂组的血糖、血脂水平要显著高于低脂组<sup>[14-15]</sup>。本实验中,控制能量平衡后,血清中总胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇和高密度脂蛋白胆固醇在各组间均无差异;10周末血糖水平与第0、5周相比增高,可能系10周末所采为动脉血所致,但4组间相互比较可知,血糖水平并无差异。而中、高脂组的血清甘油三酯水平则显著低于低脂组。脂肪酸是机体必需的营养素,不同种类的脂肪酸其生理功能也不尽相同。其中植物脂肪中所含的单不饱和脂肪酸亚油酸等均有降低血胆固醇的功能,其他不饱和脂肪酸更是有降血糖和血液中甘油三酯的作用<sup>[16]</sup>。本实验在配制饲料时强调脂肪来源一半来自动物一半来自植物。本实验中中脂、高脂饲料组血清甘油三酯水平的降低是否与饲料中含有更高的植物脂肪相关需要进一步研究证实。

脂肪堆积在体内并不仅仅起着保温、减震、贮存能量的功能,近年来研究发现,脂肪还是一个活跃的内分泌器官,合成分泌各种调节代谢的因子,其中脂联素和瘦素更是成为研究的热点。脂联素是一种胰岛素超化激素,能够加强胰岛素的作用,调节血糖,通过与受体 adipoR1、adipoR2 结合发挥功能。脂联素与肥胖密切相关,是目前发现的唯一随脂肪组织增加而分泌减少的白色脂肪组织蛋白产物,血浆中脂联素水平与甘油三酯、低密度脂蛋白水平成负相关,与高密度脂蛋白水平成正相关<sup>[17]</sup>。除此之外,脂联素还有抑制肿瘤坏死因子(TNF)生成、调节血管内皮分泌以及抗炎等作用。本实验中,经过10周的喂养,血清中脂联素的含量并没有因为脂肪供能比的升高而降低。但在基因水平上,中脂组与低脂组相比,脂联素 mRNA 在脂肪组织的表达量显著下降,而普通组和高脂组则无变化,可能不同的膳食脂肪含量在一定程度上对脂联素的分泌有影响,但脂肪含量过高时,其调控水平不明显。这一结果也需进一

步研究证实。

瘦素也是机体内重要的脂肪因子,是能量平衡的长期调节信号。瘦素水平与脂肪组织量成正比,它可作用于下丘脑代谢调节中枢,通过双向激活酶和转录激活蛋白进行信号转导抑制食欲,增加能量消耗,从而抑制脂肪堆积<sup>[4]</sup>。瘦素与胰岛素类似,抵抗现象常见于肥胖患者中,体内瘦素水平升高,却达不到减脂减重的目的,其原因可能与受体结合异常、血液中存在拮抗成分等原因有关。本实验的结果显示,由于体脂比、血糖及血脂水平在各组间无差异,无论血清水平还是基因水平,不同的脂肪供能比对瘦素的分泌均无影响。

本实验结果表明,在能量平衡状态下,不同的膳食脂肪摄入量对大鼠体脂、血糖、血清胆固醇、脂联素及瘦素水平均无影响,高脂肪含量饮食是否能够降低血胆固醇含量和脂肪组织中脂联素 mRNA 的表达还需进一步研究验证。

#### 参考文献

- [1] 陈芳芳,米杰. 儿童肥胖的评价标准及流行现状[J]. 实用儿科临床杂志, 2007, 22(23): 1837-1840.
- [2] KERSHAW E E, FLIER J S. Adipose tissue as an endocrine organ [J]. J Clin Endocrinol Metab, 2004, 80: 2548-2556.
- [3] SPRANGER J, KROKE A, MOHLIG M, et al. Adiponectin and protection against type 2 diabetes mellitus [J]. Lancet, 2003, 361: 226.
- [4] 康冬梅. 肥胖相关脂肪因子和能量平衡[J]. 中国临床保健杂志, 2009, 12(4): 388-390.
- [5] 张兵,王惠君,杜文雯,等. 1989-2009年中国九省区居民膳食营养素摄入状况及变化趋势(二): 18-49岁成年居民膳食能量摄入状况及变化趋势[J]. 营养学报, 2011, 33(3): 237-242.
- [6] DENOVA-GUTIERREZ E, CASTANON S, TALAVERA J O, et al. Dietary patterns are associated with different indexes of adiposity and obesity in an urban Mexican population [J]. J Nutr, 2011, 141(5): 921-927.
- [7] CHO Y A, SHIN A, KIM J. Dietary patterns are associated with body mass index in a Korean population [J]. J Am Diet Assoc, 2011, 111(8): 1182-1186.
- [8] BRADLEY U, SPENCE M, COURTNEY C H, et al. Low-fat versus low-carbohydrate weight reduction diets: effects on weight loss, insulin resistance, and cardiovascular risk: a randomized control trial [J]. Diabetes, 2009, 58(12): 2741-2748.
- [9] DONNELLY J, SULLIVAN D, SMITH B K, et al. Alteration of dietary fat intake to prevent weight gain: jayhawk observed eating trial [J]. Obesity, 2008, 16(1): 107-112.
- [10] WOODS S C, D'ALESSIO D A, TSO P, et al. Consumption of a high-fat diet alters the homeostatic regulation of energy balance [J]. Physiol Behav, 2004, 83(4): 573-578.
- [11] DONAHOO W, WYATT H R, KRIEHN J, et al. Dietary fat increases energy intake across the range of typical consumption in the United States [J]. Obesity, 2008, 16(1): 64-69.
- [12] 王寒松,彭帅,谢远红,等. 一种 RNA 提取试剂盒——TRIZOL 的使用方法初探 [J]. 食品科学, 2005, 11: 39-42.
- [13] LIVAK K J, SCHMITTGEN T D. Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the 2<sup>(-delta delta C<sub>T</sub>)</sup> method [J]. Methods, 2001, 25: 402-408.
- [14] 汤锦花,严海东. 营养性肥胖大鼠模型的建立及评价 [J]. 同济大学学报: 医学版, 2010, 31(1): 32-34.
- [15] 唐勇,宋光耀. 高脂饮食大鼠脂肪组织甘油三酯脂酶的表达及罗格列酮的干预 [J]. 中国老年学杂志, 2009, 29: 1349-1351.
- [16] KRIS-ETHERTON P M, PEARSON T A, WAN Ying, et al. High-monounsaturated fatty acid diets lower both plasma cholesterol and triacylglycerol concentrations [J]. Am Clin Nutr, 1999, 70(10): 9-15.
- [17] LICINIO J, CAGLAYNA S, OZATA M, et al. Phenotypic effects of leptin replacement on morbidobesity, diabetes mellitus, hypogonadism, and behavior in leptin-deficient adults [J]. Proc Natl Acad Sci, 2004, 101: 4531-4536.

收稿日期: 2014-12-08