

· 流行病与统计方法 ·

# 身体圆度指数与睡眠障碍之间的关系——基于 2015—2018 年全国健康与营养状况调查的分析

刘平川<sup>1,2</sup>, 梅岚幸子<sup>3</sup>, 罗钰鼎<sup>1,2</sup>, 王建<sup>1,2</sup>1. 西南医科大学附属医院神经内科, 四川 泸州 646000; 2. 雅安市人民医院神经内科, 四川 雅安 625000;  
3. 成都中医药大学针灸推拿学院

**摘要:**目的 探讨身体圆度指数(body roundness index, BRI)与睡眠障碍之间的关系。方法 以 2015—2018 年 NHANES 的 20 岁以上的成年人作为研究对象。利用多因素 logistic 回归模型分析 BRI 和睡眠障碍之间的关系。最后采用亚组分析,探索人群中 BRI 和睡眠障碍的关联。结果 共有 6 891 名符合条件的参与者被纳入研究,调整混杂后,BRI 与睡眠障碍的关联显著 ( $OR=1.08, 95\%CI: 1.03 \sim 1.14, P=0.022$ ); 亚组分析显示, <60 岁人群中 BRI 与睡眠障碍显著相关 ( $OR=1.12$ ), 从未结婚者 ( $OR=1.19$ )、高血压 ( $OR=1.12$ ) 和糖尿病患者 ( $OR=1.18$ ) 中 BRI 与睡眠障碍的关联更为显著。多重插补分析证实该结果的稳健性。结论 较高的 BRI 与睡眠障碍正相关,该结果补充了现有研究,但仍需大规模前瞻性队列验证。

**关键词:** 睡眠障碍; 肥胖症; 睡眠; 腹部脂肪

中图分类号: R163 文献标志码: A 文章编号: 1003-8507(2025)05-801-06

DOI: 10.20043/j.cnki.MPM.202409256

## Relationship between body roundness index and sleep disorders: an analysis based on the national health and nutrition examination survey from 2015 to 2018

LIU Ping-chuan\*, MEI Lan-xing-zi, LUO Yu-ding, WANG Jian

\*Department of Neurology, Affiliated Hospital of Southwest Medical University, Luzhou, Sichuan 646000, China

**Abstract: Objective** To investigate the relationship between body roundness index (BRI) and sleep disorders. **Methods** Adults aged 20 and above from the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) from 2015 to 2018 were selected as the research subjects. A multivariate logistic regression model was used to analyze the relationship between BRI and sleep disorders. Finally, subgroup analysis was performed to explore the association between BRI and sleep disorders in the population. **Results** A total of 6 891 eligible participants were included in the study. After adjusting for confounders, there was a significant association between BRI and sleep disorders ( $OR=1.08, 95\% CI: 1.03-1.14, P=0.022$ ). Subgroup analysis showed that BRI was significantly associated with sleep disorders in the population under 60 years old ( $OR=1.12$ ), and the association was more significant among those who had never been married ( $OR=1.19$ ), patients with hypertension ( $OR=1.12$ ), and patients with diabetes ( $OR=1.18$ ). Multiple imputation analysis confirmed the robustness of the results. **Conclusion** A higher BRI is positively correlated with sleep disorders. This result supplements the existing research, but large-scale prospective cohort studies are still needed for verification.

**Keywords:** Sleep disorders; Obesity; Sleep; Abdominal fat

脂肪的过度积累造成的肥胖对健康有极大的不利影响,威胁着成千上万人的生命健康<sup>[1]</sup>。肥胖影响了美国大约 42% 的成年人,而行为干预可以达到大约

约 5% 至 10% 的体重减轻<sup>[2]</sup>。大量证据表明生活方式影响肥胖。为了实现个体化体重管理,需要精准的肥胖评估指标。虽然大多数研究通过身体质量指数 (body mass index, BMI)  $\geq 30 \text{ kg/m}^2$  定义肥胖,但 BMI 无法区分肌肉与脂肪的堆积,限制了其在识别肥胖表型中的应用<sup>[3]</sup>。相比之下,Thomas 等人<sup>[4]</sup>结合身高与腰围,提出了可以更好地体现脂肪分布的方法——身体圆度指数 (body roundness index, BRI)。与 BMI 相比,BRI 可更准确估计体脂总百分比和内脏脂肪组

基金项目:中央引导地方科技发展资金(2022ZYD0097);四川省卫健委临床研究专项基金(23LCYJ034);四川省医学会青年基金(Q21049);四川省医学科技创新研究会专项基金(YCH-KY-YCZD2024-037)

作者简介:刘平川(1999—),男,硕士在读,研究方向:神经介入,健康大数据挖掘

通信作者:王建, E-mail: wangjian0724@126.com

织百分比。

睡眠障碍是一类常见的健康问题，包括失眠、睡眠呼吸暂停、昼夜节律紊乱等。流行病学研究显示，睡眠障碍发生率随着年龄增长而上升，并与心血管疾病、代谢综合征及认知功能下降等慢性病密切相关<sup>[5-6]</sup>。研究显示，肥胖、代谢性疾病和睡眠障碍之间存在复杂的相互作用<sup>[7]</sup>。其中，肥胖是睡眠呼吸暂停等睡眠障碍的主要危险因素之一<sup>[8]</sup>。由于肥胖，特别是腹部肥胖，是睡眠呼吸暂停等睡眠障碍的已知危险因素，作为腹部脂肪堆积的指标，BRI 可能与睡眠障碍存在潜在关联<sup>[9]</sup>。研究表明，体脂分布异常，如腹部脂肪堆积，可能通过呼吸系统和代谢功能的改变，增加睡眠障碍的发生风险<sup>[10]</sup>。

然而，关于 BRI 与睡眠障碍之间关系的研究仍然有限，需要进一步探讨这种关联的强度。本研究旨在通过分析 2015—2018 年间进行的美国全国健康和营养检查调查 (National Health And Nutrition Examination Survey, NHANES) 数据进行研究。

### 1 资料与方法

**1.1 研究对象** NHANES 是由美国国家卫生统计中心组织的全国性横断面调查，旨在评估美国人群的健康和营养状况，每两年发布一次数据。所有参与者均签署书面知情同意书，研究已获伦理审查委员会批准<sup>[11]</sup>。有关 NHANES 的详细信息可通过进入其介绍网站 <https://www.cdc.gov/nchs/about/index.htm> 在线获取。

纳入和排除参与者的流程见图 1。NHANES 2015—2016 和 2017—2018 周期共招募 19 225 人。排除不符合年龄 (<20 岁,  $n=7\ 937$ ) 及缺失身高 ( $n=686$ )、腰围 ( $n=559$ )、睡眠障碍 ( $n=64$ ) 和协变量信息 ( $n=3\ 088$ ) 者后，最终分析样本为 6 891 人。

**1.2 睡眠障碍** 睡眠障碍由问卷评估：是否曾告诉医生或其他健康专业人员他 / 她患有睡眠障碍。而“不知道”和“拒绝”的答案视为缺失值<sup>[12]</sup>。

**1.3 身体圆度指数** Thomas 等人<sup>[4]</sup>提出的 BRI 包含两个主要变量：身高和腰围。两个变量的体格检查由医疗工作人员在流动体检中心进行。BRI 越高，表明内脏脂肪的积累越多<sup>[13]</sup>。BRI 计算的具体计算公式如下：

$$BRI=364.2-365.5 \times \sqrt{1-\frac{[\text{腰围(m)}]^2}{2\pi \times [0.5 \times \text{身高(m)}]^2}}$$

**1.4 协变量** 在本研究中，协变量包括年龄、性别、种族)、婚姻状况、贫困收入比和教育水平、BMI、饮酒情况、吸烟情况、高血压、糖尿病、娱乐活动、咖啡因、抑郁状态<sup>[14]</sup>。种族类别为：非西班牙裔黑人、非西班牙裔亚洲人、非西班牙裔白人、其他西班牙裔(包括墨西哥裔美国人)或其他。教育水平分为高中以下、高中和高中以上三类。婚姻状况：已婚 / 同居、丧偶 / 离婚 / 分居、未婚。贫困收入比分为 3 类：<1.30、1.31 ~ 3.49 和 ≥3.50。高血压、抑郁状态、娱乐活动、糖尿病和饮酒状况均分为是否两组。吸烟状况包括现在吸烟、以前吸烟或从不吸烟；从不吸烟者定义为一生中吸烟不超过 100 支香烟，戒烟者定义为吸烟超过 100 支但参与调查当时已不再吸烟，当前吸烟者定义为吸烟超过 100 支香烟且参与调查前近期存在吸烟行为。这些数据可通过 NHANES 的人口学资料和相关调查问卷中获取。

哥裔美国人)或其他。教育水平分为高中以下、高中和高中以上三类。婚姻状况：已婚 / 同居、丧偶 / 离婚 / 分居、未婚。贫困收入比分为 3 类：<1.30、1.31 ~ 3.49 和 ≥3.50。高血压、抑郁状态、娱乐活动、糖尿病和饮酒状况均分为是否两组。吸烟状况包括现在吸烟、以前吸烟或从不吸烟；从不吸烟者定义为一生中吸烟不超过 100 支香烟，戒烟者定义为吸烟超过 100 支但参与调查当时已不再吸烟，当前吸烟者定义为吸烟超过 100 支香烟且参与调查前近期存在吸烟行为。这些数据可通过 NHANES 的人口学资料和相关调查问卷中获取。

**1.5 统计分析** 所有数据分析使用 R 4.2.3 进行。对于缺失的协变量个体，包括人口统计学、行为和健康特征，将通过多重插补进行补全。基线特征分析中，连续变量以 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示，使用  $t$  检验分析；分类变量以百分率表示，使用  $\chi^2$  检验。根据抽样设计和样本权重 WTMEC2YR 进行分析加权处理，以确保结果的代表性。采用加权多因素 logistic 回归探讨 BRI 与睡眠障碍的相关性。根据协变量纳入不同，构建了三个模型：粗模型未调整，微调模型对年龄、性别、种族进行调整，完全调整模型对所有协变量进行调整。按协变量分层后进行亚组分析，并采用似然比检验评估亚组间交互作用。同时绘制限制性立方样条，以发现 BRI 与睡眠障碍之间的剂量 - 反应趋势。进行数据插补，以比较不插补与插补之间的差异性。双侧检验，检验水准  $\alpha=0.05$ 。

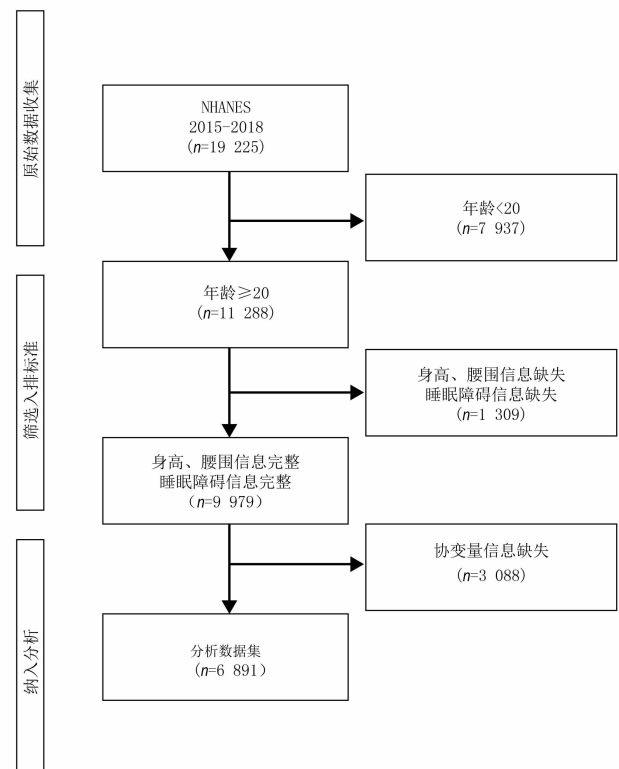


图 1 研究对象纳排流程图

Figure 1 Flowchart of research subjects inclusion

## 2 结果

2.1 纳入研究对象的一般资料 表 1 展示了研究样本的基线特征。结果显示,睡眠障碍组与非睡眠障碍

组在年龄 ( $P<0.001$ )、性别 ( $P<0.001$ )、BMI ( $P<0.001$ )、高血压( $P<0.001$ )、糖尿病( $P<0.001$ )和吸烟情况( $P<0.001$ )等方面存在差异。

表 1 基于睡眠障碍分组的加权特征 $[(\bar{x} \pm s), n(\%)]$

Table 1 Weighted characteristics of the study population based on sleep holding disorder subgroups  $[(\bar{x} \pm s), n(\%)]$

变量	总计(n=6 891)	非睡眠障碍组(n=4 871)	睡眠障碍组(n=2 020)	P 值
BRI	5.83 ± 2.49	5.60 ± 2.33	6.39 ± 2.75	<0.001
年龄分组(岁)				<0.001
<60	4 466(64.81)	3 283(67.40)	1 183(58.56)	
≥60	2 425(35.19)	1 588(32.60)	837(41.44)	
性别				<0.001
男	3 321(48.19)	2 449(50.28)	872(43.17)	
女	3 570(51.81)	2 422(49.72)	1 148(56.83)	
种族				<0.001
墨西哥裔美国人	993(14.41)	784(16.10)	209(10.35)	
其他西班牙裔	731(10.61)	535(10.98)	196(9.70)	
非西班牙裔白人	2 600(37.73)	1 651(33.89)	949(46.98)	
非西班牙裔黑人	1 532(22.23)	1 101(22.60)	431(21.34)	
其他种族	1 035(15.02)	800(16.42)	235(11.63)	
受教育程度				0.266
高中以下	1 218(17.68)	879(18.05)	339(16.78)	
高中	1 610(23.36)	1 149(23.59)	461(22.82)	
高中以上	4 063(58.96)	2 843(58.37)	1 220(60.40)	
婚姻状态				<0.001
已婚 / 与伴侣同住	4 192(60.83)	3 061(62.84)	1 131(55.99)	
离婚 / 丧偶 / 分居	1 486(21.56)	928(19.05)	558(27.62)	
从未结婚	1 213(17.60)	882(18.11)	331(16.39)	
贫困收入比				0.203
<1.3	1 960(28.44)	1 355(27.82)	605(29.95)	
1.3 ~ 3.49	2 827(41.02)	2 015(41.37)	812(40.20)	
≥3.5	2 104(30.53)	1 501(30.82)	603(29.85)	
BMI(kg/m <sup>2</sup> )				<0.001
<25	1 760(25.54)	1 337(27.45)	423(20.94)	
25 ~ 29	2 161(31.36)	1 587(32.58)	574(28.42)	
≥30	2 970(43.10)	1 947(39.97)	1 023(50.64)	
饮酒情况				0.154
是	1 106(16.05)	762(15.64)	344(17.03)	
否	5 785(83.95)	4 109(84.36)	1 676(82.97)	
吸烟情况				<0.001
现在吸烟	1 256(18.23)	799(16.40)	457(22.62)	
过去吸烟	1 706(24.76)	1 080(22.17)	626(30.99)	
从不吸烟	3 929(57.02)	2 992(61.42)	937(46.39)	
高血压				<0.001
是	2 577(37.40)	1 534(31.49)	1 043(51.63)	
否	4 314(62.60)	3 337(68.51)	977(48.37)	
糖尿病				<0.001
是	1 217(17.66)	715(14.68)	502(24.85)	
否	5 674(82.34)	4 156(85.32)	1 518(75.15)	
娱乐活动				<0.001
是	3 424(49.69)	2 505(51.43)	919(45.50)	
否	3 467(50.31)	2 366(48.57)	1 101(54.50)	
咖啡因(mg)	106.01 ± 39.0	104.14 ± 37.41	110.30 ± 43.50	<0.030
抑郁状态				<0.001
是	573(8.32)	188(3.86)	385(19.06)	
否	6 318(91.68)	4 683(96.14)	1 635(80.94)	

注:连续变量使用 $(\bar{x} \pm s)$ 表示,P 值通过线性回归模型计算;分类变量使用百分率表示,P 值通过  $\chi^2$  检验计算。

**2.2 BRI 指数和睡眠障碍的关系** 表 2 显示了 BRI 与睡眠障碍的多元回归分析结果。在粗调整 ( $OR=1.13, 95\% CI: 1.11 \sim 1.16, P<0.001$ )、微调整 ( $OR=1.13, 95\% CI: 1.10 \sim 1.15, P<0.001$ )和全调整模型 ( $OR=1.08, 95\% CI: 1.03 \sim 1.14, P=0.022$ )中, BRI 与睡眠障碍的关联均显著,且呈正相关。

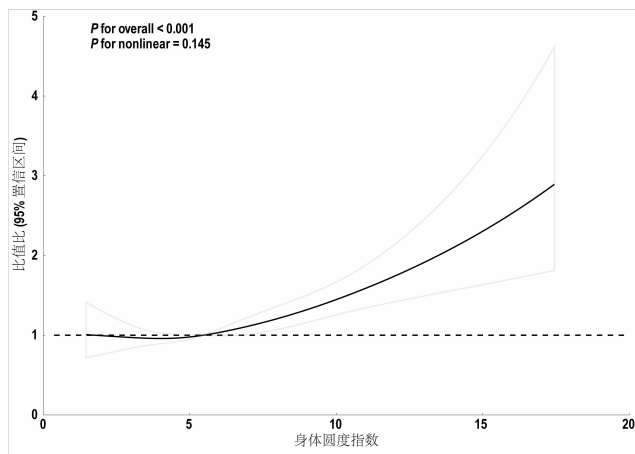
图 2 展示了 BRI 与睡眠障碍的限制性立方样条回归结果。BRI 与睡眠障碍显著正相关 ( $P_{overall}<0.001$ ),且关联随 BRI 增加逐渐增强。非线性检验  $P$  值为 0.145,提示无显著非线性趋势。

**表 2** BRI 指数与睡眠障碍之间关联的加权多因素 logistic 分析

**Table 2** Weighted multivariate logistic analysis of the association between body roundness index and sleep disorders

回归模型	OR(95%CI)	P 值
粗调模型	1.13(1.11 ~ 1.16)	<0.001
微调模型	1.13(1.10 ~ 1.15)	<0.001
全调整模型	1.08(1.03 ~ 1.14)	0.022

注:微调模型调整年龄、性别、种族;完全调整模型调整包含上述三项并扩展至教育、婚姻、收入、BMI、饮酒、吸烟、高血压、糖尿病、娱乐活动、咖啡因摄入、抑郁状态。



注:实线表示 BRI 指数与睡眠障碍之间的平滑曲线拟合;浅色区域代表拟合曲线的 95%置信区间;平滑曲线已根据年龄、性别、种族、受教育程度、婚姻状态、贫困收入比、BMI、饮酒情况、吸烟情况、高血压、糖尿病、娱乐活动、咖啡因摄入及抑郁状态进行调整。

**图 2** BRI 指数与睡眠障碍的关系

**Figure 2** Relationship between body roundness index and sleep disorders

**2.3 亚组分析** 表 3 亚组分析显示,不同人群中 BRI 与睡眠障碍的关联存在显著差异。 $<60$ 岁人群中, BRI 与睡眠障碍显著相关 ( $OR=1.12, 95\% CI: 1.05 \sim 1.19, P<0.001$ ),交互作用显著 ( $P=0.002$ )。未婚者中关联较为显著 ( $OR=1.19, 95\% CI: 1.11 \sim 1.28, P=0.005$ ),交互作用显著 ( $P<0.001$ )。此外,高血压

( $OR=1.12, 95\% CI: 1.07 \sim 1.16, P<0.001$ )和糖尿病 ( $OR=1.18, 95\% CI: 1.08 \sim 1.29, P<0.001$ )患者中关联显著,交互作用分别为  $P=0.033$  和  $P=0.012$ 。这表明年龄、婚姻状态、高血压和糖尿病可能调节 BRI 与睡眠障碍的关联。

**表 3** BRI 指数与睡眠障碍之间关联的亚组分析

**Table 3** Subgroup analysis of the association between body roundness index and sleep disorders

亚组	BRI[OR(95%CI)]	P 值	交互作用的 P 值
年龄(岁)			0.002
<60	1.12 (1.05 ~ 1.19)	<0.001	
≥60	0.98 (0.91 ~ 1.06)	0.612	
性别			0.277
男	1.12 (1.03 ~ 1.22)	0.043	
女	1.07 (1.00 ~ 1.13)	0.056	
种族			0.075
墨西哥裔美国人	1.01 (0.95 ~ 1.07)	0.751	
其他西班牙裔	1.06 (0.94 ~ 1.18)	0.421	
非西班牙裔白人	1.08(0.99 ~ 1.17)	0.097	
非西班牙裔黑人	1.12(1.06 ~ 1.18)	0.028	
其他种族	1.15(1.02 ~ 1.29)	0.011	
受教育程度			0.171
高中以下	1.15(1.05 ~ 1.27)	0.032	
高中	1.10(1.02 ~ 1.19)	0.054	
高中以上	1.06(1.00 ~ 1.13)	0.131	
婚姻状态			<0.001
已婚/与伴侣同住	1.06(1.00 ~ 1.13)	0.112	
离婚/丧偶/分居	1.04(0.96 ~ 1.13)	0.380	
从未结婚	1.19(1.11 ~ 1.28)	0.005	
贫困收入比			0.626
<1.3	1.08(1.00 ~ 1.16)	0.068	
1.3 ~ 3.49	1.10(1.03 ~ 1.18)	0.044	
≥3.5	1.06(0.98 ~ 1.14)	0.184	
BMI(kg/m <sup>2</sup> )			0.563
<25	1.00(0.84 ~ 1.19)	0.981	
25 ~ 29	1.04(0.92 ~ 1.18)	0.555	
≥30	1.09(1.04 ~ 1.15)	0.022	
饮酒情况			0.973
是	1.08(1.02 ~ 1.14)	0.032	
否	1.08(0.99 ~ 1.18)	0.124	
吸烟情况			0.728
现在吸烟	1.05(0.96 ~ 1.15)	0.337	
过去吸烟	1.10(1.02 ~ 1.17)	0.049	
从不吸烟	1.09(1.02 ~ 1.16)	0.053	
高血压			0.033
是	1.12(1.07 ~ 1.16)	<0.001	
否	1.05(0.98 ~ 1.13)	0.197	
糖尿病			0.012

(续表)

亚组	BRI[OR(95%CI)]	P 值	交互作用的 P 值
是	1.18(1.08 ~ 1.29)	<0.001	
否	1.06(1.00 ~ 1.12)	0.101	
娱乐活动			0.188
是	1.05 (0.98, 1.13)	0.185	
否	1.10 (1.04, 1.17)	0.015	
抑郁状态			0.711
是	1.10 (0.99, 1.23)	0.135	
否	1.08 (1.03, 1.14)	0.028	

注:除分层变量本身外,对年龄、性别、种族、教育程度、婚姻状态、贫困收入比、BMI、饮酒、吸烟、高血压、糖尿病、娱乐活动和抑郁状态进行调整。

**2.4 敏感性分析** 为验证结果,进行了多重插补。敏感性分析显示,在完全调整模型中,结果相似( $OR=1.08$ ,  $95\%CI: 1.03 \sim 1.12$ ,  $P<0.001$ ),支持分析结果的稳健性。见表 4。

表 4 多次插补后回归模型结果

Table 4 Regression model results after multiple imputation

回归模型	OR(95%CI)	P 值
粗调模型	1.13(1.11 ~ 1.16)	<0.001
微调模型	1.13(1.10 ~ 1.15)	<0.001
全调整模型	1.08(1.03 ~ 1.12)	<0.001

### 3 讨论

本研究发现较高的 BRI 与睡眠障碍显著正相关,并且在年龄、性别和生活方式亚组中表现出差异。即使调整混杂因素后,较高的 BRI 仍与更高的睡眠障碍发生率相关,提示 BRI 可能是睡眠障碍的关联指标。

本研究的结果与先前关于肥胖和睡眠障碍之间关系的研究基本一致。已有研究表明,BMI 与多种睡眠障碍(如睡眠呼吸暂停和失眠)显著相关<sup>[15]</sup>。然而,BMI 作为传统的肥胖评估指标,无法准确反映体脂特别是腹部脂肪的分布。腹部肥胖与呼吸系统疾病和代谢综合征的关系已被证实<sup>[16]</sup>。研究指出,腹部脂肪堆积可能通过气道阻塞和代谢功能失调,增加睡眠呼吸暂停的风险<sup>[17]</sup>。相比之下,新的体型测量指标 BRI,能够更精确地反映个体的腹部脂肪分布和体脂含量<sup>[4]</sup>。一些近期研究表明,BRI 在预测心血管疾病、糖尿病等疾病方面表现优于 BMI<sup>[18-19]</sup>。尽管此前少量研究已经尝试探索腹部肥胖指标与睡眠问题的关联<sup>[20]</sup>,本研究首次系统性地应用 BRI,探讨其与睡眠障碍的关联。

BRI 反映了个体的腹部脂肪堆积,已被证实与代谢综合征和心血管疾病密切相关<sup>[21]</sup>。腹部肥胖可能通过增加呼吸道压力,特别是在睡眠时加重呼吸肌负

担,从而影响睡眠质量,导致睡眠呼吸暂停等障碍<sup>[22]</sup>。研究显示,内脏脂肪过多会加剧上气道阻塞,导致夜间呼吸不规律和缺氧,从而干扰睡眠<sup>[23]</sup>。此外,腹部脂肪组织释放多种促炎因子和脂肪因子(如 IL-6、TNF- $\alpha$  和瘦素),这些因子可能引发全身性炎症反应和内分泌失调,进而影响睡眠<sup>[24]</sup>。慢性炎症与睡眠障碍之间的关联已在研究中得到证实,提示 BRI 可能通过炎症途径影响睡眠质量<sup>[25-26]</sup>。因此,BRI 与睡眠障碍的关联可能反映腹部脂肪堆积引发的多重病理生理机制。

本研究的亚组分析显示,年龄、婚姻状态、高血压和糖尿病显著影响 BRI 与睡眠障碍的关系。BRI 与睡眠障碍的关联在 <60 岁群体中更显著,而在 60 岁及以上群体中不明显,这可能与老年人中脂肪分布的变化有关<sup>[27]</sup>。此外,老年人可能因共病如慢性阻塞性肺病和心血管疾病而有更复杂的睡眠障碍原因,从而减弱了 BRI 的影响<sup>[28]</sup>。婚姻状态也是一个重要因素,未婚群体中 BRI 与睡眠障碍的关联更强,这可能与缺乏社会支持和稳定的生活方式有关,从而导致不良的健康行为和睡眠质量<sup>[29]</sup>。高血压和糖尿病也显著调节了 BRI 与睡眠障碍的关系,高血压可能通过影响血管功能和增加代谢负担来加剧睡眠障碍<sup>[30]</sup>,而糖尿病患者的胰岛素抵抗和慢性炎症可能进一步破坏代谢功能,增加睡眠障碍风险<sup>[31]</sup>。这些发现强调了在研究设计和临床干预中,考虑年龄、婚姻状况、高血压和糖尿病等个体特征的重要性,以便为不同高风险群体提供个性化的预防和治疗方案。

本研究的优势在于大样本量,增强了研究的检验效能和代表性。考虑到抽样权重和调整混杂因素,我们提供了 BRI 与睡眠障碍关系的精确估计。然而,本研究也存在一些局限性。首先,作为横断面研究,无法确定因果关系,建议未来进行队列研究验证。其次,睡眠障碍数据基于自我报告,可能影响准确性,未来可使用更精确的方法(如多导睡眠仪)验证<sup>[32]</sup>。最后,问卷设计未能全面涵盖影响睡眠障碍的潜在因素。未来研究应考虑包括睡眠效率、入睡时间、药物使用等多维度指标<sup>[33]</sup>。

研究表明,较高的 BRI 与睡眠障碍之间存在显著正相关。然而,仍需要进一步的大规模前瞻性研究来验证本研究的结论。

**利益冲突声明** 本研究不存在任何利益冲突

### 参考文献

- Qi MYZ, Janssen I, Barinas-Mitchell E, et al. The quantity and quality of cardiovascular fat at mid-life and future cognitive performance among women: The SWAN cardiovascular fat ancillary study[J]. *Alzheimers & Dementia*, 2023, 19(9): 4073-4083.

- [ 2 ] Elmaleh-Sachs A, Schwartz JL, Bramante CT, et al. Obesity management in adults: a review [J]. *JAMA : the Journal of the American Medical Association*, 2023, 330(20): 2000–2015.
- [ 3 ] Berikol G, Eksi MŞ, Aydın L, et al. Subcutaneous fat index: a reliable tool for lumbar spine studies [J]. *European Radiology*, 2022, 32(9): 6504–6513.
- [ 4 ] Thomas DM, Bredlau C, Bosy-Westphal A, et al. Relationships between body roundness with body fat and visceral adipose tissue emerging from a new geometrical model [J]. *Obesity (Silver Spring, Md.)*, 2013, 21(11): 2264–2271.
- [ 5 ] Liu XM, Ma YM, Ouyang RY, et al. The relationship between inflammation and neurocognitive dysfunction in obstructive sleep apnea syndrome[J]. *Journal of Neuroinflammation*, 2020, 17(1): 229.
- [ 6 ] Tafelmeier M, Luft L, Zistler E, et al. Central sleep apnea predicts pulmonary complications after cardiac surgery [J]. *Chest*, 2021, 159(2): 798–809.
- [ 7 ] Zheng YZ, Phillips CL, Sivam S, et al. Cardiovascular disease in obesity hypoventilation syndrome—A review of potential mechanisms and effects of therapy[J]. *Sleep Medicine Reviews*, 2021, 60: 101530.
- [ 8 ] Zhang Y, Liu J, Yao JA, et al. Obesity: pathophysiology and intervention[J]. *Nutrients*, 2014, 6(11): 5153–5183.
- [ 9 ] Chaput JP, McHill AW, Cox RC, et al. The role of insufficient sleep and circadian misalignment in obesity [J]. *Nature Reviews Endocrinology*, 2023, 19(2): 82–97.
- [ 10 ] Lee SM, Ryu S, Lee GE, et al. Risk of sleep apnea is associated with abdominal obesity among Asian americans: comparing Waist-to-Hip ratio and body mass index[J]. *J Racial Ethn Health Disparities*, 2024, 11(1): 157–167.
- [ 11 ] Nazzal Z, Khatib B, Al-Quqa B, et al. The prevalence and risk factors of urinary incontinence among women with type 2 diabetes in the North West Bank: a cross-sectional study [J]. *Lancet*, 2021, 398(Suppl 1): S42.
- [ 12 ] Kase BE, Liu JH, Wirth MD, et al. Associations between dietary inflammatory index and sleep problems among adults in the United States, NHANES 2005–2016[J]. *Sleep Health*, 2021, 7(2): 273–280.
- [ 13 ] Li HJ, Zhang Y, Luo HC, et al. The lipid accumulation product is a powerful tool to diagnose metabolic dysfunction-associated fatty liver disease in the United States adults [J]. *Frontiers in Endocrinology*, 2022, 13: 977625.
- [ 14 ] Lee PH. Validation of the National health and nutritional survey (NHANES) single-item self-reported sleep duration against wrist-worn accelerometer [J]. *Schlaf & Atmung*, 2022, 26(4): 2069–2075.
- [ 15 ] Brooks holliday S, Dong L, Haas A, et al. Longitudinal associations between sleep and BMI in a low-income, predominantly Black American sample[J]. *Sleep Health*, 2023, 9(1): 11–17.
- [ 16 ] Molani gol R, Rafraf M. Association between abdominal obesity and pulmonary function in apparently healthy adults: A systematic review [J]. *Obesity Research & Clinical Practice*, 2021, 15(5): 415–424.
- [ 17 ] Zhao AB, Hao B, Liu SM, et al. A prediction nomogram of severe obstructive sleep apnea in patients with obesity based on the liver stiffness and abdominal visceral adipose tissue quantification [J]. *Nature and Science of Sleep*, 2024, 16: 1515–1527.
- [ 18 ] Chen YJ, Wang CC, Sun QN, et al. Comparison of novel and traditional anthropometric indices in Eastern-China adults: which is the best indicator of the metabolically obese normal weight phenotype?[J]. *BMC Public Health*, 2024, 24(1): 2192.
- [ 19 ] Jiang NN, Zhang SG, Chu JG, et al. Association between body roundness index and non-alcoholic fatty liver disease detected by Fibroscan in America [J]. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, 2023, 37(19/20): e24973.
- [ 20 ] Da silva NC, da Silva GPJT, Onofri SMM, et al. Obstructive sleep apnea and orofacial myofunctional aspects in obesity [J]. *Schlaf & Atmung*, 2023, 27(4): 1351–1358.
- [ 21 ] Wang JN, Wu MY, Wu SL, et al. Relationship between body roundness index and the risk of heart failure in Chinese adults: the Kailuan cohort study[J]. *ESC Heart Fail*, 2022, 9(2): 1328–1337.
- [ 22 ] Li LP, Umbach DM, Li YY, et al. Sleep apnoea and hypoventilation in patients with five major types of muscular dystrophy[J]. *BMJ Open Respir Res*, 2023, 10(1): e001506.
- [ 23 ] Zheng CY, Zheng XL, Lin XY, et al. Visceral adipose tissue indices independently correlated with obstructive sleep apnea in patients with type 2 diabetes [J]. *Journal of Diabetes Research*, 2022, 2022: 4950528.
- [ 24 ] Lee J, Kang J, Kim Y, et al. Integrated analysis of the microbiota-gut-brain axis in response to sleep deprivation and diet-induced obesity[J]. *Frontiers in Endocrinology*, 2023, 14: 1117259.
- [ 25 ] Yang YY, Gu KQ, Meng CY, et al. Relationship between sleep and serum inflammatory factors in patients with major depressive disorder [J]. *Psychiatry Research*, 2023, 329: 115528.
- [ 26 ] Chen L, Nini W, Jinmei Z, et al. Implications of sleep disorders for periodontitis[J]. *Sleep and Breathing*, 2023, 27(5): 1655–1666.
- [ 27 ] Qian SF, Wen QQ, Huang TS, et al. Dynapenic abdominal obesity and incident functional disability: Results from a nationwide longitudinal study of middle-aged and older adults in China [J]. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 2024, 123: 105434.
- [ 28 ] Hu ZG, Tian YF, Song XY, et al. Associations between incident asthma with comorbidity profiles, night sleep duration, and napping duration trajectories: a 7-Year prospective study [J]. *International Journal of Public Health*, 2022, 67: 1604939.
- [ 29 ] Lee KW, Shin D. Relationships of dietary factors with obesity, hypertension, and diabetes by regional type among Single-Person households in Korea[J]. *Nutrients*, 2021, 13(4): 1218.
- [ 30 ] Roberts R, Huckstepp RTR. Innate sleep apnea in spontaneously hypertensive rats is associated with microvascular rarefaction and neuronal loss in the preBötzing complex [J]. *Stroke*, 2023, 54(12): 3141–3152.
- [ 31 ] Antza C, Kostopoulos G, Mostafa S, et al. The links between sleep duration, obesity and type 2 diabetes mellitus [J]. *Journal of Endocrinology*, 2021, 252(2): 125–141.
- [ 32 ] Cudney LE, Frey BN, McCabe RE, et al. Investigating the relationship between objective measures of sleep and self-report sleep quality in healthy adults: a review[J]. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 2022, 18(3): 927–936.
- [ 33 ] Luo YD, Du J, Wang JQ, et al. Progressive muscle relaxation alleviates anxiety and improves sleep quality among healthcare practitioners in a Mobile cabin hospital: a pre-post comparative study in China[J]. *Frontiers in Psychology*, 2024, 15: 1337318.