

# 妊娠早期腰围、腰臀比、腰高比预测妊娠期糖尿病的临床价值

蔡群英,程蔚蔚\*

作者单位:200030 上海,上海交通大学医学院附属国际和平妇幼保健院产科

作者简介:蔡群英,上海交通大学医学院研究生在读,住院医师,主要研究方向为临床产科

\* 通讯作者,E-mail:wwcheng29@163.com

【关键词】妊娠期糖尿病;体质量指数;腰围;腰臀比;腰高比

【中图分类号】R 714.256

【文献标志码】A

【文章编号】1674-4020(2019)08-020-04

doi:10.3969/j.issn.1674-4020.2019.08.06

美国糖尿病协会将妊娠期糖尿病(gestational diabetes mellitus, GDM)定义为“妊娠前无明显糖代谢异常,妊娠中晚期首次发生的糖尿病”<sup>[1]</sup>。全球GDM的发生率逐年上升,我国GDM的患病率高达17.5%~18.9%<sup>[2-3]</sup>。GDM是妊娠最常见的并发症之一,控制不良对母儿均有较大危害,近期可导致流产、早产、感染、难产甚至新生儿畸形等<sup>[4]</sup>,远期对母亲及后代的健康均产生显著影响。据估计,30%~70%的GDM孕妇在妊娠结束后的15年内将会发展为2型糖尿病<sup>[5]</sup>。最近一项大型队列研究表明,GDM与女性产后发生的糖尿病、高血压和心血管疾病密切相关<sup>[6]</sup>。此外,有研究表明,GDM孕妇妊娠期间宫内高糖环境会增加后代2型糖尿病及其他代谢性疾病的发病风险<sup>[7]</sup>。国际妊娠合并糖尿病研究协会(IADPSG)和美国糖尿病协会建议,没有糖尿病史的孕妇需在妊娠24~28周进行口服葡萄糖耐量试验(oral glucose tolerance test, OGTT)筛查GDM<sup>[8-9]</sup>。然而,此阶段的筛查并无法阻止GDM的发生,且可能会耽误妊娠早期的一些有效预防措施,如饮食调整、适度运动、药物控制和血糖监测等。故妊娠早期即采用有效的指标识别GDM的高危孕妇是非常有意义的。

## 1 妊娠期糖尿病与肥胖的关系

近几十年,世界范围内的超重和肥胖率持续增加。据WHO估计,全球超过13亿成人超重[体质量指数(body mass index, BMI)介于25~30 kg/m<sup>2</sup>],另有6亿成人肥胖(BMI≥30 kg/m<sup>2</sup>)<sup>[10]</sup>。中国也有类似的趋势,从1993年到2009年,超重和肥胖的发生率分别从10.7%、5.0%上升至14.4%、10.1%<sup>[11]</sup>。肥胖是胰岛素抵抗

相关的一个重要危险因素。胰岛素抵抗是指胰岛素靶组织(肌肉、肝脏、脂肪组织和下丘脑等)对正常水平的胰岛素敏感性不足的一种病理状态,其病理机制尚未明确,可能与脂肪组织分泌的炎性分子肿瘤坏死因子 $\alpha$ 、白介素-6、白介素-1 $\beta$ 、白介素-8、脂肪细胞因子(抵抗素、脂联素、瘦素)调节胰岛素受体信号通路有关<sup>[12]</sup>。

妊娠存在生理性胰岛素抵抗与高胰岛素血症。妊娠时孕妇体内拮抗胰岛素样物质增加,如雌激素、孕酮、皮质醇、胎盘胰岛素酶等<sup>[13]</sup>;孕中晚期胎盘分泌的升血糖激素(生长激素、促肾上腺皮质激素释放激素、人胎盘催乳素和黄体酮)引起孕妇血糖明显升高,机体为维持正常血糖而大量分泌胰岛素;此外,人胎盘催乳素和催乳素通过增加瘦素抵抗促进母体 $\beta$ 细胞扩张和胰岛素分泌,从而形成高胰岛素血症<sup>[14]</sup>。孕妇胰岛储备能力有一定限度,当胰岛功能不足以补偿胰岛素抵抗时,则发生GDM。因此,孕妇肥胖将会加重妊娠期糖耐量减低的程度,甚至大大增加其发展为GDM的概率。

近年来,很多研究已经证实肥胖是GDM发病的高危因素。Chu等<sup>[15]</sup>对孕妇肥胖与GDM风险相关的20项研究进行Meta分析发现:GDM的患病率不一,介于1.3%至19.9%之间;与正常体重孕妇相比,超重、肥胖、严重肥胖的孕妇发生GDM的未调整OR分别为2.14(95% CI 1.82-2.53)、3.56(95% CI 3.05-4.21)和8.56(95% CI 5.07-16.04)。Sommer C等<sup>[16]</sup>研究发现,孕妇体重、总脂肪量、平均皮下脂肪厚度(特别是躯干)均与GDM的发病率呈正相关。Wei YM等<sup>[17]</sup>在研究孕前BMI对妊娠结局的影响中发现,随着孕前BMI增加,GDM的患病率相应增加,其发病率在孕

前超重组 (BMI 24 ~ 27.9 kg/m<sup>2</sup>) 和肥胖组 (BMI ≥ 28 kg/m<sup>2</sup>) 中高达 29.54 % 和 35.88 %。近期, Wang C 等<sup>[18]</sup> 又进行了一项前瞻性随机临床试验, 观察超重或肥胖孕妇在妊娠早期进行每周至少 3 次、每次至少 30 min 的自行车运动是否可以减少 GDM 的发生, 研究结果表明, 运动组与对照组 GDM 的发生率分别为 22.0 % (29/132)、40.6 % (54/133) (OR = 0.412; 95 % CI 0.240 - 0.705;  $P < 0.01$ ), 即超重或肥胖孕妇妊娠早期进行适当运动, 可明显降低 GDM 的发病率。

## 2 腰围、腰臀比、腰高比与妊娠期糖尿病的相关性

目前有多种人体测量指标用于评估肥胖及其相关的不良健康结局的关联。其中 BMI 已经成为预测肥胖相关疾病如心血管疾病、糖尿病等发病风险的“金指标”<sup>[19]</sup>。然而, 有人提出 BMI 实际上只能衡量全身脂肪总量, 不能反映体内脂肪的区域分布, 即皮下与内脏/中央脂肪分布。而这种分布的差异是相当重要的, 因为皮下脂肪与内脏脂肪具有根本不同的代谢特性。

人体大多数脂肪组织位于皮下 (占总量的 85 %, 即皮下脂肪), 而较少的脂肪组织位于腹部 (占总量的 15 %, 即腹腔内脂肪)<sup>[20]</sup>。内脏脂肪通常用于描述腹腔内脂肪, 包括腹膜内脂肪 (肠系膜和网膜脂肪) 和腹膜后脂肪, 前者直接流入门静脉循环, 后者流入全身循环。内脏脂肪过多也被称为中心或向心性肥胖, 其分泌炎症和血栓因子, 抑制脂联素的产生, 从而导致葡萄糖代谢受损、糖尿病、高血压、代谢综合征和其他心血管疾病<sup>[21]</sup>。

腰围 (waist circumference, WC) 是腹部水平的身体周长, 是评估中央脂肪的一个简单有效的指标。根据不同的解剖学标志有多种测量方法, 包括: ① 经肋骨下缘; ② 经肋骨下缘和髭峰之间的中点; ③ 经髭峰; ④ 经脐孔; ⑤ 最窄 (最小) 或最宽 (最大) 处 WC。在评估发病率或死亡率与 WC 关系的研究报道中最常用的部位是经肋骨下缘与髭峰中点 (29 %)、经脐孔 (28 %) 和最窄 WC 处 (22 %)<sup>[22]</sup>。尽管普遍认为使用易识别的骨性标志测量结果可能更精确, 但目前为止没有任何研究数据表明哪种测量方法最具有优势。由于 WC 在人体代谢性疾病 (如高血压、冠心病、糖尿病、血脂异常等) 发病风险上具有重要的预测价值<sup>[23]</sup>, 因此, 关于 WC 与 GDM 之间的相关性研究陆续有人报道。巴西 GDM 研究协会 (EBDG) 在进行一项评估 WC 与肥胖孕妇不良妊娠结局的相关性研究中, 对 5 251 名妊娠 20 ~ 28 周女性的 WC (肋骨下缘和髭峰之间的最小腹围, 或者如果最窄处不清楚, 则在肋骨下缘下一横指宽处测量的周长) 进行分析显示, WC 超过 82 cm 时其预测 GDM 的敏感度为 63 %, 特异度为 57 %<sup>[24]</sup>。同样, 在巴西进行的另一项评估妊娠 20 ~ 24 周孕妇的 WC 与 GDM 发病率的关系研究中发现, WC (肋骨下缘和髭峰之间中点的周长) 的范围在 86 ~ 88 cm 时是 GDM 一个很好的预测指标<sup>[25]</sup>。Han Q 等<sup>[26]</sup> 近期在中国天津进行一项基于人口的研究, 该研究

包含 17 803 名中国孕妇, 旨在探讨妊娠 4 ~ 12 周中国孕妇 BMI 和 WC 与 GDM 的相关性, 该研究结果表明, WC (经肋骨下缘和髭峰之间中点的周长) ≥ 78.5 cm 时, GDM 风险急剧增加; 此外, BMI 介于 22.5 ~ 24.0 kg/m<sup>2</sup>、WC 介于 78.5 ~ 85.0 cm 时, 二者均是 GDM 风险的独立预测因子, 且存在附加的交互作用增加了 GDM 的发病风险。

臀围是臀部向后最突出部位的水平围长, 反映髋部骨骼和肌肉的发育情况, 同时也是臀部脂肪有效的一个测量指标。臀部脂肪的保护性能已在大量人群研究中得到证实; Snijder MB 等<sup>[27]</sup> 研究发现臀围与糖尿病和血脂异常的患病率呈负相关; 一项来自 52 个国家、27 000 名参与者的国际性研究表明, 较小的臀围是心肌梗死的独立危险因素<sup>[28]</sup>。目前臀部脂肪的保护作用机制尚未完全阐明, 一些体内和体外的研究表明, 这种保护机制可能是由于脂肪细胞对脂类分解和脂肪酸摄取的调节异常, 导致脂肪酸在臀部的长期滞留, 从而防止异位脂肪沉积; 此外, 臀部脂肪的保护作用与脂肪细胞分泌的有益脂肪因子 (特别是瘦素和脂联素) 有关<sup>[29]</sup>; 相反, 当臀部脂肪受损时, 如库欣综合征、脂肪代谢障碍等引起臀部脂肪组织丢失则明显增加了代谢疾病和心血管疾病的风险。

腰臀比 (waist - to - hip ratio, WHR) 是 WC 和臀围的比值, 是判定中心性肥胖的另一重要指标。Cameron 等<sup>[30]</sup> 在南亚和非洲毛里求斯进行的一项长达 15 年的以人群为基础的关于中心性肥胖与死亡率关系的调查研究结果显示, 当传统心血管疾病死亡风险预测模型 (Framingham - type 模型) 中加入了 WC 和臀围, 则大大提高了该模型的预测能力; 此外, WC 与心血管疾病或死亡率之间的正相关性仅在调整臀围之后才变得明显, 反之亦然。De Koning 等<sup>[31]</sup> 也观察到仅在 WC 和臀围相互调整后, 二者与 2 型糖尿病和糖耐量异常的相关性才显著增强。Madhavan 等<sup>[32]</sup> 在探讨 WHR 作为亚洲印第安人 GDM 的预测指标中发现, 高 WHR 与 GDM 风险增加有关 (WHR > 0.85; OR 12.05, CI 95 % 1.82 - 77.43,  $P = 0.007$ ); 与低 WHR 组 (WHR ≤ 0.85) 相比, 高 WHR 组 (WHR > 0.85) GDM 的发病率高出 7 倍 ( $P < 0.001$ ); 此外, WHR = 0.849 时预测 GDM 的灵敏度为 1, 特异度为 0.515。近期, Basraon SK 等<sup>[33]</sup> 进行了一项前瞻性队列研究, 探究 9 ~ 16 周孕妇的身高、体重、WC、臀围、WHR 与 GDM 发病率的关系, 结果显示: GDM 的发病率为 3.5 % (80/2 300), 发生 GDM 的孕妇平均 WHR 和 BMI 显著高于正常孕妇 (WHR: 0.88 ± 0.07, 0.84 ± 0.08; BMI: 30.85 ± 8.3, 26.06 ± 6.12 kg/m<sup>2</sup>,  $P < 0.0001$ )。因此, WHR 作为中心性肥胖的评估指标之一, 同样具有预测 GDM 的重要价值。另外, 有研究表明, 妊娠 20 周前, 孕妇体重增加并未对 WHR 造成任何影响, 但却可能明显改变 BMI, 有人推测, WHR 可能具有某些未知的特殊临床价值<sup>[34]</sup>。

腰高比 (waist - to - height ratio, WHtR) 是腰围与身

高的比值。20 世纪 90 年代中期,首次有人提出 WHtR 是评估腹部肥胖及与之相关的健康疾病风险的指标<sup>[35]</sup>。Ashwell M 等<sup>[36]</sup>进行一项包含世界多个种族的超过 30 多万成人的大型临床研究,其结果第一次有力地证实 WHtR 在预测肥胖相关的糖尿病、血脂代谢异常、心血管疾病等风险方面的优势高于 WC 和 BMI。近期 Sina M 等<sup>[37]</sup>在评估澳大利亚孕妇妊娠早期的肥胖指标与 GDM 的关系中发现,GDM 组的 WHtR 明显高于正常妊娠组,且与其他肥胖指标相比,WHtR 预测 GDM 的价值最高;这与在其他人群中所做的有关 2 型糖尿病的类型研究的结果一致<sup>[38-39]</sup>。事实上,WHtR 与 WC、WHR 同样强调的是内脏脂肪含量对代谢的影响,由于它同时考虑到不同种族、不同地区的身高因素的差异,所以前者预测肥胖相关疾病的灵敏度可能更高。

### 3 不同肥胖指数与妊娠期糖尿病相关性的比较

大量研究已经证实孕妇 BMI、WC、WHR 及 WHtR 与 GDM 的发病率相关,但是这些因素之间的相关性及其差异性尚不明确。Vazquez G 等<sup>[40]</sup>发现 BMI、WC 及 WHR 这 3 者之间的相关性分别为 0.88 (BMI/WC)、0.34 (BMI/WHR) 和 0.44 (WC/WHR),这表明它们可能各自提供不同的信息,因此无法互相替代。Basraon SK 等<sup>[33]</sup>将 WHR 和 BMI 进行比较分析显示,只采用 WHR 而不考虑 BMI 定义的肥胖组 (WHR > 0.85) 与正常组相比,GDM 的发病率无明显增加;但其预测 GDM 的价值仍可与 BMI 相媲美 [AUC: 0.68 (BMI), 0.63 (WHR),  $P = 0.18$ ]。Han Q 等<sup>[26]</sup>研究发现,由于 WC 与 BMI 有较大的相关性 ( $r = 0.88$ ),因此,二者预测 GDM 的价值无明显差异 [OR = 2.84 (BMI), 2.58 (WC)]。Sina M 等<sup>[37]</sup>将各项 GDM 预测指标进行比较,其结果显示: WHtR (OR = 2.3) > BMI (OR = 2.0) > WC (OR = 1.8) > 体重 (OR = 1.7),即 WHtR 预测 GDM 的价值最高。由于身体脂肪分布受性别、年龄、种族、身体活动和总脂肪量的影响,因此,不同国家、地区对最佳 GDM 预测的肥胖指标结论仍存在争议。

### 4 小结与展望

GDM 是妊娠期常见的并发症之一,对母儿均有较大的危害。现已有较多研究证实孕前肥胖是 GDM 发病的高危因素,且会对妊娠结局造成不良影响。肥胖者脂肪组织沉积于体内的多个部位,而腰腹部脂肪堆积形成的中心型肥胖对代谢的影响最显著。由于 BMI 只能衡量总体脂肪量,无法反映内脏脂肪的分布情况,故 WC、WHR 及 WHtR 等腹型肥胖评估指标逐渐引起人们的重视。尽管大量研究已经证实 BMI、WC、WHR 及 WHtR 与 GDM 的发病风险密切相关,但不同种族、地区的人体脂肪分布存在差异,如亚洲人腹部脂肪堆积明显较欧洲人多,尤其是内脏脂肪组织<sup>[41]</sup>;从 1993 年到 2011 年,亚洲的整体腹部肥胖率从约 20.4% 上升为 44.0%<sup>[42]</sup>。故

目前国内外研究对于最佳 GDM 预测指标的结论不一致。因此,中国人群的肥胖指标需要更多以中国人口为基础的临床研究来证实。最后,由于肥胖是与 GDM 明显相关的可改变的危险因素,因此,我们提倡育龄期妇女平衡饮食,倡导其健康的生活方式,尽早预防肥胖的发生,从而降低 GDM 的发病率。

### 【参考文献】

- [1] American Diabetes Association. Classification and diagnosis of diabetes [J]. *Diabetes Care*, 2015, 38 (Suppl): S8 - S16.
- [2] ZHU Wei - wei, YANG Hui - xia, YAN Jie, et al. Fasting plasma glucose at 24 - 28 weeks to screen for gestational diabetes mellitus: new evidence from China [J]. *Diabetes Care*, 2013, 36 (9): e166.
- [3] WEI Yumei, YANG Huixia, ZHU Weiwei, et al. International association of diabetes and pregnancy study group criteria is suitable for gestational diabetes mellitus diagnosis; further evidence from China [J]. *Chinese medical journal*, 2014, 127 (20): 3553 - 3556.
- [4] World Diabetes Foundation, Global Alliance for Women's Health. Diabetes, women, and development: meeting summary, expert recommendations for policy action, conclusions, and follow - up actions [J]. *Int J Gynaecol Obstet*, 2009, 104 (Suppl 1): S46 - S50.
- [5] Bellamy L, Casas JP, Hingorani AD. Type 2 diabetes mellitus after gestational diabetes: a systematic review and meta - analysis [J]. *Lancet*, 2009, 373 (9677): 1773 - 1779.
- [6] Pace R, Brazeau AS, Meltzer S, et al. Conjoint associations of gestational diabetes and hypertension with diabetes, hypertension, and cardiovascular disease in parents: a retrospective cohort study [J]. *Am J Epidemiol*, 2017, 186(10): 1115 - 1124.
- [7] OZANNE Susan - e, Constância M. Mechanisms of disease; the developmental origins of disease and the role of the epigenotype [J]. *Nat Clin Pract Endocrinol Metab*, 2007, 3(7): 539 - 546.
- [8] Iao D. International association of diabetes and pregnancy study groups recommendations on the diagnosis and classification of hyperglycemia in pregnancy [J]. *Diabetes Care*, 2010, 33 (7): e97.
- [9] Committee PP, Classification A. Standards of Medical Care in Diabetes—2011 [J]. *Diabetes Care*, 2011, 34 (Suppl 1): S11 - S61.
- [10] WHO. Obesity and overweight. Fact sheet N°311 [M]. World Health Organization, Geneva; 2015.
- [11] Xi B, Liang Y, He T, et al. Secular trends in the prevalence of general and abdominal obesity among Chinese adults, 1993 - 2009 [J]. *Obesity Reviews*, 2012, 13(3): 287 - 296.
- [12] Lee BC, Lee J. Cellular and molecular players in adipose tissue inflammation in the development of obesity - induced insulin resistance [J]. *Biochim Biophys Acta*, 2014, 1842 (3): 446 - 462.
- [13] Montoro MN, Kjos SL, Chandler M, et al. Insulin resistance and preeclampsia in gestational diabetes mellitus [J]. *Diabetes Care*, 2005, 28 (8): 1995 - 2000.
- [14] Newbern D, Freemerk M. Placental hormones and the control of maternal metabolism and fetal growth [J]. *Curr Opin Endocrinol*

- Diabetes Obes, 2011, 18(6): 409–416.
- [15] Chu SY, Callaghan WM, Kim SY, et al. Maternal obesity and risk of gestational diabetes mellitus [J]. *Diabetes Care*, 2007, 30(8): 2070–2076.
- [16] Sommer C, Morkrid K, Jenum AK, et al. Weight gain, total fat gain and regional fat gain during pregnancy and the association with gestational diabetes: a population-based cohort study [J]. *Int J Obes*, 2014, 38(1): 76–81.
- [17] WEI Yu-mei, YANG Hui-xia, ZHU Wei-wei, et al. Risk of adverse pregnancy outcomes stratified for pre-pregnancy body mass index [J]. *J Matern Fetal Neonatal Med*, 2015, 29(13): 1–5.
- [18] WANG Chen, WEI Yumei, ZHANG Xiaoming, et al. A randomized clinical trial of exercise during pregnancy to prevent gestational diabetes mellitus and improve pregnancy outcome in overweight and obese pregnant women [J]. *Am J Obstet Gynecol*, 2017, 216(4): 340–351.
- [19] Bastien M, Poirier P, Lemieux I, et al. Overview of epidemiology and contribution of obesity to cardiovascular disease [J]. *Prog Cardiovasc Dis*, 2014, 56(4): 369–381.
- [20] Abate N, Garg A, Peshock RM, et al. Relationships of generalized and regional adiposity to insulin sensitivity in men [J]. *J Clin Invest*, 1995, 96(1): 88–98.
- [21] Carey DG, Jenkins AB, Campbell LV, et al. Abdominal fat and insulin resistance in normal and overweight women: Direct measurements reveal a strong relationship in subjects at both low and high risk of NIDDM [J]. *Diabetes*, 1996, 45(5): 633–638.
- [22] Klein S, Allison DB, Heymsfield SB, et al. Waist circumference and cardiometabolic risk: a consensus statement from shaping America's health; Association for Weight Management and Obesity Prevention; NAASO, the Obesity Society; the American Society for Nutrition; and the American Diabetes Association [J]. *Diabetes Care*, 2007, 30(6): 1647–1652.
- [23] Cameron AJ, Magliano DJ, Söderberg S. A systematic review of the impact of including both waist and hip circumference in risk models for cardiovascular diseases, diabetes and mortality [J]. *Obes Rev*, 2013, 14(1): 86–94.
- [24] Wendland EM, Duncan BB, Mengue SS, et al. Waist circumference in the prediction of obesity-related adverse pregnancy outcomes [J]. *Cad Saude Publica*, 2007, 23(2): 391–398.
- [25] Bolognani CV, De Sousa Moreira Reis LB, De Souza SS, et al. Waist circumference in predicting gestational diabetes mellitus [J]. *J Matern Fetal Neonatal Med*, 2014, 27(9): 943–948.
- [26] HAN Qian, SHAO Ping, LENG Junhong, et al. Interactions between general and central obesity in predicting gestational diabetes mellitus in Chinese pregnant women: A prospective population-based study in Tianjin, China [J]. *J Diabetes*, 2018, 10(1): 59–67.
- [27] Snijder MB, Zimmet PZ, Visser M, et al. Independent and opposite associations of waist and hip circumferences with diabetes, hypertension and dyslipidemia; the AusDiab Study [J]. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 2004, 28(3): 402–409.
- [28] Yusuf S, Hawken S, Ounpuu S, et al. Obesity and the risk of myocardial infarction in 27,000 participants from 52 countries: a case-control study [J]. *Lancet*, 2005, 366(9497): 1640–1649.
- [29] Manolopoulos KN, Karpe F, Frayn KN. Gluteofemoral body fat as a determinant of metabolic health [J]. *Int J Obes (Lond)*, 2010, 34(6): 949–959.
- [30] Cameron AJ, Magliano DJ, Shaw JE, et al. The influence of hip circumference on the relationship between abdominal obesity and mortality [J]. *Int J Epidemiol*, 2012, 41(2): 484–494.
- [31] De Koning L, Gerstein HC, Bosch J, et al. Anthropometric measures and glucose levels in a large multi-ethnic cohort of individuals at risk of developing type 2 diabetes [J]. *Diabetologia*, 2010, 53(7): 1322–1330.
- [32] Madhavan A, Beena Kumari R, Sanal MG. A pilot study on the usefulness of body mass index and waist hip ratio as a predictive tool for gestational diabetes in Asian Indians [J]. *Gynecol Endocrinol*, 2008, 24(12): 701–707.
- [33] Basraon SK, MELE Lisa, Myatt L, et al. Relationship of early pregnancy Waist-to-Hip ratio versus body mass index with gestational diabetes mellitus and insulin resistance [J]. *Am J Perinatol*, 2016, 33(1): 114–121.
- [34] Clausen T, Burski TK, Øyen N, et al. Maternal anthropometric and metabolic factors in the first half of pregnancy and risk of neonatal macrosomia in term pregnancies. A prospective study [J]. *European Journal of Endocrinology*, 2005, 153(6): 887–894.
- [35] Lee JS, Aoki K, Kawakubo K, et al. A study on indices of body fat distribution for screening for obesity [J]. *Sangyo Eiseigaku Zasshi*, 1995, 37(1): 9–18.
- [36] Ashwell M, Gunn P, Gibson S. Waist-to-height ratio is a better screening tool than waist circumference and BMI for adult cardiometabolic risk factors: systematic review and meta-analysis [J]. *Obes Rev*, 2012, 13(3): 275–286.
- [37] Sina M, Hoy WE, Callaway L, et al. The associations of anthropometric measurements with subsequent gestational diabetes in Aboriginal women [J]. *Obes Res Clin Pract*, 2015, 9(5): 499–506.
- [38] Kuo RJ, Wu YH, Chen LK. Inability of waist-to-height ratio to predict new onset diabetes mellitus among older adults in Taiwan: a five-year observational cohort study [J]. *Arch Gerontol Geriatr*, 2011, 53(1): e1–e4.
- [39] Jayawardana R, Ranasinghe P, Sheriff MH, et al. Waist to height ratio: a better anthropometric marker of diabetes and cardio-metabolic risks in South Asian adults [J]. *Diabetes Res Clin Pract*, 2013, 99(3): 292–299.
- [40] Vazquez G, Duval S, Jacobs DR, et al. Comparison of body mass index, waist circumference, and waist/hip ratio in predicting incident diabetes: a meta-analysis [J]. *Epidemiol Rev*, 2007, 29(1): 115–128.
- [41] Razak F, Anand S, Vuksan V, et al. Ethnic differences in the relationships between obesity and glucose-metabolic abnormalities: a cross-sectional population-based study [J]. *Int J Obes (Lond)*, 2005, 29(6): 656–667.
- [42] DU Pei, ZHANG Bing, WANG Hui-jun, et al. The prevalence and secular trends of abdominal obesity among Chinese adults, 1993–2011 [J]. *Ann Epidemiol*, 2015, 25(10): 797–799.