· 健康与社会行为 ·

生活方式氧化平衡评分与阻塞性睡眠呼吸暂停综合征的关联

袁源[1],刘森[1],马璟茹[1],吕晓华[1,2]

1. 四川大学华西公共卫生学院/四川大学华西第四医院,四川 成都 610041;2. 主动健康与食品营养安全四川省重点实验室

摘要:目的　探讨生活方式氧化平衡评分(OBS)与阻塞性睡眠呼吸暂停综合征(OSAS)患病风险之间的关联。为 OSAS 的生活方式干预提供依据。**方法**　基于美国国家健康和营养调查(NHANES)2005—2008 年及 2015—2018 年四个调查周期 20 岁及以上成年人。通过身体活动、体质指数(BMI)、吸烟和饮酒行为计算生活方式 OBS,采用加权 logistic 回归模型分析 生活方式 OBS 与 OSAS 患病风险的关联,并使用限制性立方样条评估剂量-反应关系,同时进行亚组分析。**结果**　共纳入 5 368 人,其中 3 601 人(67.09%)患有 OSAS。加权 logistic 回归分析显示,调整协变量后,生活方式 OBS 升高与 OSAS 患病风险呈显著负相关(OR = 0.801,95% CI: 0.758 ~ 0.847)。将生活方式 OBS 按四分位数分为四组,与 Q1 组相比,生活方式 OBS Q4 组的 OSAS 患病风险降低(OR = 0.383,95% CI: 0.288 ~ 0.510)。限制性立方样条分析显示生活方式 OBS 与 OSAS 患病风险呈线性负向关联($P_{非线性}$ = 0.351)。亚组分析显示,生活方式 OBS 与 OSAS 患病风险的关联在年龄、高血压及心血管疾病亚组中存在显著交互作用,在中青年人群及无高血压、无心血管疾病者中,生活方式 OBS 与 OSAS 的关联更为明显。**结论**　高生活方式 OBS 与 OSAS 患病风险降低相关。

关键词:阻塞性睡眠呼吸暂停综合征;生活方式氧化平衡评分;氧化应激;NHANES

中图分类号:R766　　**文献标志码:**A　　**文章编号:**1003-8507(2026)06-1099-07

DOI:10.20043/j.cnki.MPM.202509078

Association of lifestyle-based oxidative balance score with the risk of obstructive sleep apnea syndrome

YUAN Yuan*, LIU Sen, MA Jing-ru, LV Xiao-hua

** West China School of Public Health and West China Fourth Hospital, Sichuan University, Chengdu, Sichuan* 610041, *China*

Abstract: Objective　To investigate the association between the Lifestyle Oxidative Balance Score (Lifestyle-OBS) and the risk of developing obstructive sleep apnea syndrome (OSAS), and to provide evidence for lifestyle interventions targeting OSAS. **Methods**　Adults aged 20 years and older from four survey cycles of the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 2005-2008 and 2015-2018 were included. Lifestyle-OBS was calculated based on physical activity, body mass index (BMI), smoking, and drinking behaviors. Weighted logistic regression models analyzed the association between lifestyle OBS and OSAS risk, with dose-response relationships assessed using restricted cubic splines. Subgroup analyses were conducted concurrently. **Results**　A total of 5 368 individuals were included, among whom 3 601 (67.09%) had OSAS. Weighted logistic regression analysis revealed that after adjusting for covariates, elevated Lifestyle-OBS was significantly negatively associated with the risk of OSAS (OR = 0.801, 95% CI: 0.758-0.847). When Lifestyle-OBS was divided into four quartiles, the Q4 group had a reduced risk of OSAS compared with the Q1 group (OR = 0.383, 95% CI: 0.288-0.510). Restricted cubic spline analysis revealed a linear negative-response association between Lifestyle-OBS and OSAS risk ($P_{for\ nonlinearity}$ = 0.351). Subgroup analysis revealed significant interactions between Lifestyle-OBS and OSAS risk in age, hypertension, and cardiovascular disease subgroups. The association between Lifestyle-OBS and OSAS was stronger in younger and middle-aged individuals without hypertension or cardiovascular disease. **Conclusion**　Higher Lifestyle-OBS is associated with a reduced risk of OSAS.

Keywords: Obstructive sleep apnea syndrome; Lifestyle oxidative balance score; Oxidative stress; NHANES

阻塞性睡眠呼吸暂停综合征(obstructive sleep apnea syndrome, OSAS)是一种常见的慢性呼吸障碍性疾病,其特征为睡眠期间上气道反复塌陷、呼吸暂停与低通气。全球约有 9 亿人受到 OSAS 影响,且患病率呈持续上升趋势[1]。OSAS 不仅可导致日间嗜

作者简介:袁源(2000—),男,硕士在读,研究方向:营养与食品卫生学

通信作者:吕晓华,E-mail: luxiaohua@scu.edu.cn

睡、注意力不集中、记忆力减退等问题，还显著增加高血压、2 型糖尿病、心脑血管疾病等多种慢性病的发病风险[2-4]，对公众健康造成严重威胁。氧化应激在 OSAS 的发生与进展中发挥关键作用，反复的间断性低氧状态可促使机体产生大量活性氧（reactive oxygen species, ROS），诱发系统性氧化损伤与炎症反应，进而损害血管内皮功能，促进代谢紊乱与神经功能障碍[5]。

研究表明，吸烟、饮酒、缺乏体力活动、超重或肥胖等不良生活方式不仅是氧化应激的重要驱动因素，而且与 OSAS 发病风险密切相关[6-7]。Mou JS 等人的研究指出，生活方式越不健康，阻塞性睡眠呼吸暂停风险越高，且存在累积性效应[8]。然而，生活行为对机体氧化状态与睡眠障碍的影响常具有复杂的交互作用，单独分析某一生活行为变量往往难以揭示该变量与 OSAS 之间的整体关联[9]。为系统评估个体氧化应激暴露水平，近年来有学者提出“氧化平衡评分”（oxidative balance score, OBS），并应用于多种慢性病风险研究[10]。然而，现有研究对生活方式相关氧化应激暴露的系统评估仍显不足。基于 OBS 理论框架，本文采用生活方式氧化平衡评分（生活方式 OBS），探讨其与 OSAS 患病风险之间的关联，为 OSAS 的生活方式干预提供依据。

1 对象与方法

1.1 *数据来源* 选取（National Health and Nutrition Examination Survey, NHANES）2005—2008 年和 2015—2018 年共四个调查周期的数据。纳入标准：年龄≥20 岁；排除标准：缺失关键人口学数据，如体质指数（body mass index, BMI）、贫困收入比（poverty income ratio, PIR）；缺乏饮酒史数据；缺乏糖尿病、高血压，心血管疾病等疾病史数据；缺乏 OSAS 诊断数据。最终纳入 5 368 名研究对象，研究对象筛选流程见图 1。

1.2 *结局指标* OSAS，诊断标准：（1）打鼾的频率：每周至少打鼾 3 次为阳性。（2）“打一次喷嚏、喘气或停止呼吸一次”的频率：每周至少有 3 个晚上出现打鼾、喘气或呼吸停止为阳性。（3）日间感到倦怠的频率：工作日睡眠至少 7h/d 的情况下，每月仍有 16 ~ 30 次白天感到疲倦为阳性。以上三种情形中有一个阳性症状，即诊断为 OSAS[11]。在本文中 OSAS 为二分类变量，患病为 1，未患病为 0。

1.3 *生活方式 OBS 的定义与计算* OBS 是一种综合评估膳食与生活方式因素对个体氧化应激影响的指标，综合考虑 16 种膳食营养素和 4 种生活方式因素，包括 5 种促氧化剂和 15 种抗氧化剂[12]。本文采用生活方式 OBS 评估生活方式相关的氧化应激暴露水平。生活方式 OBS 包含身体活动、BMI、吸烟和饮酒四个生活方式因素。

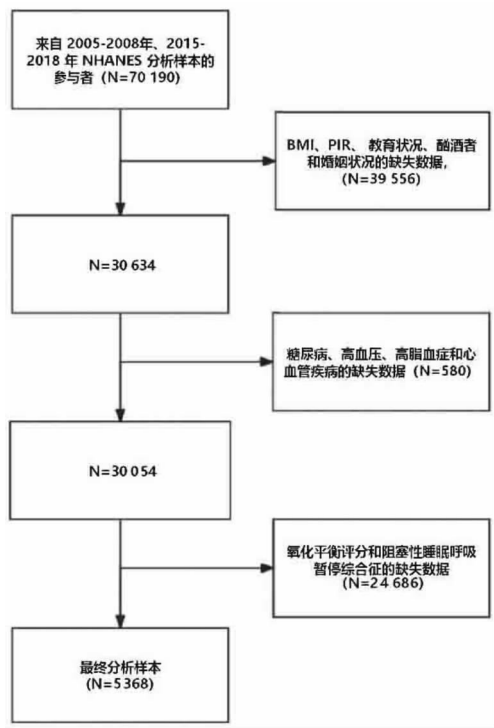


图 1 研究对象筛选流程

Fig. 1 Flow chart of the study population screening

身体活动水平通过 NHANES 身体活动问卷进行量化，根据活动类型、频率和持续时间，折算为代谢当量（MET - min/wk）；BMI = 体重（kg）/身高^2（m^2）；饮酒量采用过去 12 个月的平均每日饮酒量；吸烟状况通过血浆可替宁浓度进行评估[13]。

在生活方式 OBS 评分体系中，身体活动为抗氧化因素，BMI、饮酒和吸烟作为促氧化因素。各因素按性别采用三分位数赋值，具体赋值标准见表 1。各项得分相加即为生活方式 OBS 总分，得分越高表示生活方式的氧化平衡状态越有利。

1.4 *协变量* 将年龄、性别、种族、教育水平、PIR、婚姻状况、高血压（血压连续三次高于 140/90 mmHg 或曾被告知患有高血压或用过降压药）、糖尿病（曾被告知患糖尿病或用过降糖药）和高脂血症（甘油三酯≥1.70 mmol/L，或总胆固醇≥5.18 mmol/L、低密度脂蛋白胆固醇≥3.37 mmol/L，男性高密度脂蛋白胆固醇<1.04 mmol/L，女性高密度脂蛋白胆固醇<1.30 mmol/L）和心血管疾病（包括心力衰竭、冠心病、心绞痛、心肌梗塞或中风，患者自报其中之一）作为协变量，高血压、糖尿病、高脂血症和心血管疾病的诊断通过实验室检查、药物使用和自我报告来判定。OBS 定

义中已包含吸烟、饮酒、BMI 和身体活动等数据,故不　作为协变量[14-15]。

表 1　生活方式 OBS 赋值标准

Table 1　Lifestyle – OBS scoring scheme

OBS 组成	属性	男性			女性		
		0	1	2	0	1	2
身体活动(MET-min/wk)	抗氧化	<1 800.00	1 800.00 ~ 5 070.00	≥5 070.00	<960.00	960.00 ~ 3 060.00	≥3 060.00
酒精(标准杯/d)	促氧化	≥2	<2	≤12 标准杯/年	≥1	<1	≤12 标准杯/年
BMI(kg/m^2)	促氧化	≥30.40	25.80 ~ 30.40	<25.80	≥30.41	25.00 ~ 30.41	<25.00
可替宁(ng/ml)	促氧化	≥0.097	0.026 ~ 0.097	<0.026	≥0.056	0.023 ~ 0.056	<0.023

注:1 标准杯含约 14 g 乙醇。

1.5　*数据统计分析*　因各变量数据采集自移动检查中心,故分析采用相应加权数据(权重为 *WTMEC2YR/4*)。连续变量以加权 $\bar{x} \pm s$ 表示,分类变量以加权比例 n(%)表示。采用加权 t 检验和卡方检验比较差异,使用加权 logistic 回归模型分析生活方式 OBS 与 OSAS 的关联。进行亚组分析及限制性立方样条(restricted cubic spline, RCS)建模(设 3 个节点)以探索非线性趋势[16]。所有分析采用 R 4.4.0,检验水准 $\alpha = 0.05$。

2　结　果

2.1　*研究对象的基本特征*　共纳入 5 368 名研究对象,OSAS 患病率为 67.09%。如表 2 所示,与非 OSAS 组相比,OSAS 组在年龄、性别、教育水平、BMI、婚姻状况、饮酒、吸烟、生活方式 OBS 及相关慢病(高血压、高脂血症、糖尿病、心血管疾病)方面均存在统计学差异($P < 0.05$)。

表 2　研究对象的基本情况

Table 2　General baseline characteristics of participants

项目	总计	非 OSAS	OSAS	P 值
总人数[(%)]	5 368(100)	1 767(32.91)	3 601(67.09)	
年龄(岁,$\bar{x} \pm s$)	47.50 ± 0.43	49.12 ± 0.50	46.71 ± 0.48	<0.001
性别[n(%)]				<0.001
女性	2 735(50.95)	797(45.13)	1 936(53.77)	
男性	2 633(49.05)	970(54.87)	1 665(46.23)	
种族/族裔[n(%)]				0.970
墨西哥裔美国人	389(7.24)	131(7.39)	258(7.16)	
非西班牙裔黑人	532(9.91)	178(10.06)	354(9.83)	
非西班牙裔白人	3 835(71.45)	1 258(71.17)	2 578(71.58)	
其他种族	612(11.41)	200(11.38)	411(11.43)	
教育水平[n(%)]				<0.001
<高中	690(12.86)	261(14.76)	430(11.93)	
=高中	1 332(24.82)	498(28.17)	835(23.19)	
>高中	3 346(62.33)	1 008(57.07)	2 336(64.88)	
PIR[n(%)]				0.120
<1	569(10.60)	181(10.26)	406(11.28)	
1 ~ <3.5	2 282(42.51)	735(41.55)	1 602(44.49)	
≥3.5	2 517(46.89)	851(48.18)	1 593(44.23)	
BMI [kg/m^2,n(%)]				<0.001
<25	1 622(30.21)	641(36.26)	639(17.74)	
25 ~ <30	1 729(32.21)	584(33.05)	1 098(30.48)	
≥30	2 017(37.57)	542(30.69)	1 864(51.78)	
婚姻状况 n(%)]				0.004
离婚	513(9.56)	168(9.52)	345(9.58)	
与伴侣同住	471(8.78)	152(8.60)	319(8.87)	
已婚	3 213(59.86)	1 124(63.63)	2 090(58.03)	
从未结婚	830(15.47)	209(11.81)	621(17.24)	

（续表）

项目	总计	非 OSAS	OSAS	*P* 值
分居	110(2.05)	41(2.31)	69(1.93)	
丧偶	230(4.28)	73(4.13)	157(4.35)	
饮酒[*n*(%)]				0.010
曾经	648(12.07)	242(13.70)	406(11.29)	
酗酒	1 022(19.04)	370(20.91)	653(18.13)	
轻微	2 153(40.10)	703(39.79)	1 449(40.24)	
中等	1 002(18.66)	316(17.91)	685(19.02)	
从不	544(10.13)	136(7.69)	408(11.32)	
吸烟[*n*(%)]				<0.001
曾经	1 434(26.71)	482(27.28)	952(26.44)	
从不	2 906(54.14)	858(48.57)	2 046(56.83)	
现在	1 028(19.15)	427(24.15)	603(16.73)	
高血压[*n*(%)]				<0.001
无	3 392(63.18)	942(53.33)	2 447(67.96)	
有	1 976(36.82)	825(46.67)	1 154(32.04)	
高脂血症[*n*(%)]				<0.001
无	1 609(29.98)	417(23.58)	1 191(33.08)	
有	3 759(70.02)	1 350(76.42)	2 410(66.92)	
心血管疾病[*n*(%)]				<0.001
无	4 920(91.65)	1 582(89.53)	3 337(92.68)	
有	448(8.35)	185(10.47)	264(7.32)	
糖尿病[*n*(%)]				<0.001
有	540(10.06)	249(14.11)	291(8.09)	
无	4 828(89.94)	1 518(85.89)	3 310(91.91)	
生活方式 OBS($\bar{x} \pm s$)	4.04 ± 0.04	3.61 ± 0.05	4.24 ± 0.05	<0.001

2.2 生活方式 OBS 与 OSAS 患病风险的关联 如表 3 所示，当生活方式 OBS 作为连续变量纳入模型时，其与 OSAS 患病风险呈显著负相关。在完全校正协变量后，生活方式 OBS 每增加 1 分，OSAS 的患病风险降低 19.9%（模型 3：*OR* = 0.801，95% *CI*：0.758 ~ 0.847）。

进一步将生活方式 OBS 按四分位数划分为 Q1（0 ~ 3 分）、Q2（3 ~ 4 分）、Q3（4 ~ 5 分）和 Q4（5 ~ 8 分）四个等级，并以 Q1 组作为参照。加权 logistic 回归结果显示，与 Q1 组相比，Q2、Q3 和 Q4 组均与 OSAS 患病风险降低相关，其中 Q4 组的 OSAS 患病风险最低（*OR* = 0.383，95% *CI*：0.288 ~ 0.510）。趋势检验结果表明，OSAS 的患病风险随着 生活方式 OBS 水平的升高而逐步下降（$P_{趋势}$ < 0.001）。

表 3 生活方式 OBS 与 OSAS 患病风险关联的加权 logistic 回归模型

Table 3 Weighted logistic regression models for the association between Lifestyle – OBS and the prevalence of OSAS

项目	模型 1		模型 2		模型 3	
	OR(95% *CI*)	*P* 值	*OR*(95% *CI*)	*P* 值	*OR*(95% *CI*)	*P* 值
生活方式 OBS	0.763(0.728 ~ 0.800)	<0.001	0.758(0.722 ~ 0.797)	<0.001	0.801(0.758 ~ 0.847)	<0.001
Q1	参照		参照		参照	
Q2	0.579(0.480 ~ 0.699)	<0.001	0.570(0.467 ~ 0.696)	<0.001	0.619(0.502 ~ 0.762)	<0.001
Q3	0.588(0.488 ~ 0.709)	<0.001	0.573(0.476 ~ 0.691)	<0.001	0.643(0.520 ~ 0.794)	<0.001
Q4	0.291(0.227 ~ 0.374)	<0.001	0.288(0.221 ~ 0.375)	<0.001	0.383(0.288 ~ 0.510)	<0.001
$P_{趋势}$		<0.001		<0.001		<0.001

注：模型 1 没有调整任何协变量；模型 2 调整了年龄、性别和种族；模型 3 调整了所有协变量。

2.3 生活方式 OBS 与 OSAS 患病风险的亚组分析 亚组分层因素包括年龄、性别、种族、BMI、高血压、高血脂、糖尿病和心血管疾病具体见图 2。结果显示，在年龄、高血压及心血管疾病亚组中，发现了显著的交互作用，交互作用 *P* 值分别为 0.011、0.020 和 0.036。

进一步分析显示，20 ~ 39 岁和 40 ~ 59 岁研究对象中，二者关系显著（*P* < 0.001），而在≥60 岁研究对象中不显著（*P* = 0.075）。在高血压组，有高血压的研究对象患 OSAS 的 *OR* = 1.103（*P* = 0.018），而无高血压的研究对象患 OSAS 的 *OR* = 1.285（*P* < 0.001）。在心血管疾病组，无心血管疾病的研究对象患 OSAS

的 $OR = 1.229$（$P < 0.001$）。

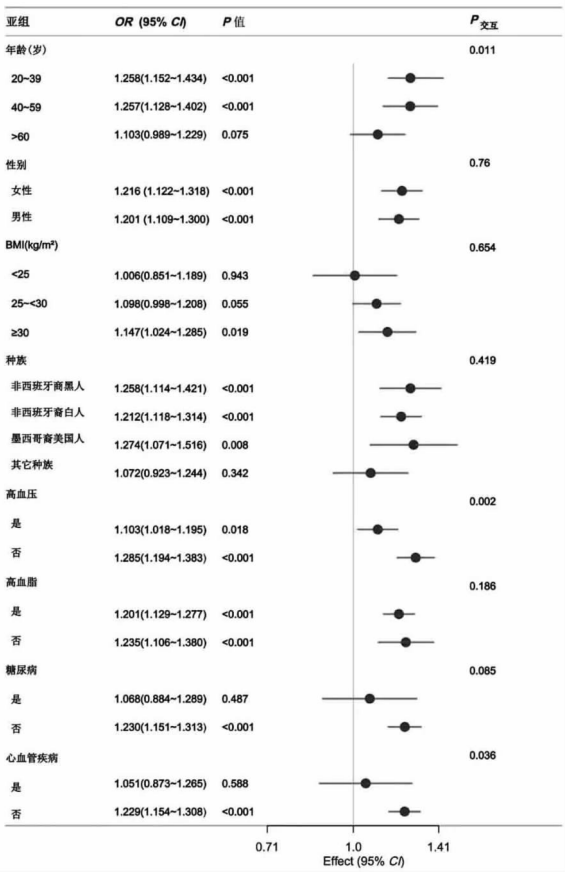


图 2　生活方式 OBS 与 OSAS 患病风险的亚组分析

Fig. 2　Subgroup analysis of Lifestyle – OBS and risk of OSAS prevalence

2.4　*生活方式 OBS 与 OSAS 患病风险的剂量 – 反应关系*　限制性立方样条分析显示，在调整多个协变量后，生活方式 OBS 与 OSAS 患病风险之间存在线性负向剂量 – 反应关联（$P_{总体} < 0.001$），未发现二者存在非线性关联（$P_{非线性} = 0.351$）。随着生活方式 OBS 升高，OSAS 的患病风险呈持续下降趋势，且该关系在整个评分范围内均较为平稳一致具体见图 3。

3　讨　论

本文基于 NHANES 数据，探讨了生活方式 OBS 与 OSAS 患病风险的关联。在 5 368 名研究对象中，67.09% 患有 OSAS，这与现有 OSAS 流行病学研究一致。生活方式 OBS 与 OSAS 患病风险显著负相关，表明健康的生活方式（如不吸烟、适度饮酒、规律运动、维持理想体重）可有效降低 OSAS 风险。

吸烟、饮酒、肥胖和缺乏运动等生活方式因素通过促进氧化应激和加剧炎症反应显著增加 OSAS 患病风险。吸烟会显著增加 ROS 的生成，降低抗氧化能力，从而加剧氧化应激[17]。研究显示，吸烟者的

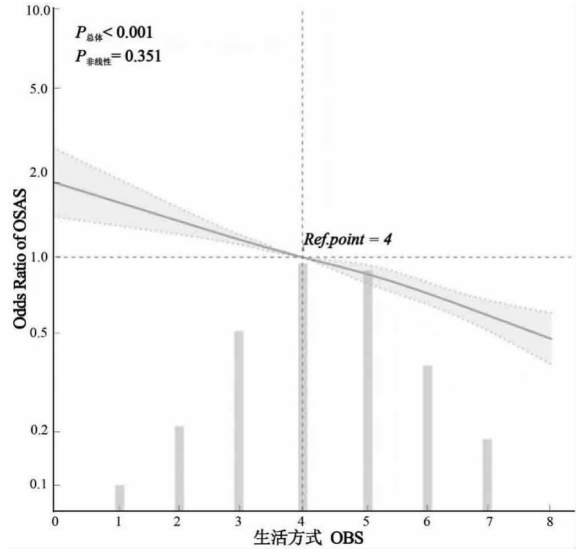


图 3　生活方式 OBS 与 OSAS 患病风险的剂量 – 反应关系

Fig. 3　Dose – response association between Lifestyle – OBS and risk of OSAS development

OSAS 风险明显高于非吸烟者，且吸烟者的氧化应激水平与 OSAS 的严重程度正相关[18]。饮酒则通过放松上呼吸道肌肉、增加气道塌陷的风险，加剧 OSAS 的病理过程。此外，酒精代谢过程中会产生 ROS，进一步加重氧化应激[19-20]。肥胖通过释放促炎性细胞因子导致全身炎症和氧化应激，且与高血压、心血管疾病密切相关，这些因素共同作用进一步加重 OSAS[21-22]。缺乏运动不仅会降低抗氧化能力，还会增加肥胖和心血管疾病的风险，间接加剧 OSAS 的症状[23]。本研究将上述多种生活方式因素整合为生活方式 OBS，从整体水平评估生活方式相关的氧化应激暴露，有助于更全面地反映其与 OSAS 风险之间的关联。亚组分析提示，生活方式 OBS 与 OSAS 患病风险的关系在年龄、高血压及心血管疾病亚组中存在显著交互作用，在老年人及合并心血管疾病或高血压的人群中，其关联强度减弱甚至不显著。这种差异可能源于上述人群中普遍存在的抗氧化能力下降与氧化应激水平升高[24]，叠加多种基础疾病导致的上气道结构退化与神经肌肉功能减弱，使 OSAS 的发生发展更依赖于不可逆的病理过程，从而削弱生活方式因素的相对作用[25]。此外，高血压与 OSAS 的双向因果关系以及心血管疾病的长期炎症与血流动力学负担，均可能进一步放大氧化应激反应，掩盖生活方式 OBS 对风险的独立贡献[26-27]。

随着 OSAS 患病率的上升，尤其是在肥胖、吸烟等生活方式因素的影响下，开展有效的生活方式干预已成为控制 OSAS 及其他慢性病的关键措施之一。“健康中国 2030”战略明确提出，推动全民健康管理，

加强慢性病防控。基于本研究结果,将生活方式 OBS 作为生活行为干预工具,应用于人群筛查和健康管理中,能够帮助早期识别高风险个体,为公共卫生干预策略提供实用依据。

本文的优势在于使用了具有全国代表性的 NHANES 数据,并聚焦于生活方式维度,系统评估其与 OSAS 风险的关系。然而,本研究为横断面设计,无法推断因果关系;部分生活方式变量来源于自报信息,且体力活动具有双向作用,过量的体力活动会产生氧化作用[28],暴露测量仍存在一定局限。未来仍需通过前瞻性队列研究进一步验证生活方式 OBS 在 OSAS 防控中的应用价值。

综上所述,较高的生活方式 OBS 与 OSAS 患病风险降低相关,提示维持健康生活方式可能有助于降低 OSAS 风险,为 OSAS 的生活方式干预提供了流行病学依据。

利益冲突声明 本研究不存在任何利益冲突

参考文献

[1] Lv RJ, Liu XY, Zhang Y, et al. Pathophysiological mechanisms and therapeutic approaches in obstructive sleep apnea syndrome [J]. Signal Transduct Target Ther, 2023, 8(1): 218.

[2] Hayano J, Yasuma F, Noda A. Blood pressure regulation and hypertension in obstructive sleep apnea syndrome: a historical perspective[J]. Internal Medicine (Tokyo, Japan), 2024, 63(23): 3131-3136.

[3] Ding S, Zhang PH, Wang L, et al. Prevalence of obstructive sleep apnea syndrome in hospitalized patients with type 2 diabetes in Beijing, China[J]. Journal of Diabetes Investigation, 2022, 13(11): 1889-1896.

[4] Javaheri S, Javaheri S, Somers VK, et al. Interactions of obstructive sleep apnea with the pathophysiology of cardiovascular disease, part 1: JACC State-of-the-Art review[J]. Journal of the American College of Cardiology, 2024, 84(13): 1208-1223.

[5] Zhang XP, Zhou HY, Liu HJ, et al. Role of oxidative stress in the occurrence and development of cognitive dysfunction in patients with obstructive sleep apnea syndrome [J]. Molecular Neurobiology, 2024, 61(8): 5083-5101.

[6] Zhou YW, Li HG, Xia N. The interplay between adipose tissue and vasculature: role of oxidative stress in obesity [J]. Front Cardiovasc Med, 2021, 8: 650214.

[7] Wang J, Yang S, Li X, et al. Association of healthy lifestyle with risk of obstructive sleep apnea: a cross-sectional study[J]. BMC Pulmonary Medicine, 2021, 21(1): 356.

[8] Mou JS, Zhou HS, Huang SY, et al. The impact of comprehensive healthy lifestyles on obstructive sleep apnea and the mediating role of BMI: insights from NHANES 2005-2008 and 2015-2018[J]. BMC Pulmonary Medicine, 2024, 24(1): 601.

[9] Guzman-Carrasco A, Kapravelou G, Lopez-Jurado M, et al. A novel plant-based nutraceutical combined with exercise can revert oxidative status in plasma and liver in a diet-induced-obesity animal model[J]. Antioxidants, 2024, 13(3): 274.

[10] Wang ZZ, Xu Q, Zhang YH, et al. Oxidative balance score is associated with increased risk of sarcopenia and sarcopenic obesity in non-elderly adults: results from NHANES 2011-2018[J]. Nutrition & Metabolism, 2025, 22(1): 23.

[11] American Academy of Sleep Medicine Task Force. Sleep-related breathing disorders in adults: recommendations for syndrome definition and measurement techniques in clinical research[J]. Sleep, 1999, 22(5): 667-689.

[12] Hernández-Ruiz Á, García-Villanova B, Guerra-Hernández E, et al. A review of a priori defined oxidative balance scores relative to their components and impact on health outcomes[J]. Nutrients, 2019, 11(4): 774.

[13] Tian XY, Xue BD, Wang B, et al. Physical activity reduces the role of blood Cadmium on depression: A cross-sectional analysis with NHANES data[J]. Environmental Pollution, 2022, 304: 119211.

[14] Lei X, Xu ZX, Chen WW. Association of oxidative balance score with sleep quality: NHANES 2007-2014[J]. Journal of Affective Disorders, 2023, 339: 435-442.

[15] Chen C, Huang W, Hu J, et al. Joint association of sleep patterns and oxidative balance score with all-cause and cardiovascular mortality among the general population[J]. Front Nutr, 2025, 12: 1521123.

[16] Lopez-Ayala P, Riley RD, Collins GS, et al. Dealing with continuous variables and modelling non-linear associations in healthcare data: practical guide[J]. BMJ (Clinical Research ed.), 2025, 390: e082440.

[17] Distefano A, Orlando L, Partsinevelos K, et al. Comparative evaluation of cigarette smoke and a heated tobacco product on microglial toxicity, oxidative stress and inflammatory response[J]. Journal of Translational Medicine, 2024, 22(1): 876.

[18] Zeng AN, Ren YY, Wu K, et al. Association between smoking behavior and obstructive sleep apnea: a systematic review and Meta-Analysis[J]. Nicotine & Tobacco Research, 2023, 25(3): 364-371.

[19] Kumari N, Bansal Y, Bansal G. Roles of oxidative stress and autophagy in alcohol-mediated neurotoxicity: recent updates[J]. Antioxidants, 2025, 14(3): 302.

[20] Kendzerska T, Leung RS, Hawker G, et al. Association between alcohol use disorder and risk of obstructive sleep apnea[J]. Sleep Medicine, 2024, 33(4): e14128.

[21] Bonsignore MR, McNicholas WT, Montserrat JM, et al. Metabolic alterations and systemic inflammation in overweight or obese children with obstructive sleep apnea[J]. PLOS One, 2021, 16(6): e0252353.

[22] Cojocaru KA, Luchian I, Goriuc A, et al. Mitochondrial dysfunction, oxidative stress, and therapeutic strategies in diabetes, obesity, and cardiovascular disease[J]. Antioxidants, 2023, 12(3): 658.

[23] Onagbiye S, Guddemi A, Baruwa OJ, et al. Association of sedentary time with risk of cardiovascular diseases and cardiovascular mortality: A systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies[J]. Preventive Medicine, 2024, 179: 107812.

[24] Zhou LL, Gu W, Jiang YF, et al. Age-stratified analysis of the

BMI – kidney stone relationship: findings from a National cross – sectional study[J]. Front Med (Lausanne), 2025, 12: 1513799.

[25] Martinot JB, Le – Dong NN, Malhotra A, et al. Respiratory effort during sleep and prevalent hypertension in obstructive sleep apnoea [J]. European Respiratory Journal, 2023, 61(3): 2201486.

[26] Forman HJ, Zhang HQ. Targeting oxidative stress in disease: promise and limitations of antioxidant therapy[J]. Nature Reviews Drug Discovery, 2021, 20(9): 689 – 709.

[27] Wróbel – Nowicka K, Wojciechowska C, Jache ć W, et al. The role of oxidative stress and inflammatory parameters in heart failure [J]. Medicina (Kaunas, Lithuania), 2024, 60(5): 760.

[28] Meng Q, Su CH. The impact of physical exercise on oxidative and nitrosative stress: balancing the benefits and risks [J]. Antioxidants, 2024, 13(5): 573.

收稿日期:2025-09-04

(上接第 1093 页)

[2] 张瑞芹,孙俊俊,聂丽,等. 基于健康生态学模型的农村慢性病共病老年人社会隔离影响因素[J]. 护理研究,2025,39(7): 1084 – 1093.
Zhang RQ, Sun JJ, Nie L, et al. Influencing factors analysis of social isolation in rural elderly with chronic disease comorbidity based on health ecology model[J]. Chinese Nursing Research, 2025, 39(7): 1084 – 1093. (In Chinese)

[3] 刘春梅,刘安诺,刘梦晨. 老年人代际支持及抑郁对其社会隔离的影响[J]. 护理研究,2025,39(8):1267 – 1271.
Liu CM, Liu AN, Liu MC. Effects of intergenerational support and depression on social isolation in the elderly[J]. Chinese Nursing Research, 2025, 39(8): 1267 – 1271. (In Chinese)

[4] 刘奕彤,王亚南,田广玉,等. 老年人的社会隔离与健康相关生命质量的关联及中介效应分析[J]. 现代预防医学,2024,51(21):3848 – 3853.
Liu YT, Wang YN, Tian GY, et al. Analysis on the association between social isolation and health – related quality of Life and mediating effects [J]. Modern Preventive Medicine, 2024, 51(21): 3848 – 3853. (In Chinese)

[5] 孙玉云,辛海霞. 中国老年人社会隔离对认知衰弱患病风险的影响[J]. 现代预防医学,2023,50(20):3779 – 3784.
Sun YY, Xin HX. Effects of social isolation on the prevalence risk of cognitive frailty among Chinese older People [J]. Modern Preventive Medicine, 2023, 50(20): 3779 – 3784. (In Chinese)

[6] Mehrabi F, Pomeroy ML, Cudjoe TKM, et al. The temporal sequence and reciprocal relationships of frailty, social isolation and loneliness in older adults across 21 years[J]. Age and Ageing, 2024, 53(10): afae215.

[7] Yue X, Yuan Q, Zhou R, et al. Social isolation, healthy lifestyle, and intrinsic capacity among older adults in China: A longitudinal study[J]. Journal of Nutrition Health & Aging, 2025, 29(8): 100583.

[8] Luo FP, Guo LZ, Thapa A, et al. Social isolation and depression onset among middle – aged and older adults in China: Moderating effects of education and gender differences[J]. Journal of Affective Disorders, 2021, 283: 71 – 76.

[9] Lin L, Cao B, Chen WQ, et al. Association of adverse childhood experiences and social isolation with Later – Life cognitive function among adults in China[J]. JAMA Netw Open, 2022, 5(11): e2241714.

[10] Searle SD, Mitnitski A, Gahbauer EA, et al. A standard procedure for creating a frailty index[J]. BMC Geriatrics, 2008, 8(1): 24.

[11] Rockwood K, Mitnitski A. Frailty in relation to the accumulation of deficits[J]. The Journals of Gerontology. Series a, Biological Sciences and Medical Sciences, 2007, 62(7): 722 – 727.

[12] Fan JN, Yu CQ, Guo Y, et al. Frailty index and all – cause and cause – specific mortality in Chinese adults: a prospective cohort study[J]. Lancet Public Health, 2020, 5(12): e650 – e660.

[13] Gale CR, Westbury L, Cooper C. Social isolation and loneliness as risk factors for the progression of frailty: the English Longitudinal Study of Ageing[J]. Age and Ageing, 2018, 47(3): 392 – 397.

[14] Jang AR, Sagong HE, Yoon JY. Frailty trajectory among community – dwelling middle – aged and older adults in Korea: evidence from the Korean Longitudinal Study of Aging[J]. BMC Geriatrics, 2022, 22(1): 524.

[15] Nagin DS, Jones BL, Passos VL, et al. Group – based multi – trajectory modeling[J]. Statistical Methods in Medical Research, 2018, 27(7): 2015 – 2023.

[16] Nagin DS, Odgers CL. Group – based trajectory modeling in clinical research[J]. Annual Review of Clinical Psychology, 2010, 6: 109 – 138.

[17] Watson C, Geifman N, Renehan AG. Latent class trajectory modelling: impact of changes in model specification[J]. American Journal of Translational Research, 2022, 14(10): 7593 – 7606.

[18] Van der nest G, Lima Passos V, Candel MJJM, et al. An overview of mixture modelling for latent evolutions in longitudinal data: Modelling approaches, fit statistics and software[J]. Advances in Life Course Research, 2020, 43: 100323.

[19] Hanlon P, Wightman H, Politis M, et al. The relationship between frailty and social vulnerability: a systematic review [J]. Lancet Healthy Longev, 2024, 5(3): e214 – e226.

[20] Zhang F, Liu C, Bai Y, et al. Change in social isolation and risk of frailty among older adults: results from two prospective cohorts [J]. Experimental Gerontology, 2025, 209: 112863.

[21] Gu S, Liu SL. A serial mediation model of physical exercise and loneliness: the role of frailty and depression[J]. BMC Geriatrics, 2025, 25(1): 350.

[22] Zilioli S, Jiang YP. Endocrine and immunomodulatory effects of social isolation and loneliness across adulthood [J]. Psychoneuroendocrinology, 2021, 128: 105194.

[23] Matthews T, Rasmussen LJH, Ambler A, et al. Social isolation, loneliness, and inflammation: a multi – cohort investigation in early and mid – adulthood[J]. Brain Behavior and Immunity, 2024, 115: 727 – 736.

[24] 刘翊珺,赵哲,姜勤勤,等. 我国老年人社会隔离、孤独感与吸烟行为的关联性研究[J]. 现代预防医学,2024,51(14):2587 – 2592, 2641.
Liu YJ, Zhao Z, Jiang QQ, et al. The association between social isolation, loneliness and smoking behavior among the elderly adults in China[J]. Modern Preventive Medicine, 2024, 51(14): 2587 – 2592, 2641. (In Chinese)

收稿日期:2025-09-22