研究论著

DOI：10.3969/j.issn.0253-9802.2023.11.008

不同体格测量指标与2型糖尿病发病风险关系的病例对照研究

陈佩妍 叶艳彬 卓淑雨 卢味

【摘要】 **目的** 探讨不同体格测量指标与2型糖尿病发病风险之间的关系，为早期预防2型糖尿病提供科学依据。**方法** 纳入299对2型糖尿病患者和健康对照。运用Logistic回归模型分析BMI、腰围、腰臀比和腰围身高比与2型糖尿病发病风险之间的关系。**结果** 在校正可能的混杂因素后，与正常组（BMI 18.5~23.9 kg/m²）相比，超重和肥胖组（BMI 24.0~27.9 kg/m²和≥28.0 kg/m²）发生2型糖尿病风险的OR（95%CI）值分别是2.35（1.56~3.57）和6.47（2.92~14.33）。相比于正常腰围组（男<85 cm，女<80 cm），中心性肥胖前期组（男85~89.9 cm，女80~84.9 cm）和中心性肥胖组（男≥90 cm，女≥85 cm）发生2型糖尿病风险的OR值（95%CI）分别是2.99（1.81~4.95）和3.88（2.43~6.22）。腰臀比最高组（Q4）和腰围身高比最高组（Q4）发生2型糖尿病的风险是最低组（Q1）的4.35倍与3.45倍（95%CI：2.48~7.64，1.94~6.14，$P<0.001$）。**结论** 超重、全身性肥胖、中心性肥胖前期和中心性肥胖可能增加2型糖尿病的发病风险。

【关键词】 肥胖；体格测量指标；BMI；腰围；腰围身高比；腰臀比；2型糖尿病

Relationship between different anthropometric parameters and risk of type 2 diabetes mellitus: a case-control study *Chen Peiyan*△, *Ye Yanbin*, *Zhuo Shuyu*, *Lu Wei*. △*Department of Clinical Nutrition, the First Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, China*

Corresponding author, Ye Yanbin, E-mail: yanbinye72@163.com

【Abstract】 **Objective** To investigate the association between different anthropometric parameters and the risk of type 2 diabetes mellitus (T2DM), aiming to provide scientific evidence for early prevention of T2DM. **Methods** 299 pairs of T2DM patients and healthy controls were recruited in this case-control study. Logistic regression models were used to analyze the association between BMI, waist circumference (WC), waist-hip ratio (WHR) and waist-to-height ratio (WHtR) and the risk of T2DM. **Results** After potential confounding factors were adjusted, compared with the healthy BMI group (BMI 18.5-23.9 kg/m²), the odds ratio (OR, 95%CI) in the overweight (BMI 24.0-27.9 kg/m²) and obesity groups (BMI≥28.0 kg/m²) was 2.35 (1.56-3.57) and 6.47 (2.92-14.33), respectively. Compared with the normal WC (male<85 cm, female<80 cm), the OR (95%CI) of T2DM risk in the pre-central (male 85-89.9 cm, female 80-84.9 cm) and central obesity (male≥90 cm, female≥85 cm) groups was 2.99 (1.81, 4.95) and 3.88 (2.43, 6.22), respectively. The risk of T2DM was 4.35 times (95%CI: 2.48-7.64, $P<0.001$) higher in the highest WHR group (Q4) and 3.45 times (95%CI: 1.94-6.14, $P<0.001$) higher in the highest WHtR group (Q4) compared with those in the lowest WHR and WHtR groups (Q1). **Conclusion** Overweight, general obesity, pre-central and central obesity may increase the risk of T2DM.

【Key words】 Obesity; Anthropometric parameter; BMI; Waist circumference; Waist-to-height ratio; Waist-hip ratio; Type 2 diabetes mellitus

2型糖尿病是世界范围内常见的慢性非传染性疾病之一[1]。2017年我国糖尿病患病率达到12.8%，患病人数已超过1亿人[2]。超重和肥胖是2型糖尿病发生发展的重要危险因素，尤其是中心性肥胖中内脏脂肪引起的胰岛素抵抗在糖尿病病因学上具有重要意义[1]。不同体格测量指标，如BMI、腰围（WC）、腰臀比（WHR）、腰围身高比（WHtR）均可反映成人机体中脂肪的分布，BMI主要反映全身体质量与身高的关系，WC、WHR及WHtR主要反映腹部脂肪的堆积情况，且各指

作者单位：510080 广州，中山大学附属第一医院临床营养科（陈佩妍，卓淑雨，卢味）；510630 广州，暨南大学附属第一医院临床营养科（叶艳彬）

通信作者，叶艳彬，E-mail: yanbinye72@163.com

标对 2 型糖尿病具有不同的预测价值[36]。因此，本研究通过病例对照研究探讨不同体格测量指标与 2 型糖尿病发病风险之间的关联，为我国早期预防 2 型糖尿病的发生提供流行病学依据。

对象与方法

一、研究对象

本研究为广州居民营养与健康队列研究的子项研究，采用 1 ∶ 1 频数匹配病例对照设计方法，在年龄（ ±2 岁 ）和性别上对病例组与对照组进行匹配。病例组来源为中山大学附属第一医院内分泌科 2011 年 5 月至 2012 年 2 月招募的门诊或住院患者。纳入标准：①年龄 18~80 岁；② 2 型糖尿病诊断符合美国糖尿病 2007 版诊断标准；③首次诊断为 2 型糖尿病，未接受药物和膳食干预治疗；④首次诊断至进入研究时间间隔在 3 个月以内[7]。对照组来源为同时期在广州社区招募的健康居民。纳入标准：①年龄 18~80 岁；②没有被诊断为糖尿病或糖耐量异常。排除标准：①有器官功能严重损害（心、肺、肝、肾、神经、甲状腺或其他内分泌功能异常等）；②近一年服用过糖皮质激素类药物；③体格测量资料缺失。本研究通过中山大学附属第一医院科研项目伦理审查（批件号:[2017] 020 ）。所有参与者均对本研究知情同意。

二、研究内容

调查员统一使用规范的测量方法和同型号的量尺、体重秤（Seca Mod 220，Germany）来测量 2 组的身高（cm）、体质量（kg）、WC（cm）、臀围（cm）等。计算 BMI、WHR、WHtR，BMI= 体质量（kg）/ 身高 ^{2}（m^2），WHR=WC（cm）/ 臀围（cm），WHtR= WC（cm）/ 身高（cm）。参考中华人民共和国卫生行业标准《成人体重判定》（WS/T 428—2013）将病例组与对照组进一步分组，以 BMI<18.5 kg/m^2、18.5~23.9 kg/m^2、24.0~27.9 kg/m^2、≥ 28.0 kg/m^2 为消瘦、正常、超重、肥胖；以 WC 男性 <85 cm、85~89.9 cm、≥90 cm，女性 <80 cm、80~84.9 cm、≥85 cm 为非中心性肥胖、中心性肥胖前期、中心性肥胖[8]。以对照组性别分层，对研究对象的 WHR、WHtR 分别根据四分位数（Q1~Q4 组）分组。

采用统一的问卷调查记录研究对象的社会人口学特征，包括年龄、性别、婚姻状况、家庭人均月收入、文化程度、吸烟、饮酒、饮茶情况等。本研究中吸烟者定义为连续 6 个月或以上，每日至少抽 1 支烟；饮酒者定义为连续 6 个月或以上，每周至少饮用 1 次酒，包括白酒、啤酒等。采用食物频率问卷（FFQ）调查研究对象近 1 年的膳食情况，计算平均每日能量的总摄入量（kcal/d）。采用一份 19 个条目的量表来评估体力活动，并通过公式计算平均每日的总代谢值（MET-h/d）。

三、统计学处理

使用 SPSS 24.0 软件对数据进行统计分析。符合正态分布的年龄、BMI、WC、WHR、WHtR 的连续型变量以 $\bar{x} \pm s$ 表示；不符合正态分布的总能量、体力活动水平变量以 M（P_{25}，P_{75}）表示；性别、婚姻情况、受教育程度、吸烟、饮酒、饮茶等分类变量以率等指标来表示。病例组与对照组的年龄、WC、WHR、WHtR 的比较采用 t 检验，总能量、体力活动水平的比较采用 Wilcoxon 秩和检验，分类变量比较采用 χ^2 检验。采用 Pearson 相关系数分析不同体格测量指标之间的相关性。采用 Logistic 回归分析 BMI、WC、WHR、WHtR 与 2 型糖尿病发病风险之间的关系，方程中以 BMI（18.5~23.9 kg/m^2）、腰围（男性 <85 cm，女性 <80 cm）、WHR（Q1）、WHtR（Q1）为参照，计算 OR 和 95%CI。为进一步观察其关联趋势，将研究对象按照性别（男、女）和能量来分层（低能量 ≤ 1 850 kcal/d，高能量 > 1 850 kcal/d），并采用模型 2 进行分析。采用双侧检验，$P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结　果

一、一般情况

病例组和对照组年龄、性别、吸烟史、饮酒史、饮茶史和体力活动水平比较差异无统计学意义（$P > 0.05$）。病例组家庭人均月收入、能量摄入高于对照组，而受教育程度低于对照组（P 均 < 0.05）。病例组的体质量、BMI、WC、WHR、WHtR 均高于对照组（P 均 < 0.001）。见表 1。

二、不同肥胖指标间的相关性

WC 与 BMI、WHR 呈正相关（$r > 0.819$，$P < 0.001$）；BMI 与 WHR 相关（$r = 0.487$，$P < 0.001$），腰围身高比与 BMI、WC、WHR 的相关性均较低（r 分别为 0.236、0.288、0.225，$P < 0.001$）。

表 1 病例组与对照组一般资料比较

项 目	病例组（299 例）	对照组（299 例）	$t/Z/\chi^2$ 值	P 值
年龄 / 岁	58.8 ± 7.7	58.7 ± 7.1	−0.243	0.808
女性 / 例（%）	200（66.9）	200（66.9）	—	—
受教育程度 / 例（%）			11.447	0.001
初中及以下	134（44.8）	95（31.8）		
高中及以上	162（54.2）	204（68.2）		
家庭人均月收入 / 例（%）			25.444	<0.001
0~3 000 元	189（63.2）	245（81.9）		
≥ 3 001 元	107（35.8）	53（17.7）		
吸烟 / 例（%）	68（22.7）	52（17.4）	2.738	0.098
饮酒 / 例（%）	31（10.4）	22（7.4）	1.921	0.166
饮茶 / 例（%）	160（53.5）	166（55.5）	0.129	0.720
能量摄入 /（kcal/d）	2 132.7（1 688.1，2 612.8）	1 850.9（1 566.3，2 210.9）	−4.691	<0.001
体力活动 /（MET-h/d）	32.3（28.1，37.2）	32.2（27.4，38.6）	−0.319	0.750
体质量 /kg	61.6 ± 10.0	58.3 ± 10.1	−3.923	<0.001
BMI/（kg/m^2）	24.1 ± 3.4	22.9 ± 3.0	−4.518	<0.001
WC/cm	86.2 ± 8.9	82.1 ± 9.3	−5.656	<0.001
WHR	0.91 ± 0.07	0.88 ± 0.07	−3.043	<0.001
WHtR	0.56 ± 0.30	0.52 ± 0.06	−2.365	0.018

三、不同肥胖指标与 2 型糖尿病的关系

在校正可能的混杂因素后，发现超重、全身性肥胖和中心性肥胖均能增加 2 型糖尿病的发病风险。相比于正常者，超重与肥胖者发生 2 型糖尿病风险的 OR 值（95%CI）分别为 2.35（1.56，3.57）和 6.47（2.92，14.33）。相比于非中心性肥胖者，中心性肥胖前期和中心性肥胖者发生 2 型糖尿病风险的 OR 值（95%CI）分别为 2.99（1.81，4.95）和 3.88（2.43，6.22）。WHR 最高组（Q4）和 WHtR 最高组（Q4）发生 2 型糖尿病的风险是相应最低组（Q1）的 4.35 倍和 3.45 倍（95%CI：2.48~7.64，1.94~6.14，$P < 0.001$）。消瘦对 2 型糖尿病的影响差异无统计学意义（$P > 0.05$），见表 2。各指标进一步调整 BMI、WC、WHR 或 WHtR 后显示，超重、肥胖、中心性肥胖前期和中心性肥胖与 2 型糖尿病发病风险的关联程度减弱；而在进一步调整 BMI 或 WC 的模型中，WHR 和 WHtR 对 2 型糖尿病的发病风险的 OR 值（Q2~Q4）无统计学意义。见图 1。

四、性别、能量摄入对不同肥胖指标与 2 型糖尿病之间关系的影响

在不同性别和不同能量摄入组人群中，随着 BMI、WC、WHR、WHtR 的增加，2 型糖尿病的发病风险呈增加趋势，且在不同性别组间的关联趋势相似。与能量≤ 1 850 kcal/d 者相比，>1 850 kcal/d 者的 BMI、WHR、WHtR 与 2 型糖尿病的发病风险关联强度逐渐降低，而在 WC 指标中，关联强度相似。见表 3。

讨 论

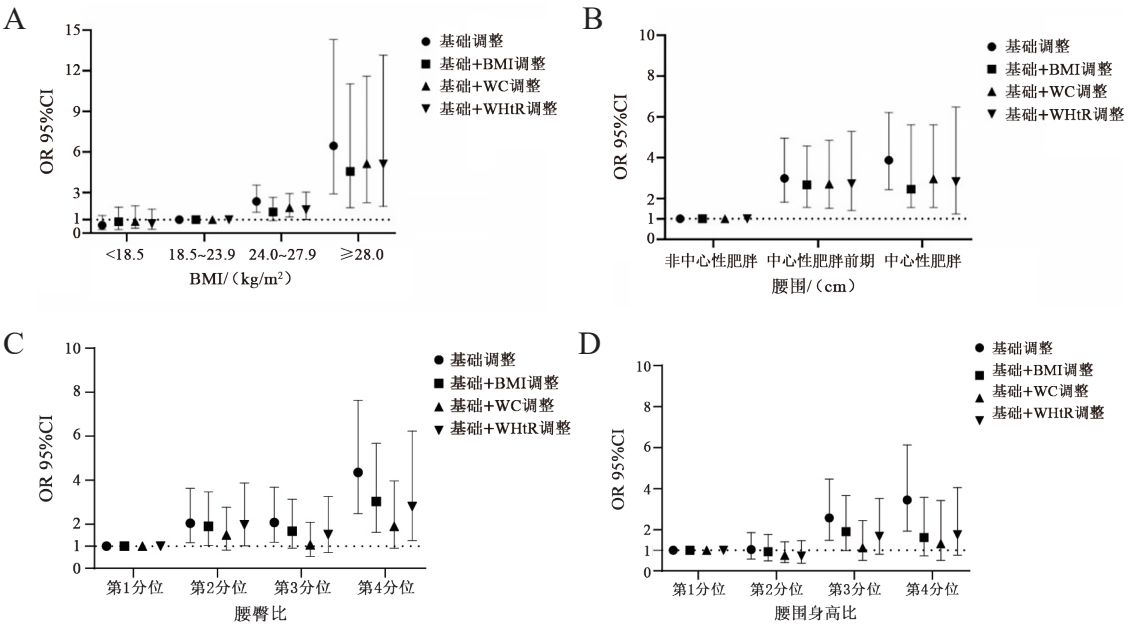
超重和肥胖是 2 型糖尿病发生的重要危险因素，同时也是可以被早期干预的重要因素。本研究显示，BMI、WC、WHR、WHtR 与 2 型糖尿病的发病风险呈正相关，且指标数值每增加一个标准差，糖尿病的发生风险也随之增加。机体中脂肪组织的不断增长使得瘦素、脂联素等脂肪因子分泌异常、局部及全身产生慢性炎症、高游离脂肪酸血症及肝脏、骨骼肌脂质异位沉积，进而干扰胰岛素的转导，参与胰岛素抵抗的发生，最终导致肥胖者，尤其是中心性肥胖者更容易发生 2 型糖尿病[1,9]。

BMI、WC、WHR、WHtR 不仅是评价身体超重与肥胖的常用指标，也是预测慢性代谢性疾病的敏感指标。BMI 是评价全身性肥胖的体格指标，而 WC、WHR 是评价腹部内脏脂肪的良好指标，并且指标间对疾病的发生发展存在互补作用。Ashwell 等（2012 年）的研究表明，BMI、WC、WHR 与心血管疾病、2 型糖尿病发病风险，甚至是死亡风险呈正相关，而中心性肥胖是其风险升高的独立危险因素。与其他研究结果一致，本研究显示，在模

表 2　不同体格指标与 2 型糖尿病的关系

项　目	组别 1	组别 2	组别 3	组别 4	每增加 1 个标准差
BMI	正常	消瘦	超重	肥胖	1.75（1.40，2.20）
模型 1	1.00	0.65（0.31，1.34）	1.86（1.30，2.67）	4.15（2.08，8.28）	
模型 2	1.00	0.59（0.27，1.31）	2.35（1.56，3.57）	6.47（2.92，14.33）	
WC	非中心性肥胖	中心性肥胖前期	中心性肥胖		2.01（1.59，2.53）
模型 1	1.00	2.51（1.61，3.92）	3.04（2.07，4.45）	—	
模型 2	1.00	2.99（1.81，4.95）	3.88（2.43，6.22）	—	
WHR	Q1	Q2	Q3	Q4	1.80（1.45，2.23）
模型 1	1.00	1.89（1.12，3.19）	1.78（1.06，3.00）	3.91（2.38，6.43）	
模型 2	1.00	2.05（1.16，3.63）	2.08（1.18，3.68）	4.35（2.48，7.64）	
WHtR	Q1	Q2	Q3	Q4	8.74（3.90，19.55）
模型 1	1.00	1.08（0.64，1.84）	2.46（1.51，4.01）	2.82（1.73，4.59）	
模型 2	1.00	1.04（0.58，1.86）	2.58（1.49，4.47）	3.45（1.94，6.14）	

注：模型 1 中调整年龄和性别；模型 2 中调整年龄、性别（男、女）、受教育程度（初中及以下、高中及以上）、家庭人均月收入［≤ 3 000 元 /（月 · 人）、>3 000 元 /（月 · 人）］、吸烟（是、否）、饮酒（是、否）、能量摄入（kcal/d）和体力活动水平（MET-h/d）。



注：A~D 分别表示 BMI、腰围、腰臀比和腰围身高比与 2 型糖尿病发病风险的关联。Logistic 回归模型中基础调整年龄、性别（男、女）、受教育程度（初中及以下、高中及以上）、家庭人均月收入［≤ 3 000 元 /（月 · 人）、>3 000 元 /（月 · 人）］、吸烟（是、否）、饮酒（是、否）、能量摄入和体力活动水平。

图 1　不同模型下 BMI、腰围、腰臀比和腰围身高比与 2 型糖尿病发病风险的关联

型中进一步调整 BMI、WC、WHR 后，各指标与 2 型糖尿病风险的关联趋势不变，而关联强度（OR 值）有所减弱。在进一步调整 BMI、WC、WHR 时，WHtR 对 2 型糖尿病的影响作用消失，指标间相关性较低，可能的解释是 WHtR 排除了不同性别、身高的影响，主要反映了中心性肥胖情况，尤其是内脏脂肪对糖尿病的生物学作用[5,10]。

在本研究中，无论是男性还是女性，高 BMI、WC、WHR 和 WHtR 者 2 型糖尿病的发病风险增加，且女性是男性的 1~2 倍，即使交互作用无统计学意义。流行病学资料显示，我国 55 岁以上的女性人群 BMI、WC 比男性人群更高，相应发生代谢性疾病的风险更高[11]。其可能的原因与女性绝经后体内激素和生活方式的改变有关[12]。此外，能量摄入分层分析显示，低能量组的超重、肥胖者发生 2 型糖尿病的风险是高能量组的 1.5~2 倍。2 型糖尿病是由基因和多种环境因素综合影响导致的慢性疾病，包括老龄化、肥胖、中心性肥胖、高

表 3 性别、能量摄入对不同体格指标与 2 型糖尿病发病风险的影响

项 目	组别 1	组别 2	组别 3	组别 4	$P_{交互作用}$
BMI	正常	消瘦	超重	肥胖	
男	1.00	0.97（0.25，3.81）	1.86（0.90，3.82）	4.96（1.16，21.20）	0.203
女	1.00	0.42（0.14，1.25）	2.51（1.49，4.24）	8.27（3.06，22.34）	
低能量	1.00	0.36（0.11，1.23）	3.11（1.62，5.96）	8.44（2.49，28.68）	0.100
高能量	1.00	0.96（0.29，3.20）	1.77（1.02，3.06）	5.50（1.91，15.79）	
WC	非中心性肥胖	中心性肥胖前期	中心性肥胖		
男	1.00	2.70（1.04，7.00）	3.54（1.52，8.22）	—	0.462
女	1.00	3.29（1.79，6.06）	4.11（2.29，7.38）	—	
低能量	1.00	2.95（1.39，6.23）	4.32（2.10，8.93）	—	0.436
高能量	1.00	3.09（1.53，6.23）	3.67（1.95，6.91）	—	
WHR	Q1	Q2	Q3	Q4	
男	1.00	1.34（0.48，3.72）	1.29（0.48，3.45）	4.30（1.63，11.36）	0.724
女	1.00	2.27（1.11，4.64）	2.40（1.17，4.94）	4.34（2.12，8.90）	
低能量	1.00	1.72（0.68，4.32）	2.45（0.98，6.11）	5.24（2.06，13.33）	0.255
高能量	1.00	2.58（1.20，5.56）	1.87（0.88，3.98）	3.92（1.90，8.09）	
WHtR	Q1	Q2	Q3	Q4	
男	1.00	0.65（0.235，1.79）	2.08（0.78，5.55）	2.69（0.99，7.31）	0.463
女	1.00	1.32（0.63，2.78）	2.94（1.47，5.91）	4.00（1.92，8.34）	
低能量	1.00	1.29（0.50，3.35）	2.71（1.15，6.37）	5.14（2.09，12.62）	0.145
高能量	1.00	0.89（0.41，1.91）	2.64（1.24，5.62）	2.59（1.20，5.58）	

注：调整年龄、性别（男、女）、受教育程度（初中及以下、高中及以上）、家庭人均月收入[≤3 000 元 /（月 · 人）、>3 000 元 /（月 · 人）]、吸烟（是、否）、饮酒（是、否）、能量摄入（kcal/d）和体力活动水平（MET-h/d）。

血脂、不健康的膳食结构、吸烟、久坐方式、妊娠糖尿病等[3]。因此，超重和肥胖者不仅需要限制膳食能量摄入，还需要进一步调整膳食结构、改变生活方式来降低体质量，从而减少 2 型糖尿病的发病风险。

为了减少混杂偏倚，本研究采用病例对照的研究方式，按照性别和年龄来进行 1 ∶ 1 的频数匹配，收集完善调查资料，并在回归分析中校正可能的混杂因素，并进行了分层分析。此外，回顾性研究难以避免回忆偏倚，并且不能排除 BMI、WC、WHR、WHtR 与 2 型糖尿病发病风险的反向因果关系。但糖尿病初发时的临床特征以多饮、多尿、多食及消瘦为主，此外，研究中的病例组主要纳入初发糖尿病患者，未经过膳食和药物治疗干预，因此在测量体质量和 WC 等数据时会存在信息偏倚，可能造成低估不同肥胖指标与糖尿病发病风险之间的关联。未来仍需要进行更多的研究来探讨两者之间的关联。

综上所述，本研究显示超重、全身性肥胖、中心性肥胖前期和中心性肥胖与 2 型糖尿病的发病风险呈正相关。倡导维持正常体质量，利用不同体格测量指标来评估身体体型，早期减重，对于降低 2 型糖尿病发病风险具有重大的公共卫生意义。

参 考 文 献

[1] DeFronzo R A, Ferrannini E, Groop L, et al. Type 2 diabetes mellitus. Nat Rev Dis Primers, 2015, 1 : 15019.

[2] Li Y, Teng D, Shi X, et al. Prevalence of diabetes recorded in mainland China using 2018 diagnostic criteria from the American Diabetes Association: national cross sectional study. BMJ, 2020, 369 : m997

[3] Browning L M, Hsieh S D, Ashwell M. A systematic review of waist-to-height ratio as a screening tool for the prediction of cardiovascular disease and diabetes: 0·5 could be a suitable global boundary value. Nutr Res Rev, 2010, 23（2）: 247-269.

[4] 王文绢，王克安，李天麟，等 . 体重指数、腰围和腰臀比预测高血压、高血糖的实用价值及其建议值探讨 . 中华流行病学杂志，2002，23（1）：16-19.

[5] Kodama S, Horikawa C, Fujihara K, et al. Comparisons of the strength of associations with future type 2 diabetes risk among anthropometric obesity indicators, including waist-to-height ratio: a meta-analysis. Am J Epidemiol, 2012, 176（11）: 959-969.

[6] Ashwell M, Hsieh S D. Six reasons why the waist-to-height ratio is a rapid and effective global indicator for health risks of obesity and how its use could simplify the international public health

message on obesity. Int J Food Sci Nutr, 2005, 56(5): 303-307.
[7] Association A D. Diagnosis and classification of diabetes mellitus. Diabetes Care, 2009, 32(Supplement_1): S62-S67.
[8] 国家卫生和计划生育委员会. WS/T 428—2013 成人体重判定 2013.
[9] 宋桉, 赵家军. 肥胖致胰岛素抵抗的机制研究新进展. 中国老年学杂志, 2013, 33(17): 4359-4361.
[10] Wu H Y. Waist to height ratio as a predictor of abdominal fat distribution in men. Chin J Physiol, 2009, 52(6): 441-445.
[11] Hu L, Huang X, You C, et al. Prevalence of overweight, obesity, abdominal obesity and obesity-related risk factors in Southern China. PLoS One, 2017, 12(9): e0183934.
[12] Sternfeld B, Bhat A K, Wang H, et al. Menopause, physical activity, and body composition/fat distribution in midlife women. Med Sci Phys Exerc, 2005, 37(7): 1195-1202.

（收稿日期：2023-02-26）
（本文编辑：洪悦民）