

生酮、低脂、低 GI 高蛋白饮食对 2 型糖尿病的相关代谢指标的影响

汪荣¹ 林丽君^{2*}

1. 青海大学 青海西宁 810016

2. 青海省人民医院 青海西宁 810007

摘要: 生酮、低脂、低 GI 高蛋白饮食作为不同的饮食方案, 用于辅助治疗 2 型糖尿病, 目前已受到广泛关注。在改善代谢指标方面, 此三种饮食模式表现出不同的作用与效果, 大量研究表明, 生酮饮食在短期内显著降低体重及血糖, 低脂饮食在改善血脂及心血管疾病方面有良好的表现, 而低 GI 高蛋白饮食对改善胰岛素抵抗及餐后血糖具有积极作用。尽管这三种饮食模式各其独特的优势, 但在临床实践中面临一些挑战, 主要是制定个体化的饮食方案及长期依从性问题。本文旨在探讨这三种饮食模式对 2 型糖尿病患者代谢指标的影响, 并探讨其潜在机制。

关键词: 饮食; 2 型糖尿病; 机制; 代谢; 影响

随着生活水平的提高, 人们生活方式的改变, 继之伴随代谢性疾病的患病率增加, 如糖尿病、肥胖症、痛风等, 目前 2 型糖尿病 (type 2 diabetes mellitus, T2DM) 已成为全球普遍存在的慢性代谢性疾病。现有数据显示, ≥ 18 岁的成年人糖尿病在 2019 年总体患病率为 12.4%, 糖尿病和糖尿病前期的合并患病率为 50.5%, 糖尿病患病率的预测值在 2030 年将达到 19.8%^[1], 严重影响人们的健康及生活质量。T2DM 是以胰岛素抵抗及分泌不足为主要发病机制, 导致血糖水平升高, 进而发生一系列心血管疾病、肾病、神经及视网膜病变等一系列并发症。因此, 对 T2DM 的管理和治疗势在必行。医学营养指导, 是一种有效的、推荐的非药物干预措施。已有研究发现, 饮食结构的调整, 能够有效控制血糖及相关代谢指标。有研究表明, 生酮、低脂、低血糖指数 (glycemic index, GI) 高蛋白饮食应用于在 T2DM 患者的饮食管理, 在一定程度上均能改善胰岛素抵抗, 稳定血糖水平。饮食管理不仅可以减重, 还能明显降低心血管疾病发生的危险因素。由此可见, 饮食干预是管理代谢性疾病的重要手段。生酮、低脂、低 GI 高蛋白饮食是目前国内外研究较多的三种饮食模式, 在代谢性疾病管理中占据重要的地位。生酮饮食 (ketogenic diet, KD) 是通过禁食或限制碳水化合物来达到改善代谢的目的^[2]。低脂饮食, 即减少每日摄入的

总脂肪含量, 减少体内脂肪的积累, 降低心血管疾病风险和改善代谢^[3]。低 GI 高蛋白饮食, 选择血糖生成指数较低食物, 适当补充蛋白质, 延缓食物吸收、增强饱腹感来减少血糖波动, 从而达到稳定血糖水平的效果^[4,17]。科学的饮食指导可以帮助不同人群根据个体特点, 制定适合自己的饮食方案, 从而提高整体健康水平。不同的饮食模式在糖尿病、肥胖等代谢性疾病中各有相应的潜在益处, 值得我们进一步探讨其对 T2DM 相关代谢指标影响的具体机制。

1 生酮饮食

1.1 作用机制

KD 是指机体利用脂肪代替碳水化合物来供能, 从而满足机体能量代谢需求的一种饮食模式。已有相关研究表明, KD 对 T2DM 患者有许多健康益处, 其主要机制在于通过限制碳水化合物摄入, 使脂肪成为机体主要的能量来源, 通过燃烧脂肪使机体进入酮症状态, 在酮症期间, 丙酮、乙酰乙酸酯和 β -羟基丁酸酯三个主要的酮体为机体提供能量, 而 β -羟基丁酸酯作为一种信号分子, 可能在抑制食欲方面发挥作用^[2], 从而减少血糖水平的波动。此外, KD 还具有促进肝脏糖异生、促进脂质氧化、改善脂质代谢的作用, 进而有效控制血糖水平^[5]。然而, KD 在短时间内能够有效控制血糖和体重, 但缺乏长期影响的研究数据, 其安全性和

有效性有待进一步探索。

1.2 体重管理与糖脂代谢

KD, 作为糖尿病和肥胖症的医学营养疗法, 是最简单、有效和经济的干预选择, 其在体重管理、代谢性疾病方面有着积极地作用。长期肥胖会导致慢性全身炎症, 损害胰岛素敏感性, 导致胰岛素抵抗发生糖尿病^[6]。有研究表明, KD 能够在短期内有效控制体重, 尤其是在 T2DM 合并肥胖患者中, 其主要机制是由于碳水化合物是胰岛素分泌的主要动力, 通过减少碳水化合物摄入量, 导致胰岛素需求量的减少, 降低胰岛素水平, 改善胰岛素抵抗, 使 T2DM 患者的血糖趋于正常, 并促进脂肪的分解和氧化, 避免体内脂肪储存, 从而达到减重的效果^[7]。此外, Hussain 等人报道, KD 可降低甘油三酯和总胆固醇, 升高高密度脂蛋白水平^[8], 从而改善血脂紊乱。

1.3 对尿酸的影响

生酮饮食对尿酸水平的影响是一个复杂的过程。一些研究表明, 生酮饮食可以降低体重和改善胰岛素敏感性, 从而可能有助于降低尿酸水平。例如, 夏瑜雯等人的研究发现, KD 可使痛风患者体质量得到有效控制, 血尿酸水平明显降低, 关节肿痛症状得到缓解, 痛风发作次数显著减少^[9]。此外, 有动物实验研究表明, KD 能够明显降低高尿酸血症小鼠的血尿酸水平, 其机制可能与调节尿 PH、降低促炎症脂肪因子水平有关^[10]。由此看来, KD 可有效降低血尿酸水平。然而, 其他研究则指出, 生酮饮食可能会导致尿酸水平升高, 可能与酮体的生成和肾脏对尿酸排泄的影响有关。对于 KD 模式存在一定的争议, 目前看来, 其带来的是更多益处, 未来需要更多数据来进一步验证其长期可持续性、安全性和有效性。

1.4 对骨代谢的影响

生酮饮食对骨代谢的影响近年来引起了广泛关注。有研究发现 KD, 摄入脂肪后会增加胆汁酸排泄, 胆汁酸可促进肠道吸收维生素 D, 可能轻度提高循环中的维生素 D 水平, 对预防骨质疏松有着一定的作用。但是, 有研究表明, 长期遵循 KD 可能导致骨密度下降和骨折风险增加, 对骨骼健康产生这种负面影响的原因可能是钙和维生素 D 的摄入不足、酸碱平衡的改变以及骨代谢相关激素的变化有关^[11]。KD 对骨代谢的研究数据有限, 从现有研究来看, 尽管生酮饮食可能有助于改善代谢, 但其对骨代谢的潜在负面影响提示我们在临床应用

中应谨慎评估, 并考虑适当的营养补充和监测措施。

2 低脂饮食

2.1 作用机制

低脂饮食指每日摄入的总脂肪含量较低的一种饮食方式。脂肪摄入过多, 出现肌肉和肝细胞中脂质积累的现象, 导致细胞脂肪变性增大诱导慢性炎症反应, 可能与胰岛素抵抗和 T2DM 有关^[6], 并与肥胖症、血脂紊乱、心血管疾病有关。然而, 低脂饮食, 限制了脂肪的摄入, 避免脂肪细胞堆积在肝脏及肌肉等组织中, 使机体增加对原有过剩能量的消耗, 减少体内脂肪储存, 从而抑制慢性炎症, 增加胰岛素敏感性, 改善新陈代谢异常^[3]。已有多项研究发现, 低脂饮食具有显著地改善血脂紊乱及胰岛素敏感性的作用。

2.2 体重管理与糖脂代谢

有研究提示, 通过低脂饮食改善患者饮食结构, 减少脂肪的摄入和对总热量进行限制, 肌内及肝等器官组织中脂质随之减少, 从而有利于减轻胰岛素抵抗及 T2DM 的发展, 有效控制并保持血糖水平及糖化血红蛋白的稳定。同时, 2019 年美国糖尿病协会指出, 低脂饮食能够有效降低 T2DM 患者的体质量, 改善患者代谢功能, 对维持血糖稳定具有积极意义^[12]。一项 Meta 分析证据表明^[13], 低脂饮食不同程度地降低了 T2DM 患者的血脂, 且提高了高密度脂蛋白水平, 对改善体内脂代谢紊乱具有积极意义, 明显降低了心血管疾病危险因素, 有利于促进整体心血管健康。由此看来, 低脂饮食在减重、改善血脂及胰岛素敏感性的积极作用已被多项研究证实。

2.3 对血尿酸的影响

低脂饮食对尿酸代谢的影响主要体现在其对体重和代谢综合征的改善上。高脂饮食与肥胖、胰岛素抵抗及高尿酸血症密切相关, 而低脂饮食可以通过减少肝脏内脂肪积累, 降低尿酸的合成和排泄, 进而改善尿酸代谢, 同时有助于减轻体重和改善胰岛素敏感性。此外, 研究发现, 富含纤维的饮食已被证明可以快速解决痛风样小鼠模型中尿酸盐晶体介导的炎症反应^[14], 减少痛风发作的频率。有证据表明, 低脂肪、植物性饮食干预适合痛风患者。值得注意的是, 低脂饮食的长期坚持可能对尿酸代谢产生积极的影响, 降低痛风发作的风险。

2.4 对骨代谢的影响

不同饮食模式对骨健康有着复杂的影响。相关研究表

明, 饮食成分对骨骼的质量和强度有重要作用。低脂饮食通常富含钙、维生素 D 和其他矿物质, 这些都是维持骨骼健康所必需的营养素。反之, 高脂饮食可诱导几种促炎细胞因子 (包括 TNF- α 、IL-1 和 IL-6) 的表达, 激活骨髓微环境中的破骨细胞, 导致骨量改变、骨再生受损^[15]。研究发现, 低脂饮食中所含的多种微量营养素和植物化学物质对骨骼健康产生积极影响, 促进骨细胞的生长和功能^[16]。然而, 饮食的类型和质量对骨骼的影响因个体差异而异, 因此在制定饮食计划时, 需考虑个体的具体健康状况和需求。

3 低 GI 高蛋白饮食

3.1 作用机制

低 GI、高蛋白饮食, 是以低血糖食物为主, 适当补充蛋白质的膳食结构。低 GI 食物, 具有高纤维、低能量的特性, 通过增加胆囊收缩素、胃饥饿素、胰高血糖素、胰高血糖素样肽-1 和葡萄糖依赖性促胰岛素多肽的分泌, 这些都被认为是潜在的饱腹因子^[4], 减慢食物吸收, 促进饱腹感, 降低总能量的摄入。高蛋白饮食的自身高效的饮食诱导热效应可增加能量消耗, 增加餐后饱腹感, 以及高蛋白饮食的脂肪氧化作用, 促进脂肪的分解和消耗, 减轻其对机体细胞的脂毒性作用, 有助于减重、改善血脂及减少餐后血糖波动^[17]。低 GI 与高蛋白饮食的结合, 两者机制复杂且相辅相成, 在一定程度上对人体健康产生较大影响。

3.2 体重管理与糖脂代谢

低 GI 食物延缓胃肠道吸收的速度^[4], 从而避免餐后血糖过高导致高胰岛素血症, 同时又可避免低血糖反应, 有利于保持血糖的稳定。相反, 高 GI 的食物常导致餐后血糖迅速升高, 刺激细胞分泌胰岛素导致高胰岛素血症, 加速葡萄糖氧化, 同时抑制脂肪氧化分解, 刺激脂肪储存, 从而引起肥胖及糖尿病等代谢性疾病的发生。大量研究支持低 GI 高蛋白饮食应用于代谢疾病的预防和管理策略。例如, 在接受低 GI 饮食的受试者中, 观察到体重、身体质量指数和腰围的降低, 血糖水平及脂质代谢的改善^[18]。此外, 有研究表明, 摄入推荐膳食摄入量的蛋白质可导致体重减轻并降低心血管疾病的危险因素, 例如甘油三酯和血压, 改善胰岛素抵抗, 增加饱腹感, 减轻饥饿感, 保持体重维持, 防止反弹, 还可以预防肥胖和肥胖相关疾病, 例如代谢综合征、T2DM 和心血管疾病^[19]。从长远角度来看, 低 GI 高蛋白饮食不仅有助于控制体重, 还能改善机体的代谢指标, 这为临床实践

提供了重要依据, 帮助患者提高生活质量。

3.3 对血尿酸的影响

饮食中高嘌呤食物的摄入与尿酸水平的升高密切相关, 从而增加痛风的风险。例如, 高膳食蛋白质摄入也会影响尿酸稳态, 因为蛋白质消化可产生多种氨基酸, 诱导嘌呤合成, 促进高尿酸血症的发生。但是, 用植物蛋白替代富含碳水化合物的饮食可以减轻胰岛素抵抗和代偿性高胰岛素血症, 从而改善肾脏对尿酸盐的清除。因此, 选择合适的膳食蛋白质来源并控制蛋白质摄入量可能是改善痛风疾病的有效干预措施。目前的研究表明, 肠道菌群与高尿酸血症和痛风密切相关, 肠道菌群影响肠道内尿酸的产生、分泌和代谢^[20]。低 GI 食物, 如以蔬菜、水果和全谷物为主的饮食, 含有丰富的纤维和抗氧化物质, 可改善肠道微生物群^[21], 进而促进尿酸的代谢和排泄。因此, 在制定饮食干预方案时, 考虑个体的饮食习惯和尿酸水平变化是至关重要的。

3.4 对骨代谢的影响

由于能够有效控制体重、降低食欲、增加肌肉量, 高蛋白饮食受到了广泛关注。研究发现, 高蛋白饮食可以增加肠道对钙的吸收, 增加胰岛素样生长因子 I 的产生, 抑制甲状旁腺激素, 提高肌肉力量和质量, 有利于骨骼健康^[22]。低 GI 饮食中含有较丰富的维生素、矿物质、抗氧化和抗炎的植物营养素, 能够改善骨骼的矿物质密度, 并通过降低炎症反应, 减缓骨质流失^[23], 从而为骨代谢提供更为有利的环境。这些潜在益处使得低 GI 高蛋白饮食成为预防骨质疏松和改善骨健康的重要饮食策略。然而, 一些研究人员认为, 高蛋白饮食通过加速骨吸收和尿钙排泄而增加骨折和骨质疏松症的风险。可见, 高蛋白饮食与骨骼健康之间的关系仍然存在争议, 需要更深入地检验高蛋白饮食的效果和安全性。营养素与骨骼健康的关系已受到广泛关注, 但仅考虑单一营养素对骨骼健康的影响并不全面, 不同饮食模式对骨骼健康影响不同, 需要进一步了解饮食模式与骨骼健康之间的关系和机制, 将为设计更好的饮食结构以改善骨骼健康铺平道路。

4 总结与展望

综上所述, 生酮、低脂、低 GI 高蛋白饮食三种不同饮食干预模式, 对血糖控制、脂质代谢及体重管理方面各有其独特的优势。随着对不同饮食模式的认识不断加深, 其对代谢指标的影响存在个体差异, 需要的更多临床数据深入研究

其长期的效果和安全性。因此，我们在实施有效的饮食干预策略时，需考虑患者的健康状况、生活方式、社会经济条件、教育程度、心理因素、营养需求及目标、对特定饮食模式的接受度和依从性，来制定个性化的饮食方案，以提高干预的有效性和可持续性。未来的研究将进一步探索其在不同人群中的机制和安全性，着重关注饮食干预的长期效果及其维持策略，以便为临床实践提供更为精准的指导。

参考文献：

- [1] 马越, 孔祥婕, 彭雯, 等. 中国糖尿病疾病负担现状及趋势 [J]. 中国预防医学杂志, 2023, 24(04): 281-286.
- [2] Dowis K, Banga S. The Potential Health Benefits of the Ketogenic Diet: A Narrative Review. *Nutrients*. 2021;13(5):1654.
- [3] Kahleova H, Petersen KF, Shulman GI, et al. Effect of a Low-Fat Vegan Diet on Body Weight, Insulin Sensitivity, Postprandial Metabolism, and Intramyocellular and Hepatocellular Lipid Levels in Overweight Adults: A Randomized Clinical Trial [published correction appears in *JAMA Netw Open*. 2021 Jan 4;4(1):e2035088.
- [4] Bielefeld D, Grafenauer S, Rangan A. The Effects of Legume Consumption on Markers of Glycaemic Control in Individuals with and without Diabetes Mellitus: A Systematic Literature Review of Randomised Controlled Trials. *Nutrients*. 2020;12(7):2123.
- [5] Yang Z, Mi J, Wang Y, et al. Effects of low-carbohydrate diet and ketogenic diet on glucose and lipid metabolism in type 2 diabetic mice. *Nutrition*. 2021;89:111230.
- [6] Ahmed B, Sultana R, Greene MW. Adipose tissue and insulin resistance in obese. *Biomed Pharmacother*. 2021;137:111315.
- [7] Ivan CR, Messina A, Cibelli G, et al. Italian Ketogenic Mediterranean Diet in Overweight and Obese Patients with Prediabetes or Type 2 Diabetes. *Nutrients*. 2022;14(20):4361.
- [8] Yuan X, Wang J, Yang S, et al. Effect of the ketogenic diet on glycemic control, insulin resistance, and lipid metabolism in patients with T2DM: a systematic review and meta-analysis. *Nutr Diabetes*. 2020;10(1):38.
- [9] 夏瑜雯, 钟绍, 陶秋华. 生酮饮食与体质量控制 在痛风患者中的临床应用效果 [J]. 贵州医药, 2018, 42(09): 1141-1143.
- [10] 王莎, 孙文玉, 童国相, 等. 改良生酮饮食对高尿酸小鼠的影响及其作用机制研究 [J]. 深圳中西医结合杂志, 2023, 33(20): 1-4+137-139.
- [11] Merlotti D, Cosso R, Eller-Vainicher C, et al. Energy Metabolism and Ketogenic Diets: What about the Skeletal Health? A Narrative Review and a Prospective Vision for Planning Clinical Trials on this Issue. *Int J Mol Sci*. 2021;22(1):435.
- [12] 杨娜, 张化冰, 李玉秀. 《美国糖尿病学会 2019 年版糖尿病医学诊疗标准》更新与解读 [J]. 协和医学杂志, 2019; 10(5): 476-80.
- [13] 张寒飞, 杨文杰, 李彦君, 等. 低脂饮食与低碳饮食对 2 型糖尿病患者心血管指标的影响: 随机对照试验的系统性评价和 Meta 分析 [J]. 现代预防医学, 2021, 48(06): 997-1002.
- [14] Vieira AT, Galvão I, Macia LM, et al. Dietary fiber and the short-chain fatty acid acetate promote resolution of neutrophilic inflammation in a model of gout in mice. *J Leukoc Biol*. 2017;101(1):275-284.
- [15] Li W, Xu P, Wang C, et al. The effects of fat-induced obesity on bone metabolism in rats. *Obes Res Clin Pract*. 2017;11(4):454-463.
- [16] Berg J, Seyedsadjadi N, Grant R. Increased Consumption of Plant Foods Is Associated with Increased Bone Mineral Density. *J Nutr Health Aging*. 2020;24(4):388-397.
- [17] Westerterp-Plantenga MS, Nieuwenhuizen A, Tomé D, et al. Dietary protein, weight loss, and weight maintenance. *Annu Rev Nutr*. 2009;29:21-41.
- [18] Min J, Kim SY, Shin IS, et al. The Effect of Meal Replacement on Weight Loss According to Calorie-Restriction Type and Proportion of Energy Intake: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *J Acad Nutr Diet*. 2021;121(8):1551-1564.e3.
- [19] Moon J, Koh G. Clinical Evidence and Mechanisms of High-Protein Diet-Induced Weight Loss. *J Obes Metab Syndr*. 2020;29(3):166-173.
- [20] Wang J, Chen Y, Zhong H, et al. The gut microbiota as a target to control hyperuricemia pathogenesis: Potential

mechanisms and therapeutic strategies. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2022;62(14):3979–3989.

[21]Tanes C, Bittinger K, Gao Y, et al. Role of dietary fiber in the recovery of the human gut microbiome and its metabolome. *Cell Host Microbe.* 2021;29(3):394–407.e5.

[22]Muñoz-Garach A, García-Fontana B, Muñoz-Torres M. Nutrients and Dietary Patterns Related to Osteoporosis. *Nutrients.* 2020;12(7):1986.

[23]Liu X, Wu Y, Bennett S, et al. The Effects of Different

Dietary Patterns on Bone Health. *Nutrients.* 2024;16(14):2289.

作者简介:

汪荣（1998—），女，汉族，青海大学 2023 级临床医学专业硕士研究生，规培单位：青海省人民医院，住院医师，研究方向：内分泌与代谢病学。

通信作者：林丽君（1982—），女，硕士生导师，副主任医师，研究方向：内分泌与代谢病学。

基金项目:

青海省人民医院院内课题（2023-qhsrmyy-41）。