

· 论 著 ·

不同减重模式对超重 2 型糖尿病患者血糖波动及心肺功能影响

刘秀¹, 乔静敏¹, 秦英军², 岳伟平¹, 赵志刚¹, 尚双建³, 张力双¹

1. 石家庄市第一医院内分泌科二病区, 河北 石家庄 050011;

2. 石家庄市第一医院检验科, 河北 石家庄 050011; 3. 石家庄市第一医院心脏外科, 河北 石家庄 050011

摘要: **目的** 为探究不同减重模式对超重 2 型糖尿病患者血糖波动及心肺功能的影响。**方法** 选取住院应用胰岛素降糖治疗且血糖控制平稳的超重 2 型糖尿病患者 120 例, 随机分成高脂低碳生酮饮食组(30 例)、限能量均衡膳食组(30 例)、普通糖尿病膳食组(30 例)、普通糖尿病膳食 + 饭后 30 min 有氧运动组(30 例), 分别给予低碳生酮饮食、限能量均衡膳食、普通糖尿病膳食及普通糖尿病膳食 + 饭后 30 min 有氧运动干预, 应用雅培瞬感血糖仪检测患者 14 d 内皮下组织葡萄糖浓度, 以血糖变异系数(CV)、空腹血糖变异系数(CV-FPG)、最大血糖波动幅度(LAGE)、平均血糖波动幅度(MAGE)、餐后血糖波动幅度(PPGE)、日间血糖平均绝对差(MODD)、血糖水平标准差(SDBG)等指标评价各组患者血糖波动情况; 继续维持相应干预措施 3 个月、6 个月后复测心肺功能等指标。**结果** 低碳生酮饮食组患者的 CV、CV-FPG、LAGE、MAGE、PPGE、MODD、SDBG 均显著低于其他三组, 差异有统计学意义($P < 0.05$); 限能量均衡膳食组和普通糖尿病膳食 + 饭后 30 min 有氧运动组患者的以上各指标均显著低于普通糖尿病膳食组患者, 差异有统计学意义($P < 0.05$), 而限能量均衡膳食组和普通膳食 + 饭后 30 min 有氧运动组患者的以上各指标差异均无统计学意义($P > 0.05$)。干预 3 个月和干预 6 个月时, 普通糖尿病膳食 + 饭后 30 min 有氧运动组患者的肺活量及第一秒用力呼气量均显著高于其他三组, 差异有统计学意义($P < 0.05$), 且其他三组之间, 差异无统计学意义($P > 0.05$)。**结论** 低碳生酮饮食是维持超重 2 型糖尿病患者血糖稳定的最优减重模式, 普通糖尿病膳食 + 饭后 30 min 有氧运动可以有效改善患者心肺功能。

关键词: 2 型糖尿病; 减重模式; 血糖波动; 心肺功能

中图分类号: R 587.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-8182(2020)09-1181-04

Effects of different modes of weight loss on blood glucose fluctuation and cardiopulmonary function in overweight type 2 diabetic patients

LIU Xiu*, QIAO Jing-min, QIN Ying-jun, YUE Wei-ping, ZHAO Zhi-gang, SHANG Shuang-jian, ZHANG Li-shuang

* Department of Endocrinology, Shijiazhuang First Hospital, Shijiazhuang, Hebei 050011, China

Corresponding author: ZHANG Li-shuang, E-mail: 2803912148@qq.com

Abstract: Objective To investigate the impacts of different weight loss models on blood glucose fluctuations and cardiopulmonary function in overweight patients with type 2 diabetic mellitus (T2DM). **Methods** A total of 120 overweight patients with T2DM receiving insulin therapy and stable blood glucose level were selected and randomly divided into ketogenic diet composed of high fat and low carbohydrate group (ketogenic diet group), calorie balanced diet group (balanced diet group), common diabetes diet group (common diet group) and common diabetes diet plus aerobic exercise for 30 minutes after meal group (aerobic exercise group) according to different diet pattern ($n = 30$, each). The blood glucose variation coefficient (CV), CV of FPG concentrations (CV-FPG), maximum blood glucose fluctuation (LAGE), mean amplitude of glycemic excursions (MAGE), postprandial blood glucose fluctuation range (PPGE), mean absolute difference daytime blood glucose (MODD), standard deviation of mean level of blood glucose fluctuation (SDBG) and other indicators were detected to evaluate the blood glucose fluctuation in each group. Maintaining appropriate interventions for 3 months and 6 months, the indexes of cardiopulmonary function were measured again. **Results** The values of CV, CV-FPG, LAGE, MAGE, PPGE, MODD, SDBG in ketogenic diet group were significantly lower than those in other three groups (all

$P < 0.05$) and were significantly lower in balanced diet group and aerobic exercise group than those in common diet group ($P < 0.05$), however, there were no obvious differences in them between balanced diet group and aerobic exercise group (all $P > 0.05$). At 3 and 6 months after intervention, the vital capacity and the forced expiratory volume in the first second (FEV_1) in aerobic exercise group were significantly higher than those in other three groups (all $P < 0.05$), and there were no statistical differences in them among the three groups ($P > 0.05$). **Conclusion** Low carbon ketogenic diet is the best method for weight loss in overweight type 2 diabetic patients, and ordinary diabetic diet plus 30-min aerobic exercise after meal can effectively improve the cardiopulmonary function of overweight patients with T2DM.

Key words: Type 2 diabetic mellitus; Weight loss model; Blood sugar fluctuation; Cardiopulmonary function

Fund program: Shijiazhuang Science and Technology Research and Development Plan (181460923)

目前流行病学研究已经确认超重及肥胖与 2 型糖尿病 (T2DM)、代谢综合征、心脏病等的发病风险密切相关,通过对肥胖的干预能够降低 T2DM 和代谢综合征发病率^[1-2]。医学营养治疗包括营养宣教、饮食干预、运动干预和心理干预等措施,是糖尿病治疗的“五驾马车”之一,是糖尿病患者应该长期坚持的基础性治疗措施,其目的是减轻胰岛 β 细胞的负担,以帮助其恢复功能的一种非药物干预方法^[3]。指导患者进行合理的饮食结构调整对控制糖尿病患者血糖水平,减少住院时间、次数,延缓疾病的进展,减少并发症的发生具有重要意义^[4]。合理运动可以改善胰岛素的敏感性,调节糖代谢来降低血糖,提高心肺功能^[5]。本文拟探究低碳生酮饮食、限能量均衡膳食及运动干预等减重模式对超重 T2DM 患者血糖波动及心肺功能影响,为临床应用提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料 随机选择就诊于石家庄市第一医院的 T2DM 患者 120 例,随机分为低碳生酮饮食组 (30 例)、限能量均衡膳食组 (30 例)、普通糖尿病膳食组 (30 例)、普通糖尿病膳食 + 饭后 30 min 有氧运动组 (30 例),分别简称为生酮组、限能组、普膳组和普膳运动组。入选标准:(1) 年龄 45 ~ 65 岁;(2) 符合世界卫生组织 (WHO) 糖尿病专家委员会提出的诊断标准 (1999);(3) BMI 24 ~ 27.9 kg/m² 的超重患者;(4) 使用胰岛素降糖治疗;(5) 既往无运动训练习惯者;(6) 糖化血红蛋白值在 6% ~ 9%。排除标准:(1) 有 1 型糖尿病 (T1DM)、继发性糖尿病、急性感染、昏迷,严重心、肺、肝肾功能障碍者;(2) 脑卒中后遗症、其他原因引起的运动障碍等患者;(3) 并发严重的糖尿病并发症 (糖尿病肾病合并肾衰、尿酮体阳性、增生性视网膜病变、糖尿病足) 的患者;(4) 严重心肌缺血、严重高血压、严重骨质疏松者;(5) 空腹血糖超过 13.5 mmol/L 者。

1.2 干预方法 低碳生酮饮食组患者饮食结构:按照脂肪供能占总能量摄入的 70% ~ 80%、碳水化合物

供能占总能量摄入的 5% ~ 10%、蛋白质提供能量摄入的 15% ~ 20% 的比例,结合患者实际饮食习惯,设计食谱^[3]。限能量均衡膳食组饮食结构:按照碳水化合物供能占总能量摄入的 30%、脂肪供能占总能量摄入的 40% ~ 50%、蛋白质供能占总能量摄入的 20% ~ 30% 的比例,结合患者实际饮食习惯,设计个性化食谱^[6]。普通糖尿病膳食组饮食结构:按照碳水化合物供能占总能量摄入的 45% ~ 60%、蛋白质供能占总能量摄入的 15% ~ 20%、脂肪供能占总能量摄入的 25% ~ 35% 的比例,结合患者饮食习惯,设计个性化食谱^[7-8]。普通糖尿病膳食 + 饭后 30 min 有氧运动组患者,在按照普通糖尿病膳食组的基础上,饭后进行 30 min 有氧运动^[9]。

1.3 观察指标 所有入组对象入院后禁食 8 h 以上,采用 INBODY 体脂称评测体质指数 (BMI);测定各组患者空腹血糖 (FBG)、餐后 2h 血糖 (PBG)、空腹胰岛素 (INS)、胰岛素抵抗指数 (HOMA-IR)、胰岛素分泌指数 (HOMA2- β)、糖化血红蛋白 (HbA1c)、三酰甘油 (TG)、总胆固醇 (TC)、低密度脂蛋白胆固醇 (LDL-C)、高密度脂蛋白胆固醇 (HDL-C) 等生化指标及心肺功能,对比各组患者基线资料。对患者进行饮食、运动指导,佩戴瞬感血糖仪监测血糖波动情况,具体指标包括:血糖变异系数 (CV)、空腹血糖变异系数 (CV-FPG)、最大血糖波动幅度 (LAGE)、平均血糖波动幅度 (MAGE)、餐后血糖波动幅度 (PPGE)、日间血糖平均绝对差 (MODD)、血糖水平标准差 (SDBG) 等^[10]。继续维持相应干预措施复测心肺功能指标。

1.4 统计分析 采用 SAS 9.13 软件对所得到的原始数据进行统计分析。正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,用单因素方差分析对患者的各项指标进行组间比较;计数资料以例表示,组间比较采用 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 四组基线资料 四组患者的性别组成、年龄、病程、BMI、FBG、PBG、INS、HOMA-IR、HOMA- β 、

HbA1c、TG、TC、LDL-C、HDL-C、肺活量及第一秒用力呼气量等指标均相似,差异无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性。见表 1。

2.2 不同减重模式对超重 T2DM 患者血糖波动参数的影响 低碳生酮饮食组患者的 CV、CV-FPG、LAGE、MAGE、PPGE、MODD、SDBG 均显著低于其他三组,差异有统计学意义($P < 0.05$);限能量均衡饮食组和普通膳食 + 饭后 30 min 有氧运动组患者的以上各指标差异无统计学意义($P > 0.05$);而限能量均衡饮食组和普通糖尿病膳食 + 饭后 30 min 有氧运动

组患者的以上各指标均显著低于普通糖尿病膳食组患者,差异有统计学意义($P < 0.05$)。见表 2。

2.3 不同减重模式对超重 T2DM 患者心肺功能的影响 干预 3 个月和干预 6 个月时,普通糖尿病膳食 + 饭后 30 min 有氧运动组患者的肺活量及第一秒用力呼气量均显著高于低碳生酮饮食组、限能量均衡膳食组和普通糖尿病膳食组,差异有统计学意义($P < 0.05$);而低碳生酮饮食组、限能量均衡膳食组和普通糖尿病膳食组之间差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 3。

表 1 四组患者基线资料情况 ($n = 30, \bar{x} \pm s$)

项目	生酮组	限能组	普膳组	普膳运动组	χ^2/F 值	P 值
男/女(例)	14/16	15/15	14/16	13/17	0.268	0.966
年龄(岁)	60.21 ± 5.47	59.54 ± 4.74	61.37 ± 6.25	60.69 ± 8.01	0.460	0.711
病程(年)	7.42 ± 6.92	7.85 ± 7.11	6.96 ± 4.65	7.66 ± 6.03	0.113	0.952
BMI(kg/m ²)	26.77 ± 3.30	27.01 ± 2.79	26.85 ± 3.57	26.79 ± 3.26	0.034	0.992
FBG(mmol/L)	7.74 ± 2.14	7.55 ± 1.98	7.69 ± 2.55	7.92 ± 1.69	0.157	0.925
PBG(mmol/L)	17.30 ± 6.02	17.12 ± 5.49	17.19 ± 5.73	17.44 ± 4.99	0.019	0.996
INS(μg/L)	13.02 ± 4.06	13.33 ± 4.12	12.95 ± 3.52	13.17 ± 4.36	0.053	0.984
HOMA-IR	1.30 ± 0.55	1.29 ± 0.48	1.35 ± 0.54	1.26 ± 0.59	0.143	0.934
HOMA2-β	53.09 ± 18.35	54.13 ± 17.26	52.94 ± 19.03	54.52 ± 21.39	0.050	0.985
HbA1c(%)	7.23 ± 1.10	6.88 ± 0.92	7.15 ± 1.26	6.94 ± 1.05	0.703	0.552
TG(mmol/L)	1.44 ± 0.55	1.52 ± 0.47	1.46 ± 0.51	1.74 ± 0.43	2.346	0.076
TC(mmol/L)	4.43 ± 1.10	4.56 ± 0.97	4.47 ± 1.05	5.12 ± 1.16	1.933	0.128
LDL-C(mmol/L)	2.55 ± 0.75	2.74 ± 0.80	2.63 ± 1.01	2.85 ± 0.76	0.732	0.534
HDL-C(mmol/L)	1.42 ± 0.52	1.64 ± 0.50	1.55 ± 0.46	1.81 ± 0.59	1.741	0.163
肺活量(ml)	2620.11 ± 341.22	2650.35 ± 315.73	2637.62 ± 325.74	2627.79 ± 332.67	0.047	0.986
第一秒用力呼气量(ml)	1952.42 ± 246.90	1936.57 ± 264.63	1940.35 ± 244.85	1952.61 ± 220.77	0.034	0.991

表 2 不同减重模式对超重 T2DM 患者血糖波动参数的影响 ($n = 30, \bar{x} \pm s$)

项目	生酮组	限能组	普膳组	普膳运动组	F 值	P 值
CV	0.18 ± 0.05 ^a	0.21 ± 0.06 ^{ab}	0.25 ± 0.06 ^b	0.20 ± 0.05 ^{ab}	8.525	0.000
CV-FPG	0.13 ± 0.10 ^a	0.16 ± 0.10 ^{ab}	0.20 ± 0.10 ^b	0.15 ± 0.05 ^{ab}	3.200	0.026
LAGE(mmol/L)	5.10 ± 1.62 ^a	5.92 ± 2.31 ^{ab}	7.02 ± 2.84 ^b	6.05 ± 2.27 ^{ab}	3.508	0.018
MAGE(mmol/L)	2.11 ± 0.92 ^a	2.80 ± 1.02 ^{ab}	3.32 ± 1.31 ^b	2.79 ± 1.06 ^{ab}	6.250	0.000
PPGE(mmol/L)	1.57 ± 0.88 ^a	2.16 ± 1.01 ^{ab}	3.02 ± 1.25 ^b	2.25 ± 0.94 ^{ab}	10.031	0.000
MODD(mmol/L)	1.01 ± 0.36 ^a	1.24 ± 0.42 ^{ab}	1.50 ± 0.51 ^b	1.29 ± 0.44 ^{ab}	6.392	0.000
SDBG(mmol/L)	1.20 ± 0.62 ^a	1.75 ± 0.57 ^{ab}	1.94 ± 0.64 ^b	1.68 ± 0.39 ^{ab}	9.356	0.000

注:与普膳组比较,^a $P < 0.05$;与生酮组比较,^b $P < 0.05$ 。

表 3 不同减重模式对超重 T2DM 患者心肺功能的影响 ($n = 30, \bar{x} \pm s$)

项目	肺活量(ml)		第一秒用力呼气量(ml)	
	干预 3 个月后	干预 6 个月后	干预 3 个月后	干预 6 个月后
生酮组	2684.34 ± 326.29 ^a	2705.34 ± 316.32 ^a	1999.56 ± 236.56 ^a	2068.90 ± 226.45 ^a
限能组	2676.55 ± 306.86 ^a	2694.22 ± 309.57 ^a	2035.96 ± 247.46 ^a	2080.84 ± 237.51 ^a
普膳组	2668.56 ± 312.52 ^a	2680.26 ± 298.64 ^a	2041.26 ± 230.05 ^a	2088.37 ± 219.20 ^a
普膳运动组	2760.58 ± 329.41	2973.57 ± 316.79	2168.59 ± 225.36	2365.64 ± 230.73
F 值	0.449	6.148	2.420	11.802
P 值	0.718	0.000	0.070	0.000

注:与普膳运动组比较,^a $P < 0.05$ 。

3 讨论

长期不良的生活方式导致肥胖超重/肥胖的患病率逐年增长,呈流行态势。超重及肥胖是糖尿病、心

血管疾病及其他代谢性疾病和肿瘤的潜在危险因素,不合理膳食使众多糖尿病患者不能合理控制血糖,导致严重并发症频发,甚至危及生命,从而使糖尿病患者的生存质量及生存率下降^[11-12]。栾健等^[3]认为,

饮食治疗和运动治疗是控制 T2DM 患者血糖的有效方法。Saslow 等^[13]给予 25 例 T2DM 患者 16 周的生酮饮食干预,结果生酮饮食干预在无明显副作用的前提下,明显降低了患者的糖化血红蛋白和三酰甘油。首健等^[6]以 32 例 T2DM 患者为研究对象,施以 30% 低碳水化合物饮食干预,结果干预 3、6 个月后,明显改善患者的血脂和血糖情况,且患者具有较好的依从性。钟立新等^[9]选取 150 例中老年 T2DM 患者,随机分为五组,分别施以不予运动干预、有氧运动干预、有氧运动 + 抗阻训练干预、有氧运动 + 中负荷抗阻训练干预和有氧运动 + 高负荷抗阻训练干预,结果不同运动方式均对中老年 T2DM 患者 HOMA-IR、血脂、血糖等指标有改善效果。综上,饮食干预和运动干预对于 2 型糖尿病患者均有较好的疗效。

长期以来,临床对 T2DM 患者的血糖管理以监控糖化血红蛋白为主,然而 Kovatchev 等^[14]的研究证实,血糖波动对糖尿病患者结局的影响更甚于糖化血红蛋白,因此,加强血糖波动控制至关重要。瞬感扫描式葡萄糖监测系统(FSL-CGM)可连续记录 T2DM 患者 14 d 的血糖波动情况,对于研究和制定 T2DM 患者的临床治疗方案具有很大的应用价值^[11,15]。本研究采用雅培瞬感血糖仪评估了低碳生酮饮食、限能量均衡膳食、普通糖尿病膳食、普通糖尿病膳食 + 饭后 30 min 有氧运动等 4 种不同减重模式对超重 T2DM 患者血糖波动的影响。结果提示,低碳生酮饮食减重模式对于维持 T2DM 患者血糖稳定最有价值,限能量均衡饮食组和普通糖尿病膳食 + 饭后 30 min 有氧运动减重模式次之,普通糖尿病膳食减重模式最差。

同时,本研究还探究了四种减重模式对 T2DM 患者心肺功能的影响情况,结果显示,干预 3 个月和干预 6 个月时,普通糖尿病膳食 + 饭后 30 min 有氧运动组患者的肺活量及第一秒用力呼气量均显著高于其他三组。结果提示,普通糖尿病膳食 + 饭后 30 min 有氧运动减重模式有利于改善患者心肺功能,这与赵永红等^[16]的研究结果一致。

综上所述,低碳生酮饮食是维持超重 T2DM 患者血糖稳定的最优减重模式,普通糖尿病膳食 + 饭后 30 min 有氧运动可以有效改善患者心肺功能。

参考文献

[1] 柳沁元,涂青云,韩翔瀚,等.江苏省糖尿病居民膳食脂肪供能比现状及其影响因素分析[J].中国临床研究,2019,32(5):

711-713,717.

- [2] 崔立娜,李明哲.沈阳市城市居民糖尿病预防知识知晓调查与影响因素分析[J].中国临床研究,2018,31(10):1432-1434.
- [3] 栾健,宋一全,姚民秀,等.让胰岛β细胞休养生息:以高脂低碳生酮饮食干预为核心的“五位一体”2型糖尿病整合治疗新方案[J].实用临床医药杂志,2019,23(11):1-6.
- [4] Tay J, Thompson CH, Luscombe-Marsh ND, et al. Effects of an energy-restricted low-carbohydrate, high unsaturated fat/low saturated fat diet versus a high-carbohydrate, low-fat diet in type 2 diabetes: a 2-year randomized clinical trial [J]. *Diabetes Obes Metab*, 2018, 20(4):858-871.
- [5] Erickson ML, Little JP, Gay JL, et al. Effects of postmeal exercise on postprandial glucose excursions in people with type 2 diabetes treated with add-on hypoglycemic agents [J]. *Diabetes Res Clin Pract*, 2017, 126:240-247.
- [6] 首健,陈佩杰,肖卫华.不同运动方式对骨骼肌胰岛素抵抗的影响机制[J].中国糖尿病杂志,2018,26(8):87-91.
- [7] 王卫庆,宁光,包玉倩,等.糖尿病医学营养治疗专家共识[J].中华内分泌代谢杂志,2013,29(5):357-362.
- [8] 中华医学会糖尿病学分会,中国医师协会营养医师专业委员会.中国糖尿病医学营养治疗指南(2013)[J].中华糖尿病杂志,2015,7(2):73-88.
- [9] 钟立新,秦志琳,赵明明.不同运动方式对中老年 2 型糖尿病患者各项生化指标及胰岛素抵抗指数的影响[J].解放军预防医学杂志,2019,37(4):25-26.
- [10] Al Hayek AA, Robert AA, Al Dawish MA. Evaluation of FreeStyle libre flash glucose monitoring system on glycemic control, health-related quality of life, and fear of hypoglycemia in patients with type 1 diabetes [J]. *Clin Med Insights Endocrinol Diabetes*, 2017, 10:1179551417746957.
- [11] Fokkert MJ, van Dijk PR, Edens MA, et al. Performance of the FreeStyle Libre Flash glucose monitoring system in patients with type 1 and 2 diabetes mellitus [J]. *BMJ Open Diabetes Res Care*, 2017, 5(1):e000320.
- [12] 邢淑清,田永芳,张慧.中老年男性 2 型糖尿病患者血清睾酮与动脉粥样硬化的相关性[J].中国临床研究,2017,30(9):1198-1200.
- [13] Saslow LR, Mason AE, Kim S, et al. An online intervention comparing a very low-carbohydrate ketogenic diet and lifestyle recommendations versus a plate method diet in overweight individuals with type 2 diabetes: a randomized controlled trial [J]. *J Med Internet Res*, 2017, 19(2):e36.
- [14] Kovatchev BP. Metrics for glycaemic control—from HbA1c to continuous glucose monitoring [J]. *Nat Rev Endocrinol*, 2017, 13(7):425.
- [15] 蔡玲莉,周健,贾伟平.瞬感扫描式葡萄糖监测系统的临床研究进展[J].中华内科杂志,2018,57(11):858.
- [16] 赵永红,任琼.步行训练对老年 2 型糖尿病患者肺功能及血糖的影响[J].心血管康复医学杂志,2017,26(1):24-27.

收稿日期:2019-12-17 编辑:王娜娜