

# 内脏脂肪组织及其评估指标与糖尿病肾病的研究进展

张晓英, 韩彦渊

青海大学附属医院内分泌科, 青海 西宁

收稿日期: 2023年6月21日; 录用日期: 2023年7月16日; 发布日期: 2023年7月21日

## 摘要

近年来, 糖尿病肾病(diabetic kidney disease, DKD)的发病率日趋升高, 糖尿病肾病是糖尿病患者微血管病变的主要死亡原因, 是导致终末期肾病(end stage renal disease, ESRD)的主要病因之一。内脏脂肪组织与腹性肥胖及胰岛素抵抗相关, 内脏脂肪越多, 糖尿病肾病的发生率越高。本综述详细介绍用来评估内脏脂肪组织的各个指标以及进一步探讨其与糖尿病肾病的关系。

## 关键词

内脏脂肪组织, 2型糖尿病, 糖尿病肾病

# Visceral Adipose Tissue and Its Evaluation Index and the Research Progress of Diabetic Nephropathy

Xiaoying Zhang, Yanyuan Han

Endocrinology Department, Qinghai University Affiliated Hospital, Xining Qinghai

Received: Jun. 21<sup>st</sup>, 2023; accepted: Jul. 16<sup>th</sup>, 2023; published: Jul. 21<sup>st</sup>, 2023

## Abstract

In recent years, the incidence of diabetic nephropathy (DKD) is increasing day by day. Diabetic nephropathy is the main cause of death of diabetic microangiopathy and one of the main causes of end stage renal disease, ESRD). Visceral adipose tissue is related to abdominal obesity and insulin resistance. The more visceral fat, the higher the incidence of diabetic nephropathy. This review introduces

in detail the indexes used to evaluate visceral adipose tissue and further discusses its relationship with diabetic nephropathy.

## Keywords

Visceral Adipose Tissue, Type 2 Diabetes, Diabetic Kidney Disease

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

糖尿病肾脏疾病(diabetic kidney disease, DKD)发病率日趋升高, 研究显示, 25.97%的糖尿病 (diabetes mellitus, DM)人群最终进展为 DKD, 是导致终末期肾病(end stage renal disease, ESRD)的主要病因之一[1], 是全球引起慢性肾脏病(chronic kidney disease, CKD)和终末期肾脏病(end-stage kidney disease, ESKD)的主要原因[2], 是我国中老年人发生 ESKD 的首要病因[3]。DKD 通常在糖尿病(diabetes mellitus, DM)患者中, 基于尿白蛋白排泄增加或估算肾小球滤过率(estimated glomerular filtration rate, eGFR)降低而做出的临床诊断[4]。DKD 的临床和病理表现多样化, 临床结局差异很大[5]。随着对常见危险因素(高血糖、高脂血症和高血压)的控制, 目前糖尿病心血管并发症的发生率在一定程度上降低, 但 DN 的患病率无明显降低。因此, 识别 DN 的常见危险因素备受关注。有研究表明, 肥胖是 CKD 发展的独立危险因素之一[6]。内脏脂肪通过影响脂肪因子和细胞因子的释放, 参与并调节肾损伤[7]。研究报道, 肥胖可导致大量脂肪因子的产生, 如脂联素、瘦素、抵抗素等, 且这些脂肪因子在糖尿病肾病的发病机制中具有重要作用[8]。在一般人群中, 评估内脏脂肪组织分布情况的指标有很多, 如体重指数、腰围、腰臀比、腰高比、内脏脂肪指数(VAI)、深度腹部脂肪指数(DAAT)等。本综述的主要目的就是详细介绍用来评估内脏脂肪组织的各个指标以及进一步探讨其与糖尿病肾病的关系。

## 2. 内脏脂肪组织的评价指标

### 2.1. 体重指数

体重指数(Body mass index, BMI)也称体质指数、身体质量指数。此指标用来衡量人体健康水平、肥胖程度、肥胖变化趋势等。定义为当  $BMI \geq 24 \text{ Kg/m}^2$  但  $< 28 \text{ Kg/m}^2$  时为超重, 当体重指数  $\geq 28 \text{ Kg/m}^2$  时被认为是肥胖。研究发现, 20 岁时, 若  $BMI > 25 \text{ kg/m}^2$ , 则其并发肾功能衰竭的概率是正常人的 3 倍以上[8] [9] [10]。成年女性  $BMI > 35 \text{ kg/m}^2$  或成年男性  $BMI \geq 30 \text{ kg/m}^2$ , 其肾衰竭的发生率是正常者的 3~4 倍[11], 研究表明随着体重指数的增加, 2 型糖尿病患者发生糖尿病肾病的危险性也增加, 也有研究发现体重指数与糖尿病肾病发生无相关性, 说法不一。尽管简单且可重复, 但由于其内在的弱点, 无法区分脂肪和肌肉的位置, 以及无法解释不同的身体组成模式和区域脂肪分布, 它一直受到广泛的争议。

### 2.2. 腰围和腰臀比

腰围一般用于评价腹部脂肪的积聚程度, 因其只需要测量一个指标, 测量方式简单快速, 测量成本较低而被广泛应用。WHO 推荐使用 WC 来代替 WHR 作为反应中心性肥胖的指标。

腰臀比是腰围和臀围的比值, 也是 WHO 最早推荐评价中心性肥胖的指标之一, 很多研究表明, 腰

臀比与肥胖相关疾病的关联程度并不比 WC 好[12] [13], 而且 WC 测量简单方便, 因而在很多研究中被 WC 取代。WHO 推荐腰臀比的评价中心性肥胖的切点为女性  $\geq 0.85$ , 男性  $\geq 0.9$ , 我国尚没有统一指标。

### 2.3. 腰高比

腰高比是通过腰围除以身高。WHTR 是在 WC 的基础上引入身高, 避免因研究对象的身高因素而引起偏倚, 是目前中心性肥胖的理想指标[14], 能反映出体脂的分布情况, 判断是否存在腹部脂肪的堆积情况。腹部脂肪的过度堆积有可能是造成肾脏发生组织学和功能改变的主要因素, 造成肾脏结构的变化, 为尿微量白蛋白的升高和糖尿病肾病的发生奠定基础。S D Hsieh 等人在研究过程中发现腰高比与其他单纯的体格测量指标相比, 它可以在不同的性别和不同年龄方面改善了单纯使用腰围作为体脂分布的分类方法[15]。方凤贞等研究表明在单一肥胖指标中 WHTR 可能是预测男性 DKD 发病风险的良好指标, 适宜切点值为 0.6 [16]。

### 2.4. 内脏脂肪指数(VAI)

内脏脂肪指数(VAI)是 2010 年由 Amato 等提出的新的体脂指标, 是一种基于一系列代谢参数, 包括甘油三酯(triglyceride, TG)、高密度脂蛋白(high-density lipoprotein, HDL)和人体测量参数, 其中人体测量参数包含体重指数(BMI)和腰围(WC)的经验数学模型[17]。考虑到性别对人体脂肪分布的影响, 分别建立了适用于男性和女性的不同的计算公式, 以使数据更具准确性, 因此该指标具有性别特异性。VAI 较 MRI、CT 等评估内脏脂肪含量的工具相比[18], 具有计算简单、数据容易获得、无电离辐射等优点。大量研究表明其不仅能评估内脏脂肪含量, 也能间接反映内脏脂肪功能, 并进一步评估胰岛素抵抗[19]。此外, 也有研究表明, VAI 在糖尿病及其并发症、心血管疾病、代谢综合征以及多囊卵巢综合征方面具有预测价值[19]。

VAI 计算方法: 男 =  $WC / (39.68 + 1.88 \times BMI) \times TG / 1.03 \times 1.31 / HDL$ ;  
女 =  $WC / (36.58 + 1.89 \times BMI) \times TG / 0.81 \times 1.52 / HDL$ 。

### 2.5. 脂质蓄积指数(LAP)

脂质蓄积指数(LAP)这一评分模型是 2005 年由 Kahn 首次提出的, 是一个用于评估体内脂肪蓄积程度的指标。Kahn [20]等人对 1500 万例年龄在 18~24 岁的健康成人的临床资料进行统计学分析, 并计算出一个理想状态的数字, 此时的 TG 浓度设置为 0, WC 作为最小值(包括腹部肌肉、内脏和脊柱作为最小腰围, 男性为 65 cm, 女性为 58 cm), 实际测量腰围与最小腰围的差值表示腹部脂肪, 差值越大表示腹部囤积的脂肪越多。LAP 综合 WC 和 TG 计算得出, 相比于 BMI、WC、WHR、TG、TC 等指标, 其能更好的评估内脏脂肪蓄积程度。而且 LAP 与 VAI 一样, 不依赖于高端医疗设备, 较 CT、MRI 等评估内脏脂肪含量的方法[18], 具有容易测量、价格低廉、没有电离辐射等优势。

LAP 计算方法: 男 =  $(WC - 65) \times TG$ ; 女 =  $(WC - 58) \times TG$ 。

### 2.6. 中国人内脏脂肪指数(CVAI)

2010 年西方学者曾在意大利人群中建立了内脏脂肪指数来评价内脏脂肪含量和功能; 该指数结合了 WC、BMI、甘油三酯和高密度脂蛋白胆固醇, 并考虑了性别的影响[17]。考虑到东方人群脂肪分布的种族差异[21] [22], 我国学者于 2016 年在 VAI 的基础上构建了中国人内脏脂肪指数(Chinese visceral adipose index, CVAI) [23], 在该研究人群中, CVAI 预测内脏性肥胖的受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic, ROC 曲线)曲线下面积(area under curve, AUC)及 95% 置信区间为 0.83 (0.79~0.86), 优于 VAI、WC、和 BMI。

CVAI 计算公式[24]:

男性:  $CVAI = -267.93 + 0.68 \times \text{年龄} + 0.03 \times \text{BMI} + 4.00 \times \text{WC} + 22.00 \times \log_{10} \text{TG} - 16.32 \times \text{HDL-C}$ ;

女性:  $CVAI = -187.32 + 1.71 \times \text{年龄} + 4.32 \times \text{BMI} + 1.12 \times \text{WC} + 39.76 \times \log_{10} \text{TG} - 11.66 \times \text{HDL-C}$ ;

## 2.7. 胰岛素抵抗代谢分数(METS-IR)

METS-IR 是 Bello-Chavolla OY 等[25]提出的不依赖胰岛素测定的条件下对空腹血浆葡萄糖、血浆甘油三酯、高密度脂蛋白以及 BMI 的测定, 再通过公式而得出结果的新的可替代指标来评估胰岛素的抵抗作用。它的计算公式所涉及到的各个变量都是在基层医院就可以测量得到的指标, 对于医疗设备以及实验分析技术要求比较低, 且价格十分的低廉, 便于临床应用, 以及科学评估[26]。林海玲等[27]发现 METS-IR 在中国人群中与 CKD 和蛋白尿存在关联, METS-IR 越高, CKD 和蛋白尿发生风险越大, logistic 回归分析显示, METS-IR 每增加 1, CKD 和蛋白尿的患病风险均增加 2%。

$$\text{METS-IR} = \text{Ln}(2 * \text{FPG} + \text{TG}) * \text{BMI} / \text{Ln}(\text{HDL-C})$$

## 2.8. 内脏脂肪代谢分数(Metabolic Score for Visceral Fat, METS-VF)

METS-VF (Metabolic Score for Visceral Fat)是由 Bello-Chavolla 等的研究团队通过对比多个以往的内脏脂肪替代指标以及 VAT、DXA、MRI 和 BIA, 证明了 METS-VF 与定量检查的金标准有很强的相关性, 并且比其他的内脏脂肪替代指标的相关性更为突出, 从而提出这个更优化的指标, 它结合了 METS-IR、腰高比、年龄和性别, 并且研究表明 METS-VF 比单独的人体测量指标更能预测高血压和 2 型糖尿病[28][29]。研究证明, 使用 METS-VF 估算的内脏脂肪组织与增加内脏脂肪组织的受试者预期的脂肪因子分布相关。

## 2.9. DEXA 技术[30]

DEXA 装置由一种超稳定 X 线发生器发射一束宽波长的射线束, 通常采用 38 kV 和 70 kV 不同电压的电压参数进行扫描, 通过 X 线束滤过式脉冲技术可获得 2 种能量的 X 线, 即高能和低能两束不同能量的弱 X 线, 2 种不同能量的原始 X 线以指数方式衰减。不同密度的组织其 X 线衰减系数不同, 比如骨骼和软组织, 软组织中的脂肪与非脂肪组织间存在着明显的密度差, 扫描中同步的探测器记录不同组织的 X 线衰减信号, 经过计算机软件的处理, 计算出不同组织的含量, 从而检测出人体脂肪含量。

## 2.10. 腹部脂肪的 CT 测量

CT 是定量测量内脏脂肪组织的方法, 也同核磁共振成像一样是内脏脂肪组织测定的金标准。F Armellinin 等人最开始提出用计算机断层扫描的方法计算内脏脂肪组织面积[31], 对于测量整体的脂肪或者内脏脂肪面积来说, CT 是非常准确可靠的方法, 它能够对内脏脂肪组织面积进行定量, 然而并不是广泛使用的替代方法。它的方法是计算机断层扫描还对 L4-L5 水平的总脂肪和内脏脂肪区域进行了扫描, 经过分析后转换为定量的内脏脂肪组织面积, 但由于成本高昂, 需要长时间、大剂量的暴露在辐射下, 因此临床应用也受到限制。

## 2.11. 腹部脂肪的 MRI 测量

应用 CT 评价内脏脂肪时患者需要暴露于 X 线照射之下, 在临床实践中具有一定的局限。因此已经有学者采用磁共振成像的方法来评价内脏脂肪。Gomi 等[32]应用磁共振成像评价患者内脏脂肪面积和皮下脂肪面积, 患者平卧位, 屏气后扫描平面为第 4 至第 5 腰椎水平, 扫描后将数据传到工作站, 应用专用软件计算内脏脂肪面积和皮下脂肪面积。磁共振成像检查结果与 CT 检查结果比较,

两种方法无差异[33]。目前认为以 CT 或 MRI 测量的腹内脂肪  $\geq 100 \text{ cm}^2$  为判断腹内型肥胖的黄金标准[34] [35]。

## 2.12. 评价指标的分析

评估内脏脂肪组织的黄金标准是磁共振成像(MRI); 然而, 核磁共振成像价格昂贵, 并需要由专业人员操作和诊断。其他成像技术包括计算机断层扫描(CT)、双 X 线吸收测量(DXA)和生物电阻抗分析(BIA), 这些技术简单、安全, 并与 MRI 评估高度相关。对于进行疾病的预测, 人们可能并不需要实时的定量而是尽可能准确的估计, 因此用一些十分容易获取的临床身体检查的数据和临床检验的结果相结合, 通过简单的计算得出评估内脏脂肪组织的指标; 例如脂质蓄积指数、内脏脂肪指数、胰岛素抵抗 - 稳态模型评估、胰岛素抵抗代谢指数以及内脏脂肪代谢分数等。内脏脂肪代谢分数这个指标结合了胰岛素抵抗指标以及空腹血糖, 对于胰岛素抵抗的预测等方面可能更为准确, 目前研究较少。

## 3. 内脏脂肪组织与糖尿病肾病的相关关系

最初, 我们把脂肪组织只是单纯的比作了惰性组织, 它就像储存库一样储存身体多余的能量。然而, 近些年的研究表明, 内脏脂肪组织与腹性肥胖及胰岛素抵抗相关, 其分泌脂肪因子及炎症因子增加糖尿病微血管并发症风险对病情进展及预后也有影响[36]。内脏脂肪组织产生及分泌许多细胞因子, 它们使肾脏的结构或功能受损, 在肾脏疾病的进展中起着重要作用[37] [38]。如脂肪组织产生的游离脂肪酸和各种细胞因子促进各种炎症因子的释放, 加重胰岛素抵抗, 促进肾脏疾病的发生发展[38]。脂肪组织还可分泌瘦素, 它通过促进尿钠排泄及激活交感神经活性等引起肾脏紊乱[39]。内脏脂肪越多, 糖尿病肾病的发生率越高, 尿微量蛋白、Scr 及 UACR 越高, eGFR 越低。有研究表明亚洲 2 型糖尿病患者发生肾脏并发症的风险高于欧洲人[40] [41]。这可能与亚洲人更容易积累内脏脂肪相关。

## 4. 总结与展望

在内脏脂肪组织与糖尿病肾病的研究过程中, 已经明确两者有强烈的相关性。目前提出了评估内脏脂肪组织的多种方法, 且已经应用于糖尿病肾病的预测及进展。内脏脂肪组织对于糖尿病肾病通过很多方面产生影响, 如炎症因子, 如果能够在现有评价指标的基础上结合有关能体现炎症的指标可能会有更好的预测效果。

## 参考文献

- [1] Cherney, D.I., Odotayo, A. and Verma, S. (2019) A Big Win for Diabetic Kidney Disease: Credence. *Cell Metabolism*, **29**, 1024-1027. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2019.04.011>
- [2] Tönnies, T., Rathmann, W., Hoyer, A., Brinks, R. and Kuss, O. (2021) Quantifying the Underestimation of Projected Global Diabetes Prevalence by the International Diabetes Federation (IDF) Diabetes Atlas. *BMJ Open Diabetes Research & Care*, **9**, e002122. <https://doi.org/10.1136/bmjdr-2021-002122>
- [3] Hou, J.H., Zhu, H.X., Zhou, M.L., et al. (2018) Changes in the Spectrum of Kidney Diseases: An Analysis of 40,759 Biopsy-Proven Cases from 2003 to 2014 in China. *Kidney Disease (Basel)*, **4**, 10-19. <https://doi.org/10.1159/000484717>
- [4] 中华医学会肾脏病学分会专家组. 糖尿病肾脏疾病临床诊疗中国指南[J]. 中华肾脏病杂志, 2021, 37(3): 255-304. <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn441217-20201125-00041>
- [5] Wang, Z. and Hoy, W.E. (2013) Diabetes and Lifetime Risk of ESRD in High-Risk Remote-Dwelling Australian Aboriginal People: A 20-Year Cohort Study. *American Journal of Kidney Diseases*, **62**, 845-846. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2013.05.021>
- [6] Lakkis, J.I. and Weir, M.R. (2018) Obesity and Kidney Disease. *Progress in Cardiovascular Diseases*, **61**, 157-167. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2018.07.005>
- [7] Zhu, Q. and Scherer, P.E. (2018) Immunologic and Endocrine Functions of Adipose Tissue: Implications for Kidney

- Disease. *Nature Reviews Nephrology*, **14**, 105-120. <https://doi.org/10.1038/nrneph.2017.157>
- [8] Al Obaidi, R.M.S. (2021) The Physiological Effects of Visfatin on Immune Response and Inflammatory Impacts on Nephropathy. *Archives of Razi Institute*, **76**, 639-647.
- [9] Mashitani, T., Hayashino, Y., Okamura, S., Tsujii, S. and Ishii, H. (2014) Correlations between Serum Bilirubin Levels and Diabetic Nephropathy Progression among Japanese Type 2 Diabetic Patients: A Prospective Cohort Study (Diabetes Distress and Care Registry at Tenri [DDCRT 5]). *Diabetes Care*, **37**, 252-258. <https://doi.org/10.2337/dc13-0407>
- [10] 曾慧妍, 曹瑛, 赵玲, 等. 肥胖相关指标与 2 型糖尿病肾病患病率的相关性分析[J]. 世界中西医结合杂志, 2014(6): 617-619, 623.
- [11] 任伟, 郭剑津, 郗光霞, 李元宾, 高林琳, 李兴, 柳洁. 利拉鲁肽治疗对肥胖 2 型糖尿病患者早期肾损伤的治疗作用[J]. 中国药物与临床, 2015, 15(9): 1284-1286.
- [12] Qiao, Q. and Nyamdorj, R. (2010) Is the Association of Type II Diabetes with Waist Circumference or Waist-to-Hip Ratio Stronger than That with Body Mass Index? *European Journal of Clinical Nutrition*, **64**, 30-34. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2009.93>
- [13] Czernichow, S., Kengne, A.P., Stamatakis, E., Hamer, M. and Batty, G.D. (2011) Body Mass Index, Waist Circumference and Waist-Hip Ratio: Which Is the Better Discriminator of Cardiovascular Disease Mortality Risk? Evidence from an Individual-Participant Meta-Analysis of 82864 Participants from Nine Cohort Studies. *Obesity Reviews*, **12**, 680-687. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2011.00879.x>
- [14] 任倩. 中国成人肥胖评价指标预测高血压发病适宜切点值的前瞻性研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 中国疾病预防控制中心营养与健康所, 2016.
- [15] Hsieh, S.D., Yoshinaga, H. and Muto, T. (2003) Waist-to-Height Ratio, a Simple and Practical Index for Assessing Central Fat Distribution and Metabolic Risk in Japanese Men and Women. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders*, **27**, 610-616. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0802259>
- [16] 方凤贞, 张璟. 不同肥胖指标对 2 型糖尿病肾脏疾病的预测及适宜切点值[J]. 中医临床研究, 2021, 13(31): 37-41.
- [17] Amato, M.C., Giordano, C., Galia, M., et al. (2010) Visceral Adiposity Index: A Reliable Indicator of Visceral Fat Function Associated with Cardiometabolic Risk. *Diabetes Care*, **33**, 920-922. <https://doi.org/10.2337/dc09-1825>
- [18] Graffy, P.M. and Pickhardt, P.J. (2016) Quantification of Hepatic and Visceral Fat by CT and MR Imaging: Relevance to the Obesity Epidemic, Metabolic Syndrome and NAFLD. *The British Journal of Radiology*, **89**, Article ID: 20151024. <https://doi.org/10.1259/bjr.20151024>
- [19] Amato, M.C. and Giordano, C. (2014) Visceral Adiposity Index: An Indicator of Adipose Tissue Dysfunction. *International Journal of Endocrinology*, **2014**, Article ID: 730827. <https://doi.org/10.1155/2014/730827>
- [20] Kahn, H.S. (2005) The "Lipid Accumulation Product" Performs Better than the Body Mass Index for Recognizing Cardiovascular Risk: A Population-Based Comparison. *BMC Cardiovascular Disorders*, **5**, Article No. 26. <https://doi.org/10.1186/1471-2261-5-26>
- [21] Deurenberg, P., Deurenberg-Yap, M. and Guricci, S. (2002) Asians Are Different from Caucasians and from Each Other in Their Body Mass Index/Body Fat Percent Relationship. *Obesity Reviews*, **3**, 141-146. <https://doi.org/10.1046/j.1467-789X.2002.00065.x>
- [22] Yaghoobkar, H., Whitcher, B., Bell, J.D. and Thomas, E.L. (2020) Ethnic Differences in Adiposity and Diabetes Risk—Insights from Genetic Studies. *Journal of Internal Medicine*, **288**, 271-283. <https://doi.org/10.1111/joim.13082>
- [23] Xia, M.F., Chen, Y., Lin, H.D., et al. (2016) A Indicator of Visceral Adipose Dysfunction to Evaluate Metabolic Health in Adult Chinese. *Scientific Reports*, **6**, Article No. 38214. <https://doi.org/10.1038/srep38214>
- [24] Wan, H., Wang, Y., Xiang, Q., et al. (2020) Associations between Abdominal Obesity Indices and Diabetic Complications: Chinese Visceral Adiposity Index and Neck Circumference. *Cardiovascular Diabetology*, **19**, Article No. 118. <https://doi.org/10.1186/s12933-020-01095-4>
- [25] Bello-Chavolla, O.Y., Almeda-Valdes, P., Gomez-Velasco, D., et al. (2018) METS-IR, a Novel Score to Evaluate Insulin Sensitivity, Is Predictive of Visceral Adiposity and Incident Type 2 Diabetes. *European Journal of Endocrinology*, **178**, 533-544. <https://doi.org/10.1530/EJE-17-0883>
- [26] Liu, X.Z., Fan, J. and Pan, S.J. (2019) METS-IR, a Novel Simple Insulin Resistance Indexes, Is Associated with Hypertension in Normal-Weight Chinese Adults. *Journal of Clinical Hypertension (Greenwich, Conn.)*, **21**, 1075-1081. <https://doi.org/10.1111/jch.13591>
- [27] 林海玲, 邱山虎, 胡浩, 刘钰, 陈娟, 李婷婷, 刘佳宁, 袁扬, 孙子林. 中国人群胰岛素抵抗代谢指数与慢性肾脏病及蛋白尿的相关性分析[J]. 中华内科杂志, 2023, 62(3): 281-289.
- [28] Lanaspá, M.A., Ishimoto, T., Cicerchi, C., et al. (2014) Endogenous Fructose Production and Fructokinase Activation

- Mediate Renal Injury in Diabetic Nephropathy. *Journal of the American Society of Nephrology*, **25**, 2526-2538. <https://doi.org/10.1681/ASN.2013080901>
- [29] Albu, J.B., Kovera, A.J. and Johnson, J.A. (2000) Fat Distribution and Health in Obesity. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **904**, 491-501. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2000.tb06505.x>
- [30] 陆玉敏, 黄仲奎, 龙莉玲. 人体脂肪含量及分布 DEXA 测量的可行性研究[J]. 实用放射学杂志, 2007, 23(1): 70-74. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-1671.2007.01.021>
- [31] Asano, T., Kubota, N., Koizumi, N., et al. (2017) Novel and Simple Ultrasonographic Methods for Estimating the Abdominal Visceral Fat Area. *International Journal of Endocrinology*, **2017**, Article ID: 8796069. <https://doi.org/10.1155/2017/8796069>
- [32] Gomi, T., Kawawa, Y., Nagamoto, M., Terada, H. and Kohda, E. (2005) Measurement of Visceral Fat/Subcutaneous Fat Ratio by 0.3 Tesla MRI. *Radiation Medicine*, **23**, 584-587.
- [33] 孙立平. 内脏脂肪的测量和胰岛素抵抗[J]. 胡世红, 审校. 医学综述, 2008, 14(13): 1986-1988.
- [34] Examination Committee of Criteria for "Obesity Disease" in Japan, Japan Society for the Study of Obesity (2002) New Criteria for "Obesity Disease" in Japan. *Circulation Journal*, **66**, 987-992. <https://doi.org/10.1253/circj.66.987>
- [35] Jang, Y., Kim, O.Y., Ryu, H.J., et al. (2003) Visceral Fat Accumulation Determines Postprandial Lipemic Response, Lipid Peroxidation, DNA Damage, and Endothelial Dysfunction in Nonobese Korean Men. *Journal of Lipid Research*, **44**, 2356-2364. <https://doi.org/10.1194/jlr.M300233-JLR200>
- [36] 王惠玲, 谭擎纓, 王秀景, 王静, 阮勇, 阮芸, 姚佳琦. BMI 正常男性 2 型糖尿病患者腹腔内脏脂肪面积与胰岛素抵抗的关系[J]. 中华全科医师杂志, 2015(8): 599-602.
- [37] Engeli, S., Böhnke, J., Gorzelniak, K., Janke, J., Schling, P., Bader, M., Luft, F.C. and Sharma, A.M. (2005) Weight Loss and the Renin-Angiotensin-Aldosterone System. *Hypertension*, **45**, 356-362. <https://doi.org/10.1161/01.HYP.0000154361.47683.d3>
- [38] Wisse, B.E. (2004) The Inflammatory Syndrome: The Role of Adipose Tissue Cytokines in Metabolic Disorders Linked to Obesity. *Journal of the American Society of Nephrology*, **15**, 2792-2800. <https://doi.org/10.1097/01.ASN.0000141966.69934.21>
- [39] Knight, S.F. and Imig, J.D. (2007) Obesity, Insulin Resistance, and Renal Function. *Microcirculation*, **14**, 349-362. <https://doi.org/10.1080/10739680701283018>
- [40] Ma, R.C. and Chan, J.C. (2013) Type 2 Diabetes in East Asians: Similarities and Differences with Populations in Europe and the United States. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **1281**, 64-91. <https://doi.org/10.1111/nyas.12098>
- [41] Tanaka, S., Horimai, C. and Katsukawa, F. (2003) Ethnic Differences in Abdominal Visceral Fat Accumulation between Japanese, African-Americans, and Caucasians: A Meta-Analysis. *Acta Diabetologica*, **40**, S302-S304. <https://doi.org/10.1007/s00592-003-0093-z>