

中国成年人体力活动和久坐时间轨迹与全因死亡率关系的研究*

曹岁霞^{1,2} 霍亚婷² 刘静春² 王予童² 刘卉萌² 张彬艳² 徐坤²杨佩莹² 曾令霞² 党少农² 颜虹² 米白冰^{2Δ} 谭颖^{1Δ}

【摘要】目的 已有研究证实体力活动及久坐与健康状态密切相关。但个体体力活动水平和久坐时间在生命历程中并非一成不变,常常随年龄增加发生变化。本研究旨在识别中国成年人体力活动(PA)与久坐时间(ST)轨迹并探索与全因死亡率之间的关系。**方法** 使用2004年至2015年中国健康与营养调查的数据,采用多变量组基轨迹模型中删失正态模型识别随生命历程变化的体力活动与久坐时间轨迹模式,使用多变量Cox比例风险回归模型评估体力活动与久坐时间轨迹分组与全因死亡风险的关联。**结果** 共纳入10576名具有2轮及以上完整随访数据的研究对象进行分析,本研究识别出4种体力活动与久坐时间轨迹。34.9%表现出PA水平下降,ST维持中等水平的特点,其余为低PA低ST(13.5%)、中PA高ST(32.8%)、高PA高ST(13.8%)。中PA高ST人群($HR=0.54, 95\%CI:0.37\sim0.78, P=0.001$)、高PA高ST人群($HR=0.27, 95\%CI:0.11\sim0.65, P=0.002$)死亡风险明显低于低PA低ST者,降低PA中ST组死亡风险差异没有统计学意义($HR=0.82, 95\%CI:0.59\sim1.16, P=0.257$)。**结论** 本研究识别出了4种中国成年人PA与ST轨迹,并强调长期保持较高PA水平对降低死亡风险的重要性。

【关键词】 体力活动 久坐时间 轨迹 全因死亡率

【中图分类号】 R195.1

【文献标识码】 A

DOI 10.11783/j.issn.1002-3674.2025.01.006

Relationship between Physical Activity and Sedentary Time Trajectory and All-cause Mortality in Chinese Adults

Cao Suixia, Huo Yating, Liu Jingchun, et al (Department of Neurology, The First Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710061)

【Abstract】 Objective It has been proved that physical activity and sedentary behavior are closely related to health status. However, individual physical activity levels and sedentary time are not constant over the course of life and often change with age. The aim of this study was to identify the physical activity (PA) and sedentary time (ST) trajectory and explore the association with all-cause mortality in Chinese adults. **Methods** The data from the China Health and Nutrition Survey from 2004 to 2015 were used to identify the trajectory patterns of physical activity and sedentary time over the course of life by using the deleted normal model in the multivariate baseline trajectory model, and the association between the grouping of physical activity and sedentary time trajectory and the risk of all-cause mortality was evaluated by the multivariate COX proportional hazard regression model. **Results** A total of 10576 participants with two or more rounds of complete follow-up data were included in the analysis. Four physical activity and sedentary time trajectories were identified. 34.9% showed that PA level decreased and ST maintained a moderate level. The rest were low PA low ST (13.5%), high PA high ST (32.8%) and high PA high ST (13.8%). People with high ST in medium PA ($HR=0.54, 95\%CI: 0.37\sim0.78, P=0.001$) and people with high ST in high PA ($HR=0.27, 95\%CI: 0.11\sim0.65, P=0.002$) the risk of death was significantly lower than those with low PA and low ST, and there was no significant difference in the risk of death in the ST group with reduced PA ($HR=0.82, 95\%CI: 0.59\sim1.16, P=0.257$). **Conclusion** This study identified four PA and ST tracks in Chinese adults, and emphasized the importance of long-term maintenance of high PA levels in reducing mortality risk.

【Key words】 Physical activity; Sedentary time; Trajectory; All-cause mortality

体力活动(physical activity, PA)是指由于骨骼肌收缩引起能量消耗的任何身体运动,保持足够的PA水平和强度有益健康^[1-2]。近年来人们发现久坐可以显著增加死亡风险^[3]。个体每天的时长是固定的,PA和久坐时间(sedentary time, ST)存在相互影响,且在生命过程中经常发生变化^[4-6]。然而,以往探讨PA和ST与健康结局之间的研究存

在重要的方法学局限性。典型研究仅对基线PA和ST分别进行单一评估^[7-8]。此外,大多研究使用了具有低水平的PA研究对象作为参照组,但这些参与者是不同质的,包括在过去从不参与体力活动和过去处于中高水平体力活动但目前处于低水平的人^[9]。这些研究忽略了PA和ST之间的相互关联及随时间变化的轨迹模式对结局事件的综合影响。通过收集至少2个时间点的PA和ST数据,并使用组基轨迹模型可以克服这些局限^[10]。本文利用中国健康与营养调查(China Health and Nutrition Survey, CHNS)2004—2005年数据,采用多变量组基轨迹模型识别中国成年人体力活动与久坐时间轨迹,并探索与死亡风险之间的关联。

* 基金项目:国家重点研发计划(2017YFC0907200;2017YFC0907201);国家自然科学基金(82103944);陕西省科技计划(2023-CX-PT-47)

1. 西安交通大学第一附属医院神经内科(710061)

2. 西安交通大学医学部公共卫生学院

Δ通信作者:米白冰,E-mail: xjtu.mi@xjtu.edu.cn;谭颖,E-mail: tanying@xjtufh.edu.cn

资料与方法

1. 资料来源

本研究基于 CHNS 数据^[11]。CHNS 项目于 1989 年在全国范围内进行基线调查,另外八次调查分别在 1991 年至 2015 年间进行,由于 1989 年至 2004 年调查问卷不包括职业和休闲体力活动,因此本研究使用了 2004 年至 2015 年的数据。本研究以 ≥18 岁成年人作为研究对象,排除以下个体:缺少久坐时间数据者 2 名;数据异常者(例如,身体活动时间超出均数 ±3 × 标准差) 2198 名;少于 2 次参与者 9999 名;孕妇 275 名;饮食异常者(能量摄入少于 500 kcal 或大于 5000 kcal) 197 名;有非传染性疾病病史的参与者(297 例心肌梗塞、295 例中风和 141 例癌症) 733 名,最终纳入 10576 人。

2. 研究方法

(1) 体力活动与久坐时间评估

体力活动包括职业、家庭、交通和休闲四种体力活动。根据不同体力活动对应的代谢当量(metabolic equivalent of task, MET)进行分类, MET < 3 被定义为轻度体力活动(light physical activity, LPA), 3 ≤ MET ≤ 6 为中度体力活动(moderate physical activity, MPA), MET > 6 为高度体力活动(vigorous physical activity, VPA)^[12]。久坐是指能量消耗 ≤ 1.5 METs 的任何清醒时的行为^[3, 13]。收集个体每周在每个类别体力活动及久坐花费的小时数计算出总时间。

(2) 体力活动与久坐时间轨迹

本研究采取多变量组基轨迹模型(group-based multi-trajectory modeling)中删失正态模型(censored

normal model)确定 PA 与 ST 轨迹模式^[10, 14],模型的最终选择基于以下标准:①最小贝叶斯信息;②每个轨迹组包含至少 5% 的样本人口。确定 PA 与 ST 轨迹数目后,将个体分配到后验概率最高的类别。

3. 统计分析

采用 SAS 9.4 软件进行统计学分析。统计显著性设定为 P < 0.05 (双尾)。连续性变量使用均数 ± 标准差描述;分类变量以频数百分比表示。方差分析和卡方检验分别用于检验连续性变量和分类变量的组间差异。基于多变量组基轨迹模型识别随时间变化的 PA 与 ST 轨迹模式,进一步采用 3 个多元 Cox 比例风险回归模型评估 PA 与 ST 轨迹与死亡风险之间的关系,并计算 HR 和 95% CI。其中模型 1 是原始模型,未调整任何协变量;模型 2 调整了年龄和性别;模型 3 进一步调整了基线时吸烟状况、饮酒状况、居住地区、家庭收入、受教育年限、BMI、收缩压、舒张压以及能量摄入。此外,我们假定数据为完全随机缺失,使用多重填补生成 20 个估计数据集,将每个估计数据集的参数通过标准统计程序计算整合以评估缺失协变量对研究结果的影响。

结果

1. 基线特征:共纳入研究对象 10576 人,其中女性 5627 人(53.2%);年龄为(49.01 ± 14.48)岁;吸烟者占 31.6%;饮酒者占 32.6%;体重正常者占 52.2%;32.8% 的人受教育年限为 9~11 年;49.0% 的人家庭收入低于 10000 元;62.3% 的人居住地为城镇;42.9% 的研究对象随访 2 次,随访 3 次、4 次、5 次的研究对象分别占比 23.4%、19.2%、14.5%,见表 1。

表 1 研究对象基线特征

变量	总人群	轨迹组 (n = 10576)				P 值
		低 PA 低 ST (n = 1361)	中 PA 高 ST (n = 3606)	降低 PA 中 ST (n = 3714)	高 PA 高 ST (n = 1895)	
女性	5627 (53.2)	592 (43.5)	2335 (64.8)	1678 (45.2)	1022 (54.0)	<0.0001
年龄组(岁)	49.01 ± 14.48	61.25 ± 15.58	51.52 ± 14.57	45.49 ± 11.92	42.35 ± 11.24	<0.0001
18~39	2901 (27.4)	156 (5.4)	773 (21.4)	1188 (41.0)	784 (41.4)	
40~59	5150 (48.7)	421 (30.9)	1780 (49.4)	2130 (57.4)	1005 (53.0)	
≥60	2525 (23.9)	784 (57.6)	1053 (29.2)	396 (10.7)	106 (5.6)	
吸烟	3332 (31.6)	521 (38.4)	864 (24.0)	1411 (38.1)	536 (28.3)	<0.0001
饮酒	3440 (32.6)	418 (30.9)	892 (24.8)	1401 (37.7)	729 (38.5)	<0.0001
城乡(城镇)	6584 (62.3)	885 (65.0)	1819 (50.4)	2993 (80.6)	887 (46.8)	<0.0001
教育程度(年)						<0.0001
0	1221 (11.6)	428 (31.6)	365 (10.2)	400 (10.8)	28 (1.5)	
<6	1928 (18.3)	306 (22.6)	590 (16.4)	934 (25.2)	98 (5.2)	
6~8	1577 (15.0)	199 (14.7)	580 (16.1)	674 (18.2)	124 (6.6)	
9~11	3456 (32.8)	299 (22.1)	1230 (34.2)	1283 (34.6)	644 (34.1)	
>12	2361 (22.4)	121 (8.9)	830 (23.1)	413 (11.2)	997 (52.7)	
BMI(kg/m ²)*	23.36 ± 3.49	22.96 ± 3.61	23.83 ± 3.56	22.85 ± 3.22	23.73 ± 3.59	<0.0001
偏瘦	1094 (10.4)	206 (15.1)	283 (7.9)	449 (12.1)	156 (8.2)	
正常	5523 (52.2)	699 (51.4)	1734 (48.1)	2130 (57.4)	960 (50.7)	
超重	3020 (28.6)	343 (25.2)	1172 (32.5)	920 (24.8)	585 (30.9)	
肥胖	938 (8.9)	113 (8.3)	416 (11.5)	215 (5.8)	194 (10.2)	

续表 1

变量	总人群	轨迹组 (n=10576)				P 值
		低 PA 低 ST (n=1361)	中 PA 高 ST (n=3606)	降低 PA 中 ST (n=3714)	高 PA 高 ST (n=1895)	
家庭收入(元)	14346.26±1969.12	10862.65±16715.04	14969.85±18780.7	9898.39±15990.43	23412.01±24570.03	<0.0001
<10000	3701(49.0)	426(60.4)	977(45.0)	314(19.0)	699(51.4)	
10000~20000	2134(28.2)	174(24.7)	667(30.7)	630(38.1)	343(25.2)	
>20000	1725(22.8)	105(14.9)	528(24.3)	708(17.3)	113(8.3)	
收缩压(mmHg)	122.71±17.88	129.37±19.71	124.75±18.59	119.64±16.54	119.98±15.69	<0.0001
舒张压(mmHg)	78.91±10.86	80.50±11.50	79.28±10.80	78.01±10.89	78.83±10.27	<0.0001
能量摄入(kcal)	2094.56±665.79	1981.33±679.5	1986.05±624.38	2260.40±673.74	2259.63±652.03	<0.0001
随访次数(次)						<0.0001
2	4535(42.9)	499(36.7)	1692(46.9)	1266(34.1)	1078(56.9)	
3	2474(23.4)	325(23.9)	772(21.4)	965(26.0)	412(21.7)	
4	2035(19.2)	313(23.0)	599(16.6)	840(22.6)	283(14.9)	
5	1532(14.5)	224(16.5)	543(15.1)	643(17.3)	122(6.4)	

* :BMI, 身体质量指数。

2. 体力活动与久坐时间轨迹

本研究识别出 4 条轨迹。随着时间的推移第 1 组始终保持较低的 ST 和较低的 LPA、MPA、VPA 基线水平, 标记为低 PA 低 ST 组, 占比 13.5%。第 2 组在基线保持高水平 ST(19.5 h/每周) 与 LPA(13.0 h/每周) 和较低的 MPA 与 VPA, 随着时间推移, LPA 水平逐渐增加到 16.6 h/每周, 我们标记为中 PA 高 ST 组, 占比 32.8%。第 3 组在基线时保持高的 MPA (8.2 h/每

周)、VPA(13.5 h/每周)水平、中等 LPA(9.4 h/每周) 与中等水平 ST(14.0 h/每周), 随着时间的推移 MPA 与 VPA 水平分别降至 6.2 h/每周与 8.7 h/每周, 标记为下降 PA 中 ST 组, 占比 34.9%, 比例最大。第 4 组随访开始时保持高水平 LPA(35.3 h/每周)、MPA(5.2 h/每周)、ST(22.7 h/每周) 与低水平 VPA, 随着时间的推移 LPA 略有下降但仍然保持高水平, 为 27.0 h/每周, 标记为高 PA 高 ST 组, 占比 13.8%, 见图 1。

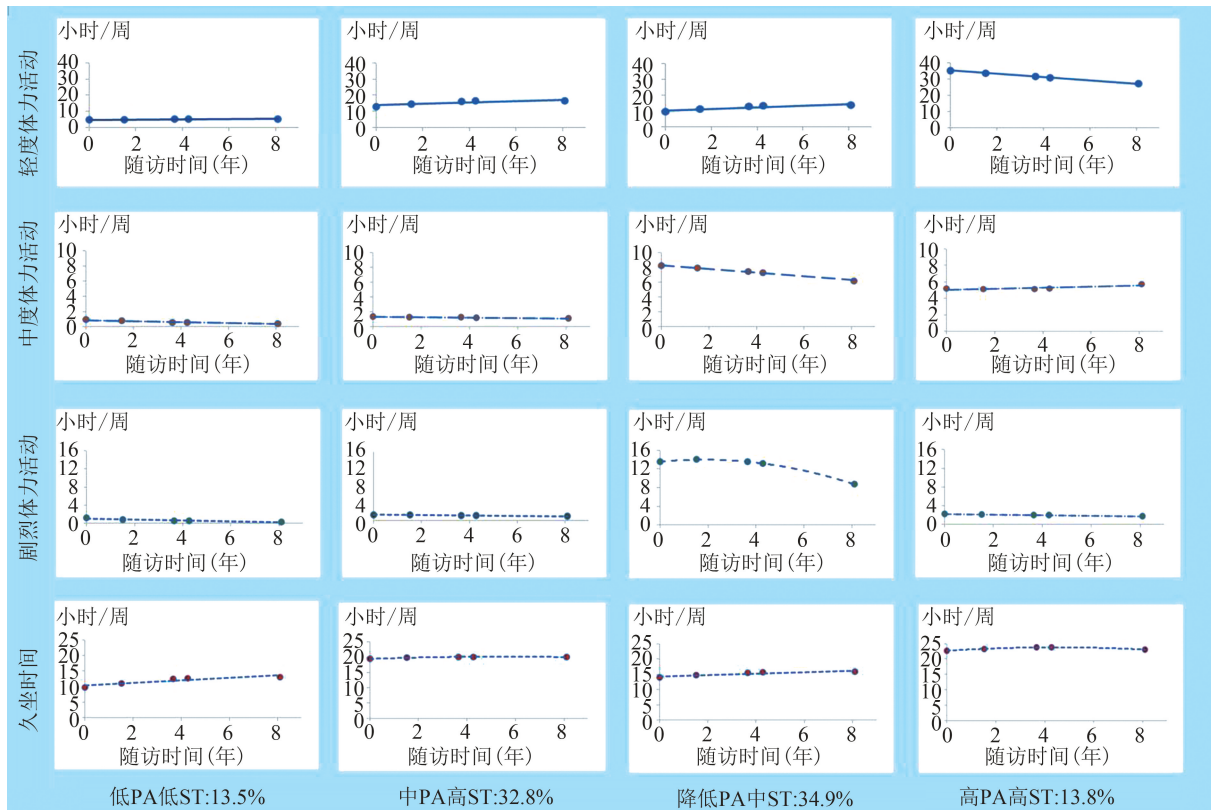


图 1 2004—2015 年中国健康与营养调查成年人体力活动与久坐时间随时间变化轨迹模式

标为“低 PA 低 ST”组比其他三组轨迹, 年龄更大、血压更高、未接受教育程度及吸烟占比更高。标为“中 PA 高 ST”轨迹的更多为女性。标为“下降 PA 中 ST”组中农村居民较多。标为“高 PA 高 ST”组的家

庭收入更高, 饮酒比例更高, 见表 1。

3. 体力活动与久坐时间轨迹与死亡风险的关联

在平均 6.0 年(71379 人年)的随访中, 发生 435 例死亡事件(4.1%), 202 人处于“低 PA 低 ST”模式

(14.8%), 95 人处于“中 PA 高 ST”模式(2.6%), 131 人处于“降低 PA 中 ST”模式(3.5%), 7 人处于“高 PA 高 ST”模式(0.4%)。不同 PA 与 ST 轨迹模式的死亡累积风险见图 2。与“低 PA 低 ST”组相比,在对协变量进行调整后,标记为“中 PA 高 ST”组和“高 PA 高 ST”轨迹组与降低死亡风险显著相关 ($HR = 0.54$, $95\%CI: 0.37 \sim 0.78$, $P = 0.001$; $HR = 0.27$, $95\%CI: 0.11 \sim 0.65$, $P = 0.002$)。标记为“下降 PA 中 ST”组的轨迹组可以降低死亡发生风险,但 HR 无意义 ($HR = 0.82$, $95\%CI: 0.59 \sim 1.16$, $P = 0.257$), 见表 2。敏感性分析中,用 FCS 方法填补协变量缺失后,下降 PA 中 ST 轨迹组与低 PA 低 ST 相比,也可以降低死亡发生风险 ($HR = 0.81$, $95\%CI: 0.76 \sim 0.86$, $P < 0.001$), 其他轨

迹组显示出相同的关联,见表 3。

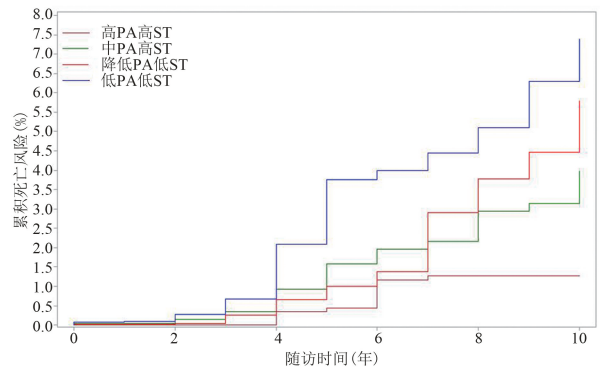


图 2 不同体力活动与久坐时间变化轨迹中死亡事件的累积发生风险

表 2 不同体力活动与久坐时间轨迹与全因死亡率之间的关系

轨迹组	事件/总数	模型一*		模型二**		模型三***	
		HR(95% CI)	P 值	HR(95% CI)	P 值	HR(95% CI)	P 值
低 PA 低 ST	202/1361	参照组		参照组		参照组	
中 PA 高 ST	95/3606	0.20(0.15,0.25)	<0.001	0.48(0.37,0.62)	<0.001	0.54(0.37,0.78)	0.001
降低 PA 中 ST	131/3714	0.21(0.17,0.26)	<0.001	0.78(0.60,1.02)	0.064	0.82(0.59,1.16)	0.257
高 PA 高 ST	7/1895	0.03(0.02,0.07)	<0.001	0.20(0.09,0.42)	<0.001	0.27(0.11,0.65)	0.002

* 模型一:粗模型。 ** 模型二:校正年龄、性别。 *** 模型三:校正年龄、性别、吸烟、饮酒、教育程度、BMI、居住地区、家庭收入、收缩压、舒张压、能量摄入等。

表 3 FCS 法填补协变量缺失后不同体力活动与久坐时间轨迹与全因死亡率之间的关系

轨迹组	事件/总数	HR(95% CI)*	P 值*
低 PA 低 ST	202/1361	参照组	
中 PA 高 ST	95/3606	0.60(0.57,0.64)	<0.001
降低 PA 中 ST	131/3714	0.81(0.76,0.86)	<0.001
高 PA 高 ST	7/1895	0.28(0.24,0.34)	<0.001

*:校正年龄、性别、吸烟、饮酒、教育程度、BMI、居住地区、家庭收入、收缩压、舒张压、能量摄入等。

讨 论

本研究使用多变量组基轨迹模型识别出 4 种不同的体力活动与久坐时间轨迹模式。与长时间保持低 PA 低 ST 的研究者相比,中 PA 高 ST 组与高 PA 高 ST 组显著降低死亡发生风险。降低 PA 中 ST 也可以降低死亡发生风险,但 HR 不显著。

体力活动与久坐行为作为独立因素分别可以促进健康与增加疾病风险已被证实^[15],降低 PA 中 ST 组与低 PA 低 ST 相比,虽然可以降低死亡发生风险但 HR 无统计学意义,原因可能为随时间从中等水平逐渐降低的体力活动对人体健康促进作用较弱,很可能与长时期保持低 PA 水平在死亡风险方面无差异,这与美国的一项研究结果相似,在涉及 1679 名美国的老年人口队列中发现与体力活动稳定者相比,晚年体力活动下降未能降低死亡风险^[16]。此外,也有可能是久坐时间的增加降低了体力活动的健康作用。中 PA 高

ST 组在随访开始时 PA 保持较高体力活动,随着时间的推移 PA 逐渐上升,与降低 PA 中 ST 水平相比拥有更高的久坐时间及低水平的体力活动,但体力活动整体保持稳定趋势,表明长期保持稳定的体力不仅可以显著促进健康,同时可以消除久坐时间增加带来的健康风险。这与来自欧洲的一项研究结果相一致,在 4599 名年龄在 40 到 79 岁的队列研究中发现随着时间的推移,保持中高水平体力活动是死亡率的一个保护因素^[17]。高 PA 高 ST 进一步说明这一点。本研究强调了长时间保持高水平体力活动的健康益处。

采用多变量组基轨迹模型方法,在中国成年人中发现了四种体力活动与久坐时间的轨迹。13.5%的人体力活动处于长期低水平,32.8%的人保持稳定的中等水平体力活动,53.7%的人体力活动水平随着时间推移逐渐下降。久坐时间处于不断的上升趋势。这意味着中国成年人的体力活动呈逐年下降的趋势,久坐时间不断增加,他们将更有可能陷入患糖尿病和高血压等非慢性传染性疾病的风险^[18-19]。本研究发现,长期保持高水平的体力活动可以降低死亡发生风险,同时降低久坐时间增加对健康的不利影响。这一发现强调,从成年早期开始增加体力活动,同时限制体力活动减少和久坐时间的增加,对降低中国成年人死亡风险的重要性。

本研究主要有以下优点。首先,这是首次在该领域进行的研究,人群具有较大的规模,并进行了长达近

11 年的跟踪调查,提供了长期保持较高水平体力活动对健康有益的证据。其次,通过队列研究的设计,本研究能够清楚地表明纵向暴露于体力活动与久坐时间的变化与死亡风险之间的时间序列关联。最后,本研究使用体力活动及久坐时间的轨迹模式,能更好地反应它们的变化趋势对死亡风险的影响。

本研究存在局限性。首先,我们的研究使用问卷调查来收集数据,存在自我报告误差及缺乏对体力活动的细致调查,导致体力活动类型覆盖不全现象。其次,本研究体力活动包括职业、家庭、交通和休闲四种体力活动,不同类型的体力活动对健康可能有着不同程度的影响,特别是对中老年人。我们的研究将各个类型的体力活动对健康的效应视为一致,可能存在一定的误差^[20-21]。但是不同类型体力活动往往同时存在日常生活中,本研究为各类型体力活动对健康综合促进作用提供了证据。此外,虽然随访时期有 11 年,但是包含较少时间点,作为轨迹研究来说相对不足。最后,我们的研究只探讨体力活动与久坐时间轨迹与全因死亡率之间的关系,没有进一步探讨具体的死亡原因,因此体力活动与久坐时间轨迹模式对死亡风险的影响还需要进一步研究。

综上所述,本研究识别出了 4 种我国成年人体力活动与久坐时间轨迹模式,并揭示了长期保持高水平体力活动不仅可以降低死亡风险,而且可以消除久坐时间带来的健康危害,强调了长期保持较高体力活动水平与控制久坐时间增加在降低死亡风险的重要性。

参 考 文 献

- [1] Ekelund U, Tarp J, Steene-Johannessen J, et al. Dose-response associations between accelerometry measured physical activity and sedentary time and all cause mortality: systematic review and harmonised meta-analysis [J]. *BMJ*, 2019, 366: 14570.
- [2] Lee IM, Shiroma EJ, Lobelo F, et al. Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy [J]. *Lancet*, 2012, 380(9838): 219-229.
- [3] 牛严君, 乔玉成. 久坐行为对个体健康影响的研究综述 [J]. *南京体育学院学报*, 2018, 1(1): 45-49.
- [4] 王予童, 刘卉萌, 曹岁霞, 等. 等时替代模型在流行病学研究中的应用 [J]. *中华流行病学杂志*, 2022, 43(11): 1842-1847.
- [5] Zang J, Ng SW. Age, period and cohort effects on adult physical activity levels from 1991 to 2011 in China [J]. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 2016, 13: 40.
- [6] 那晓娜, 朱珠, 陈阳阳, 等. 身体活动、静坐行为的时间分布与肥胖的关系 [J]. *北京大学学报(医学版)*, 2020, 52(3): 486-491.
- [7] Zhao M, Veeranki SP, Magnusson CG, et al. Recommended physical activity and all cause and cause specific mortality in US adults: prospective cohort study [J]. *BMJ*, 2020, 370: m2031.
- [8] Katzmarzyk PT, Ross R, Blair SN, et al. Should we target increased physical activity or less sedentary behavior in the battle against cardiovascular disease risk development? [J]. *Atherosclerosis*, 2020, 311: 107-115.
- [9] Chudasama YV, Khunti KK, Zaccardi F, et al. Physical activity, multimorbidity, and life expectancy: a UK Biobank longitudinal study [J]. *BMC Med*, 2019, 17(1): 108.
- [10] Nagin DS, Jones BL, Passos VL, et al. Group-based multi-trajectory modeling [J]. *Stat Methods Med Res*, 2018, 27(7): 2015-2023.
- [11] Popkin BM, Du S, Zhai F, et al. Cohort Profile: The China Health and Nutrition Survey-monitoring and understanding socio-economic and health change in China, 1989-2011 [J]. *Int J Epidemiol*, 2010, 39(6): 1435-1440.
- [12] Zhang X, Wang Y, Huang F, et al. Multiple trajectories of any intensities of physical activity are better than sustained sedentary time on improving waist circumference and body mass index among Chinese adults: China Health and Nutrition Survey, 2004-2018 [J]. *Nutr Res*, 2022, 107:1-11.
- [13] Patterson R, McNamara E, Tainio M, et al. Sedentary behaviour and risk of all-cause, cardiovascular and cancer mortality, and incident type 2 diabetes: a systematic review and dose response meta-analysis [J]. *Eur J Epidemiol*, 2018, 33(9): 811-829.
- [14] 张晨旭, 谢峰, 林振, 等. 基于组轨迹模型及其研究进展 [J]. *中国卫生统计*, 2020, 37(6): 946-949.
- [15] Wu XY, Han LH, Zhang JH, et al. The influence of physical activity, sedentary behavior on health-related quality of life among the general population of children and adolescents: A systematic review [J]. *PLoS One*, 2017, 12(11): e0187668.
- [16] Sanchez-Sanchez JL, Izquierdo M, Carnicero-Carreño JA, et al. Physical activity trajectories, mortality, hospitalization, and disability in the Toledo Study of Healthy Aging [J]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2020, 11(4): 1007-1017.
- [17] Mok A, Khaw KT, Luben R, et al. Physical activity trajectories and mortality: population based cohort study [J]. *BMJ*, 2019, 365: 12323.
- [18] 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.
- [19] Börjesson M, Onerup A, Lundqvist S, et al. Physical activity and exercise lower blood pressure in individuals with hypertension: narrative review of 27 RCTs [J]. *Br J Sports Med*, 2016, 50(6): 356-361.
- [20] Lee DH, Rezende LFM, Joh HK, et al. Long-Term Leisure-Time Physical Activity Intensity and All-Cause and Cause-Specific Mortality: A Prospective Cohort of US Adults [J]. *Circulation*, 2022, 146(7): 523-534.
- [21] Holtermann A, Schnohr P, Nordestgaard BG, et al. The physical activity paradox in cardiovascular disease and all-cause mortality: the contemporary Copenhagen General Population Study with 104 046 adults [J]. *Eur Heart J*, 2021, 42(15): 1499-1511.

(责任编辑:张悦)