

[文章编号] 1671-587X(2025)03-0848-07

DOI:10.13481/j.1671-587X.20250332

## 体质量调整腰围指数在肥胖相关疾病风险预测及评估中应用的研究进展

王 琦, 姜玲玉, 刘向荣

(长春中医药大学护理学院中医护理教研室, 吉林 长春 130117)

[摘 要] 与传统肥胖评价指标比较, 体质量调整腰围指数 (WWI) 是将腰围 (WC) 与体质量的平方根相结合, 能够更加准确反映肥胖患者腹部脂肪堆积与体质量变化的关系, 并预测 2 型糖尿病 (T2DM)、高尿酸血症、心力衰竭、腹主动脉钙化 (AAC)、男性勃起功能障碍 (ED)、骨关节炎 (OA)、哮喘、痴呆和脑卒中等肥胖相关疾病发生风险, WWI 可能是中国成年高血压患者左心室肥厚 (LVH) 的独立决定因素和脑卒中的独立危险因素。现结合近年来国内外相关研究, 分析 WWI 与内分泌代谢病 (CVD)、心血管疾病、生殖系统疾病、神经系统疾病、哮喘、骨关节疾病和非酒精性肝纤维化 (NAFLD) 等肥胖相关疾病风险评估及预测的相关性, 旨在为进一步研究肥胖相关疾病的评估及预测提供参考。

[关键词] 体质量调整腰围指数; 肥胖; 肥胖相关疾病; 腹部脂肪堆积; 风险预测

[中图分类号] R589.2 [文献标志码] A

## Research progress in application of weight-adjusted waist circumference index in risk prediction and evaluation of obesity-related diseases

WANG Qi, JIANG Lingyu, LIU Xiangrong

(Department of Chinese Medicine Nursing, School of Nursing, Changchun University of Chinese Medicine, Changchun 130117, China)

**ABSTRACT** Compared with traditional obesity evaluation indexes, the weight-adjusted waist index (WWI) is a combination of waist circumference (WC) and the square root of body mass. WWI can accurately reflect the relationship between abdominal fat accumulation and body mass changes in the obese patients, and it can predict the risk of obesity-related diseases, such as type 2 diabetes mellitus (T2DM), hyperuricemia, heart failure, abdominal aortic calcification (AAC), erectile dysfunction (ED) in the males, osteoarthritis (OA), asthma, dementia and stroke, and may be an independent determinant of left ventricular hypertrophy (LVH) and an independent risk factor for stroke in Chinese adult hypertensive patients. The correlations between WWI and the risk assessment and prediction of obesity-related diseases, such as endocrine

[收稿日期] 2024-06-13 [录用日期] 2024-08-31

[基金项目] 吉林省科技厅自然科学基金项目 (YDZJ202401057ZYTS)

[作者简介] 王 琦 (1997—), 男, 黑龙江省绥化市人, 在读硕士研究生, 主要从事中西医结合护理理论与实践方面的研究。

[通信作者] 刘向荣, 副教授, 硕士研究生导师 (E-mail: 375239503@qq.com)

©《吉林大学学报(医学版)》编辑部, 开放获取遵循 CC BY-NC-ND 协议。

© Editorial Board of Journal of Jilin University (Medicine Edition). Open access under CC BY-NC-ND license.

metabolic diseases, cardiovascular diseases(CVD), reproductive diseases, neurological diseases, asthma, osteoarthritis, and non-alcoholic liver fibrosis (NAFLD), were now analysed in combination of the recent domestic and international related studies, with the aim of providing references for the further study of the assessment and prediction of obesity-related diseases.

**KEYWORDS** Weight-adjusted waist index; Obesity; Obesity-related diseases; Abdominal-fat accumulation; Risk prediction

肥胖是糖尿病、高血压、心血管和骨关节疾病等慢性病的危险因素,其发展形势日益严峻。预计至2030年,美国每2名成年人中就有1人肥胖,印度有超过1.35亿人受到肥胖的影响,我国成年人中超重和肥胖的比例将攀升至26.4%<sup>[1-4]</sup>。目前,多采用体质量指数(body mass index, BMI)评价肥胖程度,但有研究<sup>[5]</sup>证实:在具有相同BMI的个体之间,脂肪组织的实际分布存在明显差异, BMI无法全面反映肥胖患者的脂肪分布情况。超重和肥胖患者在心血管疾病(cardiovascular disease, CVD)的预后方面优于正常体质量的患者,这种与传统观念相悖的现象称为“肥胖悖论”,揭示了BMI在评估脂肪分布和疾病预后中的不足<sup>[6-7]</sup>。体质量调整腰围指数(weight-adjusted waist index, WWI)通过将腰围(waist circumference, WC)与体质量的平方根结合,能够更准确地反映腹部脂肪堆积情况,从而更精准地评估肥胖及肥胖相关健康风险。WWI突破了传统单一指标评估健康状况的局限,分析体质量与WC之间的比例关系。同时, WWI还具有无创和计算简单等特点。目前国内外对WWI与肥胖相关疾病关系的研究较少,本文作者对WWI与肥胖相关疾病的可能关系进行综述,为探讨肥胖相关疾病的发生发展、诊断和预后及阐明WWI与肥胖相关疾病之间的关系提供参考。

## 1 WWI的概念

WWI由PARK等<sup>[8]</sup>于2018年提出,是一种用于评估个体腹部脂肪分布及与之相关健康风险的新型指标。WC可以更精确地反映腹部脂肪的堆积情况,然而单纯的WC测量可能受到个体体型和体质量的影响,故将WC与体质量进行调整,用WC(cm)除以体质量(kg)的平方根计算WWI,从而提供更精确且独立于BMI的健康风险评估工具<sup>[9]</sup>。

## 2 WWI在肥胖相关疾病风险评估和预测中的应用

### 2.1 WWI与内分泌代谢病

肥胖是内分泌代谢紊乱发病的主要病因<sup>[10]</sup>,

肥胖导致内分泌系统功能异常,触发包括内分泌干扰物暴露<sup>[11]</sup>、慢性低度炎症状态<sup>[12]</sup>和胰岛素抵抗现象<sup>[13]</sup>等在内的多种病理机制,相关机制共同构建了肥胖个体罹患内分泌代谢疾病的关键因素。

2.1.1 WWI与2型糖尿病(type 2 diabetes mellitus, T2DM) T2DM的发生与肥胖和腹部脂肪堆积密切相关。一项针对中国农村35周岁以上9205例糖尿病患者的研究<sup>[14]</sup>结果显示:饮酒量、受教育水平、年收入状况和体力活动水平是造成WWI升高的主要原因,且T2DM的发病率随着WWI升高而增加,在调整性别、年龄、BMI、WC、血脂水平或其他心脑血管危险因素后T2DM与WWI具有明显相关性。SUN等<sup>[15]</sup>在一项涉及15464名受试者随访6.05年的研究中发现:WWI水平每增加1个单位,罹患T2DM的风险增加1.96倍,且WWI与新发T2DM之间存在明确的线性正相关关系。LI等<sup>[16]</sup>通过对20477名参与者长达17年的基线数据分析发现:T2DM发病率随着WWI水平升高而升高,WWI每增加1个单位,T2DM的发病率增加42%。与WC和BMI等其他肥胖指标比较,WWI在预测T2DM发生风险方面具有更高的准确性,可为制定更为精准的预防和治疗T2DM评估策略提供参考。

2.1.2 WWI与高尿酸血症 DING等<sup>[17]</sup>研究发现:WWI升高与高尿酸血症的发病率升高呈正相关关系,且不受分层变量年龄、性别和高血压的影响。ZHAO等<sup>[18]</sup>研究显示:WWI与高尿酸血症呈线性正相关关系,WWI每增加一个单位,男性高尿酸血症的风险增加37%,女性高尿酸血症的风险增加35%,进一步证实了WWI作为高尿酸血症预测评估指标的价值。LI等<sup>[19]</sup>对6494名参与者进行的横断面调查研究结果显示:20岁以上成年人血清尿酸水平与WWI之间呈明显正相关关系,且女性血清尿酸水平随着WWI的增加而稳步上升,而男性在WWI达到 $11.5 \text{ cm} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时存在拐点,呈现微小的倒U形曲线,可能与男性体内尿酸代谢机制的复杂性及其对WWI变化的特异性反应有关。

上述研究为高尿酸血症的早期诊断和风险预测提供了新的参考。

## 2.2 WWI与CVD

肥胖直接或间接增加CVD的发病率和病死率。肥胖状态下,心室结构和功能发生重塑以适应过量的体质量负担,同时脂肪组织释放脂肪因子在调控炎症反应和血管稳态的过程中导致心血管疾病的发生。此外,肥胖诱发的胰岛素抵抗、高血糖、高血压和血脂异常等代谢异常以及机体代谢紊乱,共同引发动脉粥样硬化的形成、血管内皮功能的损害及心室重构,从而加速CVD的发生与发展<sup>[20]</sup>。

PARK等<sup>[8]</sup>比较了WWI与BMI、WC、腰围身高比(waist-to-height Ratio, WHtR)和体形指数(a body shape index, ABSI)对CVD发病率及死亡风险的影响,结果显示:WWI在预测CVD死亡风险方面性能最佳。同时WWI对CVD发生率也具有较弱的预测能力<sup>[21]</sup>。DING等<sup>[22]</sup>研究发现:高水平的WWI与CVD死亡率呈非线性正相关关系,当 $WWI \geq 11.2 \text{ cm} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,心血管死亡风险明显增加,且不受BMI和WC的影响,验证了WWI作为独立预测因素的价值。

2.2.1 WWI与心力衰竭 一项由25 509名美国成年受试者参与的为期19年的横断面调查研究<sup>[23]</sup>结果显示:WWI与心力衰竭风险之间具有显著、线性和稳定的相关性,WWI最高组心力衰竭的发病率是WWI最低组的1.67倍,该研究结果提示WWI在预测心力衰竭方面的潜在价值。TAO等<sup>[24]</sup>研究显示:心力衰竭发病风险随着WWI的升高而升高,WWI每增加1个单位,心力衰竭发病风险增加69.5%。当WWI最高四分位数的参与者较WWI最低四分位数的参与者发病风险增加了190.9%。WWI在心力衰竭的早期诊断和风险评估中发挥重要作用,为心力衰竭的预防和管理提供了更加简便有效的评估工具。

2.2.2 WWI与高血压 一项我国农村高血压发病率的队列研究<sup>[25]</sup>结果显示:WWI最高队列是WWI最低队列高血压发生率的1.5倍,表明WWI较BMI和WC能更好地预测高血压的发生。另有研究<sup>[26]</sup>结果显示:WWI升高与老年人高血压发病率呈正相关关系,尤其在60~69岁年龄段最为显著。CAI等<sup>[27]</sup>对4 715例高血压患者超声心动图的数据进行分析,结果显示:WWI与左心室肥厚(left ventricular hypertrophy, LVH)独立相关,WWI可能是中国

成年高血压患者LVH的独立决定因素。因此,WWI对于预测高血压的发生具有一定的价值。

2.2.3 WWI与腹主动脉钙化(abdominal aortic calcification, AAC) 一项美国NHANES数据库的研究<sup>[28]</sup>显示:较高的WWI水平导致AAC评分增加, AAC发病风险增加,表明WWI与AAC评分呈正相关关系,进一步表明WWI可作为预测美国40岁以上成年人发生AAC风险的简易标志物。另有一项10 175人参加的横断面调查研究<sup>[29]</sup>结果显示:WWI每升高1个单位, AAC评分就增加0.95个单位, WWI与AAC评分呈线性正相关关系,而BMI则与AAC评分呈负相关关系, WC与AAC评分无相关性,表明WWI与AAC的发生发展密切相关, WWI在预测AAC方面优于BMI和WC。因此,将WWI作为AAC风险评估工具,对于早期识别高危人群,制定个体化干预策略具有重要意义。

## 2.3 WWI与生殖系统疾病

肥胖不仅与胰岛素抵抗、瘦素抵抗、糖尿病和心血管系统疾病等慢性病密切相关,对生殖系统也有明显影响,特别是常导致男性睾丸功能受损和不育症的发生<sup>[30]</sup>。近年来,男性肥胖与男性不育呈现同步上升趋势,可能与肥胖干扰下丘脑-垂体-睾丸轴的正常功能,进而导致精子质量和性健康受损有关<sup>[31-34]</sup>。一项包括3 884例受试者的横断面调查研究<sup>[35]</sup>结果显示:WWI与勃起功能障碍(erection dysfunction, ED)呈正相关关系, WWI每升高1个单位, ED发病风险增加75%, WWI最高四分位数的调查个体ED发病风险比最低四分位数个体高178%,且WWI对ED的预测能力优于BMI和WC。此外,肥胖同样是女性不孕的重要危险因素。一项美国育龄女性的调查研究<sup>[36]</sup>结果显示:较高的WWI水平与不孕率的增加有明显相关性, WWI可作为评估不孕高风险的有效工具。相较于WC、BMI和ABSI等其他肥胖指标, WWI与不孕风险之间的关联性更为紧密<sup>[37]</sup>。综上, WWI作为一种综合性的肥胖评估指标,在预测和评估生殖系统疾病,特别是与肥胖相关的不孕不育症和性功能障碍方面具有重要的临床应用价值。

## 2.4 WWI与骨关节疾病

一项6 923名8~19岁青少年参与的调查研究<sup>[38]</sup>结果显示:WWI与总骨密度(bone mineral density, BMD)呈负相关关系, WWI升高1个单位,总BMD减少 $0.03 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2}$ ,提示脂肪分布特征对青少

年骨骼发育具有重要影响。KIM等<sup>[39]</sup>研究结果显示:WWI与成年人总体脂肪百分比呈正相关关系,与四肢肌肉质量和BMD呈负相关关系,表明WWI可作为反映体脂分布与肌肉骨骼健康关系的重要评估指标。另有研究<sup>[40]</sup>显示:老年人群WWI与骨质疏松(osteoporosis, OP)之间呈正相关关系,特别是当 $WWI \geq 12 \text{ cm} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,OP患病率随WWI升高而升高,进一步证实肥胖和OP之间存在正相关关系。WWI在不同年龄段均与骨骼健康密切相关,是评估体脂分布及其对肌肉骨骼健康影响的重要指标。

除OP外,肥胖还是关节炎的重要危险因素。一项针对20~80岁美国成年人的研究<sup>[41]</sup>结果显示:WWI和骨关节炎(osteoarthritis, OA)患病率之间呈明显的正相关关系,WWI的升高直接导致OA患病率的升高。提示体质量管理在预防OA发生中的关键作用,同时也表明了WWI作为评估OA风险指标的实用性。WWI作为反映体质量分布与肌肉骨骼健康关系的综合指标,在预测和评估OP及OA等肌肉骨骼疾病方面具有重要价值。

### 2.5 WWI与痴呆和脑卒中

肥胖作为多种慢性疾病的重要危险因素,与神经系统疾病,特别是老年痴呆和脑卒中有关联已成为共识<sup>[42-43]</sup>。一项涵盖BMI、WHtR、WWI、ABSI、体圆度指数和锥削度指数(conicity index, ConI)等肥胖评估指标与痴呆风险关联的研究<sup>[44]</sup>结果显示:较高的WWI、ABSI和ConI与痴呆风险增加存在关联,且这种关联独立于人口学特征、生活方式因素和慢性健康状况。我国一项针对高血压人群的横断面调查研究<sup>[45]</sup>结果显示:WWI与痴呆独立相关,WWI与简易精神状态检查量表评分呈线性正相关关系,即随着WWI升高,痴呆的发病率随之升高,该研究不仅强化了WWI作为痴呆预测评估工具的潜力,也为肥胖管理在预防痴呆发生的干预方面提供了有力证据。一项23 389名参与者的横断面调查研究<sup>[46]</sup>结果显示:WWI较高的个体罹患脑卒中的风险明显增加,WWI最高四分位数的个体发生脑卒中的风险比处于最低四分位数的个体高62%,提示高水平的WWI可能是脑卒中的一个独立危险因素,强调了WWI评估在预防和治疗卒中方面的重要性。

### 2.6 WWI与哮喘

肥胖与成人哮喘的发病存在因果关系,肥胖患

者脂肪分布的不均衡被认为可能加剧全身和气道的炎症反应,从而促进哮喘的发生<sup>[47]</sup>。YU等<sup>[48]</sup>对44 480名20岁以上成年人的研究结果显示:WWI升高使哮喘患病率升高,且两者之间存在非线性相关性;此外,随着WWI的逐渐升高,首次哮喘发病的年龄呈现出年轻化趋势,该结果进一步强调了WWI在哮喘早期发病中的潜在预测作用。HAN等<sup>[49]</sup>通过对9 170名参与者的数据分析发现:哮喘持续时间与WWI之间呈正相关关系,其关联在男性、年龄小于40岁以及12岁前有哮喘发作史的个体中尤为突出。该研究结果不仅揭示了WWI在哮喘病程中的作用,还提示WWI在不同性别、年龄和哮喘史个体中的差异性影响。WWI为哮喘的早期识别、风险评估及干预策略的制定提供了新的研究视角。

### 2.7 WWI与非酒精性脂肪肝(non-alcoholic fatty liver disease, NAFLD)和肝纤维化

目前全球NAFLD患病率已超过25%,预计未来10年NAFLD将成为最常见的肝脏疾病<sup>[50]</sup>。胰岛素抵抗、血脂异常或肥胖者通常易罹患NAFLD。SHEN等<sup>[51]</sup>研究显示:WWI与肝脂肪变性呈明显正相关关系,WWI每升高1个单位,肝脏脂肪变性增加 $7.60 \text{ dB} \cdot \text{m}^{-1}$ ,且在有过量饮酒行为的个体中更为明显,提示WWI可作为评估肝脏脂肪沉积的敏感指标。HU等<sup>[52]</sup>的研究结果深化了对WWI与NAFLD及其进展为肝纤维化之间的认识,认为WWI不仅与NAFLD呈正相关关系,还与肝纤维化密切相关,当WWI水平低于 $11.4412 \text{ cm} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,WWI与NAFLD之间的正相关性更加明显,并且研究揭示了WWI与NAFLD及肝纤维化关联在不同人群特征中的差异性,在年龄 $<40$ 岁的白种男性参与者中,WWI与NAFLD和肝纤维化之间具有明显正相关关系。因此,WWI作为评估肥胖与脂肪分布的综合指标,在NAFLD及肝纤维化发展中的关键作用已得到初步验证,为进一步探索WWI在NAFLD和肝纤维化早期诊断、风险评估及预后预测中的应用价值提供依据。

### 3 WWI作为疾病诊断和预测指标的局限性

WWI作为一种综合评估肥胖及其相关健康风险的指标,在预测多种疾病的发生发展方面具有重要意义,然而其预测能力受到多种因素的影响,包括腹部脂肪堆积程度、代谢异常、炎症状态、内分泌紊乱、气道炎症、气道高反应性、肝脏脂

质代谢和纤维化过程等,尤其是针对不同疾病患者 WWI 的参考区间和年龄差异等因素均影响其预测的准确性。研究<sup>[25]</sup>表明:在高血压患者中,  $WWI \geq 10.91 \text{ cm} \cdot \text{kg}^{-1}$  人群的发病率是  $WWI < 9.94 \text{ cm} \cdot \text{kg}^{-1}$  人群的 1.5 倍;在 CVD 患者中,  $WWI \geq 11.33 \text{ cm} \cdot \text{kg}^{-1}$  者 CVD 病死率升高 95%, 全因死亡率升高 68%;OP 患者在  $WWI \geq 12.00 \text{ cm} \cdot \text{kg}^{-1}$  时随着 WWI 的升高 OP 发生率亦升高<sup>[39]</sup>;当  $WWI < 11.44 \text{ cm} \cdot \text{kg}^{-1}$  时, WWI 与 NAFLD 之间的正相关关系更加明显<sup>[52]</sup>。目前,尚未建立使用 WWI 评估肥胖相关疾病的标准,不同疾病和人群的参考值也存在差异。

#### 4 总结

腹部脂肪堆积是许多慢性疾病的重要危险因素,相较于 BMI、WC 和腰臀比等传统肥胖评估指标, WWI 在内分泌系统、心血管系统、骨关节和神经系统等疾病方面具有较高的预测效力及评估价值,因此 WWI 有望成为常规体检中的重要指标,同时也可成为早期筛查肥胖相关疾病风险、评估疾病干预效果和预后的重要工具。未来研究应聚焦于验证 WWI 在不同年龄群体(儿童、青少年和老年人)、不同种族和不同性别人群中的适用性,同时其在不同年龄段参考区间的差异也需更多研究验证,另可结合基因学、营养学和运动科学,深入探讨 WWI 与多因素交互作用下肥胖相关疾病的风险评估。

综上所述, WWI 不仅能够准确评估腹部脂肪堆积情况,而且在慢性疾病发病风险预测和疾病预后等方面展现出巨大潜力,有望成为未来肥胖相关疾病进行慢病管理的重要指标。

#### 利益冲突声明:

所有作者声明不存在利益冲突。

#### 作者贡献声明:

王琦参与文献收集和论文撰写,姜玲玉参与文献整理,刘向荣参与论文指导和修改。

#### [参考文献]

- [1] WARD Z J, BLEICH S N, CRADOCK A L, et al. Projected U.S. state-level prevalence of adult obesity and severe obesity[J]. *N Engl J Med*, 2019, 381(25): 2440-2450.
- [2] AHIRWAR R, MONDAL P R. Prevalence of obesity in India: a systematic review[J]. *Diabetes Metab Syndr*, 2019, 13(1): 318-321.
- [3] ZHU J J, ZHANG Y, WU Y L, et al. Obesity and dyslipidemia in Chinese adults: a cross-sectional study in Shanghai, China[J]. *Nutrients*, 2022, 14(11): 2321.
- [4] TIAN X, WANG H. Projecting national-level prevalence of general obesity and abdominal obesity among Chinese adults with aging effects [J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2022, 13: 849392.
- [5] KHAN I, CHONG M, LE A, et al. Surrogate adiposity markers and mortality[J]. *JAMA Netw Open*, 2023, 6(9): e2334836.
- [6] DRAMÉ M, GODAERT L. The obesity paradox and mortality in older adults: a systematic review [J]. *Nutrients*, 2023, 15(7): 1780.
- [7] TUTOR A W, LAVIE C J, KACHUR S, et al. Updates on obesity and the obesity paradox in cardiovascular diseases[J]. *Prog Cardiovasc Dis*, 2023, 78: 2-10.
- [8] PARK Y, KIM N H, KWON T Y, et al. A novel adiposity index as an integrated predictor of cardiometabolic disease morbidity and mortality [J]. *Sci Rep*, 2018, 8(1): 16753.
- [9] LIU H Y, MA Y, SHI L G. Higher weight-adjusted waist index is associated with increased likelihood of kidney stones[J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2023, 14: 1234440.
- [10] KHALIL W J, AKEBLERSANE M, KHAN A S, et al. Environmental pollution and the risk of developing metabolic disorders: obesity and diabetes[J]. *Int J Mol Sci*, 2023, 24(10): 8870.
- [11] MICIĆ D, POLOVINA S, MICIĆ D, et al. Endocrine disrupting chemicals and obesity: the evolving story of obesogens[J]. *Acta Endocrinol (Buchar)*, 2021, 17(4): 503-508.
- [12] BOUTARI C, DEMARSILIS A, MANTZOROS C S. Obesity and diabetes[J]. *Diabetes Res Clin Pract*, 2023, 202: 110773.
- [13] TONG Y, XU S, HUANG L L, et al. Obesity and insulin resistance: pathophysiology and treatment [J]. *Drug Discov Today*, 2022, 27(3): 822-830.
- [14] YU S S, WANG B, GUO X F, et al. Weight-adjusted-waist index predicts newly diagnosed diabetes in Chinese rural adults[J]. *J Clin Med*, 2023, 12(4): 1620.
- [15] SUN H X, LI Y, SHI J, et al. Weight-adjusted waist index is not superior to conventional anthropometric indices for predicting type 2 diabetes: a secondary analysis of a retrospective cohort study [J]. *Fam Pract*, 2023, 40(5/6): 782-788.

- [16] LI X M, ZHAO D, WANG H K. Association between weight-adjusted waist index and risk of diabetes mellitus type 2 in United States adults and the predictive value of obesity indicators[J]. *BMC Public Health*, 2024, 24(1): 2025.
- [17] DING Y Y, XU Z H, ZHOU X, et al. Association between weight-adjusted-waist index and the risk of hyperuricemia in adults: a population-based investigation[J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2023, 14: 1236401.
- [18] ZHAO P X, SHI W D, SHI Y M, et al. Positive association between weight-adjusted-waist index and hyperuricemia in patients with hypertension: The China H-type hypertension registry study[J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2022, 13: 1007557.
- [19] LI H, FANG G W, HUANG C C, et al. Association between the weight-adjusted waist index and serum uric acid: a cross-sectional study[J]. *Int J Clin Pract*, 2023, 2023: 8215866.
- [20] KOLIAKI C, LIATIS S, KOKKINOS A. Obesity and cardiovascular disease: revisiting an old relationship[J]. *Metabolism*, 2019, 92: 98-107.
- [21] FANG H Y, XIE F, LI K, et al. Association between weight-adjusted-waist index and risk of cardiovascular diseases in United States adults: a cross-sectional study[J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2023, 23(1): 435.
- [22] DING C C, SHI Y M, LI J P, et al. Association of weight-adjusted-waist index with all-cause and cardiovascular mortality in China: a prospective cohort study[J]. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*, 2022, 32(5): 1210-1217.
- [23] ZHANG D L, SHI W R, DING Z H, et al. Association between weight-adjusted-waist index and heart failure: Results from National Health and Nutrition Examination Survey 1999-2018[J]. *Front Cardiovasc Med*, 2022, 9: 1069146.
- [24] TAO Z X, ZUO P F, MA G S. Association of weight-adjusted waist index with cardiovascular disease and mortality among metabolic syndrome population[J]. *Sci Rep*, 2024, 14(1): 18684.
- [25] LI Q M, QIE R R, QIN P, et al. Association of weight-adjusted-waist index with incident hypertension: The Rural Chinese Cohort Study [J]. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*, 2020, 30(10): 1732-1741.
- [26] WANG J, YANG Q Y, CHAI D J, et al. The relationship between obesity associated weight-adjusted waist index and the prevalence of hypertension in US adults aged  $\geq 60$  years: a brief report [J]. *Front Public Health*, 2023, 11: 1210669.
- [27] CAI S, ZHU T Y, DING Y, et al. The relationship between the weight-adjusted-waist index and left ventricular hypertrophy in Chinese hypertension adults[J]. *Hypertens Res*, 2023, 46(1): 253-260.
- [28] QIN Z, DU D R, LI Y P, et al. The association between weight-adjusted-waist index and abdominal aortic calcification in adults aged  $\geq 40$  years: results from NHANES 2013-2014[J]. *Sci Rep*, 2022, 12(1): 20354.
- [29] XIE F, XIAO Y, LI X Z, et al. Association between the weight-adjusted-waist index and abdominal aortic calcification in United States adults: Results from the national health and nutrition examination survey 2013-2014[J]. *Front Cardiovasc Med*, 2022, 9: 948194.
- [30] GENCHI V A, ROSSI E, LAURIOLA C, et al. Adipose tissue dysfunction and obesity-related male hypogonadism[J]. *Int J Mol Sci*, 2022, 23(15): 8194.
- [31] GHADERPOUR S, GHIASI R, HEYDARI H, et al. The relation between obesity, kisspeptin, leptin, and male fertility [J]. *Horm Mol Biol Clin Investig*, 2021, 43(2): 235-247.
- [32] ELLIOTT V, WALDROP S W, WIROMRAT P, et al. The interaction of obesity and reproductive function in adolescents[J]. *Semin Reprod Med*, 2022, 40(1/2): 53-68.
- [33] BARBAGALLO F, VIGNERA S L, CANNARELLA R, et al. Obesity and male reproduction: do sirtuins play a role?[J]. *Int J Mol Sci*, 2022, 23(2): 973.
- [34] OBRADOVIC M, SUDAR-MILOVANOVIC E, SOSKIC S, et al. Leptin and obesity: role and clinical implication[J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2021, 12: 585887.
- [35] CAO S Q, HU X, SHAO Y X, et al. Relationship between weight-adjusted-waist index and erectile dysfunction in the United State: results from NHANES 2001-2004[J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2023, 14: 1128076.
- [36] WEN Z J, LI X. Association between weight-adjusted-waist index and female infertility: a population-based study[J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2023, 14: 1175394.
- [37] HE Q Y, CHEN C, BAI S F. The association between weight-adjusted-waist index and self-reported infertility among women of reproductive age in the United States[J]. *J Obstet Gynaecol Res*, 2023, 49(12): 2929-2937.
- [38] WANG X H, YANG S, HE G S, et al. The

- association between weight-adjusted-waist index and total bone mineral density in adolescents: NHANES 2011-2018[J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2023, 14: 1191501.
- [39] KIM K J, SON S, KIM K J, et al. Weight-adjusted waist as an integrated index for fat, muscle and bone health in adults [J]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2023, 14(5): 2196-2203.
- [40] LIN Y X, LIANG Z J, ZHANG A X, et al. Relationship between weight-adjusted waist index and osteoporosis in the senile in the United States from the national health and nutrition examination survey, 2017-2020[J]. *J Clin Densitom*, 2023, 26(2): 101361.
- [41] WANG X H, XIE L, YANG S. Association between weight-adjusted-waist index and the prevalence of rheumatoid arthritis and osteoarthritis: a population-based study[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2023, 24(1): 595.
- [42] MORYS F, DADAR M, DAGHER A. Association between midlife obesity and its metabolic consequences, cerebrovascular disease, and cognitive decline[J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2021, 106(10): e4260-e4274.
- [43] ZHANG W D E, TRAN V, VINH A, et al. Pathophysiological links between obesity and dementia[J]. *Neuromolecular Med*, 2023, 25(4): 451-456.
- [44] WANG S S, ZHANG Q H, HOU T T, et al. Differential associations of 6 adiposity indices with dementia in older adults: the MIND-China study[J]. *J Am Med Dir Assoc*, 2023, 24(9): 1412-1419.e4.
- [45] ZHOU W, XIE Y Y, YU L L, et al. Positive association between weight-adjusted-waist index and dementia in the Chinese population with hypertension: a cross-sectional study[J]. *BMC Psychiatry*, 2023, 23(1): 519.
- [46] YE J Y, HU Y J, CHEN X R, et al. Association between the weight-adjusted waist index and stroke: a cross-sectional study[J]. *BMC Public Health*, 2023, 23(1): 1689.
- [47] SHARMA V, COWAN D C. Obesity, inflammation, and severe asthma: an update[J]. *Curr Allergy Asthma Rep*, 2021, 21(12): 46.
- [48] YU L S, CHEN Y, XU M, et al. Association of weight-adjusted-waist index with asthma prevalence and the age of first asthma onset in United States adults[J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2023, 14: 1116621.
- [49] HAN X X, HE X F, HAO G, et al. The association of asthma duration with body mass index and Weight-Adjusted-Waist index in a nationwide study of the U.S. adults[J]. *Eur J Med Res*, 2023, 28(1): 122.
- [50] POUWELS S, SAKRAN N, GRAHAM Y, et al. Non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD): a review of pathophysiology, clinical management and effects of weight loss[J]. *BMC Endocr Disord*, 2022, 22(1): 63.
- [51] SHEN Y, WU Y H, FU M H, et al. Association between weight-adjusted-waist index with hepatic steatosis and liver fibrosis: a nationally representative cross-sectional study from NHANES 2017 to 2020[J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2023, 14: 1159055.
- [52] HU Q G, HAN K X, SHEN J P, et al. Association of weight-adjusted-waist index with non-alcoholic fatty liver disease and liver fibrosis: a cross-sectional study based on NHANES[J]. *Eur J Med Res*, 2023, 28(1): 263.