



# 长期生酮饮食对运动爱好者身体成分及健康影响的个案研究

王晨,任雪,侯彬,王贝\*

**摘要:**目的:通过追踪一名自愿进行生酮饮食的运动爱好者7个月后身体成分及部分健康指标的变化情况,来观察长期生酮饮食对其身体成分及健康状况造成的影响。方法:以崔某为研究对象,对其7个月生酮饮食前后身体成分、血脂水平、炎症状态、血糖稳态及肾功能相关指标进行测试分析。结果:7个月生酮饮食后,崔某(1)体重基本维持不变,骨骼肌增加1.3 kg,体脂肪减少2.3 kg,体脂率下降2.8%;(2)脂代谢各项指标水平均有所上升,尤其是TCH、LDL、ApoB水平明显高于正常范围,TCH水平达到10.6 mmol/L,LDL水平达到8.29 mmol/L,ApoB值为2.47g/L;(3)炎症状态相关指标均处于正常参考范围内;(4)空腹胰岛素为4.25 mIU/L,葡萄糖为5.1 mmol/L,HOMA-IR值为0.96,HOMA-β指数为53.13;(5)肾功能相关指标均有所上升,其中BUN水平为6.5 mmol/L,Cr水平为112 μmol/L,UA水平升高显著且明显高于正常范围,达到576 μmol/L。结论:(1)长期生酮饮食结合力量训练有保持体重和增肌减脂的作用;(2)长期生酮饮食可导致血脂异常及高尿酸;(3)长期生酮饮食的安全性和有效性还需更多研究数据积累来确定。

**关键词:**长期生酮饮食;身体成分;健康状况

中图分类号:G804 文献标志码:A 文章编号:1006-1207(2019)06-0087-06

DOI:10.12064/ssr.20190613

## A Case Study on the Effects of a Long-term Ketogenic Diet on Body Composition and Health of a Physically Active Adult

WANG Chen, REN Xue, HOU Bin, WANG Bei\*

(Shanghai Research of Sports Science, Shanghai 200030, China)

**Abstract:** Objective To investigate the changes in body composition and health status of a physically active adult who volunteered to take a ketogenic diet for 7 months. Methods To test and compare body composition, lipid profiles, inflammatory status, glucose and insulin levels and renal function related indicators before and after 7-month ketogenic diet. Results After 7-month ketogenic diet, (1) weight remained basically the same, skeletal muscle mass increased by 1.3 kg while body fat mass decreased by 2.3 kg and body fat percentage decreased by 2.8; (2) lipid profiles significantly changed. TCH, LDL, and ApoB were much higher than normal ranges, with TCH reaching 10.6 mmol/L, LDL reaching 8.29 mmol/L, and ApoB reaching 2.47 g/L; (3) Inflammatory status was normal. (4) The fasting glucose and insulin levels were 5.1 mmol/l and 4.25 mIU/L, respectively. The calculated HOMA-IR and HOMA-β were 0.96 and 53.13. (5) All the renal function related indicators measured increased greatly. BUN was 6.5 mmol/L and Cr was 112 μmol/L, which were still within normal ranges. UA significantly increased from 402 μmol/L to 576 μmol/L, much higher than the normal range. Conclusions (1) The long-term ketogenic diet combined with strength training maintained body weight, with muscle mass increased and body fat decreased; (2) The long-term ketogenic diet can lead to abnormal blood lipids and hyperuricemia (3) More research is needed to investigate the safety and effectiveness of a long-term ketogenic diet.

**Key Words:** long-term ketogenic diet; body composition; health status

收稿日期:2019-07-19

基金项目:2018年上海市科委科研项目(DZ1200600);2019年上海市科委科研项目(DZ1200700)。

第一作者简介:王晨,女,本科,研究员。主要研究方向:运动营养。E-mail:wangchen7253@hotmail.com。

\* 通讯作者简介:王贝,女,博士,副研究员。主要研究方向:运动营养。E-mail:33453189@qq.com。

作者单位:上海体育科学研究所,上海 200030。



近年来,因药物治疗具有较多的副作用,生酮饮食疗法再次引起人们的关注<sup>[1]</sup>。生酮饮食在许多疾病,尤其是肥胖、糖尿病、癫痫、帕金森等疾病中可以起到营养治疗作用。同时,一些运动人群希望通过生酮饮食疗法减轻体重,获得更好的身体成分,进而提高运动表现<sup>[2]</sup>,一些著名的美国 NBA 球员亦十分推崇生酮饮食。生酮饮食是指低碳水化合物(通常小于 20 g/d 或低于每天总摄入能量的 5%)而蛋白质和脂肪相对增加的饮食<sup>[3]</sup>。有根据生酮饮食者的能量来源比例将生酮饮食定义为 60%~75%来自脂肪,15%~30%来自蛋白质,5%~10%来自碳水化合物的饮食<sup>[4]</sup>。无论哪个定义,都与世界各国膳食指南推荐的合理膳食有很大差异。尽管越来越多的研究证实,生酮饮食不仅有助于体重控制<sup>[5-6]</sup>,还能够改善血脂水平<sup>[5,7]</sup>、降低空腹血糖及糖化血红蛋白水平<sup>[8]</sup>,调节体内炎症反应<sup>[8-10]</sup>,且大部分研究认为短期生酮饮食不会引起重大的健康问题<sup>[5,12-13]</sup>,但生酮饮食长期应用的安全性和有效性尚未得到充分验证,同时鉴于人体的个体差异性,不同个体对于生酮饮食的实际效果和健康状况的影响亦有很大的区别。本研究旨在通过跟踪一名自愿进行生酮饮食的运动爱好者 7 个月后身体成分、血脂水平、炎症状态、血糖稳态以及肾功能相关指标的变化情况,来观察长期生酮饮食对其身体成分及健康状况造成的影响。

## 1 研究对象与方法

### 1.1 研究对象

崔某,男性,38 岁,退役运动员,身高 204 cm,体重 84.9 kg,有糖尿病家族史,生酮饮食持续时间为 7 个月,其间每周保持 3~5 次 1 小时左右中等强度力量训练。

### 1.2 研究方案

崔某在查阅大量文献基础上,从塑体减脂,保持良好体型角度及预防糖尿病角度出发,自愿开始进行生酮饮食,膳食调查法记录任意连续 3 天饮食情况以计算每日平均摄入能量及三大营养素摄入量。对崔某生酮饮食前、后身体成分(体重、骨骼肌、体脂肪、体脂率)、血脂水平[甘油三酯(TG)、总胆固醇(TCH)、高密度脂蛋白(HDL)、低密度脂蛋白(LDL)、载脂蛋白(A-I apoA-I)、载脂蛋白 B(apo-B)]、肾功能[血尿素氮(BUN)、血肌酐(Cr)、尿酸(UA)],及生酮饮食 7 个月后炎症状态[白细胞(WBC)、粒细胞(GR%)、淋巴细胞(LY%)、免疫球蛋白 A(IGA)、免疫球蛋白 M(IGM)、免疫球蛋白 G

(IGG)、白细胞介素 -6 (IL-6)、白细胞介素 -10 (IL-10)、急性反应蛋白(CRP)]和血糖稳态相关指标[血糖(Glu)、胰岛素(Insulin)]进行测试分析,应用稳态模型法计算胰岛素抵抗指数(HOMA-IR)和胰岛素  $\beta$  指数(HOMA- $\beta$ ),计算方法分别为:HOMA-IR=空腹血糖 $\times$ 空腹胰岛素/22.5;HOMA- $\beta$ =20 $\times$ 空腹胰岛素/(空腹血糖-3.5)。本研究观察 7 个月生酮饮食对这些指标的影响。生酮饮食期间崔某用家用血糖血酮仪(雅培,美国)自行监控血酮水平。

## 1.3 相关指标测定

### 1.3.1 血样的采集

空腹状态下肘正中静脉取血 2 mL (EDTA 抗凝),充分混匀后进行血常规相关指标(WBC、GR%、LY%)的测试;空腹状态下肘正中静脉另取血 5 mL (肝素抗凝),L-800R 离心机(江东仪器)3 000 rpm 离心 15 min,取血浆进行血脂水平、部分炎症状态指标、血糖和胰岛素,以及肾功能相关指标的测试。

### 1.3.2 相关指标的测定

采用三分类血球分析仪(BECKMAN COULTER, 美国)及该仪器专用配套试剂进行 WBC、GR%、LY%指标的测试;采用全自动生化分析仪(日立 7100, 日本)及该仪器专用配套试剂进行血清 TG、TCH、HDL、LDL、ApoA-I、Apo-B、BUN、Cr、UA、IGG、IGM、IGA、CRP、Glu 指标测试;采用化学发光免疫分析仪(西门子 1000, 德国)及该仪器专用配套试剂进行血清 IL-6、IL-10、胰岛素水平测试。

## 1.4 身体成分的测定

测试当日清晨,排便、排尿后,空腹,仅穿贴身内衣裤,采用韩国产 INBODY 体成分分析仪进行身体成分测试。

## 1.5 膳食调查

采用 24 小时回顾法结合称重进行连续 3 天的膳食调查,由有经验的注册营养师详细介绍膳食记录表的填写方法,崔某于餐后自填问卷,最后由注册营养师对所有膳食问卷采用飞华营养计算器(北京博闻时讯科技有限公司)进行每日能量及三大营养素摄入情况分析。

## 2 研究结果

### 2.1 3 天膳食调查情况

从表 1 可见,崔某平均摄入总热量为 1 919 kcal/d,其中蛋白质摄入量占 23%(蛋白质摄入量为 1.3 g/kg



体重)、脂肪占 68%、碳水化合物占 9%。崔某生酮饮食后,6 个月前血酮水平始终在 0.8~3.1 mmol/L 之

间波动,6 个月后基本稳定在 1.6 mmol/L 左右,达到生酮饮食的标准。

表 1 崔某 3 天膳食调查结果  
Table I 3-Day Diet Survey Results

日期	总能量 /kcal	蛋白质			脂肪		碳水化合物	
		摄入量 /g	占比 /%	摄入量 /( $g \cdot kg^{-1}$ 体重)	摄入量 /g	占比 /%	摄入量 /g	占比 /%
第一天	1 638	108.5	26	1.3	122	66	31.4	8
第二天	2 351	93.7	16	1.1	199.3	75	58.5	9
第三天	1 767	121.3	27	1.4	122.8	62	50.5	11
平均值	1 919	107.8	23	1.3	148.0	68	46.8	9

2.2 生酮饮食前后身体成分的变化情况

维持不变,骨骼肌增加 1.3 kg,体脂肪减少 2.3 kg,体脂率下降 2.8%。

从表 2 可见,7 个月生酮饮食后,崔某体重基本

表 2 崔某生酮饮食前后身体成分的变化情况  
Table II Changes in Body Composition before and after Ketogenic Diet

阶段	体重 /kg	骨骼肌 /kg	体脂肪 /kg	体脂率
生酮饮食前	84.9	44.1	8.0	9.5
生酮饮食后	84.8	45.4	5.7	6.7
差值	-0.1	1.3	-2.3	-2.8

2.3 生酮饮食前后血脂水平变化情况

明显高于正常范围,TCH 水平达到 10.6 mmol/L (正常值为 3.88~5.15 mmol/L),LDL 水平达到 8.29 mmol/L (正常小于 3.36 mmol/L),ApoB 水平达到 2.47 g/L (正常值为 0.4~1.25 mg/L)。

从表 3 可见,生酮饮食前,崔某血脂各项指标均在正常范围内,7 个月生酮饮食后,崔某血脂各项指标水平均有所上升,尤其是 TCH、LDL、ApoB 水平

表 3 崔某生酮饮食前后血脂水平变化情况  
Table III Change in Blood Lipid before and after Ketogenic Diet

阶段	TG/( $mmol \cdot L^{-1}$ )	TCH/( $mmol \cdot L^{-1}$ )	HDL/( $mmol \cdot L^{-1}$ )	LDL/( $mmol \cdot L^{-1}$ )	ApoA-I/( $g \cdot L^{-1}$ )	ApoB/( $g \cdot L^{-1}$ )
生酮饮食前	1.11	5.62	1.34	3.92	1.00	0.92
生酮饮食后	1.51	10.6	1.62	8.29	1.77	2.47

2.4 生酮饮食后炎症状态相关指标测试结果

状态相关指标均处于正常参考范围内。

从表 4 可见,经过 7 个月生酮饮食后,崔某炎症

表 4 崔某生酮饮食后炎症状态相关指标测试结果  
Table IV Test Results of Inflammatory Related Indicators after Ketogenic Diet

WBC( $\times 10^9/L$ )	LY%	GR%	IGA( $g \cdot L^{-1}$ )	IGM( $g \cdot L^{-1}$ )	IGG( $g \cdot L^{-1}$ )	IL-6( $pg \cdot mL^{-1}$ )	IL-10( $pg \cdot mL^{-1}$ )	CRP( $mg \cdot L^{-1}$ )
5.6	34.2	64.4	1.08	1.34	13.65	<1.5	<5	0.51

2.5 生酮饮食后空腹血糖稳态相关指标测试结果

常范围,HOMA- $\beta$  指数低于 100,为 53.13,仅略超过 50 的正常水平下限,其他指标基本处于正常范围内。

从表 5 可见,经过 7 个月生酮饮食后,崔某空腹胰岛素水平为 4.25 mIU/L,略低于 5 mIU/L 的正

表 5 崔某生酮饮食后空腹血糖状态相关指标测试结果  
Table V Test Results of Fasting Blood Glucose Related Indicators after Ketogenic Diet

Insulin/( $mIU \cdot L^{-1}$ )	Glu/( $mmol \cdot L^{-1}$ )	HOMA-IR	HOMA- $\beta$
4.25	5.1	0.96	53.13



## 2.6 崔某生酮饮食前后肾功能相关指标变化情况

从表 6 可见,生酮饮食前,崔某肾功能相关血液指标基本处于正常范围内,7 个月生酮饮食后,所测指标均有所上升,其中 UA 水平升高显

著,高于生酮饮食前 43%,且明显高于正常范围(150~470  $\mu\text{mol/L}$ );Cr 水平略升高但仍处于正常范围(61.9~115  $\mu\text{mol/L}$ ),BUN 虽明显升高但仍处于正常值范围内(2.9~7.1  $\text{mmol/L}$ )。BUN/CR 在正常范围内(0~50)。

表 6 崔某生酮饮食前后肾功能相关血液指标变化情况

Table VI Changes in Renal Function Related Blood Indicators before and after Ketogenic Diet

阶段	BUN/( $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ )	Cr/( $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ )	UA/( $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ )	BUN/CR
生酮饮食前	4.8	104	402	21.7
生酮饮食后	6.5	112	576	17.2

## 3 分析与讨论

生酮饮食于 20 世纪 20 年代最早应用于癫痫的辅助治疗,但随着癫痫治疗药物的研发,生酮饮食受到冷落。近年来,生酮饮食在减重减脂、改善与代谢和心血管疾病相关的标志物应用方面的关注度开始逐渐增加,但也一直存在争议,大部分研究认为短期的生酮饮食并不会引起重大的健康问题,但其长期应用的安全性和有效性一直未得到充分验证。

### 3.1 7 个月生酮饮食结合力量训练对身体成分的影响

生酮饮食可显著降低体重和体脂量<sup>[14-15]</sup>。其机制可能有以下几方面:糖异生导致的代谢性消耗增加以及蛋白质的热效应<sup>[16-17]</sup>;酮体导致的食欲抑制<sup>[18-20]</sup>;蛋白质的饱腹感效应<sup>[21]</sup>;脂肪生成减少以及脂解或脂肪利用增加等<sup>[5]</sup>。与其他限制能量的饮食不同,生酮饮食是具有适量蛋白质(至少 1.3~1.5  $\text{g/kg}$  体重)且能量充足的饮食<sup>[16]</sup>;同时,酮症状态下,利用酮体和游离脂肪酸供能可减缓肌蛋白的分解代谢,保留肌肉含量,因此生酮饮食不会导致肌肉量的下降,即体重的下降主要是由于体脂肪量的下降导致,本案例中崔某 7 个月生酮饮食后体脂肪量下降了 2.3  $\text{kg}$ ,减脂效果显著。

生酮饮食期间肌肉含量很难增加<sup>[22-25]</sup>。生酮饮食可削弱促进合成代谢过程胰岛素样生长因子-1 的作用<sup>[22]</sup>,而胰岛素和胰岛素样生长因子-1 对于肌肉合成起着非常重要的作用。但 Rauch 的研究发现 11 周力量训练结合生酮饮食不仅使受试者降低了体脂,还增加了瘦体重<sup>[26]</sup>。Volek 等人认为其他合成激素(如生长激素)在低碳水化合物饮食引起瘦体重增加的效果中起的作用可能更为重要<sup>[27]</sup>。本案例中崔某在 7 个月生酮饮食期间保持 3~5 次/周的力量训练,骨骼肌量增加了 1.3  $\text{kg}$ ,说明生酮饮食结合力量训练可以提高肌肉含量,由于肌肉量的增加,脂肪量的下降,使崔某体重基本维持在生酮饮食前水平。但本案例未对崔某的合成激素水平变化进行测试,故无法进行机制探索讨论。长期生酮饮食结合力量

训练促进肌肉量增长的机制有待进一步研究。

### 3.2 生酮饮食对血脂水平的影响

目前大多数研究认为,低碳水化合物生酮饮食可改善与代谢和心血管疾病相关的血脂、血压等标志物<sup>[28-30]</sup>。低碳水化合物生酮饮食有利于降低 TCH 水平,提高 HDL 含量,降低血 TG 水平<sup>[5,7]</sup>。此外,生酮饮食还可增加 LDL 颗粒的大小和体积<sup>[17]</sup>,由于 LDL 颗粒越小其致动脉粥样硬化作用越高,因此认为生酮饮食可降低心血管疾病风险。然而一项随机对照试验的 Meta 分析研究显示低碳水化合物饮食对两个重要的心血管危险因素产生相反的改变,在降低更多的体重同时会增加 LDL。研究认为限制碳水化合物的有益改变必须建立在减少的体重能够对抗增加的 LDL 可能产生的有害作用<sup>[31]</sup>。一些研究认为低碳水化合物饮食会损害血管内皮细胞功能,导致动脉粥样硬化的风险增加<sup>[32-35]</sup>。其次,生酮饮食大幅度提高的脂肪摄入会因摄入种类不同对血脂产生不同的影响<sup>[36]</sup>。本研究中崔某经过 7 个月生酮饮食后,LDL、HDL、TCH 和 TG 均显著升高,由于没有对其膳食中的脂蛋白种类含量进行分析因此无法确定其血脂指标升高的具体原因。但总体来看,其血液中 TCH、TG、LDL 和 ApoB 明显升高,呈血管动脉粥样硬化性血脂模式,并且 TG/HDL 比值从 0.83 增加到 0.93,增加的 TG/HDL 不仅是心血管疾病发病率和程度的指标,也是 II 型糖尿病发病率的指标<sup>[37]</sup>。因此崔某采用的生酮饮食并不是如大多数研究观察到的可改善脂代谢相关标志物水平,其可能会对脂代谢造成不良影响,进而提高心血管相关疾病的发病风险。由于不同个体对相同饮食的生理反应会因不同遗传特质的影响具有显著的差异,因此需谨慎采取长时间生酮饮食的生活方式。

### 3.3 生酮饮食对炎症状态、血糖稳态及肾功能相关指标的影响

慢性炎症反应和胰岛素抵抗、糖尿病、动脉粥样



硬化、肥胖和代谢综合征的发生密切相关,膳食模式能够影响机体免疫功能并具有抗炎作用<sup>[9]</sup>,Meta分析研究显示低碳水化合物饮食可在逆转细胞炎症反应方面发挥作用,酮体可以通过阻断特定的细胞因子减轻某些炎症过程<sup>[38]</sup>。从测试结果来看,7个月的生酮饮食后,崔某的炎症指标均处于正常水平,说明7个月生酮饮食并未导致崔某产生慢性炎症的不良反应,由于生酮饮食前崔某未进行炎症相关指标的测试,生酮饮食是否改善其炎症水平还无法判断。

低碳水化合物饮食与降低女性患II型糖尿病风险显著相关<sup>[8]</sup>。胰岛素水平的降低主要是由于生酮饮食减少了碳水化合物的摄入量,从而降低了血清胰岛素水平。另一机制可能是由于生酮饮食使人体更加依赖于脂肪氧化供能,随之降低了对协助血糖吸收的胰岛素的需求。从测试结果来看,崔某7个月生酮饮食后的血胰岛素水平略低于正常范围。但由于生酮饮食前崔某未进行空腹胰岛素及血糖水平的测试,所以尽管7个月血糖、HOMA-IR、HOMA-β指数基本处于正常范围,但无法判断其胰岛功能的变化情况,也就无法判断长期生酮饮食是否会使其糖代谢相关指标获得有益的改善,从而降低有糖尿病家族史的崔某糖尿病发生的风险。

对崔某肾功能检测结果显示BUN和Cr均处于正常范围内,但UA明显高于正常水平。尿酸产生的来源分为外源性和内源性。根据崔某的膳食记录,其UA浓度增加的主要原因应是外源性来源,生酮饮食期间其长期进食中高嘌呤的食物,比如三文鱼、牛排和羊排等。食物中的嘌呤分解会造成UA浓度升高。因此,生酮饮食期间应避免长期大量摄入高嘌呤含量的食物,多检测血液PH值和嘌呤含量,保证摄入充足的水分以促进尿酸的排泄。

## 4 研究结论

4.1 长期生酮饮食结合力量训练有保持体重、增肌减脂的作用。

4.2 长期生酮饮食会导致血脂异常及高血尿酸水平。

4.3 长期生酮饮食的安全性和有效性还需更多的研究数据的积累。

## 参考文献:

[1] Freeman J. M., Kossoff E. H., Hartman A. L. The ketogenic diet: one decade later[J]. *Pediatrics*, 2007, 119(3):535-543.

- [2] Atkins R. C. Dr Atkins' Diet Revolution: The High Calorie Way to Stay Thin Forever [M]. D. McKay Co: New York, NY, USA:1972.
- [3] Phinney S. D., Bistrian B. R., Evans W. J., et al. The human metabolic response to chronic ketosis without caloric restriction: preservation of submaximal exercise capability with reduced carbohydrate oxidation[J]. *Metabolism*, 1983, 32(8):769-776.
- [4] The KetoDiet Blog. How Much Fat on a Ketogenic Diet?[EB/OL].[2015-12-07]. <https://ketodietapp.com/Blog/post/2015/12/07/how-much-fat-on-a-ketogenic-diet>.
- [5] Paoli A., Rubini A., Volek J. S., et al. Beyond weight loss: a review of the therapeutic uses of very low-carbohydrate (ketogenic) diets[J]. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 2013, 67(8): 789-796.
- [6] Paoli A., Cenci L., Grimaldi K. A. Effect of Ketogenic Mediterranean diet with phytoextracts and low carbohydrates/high protein meals on weight, cardiovascular risk factors, body composition and diet compliance in Italian council employees[J]. *Nutr. J.*, 2011, 10: 112.
- [7] Bueno N. B., de Melo I. S., de Oliveira S. L., et al. Very low-carbohydrate ketogenic diet v. Low-fat diet for long term weight loss: A meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Br. J. Nutr.*, 2013, 110:1178-1187
- [8] Nanri A., Mizoue T., Kurotani K., et al. Low-Carbohydrate Diet and Type 2 Diabetes Risk in Japanese Men and Women: The Japan Public Health Center-Based Prospective Study[J]. *Plos One*, 2015, 10(2): e0118377.
- [9] Steckhan N., Hohmann C.D., Kessler C., et al. Effects of different dietary approaches on Inflammatory markers in patients with metabolic syndrome: A systematic review and meta-analysis [J]. *Nutrition*, 2016, 32(3): 338-348.
- [10] Ruth M. R., Port A. M., Shah M., et al. Consuming a hypocaloric high fat low carbohydrate diet for 12 weeks lowers Creactive protein, and raises serum adiponectin and high density lipoprotein cholesterol in obese subjects [J]. *Metabolism*, 2013, 62(12):1779-1787.
- [11] Jonasson L., Guldbbrand H., Lundberg A. K. Advice to follow a low carbohydrate diet has a favourable impact on low-grade inflammation in type 2 diabetes compared with advice to follow a low fat diet[J]. *Ann Med.*, 2014, 46(3): 182-187.
- [12] Kosinski C., Jornayvaz F. R. Effects of Ketogenic Diets on Cardiovascular Risk Factors: Evidence from Animal and Human Studies[J]. *Nutrients*, 2017, 9:517.
- [13] Paoli A., Canato M., Toniolo L., et al. The ketogenic diet: An underappreciated therapeutic option?[J]. *Clin. Ter.*, 2011; 162:145-153.



- [14] Hall K. D., Chen K. Y., Guo J., et al. Energy expenditure and body composition changes after an isocaloric ketogenic diet in overweight and obese men[J]. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2016, 104: 324-333.
- [15] Moreno B., Bellido D., Sajoux I., et al. Comparison of a very low-calorie-ketogenic diet with a standard low-calorie diet in the treatment of obesity[J]. *Endocrine*, 2014, 47:793-805.
- [16] Feinman R. D., Fine E. J. Nonequilibrium thermodynamics and energy efficiency in weight loss diets [J]. *Theor. Biol. Med. Model.*, 2007, 4:27
- [17] Westerterp-Plantenga M. S., Nieuwenhuizen A., Tome D., et al. Dietary protein, weight loss, and weight maintenance[J]. *Annu. Rev. Nutr.*, 2009, 29:21-41.
- [18] Johnstone A. M., Horgan G. W., Murison S. D., et al. Effects of a high-protein ketogenic diet on hunger, appetite, and weight loss in obese men feeding ad libitum [J]. *Amer. J. Clin. Nutr.*, 2008, 87:44-55.
- [19] Laeger T., Metges C. C., Kuhla B. Role of beta-hydroxybutyric acid in the central regulation of energy balance [J]. *Appetite*, 2010, 54:450-455.
- [20] Gibson A. A., Seimon R. V., Lee C. M., et al. Do ketogenic diets really suppress appetite? A systematic review and meta-analysis[J]. *Obes. Rev.*, 2015, 16(1):64-76.
- [21] Johnston C. S., Tjonn S. L., Swan P. D., et al. Ketogenic low-carbohydrate diets have no metabolic advantage over non ketogenic low-carbohydrate diets[J]. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2006, 83:1055-1061.
- [22] Vargas S., Romance R., Petro J. L., et al. Efficacy of ketogenic diet on body composition during resistance training in trained men: a randomized controlled trial[J]. *J. Int. Soc. Sports Nutr.*, 2018, 15(1):31
- [23] Draznin B., Wang C., Adochio R., et al. Effect of dietary macronutrient composition on AMPK and SIRT-1 expression and activity in human skeletal muscle[J]. *Horm. Metab. Res.*, 2012, 44(9):650-655.
- [24] Franchini E., Brito C. J., Artioli G. G. Weight loss in combat sports: physiological, psychological and performance effects[J]. *J. Int. Soc. Sports Nutr.*, 2012, 9(1):52.
- [25] Longo V. D., Mattson M. P. Fasting: molecular mechanisms and clinical applications[J]. *Cell Metab.*, 2014, 19(2):181-192.
- [26] Rauch J. T., Silva J. E., Lowery R. P., et al. The effects of ketogenic dieting on skeletal muscle and fat mass[J]. *J. Int. Soc. Sports Nutr.*, 2014, 11:40.
- [27] Volek J. S., Sharman M. J., Love D. M., et al. Body composition and hormonal responses to a carbohydrate-restricted diet[J]. *Metabolism*, 2002, 51(7):864-870
- [28] Kemper M. F., Srivastava S., Todd King M., et al. An Ester of  $\beta$ -Hydroxybutyrate Regulates Cholesterol Biosynthesis in Rats and a Cholesterol Biomarker in Humans [J]. *Lipids*, 2015, 50(12): 1185-1193.
- [29] Cicero A. F. G., Benelli M., Brancaleoni M., et al. Middle and Long-Term Impact of a Very Low-Carbohydrate Ketogenic Diet on Cardio metabolic Factors: A Multi-Center, Cross-Sectional, Clinical Study[J]. *High Blood Pressure & Cardiovascular Prevention*, 2015, 22(4):389-394.
- [30] De Luis D. A., Aller R., Izaola O., et al. Effect of two different hypocaloric diets in transaminases and insulin resistance in nonalcoholic fatty liver disease and obese patients[J]. *Nutrición Hospitalaria*, 2010, 25(5):730-735.
- [31] Mansoor N., Vinknes K.J., Veierd M. B., et al. Effects of low-carbohydrate diets v. low fat diets on body weight and cardiovascular risk factors: a meta-analysis of randomised controlled trials [J]. *Br. J. Nutr.*, 2016, 115(3): 466-479.
- [32] Frigolet M. E., Ramos Barragán V. E., Tamez González M. Low-carbohydrate diets: a matter of love or hate [J]. *Ann. Nutr. Metab.*, 2011, 58(4): 320-334.
- [33] Czyewska-Majchrzak, Grzelak T., Kramkowska M., et al. The use of low-carbohydrate diet in type 2 diabetes-benefits and risks [J]. *Ann. Agric Environ Med.*, 2014, 21(2): 320-326.
- [34] Santesso N., Akl E. A., Bianchi M., et al. Effects of higher-versus lower-protein diets on health outcomes: a systematic review and meta-analysis[J]. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 2012, 66(7): 780-788.
- [35] Jovanovski E., Zurbau A., Vuksan V. Carbohydrates and Endothelial Function: Is a Low-Carbohydrate Diet or a Low-Glycemic Index Diet Favourable for Vascular Health? [J]. *Clin. Nutr. Res.*, 2015, 4(2): 69-75.
- [36] Volek J. S., Sharman M. J., Gómez A. L., et al. An isoenergetic very low carbohydrate diet improves serum HDL cholesterol and triacylglycerol concentrations, the total cholesterol to HDL cholesterol ratio and postprandial lipemic responses compared with a low fat diet in normal weight, normolipidemic women[J]. *J. Nutr.*, 2003, 133:2756-2761.
- [37] Sharman M. J., Kraemer W. J., Love D. M., et al. A ketogenic diet favorably affects serum biomarkers, for cardiovascular disease in normal-weight men[J]. *J. Nutr.*, 2002, 132:1879-1885.
- [38] Atallah R., Filion K. B., Wakil S. M., et al. Low Carbohydrate versus Isoenergetic Balanced Diets for Reducing Weight and Cardiovascular Risk: A Systematic Review and Meta-Analysis[J]. *PLoS One*, 2014, 9(7): e100652.

(责任编辑:刘畅)