

## 中链脂肪酸对高甘油三酯血症合并不同水平 HDL-C 患者血脂和脂蛋白的影响

刘英华 于晓明 张荣欣 张新胜 张永 王 颢 徐 庆 杨雪艳 刘 钊 薛长勇  
(解放军总医院营养科, 北京 100853)

**摘要:**目的: 观察含有中链脂肪酸 (MCFA) 的食用油对高甘油三酯 (TG) 合并不同水平高密度脂蛋白胆固醇 (HDL-C) 血症者脂代谢的影响。方法: 采用双盲随机临床对照法, 将 112 名高甘油三酯血症患者分为含 MCFA 食用油组 (MCT) 和含长链脂肪酸 (LCFA) 食用油组 (LCT), 每组按人群初始 HDL-C 浓度进行低 ( $<1.04\text{mmol/L}$ )、中 ( $1.04 - 1.54\text{mmol/L}$ )、高 ( $\geq 1.55\text{mmol/L}$ ) 水平分层, 控制每日膳食摄入量、运动时间及食用油摄入量 ( $25 - 30$  克/人/日), 分别在研究开始前和 8 周后, 检测研究对象的空腹血生化指标: 总胆固醇 (TC)、TG、HDL-C、低密度脂蛋白胆固醇 (LDL-C)、载脂蛋白 A1 (ApoA1)、ApoB、ApoA2、ApoC2、ApoC3 及 ApoE。结果: 获得有效数据 101 例, LCT 组 50 例, MCT 组 51 例, 按 HDL-C 浓度分层后两组人群性别分配比例、平均每日饮食中三大产热营养素和总能量摄入、运动时间指标均无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。低水平 HDL-C 的 MCT 组人群研究结束时的 TG、LDL-C、ApoB 浓度显著低于 LCT 组 ( $P < 0.05$ ), HDL-C 浓度和 HDL-C/LDL-C、(ApoA1 + ApoA2) / ApoB 显著高于 LCT 组 ( $P < 0.05$ ); 高水平 HDL-C 人群各项指标两组间均无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。结论: 合理膳食条件下, MCT 可降低高 TG 合并低水平 HDL-C 人群血脂浓度, 改善其脂蛋白、载脂蛋白水平。

**关键词:** 中链脂肪酸; 长链脂肪酸; 高脂血症; 高密度脂蛋白; 载脂蛋白

### Effects of medium-chain fatty acid on lipid metabolism in hypertriglyceridemia subjects with different levels of HDL-C

Liu Ying-hua Yu Xiao-ming Zhang Rong-xin Zhang Xin-sheng Zhang Yong

Wang Jin Xu Qing Yang Xue-yan Liu Zhao Xue Chang-yong

(Department of Nutrition, Chinese PLA General Hospital, Beijing 100853, China)

**Abstract: Objective** To investigate the effect of oil with medium-chain fatty acid (MCFA) on lipid metabolism in hypertriglyceridemia patients with different level high-density-lipoprotein cholesterol (HDL-C). **Method** A double blind clinical trial was carried out and 112 subjects with hypertriglyceridemia were enrolled and were randomly divided into two groups, MCFA oil (MCT) group and long-chain fatty acids (LCFA) oil (LCT) group. In both groups, subjects were sub-divided by initial HDL-C concentration,  $<1.04\text{mmol/L}$  (low level),  $1.04 - 1.54\text{mmol/L}$  (normal) and  $\geq 1.55\text{mmol/L}$  (high level). All subjects were requested to consume  $25 - 30$  g of the oils daily and maintained a fixed level of energy intake and exercise. At the very beginning and 8th week of the experiment, blood samples were collected, and the levels of total cholesterol (TC), triglycerides (TG), HDL-C, low density lipoprotein cholesterol (LDL-C), apolipoprotein A1, B, A2, C2, C3, E were measured. **Results** 11 subjects were excluded because of various reasons, and 101 subjects were included. There were no significant differences in sex, exercises, energy and protein, fat, carbohydrate intake daily ( $P > 0.05$ ). The subjects with low HDL-C consuming MCT demonstrated significant decreases in the levels of TG, LDL-C, ApoB and significant increases in the levels of HDL-C, HDL-C/LDL-C, (ApoA1 + ApoA2) / ApoB as compared with that of consuming LCT ( $P < 0.05$ ), while the subjects

with high HDL-C had no differences in all index between two groups ( $P > 0.05$ ). **Conclusion** MCT may reduce the concentration of TG and improve the levels of lipoprotein, apolipoprotein on hypertriglyceridemia patients with low level HDL-C.

**Keywords:** medium-chain fatty acid; long-chain fatty acid; hyperlipemia; high-density-lipoprotein, apolipoprotein

近年来, 我们课题组以及国外的有关研究表明, 中链脂肪酸 (MCFA) 可以降低肥胖和高甘油三酯血症者体重, 并改善其血甘油三酯 (TG) 水平<sup>[1]</sup>。高甘油三酯血症患者多数同时伴有低水平高密度脂蛋白胆固醇 (HDL-C) 或异常增高的低密度脂蛋白胆固醇 (LDL-C)。由于 HDL 对动脉壁有直接的保护作用, 可使动脉粥样硬化斑块消退, 目前许多研究认为, 在调整血脂的同时升高 HDL-C 是预防和治疗动脉粥样硬化 (AS) 最佳方法之一<sup>[2]</sup>。因此, 我们选择高甘油三酯血症患者为研究对象, 按《我国成人血脂异常防治指南 (2007)》中 HDL-C 的低、中、高水平进行分层, 分析不同水平 HDL-C 人群食用含有中链脂肪酸或长链脂肪酸食用油 8 周后, 各项脂代谢指标的变化, 为进一步研究中链脂肪酸升高 HDL-C 水平或改善 HDL 功能奠定基础。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究对象

参照《我国成人血脂异常防治指南 (2007)》<sup>[3]</sup>, 筛选血清 TG  $\geq 1.7\text{mmol/L}$ , 血清胆固醇 (TC) 浓度在  $3.1 \sim 5.7\text{mmol/L}$  之间患者 112 例, 平均年龄 ( $53.74 \pm 12.67$ ) 岁, 平均身高和体重分别为 ( $166.02 \pm 7.2$ ) cm 和 ( $71.99 \pm 10.03$ ) kg, BMI 平均值为 ( $26.15 \pm 3.58$ )  $\text{kg/m}^2$ , 无严重肝、肾、胃病以及糖尿病、高血压等。

### 1.2 研究用油及分组

研究用油由日清奥利友 (中国) 投资有限公司提供, 分为长链脂肪酸食用油 (LCT) 和中链脂肪酸食用油 (MCT)。其中 LCT 组不含 MCFA, MCT 组 MCFA 占 18.4%。采用随机双盲临床对照研究方法进行分组, 并保证两组间在性别分配, 身高、体重、BMI、吸烟史等指标上无显著性差异。观察时间为 8 周。

### 1.3 研究指标

于研究开始时及 8 周后对研究对象进行血生化检

查, 在解放军总医院生化科进行, 采用日立 7600 全自动生化分析仪, 指标包括血清丙氨酸氨基转移酶 (ALT) 及血清天冬氨酸氨基转移酶 (AST)、血清 TC、TG, HDL-C, LDL-C, 载脂蛋白 A1 (ApoA1)、ApoB、ApoA2、ApoC2、ApoC3 及 ApoE, 同时计算 HDL-C/LDL-C 和 (ApoA1 + ApoA2) / ApoB。

### 1.4 质量控制

研究开始前为每位入选研究对象推荐每日各类食物的摄入量, 并分发《工作手册》, 内附详细研究目的、意义、程序及注意事项, 要求志愿者参照《工作手册》进行饮食、运动和记录, 保证每日使用研究用油 25 ~ 30g, 研究期间不使用其它食用油, 不得外出旅行。每 2 周对研究对象进行 1 次随访, 饮食及运动情况登记要求填写连续 3 天 (含 1 个周末日) 的内容。如果在研究期间受试者连续 3 天以上没有按要求使用提供的油脂, 将被认定为依从性差, 终止研究。

### 1.5 统计方法

人群数据按 HDL-C 起始浓度  $< 1.04\text{mmol/L}$ 、 $1.04 - 1.54\text{mmol/L}$ 、 $\geq 1.55\text{mmol/L}$  分层分析, 生化指标均计算研究 8 周后与研究开始时差值, 并均用  $\bar{x} \pm s$  (均数  $\pm$  标准差) 表示。饮食摄入量计算采用我科自行研制的《膳食营养专家系统》软件进行平均每日三大营养素及能量的计算。两组间比较采用 t 检验, 同一组人群研究开始与研究结束时数据比较采用配对 T 检验,  $P < 0.05$  表示有统计学差异。

## 2 结果

### 2.1 研究对象可比性情况

研究期间共有 11 人因不同原因退出研究, 获得有效数据者 101 例, LCT 组 50 例, MCT 组 51 例, 按 HDL-C 浓度分层后两组人群性别分配比例、平均每日饮食中三大产热营养素和总能量摄入、运动时间指标均无显著性差异 ( $P > 0.05$ ) (见表 1)。

表1 不同水平 HDL-C 者性别分配、营养素摄入量及运动情况 ( $\bar{x} \pm s$ )

Index	HDL-C < 1.04mmol/L		HDL-C 1.04 ~ 1.54mmol/L		HDL ≥ 1.55mmol/L	
	MCT diet	LCT diet	MCT diet	LCT diet	MCT diet	LCT diet
性别(M/F)	7/4	7/2	18/11	21/10	8/3	6/4
能量(kJ)	7442.08 ± 447.27	7243.97 ± 587.35	7441.20 ± 785.88	7397.23 ± 522.50	7326.64 ± 395.05	7367.40 ± 548.19
蛋白质(g)	62.07 ± 9.07	59.84 ± 4.78	60.91 ± 6.97	61.08 ± 5.65	64.05 ± 7.50	61.49 ± 4.91
脂肪(g)	51.24 ± 5.36	51.16 ± 3.55	50.94 ± 5.23	51.81 ± 3.33	53.99 ± 4.41	52.62 ± 2.63
碳水化合物(g)	252.32 ± 18.6	249 ± 33.8	251.86 ± 14.62	253.44 ± 26.65	243.46 ± 12.95	251.55 ± 26.42
运动时间(min)	120.53 ± 25.66	119.5 ± 23.02	122.81 ± 19.85	126.32 ± 23.29	126.18 ± 14.63	106.24 ± 25.07

## 2.2 血清脂代谢指标

如表2所示,低水平 HDL-C 的 MCT 组人群研究结束时的 TG、LDL-C 浓度显著低于 LCT 组 ( $P < 0.05$ ), HDL-C 浓度和 HDL-C/LDL-C 显著高于 LCT 组 ( $P < 0.05$ ); 中水平 HDL-C 的 MCT 组人群研究结束时的 TC、TG 显著低于 LCT 组 ( $P < 0.05$ ), 高水平 HDL-C 人群各项指标以及人群 ALT、AST 指标两组间均无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。同一组人群 8 周时数据与研究开始时比较,低水平 HDL-C 的 MCT

组人群 TG 显著下降 ( $P < 0.05$ ), HDL-C 以及 HDL-C/LDL-C 显著升高 ( $P < 0.05$ ), 而 LCT 组人群 TC 显著升高 ( $P < 0.05$ ), HDL-C/LDL-C 显著下降 ( $P < 0.05$ ); 中水平 HDL-C 的 MCT 组人群仅 TG 指标显著下降 ( $P < 0.05$ ), LCT 组人群 TG、T C 均显著升高 ( $P < 0.05$ ); 其他指标以及高水平 HDL-C 人群各项指标研究前和研究 8 周时比较无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。

表2 不同水平 HDL-C 者血脂的变化 ( $\bar{x} \pm s$ )

Index	Week	HDL-C < 1.04mmol/L		HDL-C 1.04 ~ 1.54mmol/L		HDL ≥ 1.55mmol/L	
		MCT diet	LCT diet	MCT diet	LCT diet	MCT diet	LCT diet
TC (mmol/L)	0	4.75 ± 0.26	4.8 ± 0.74	5.33 ± 0.88	5.34 ± 0.92	5.45 ± 0.42	5.58 ± 0.51
	8	5.08 ± 0.65	5.39 ± 0.38 <sup>#</sup>	5.35 ± 0.81	5.71 ± 0.9 <sup>#</sup>	5.36 ± 0.57	5.6 ± 0.76
	△	0.32 ± 0.74	0.59 ± 0.55	0.02 ± 0.47 <sup>*</sup>	0.37 ± 0.52	-0.09 ± 0.46	0.02 ± 0.83
TG (mmol/L)	0	2.87 ± 0.77	2.84 ± 0.97	2.64 ± 0.9	2.64 ± 0.7	2.6 ± 0.69	2.61 ± 0.6
	8	2.11 ± 0.75 <sup>*#</sup>	3.07 ± 1.29	2.15 ± 0.83 <sup>*#</sup>	3.11 ± 1.24 <sup>#</sup>	2.14 ± 0.80	2.75 ± 0.93
	△	-1.14 ± 1.33 <sup>*</sup>	0.22 ± 1.3	-0.49 ± 1.06 <sup>*</sup>	0.47 ± 1.03	-0.54 ± 0.73	0.14 ± 0.63
HDL-C (mmol/L)	0	0.98 ± 0.07	0.99 ± 0.09	1.3 ± 0.11	1.31 ± 0.11	1.61 ± 0.08	1.63 ± 0.08
	8	1.13 ± 0.2 <sup>*#</sup>	0.97 ± 0.1	1.32 ± 0.18	1.29 ± 0.27	1.63 ± 0.26	1.53 ± 0.16
	△	0.15 ± 0.18 <sup>*</sup>	-0.02 ± 0.04	0.02 ± 0.2	-0.02 ± 0.22	0.03 ± 0.28	-0.10 ± 0.15
LDL-C (mmo/L)	0	2.69 ± 0.69	2.64 ± 0.54	2.94 ± 0.67	2.92 ± 0.63	2.54 ± 0.3	2.51 ± 0.7
	8	2.32 ± 0.37 <sup>*</sup>	2.99 ± 0.44	3.03 ± 0.75	3.2 ± 0.73 <sup>#</sup>	2.47 ± 0.3	2.82 ± 0.54
	△	-0.37 ± 0.62 <sup>*</sup>	0.35 ± 0.46	0.09 ± 0.52	0.29 ± 0.65	-0.07 ± 0.33	0.31 ± 0.68
HDL-C/LDL-C	0	0.38 ± 0.10	0.39 ± 0.10	0.47 ± 0.12	0.46 ± 0.08	0.64 ± 0.07	0.71 ± 0.25
	8	0.49 ± 0.17 <sup>*#</sup>	0.34 ± 0.09 <sup>#</sup>	0.47 ± 0.16	0.43 ± 0.15	0.67 ± 0.16	0.53 ± 0.10
	△	0.10 ± 0.15 <sup>*</sup>	-0.06 ± 0.06	0.00 ± 0.12	-0.04 ± 0.15	0.04 ± 0.18	-0.17 ± 0.24
ALT (U/L)	0	29.87 ± 6.53	29.03 ± 13.07	25.63 ± 16.84	26.17 ± 9.19	26.92 ± 16.2	27.41 ± 24.21
	8	26.91 ± 6.91	28.02 ± 17.95	26.69 ± 17.52	31.02 ± 17.67	26.65 ± 10.55	27.68 ± 13.34
	△	-2.96 ± 5.78	-1.01 ± 14.92	1.05 ± 7.09	4.85 ± 16	-0.27 ± 19.43	0.27 ± 14.93
AST (U/L)	0	20.84 ± 4.71	22.07 ± 4.2	23.99 ± 9.2	21.37 ± 5.48	25.27 ± 10.82	25.43 ± 8.74
	8	19.57 ± 4.72	21.78 ± 8.75	22.43 ± 9.27	23.19 ± 6.99	22.93 ± 14.37	25.99 ± 7.94
	△	-1.28 ± 4.99	-0.29 ± 9.47	-1.56 ± 7.53	1.82 ± 7.46	-2.35 ± 18.69	0.56 ± 4.32

△: 8 week value minus 0 week; \* compared with LCT  $P < 0.05$ ; # compared with 0 week

### 2.3 血清载脂蛋白指标

如表3所示,低水平 HDL-C 的 MCT 组人群研究结束时 ApoB 浓度显著低于 LCT 组 ( $P < 0.05$ ), (ApoA1 + ApoA2) / ApoB 显著高于 LCT 组 ( $P < 0.05$ ); 中水平 HDL-C 的 MCT 组人群研究结束时的 ApoB、ApoC2、ApoC3 浓度显著低于 LCT 组 ( $P < 0.05$ ), (ApoA1 + ApoA2) / ApoB 显著高于 LCT 组 ( $P < 0.05$ ); 高水平 HDL-C 人群各项指标以及人群

ApoE 指标两组间均无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。同一组人群 8 周时数据与研究开始时比较,中水平 HDL-C 的 MCT 组人群仅 ApoC2 指标显著下降 ( $P < 0.05$ ), LCT 组人群 ApoB、ApoC3 浓度显著升高 ( $P < 0.05$ ), (ApoA1 + ApoA2) / ApoB 显著下降 ( $P < 0.05$ ); 其他指标以及低、高水平 HDL-C 人群各项指标研究前和研究 8 周时比较均无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。

表3 不同水平 HDL-C 者血清载脂蛋白的变化 ( $\bar{x} \pm s$ )

Index	Week	HDL-C < 1.04mmol/L		HDL-C 1.04 ~ 1.54mmol/L		HDL ≥ 1.55mmol/L	
		MCT diet	LCT diet	MCT diet	LCT diet	MCT diet	LCT diet
ApoA1 (g/L)	0	0.9 ± 0.15	0.92 ± 0.12	1.14 ± 0.2	1.15 ± 0.26	1.28 ± 0.19	1.26 ± 0.26
	8	1.05 ± 0.24	0.93 ± 0.16	1.2 ± 0.21	1.16 ± 0.26	1.34 ± 0.25	1.23 ± 0.19
	△	0.15 ± 0.33	0 ± 0.23	0.06 ± 0.22	0.02 ± 0.3	0.06 ± 0.26	-0.03 ± 0.24
ApoB (g/L)	0	1.13 ± 0.19	1.12 ± 0.14	1.17 ± 0.22	1.17 ± 0.26	1.15 ± 0.16	1.16 ± 0.09
	8	0.96 ± 0.13*	1.24 ± 0.16	1.15 ± 0.24*	1.29 ± 0.24#	1.14 ± 0.18	1.16 ± 0.16
	△	-0.17 ± 0.26*	0.12 ± 0.16	-0.02 ± 0.22*	0.13 ± 0.22	-0.01 ± 0.26	0 ± 0.19
ApoA11 (mg/dl)	0	28.16 ± 3.08	28.65 ± 2.65	31.23 ± 3.74	31.97 ± 4.42	33.55 ± 3.82	33.92 ± 3.72
	8	29.79 ± 2.55	28.78 ± 4.3	31.83 ± 4.29	31.99 ± 5.05	35.39 ± 4.58	32.99 ± 6.08
	△	1.63 ± 4.6	0.13 ± 4.48	0.6 ± 5.12	0.02 ± 5.02	1.84 ± 3.04	-0.93 ± 4.52
(ApoA1 + ApoA2) / ApoB	0	1.07 ± 0.23	1.08 ± 0.18	1.27 ± 0.25	1.31 ± 0.37	1.42 ± 0.18	1.39 ± 0.24
	8	1.33 ± 0.27*	0.99 ± 0.18	1.38 ± 0.36*	1.18 ± 0.27#	1.52 ± 0.34	1.37 ± 0.21
	△	0.27 ± 0.40*	-0.10 ± 0.22	0.10 ± 0.38*	-0.14 ± 0.27	0.09 ± 0.39	-0.03 ± 0.30
ApoC2 (mg/dl)	0	6.1 ± 2.2	6.05 ± 1.71	6.56 ± 1.66	6.59 ± 1.99	6.02 ± 1.07	6.06 ± 1.21
	8	5.6 ± 3.14	6.19 ± 2.31	5.71 ± 1.81**	7.15 ± 2.8	5.69 ± 2.24	6.16 ± 1.73
	△	-0.5 ± 1.56	0.13 ± 1.1	-0.85 ± 1.38*	0.56 ± 1.5	-0.33 ± 1.85	0.1 ± 1.04
ApoC3 (mg/dl)	0	12.85 ± 3.57	12.63 ± 3.31	12.8 ± 3.5	12.99 ± 2.65	13.84 ± 2.26	13.25 ± 2.49
	8	12.15 ± 5.65	13.13 ± 4.64	11.41 ± 3.69*	14.85 ± 4.00#	12.52 ± 2.98	15.43 ± 6.17
	△	-0.7 ± 3.76	0.5 ± 2.68	-1.39 ± 3.7*	1.86 ± 3.72	-1.32 ± 3.24	2.18 ± 4.87
ApoE (mg/dl)	0	5.4 ± 2.36	5.5 ± 1.46	5.45 ± 2.17	5.44 ± 2.03	5.25 ± 1.15	5.24 ± 1.28
	8	4.97 ± 1.75	5.83 ± 1.63	5.21 ± 1.64	5.79 ± 1.98	5.09 ± 0.77	5.65 ± 1.28
	△	-0.43 ± 1.43	0.34 ± 1.61	-0.24 ± 1.9	0.35 ± 2.05	-0.16 ± 0.84	0.41 ± 1.42

△: 8 week value minus 0 week; \* compared with LCT  $P < 0.05$ ; # compared with 0 week

### 3 讨论

高甘油三酯血症和脂蛋白代谢异常是引起动脉粥样硬化和冠心病的重要危险因素。《我国成人血脂异常防治指南(2007)》指出,调整血脂除积极使用降脂药物外,均需伴有“治疗性生活方式”的措施,而改善生活方式的基础即减少膳食中总能量、总胆固醇及总脂肪的摄入<sup>[4]</sup>。能量是人们赖以生存的能源基础,脂肪可赋予食品美好的性状和口味,提供必需脂肪酸和促进脂溶性维生素的吸收,因此,

通过过渡限制能量及脂肪摄入以致调整血脂的措施往往依从性较差,如果利用不升高血脂的脂肪作为日常饮食的替代物,对提高血脂紊乱患者遵循改变生活方式的依从性将有很大帮助。

MCFA 作为天然油脂(椰子油、棕榈油)来源之一在体内与长链脂肪酸(LCFA,含12个以上碳原子,是日常烹调油的主要组分)代谢途径和机制不同,进入机体后迅速进入肝细胞快速氧化,提供能量,不易在组织器官和肝脏储存,不增加肝脏负担<sup>[5]</sup>。因此,自20世纪50年代起,临床上便开始

使用含有 MCFA 的脂肪乳剂治疗吸收不良综合征。近年来 MCFA 被认为是控制肥胖的有效脂质,可以降低血清甘油三酯浓度<sup>[1,5-6]</sup>,但是 MCFA 调节脂蛋白代谢的相关报道很少。许多大规模人群流行病学研究表明,低 HDL-C 血症是冠心病强有力的预测指标。美国胆固醇教育计划成人组第三次指南 (APT III) 中认定, HDL-C < 1.0mmol/L (40mg/dl) 为异常低下,并将其作为分析患者冠心病危险性时应考虑的一项重要危险因素<sup>[7]</sup>,《我国成人血脂异常防治指南 (2007)》也提出, HDL-C < 1.04mmol/L 为危险因素, HDL-C > 1.55 为保护因素,期间为正常。因此,探讨 MCFA 是否在调整血脂同时升高 HDL-C,进而可作为日常烹调油的替代物改善脂代谢紊乱患者的脂蛋白水平是本项目研究的目的所在。

本研究结果显示, HDL-C 起始浓度 < 1.04mmol/L 的高甘油三酯血症人群,食用 MCT 后与食用 LCT 者比较, TG、LDL-C 均显著下降, HDL-C 显著升高,且 HDL-C/LDL-C 也升高,说明 MCFA 可以改善低水平 HDL-C 者的脂蛋白水平。此外,载脂蛋白是血浆脂蛋白的蛋白质组分,直接参与血浆脂质的转运,清除和代谢,因而无论载脂蛋白缺乏或缺陷或血中的含量或与血脂其他指标的比例不相适应,均是高脂血症发生的重要原因<sup>[8]</sup>。载脂蛋白有 18 种之多,主要有 A、B、C、D、E 五类。ApoA1 和 ApoA2 是 HDL 主要的载脂蛋白, ApoB 是 LDL 主要的载脂蛋白, ApoA 水平下降和 ApoB 水平升高同样是冠心病的危险因素<sup>[9]</sup>。同时有研究表明, ApoC2 是脂蛋白酯酶 (LPL) 的辅助因子,催化水解甘油三酯,但当 ApoC3 升高时,即使有足够的 ApoC2,也会导致甘油三酯的代谢障碍,因此,高 ApoC 族也是高甘油三酯血症的引发因素<sup>[10,11]</sup>。另外,有报道显示 ApoE 的升高是冠心病的独立易患因素<sup>[12]</sup>。本研究对研究对象的载脂蛋白水平进行了测定,结果显示, HDL-C 起始浓度 > 1.55mmol/L 者,各项指标在研究开始时和研究结束时比较以及 MCT 组与 LCT 组比较均无显著性差异,而 HDL-C 起始浓度处于低或中水平者食用 MCT 油后载脂蛋白水平均有不同程度改善。

本研究结果还显示出 HDL-C 起始浓度低、中水平的高甘油三酯血症人群,食用 LCT 油后 TC、TG、LDL-C、ApoB、ApoC3 显著升高,分析一方面低水平 HDL-C 是危险因素,与高甘油三酯血症同时存在,加重了脂质代谢紊乱;另一方面可能对于血脂异常者日常食用油量为 25-30g 偏多。

综上所述,用 MCFA 替代日常油脂的一部分,不会影响肝功能变化 (ALT、AST 两组间无显著性

差异),并可改善高甘油三酯血症合并低水平 HDL-C 患者的脂代谢异常,为进一步研究 MCFA 调节脂蛋白的新作用及升高 HDL 的功效奠定了基础。

## 参考文献

- [1] Xue CY, Liu YH, Wang J, et al. Consumption of medium- and long-chain triacylglycerols decreases body fat and blood triglyceride in Chinese hypertriglyceridemic subjects [J]. *Euro J Clin Nutr*, 2009, 6: 879-886.
- [2] Tardif JC, Grégoire J, L'Allier PL, et al. Effects of reconstituted high-density lipoprotein infusions on coronary atherosclerosis: a randomized controlled trial [J]. *JAMA*, 2007, 297 (15): 1675-1682.
- [3] 中国成人血脂异常防治指南制定联合委员会, 中国成人血脂异常防治指南. *中华心血管杂志*, 2007. 35 (5): 390-409.
- [4] 赵水平. 中国成人血脂异常防治指南要点及解读. *实用医院临床杂志*, 2008, 5 (3): 3-6.
- [5] Aoyama T, Nosaka N, Kasai M. Research on the nutritional characteristics of medium-chain fatty acids [J]. *J Med Invest*, 2007, 54: 385-388.
- [6] Liu YH, Wang J, Zhang RX, et al. A good response to oil with medium- and long-chain fatty acids in body fat and blood lipid profiles of male hypertriglyceridemic subjects [J]. *Asia Pac J Clin Nutr*, 2009, 18 (3): 351-358.
- [7] Cleeman JI. Executive summary of the third report of the national cholesterol education program (NCEP) expert panel on detection, evaluation, and treatment of high blood cholesterol in adults (adult treatment panel III) [J]. *Circulation*, 2002, 106: 3143-3421.
- [8] 于小妹, 谢海宝, 叶雄伟等. 高脂血症与血清载脂蛋白含量关系的研究 [J]. *心脑血管病防治*, 2003, 3 (4): 21-24.
- [9] Toth PP. High-density lipoprotein as a therapeutic target: clinical evidence and treatment strategies [J]. *Am J Cardiol*, 2005, 96 (9A): 50K-58K.
- [10] Darr S, Kottke B, Mao S. Postprandial distribution of apolipoprotein CII and CIII in normal subjects and patients with mild hypertriglyceridemia: Comparison of meals containing oil and mediumchain triglyceride oil [J]. *Metabolism*, 1985, 34 (11): 983-991.

[11] 高纯. 载脂蛋白 C2 研究进展 [J]. 国外医学临床生物化学与检验学分册, 2000, 21 (6): 285-286.

[12] 刘绪青, 徐家喻, 张小玲. 高脂血症患者血载脂蛋白 E 水平的观察 [J]. 中国医师杂志, 2005, 7 (2): 266-267.

## 中链脂肪酸改善高脂饲料短期和长期喂养 C57BL/6J 小鼠的脂蛋白水平的作用

刘英华 张永 于晓明 张新胜 徐庆 王艷 杨雪艳 张荣欣 薛长勇  
 (解放军总医院营养科, 北京 100853)

**摘要:** **目的** 观察中链脂肪酸 (MCFA) 对高脂饲料短期和长期喂养的 C57BL/6J 小鼠血清和肝脏脂蛋白水平的影响。**方法** 长期实验将 36 只 C57BL/6J 雄性小鼠随机分 2% MCFA + 高脂组、4% MCFA + 高脂组和 4% 长链脂肪酸 (LCFA) + 高脂组 3 组, 喂饲 16 周。短期实验对 36 只 C57BL/6J 雄性小鼠喂饲高脂饲料, 随机分 2mg/kg MCFA 组、4mg/kg MCFA 组和 4mg/kg LCFA 组, 灌胃 2 周。长期和短期实验结束时, 测定小鼠体重、体脂肪重和肝脏重, 观察小鼠血清和肝脏脂蛋白水平的变化。**结果** 长期研究结束时, 2% MCFA 组小鼠体重、附睾周围脂肪垫重及肝脏重、血清甘油三酯 (TG)、胆固醇 (TC)、低密度脂蛋白胆固醇 (LDL-C) 水平均显著低于 LCFA 组 ( $P < 0.05$ ), 高密度脂蛋白胆固醇 (HDL-C) 及 HDL-C/LDL-C 比值显著高于 LCFA 组 ( $P < 0.05$ )。4% MCFA 组小鼠体重、附睾周围脂肪垫重及肝脏重显著低于 LCFA 组 ( $P < 0.05$ ), 肝脏匀浆载脂蛋白 A1 (ApoA1) 水平显著高于 LCFA 组 ( $P < 0.05$ )。短期研究结束时, 低剂量 MCFA 组肝脏重及肝脏匀浆中载脂蛋白 B (ApoB) 水平显著低于 LCFA 组 ( $P < 0.05$ ), 血清 HDL-C/LDL-C 比值显著高于 LCFA 组 ( $P < 0.05$ )。无论长期还是短期实验, 低剂量和高剂量 MCFA 两组小鼠肝脏匀浆的 ApoA1/ApoB 比值均显著高于 LCFA 组 ( $P < 0.05$ )。**结论** MCFA 可降低长期高脂饲料喂养的 C57BL/6J 小鼠体重、体脂肪重、肝脏重及血清甘油三酯浓度, 且长期、短期内均可改善小鼠血清和肝脏脂蛋白水平。

**关键词:** 中链脂肪酸; 脂蛋白; 高脂饲料; C57BL/6J 小鼠

### Effects of medium-chain fatty acids on lipoproteins in C57BL/6J mice fed high fat diet for short and long duration

Liu Ying-hua Zhang Yong Yu Xiao-ming Zhang Xin-sheng Xu Qing

Wang Jin Yang Xue-yan Zhang Rong-xin Xue Chang-yong

(Department of Nutrition, Chinese PLA General Hospital, Beijing 100853, China)

**Abstract: Objective** To investigate the effects of medium-chain fatty acid (MCFA) on serum and liver lipoprotein in C57BL/6J fed high fat diet for short and long duration. **Methods** 36 male C57BL/6J mice were divided into 3 groups randomly, i. e., 2% MCFA, 4% MCFA and 4% long-chain fatty acid (LCFA) group, and were fed high fat diet for 16 weeks. Another 36 male C57BL/6J mice were fed high fat diet and divided into 3 groups randomly, i. e., 2mg/kg MCFA, 4mg/kg MCFA and 4mg/kg LCFA. The fatty acids were orally administered once a day for 2 weeks. Body weight, epididymal fat pad and liver, the level of lipoprotein in serum and liver in the C57BL/6J mice were measured. **Results** In the long duration experiment, body weight, epididymal fat pad and liver weight, serum triglyc-