

2型糖尿病患者运动水平、睡眠质量与血糖的关系



岳晨莹^{1,2}, 张新涵¹, 包梦雨¹, 陈新霞¹

1. 山东大学护理与康复学院 (济南 250012)

2. 山东第一医科大学附属省立医院/山东省立医院内分泌科 (济南 250021)

【摘要】目的 分析 2 型糖尿病 (T2DM) 患者运动水平、睡眠质量与血糖的关联, 并探讨睡眠质量在运动水平与血糖间的中介作用。**方法** 采用方便抽样法, 选取 2022 年 8 月至 2023 年 3 月在山东省立医院内分泌科就诊的 T2DM 患者为研究对象。通过日记法获取连续 5 d 的运动水平、睡眠质量得分, 运用持续葡萄糖监测系统获取每日平均血糖 (MG)。采用多层结构方程模型 (MSEM) 分析每日运动水平、睡眠质量得分与 MG 在个体间和个体内的关联及其中介效应。**结果** 共纳入 80 名 T2DM 患者, 收集到 400 个有效数据点。相关性分析显示, 在个体间和个体内, 每日运动水平、每日睡眠质量与 MG 均显著相关。多水平中介效应分析显示, 在个体间层面, 每日运动水平通过每日睡眠质量对 MG 产生影响; 而在个体内, 每日运动水平既与 MG 存在直接关联, 也通过每日睡眠质量形成间接关联。**结论** T2DM 患者血糖控制中要重视运动和睡眠的作用, 临床工作中可针对运动和睡眠制定个性化干预措施, 加强对糖尿病的个性化管理。

【关键词】 糖尿病; 运动; 睡眠质量; 血糖; 日记法

【中图分类号】 R587.1 **【文献标识码】** A

The relationship between physical activity levels, sleep quality, and blood glucose in patients with type 2 diabetes mellitus

YUE Chenying^{1,2}, ZHANG Xinhan¹, BAO Mengyu¹, CHEN Xinxia¹

1. School of Nursing and Rehabilitation, Shandong University, Jinan 250012, China

2. Department of Endocrinology, Shandong Provincial Hospital Affiliated to Shandong First Medical University, Shandong Provincial Hospital, Jinan 250021, China

Corresponding author: CHEN Xinxia, Email: sddx158@163.com

【Abstract】Objective To analyze the association between exercise level, sleep quality, and blood glucose in patients with type 2 diabetes mellitus (T2DM), and to explore the mediating role of sleep quality between exercise level and blood glucose. **Methods** Using convenience sampling, T2DM patients from the Department of Endocrinology at Shandong Provincial Hospital from August 2022 to March 2023 were selected as research subjects. Daily exercise levels and sleep quality scores were collected via a 5-day consecutive diary, and daily average blood glucose (MG) was measured using a continuous glucose monitoring system. A multilevel structural equation modeling (MSEM) was used to analyze the association between daily exercise level, sleep quality scores, and MG at both the individual and within-individual levels, as well as the mediating effect. **Results** A total of 80 T2DM patients were enrolled, with 400 valid data points collected. Correlation

DOI: 10.12173/j.issn.1004-5511.202507002

基金项目: 山东省自然科学基金面上项目 (ZR2020MH064)

通信作者: 陈新霞, 博士, 副教授, Email: sddx158@163.com

analysis showed that daily exercise level, daily sleep quality, and MG were significantly correlated at both the individual and within-individual levels. Multilevel mediation effect analysis showed that at the individual level, daily exercise levels affect MG through daily sleep quality; while within individuals, daily exercise level had both a direct association with MG and an indirect association through daily sleep quality. **Conclusion** The roles of exercise and sleep should be emphasized in blood glucose control for T2DM patients. In clinical practice, personalized intervention measures can be developed for exercise and sleep to strengthen personalized management of diabetes.

【Keywords】 Diabetes mellitus; Activity; Sleep quality; Blood glucose; Diary method

我国 2 型糖尿病 (type 2 diabetes mellitus, T2DM) 患者基数庞大, 血糖长期控制不佳引起的多种并发症是其死亡主要原因^[1-2]。运动是血糖控制的关键措施, 可增加胰岛素敏感性, 改善血糖水平^[3-4]。然而, 既往研究多以空腹血糖和糖化血红蛋白 (HbA1c) 为依据评估血糖, 探讨长期运动水平与血糖的关系, 难以反映血糖短期波动和偏移, 无法评估运动对血糖的即时影响。持续葡萄糖监测 (continuous glucose monitoring, CGM) 系统可以提供近乎实时的葡萄糖数据, 能够更全面地反映血糖及血糖波动情况^[5]。此外, 大量证据表明睡眠显著影响血糖^[6], 而运动可调节睡眠—觉醒周期、昼夜节律^[7], 运动对睡眠不足引起的糖耐量变化有保护性作用, 对患者的睡眠也有积极影响^[8-10], 提示睡眠可能是 T2DM 患者运动与血糖关联的介导因素。然而, 迄今尚缺乏对睡眠中介作用的分析, 也未能区分三者关联在人群与个体内不同水平上的潜在差异。日记法是指运用每天记录的方式, 收集获得多个密集测量追踪数据的研究方法^[11-12], 具有取样更接近真实状态、回顾偏差更少、研究环境真实、生态效度较高等优势, 已在心理学等领域研究中得到了广泛应用^[13-15]。据此, 本研究通过 CGM 系统获得连续血糖水平, 采用日记法记录每日运动水平, 旨在分析 T2DM 人群中个体内 (即同一人不同天变化)、个体间 (即人与人之间差异) 运动水平、睡眠质量与血糖的关联, 并探讨睡眠在二者间中介作用, 为临床精准干预提供依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

采用方便抽样法, 选取 2022 年 8 月至 2023 年 3 月在山东省立医院内分泌科就诊的 T2DM 患

者为研究对象。纳入标准: ①年龄 ≥ 18 岁; ②符合 1999 年 WHO 糖尿病诊断标准^[1], 即空腹血浆葡萄糖 ≥ 7.0 mmol/L 或在 75 g 葡萄糖耐量试验后 2 h 血浆葡萄糖值 ≥ 11.1 mmol/L; ③语言交流无障碍; ④同意佩戴硅基动感 CGM 系统; ⑤同意并遵守营养科每日营养餐治疗; ⑥知情并自愿参与本研究。排除标准: ①合并恶性肿瘤; ②心肝肾衰竭、近 3 个月内发生严重急性临床状态、卒中; ③甲状腺功能亢进或降低、甲状旁腺疾病; ④其他严重躯体疾病; ⑤服用激素、精神活性等相关药物。脱落标准: ①硅基动感 CGM 系统因各种原因脱落, 未完成试验全程; ②营养餐治疗中断。本研究已获得山东大学护理与康复学院伦理委员会审核批准 (批号: 2022-R-180)。

既往研究^[16]建议, 如在日记法研究中关注个体间的预测因素, 样本量至少要 50 人以上; 而关注个体内的预测因素, 则测量时点最少是 5 d 及以上。因此, 本研究最终纳入 80 名 T2DM 住院患者, 连续 5 d 对其进行追踪, 通过每日日记收集研究对象的运动水平、睡眠质量, CGM 系统收集每日血糖数据, 每位研究对象平均随访 5 d, 共计获得 400 条观测记录。

1.2 资料收集

1.2.1 一般资料调查表

自制一般资料调查表, 包括性别、年龄、BMI、婚姻、病程、并发症、家族史、吸烟、饮酒等。

1.2.2 每日平均血糖

通过硅基动感 CGM 系统连续、动态地监测全天人体葡萄糖水平的变化。该系统平均每 5 min 记录 1 次血糖值, 1 个标准日 (24 h) 共记录 288 个血糖值, 从而提供将血糖监测数据叠加在相应时间点呈现的动态葡萄糖图谱, 通过设置目标范围 (3.9~10 mmol/L) 协助判断血糖是否达标。为了提高 CGM 数据的准确性, 数据收集自

佩戴硅基动感系统第三天开始,观察并记录葡萄糖管理指标、葡萄糖标准差、葡萄糖变异系数、低血糖风险、每日平均葡萄糖(MG)、每日葡萄糖目标范围内时间、每日葡萄糖高于目标范围时间、每日葡萄糖低于目标范围时间。其中 MG 反映患者 1 个标准日的整体血糖情况,即 1 个标准日共记录 288 个血糖值的平均值,参考值为 $< 6.6 \text{ mmol/L}$ ^[17],MG 越小,说明血糖达标情况越好。因此,本研究采用 MG 为评估指标,以全面反映患者在 24 h 内的血糖平均水平及其控制效果。

1.2.3 运动水平

每日运动水平量表由梁德清修订的体育活动等级量表(PARS-3)^[18]改编而成,运动强度分 4 个等级,分别计 1~4 分,时间分 5 个等级,分别计 0~4 分,二者乘积作为被试身体运动水平,取值 0~16 分,分数越高,表示运动水平越高。参考 Nezlek 的方法^[19],通过无条件模型计算题目水平的方差 V_1 和个体内水平方差 V_2 ,以及题目的数量 k ,采用公式计算信度系数: $\text{Reliability} = V_2 / (V_2 + [V_1/k])$ 。本研究中该问卷信度系数为 0.85,信度良好。

1.2.4 睡眠质量

本研究使用的睡眠日记改自 Carney 开发的“共识睡眠日记”^[20],其主要内容包括昨晚上床的时间、上床后多久睡着、夜间觉醒次数、今晨起床时间、今天醒来感觉。参与计分的条目可组合成入睡时间、睡眠时间、睡眠效率等成分。每个成分按 0~3 分四级计分,累计各成分得分为睡眠质量总分,总分为 0~15 分。分数越高表示睡眠质量越差。以每天为记录单元,要求研究对象次日起床后记录前一天的睡眠相关内容。该问卷的信度系数为 0.88,信度良好。

1.3 调查方法与质量控制

研究者由糖尿病专科护士担任,患者同意入组后进行一般资料调查表的收集,并在佩戴 CGM 系统第 3 日起进行连续 5 d 问卷的收集,问卷包括运动水平量表、睡眠日记,收集前采用统一指导语向患者介绍研究目的并说明各项问卷填写的注意事项,次日早晨 8 时~9 时由糖尿病专科护士对前一天的问卷进行统一回收,并检查问卷的完整性和有效性。通过 CGM 系统生成的动态葡萄糖评估报告收集、录入相对应 5 日的 MG,采用双人核查录入数据的方法,以确保数

据的准确性。

1.4 统计学分析

采用 SPSS 25.0 软件进行数据分析。计数资料采用例数和百分比($n, \%$)表示,正态分布计量资料采用均数和标准差($\bar{x} \pm s$)表示。鉴于本研究数据的重复测量特性,采用 Mplus 8.3 构建多层结构方程模型(multilevel structural equation modeling, MSEM)探讨个体间和个体内运动水平和血糖之间的关系,并探讨睡眠在二者之间的间接关联。首先构建一个无预测变量的空模型(null model),估计个体间均值、方差、个体内和个体间的相关及组内相关系数(intraclass correlation coefficient, ICC),检验模型是基于 MSEM 的 1-1-1 多水平中介效应分析。模型设定为斜率固定且截距随机,采用稳健极大似然估计法(robust maximum likelihood estimator, MLR)进行模型估计。CFI 和 $\text{TLI} \geq 0.95$, $\text{RMSEA} \leq 0.05$, $\text{SRMR} \leq 0.08$,表明模型整体拟合良好。

2 结果

2.1 一般情况

共纳入 80 名 T2DM 患者,收集到 400 个有效数据点。男性 49 人,女性 31 人,平均年龄(50.74 ± 14.46)岁,其他人口学特征见表 1。

2.2 每日运动水平、睡眠质量与平均血糖的相关性

在个体内水平,每日运动水平得分与每日睡眠质量得分($r = -0.428, P < 0.001$)、MG($r = -0.373, P < 0.001$)呈负相关;每日睡眠质量得分与 MG 呈正相关($r = 0.468, P < 0.001$)。在个体间水平,每日运动水平得分与每日睡眠质量得分($r = -0.516, P < 0.001$)、MG($r = -0.371, P < 0.001$)呈负相关;每日睡眠质量得分与 MG 呈正相关($r = 0.500, P < 0.001$),见表 2。

2.3 多水平中介效应分析

每日运动水平得分、每日睡眠质量得分、MG 的 ICC 分别是 0.341、0.419、0.591,为高度组内相关,提示需构建多水平模型进行数据分析。

多水平中介效应分析结果显示,在个体间水平,每日运动水平对每日睡眠质量得分的直接效应显著($\beta = -0.412, P < 0.001$),每日睡眠质量得分对 MG 的直接效应显著($\beta = 0.523, P < 0.001$),每日运动水平对 MG 的直接效应

不显著 ($\beta=-0.095$, $P>0.05$)，提示每日睡眠质量得分在每日运动水平与 MG 间存在显著负向中介效用 ($a_b \times b_b=-0.216$, $P<0.001$)。在个体内水平，每日运动水平对每日睡眠质量得分的直接效应显著 ($\beta=-0.207$, $P<0.001$)，每日睡

眠质量得分对 MG 的直接效应显著 ($\beta=0.272$, $P<0.001$)，每日运动水平对 MG 的直接效应显著 ($\beta=-0.138$, $P<0.001$)，每日睡眠质量得分在每日运动水平与 MG 间存在显著负向中介效用 ($a_w \times b_w=-0.056$, $P<0.001$)，详见图 1。

表1 研究对象人口学特征 (n, %)

Table 1. The demographic characteristics of the research subjects (n, %)

指标	例数	指标	例数
性别		并发症	
男	49 (61.25)	有	64 (80.00)
女	31 (38.75)	无	16 (20.00)
年龄 (岁)		家族史	
18~35	16 (20.00)	有	32 (40.00)
36~59	41 (51.25)	无	48 (60.00)
≥60	23 (28.75)	吸烟	
婚姻		有	27 (33.75)
未婚	3 (3.75)	无	53 (66.25)
已婚	77 (96.25)	饮酒	
病程 (年)		有	31 (38.75)
<1	27 (33.75)	无	49 (61.25)
1~4.9	14 (17.50)	BMI (kg/m^2)	
5~9.9	12 (15.00)	低体重	3 (3.75)
≥10	27 (33.75)	正常	28 (35.00)
		超重	49 (61.25)

表2 每日运动水平、睡眠质量与平均血糖的相关分析 ($\bar{x} \pm s$)

Table 2. Correlation analysis of daily exercise level, sleep quality, and average blood glucose ($\bar{x} \pm s$)

变量	个体间 ($n=80$)	ICC	个体内 ($n=400$)	相关系数		
				每日运动水平得分	每日睡眠质量得分	每日平均血糖
每日运动水平得分	3.21 ± 3.57	0.341	3.22 ± 0.19		-0.428^{**}	-0.373^{**}
每日睡眠质量得分	4.62 ± 2.31	0.419	4.62 ± 0.70	-0.516^{**}		0.468^{**}
每日平均血糖	8.11 ± 2.25	0.591	8.11 ± 1.23	-0.371^{**}	0.500^{**}	

注：对角线以上为个体内水平相关系数 ($n=400$)，对角线以下为个体间水平相关系数 ($n=80$)；** $P<0.001$ 。

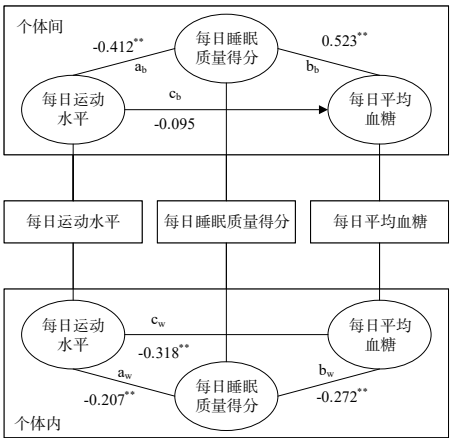


图1 每日运动水平、睡眠质量与平均血糖多层结构方程模型

Figure 1. Multilevel structural equation model diagram of daily physical activity level, sleep quality score, and average blood glucose

注：模型拟合为CFI和TLI ≥ 0.95 ，RMSEA ≤ 0.05 ，SRMR_{Within}=0.001，SRMR_{Between}=0.001；中介效用为个体间= $a_b \times b_b=-0.216$ ，个体内= $a_w \times b_w=-0.056$ ， $P<0.01$ ； a_b/a_w 表示每日运动水平到每日睡眠质量得分的路径； b_b/b_w 表示每日睡眠质量得分到每日平均血糖的路径； c_b/c_w 表示每日运动水平到每日平均血糖的路径；** $P<0.001$ 。

3 讨论

在 T2DM 患者中, 血糖控制达标率低, 有研究显示, 仅 50.1% 的成人糖尿病患者 HbA1c 控制达标^[21-22]。此外, 仍有 35.8% 和 47.8% 的 T2DM 血糖未达标患者未进行空腹和餐后血糖的检测^[23]。自我血糖监测是指导血糖控制达标的重要措施, 其通常需要通过指尖采血来获取数据, 仅能提供离散的“时间点”血糖值, 监测频率还取决于患者的依从性。随着葡萄糖测定方法的发展, CGM 系统由于其 24 h 实时显示血糖水平、MG、血糖波动等特点, 越来越成为血糖监测的有益工具^[24]。在健康人群中, 即使是相同的 HbA1c, MG 也存在波动, 与在 1 型糖尿病人群中情况相似^[25-26]。因此, 本研究在 T2DM 患者中, 运用 CGM 系统来更全面地观察患者血糖水平, 其中, 以 MG 达标作为血糖控制良好的标准, 有利于为糖尿病个体化治疗提供依据。

本研究相关分析结果表明, T2DM 患者个体间及个体内在每日运动水平、每日睡眠质量得分和 MG 之间均显著相关。其中, 每日运动水平与 MG 呈负相关, 说明运动水平越高, 血糖达标情况越好, 与既往研究结果一致^[27-28], 原因可能与运动可加强骨骼肌对葡萄糖的消耗, 改善胰岛素受体底物敏感性, 降低胰岛素抵抗, 从而达到改善血糖调控的作用有关^[29-30]。

本研究结果显示, 在个体内水平, 当日运动水平对 MG 存在直接效应, 即每日运动水平可以直接影响 MG, 进一步改善血糖控制情况, 说明 T2DM 患者每日是否运动对血糖影响显著, 运动水平越高, 血糖控制越好。而在个体间水平, 每日运动水平不能直接影响 MG。可能是由于本研究在个体间未控制年龄、病程等变量有关, 因本研究数据为每日连续记录, 运动水平、睡眠质量及 MG 均为每日数据值, 而基线人口学变量, 如病程、年龄等为一次性测量, 跨层级数据融合存在时间尺度差异。此外, 也可能是由于本研究只探讨了每日总的运动水平, 而没有分析个体间运动时段的不同, 导致血糖峰值的波动, 从而影响血糖达标情况。有学者提出, 短暂的周期性运动可能比餐前和餐后运动对血糖控制更有效^[31]。

本研究结果显示, 在个体间水平, 每日运动水平与 MG 的关联主要通过睡眠质量传递, 而

在个体内水平, 睡眠质量在每日运动水平与 MG 的关联中起部分传递作用, 即每日运动水平既与 MG 存在直接关联, 也可通过影响睡眠质量与 MG 形成间接关联。说明同一个体内, 当日睡眠质量量表得分越低, 表明睡眠质量越好, 血糖控制越好, 与既往结果一致^[32-33]。良好的睡眠质量和昼夜节律在调节夜间胰岛素生成、胰岛素敏感性、葡萄糖耐量以及葡萄糖利用方面具有重要的作用。睡眠不足刺激大脑皮层、大脑边缘系统和下丘脑, 从而诱导交感神经节和肾上腺髓质分泌儿茶酚胺, 垂体-肾上腺系统分泌皮质醇, 导致血糖升高并引起高胰岛素抵抗^[34]。良好的睡眠有利于下丘脑视交叉上核分泌褪黑激素, 这种激素增加了葡萄糖诱导的胰岛素分泌, 改善了胰岛素敏感性, 以帮助葡萄糖稳态^[35]。睡眠质量好, 则儿茶酚胺、皮质醇等激素水平降低, 褪黑激素增多, MG 则会相应降低。运动作为一种有计划、可重复实施的, 维持或增进身体健康的身体活动, 已经成为改善睡眠的主要非药物疗法之一。有研究表明, 在肾移植患者、青少年、本科生等不同人群中, 运动与睡眠质量呈正相关关系^[36-38], 在 T2DM 患者中, 有氧运动能改善睡眠质量^[39]。而优化睡眠时间和质量可改善 T2DM 患者血糖^[32]。由此可见, 无论是个体内还是个体间, 较好的睡眠质量与血糖达标情况呈正相关, 进一步说明睡眠对内分泌和代谢功能有重要的调节作用, 睡眠应作为糖尿病患者血糖控制的内容之一。

本研究也有一定局限性。本研究采用自我报告法评估运动和睡眠, 可能存在回忆偏差和霍桑效应, 尽管通过即时记录降低了风险, 但仍无法完全排除。本研究未控制年龄、BMI、病程等人口学与临床变量, 个体内分析关注同一主体的短期行为波动, 此类效应理论上不受个体固定特征的直接干扰, 因此不必控制变量, 但个体间可能存在偏差风险。本研究对 T2DM 患者每日运动水平、睡眠质量与血糖资料的收集时点存在交叉, 未严格按照因果链的时间要求进行, 变量间关联的方向性与因果链条仍不确定, 可能存在反向因果与双向作用, 未来可通过交叉滞后模型或更复杂的因果推断模型进一步探讨。

研究表明, 每日运动水平与 T2DM 患者 MG 控制存在显著关联, 睡眠质量在二者关联中发挥重要传递作用。今后临床工作应重视每日运

动和睡眠指导, 制定有效的治疗策略或干预措施, 促进 T2DM 患者血糖的有效控制。

伦理声明: 本研究已获得山东大学护理与康复学院伦理委员会审核批准 (批号: 2022-R-180)

作者贡献: 研究设计: 陈新霞、岳晨莹; 论文撰写: 岳晨莹; 数据分析: 岳晨莹、张新涵、包梦雨; 论文审定、基金支持: 陈新霞

数据获取: 本研究使用和 (或) 分析的数据可联系通信作者获取

利益冲突声明: 无

致谢: 不适用

参考文献

- 中华医学会糖尿病学分会. 中国 2 型糖尿病防治指南 (2020 年版)[J]. 国际内分泌代谢杂志, 2021, 41(5): 482–548. [Chinese Diabetes Society. Guideline for the prevention and treatment of type 2 diabetes mellitus in China (2020 edition)[J]. Chinese Journal of Endocrinology and Metabolism, 2021, 41(5): 482–548.] DOI: [10.3760/cma.j.cn121383-20210825-08063](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121383-20210825-08063).
- 魏金凤, 魏晓涛, 张新丽, 等. 肠道菌群失衡与糖尿病肾病的关系及中药防治研究进展 [J]. 数理医药学杂志, 2024, 37(5): 371–377. [Wei JF, Wei XT, Zhang XL, et al. Research progress of the relationship between intestinal flora imbalance and diabetic nephropathy and its prevention and treatment by traditional Chinese medicine[J]. Journal of Mathematical Medicine, 2024, 37(5): 371–377.] DOI: [10.12173/j.issn.1004-4337.202312024](https://doi.org/10.12173/j.issn.1004-4337.202312024).
- 梁振, 岳文静, 王珍玉, 等. 不同抗阻训练方案对改善 2 型糖尿病患者血脂及胰岛素抵抗作用的网状 Meta 分析 [J]. 华西医学, 2024, 39(2): 259–267. [Liang Z, Yue WJ, Wang ZY, et al. Improvement of different resistance training regimens on blood lipids and insulin resistance in patients with type 2 diabetes mellitus: a network Meta-analysis[J]. 2024, 39(2): 259–267.] DOI: [10.7507/1002-0179.202307162](https://doi.org/10.7507/1002-0179.202307162).
- 李莉, 朱晓珍. 基于行为转变理论的运动干预用于老年糖尿病患者的干预效果 [J]. 中国医药导报, 2022, 19(7): 177–180. [Li L, Zhu XZ. Effect of exercise intervention based on behavior change theory in elderly diabetic patients[J]. China Medical Herald, 2022, 19(7): 177–180.] DOI: [10.20047/j.issn1673-7210.2022.07.040](https://doi.org/10.20047/j.issn1673-7210.2022.07.040).
- Danne T, Nimri R, Battelino T, et al. International consensus on use of continuous glucose monitoring[J]. Diabetes Care, 2017, 40(12): 1631–1640. DOI: [10.2337/dc17-1600](https://doi.org/10.2337/dc17-1600).
- Schüssler P, Uhr M, Ising M, et al. Nocturnal ghrelin, ACTH, GH and cortisol secretion after sleep deprivation in humans[J]. Psychoneuroendocrinology, 2006, 31(8): 915–923. DOI: [10.1016/j.psyneuen.2006.05.002](https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2006.05.002).
- 彭景, 任保印, 张荷, 等. 生物钟紊乱防治策略的研究进展 [J]. 生理学报, 2023, 75(2): 279–290. [Peng J, Ren BY, Zhang H, et al. Research progress in control strategies of biological clock disorder[J]. Acta Physiologica Sinica, 2023, 75(2): 279–290.] DOI: [10.13294/j.aps.2023.0021](https://doi.org/10.13294/j.aps.2023.0021).
- Sweeney EL, Peart DJ, Kyza I, et al. Impaired insulin profiles following a single night of sleep restriction: the impact of acute sprint interval exercise[J]. Int J Sport Nutr Exerc Metab, 2020, 30(2): 139–144. DOI: [10.1123/ijsnem.2019-0235](https://doi.org/10.1123/ijsnem.2019-0235).
- de Souza JFT, Dáttilo M, de Mello MT, et al. High-intensity interval training attenuates insulin resistance induced by sleep deprivation in healthy males[J]. Front Physiol, 2017, 8: 992. DOI: [10.3389/fphys.2017.00992](https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00992).
- 王九云, 侯素芳, 张立. 运动疗法干预 2 型糖尿病患者的情绪及其睡眠质量 [J]. 中国组织工程研究, 2005, 9(23): 4–5. [Wang JY, Hou SF, Zhang L. Influence of exercise therapy on emotion and quality of sleep in type 2 diabetic patients[J]. Chinese Journal of Tissue Engineering Research, 2005, 9(23): 4–5.] DOI: [10.3321/j.issn:1673-8225.2005.23.002](https://doi.org/10.3321/j.issn:1673-8225.2005.23.002).
- 张银普, 骆南峰, 石伟. 经验取样法——一种收集“真实”数据的新方法 [J]. 心理科学进展, 2016, 24(2): 305–316. [Zhang YP, Luo NF, Shi W. Experience sampling: a new method to collect “real” data[J]. Advances in Psychological Science, 2016, 24(2): 305–316.] DOI: [10.3724/SP.J.1042.2016.00305](https://doi.org/10.3724/SP.J.1042.2016.00305).
- de Haan-Rietdijk S, Kuppens P, Hamaker EL. What's in a day? a guide to decomposing the variance in intensive longitudinal data[J]. Front Psychol, 2016, 7: 891. DOI: [10.3389/fpsyg.2016.00891](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00891).
- 向燕辉, 何佳丽, 李清银. 嫉妒与幸福感因果机制: 基于追踪和日记法研究 [J]. 心理学报, 2022, 54(1): 40–53. [Xiang YH, He JL, Li QY. The causal mechanism between envy and subjective well-being: Based on a longitudinal study and a diary method[J]. Acta Psychologica Sinica, 2022, 54(1): 40–53.] DOI: [10.3724/SP.J.1041.2022.00040](https://doi.org/10.3724/SP.J.1041.2022.00040).
- 全婉婷. 基于经验取样法大学生日常身体锻炼与正、负性情绪的关系研究 [D]. 上海: 上海师范大学. 2021. [Tong WT. A study on the relationship between daily physical exercise and positive and negative emotions among college students based on the experience sampling method[D]. Shanghai: Shanghai Normal University, 2021.] DOI: [10.27312/d.cnki.gshsu.2021.001044](https://doi.org/10.27312/d.cnki.gshsu.2021.001044).
- 苏燕, 侯金芹, 陈祉妍. 基于日记法探索工作家庭的时间冲突对小学生母亲情绪的影响 [J]. 人类工效学, 2021, 27(5): 31–34, 38. [Su Y, Hou JQ, Chen ZY. Exploring the influence of work-family time conflict on the emotions of primary school students' mothers: based on diary method[J]. Chinese Journal of Ergonomics, 2021, 27(5): 31–34, 38.] DOI: [10.13837/j.issn.1006-8309.2021.05.0005](https://doi.org/10.13837/j.issn.1006-8309.2021.05.0005).
- Ohly S, Sonnentag S, Niessen C, et al. Diary studies in organizational research: an introduction and some practical recommendations[J]. Pers Psychol, 2010(2). DOI: [10.1027/1866-5888/A000009](https://doi.org/10.1027/1866-5888/A000009).
- 中华医学会糖尿病学分会. 中国动态血糖监测临床应用指南 (2012 年版) [J]. 中华糖尿病杂志, 2012, 4(10): 582–590. [Chinese Diabetes Society. Chinese clinical guideline for continuous glucose monitoring 2021 edition[J]. Chinese Journal

- of Diabetes Mellitus, 2012, 4(10): 582–590.] DOI: [10.3760/cma.j.issn.1674-5809.2012.10.003](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1674-5809.2012.10.003).
- 18 梁德清. 高校学生应激水平及其与体育锻炼的关系[J]. 中国心理卫生杂志, 1994, 8(1): 5–6. [Liang DQ. Stress levels among college students and their relationship with physical exercise[J]. Chinese Mental Health Journal, 1994, 8(1): 5–6.] DOI: [CNKLSUN:ZXWS.0.1994-01-001](https://doi.org/CNKLSUN:ZXWS.0.1994-01-001).
 - 19 Nezek, John B. A practical guide to understanding reliability in studies of within-person variability[J]. J Res Pers, 2017: S009265661630068X. DOI: [10.1016/j.jrp.2016.06.020](https://doi.org/10.1016/j.jrp.2016.06.020).
 - 20 Carney CE, Buysse DJ, Ancoli-Israel S, et al. The consensus sleep diary: standardizing prospective sleep self-monitoring[J]. Sleep, 2012, 35(2): 287–302. DOI: [10.5665/sleep.1642](https://doi.org/10.5665/sleep.1642).
 - 21 Liu J, Liu M, Chai Z, et al. Projected rapid growth in diabetes disease burden and economic burden in China: a spatio-temporal study from 2020 to 2030[J]. Lancet Reg Health West Pac, 2023, 33: 100700. DOI: [10.1016/j.lanwpc.2023.100700](https://doi.org/10.1016/j.lanwpc.2023.100700).
 - 22 Wang L, Peng W, Zhao Z, et al. Prevalence and treatment of diabetes in China, 2013–2018[J]. JAMA, 2021, 326(24): 2498–2506. DOI: [10.1001/jama.2021.22208](https://doi.org/10.1001/jama.2021.22208).
 - 23 陈名道, 潘长玉, 杨立勇, 等. 2 型糖尿病血糖控制未达标患者现状调查报告[J]. 中华内分泌代谢杂志, 2011, 27(8): 625–630. [Chen MD, Pan CY, Yang LY, et al. A survey on the current status of type 2 diabetic patients who failed to achieve the glycemic control target[J]. Chinese Journal of Endocrinology and Metabolism, 2011, 27(8): 625–630.] DOI: [10.3760/cma.j.issn.1000-6699.2011.08.002](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1000-6699.2011.08.002).
 - 24 Ramchandani N, Arya S, Ten S, et al. Real-life utilization of real-time continuous glucose monitoring: the complete picture[J]. J Diabetes Sci Technol, 2011, 5(4): 860–870. DOI: [10.1177/193229681100500407](https://doi.org/10.1177/193229681100500407).
 - 25 Shah VN, DuBose SN, Li Z, et al. Continuous glucose monitoring profiles in healthy nondiabetic participants: a multicenter prospective study[J]. J Clin Endocrinol Metab, 2019, 104(10): 4356–4364. DOI: [10.1210/je.2018-02763](https://doi.org/10.1210/je.2018-02763).
 - 26 Sundberg F, Forsander G. Continuous glucose monitoring in healthy children aged 2–8 years[J]. Diabetes Technol Ther, 2018, 20(2): 113–116. DOI: [10.1089/dia.2017.0270](https://doi.org/10.1089/dia.2017.0270).
 - 27 Li X, Luo R, Qiao B, et al. Exercise intervention improves blood glucose levels and adverse pregnancy outcomes in GDM patients: a Meta-analysis[J]. Comput Math Methods Med, 2022, 2022: 9287737. DOI: [10.1155/2022/9287737](https://doi.org/10.1155/2022/9287737).
 - 28 Umpierre D, Ribeiro PA, Kramer CK, et al. Physical activity advice only or structured exercise training and association with HbA1c levels in type 2 diabetes: a systematic review and Meta-analysis[J]. JAMA, 2011, 305(17): 1790–1799. DOI: [10.1001/jama.2011.576](https://doi.org/10.1001/jama.2011.576).
 - 29 Richter EA, Hargreaves M. Exercise, GLUT4, and skeletal muscle glucose uptake[J]. Physiol Rev, 2013, 93(3): 993–1017. DOI: [10.1152/physrev.00038.2012](https://doi.org/10.1152/physrev.00038.2012).
 - 30 Sylow L, Kleinert M, Richter EA, et al. Exercise-stimulated glucose uptake – regulation and implications for glycaemic control[J]. Nat Rev Endocrinol, 2017, 13(3): 133–148. DOI: [10.1038/nrendo.2016.162](https://doi.org/10.1038/nrendo.2016.162).
 - 31 Hatamoto Y, Goya R, Yamada Y, et al. Effect of exercise timing on elevated postprandial glucose levels[J]. J Appl Physiol (1985), 2017, 123(2): 278–284. DOI: [10.1152/japplphysiol.00608.2016](https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00608.2016).
 - 32 Gozashti MH Md, Eslami N Md, Radfar MH Md, et al. Sleep pattern, duration and quality in relation with glycemic control in people with type 2 diabetes mellitus[J]. Iran J Med Sci, 2016, 41(6): 531–538. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27853334/>
 - 33 Chontong S, Saetung S, Reutrakul S. Higher sleep variability associated with poorer glycaemic control in patients with type 1 diabetes[J]. J Sleep Res, 2016, 25(4): 438–444. DOI: [10.1111/jsr.12393](https://doi.org/10.1111/jsr.12393).
 - 34 Lee SWH, Ng KY, Chin WK. The impact of sleep amount and sleep quality on glycemic control in type 2 diabetes: a systematic review and Meta-analysis[J]. Sleep Med Rev, 2017, 31: 91–101. DOI: [10.1016/j.smrv.2016.02.001](https://doi.org/10.1016/j.smrv.2016.02.001).
 - 35 Zisapel N. New perspectives on the role of melatonin in human sleep, circadian rhythms and their regulation[J]. Br J Pharmacol, 2018, 175(16): 3190–3199. DOI: [10.1111/bph.14116](https://doi.org/10.1111/bph.14116).
 - 36 Pooranfar S, Shakoor E, Shafahi M, et al. The effect of exercise training on quality and quantity of sleep and lipid profile in renal transplant patients: a randomized clinical trial[J]. Int J Organ Transplant Med, 2014, 5(4): 157–165. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25426284/>
 - 37 Brand S, Gerber M, Beck J, et al. Exercising, sleep-EEG patterns, and psychological functioning are related among adolescents[J]. World J Biol Psychiatry, 2010, 11(2): 129–140. DOI: [10.3109/15622970903522501](https://doi.org/10.3109/15622970903522501).
 - 38 Gerber M, Brand S, Herrmann C, et al. Increased objectively assessed vigorous-intensity exercise is associated with reduced stress, increased mental health and good objective and subjective sleep in young adults[J]. Physiol Behav, 2014, 135: 17–24. DOI: [10.1016/j.physbeh.2014.05.047](https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2014.05.047).
 - 39 刘玫瑰, 王艺珍, 沈丽月. 分析有氧运动联合健康教育对 2 型糖尿病失眠患者血糖及睡眠质量的影响[J]. 世界睡眠医学杂志, 2023, 10(6): 1224–1226. [Liu MG, Wang YZ, Shen LY. To analyze the effects of aerobic exercise combined with health education on blood sugar and sleep quality of insomnia patients with type 2 diabetes[J]. World Journal of Sleep Medicine, 2023, 10(6): 1224–1226.] DOI: [10.3969/j.issn.2095-7130.2023.06.007](https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-7130.2023.06.007).

收稿日期: 2025 年 07 月 01 日 修回日期: 2025 年 08 月 01 日
 本文编辑: 桂裕亮 曹 越

引用本文: 岳晨莹, 张新涵, 包梦雨, 等. 2 型糖尿病患者运动水平、睡眠质量与血糖的关系[J]. 医学新知, 2025, 35(12): 1406–1412. DOI: [10.12173/j.issn.1004-5511.202507002](https://doi.org/10.12173/j.issn.1004-5511.202507002).
 Yue CY, Zhang XH, Bao MY, et al. The relationship between physical activity levels, sleep quality, and blood glucose in patients with type 2 diabetes mellitus[J]. Yixue Xinzhi Zazhi, 2025, 35(12): 1406–1412. DOI: [10.12173/j.issn.1004-5511.202507002](https://doi.org/10.12173/j.issn.1004-5511.202507002).