

身体活动与 2 型糖尿病的关联性研究进展

高星星^{1,2} 王丽敏¹ 刘晨一^{1,2} 张梅¹

¹ 中国疾病预防控制中心慢性非传染性疾病预防控制中心慢病危险因素监测室, 北京 100050; ² 包头医学院公共卫生学院, 包头 014040

通信作者: 张梅, Email: zhangmei@ncncd.chinacdc.cn

【摘要】 2 型糖尿病(T2DM)已成为影响我国居民健康的重要公共卫生问题。身体活动不足是包括 T2DM 在内的主要慢性病发生、发展的重要危险因素, 适宜的身体活动模式及水平对 T2DM 的防治有积极的意义。本文就近年来国内外针对身体活动与 T2DM 发生、发展和死亡之间关系的研究进展及成果进行综述, 以期完善我国一般和高危人群 T2DM 预防及 T2DM 患者管理的策略和措施提供支持。

【关键词】 身体活动; 糖尿病, 2 型; 代谢当量; 身体活动不足

Research on the association between physical activity and type 2 diabetes

Gao Xingxing^{1,2}, Wang Limin¹, Liu Chenyi^{1,2}, Zhang Mei¹

¹ Division of Chronic Disease and Risk Factor Surveillance, National Center for Chronic and Non-communicable Disease Control and Prevention, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100050, China; ² School of Public Health, Baotou Medical College, Baotou 014040, China

Corresponding author: Zhang Mei, Email: zhangmei@ncncd.chinacdc.cn

【Abstract】 Type 2 diabetes mellitus (T2DM) has become a significant public health problem affecting the health of our population. Physical inactivity is a significant risk factor for the occurrence and development of major chronic diseases, including T2DM, and appropriate physical activity patterns and levels have positive implications for the prevention and treatment of T2DM. This paper reviews the progress and results of domestic and international studies on the relationship between physical activity and the occurrence, development, and mortality of T2DM in recent years to support the improvement of strategies and measures for the prevention and management of diabetes in general and high-risk populations in China.

【Key words】 Physical activity; Diabetes, type 2; Metabolic equivalent; Physical inactivity

2 型糖尿病(T2DM)是由遗传因素和环境因素共同作用形成的多基因遗传性复杂疾病, 主要表现为高血糖症、胰岛素抵抗和以相对受损的胰岛素分泌为特征的异质性代谢障碍^[1]。伴随社会经济的发展、居民生活水平的提高、生活方式的转变、医疗水平的提升以及老龄化进程加速, 我国成年居民的 T2DM 患病率从 2002 年的 2.6% 上升到 2018 年的 11.9%, 已成为影响我国居民健康的重要公共卫生问题^[2-3]。身体活动不足是包括 T2DM 在内的主要慢性病发生、发展的重要危险因素, 适宜的身体活动模式及水平则对 T2DM

的防治有着积极的意义。本文就近年来国内外针对身体活动与 T2DM 发生、发展和死亡之间关系的研究进展及成果进行综述, 以期为我国一般和高危人群 T2DM 预防及患者管理的策略和措施提供一定理论依据。

一、身体活动概述

1. 身体活动模式及测量方法: 身体活动又称体力活动, 是骨骼肌收缩产生的任何可消耗能量的活动。根据活动的特点和目的, 可将其分为职业性、交通性(包括步行和脚踏自行车)、家务性和休闲性身体活动。任何活动都需要机

DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20211129-00923

收稿日期 2021-11-29 本文编辑 张婧

引用格式: 高星星, 王丽敏, 刘晨一, 等. 身体活动与 2 型糖尿病的关联性研究进展[J]. 中华流行病学杂志, 2022, 43(10): 1681-1684. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20211129-00923.

Gao XX, Wang LM, Liu CY, et al. Research on the association between physical activity and type 2 diabetes[J]. Chin J Epidemiol, 2022, 43(10):1681-1684. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20211129-00923.



体消耗氧气进行代谢所产生的能量来支持,而代谢当量(MET)即是衡量身体运动时耗氧速度的单位。1 MET约相当于一个人在静息状态不做任何活动时,每分钟的氧气消耗量。MET值越大,代表消耗的能量越多,运动强度越高^[4]。不同类型的身体活动通常可根据MET值分为三种强度:<3.0 MET为低强度,3.0~5.9 MET为中等强度,≥6.0 MET为高强度^[5]。身体活动水平可由主观测量法和客观测量法进行测量。主观测量法包括主观观察法和身体活动问卷。常用的身体活动问卷包括国际身体活动问卷^[6]和全球身体活动问卷^[7]。客观测量法是通过一些特定的设备、仪器或者试剂对身体活动进行测量,包括气体分析法、测热法、双标水法、心率测量法、运动传感器法、可穿戴智能设备等^[8-9]。

2. 成年人身体活动状况:WHO发布的《WHO身体活动和久坐行为指南》建议成年人每周至少进行150~300 min中等强度或者70~150 min高强度有氧身体活动,或者中高强度活动当量相结合^[4]。2016年,全世界依然有27.5%的成年人未达到WHO推荐的体活动标准,这意味着超过14亿成年人可能患上或者加剧与身体活动不足有关的疾病^[10-11]。目前,反映我国居民身体活动总体水平及模式的研究较少。Ng和Popkin^[12]报告我国成年人的身体活动总量从1991年的385.9 MET-h/周下降到2009年的212.8 MET-h/周,并预测到2030年将持续下降为188.5 MET-h/周。Hallal等^[13]2012年的研究曾报告中国成年人身体活动不足率为31%,而中国慢性病及危险因素监测结果显示,2013年我国16.3%的成年人身体活动未达WHO推荐的最低标准^[14]。

二、身体活动与T2DM的发生

1. 中、高强度身体活动与T2DM的发生:T2DM病因和发病机制复杂,至今尚未完全阐明。针对身体活动与T2DM发病的研究总体认可高强度身体活动有助于降低T2DM的发生风险^[15-17],而中、低强度身体活动与T2DM发生的关联存在争议。Llaverro-Valero等^[15]发现地中海地区年轻人身体活动的强度越高,患T2DM的风险越小。与中低强度身体活动相比,高强度身体活动显著降低了48%的T2DM相对风险($HR=0.52, 95\%CI: 0.34\sim 0.80$),而中低强度身体活动并未改善T2DM的发生风险($HR=0.93, 95\%CI: 0.73\sim 1.20$)。Yerramalla等^[16]对英国伦敦9 987名成年人进行随访调查后发现,相比于从不进行高强度身体活动的人群,每周进行至少2 h高强度身体活动的成年人可降低19%的T2DM发生风险($HR=0.81, 95\%CI: 0.70\sim 0.93$);相比于从不进行中高强度身体活动的人群,每周任何时间的中高强度身体活动可降低15%的T2DM发生风险($HR=0.85, 95\%CI: 0.75\sim 0.97$)。Honda等^[17]对日本26 628名30~64岁工人(无癌症、糖尿病、心血管疾病或中风史)进行长期随访发现,单独进行高强度身体活动($HR=0.89, 95\%CI: 0.56\sim 1.41$)或中高强度相结合的身体活动($HR=0.76, 95\%CI: 0.52\sim 1.11$)(中等强度:3~6 MET;高强度:>6 MET),无论是否高于身体活动推荐水平(7.5 MET-h/周)[高强度身体活动($HR=0.68, 95\%CI: 0.44\sim 1.06$),中高强度身体活动相结合($HR=0.70, 95\%CI: 0.44\sim$

1.11)]都可以降低T2DM的发生风险。相比之下,即使超过推荐的身体活动水平,仅中等强度的身体活动($HR=1.07, 95\%CI: 0.88\sim 1.30$)也与降低T2DM的发生风险无关。

2. 身体活动水平与T2DM的发生:不同程度身体活动水平对降低T2DM的发病风险效果不同,身体活动水平越高,发病风险越低。Naseri等^[18]针对20~39岁和≥40岁年龄组共3 905名女性的研究显示,≥40岁女性中,与低水平身体活动女性(<600 MET-min/周)相比,高水平(≥3 000 MET-min/周)和中等水平身体活动者(600~2 999 MET-min/周)的T2DM发生风险分别降低37%($HR=0.63, 95\%CI: 0.43\sim 0.94$)和36%($HR=0.64, 95\%CI: 0.43\sim 0.95$),但在20~39岁年轻女性中并未发现明显的相关关系。Lao等^[19]针对我国44 828名20~80岁空腹血糖受损患者的研究提示,与不活跃(<3.75 MET-h/周)的患者相比,休闲性身体活动水平处于低(3.75~MET-h/周)、中等(7.50~MET-h/周)和高水平(≥15.00 MET-h/周)者的T2DM发病风险依次降低了12%($HR=0.88, 95\%CI: 0.80\sim 0.99$)、20%($HR=0.80, 95\%CI: 0.71\sim 0.90$)和25%($HR=0.75, 95\%CI: 0.67\sim 0.83$)。Smith等^[20]研究发现,身体活动水平与T2DM的发病风险呈现曲线关系,相较于身体活动水平为0的研究对象,每周身体活动水平(MET-h/周)达到11.25、22.50、60.00的人群,T2DM的发病风险分别降低26%($RR=0.74, 95\%CI: 0.20\sim 0.31$)、36%($RR=0.64, 95\%CI: 0.27\sim 0.46$)和53%($RR=0.47, 95\%CI: 0.34\sim 0.65$)。对于健康群体和T2DM患者,《WHO身体活动和久坐行为指南》《中国2型糖尿病防治指南(2020年版)》均推荐每周至少150 min中等强度的身体活动,以获得实质性的健康益处。但是T2DM患者的身体活动需要在相关专业人员的指导下进行^[4,21]。

三、T2DM患者的身体活动状况及与血糖控制和并发症的关联

1. T2DM患者的身体活动状况:运动治疗是糖尿病“五驾马车”治疗框架的重要组成部分。Yao等^[22]在我国上海市进行的随机对照干预试验中,799名18~85岁T2DM患者的基线身体活动水平的均值和中位数分别为67.9 MET-h/周和59.5 MET-h/周,远低于2009年我国成年人的平均水平213 MET-h/周。左满芳等^[23]针对我国石河子市299例社区T2DM患者的研究显示,T2DM患者总身体活动量中位数为2 079 MET-min/周($P_{25}, P_{75}: 786, 3 612$ MET-min/周),与Cloix等^[24]报告的法国T2DM患者总身体活动量2 079 MET-min/周相同。Bazargan-Hejazi等^[25]报告发现的美国白人、非洲裔美国人和西班牙裔共计871名T2DM患者中,分别有67.1%的白人、39.2%的非洲裔美国人和55.1%的西班牙裔自报身体活动水平达到500 MET-min/周。Cassidy等^[26]通过一项大型队列研究纳入英国502 664名37~63岁的成年人,将研究对象按照疾病状况分为无疾病组、心血管疾病(CVD)组、T2DM组和T2DM+CVD组,最终发现不同组的总身体活动水平(MET-min/周)分别为103 993、113 469、4 074和11 574,T2DM组的身体活动水平远低于其他组。Palakodeti等^[27]报告美国北加利福尼亚州6 853名平均年龄60.2岁的T2DM

患者中,只有 16% 的患者报告在研究期间达到了推荐的中高强度身体活动强度(≥ 150 MET-min/周)。

2. 身体活动与血糖控制:适宜且充足的身体活动是 T2DM 患者良好控制血糖的基石。Slaght 等^[28]通过对 T2DM 青年患者的调查发现,经常进行有规律的高强度身体活动者的糖化血红蛋白相比于非高强度身体活动者低约 1 个百分点。Siddiqui 等^[29]按照一天内的行走步数将非洲地区 18~65 岁的 T2DM 患者分为活跃组(≥ 7000 步/d)和对照组(要求保持日常活动)。三个月后,相比于对照组,活跃组的糖化血红蛋白平均下降 1.04%。Masuda 等^[30]在 T2DM 患者出院后 6 个月内,通过三轴加速度计测量每日步数,并将平均每日步数按照四分位数分为 4 组,评价身体活动和血糖控制的关系。相比于 Q_4 组, Q_1 组($OR=8.55, 95\%CI: 1.43\sim 51.23$)和 Q_2 组($OR=15.62, 95\%CI: 2.63\sim 92.87$)血糖控制不良的风险显著上升,提示 T2DM 患者长期较低的身体活动水平不利于其有效控制血糖。Wang 等^[31]对 9 509 名平均年龄为 49.4 岁的 T2DM 患者调查发现,身体活动从不活跃(< 5000 步/d)到活跃(≥ 5000 步/d)的患者,平均每周的 FPG 降低 13.00 ($95\%CI: -22.60\sim -3.14$) mg/dl, 如果 T2DM 患者 ≥ 8000 步/d, 每多走一天,一周的平均 FPG 则会减少 0.47 ($95\%CI: -0.77\sim -0.16$) mg/dl。

3. 身体活动与 T2DM 并发症:积极进行身体活动可降低 T2DM 并发症的发病风险。Bukht 等^[32]对孟加拉国 977 名 T2DM 患者的调查中发现,不活跃或低强度身体活动水平(< 150 MET-min/周)与高血压、视网膜病变和肾病均相关($P < 0.001$)。Blomster 等^[33]从 20 个国家招募 11 140 名 T2DM 患者,研究发现 T2DM 患者如果每周至少进行 15 min 的中等或高强度身体活动,5 年内主要心血管事件($HR=0.78, 95\%CI: 0.69\sim 0.88$)以及微血管并发症($HR=0.85, 95\%CI: 0.76\sim 0.96$)的发生率低于不活跃或仅进行低强度身体活动的患者。Chen 等^[34]针对 1 142 名 > 65 岁美国 T2DM 患者的研究发现,与对照组相比,身体活动充足(≥ 600 MET-min/周)的 T2DM 患者发生脑卒中($OR=0.64, 95\%CI: 0.45\sim 0.90$)、肾衰竭($OR=0.71, 95\%CI: 0.52\sim 0.97$)以及中度下肢并发症($OR=0.71, 95\%CI: 0.51\sim 0.99$)、下肢截肢($OR=0.31, 95\%CI: 0.11\sim 0.85$)的风险均显著降低。de Oliveira 等^[35]针对巴西 T2DM 老年女性患者的研究发现,与身体活动不足者相比,高水平身体活动者(每周至少 3 d, 每天进行 ≥ 20 min 的高强度身体活动,或每周至少 5 d, 每天进行 ≥ 30 min 中等强度身体活动和/或步行,或每周中高强度身体活动和/或步行累积时间 ≥ 150 min)的血清同型半胱氨酸水平和心血管风险评分更低,更不易患心血管疾病。

4. 身体活动与 T2DM 相关死亡: Bakrania 等^[36]通过对 712 名 T2DM 高危成年人进行的 5.7 年的随访发现,每日中等或高强度身体活动时间每增加 10%, 全因死亡风险降低 5% ($HR=0.95, 95\%CI: 0.91\sim 0.98$)。T2DM 患者进行中高强度身体活动都与较低的全因死亡率相关($HR=0.61, 95\%CI: 0.41\sim 0.93$), 而按照或高于建议(≥ 2.5 h/周)的中高强度身体

活动或 ≥ 1.25 h/周的高强度身体活动)进行身体活动是避免心血管疾病相关死亡的必要条件^[16]。Sone 等^[37]对日本 1 702 名平均年龄为 58.5 岁的 T2DM 患者随访 8.05 年,发现休闲性身体活动水平较高的 T2DM 患者(≥ 15.4 MET-h/周)相比身体活动水平低的 T2DM 患者(≤ 3.7 MET-h/周),死亡率显著下降($HR=0.49, 95\%CI: 0.26\sim 0.91$)。Geidl 等^[38]基于前瞻性队列研究的一项 Meta 分析表明, T2DM 患者每周每增加 10 MET-h 的身体活动,死亡率便会降低 4% ($HR=0.96, 95\%CI: 0.93\sim 0.99$)。

四、结语

现有研究证据支持身体活动对预防 T2DM 的积极效益,且身体活动强度和水平越高, T2DM 发病风险越低。对于 T2DM 患者而言,较高水平的身体活动不仅可有效控制糖化血红蛋白,还可降低 T2DM 并发症的发生风险和全因死亡风险。

然而,既有针对身体活动和 T2DM 的关联性研究仍存在一定的局限性。如研究多采用问卷自报的信息来评价身体活动水平,基于工具采集的身体活动数据分析与 T2DM 关联的研究少见报告;研究主要集中于评估总体身体活动强度和水平对 T2DM 发生和发展的影响,尚缺乏针对不同身体活动类别,如职业性活动、家务活动、交通性活动和休闲性活动与 T2DM 的关联性研究;现有研究暂时没有对 T2DM 患者血糖控制的最好身体活动水平推荐值的数据支持。随着信息技术的发展,可穿戴设备使用依从性和数据采集精度的提升,基于真实采集的客观数据的研究预期将成为未来身体活动与 T2DM 关联性研究的方向,从而为进一步明晰身体活动强度、水平和模式与 T2DM 发生、发展和相关死亡的相关性提供更加有力的证据,进而助力一般人群和高危人群 T2DM 的有效预防,以及 T2DM 患者并发症的精准防控。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

参 考 文 献

- [1] 葛均波, 徐永健, 王辰. 内科学[M]. 9 版. 北京: 人民卫生出版社, 2018.
- [2] Ge JB, Xu YJ, Wang C. Internal medicine[M]. 9th ed. Beijing: People's Health Publishing House, 2018.
- [3] Zhang N, Du SM, Ma GS. Current lifestyle factors that increase risk of T2DM in China[J]. Eur J Clin Nutr, 2017, 71(7):832-838. DOI:10.1038/ejcn.2017.41.
- [4] Wang LM, Peng W, Zhao ZP, et al. Prevalence and treatment of diabetes in China, 2013-2018[J]. JAMA, 2021, 326(24):2498-2506. DOI:10.1001/jama.2021.22208.
- [5] World Health Organization. WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour[EB/OL]. (2020-11-25) [2021-11-29]. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240015128>.
- [6] Pate RR, Pratt M, Blair SN, et al. Physical activity and public health. A recommendation from the centers for disease control and prevention and the American college of sports medicine[J]. JAMA, 1995, 273(5):402-407. DOI: 10.1001/jama.273.5.402.
- [7] IPAQ Group. International physical activity questionnaire [EB/OL]. (2002-10) [2021-11-29]. https://www.physio-pedia.com/images/6/6e/International_Physical_Activity_Questionnaire.pdf.
- [8] Armstrong T, Bull F. Development of the world health organization global physical activity questionnaire (GPAQ) [J]. J Public Health, 2006, 14(2): 66-70. DOI: 10.1007/s10389-006-0024-x.
- [9] 孙建刚, 刘阳, 任波, 等. 身体活动客观测量方法的比较与

- 选择[J]. 体育科研, 2021, 42(1): 69-76. DOI: 10.12064/ssr:20210110.
- Sun JG, Liu Y, Ren B, et al. Choose and comparison of measurements on physical activity comparison and selection of objective measurements on physical activity[J]. Sport Sci Res, 2021, 42(1): 69-76. DOI: 10.12064/ssr:20210110.
- [9] 赵壮壮. 体力活动测定仪器比较研究及应用价值分析[D]. 南京:南京师范大学, 2013. DOI:10.7666/d.Y2375523.
- Zhao ZZ. Comparative study and application value analysis of physical activity measuring instruments[D]. Nanjing: Nanjing Normal University, 2013. DOI:10.7666/d.Y2375523.
- [10] Guthold R, Stevens GA, Riley LM, et al. Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016: a pooled analysis of 358 population-based surveys with 1.9 million participants[J]. Lancet Global Health, 2018, 6(10): e1077-1086. DOI:10.1016/S2214-109X(18)30357-7.
- [11] Guthold R, Stevens GA, Riley LM, et al. Global trends in insufficient physical activity among adolescents: a pooled analysis of 298 population-based surveys with 1.6 million participants[J]. Lancet Child Adolesc Health, 2020, 4(1): 23-35. DOI:10.1016/S2352-4642(19)30323-2.
- [12] Ng SW, Popkin BM. Time use and physical activity: a shift away from movement across the globe[J]. Obes Rev, 2012, 13(8): 659-680. DOI:10.1111/j.1467-789X.2011.00982.x.
- [13] Hallal PC, Andersen LB, Bull FC, et al. Global physical activity levels: surveillance progress, pitfalls, and prospects[J]. Lancet, 2012, 380(9838): 247-257. DOI: 10.1016/S0140-6736(12)60646-1.
- [14] 中国疾病预防控制中心, 中国疾病预防控制中心慢性非传染性疾病预防控制中心. 中国慢性病及其危险因素监测报告(2013)[M]. 北京:军事医学科学出版社, 2016.
- Chinese Center for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic and Non-communicable Disease Control and Prevention, Chinese Center for Disease Control and Prevention. Report on chronic disease risk factor surveillance in China (2013)[M]. Beijing: Military Medical Press, 2016.
- [15] Llaveró-Valero M, Martín JES, Martínez-González MA, et al. Physical activity intensity and type 2 diabetes: isotemporal substitution models in the "Seguimiento Universidad de Navarra" (SUN) cohort[J]. J Clin Med, 2021, 10(13): 2744. DOI:10.3390/jcm10132744.
- [16] Yerramalla MS, Fayosse A, Dugravot A, et al. Association of moderate and vigorous physical activity with incidence of type 2 diabetes and subsequent mortality: 27 year follow-up of the Whitehall II study[J]. Diabetologia, 2020, 63(3): 537-548. DOI:10.1007/s00125-019-05050-1.
- [17] Honda T, Kuwahara K, Nakagawa T, et al. Leisure-time, occupational, and commuting physical activity and risk of type 2 diabetes in Japanese workers: a cohort study[J]. BMC Public Health, 2015, 15(1): 1004. DOI: 10.1186/s12889-015-2362-5.
- [18] Naseri P, Amiri P, Masihay-Akbar H, et al. Time-varying association between physical activity and risk of diabetes in the early and late adulthood: A longitudinal study in a West-Asian country[J]. Prim Care Diabetes, 2021, 15(6): 1026-1032. DOI:10.1016/j.pcd.2021.07.012.
- [19] Lao XQ, Deng HB, Liu XD, et al. Increased leisure-time physical activity associated with lower onset of diabetes in 44 828 adults with impaired fasting glucose: a population-based prospective cohort study[J]. Br J Sports Med, 2019, 53(14): 895-900. DOI:10.1136/bjsports-2017-098199.
- [20] Smith AD, Crippa A, Woodcock J, et al. Physical activity and incident type 2 diabetes mellitus: a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies[J]. Diabetologia, 2016, 59(12): 2527-2545. DOI: 10.1007/s00125-016-4079-0.
- [21] 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]. 中华内分泌代谢杂志, 2021, 37(4): 311-398. DOI:10.3760/cma.j.cn311282-20210304-00142.
- Chinese Diabetes Society. Guideline for the prevention and treatment of type 2 diabetes mellitus in China (2020 edition) [J]. Chin J Endocrinol Metab, 2021, 37(4): 311-398. DOI:10.3760/cma.j.cn311282-20210304-00142.
- [22] Yao WY, Han MG, de Vito G, et al. Physical activity and glycemic control status in Chinese patients with Type 2 diabetes: a secondary analysis of a randomized controlled trial[J]. Int J Environ Res Public Health, 2021, 18(8): 4292. DOI:10.3390/ijerph18084292.
- [23] 左满芳, 于秋敏, 马欣, 等. 社区 2 型糖尿病患者体力活动状况分析[J]. 中国慢性病预防与控制, 2020, 28(11): 866-869. DOI:10.16386/j.cjpcdd.issn.1004-6194.2020.11.016.
- Zuo MF, Yu QM, Ma X, et al. Analysis of physical activity status of type 2 diabetes patients in the community[J]. Chin J Prev Control Chron Dis, 2020, 28(11): 866-869. DOI: 10.16386/j.cjpcdd.issn.1004-6194.2020.11.016.
- [24] Cloix L, Caille A, Helmer C, et al. Physical activity at home, at leisure, during transportation and at work in French adults with type 2 diabetes: the ENTRED physical activity study[J]. Diabetes Metab, 2015, 41(1): 37-44. DOI: 10.1016/j.diabet.2014.07.003.
- [25] Bazargan-Hejazi S, Arroyo JS, Hsia S, et al. A racial comparison of differences between self-reported and objectively measured physical activity among US adults with diabetes[J]. Ethn Dis, 2017, 27(4): 403. DOI: 10.18865/ed.27.4.403.
- [26] Cassidy S, Chau JY, Catt M, et al. Cross-sectional study of diet, physical activity, television viewing and sleep duration in 233 110 adults from the UK Biobank; the behavioural phenotype of cardiovascular disease and type 2 diabetes[J]. BMJ Open, 2016, 6(3): e010038. DOI: 10.1136/bmjopen-2015-010038.
- [27] Palakodeti S, Uratsu CS, Schmittiel JA, et al. Changes in physical activity among adults with diabetes: a longitudinal cohort study of inactive patients with type 2 diabetes who become physically active[J]. Diabet Med, 2015, 32(8): 1051-1057. DOI:10.1111/dme.12748.
- [28] Slaughter JL, Wicklow BA, Dart AB, et al. Physical activity and cardiometabolic health in adolescents with type 2 diabetes: a cross-sectional study[J]. BMJ Open Diabetes Res Care, 2021, 9(1): e002134. DOI:10.1136/bmjdr-2021-002134.
- [29] Siddiqui MA, Bhana S, Daya R. The relationship between objectively measured physical activity and parameters of disease control in an African population of type 2 diabetes mellitus[J]. J Endocrinol Metab Diabetes South Africa, 2018, 23(3): 80-85. DOI:10.1080/16089677.2018.1515144.
- [30] Masuda H, Ishiyama D, Yamada M, et al. Relationship between long-term objectively measured physical activity and glycemic control in type 2 diabetes mellitus patients: a prospective cohort study[J]. Diabetes Metab Syndr Obes, 2021, 14: 2057-2063. DOI:10.2147/DMSO.S307070.
- [31] Wang Y, Dzibur E, James R, et al. Association of physical activity on blood glucose in individuals with type 2 diabetes[J]. Trans Behav Med, 2022, 12(3): 448-453. DOI: 10.1093/tbm/ibab159.
- [32] Bukht MS, Ahmed KR, Hossain S, et al. Association between physical activity and diabetic complications among Bangladeshi type 2 diabetic patients[J]. Diabetes Metab Syndr Clin Res Rev, 2019, 13(1): 806-809. DOI: 10.1016/j.dsx.2018.11.069.
- [33] Blomster JI, Chow CK, Zoungas S, et al. The influence of physical activity on vascular complications and mortality in patients with type 2 diabetes mellitus[J]. Diabetes Obes Metab, 2013, 15(11): 1008-1012. DOI: 10.1111/dom.12122.
- [34] Chen YQ, Sloan FA, Yashkin AP. Adherence to diabetes guidelines for screening, physical activity and medication and onset of complications and death[J]. J Diabetes Complications, 2015, 29(8): 1228-1233. DOI: 10.1016/j.jdiacomp.2015.07.005.
- [35] de Oliveira JJ, E Silva AS, Ribeiro AGSV, et al. The effect of physical activity on total homocysteine concentrations and cardiovascular risk in older Brazilian adults with type 2 diabetes[J]. J Diabetes Metab Disord, 2021, 20(1): 407-416. DOI:10.1007/s40200-021-00759-6.
- [36] Bakrania K, Edwardson CL, Khunti K, et al. Associations of objectively measured moderate-to-vigorous-intensity physical activity and sedentary time with all-cause mortality in a population of adults at high risk of type 2 diabetes mellitus[J]. Prev Med Rep, 2017, 5: 285-288. DOI: 10.1016/j.pmedr.2017.01.013.
- [37] Sone H, Tanaka S, Tanaka S, et al. Leisure-time physical activity is a significant predictor of stroke and total mortality in Japanese patients with type 2 diabetes: analysis from the Japan Diabetes Complications Study (JDCS) [J]. Diabetologia, 2013, 56(5): 1021-1030. DOI: 10.1007/s00125-012-2810-z.
- [38] Geidl W, Schlesinger S, Mino E, et al. Dose-response relationship between physical activity and mortality in adults with noncommunicable diseases: a systematic review and meta-analysis of prospective observational studies[J]. Int J Behav Nutr Phys Act, 2020, 17(1): 109. DOI:10.1186/s12966-020-01007-5.