

基于超声极速成像技术的脉搏波传导速度对糖尿病前期及糖尿病患者颈动脉硬化评估的临床意义

Evaluation of pulse wave velocity in assessing carotid artery stiffness in patients with diabetes and prediabetes using ultrafast imaging technology

康渊强^{1,2}, 李光源³, 王永槐³, 关正宇⁴, 高明宇^{2,5}

(1. 辽宁省金秋医院干部保健科, 沈阳 110067; 2. 辽宁中医药大学附属医院心内科, 沈阳 110033; 3. 中国医科大学附属第一医院心血管超声科, 沈阳 110001; 4. 辽宁中医药大学附属医院超声心电图中心, 沈阳 110033; 5. 沈阳药科大学, 沈阳 110016)

摘要 探讨基于超声极速成像技术的脉搏波传导速度(PWV)对糖尿病前期及糖尿病患者颈动脉硬化评估的临床意义。选取2020年5月至2021年7月于辽宁省金秋医院就诊的糖尿病患者54例作为糖尿病组,同时选取年龄、性别、体质指数(BMI)及血压相匹配糖尿病前期患者60例作为糖尿病前期组,正常健康者60例作为对照组。测量3组患者空腹血糖(FPG)、口服葡萄糖耐量试验2 h后血糖(2hPG)及糖化血红蛋白(HbA1c)水平,应用超声极速成像技术检测患者颈总动脉收缩期起始时PWV(PWV-BS)、收缩期结束时PWV(PWV-ES)。采用*t*检验或单因素方差分析比较组间PWV差异;采用Pearson相关分析评估血糖水平对PWV影响。结果显示,与对照组比较,糖尿病组及糖尿病前期组患者BMI、FPG、2hPG及HbA1c、PWV-BS、PWV-ES均显著增高(均 $P < 0.05$)。与糖尿病前期组比较,糖尿病组BMI、FPG、2hPG及HbA1c、PWV-BS、PWV-ES水平均显著增高(均 $P < 0.05$)。Pearson相关分析结果显示,糖尿病及糖尿病前期患者PWV-BS、PWV-ES与FPG、2hPG及HbA1c均呈正相关(均 $P < 0.01$)。因此认为,糖尿病前期及糖尿病患者PWV均显著高于正常人群;而且PWV与血糖水平正相关。

关键词 超声极速成像技术; 糖尿病; 糖尿病前期; 脉搏波传导速度; 动脉硬化

中图分类号 R445.1 文献标志码 A 文章编号 0258-4646(2024)02-0186-04

网络出版地址 <https://link.cnki.net/urlid/21.1227.R.20240109.1249.016>

DOI: 10.12007/j.issn.0258-4646.2024.02.017

国际糖尿病联盟统计数据^[1-2]表明,2019年全球约有4.63亿人患有糖尿病,而糖尿病前期患者约为糖尿病患者的3倍。研究^[3]表明,高血糖可引起动脉内皮损伤,导致动脉硬化;而动脉硬化是高血压、冠状动脉粥样硬化性心脏病等心脑血管疾病的主要危险因素。心脑血管疾病是糖尿病患者死亡的主要原因。因此尽早发现糖尿病前期及糖尿病患者动脉硬化情况,对于预测心血管疾病发生、发展,指导临床早期干预具有重要意义。

以往研究^[4]显示,患者早期动脉硬化多采用内-中膜厚度(intimate-media thickness, IMT)或肱-踝脉搏波传导速度(brachial-ankle pulse wave velocity, baPWV)来评估;此2种方法存在误差大、检查时间

长等局限性,临床应用受限。超声极速成像(ultrafast imaging, UFI)技术是近年来发展起来的可以准确评估颈动脉脉搏波传导速度(pulse wave velocity, PWV)的新技术^[5]。UFI基于超高帧频可准确获取脉搏波的精细运动,能够无创、实时测量动脉收缩期起始时PWV(PWV begin-systole, PWV-BS)和收缩期结束时PWV(PWV end-systole, PWV-ES)。本研究采用UFI技术检测糖尿病前期及糖尿病患者颈动脉PWV情况,进一步分析血糖水平对PWV的影响,旨在明确UFI的临床应用价值。

1 材料与方法

1.1 临床资料及分组

选取2020年5月至2021年7月于辽宁省金秋医院就诊的糖尿病患者为糖尿病组。选择同期年龄、性别、体质指数(body mass index, BMI)及血压均匹配的糖尿病前期患者为糖尿病前期组。选择同期年龄和性别匹配的健康人群为对照组。本研究获得

基金项目:辽宁省“揭榜挂帅”科技重大专项(2022JH1/10400001)

作者简介:康渊强(1991-),男,医师,硕士。

通信作者:高明宇, E-mail: gaomingyuln@126.com

收稿日期:2023-05-11

网络出版时间:2024-01-10 15:58:59

辽宁省金秋医院伦理委员会批准(2023008),所有患者均签署知情同意书。

纳入标准:(1)糖尿病患者需符合糖尿病诊断标准^[6],即符合以下任意条件,空腹血糖(fasting blood glucose, FPG) ≥ 7.0 mmol/L;口服葡萄糖耐量试验(oral glucose tolerance test, OGTT) 2 h后血糖(2hPG)水平 ≥ 11.1 mmol/L;糖化血红蛋白(glycosylated hemoglobin, HbA1c) $\geq 6.5\%$ (48 mmol/mol);有典型高血糖症状患者中,随机血糖 ≥ 11.1 mmol/L。(2)糖尿病前期患者需符合糖尿病前期诊断标准^[7],即符合以下任意条件,FPG介于5.6~6.9 mmol/L之间为空腹血糖受损(impaired fasting plasma glucose, IFG);2hPG介于7.8~11.0 mmol/L之间为糖耐量受损(impaired glucose tolerance, IGT);HbA1c为5.7%~6.4% (39~47 mmol/mol)。

排除标准:(1)伴有糖尿病急性并发症,如酮症酸中毒、高血糖高渗状态等;(2)妊娠期妇女;(3)急性心肌梗死、恶性心律失常、心力衰竭;(4)急性感染性疾病、外伤、肿瘤、自身免疫性疾病;(4)高血压、高血脂;(5)严重肝、肾功能不全;(6)BMI > 40 kg/m²。

最终糖尿病组纳入54例,糖尿病前期组纳入60例,对照组纳入60例。

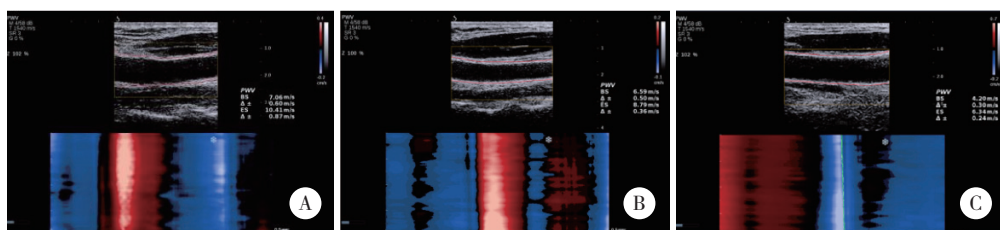
1.2 检测指标

收集并记录患者年龄、性别、吸烟史、身高、体重,计算BMI,于颈动脉彩色多普勒超声检查前记录患者收缩压、舒张压、心率、收集患者入院时甘油三酯(triglyceride, TG)、总胆固醇(total cholesterol, TC)、低密度脂蛋白胆固醇(low-density lipoprotein-cholesterol, LDL-C)、高密度脂蛋白胆固醇(high-density lipoprotein-cholesterol, HDL-C)、FPG、2hPG、HbA1c等指标。

1.3 PWV检查

采用AixPlover型彩色多普勒超声诊断仪(法国SuperSonic Imagine公司)检测患者颈总动脉PWV。SL10-2线阵探头(频率2~10 MHz)。嘱受试者仰卧位,平静呼吸,充分暴露颈部,检查双侧颈动脉。根据中华医师协会血管超声检查指南^[8]测量以下参数:颈总动脉远段(颈动脉分叉部下1.0~1.5 cm)IMT、收缩末期内径(diameter, D)及收缩期峰值速度(peak systolic velocity, PSV)。

将探头平行于颈总动脉纵切面,动脉管壁显示清晰,保持探头稳定不动,“PWV”一键获取动脉管壁运动信息,软件自动计算,获得双侧颈总动脉PWV-BS和PWV-ES参数,同一参数测量3次,取平均值。见图1。



A,糖尿病组;B,糖尿病前期组;C,对照组。

图1 3组颈总动脉PWV-BS和PWV-ES测量结果

1.4 统计学分析

采用SPSS 19.0统计软件进行分析。所有计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用独立样本 t 检验或单因素方差分析,组间两两比较采用LSD法;计数资料采用率(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验。血糖水平对PWV的影响采用Pearson相关分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 3组一般临床指标比较

结果显示,3组患者BMI、FPG、2hPG及HbA1c水平比较有统计学差异(均 $P < 0.05$);而3组年龄、性别、血压、血脂等指标比较无统计学差异(均 $P > 0.05$)。与对照组比较,糖尿病组及糖尿病前期组患者BMI、FPG、2hPG及HbA1c水平均显著增高(均 $P < 0.05$);与糖尿病前期组比较,糖尿病组BMI、FPG、2hPG及HbA1c水平均显著增高($P < 0.05$)。见表1。

2.2 3组颈动脉超声指标比较

结果显示,3组PWV-BS及PWV-ES比较有统计学差异(均 $P < 0.05$)。与对照组比较,糖尿病组及糖

表1 3组一般临床指标比较 ($\bar{x} \pm s$)

项目	糖尿病组 (n = 54)	糖尿病前期组 (n = 60)	对照组 (n = 60)	P
年龄 (岁)	52.3 ± 6.5	53.0 ± 6.2	52.0 ± 4.7	0.342
男 [n (%)]	37 (68.5)	35 (63.6)	36 (60.0)	0.237
BMI (kg/m ²)	29.40 ± 2.21 ^{1,2)}	25.31 ± 1.87 ¹⁾	23.43 ± 2.08	0.008
心率 (次/min)	70.7 ± 9.8	72.3 ± 8.2	67.3 ± 6.9	0.132
收缩压 (mmHg)	132.31 ± 12.36	130.42 ± 11.35	128.44 ± 11.81	0.062
舒张压 (mmHg)	76.23 ± 8.13	75.33 ± 8.32	74.27 ± 8.62	0.158
吸烟 [n (%)]	12 (22.22)	11 (20.00)	12 (20.00)	0.314
TG (mmol/L)	1.31 ± 0.70	1.26 ± 0.52	1.22 ± 0.43	0.132
TC (mmol/L)	4.63 ± 0.82	4.72 ± 0.71	4.55 ± 0.79	0.241
HDL-C (mmol/L)	1.26 ± 0.59	1.24 ± 0.52	1.27 ± 0.62	0.151
LDL-C (mmol/L)	2.72 ± 0.77	2.93 ± 0.65	2.80 ± 0.55	0.092
FPG (mmol/L)	9.83 ± 0.77 ^{1,2)}	6.02 ± 0.64 ¹⁾	5.04 ± 0.46	<0.001
2hPG (mmol/L)	12.32 ± 1.43 ^{1,2)}	8.21 ± 1.03 ¹⁾	6.84 ± 0.56	<0.001
HbA1c (mmol/L)	46.57 ± 5.18 ^{1,2)}	40.25 ± 5.01 ¹⁾	36.14 ± 3.42	<0.001

1) 与对照组比较, P < 0.05; 2) 与糖尿病前期组比较, P < 0.05.

糖尿病前期组PWV-BS及PWV-ES均显著增高(均P < 0.05); 与糖尿病前期组比较, 糖尿病组PWV-BS及PWV-ES均显著增高(均P < 0.05)。各组间D、IMT和PSV比较均无统计学差异(均P > 0.05), 见表2。

2.3 血糖水平对PWV的影响

结果显示, 糖尿病及糖尿病前期患者PWV-BS和PWV-ES与FPG、2hPG及HbA1c呈显著正相关(均P < 0.01), 见表3。

3 讨论

研究^[7]显示我国糖尿病发病率呈逐年上升趋势。动脉硬化是糖尿病最常见的并发症之一, 其引发的心血管疾病是糖尿病患者首要致死原因^[8]。临床上测量PWV的方法很多, 包括颈-股PWV、baPWV和心-主PWV等, 但这些方法易受到测量距离、心率以及计算复杂等因素的影响, 存在一定局限性^[9-11]。而UFI是在短时间内描记颈动脉前壁的运动轨迹,

表2 3组颈动脉超声指标比较 ($\bar{x} \pm s$)

项目	糖尿病组 (n = 54)	糖尿病前期组 (n = 60)	对照组 (n = 60)	P
D (mm)	6.41 ± 0.70	6.62 ± 0.82	6.55 ± 0.77	0.245
PSV (cm/s)	76.13 ± 16.02	75.98 ± 15.27	75.98 ± 15.27	0.423
IMT (mm)	0.65 ± 0.18	0.59 ± 0.15	0.60 ± 0.13	0.077
PWV-BS (m/s)	6.11 ± 1.63 ^{1,2)}	5.51 ± 1.31 ¹⁾	5.03 ± 1.07	0.018
PWV-ES (m/s)	9.70 ± 1.92 ^{1,2)}	8.11 ± 1.68 ¹⁾	6.97 ± 1.73	0.004

1) 与对照组比较, P < 0.05; 2) 与糖尿病前期组比较, P < 0.05.

表3 糖尿病及糖尿病前期患者PWV-BS和PWV-ES与血糖指标的相关分析 (r)

项目	糖尿病组		糖尿病前期组	
	PWV-BS	PWV-ES	PWV-BS	PWV-ES
FPG	0.43	0.51	0.47	0.50
2 hPG	0.48	0.58	0.48	0.59
HbA1c	0.62	0.71	0.61	0.73

自动计算PWV-BS和PWV-ES,无需进行血压、心电监测,PWV使测量更加简便、敏感、准确^[12-13]。已有研究^[14]显示,对于有动脉粥样硬化危险因素的患者,UFI检测PWV可进行早期定量评价。YIN等^[15]多中心、大样本研究首次建立UFI检测PWV正常参考值范围,为临床评估早期动脉硬化提供更有效的参考价值。

动脉硬化的血管功能改变早于结构改变^[16],IMT仅反映血管结构改变,而PWV反映血管壁的弹性功能^[17],因而UFI检测PWV可更早期评价动脉硬化。本研究结果显示,3组常规超声指标比较均无统计学差异(均 $P > 0.05$),而PWV-BS及PWV-ES3组比较均有统计学差异(均 $P < 0.05$)。与对照组比较,糖尿病组和糖尿病前期组PWV-BS及PWV-ES均显著升高(均 $P < 0.05$),且糖尿病组较糖尿病前期组增高更显著($P < 0.05$),说明PWV指标更敏感,可早期检测出动脉硬化,与以往研究结果一致。本研究结果显示,PWV与血糖水平呈正相关,血糖水平越高,患者动脉硬化程度越重,与ZHANG等^[18]研究结果一致,其可能机制是高血糖加剧机体氧化应激,通过介导氧自由基参与血管内皮功能失调、平滑肌细胞增殖及迁移、炎症反应、脂质沉积等,进而引起血管动脉硬化。

综上所述,糖尿病患者及糖尿病前期患者均已发生动脉硬化,且动脉硬化程度随着血糖水平升高而增高。UFI技术可快速、敏感、准确测量糖尿病及糖尿病前期患者颈动脉PWV,是临床上检测患者早期动脉硬化的有效手段。本研究为单中心小样本研究,且未对患者进行随访,未获得血糖变化对PWV的长期影响,今后将扩大样本、联合多家医疗机构进一步论证。

参考文献:

[1] CHO NH, SHAW JE, KARURANGA S, et al. IDF diabetes atlas: global estimates of diabetes prevalence for 2017 and projections for 2045 [J]. *Diabetes Res Clin Pract*, 2018, 138: 271-281. DOI: 10.1016/j.diabres.2018.02.023.

[2] WANG LM, GAO P, ZHANG M, et al. Prevalence and ethnic pattern of diabetes and prediabetes in China in 2013 [J]. *JAMA*, 2017, 317(24): 2515-2523. DOI: 10.1001/jama.2017.7596.

[3] 中华医学会内分泌学分会. 中国成人2型糖尿病患者动脉粥样硬化性心脑血管疾病分级预防指南 [J]. *糖尿病临床*, 2016, 12(10): 531-536.

[4] GOUDOT G, MIRAULT T, KHIDER L, et al. Using brachial-ankle

pulse wave velocity to associate arterial stiffness with cardiovascular risks [J]. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*, 2009, 19(4): 241-246. DOI: 10.1016/j.numecd.2008.07.006.

[5] GOUDOT G, MIRAULT T, KHIDER L, et al. Carotid stiffness assessment with ultrafast ultrasound imaging in case of bicuspid aortic valve [J]. *Front Physiol*, 2019, 10: 1330. DOI: 10.3389/fphys.2019.01330.

[6] DIABETES ASSOCIATION A. 2. classification and diagnosis of diabetes: standards of medical care in diabetes-2021 [J]. *Diabetes Care*, 2021, 44(Supplement_1): S15-S33. DOI: 10.2337/dc21-s002.

[7] 中华医学会内分泌学分会, 中华医学会糖尿病学分会, 中国医师协会内分泌代谢科医师分会, 等. 中国成人糖尿病前期干预的专家共识 [J]. *中华内分泌代谢杂志*, 2020, 36(50): 371-380. DOI: 10.3760/cma.j.cn311282-20200115-00022.

[8] 中华医学会糖尿病学分会. 中国2型糖尿病防治指南(2017年版) [J]. *中国实用内科杂志*, 2018, 38(4): 292-344. DOI: 10.19538/j.nk2018040108.

[9] OZKAN DUMAN O, GOLDELI O, GURSUL E, et al. The value of aortic pulse wave velocity in predicting coronary artery disease diagnosis and severity [J]. *Acta Cardiol*, 2015, 70(3): 315-322. DOI: 10.1080/ac.70.3.3080636.

[10] CALABIA J, TORGUET P, GARCIA I, et al. The relationship between renal resistive index, arterial stiffness, and atherosclerotic burden: the link between macrocirculation and microcirculation [J]. *J Clin Hypertens*, 2014, 16(3): 186-191. DOI: 10.1111/jch.12248.

[11] CHIHA J, MITCHELL P, GOPINATH B, et al. Prediction of coronary artery disease extent and severity using pulse wave velocity [J]. *PLoS One*, 2016, 11(12): e0168598. DOI: 10.1371/journal.pone.0168598.

[12] ZHU ZQ, CHEN LS, WANG H, et al. Carotid stiffness and atherosclerotic risk: non-invasive quantification with ultrafast ultrasound pulse wave velocity [J]. *Eur Radiol*, 2019, 29(3): 1507-1517. DOI: 10.1007/s00330-018-5705-7.

[13] MARAIS L, PERNOT M, KHETTAB H, et al. Arterial stiffness assessment by shear wave elastography and ultrafast pulse wave imaging: comparison with reference techniques in normotensives and hypertensives [J]. *Ultrasound Med Biol*, 2019, 45(3): 758-772. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2018.10.032.

[14] ZHU ZQ, CHEN LS, JIANG XZ, et al. Absent atherosclerotic risk factors are associated with carotid stiffening quantified with ultrafast ultrasound imaging [J]. *Eur Radiol*, 2021, 31(5): 3195-3206. DOI: 10.1007/s00330-020-07405-4.

[15] YIN LX, MA CY, WANG S, et al. Reference values of carotid ultrafast pulse-wave velocity: a prospective, multicenter, population-based study [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2021, 34(6): 629-641. DOI: 10.1016/j.echo.2021.01.003.

[16] COCCIOLONE AJ, HAWES JZ, STAIUCULESCU MC, et al. Elastin, arterial mechanics, and cardiovascular disease [J]. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 2018, 315(2): H189-H205. DOI: 10.1152/ajpheart.00087.2018.

[17] PERALTA CA, ADENEY KL, SHLIPAK MG, et al. Structural and functional vascular alterations and incident hypertension in normotensive adults: the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis [J]. *Am J Epidemiol*, 2010, 171(1): 63-71. DOI: 10.1093/aje/kwp319.

[18] ZHANG Y, WANG M, JING X, et al. Endothelial function and arterial stiffness indexes in subjects with carotid plaque and carotid plaque length: a subgroup analysis showing the relationship with hypertension and diabetes [J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2023, 32(3): 106986. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2023.106986.