

本文引用: 苏永蕊, 李虹. 阻塞性睡眠呼吸暂停综合征患者合并血脂异常的危险因素及预测模型研究[J]. 中国动脉硬化杂志, 2026, 34(2): 137-144. DOI: 10.20039/j.cnki.1007-3949.2026.02.006.

[文章编号] 1007-3949(2026)34-02-0137-08

· 临床研究 ·

阻塞性睡眠呼吸暂停综合征患者合并血脂异常的危险因素及预测模型研究

苏永蕊, 李虹

山西医科大学第二医院心血管内科, 山西省太原市 030000

[摘要] **[目的]** 探讨阻塞性睡眠呼吸暂停综合征(OSAS)患者合并血脂异常的潜在及独立危险因素,构建可用于临床预测的风险模型,以期通过识别和干预可控因素,降低血脂异常及其相关心血管事件的发生风险。**[方法]** 回顾性纳入自2022年1月至2023年3月于山西医科大学第二医院行多导睡眠监测并诊断为OSAS的患者共181例,其中单纯OSAS患者76例,OSAS合并血脂异常患者105例,收集患者的一般资料、生物化学指标、多导睡眠监测指标,并采用Spearman相关分析、单因素和多因素Logistic回归模型分析OSAS患者合并血脂异常的独立危险因素。**[结果]** 与单纯OSAS组相比,OSAS合并血脂异常组患者的年龄偏低,体重指数(BMI)、单核细胞计数/高密度脂蛋白胆固醇比值(MHR)、甘油三酯/高密度脂蛋白胆固醇比值(TG/HDL)、低密度脂蛋白胆固醇/高密度脂蛋白胆固醇比值(LDL/HDL)、甘油三酯葡萄糖指数(TyG)更高($P < 0.05$),而高密度脂蛋白胆固醇(HDL)、非快速眼动2期水平显著降低。Spearman相关分析显示,甘油三酯(TG)水平、TG/HDL与呼吸暂停低通气指数(AHI)正相关($r = 0.205, P = 0.006; r = 0.210, P = 0.005$);HDL水平与AHI负相关($r = -0.169, P = 0.024$),且与非快速眼动2期正相关($r = 0.156, P = 0.038$)。多因素Logistic回归分析显示,TG/HDL和MHR的增高是OSAS合并血脂异常的独立危险因素及预测指标($P < 0.05$)。**[结论]** 高TG/HDL和高MHR是OSAS合并血脂异常的独立危险因素及预测指标,预测效果较强,对OSAS患者冠心病早期预防具有重要意义。

[关键词] 睡眠呼吸暂停综合征; 血脂异常; 甘油三酯/高密度脂蛋白胆固醇比值; 单核细胞计数/高密度脂蛋白胆固醇比值; 危险因素

[中图分类号] R5

[文献标识码] A

Risk factors and predictive models for dyslipidemia in patients with obstructive sleep apnea syndrome

SU Yongrui, LI Hong

Department of Cardiology, the Second Hospital of Shanxi Medical University, Taiyuan, Shanxi 030000, China

[ABSTRACT] **Aim** To explore the potential and independent risk factors associated with dyslipidemia in patients with obstructive sleep apnea syndrome (OSAS), and construct a predictive model for clinical use, with the goal of reducing the risk of dyslipidemia and subsequent cardiovascular events through early identification and intervention of modifiable factors. **Methods** A retrospective study was conducted on 181 patients diagnosed with OSAS who underwent polysomnography monitoring at the Second Hospital of Shanxi Medical University from January 2022 to March 2023. Among them, there were 76 patients with OSAS alone and 105 patients with OSAS complicated by dyslipidemia. General information, biochemical indicators, and polysomnography monitoring indicators of the patients were collected, and Spearman correlation analysis, univariate and multivariate Logistic regression models were used to analyze the independent risk factors of OSAS patients complicated with dyslipidemia. **Results** Compared with the OSAS alone group, the OSAS with dyslipidemia group had lower age, higher body mass index (BMI), monocyte count/high density lipoprotein cholesterol ratio (MHR), triglyceride/high density lipoprotein cholesterol ratio (TG/HDL), low density lipoprotein cholesterol/high density lipopro-

[收稿日期] 2025-05-13

[修回日期] 2025-09-18

[基金项目] 山西省中医药管理局科研课题计划(2024ZYB031)

[作者简介] 苏永蕊,硕士研究生,研究方向为心血管疾病,E-mail:2954653099@qq.com。通信作者李虹,医学博士,主任医师,研究方向为冠心病、高血压的诊断与治疗,E-mail:lihong7621@outlook.com。

tein cholesterol ratio (LDLC/HDLC), and triglyceride glucose index (TyG) ($P < 0.05$), while high density lipoprotein cholesterol (HDLC) and non-rapid eye movement stage 2 sleep levels were significantly reduced. Spearman correlation analysis showed that triglyceride (TG) and TG/HDLC were positively correlated with the apnea hypopnea index (AHI) ($r = 0.205$, $P = 0.006$; $r = 0.210$, $P = 0.005$), while HDLC was negatively correlated with AHI ($r = -0.169$, $P = 0.024$) and positively correlated with non-rapid eye movement stage 2 sleep ($r = 0.156$, $P = 0.038$). Multivariate logistic regression analysis showed that elevated TG/HDLC and MHR were independent risk factors and predictive indicators for OSAS complicated with dyslipidemia ($P < 0.05$). **Conclusion** High TG/HDLC and high MHR are independent risk factors and predictive indicators for OSAS complicated with dyslipidemia, with strong predictive value, and are of great significance for early prevention of coronary heart disease in OSAS patients.

[**KEY WORDS**] obstructive sleep apnea syndrome; dyslipidemia; triglyceride/high density lipoprotein cholesterol ratio; monocyte count/high density lipoprotein cholesterol ratio; risk factor

心血管疾病 (cardiovascular diseases, CVD), 特别是冠状动脉疾病, 依然是全球主要的死亡原因^[1]。我国近年来 CVD 的发病率持续上升, 中风、冠心病和高血压性心脏病位居前列^[2-3], 而血脂异常是冠心病的重要危险因素, 其水平受昼夜节律、激素变化等影响^[4-6]。阻塞性睡眠呼吸暂停综合征 (obstructive sleep apnea syndrome, OSAS) 患者因反复气流阻断, 导致慢性间歇性低氧、睡眠碎片化、交感神经兴奋和代谢紊乱等症状。这些症状进而扰乱脂质代谢, 促进血脂异常, 增加冠心病风险^[7-8]。此外, OSAS 还可通过提升血清 C1q 水平, 增加血小板聚集率, 进一步加剧冠心病的发生风险^[9]。有研究发现, OSAS 与总胆固醇 (total cholesterol, TC) 水平升高独立相关, 但与睡眠时间、睡眠碎片化等因素无明显关联^[10]。近 5 年相关文献显示, OSAS 是血脂异常的独立危险因素^[11-13], 然而关于 OSAS 合并血脂异常的危险因素研究仍较为匮乏。本研究基于山西医科大学第二医院 2022 年 1 月—2023 年 3 月的多导睡眠监测数据, 探讨 OSAS 患者合并血脂异常的潜在及独立危险因素, 并构建预测模型, 旨在为早期识别和干预高风险患者、降低心血管事件的发生率提供临床依据。

1 资料和方法

1.1 研究对象

回顾性收集自 2022 年 1 月至 2023 年 3 月期间在山西医科大学第二医院接受多导睡眠监测并完成相关实验室检查的住院患者资料, 依据纳入与排除标准, 初步纳入 198 例患者; 根据多导睡眠监测所得呼吸暂停低通气指数 (apnea hypopnea index, AHI) 对患者进行分层, 最终确诊为 OSAS 的患者共计 181 例, 其中单纯 OSAS 患者 76 例, OSAS 合并血

脂异常患者 105 例。纳入标准: 符合《国际睡眠疾病分类第三版》(ICSD-3) 中的诊断标准^[14], 由睡眠医学诊疗中心确诊为不同严重程度的 OSAS 患者。排除标准: 血脂信息缺失、中枢性睡眠呼吸暂停综合征、上呼吸道抵抗综合征、发作性睡病或运动障碍患者; 既往低氧性肺病、血液病、肝脏或肾脏疾病、慢性酒精中毒、恶性肿瘤、妊娠、自身免疫性疾病治疗者; 年龄小于 18 岁者。本研究获得了山西医科大学第二医院伦理委员会的批准。

1.2 一般资料收集

登录住院系统, 收集患者的基本信息, 包括年龄、性别、入院诊断、体重指数 (body mass index, BMI)、吸烟史 (每日吸烟至少 1 支, 且持续半年以上)、饮酒史 (每周饮酒至少 1 次, 每次饮酒量不少于 30 mL, 且持续半年以上)、高血压史、糖尿病史; 收集住院期间血液生物化学指标, 包括白细胞计数、糖化血红蛋白 (glycosylated hemoglobin, HbA1c)、血小板计数、中性粒细胞 (neutrophil, NEU) 计数、淋巴细胞 (lymphocyte, LYM) 计数、单核细胞 (monocyte, MON) 计数、丙氨酸转氨酶 (alanine aminotransferase, ALT)、天冬氨酸转氨酶 (aspartate aminotransferase, AST)、总胆红素 (total bilirubin, TB)、白蛋白、尿素、肌酐、尿酸、TC、甘油三酯 (triglyceride, TG)、高密度脂蛋白胆固醇 (high density lipoprotein cholesterol, HDLC)、低密度脂蛋白胆固醇 (low density lipoprotein cholesterol, LDLC) 及空腹血糖 (fasting plasma glucose, FPG) 等; 收集多导睡眠监测指标, 采用 ApneaLink 装置测量睡眠呼吸障碍相关参数, 包括总睡眠时间、最慢心率、最快心率、平均血氧饱和度 (mean pulse oxygen saturation, MSpO₂)、最低血氧饱和度 (lowest pulse oxygen saturation, LSpO₂)、低通气指数、AHI、呼吸紊乱指数、呼吸暂停指数等。

1.3 各种定义诊断标准

(1) 血脂异常: 高脂血症定义: 血清 LDLC \geq 4.1 mmol/L, 或 TC \geq 6.2 mmol/L, 或 TG \geq 2.3 mmol/L, 或 HDLC $<$ 1.0 mmol/L^[15]; (2) OSAS 分级: 根据 AHI, 将 AHI 在 5 ~ 15 分划分为轻度 OSAS, AHI $>$ 15 ~ 30 分划分为中度 OSAS, AHI $>$ 30 分划分为重度 OSAS^[16]; (3) 高血压: 在未使用降压药的情况下, 诊室血压 \geq 140/90 mmHg^[17], 或既往有高血压史, 或目前服用降压药物; (4) 糖尿病: FPG \geq 7.0 mmol/L, 或 OGTT 2 h 血糖 \geq 11.1 mmol/L, 或任意时间血糖 \geq 11.1 mmol/L, 且伴典型糖尿病症状, 或 HbA1c \geq 6.5%^[18]。

1.4 统计学分析

采用 SPSS 22.0 软件进行统计分析, 使用 Shapiro-Wilk 检验方法检验数据的正态性。对于符合正态分布的计量资料, 采用 $\bar{x} \pm s$ 表示, 组间比较采用独立样本 t 检验; 对于不符合正态分布的计量资料, 则用中位数 (四分位数) 表示, 两组间比较采用 Mann-Whitney U 检验。计数资料以百分率表示, 组间比较采用卡方检验。采用 Spearman 相关分析血脂相关指标与 OSAS 相关指标之间的相关性; 通过单因素 Logistic 回归分析相关变量, 筛选出具有统计学意义的指标 ($P < 0.05$), 在排除严重共线性变量及极端异常值后, 最终纳入 10 个变量。采用向前-有条件法进行多因素分析, 以识别 OSAS 患者合并血脂异常的影响因素。回归模型经过 Hosmer-Lemeshow 拟合度检验。模型的区分能力通过 ROC 曲线及曲线下面积 (area under the curve, AUC) 进行评估。 $P < 0.05$ 视为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料比较

与单纯 OSAS 组相比, OSAS 合并血脂异常组患者的年龄偏低, BMI 增加, 吸烟、饮酒和高血压占比增加, CVD 占比降低 ($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$; 表 1)。

表 1. 两组患者的一般资料比较

Table 1. Comparison of general information of patients between the two groups

项目	单纯 OSAS 组 ($n=76$)	OSAS 合并血脂 异常组 ($n=105$)	P
男性/[例(%)]	66(65.8)	76(76.2)	0.125
年龄/岁	61.50 (52.00, 68.00)	51.00 (40.50, 59.50)	<0.001
BMI/(kg/m ²)	26.00 (23.60, 30.00)	29.30 (26.05, 31.85)	<0.001
吸烟/[例(%)]	36(35.6)	52(51.5)	0.038
饮酒/[例(%)]	23(23.3)	43(43.4)	0.006
高血压/[例(%)]	55(55.3)	71(71.4)	0.025
糖尿病/[例(%)]	19(18.7)	19(19.0)	0.949
CVD/[例(%)]	21(21.3)	11(10.6)	0.047

2.2 实验室指标比较

OSAS 合并血脂异常组的 TG、LDLC、ALT、AST、LYM、单核细胞计数/高密度脂蛋白胆固醇比值 (monocyte/high density lipoprotein cholesterol ratio, MHR)、TG/HDLC、LDLC/HDLC、甘油三酯葡萄糖指数 (triglyceride glucose index, TyG) 较单纯 OSAS 组升高, HDLC、非快速眼动 2 期 (non-rapid eye movement stage 2, N2) 低于单纯 OSAS 组 ($P < 0.05$; 表 2)。

表 2. 两组实验室指标比较

Table 2. Comparison of laboratory parameters between the two groups

项目	单纯 OSAS 组	OSAS 合并血脂异常组	P
TG/(mmol/L)	1.24(0.94, 1.63)	2.27(1.63, 3.26)	<0.001
LDLC/(mmol/L)	2.18(1.63, 2.64)	2.45(2.08, 3.04)	0.007
HDLC/(mmol/L)	1.24(1.11, 1.45)	0.93(0.83, 1.13)	<0.001
ALT/(U/L)	19.20(13.70, 29.50)	29.40(18.30, 45.35)	0.001
AST/(U/L)	20.70(16.80, 25.70)	23.40(18.10, 31.50)	0.043
TB/(μ mol/L)	14.30(11.00, 18.10)	13.70(10.70, 16.40)	0.305
血尿素氮/(mmol/L)	5.30(4.30, 6.50)	5.45(4.70, 6.47)	0.383
NEU/($\times 10^9$ L ⁻¹)	3.87(2.76, 4.95)	3.91(3.21, 4.76)	0.372
LYM/($\times 10^9$ L ⁻¹)	1.71(1.45, 2.15)	1.92(1.62, 2.55)	0.006
MON/($\times 10^9$ L ⁻¹)	0.46(0.35, 0.54)	0.45(0.35, 0.59)	0.351
NLR	2.03(1.45, 3.09)	1.95(1.46, 2.61)	0.526

续表

项目	单纯 OSAS 组	OSAS 合并血脂异常组	<i>P</i>
MHR	0.35 (0.26, 0.45)	0.47 (0.35, 0.69)	<0.001
TG/HDL	0.99 (0.65, 1.36)	2.39 (1.63, 3.45)	<0.001
LDL/HDL	1.64 (1.14, 2.19)	2.63 (2.14, 3.25)	<0.001
TyG	1.93 (1.57, 2.25)	2.56 (2.31, 3.02)	<0.001
轻度 OSAS/[例(%)]	15 (14.5)	16 (16.2)	0.832
中度 OSAS/[例(%)]	26 (26.3)	17 (17.1)	0.726
重度 OSAS/[例(%)]	59 (59.2)	67 (66.7)	0.575
AHI/(次/小时)	34.60 (20.80, 61.80)	39.20 (22.38, 70.95)	0.331
LSpO ₂ /%	80.50 (72.00, 85.00)	79.00 (68.00, 84.00)	0.242
MSpO ₂ /%	93.00 (91.00, 94.00)	92.65 (90.35, 94.00)	0.824
最长暂停时间/s	48.50 (27.25, 84.25)	38.50 (23.00, 64.00)	0.062
总睡眠时间/min	371.00 (328.00, 428.00)	386.00 (341.75, 434.60)	0.181
非快速眼动 1 期/min	28.30 (19.90, 37.70)	31.20 (19.80, 42.85)	0.809
非快速眼动 2 期/min	45.75 (34.35, 53.08)	39.00 (31.25, 47.70)	0.023
非快速眼动 3 期/min	7.40 (1.00, 15.50)	11.01 (4.25, 17.00)	0.082

注: NLR: 中性粒细胞/淋巴细胞计数比值(neutrophil/lymphocyte ratio)。

2.3 血脂与 OSAS 相关指标的相关性

Spearman 相关分析结果显示, TG、TG/HDL 与 AHI 呈正相关 ($r = 0.205, P = 0.006; r = 0.210, P = 0.005$), HDL 与 AHI 呈负相关 ($r = -0.169, P = 0.024$), HDL 与非快速眼动 2 期呈正相关 ($r = 0.156, P = 0.038$; 表 3)。

2.4 Logistic 回归分析

单因素 Logistic 回归分析结果显示, 年龄、BMI、吸烟、饮酒、高血压、TG、LDL、HDL、LYM、MHR、TG/HDL、LDL/HDL、TyG、非快速眼动 2 期与血脂异常显著相关 ($P < 0.05$), 提示这些因素可能为血脂异常的潜在预测指标 (表 4)。多因素 Logistic 回归分析结果显示, 高 TG/HDL、高 MHR 是 OSAS 合并血脂异常的独立危险因素及预测指标 ($P < 0.05$; 表 5 和表 6)。

2.5 拟合优度检验

采用 Hosmer-Lemeshow 方法进行概率模型的拟合优度检验, 结果显示: $\chi^2 = 9.124, P = 0.332$, 这表明该概率模型拟合效果良好。

表 3. 血脂与 OSAS 相关指标的相关性分析

Table 3. Correlation analysis of blood lipids with OSAS-related indicators

变量		AHI	LSpO ₂	MSpO ₂	非快速眼动 2 期
TC	<i>r</i>	-0.063	0.001	0.103	0.069
	<i>P</i>	0.440	0.991	0.204	0.392
TG	<i>r</i>	0.205	-0.145	-0.069	-0.106
	<i>P</i>	0.006	0.052	0.361	0.157
LDL	<i>r</i>	-0.023	-0.058	0.031	0.114
	<i>P</i>	0.756	0.439	0.679	0.125
HDL	<i>r</i>	-0.169	0.077	0.069	0.156
	<i>P</i>	0.024	0.306	0.365	0.038
TC/HDL	<i>r</i>	0.075	-0.066	0.032	-0.030
	<i>P</i>	0.362	0.418	0.696	0.710
TG/HDL	<i>r</i>	0.210	-0.127	-0.05	-0.143
	<i>P</i>	0.005	0.092	0.507	0.056
LDL/HDL	<i>r</i>	0.102	-0.099	-0.003	-0.004
	<i>P</i>	0.176	0.188	0.970	0.953

表 4. 单因素 Logistic 回归分析

Table 4. Univariable Logistic regression analysis

变量	β	SE	Wald χ^2	<i>P</i>	OR(95% CI)
年龄	-0.056	0.013	17.842	<0.001	0.945 (0.921 ~ 0.970)
BMI	0.168	0.040	17.206	<0.001	1.183 (1.093 ~ 1.280)
吸烟	-0.653	0.317	4.252	0.039	0.521 (0.280 ~ 0.968)
饮酒	-0.928	0.343	7.311	0.007	0.395 (0.202 ~ 0.775)

续表

变量	β	SE	Wald χ^2	P	OR(95% CI)
高血压	-0.705	0.316	4.976	0.026	0.494(0.266 ~ 0.918)
TG	2.234	0.365	37.480	<0.001	9.341(4.568 ~ 19.101)
LDLC	0.630	0.209	9.085	0.003	1.878(1.247 ~ 2.829)
HDLC	-5.936	0.984	36.385	<0.001	0.003(0.000 ~ 0.018)
ALT	0.022	0.008	7.014	0.008	1.023(1.006 ~ 1.040)
LYM	0.614	0.245	6.260	0.012	1.848(1.142 ~ 2.989)
MHR	4.972	1.069	21.640	<0.001	144.372(17.768 ~ 1173.101)
TG/HDLC	3.281	0.536	37.484	<0.001	26.595(9.304 ~ 76.018)
LDLC/HDLC	1.853	0.297	39.038	<0.001	6.380(3.567 ~ 11.410)
TyG	2.449	0.421	33.884	<0.001	11.575(5.075 ~ 26.400)
非快速眼动 2 期	-0.025	0.011	5.170	0.023	0.975(0.955 ~ 0.997)

表 5. 变量赋值
Table 5. Variable coding

变量	B	赋值情况
OSAS 合并血脂异常	Y	合并=1,未合并=0
年龄	X_1	
BMI	X_2	
吸烟	X_3	是=1,否=0
饮酒	X_4	是=1,否=0
高血压	X_5	是=1,否=0
LYM	X_6	
MHR	X_7	
TG/HDLC	X_8	
LDLC/HDLC	X_9	
TyG	X_{10}	

注:构建多因素 Logistic 回归模型; $\text{Logit}(P)=\ln[P/(1-P)]=-7.578+0.473X_7+0.373X_8$;预测 OSAS 合并血脂异常的概率模型; $P=1/[1+\exp(7.578-0.473X_7-0.373X_8)]$ 。

表 6. 多因素 Logistic 回归分析
Table 6. Multivariate Logistic regression analysis

变量	β	SE	Wald χ^2	P	OR(95% CI)
MHR	0.473	0.176	7.245	0.007	1.605 (1.137 ~ 2.265)
TG/HDLC	0.373	0.073	26.157	<0.001	1.453 (1.259 ~ 1.676)
常量	-7.578	1.416	28.639	<0.001	0.001

2.6 ROC 曲线分析

ROC 曲线分析结果显示,该预测模型具有显著的预测价值 ($AUC = 0.908$, $95\% CI: 0.860 \sim 0.956$, $P < 0.05$; 图 1)。

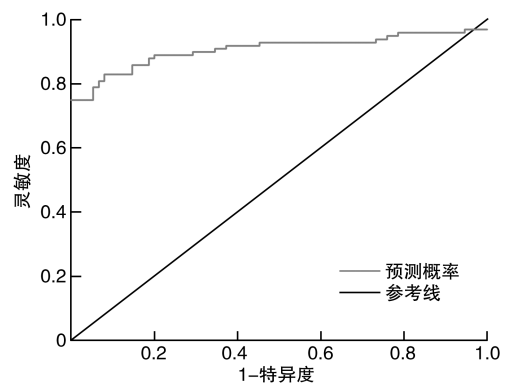


图 1. ROC 曲线分析
Figure 1. ROC curve analysis

3 讨论

在本研究中,重度 OSAS 患者的比例最高。与单纯 OSAS 组相比,OSAS 合并血脂异常组在吸烟、饮酒、高血压、BMI、TG、LDLC、ALT、AST、LYM、MHR、TG/HDLC、LDLC/HDLC 及 TyG 等方面均显著较高,而在年龄和非快速眼动 2 期方面则显著较低。此外,TG 和 TG/HDLC 与 AHI 呈正相关,而 HDLC 与 AHI 呈负相关,且与非快速眼动 2 期呈正相关。研究还发现,TG/HDLC 和 MHR 可作为 OSAS 合并血脂异常的独立预测因子,并基于此构建了相应的预测模型。

血脂异常是冠状动脉粥样硬化性心脏病的重要危险因素。既往研究表明,血脂代谢紊乱在 OSAS 患者中尤为常见,OSAS 被视为血脂异常的独立危险因素。OSAS 患者通常伴有血脂异常,其潜在机制错综复杂。本研究通过探讨 OSAS 患者合并血脂异常的潜在及独立危险因素,旨在降低该人群 CVD 的发生风险。本研究发现,OSAS 合并血脂异

常组的年龄偏低,吸烟、饮酒均显著高于单纯 OSAS 组,这与既往关于 OSAS 合并 CVD 的研究结果^[19]相一致,表明改变吸烟、饮酒等不良生活习惯在 OSAS 患者中同样可以有效降低罹患血脂异常的风险。此外,本研究还发现,OSAS 合并血脂异常组非快速眼动 2 期比例低于单纯 OSAS 组,且与 HDLC 水平呈正相关,表明非快速眼动 2 期的增加可能在一定程度上可以抑制 HDLC 的下降。非快速眼动 2 期属非快速眼动睡眠期,交感神经活性较低,有利于脂代谢稳态。而 OSAS 患者引起的间歇性缺氧可导致睡眠碎片化,缩短非快速眼动 2 期,交感神经持续激活,进而促进极低密度脂蛋白胆固醇(very low density lipoprotein cholesterol, VLDLC)合成、CETP 介导的胆固醇转运加速,导致 HDLC 降低^[20-21]。同时,频繁觉醒还激活 HPA 轴,升高皮质醇水平,进一步扰乱脂质代谢。

OSAS 对糖脂代谢会产生一系列影响:当 OSAS 患者处于间歇性低氧状态时,可通过诱导脂肪组织炎症^[22]、抑制脂蛋白脂肪酶活性^[23-24]以及增加氧化应激^[25-26]等途径,导致极低密度脂蛋白和乳糜微粒代谢障碍,进而促进脂质积聚,损伤血管内皮。同时,这种状态还能激活交感神经系统,促进儿茶酚胺释放,诱发胰岛素抵抗,提高游离脂肪酸水平,进一步推动 TG 与胆固醇的合成,导致脂代谢紊乱^[27]。有研究发现,在急性 ST 段抬高型心肌梗死患者中 TyG 的升高与术后微血管阻塞的发生率增加密切相关^[28]。一项汇总了 16 项队列研究的 Meta 分析显示,OSAS 与 2 型糖尿病(type 2 diabetes mellitus, T2DM)之间可能存在正向线性关系,其中中至重度 OSAS 患者罹患 T2DM 的风险显著升高^[29]。本研究发现,OSAS 合并血脂异常组 TyG 显著升高,表明存在明显的胰岛素抵抗。胰岛素抵抗可进一步加剧脂代谢异常,这一发现与既往研究结论相吻合。此外,还观察到,随着 OSAS 严重程度的增加,TG、TG/HDLC、LDLC/HDLC 均呈现上升趋势,而 HDLC 则逐渐下降。同时,TG、TG/HDLC 与 AHI 呈正相关,HDLC 与 AHI 呈负相关,这提示 HDLC 可能是 OSAS 合并血脂异常的保护性因素。

在构建多因素 Logistic 回归模型的过程中,首先将单因素分析中显示有统计学意义的变量纳入模型,以确保潜在的相关因素得到充分考量。接着,利用线性回归分析中的方差膨胀因子(variance inflation factor, VIF)剔除存在严重共线性的数据(包括 HDLC、LDLC、TG、VIF>10)。通过箱线图法排除极端异常值后,剩余 12 个变量。根据事件数与变量

数比例的控制原则($EPV \geq 10$),移除了 OR 值最接近 1 的两个变量(非快速眼动 2 期、ALT),最终选定 10 个变量纳入多因素 Logistic 回归分析。采用向前-有条件法进行多因素分析探讨 OSAS 患者合并血脂异常的影响因素,结果显示, TG/HDLC、MHR 为 OSAS 合并血脂异常的独立预测指标。MHR 已被证实与动脉粥样硬化、斑块不稳定性密切相关,亦可作为急性缺血性卒中和冠心病合并 OSAS 风险的预测指标^[30],其水平升高可能与 OSAS 引起的反复低氧、交感神经兴奋、VLDLC 合成增加及 HDLC 下降有关^[31]。Hosmer-Lemeshow 拟合度检验显示模型拟合良好,表明模型预测值与实际观察值吻合较好。ROC 曲线分析显示模型的 AUC 为 0.908(95% CI: 0.860~0.956),提示该模型具有良好的区分能力。

本研究的局限性在于,其仅为单中心回顾性研究,且样本量相对较小,可能存在一些未被测量的混杂因素。未来需通过多中心、大样本的前瞻性研究进行验证,以更准确地评估 OSAS 患者血脂异常的临床预测风险。

综上所述,本研究构建的预测模型以 TG/HDLC 和 MHR 为核心变量,展现出良好的区分度和临床适用性,有望辅助识别 OSAS 合并血脂异常的高风险人群。相较于单一脂质指标, TG/HDLC 和 MHR 等联合指标不仅简单易得,且特别适用于尚未出现典型代谢表现的高风险个体,有助于医生在初诊阶段即进行代谢风险分层,从而推动个体化治疗策略的制定。此外, OSAS 患者通过控制体重、戒烟、戒酒、维持健康血压等干预措施,可降低血脂异常的发生概率,进一步减少罹患 CVD 的风险,有效减轻家庭及国家经济负担。

[参考文献]

- [1] TUDURACHI B S, ANGHEL L, TUDURACHI A, et al. Assessment of inflammatory hematological ratios (NLR, PLR, MLR, LMR and monocyte/HDL-cholesterol ratio) in acute myocardial infarction and particularities in young patients[J]. *Int J Mol Sci*, 2023, 24(18): 14378.
- [2] ZHU M, JIN W, HE W, et al. The incidence, mortality and disease burden of cardiovascular diseases in China: a comparative study with the United States and Japan based on the GBD 2019 time trend analysis[J]. *Front Cardiovasc Med*, 2024, 11: 1408487.
- [3] GBD 2021 Diseases and Injuries Collaborators. Global incidence, prevalence, years lived with disability (YLDs), disability-adjusted life-years (DALYs), and healthy life expectancy (HALE) for 371 diseases and injuries in 204

- countries and territories and 811 subnational locations, 1990-2021: a systematic analysis for the global burden of disease study 2021 [J]. *Lancet*, 2024, 403 (10440): 2133-2161.
- [4] CHEN K, LIU Y, XU B, et al. Relationship between the lymphocyte to C-reactive protein ratio and coronary artery disease severity[J]. *Exp Ther Med*, 2024, 27(2): 60.
- [5] 徐正文, 严喜胜, 李东升. MHR 与高血压合并冠心病患者发生多支血管病变的相关性[J]. *检验医学与临床*, 2024, 21(9): 1191-1197.
- XU Z W, YAN X S, LI D S. Correlation analysis of MHR with multivessel coronary artery disease in patients with hypertension combined with coronary heart disease[J]. *Lab Med Clin*, 2024, 21(9): 1191-1197.
- [6] SINTUREL F, PETRENKO V, DIBNER C. Circadian clocks make metabolism run[J]. *J Mol Biol*, 2020, 432 (12): 3680-3699.
- [7] OOI E L, RAJENDRAN S. Obstructive sleep apnea in coronary artery disease [J]. *Curr Probl Cardiol*, 2023, 48 (8): 101178.
- [8] 徐培成, 张红, 程子敏, 等. 阻塞性睡眠呼吸暂停综合征、肥胖、代谢综合征的病理生理联系及治疗进展[J]. *检验医学与临床*, 2024, 21(8): 1176-1181.
- XU P C, ZHANG H, CHENG Z M, et al. Progress in pathophysiology and treatment of obstructive sleep apnea syndrome, obesity, and metabolic syndrome [J]. *Lab Med Clin*, 2024, 21(8): 1176-1181.
- [9] 王越, 王志强, 张晓江, 等. 阻塞性睡眠呼吸暂停综合征对不稳定型心绞痛患者血清 C1q 水平的影响及其与血小板聚集率的相关性[J]. *中国动脉硬化杂志*, 2021, 29(11): 955-959, 982.
- WANG Y, WANG Z Q, ZHANG X J, et al. Effect of obstructive sleep apnea syndrome on serum C1q level and its correlation with platelet aggregation rate in patients with unstable angina pectoris [J]. *Chin J Arterioscler*, 2021, 29 (11): 955-959, 982.
- [10] SILVA W A, ALMEIDA-PITITTO B, SANTOS R B, et al. Obstructive sleep apnea is associated with lower adiponectin and higher cholesterol levels independently of traditional factors and other sleep disorders in middle-aged adults: the ELSA-Brasil cohort[J]. *Sleep Breath*, 2021, 25(4): 1935-1944.
- [11] TRZEPIZUR W, LE VAILLANT M, MESLIER N, et al. Independent association between nocturnal intermittent hypoxemia and metabolic dyslipidemia [J]. *Chest*, 2013, 143(6): 1584-1589.
- [12] NADEEM R, SINGH M, NIDA M, et al. Effect of obstructive sleep apnea hypopnea syndrome on lipid profile: a meta-regression analysis[J]. *J Clin Sleep Med*, 2014, 10(5): 475-489.
- [13] 李倩. 阻塞性睡眠呼吸暂停与代谢综合征相关性的 Meta 分析[D]. 长春: 吉林大学, 2023.
- LI Q. The correlation between obstructive sleep apnea and metabolic syndrome: a meta-analysis[D]. Changchun: Jilin University, 2023.
- [14] American Academy of Sleep Medicine. ICSD-3, international classification of sleep disorders[S]. Darien: American Academy of Sleep Medicine, 2014.
- [15] 中国血脂管理指南修订联合专家委员会. 中国血脂管理指南(基层版 2024 年)[J]. *中华心血管病杂志*, 2024, 52(4): 330-337.
- Joint Committee on the Chinese Guidelines for Lipid Management. Chinese guideline for lipid management (primary care version 2024) [J]. *Chin J Cardiol*, 2024, 52(4): 330-337.
- [16] 中华医学会, 中华医学杂志社, 中华医学会全科医学分会, 等. 成人阻塞性睡眠呼吸暂停基层诊疗指南(2018 年)[J]. *中华全科医师杂志*, 2019, 18(1): 21-29.
- Chinese Medical Association, Chinese Medical Association Editorial Department, Chinese Medical Association General Practice Branch, et al. Guideline for primary care of adult obstructive sleep apnea (2018) [J]. *Chin J Gen Pract*, 2019, 18(1): 21-29.
- [17] 中国高血压防治指南修订委员会, 高血压联盟(中国), 中国医疗保健国际交流促进会高血压分会, 等. 中国高血压防治指南(2024 年修订版)[J]. *中华高血压杂志*, 2024, 32(7): 603-700.
- The Chinese Hypertension Prevention and Control Guidelines Revision Committee, Hypertension Alliance (China), the Hypertension Branch of the China Association for the Promotion of International Exchange in Healthcare, et al. Chinese guidelines for the prevention and treatment of hypertension (2024 revised edition) [J]. *Chin J Hyperten*, 2024, 32(7): 603-700.
- [18] 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]. *中华糖尿病杂志*, 2021, 13(4): 315-409.
- Chinese Medical Association Diabetes Branch. Guideline for the prevention and treatment of type 2 diabetes mellitus in China (2020 edition) [J]. *Chin J Diabetes*, 2021, 13 (4): 315-409.
- [19] 孙静, 陈莉, 怀德, 等. 阻塞性睡眠呼吸暂停低通气综合征患者发生心血管疾病风险的因素分析[J]. *心血管康复医学杂志*, 2024, 33(5): 546-549.
- SUN J, CHEN L, HUAI D, et al. Analysis of risk factors for cardiovascular diseases in patients with obstructive sleep apnea hypopnea syndrome [J]. *Chin J Cardiovasc*

- Rehabil Med, 2024, 33(5): 546-549.
- [20] 卢亚辉, 刘健. 阻塞型睡眠呼吸暂停低通气综合征与冠心病的相关性研究进展[J]. 中国医学前沿杂志(电子版), 2020, 12(10): 42-46.
- LU Y H, LIU J. Research progress on the relationship between obstructive sleep apnea hypopnea syndrome and coronary artery heart disease[J]. Chin J Front Med Sci (Electron Version), 2020, 12(10): 42-46.
- [21] BARTER P J, RYE K A. Cholesteryl ester transfer protein inhibition as a strategy to reduce cardiovascular risk[J]. J Lipid Res, 2012, 53(9): 1755-1766.
- [22] TAYLOR C T, KENT B D, CRINION S J, et al. Human adipocytes are highly sensitive to intermittent hypoxia induced NF-kappaB activity and subsequent inflammatory gene expression[J]. Biochem Biophys Res Commun, 2014, 447(4): 660-665.
- [23] DRAGER L F, POLOTSKY V Y, O'DONNELL C P, et al. Translational approaches to understanding metabolic dysfunction and cardiovascular consequences of obstructive sleep apnea[J]. Am J Physiol Heart Circ Physiol, 2015, 309(7): H1101-H1111.
- [24] LI J, THORNE L N, PUNJABI N M, et al. Intermittent hypoxia induces hyperlipidemia in lean mice[J]. Circ Res, 2005, 97(7): 698-706.
- [25] PASSALI D, CORALLO G, YAREMCHUK S, et al. Oxidative stress in patients with obstructive sleep apnoea syndrome[J]. Acta Otorhinolaryngol Ital, 2015, 35(6): 420-425.
- [26] UYGUR F, TANRIVERDI H, CAN M, et al. The impact of obstructive sleep apnoea and nasal continuous positive airway pressure on circulating ischaemia-modified albumin concentrations[J]. Mediators Inflamm, 2016, 2016: 8907314.
- [27] 宋玲花. 阻塞性睡眠呼吸暂停综合征对冠心病患者血脂代谢及血糖影响的临床研究[J]. 中国药物与临床, 2017, 17(7): 1027-1029.
- SONG L H. Clinical study on the effects of obstructive sleep apnea syndrome on lipid metabolism and blood glucose in patients with coronary heart disease[J]. Chin Rem Clin, 2017, 17(7): 1027-1029.
- [28] 李天玥, 鲍雪, 张颖, 等. 甘油三酯-葡萄糖指数对ST段抬高型心肌梗死患者急诊经皮冠状动脉介入治疗后微血管阻塞的预测价值[J]. 中国动脉硬化杂志, 2025, 33(11): 953-960.
- LI T Y, BAO X, ZHANG Y, et al. Predictive value of triglyceride-glucose (TyG) index on microvascular obstruction after patients with st-segment elevation myocardial infarction undergoing emergency PCI[J]. Chin J Arterioscler, 2025, 33(11): 953-960.
- [29] QIE R, ZHANG D, LIU L, et al. Obstructive sleep apnea and risk of type 2 diabetes mellitus: a systematic review and dose-response meta-analysis of cohort studies[J]. J Diabetes, 2020, 12(6): 455-464.
- [30] 张帆, 赵博, 张志伟, 等. RBP4、LDLC/Alb 和 MHR 与颈动脉粥样硬化人群斑块稳定性的关系及其对缺血性脑卒中的预测价值[J]. 中国动脉硬化杂志, 2025, 33(7): 618-624.
- ZHANG F, ZHAO B, ZHANG Z W, et al. Correlation between RBP4, LDLC/Alb, MHR and plaque stability in carotid atherosclerosis population and their predictive value for acute ischemic stroke[J]. Chin J Arterioscler, 2025, 33(7): 618-624.
- [31] 魏莉, 金文文, 陈家清. 老年睡眠呼吸暂停综合征患者低密度脂蛋白胆固醇水平与心脑血管疾病的相关性[J]. 中国老年学杂志, 2022, 42(2): 315-318.
- WEI L, JIN W W, CHEN J Q. A clinical study on the impact of obstructive sleep apnea syndrome on lipid metabolism and glycemic regulation in patients with coronary artery disease[J]. Chin J Gerontol, 2022, 42(2): 315-318.

(此文编辑 文玉珊)