

- ography in the assessment of coronary in-stent restenosis: a meta-analysis[J]. *European Journal of Radiology*, 2010, 73(2): 266-273
- 2 Steen H, André F, Korosoglou G, *et al.* In vitro evaluation of 56 coronary artery stents by 256-slice multi-detector coronary CT[J]. *European Journal of Radiology*, 2011, 80(1): 143-150
- 3 Xu L, Zhang Z. Coronary CT angiography with low radiation dose[J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2010, 26: 17-25
- 4 Yerramasu A, Venuraju S. Radiation dose of CT coronary angiography in clinical practice: objective evaluation of strategies for dose optimization[J]. *Eur J Radiol*, 2012, 81(7): 1555-1561
- 5 Van der Bijl N, Joemai RM, Mertens BJ, *et al.* Effect of dose reduction on image quality and diagnostic performance in coronary computed tomography angiography[J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2013, 29(2): 453-461
- 6 Petersilka M, Bruder H, Krauss B, *et al.* Technical principles of dual source CT[J]. *Eur J Radiol*, 2008, 68(3): 362-368
- 7 Halliburton SS, Abbara S, Chen MY, *et al.* SCCT guidelines on radiation dose and dose optimization strategies in cardiovascular CT[J]. *Cardiovasc Comput Tomography*, 2011, 5(4): 198-224
- 8 张帆, 杨立. 解读心血管 CT 学会“心血管 CT 辐射剂量与剂量优化策略指南”[J]. *中国医学影像技术杂志*, 2012, 28(8): 1608-1611
- 9 Leschka S, Stolzmann P, Schmid FT, *et al.* Low kilovoltage cardiac dual-source CT: attenuation, noise, (80 kV and real time dynamic exposure dose control technology) dose[J]. *European Radiology*, 2008, 18(9): 1809-1817
- 10 Abbara S, Arbab-Zadeh A, Callister TQ, *et al.* SCCT guidelines for performance of coronary computed tomography angiography: A report of the society of cardiovascular computed tomography guidelines committee[J]. *JCCT*, 2009, 3(3): 190-204
- 11 Klass O, Jeltsch M, Feuerlein S, *et al.* Prospectively gated axial CT coronary angiography: preliminary experiences with a novel low-dose technique[J]. *Eur Radiol*, 2009, 19: 829-836
- 12 Stolzmann P, Leschka S, Scheffel H, *et al.* Dual-source CT in step-and-shoot mode: noninvasive coronary angiography with low radiation dose[J]. *Radiology*, 2008, 129: 71-80
- 13 Szucs-Farkas Z, Kurmann L, Strautz T, *et al.* Patient exposure and image quality of low-dose pulmonary computed tomography angiography: comparison of 100 and 80 kV protocols[J]. *Investigative Radiology*, 2008, 43(12): 871-876
- 14 谭四平, 沈比先, 陈丽兴, 等. 应用 80kVp 低管电压前瞻性冠状动脉 CTA 探讨[J]. *放射学实践杂志*, 2014, 3(3): 300-303
- 15 张俊, 何波, 谢晓杰, 等. 80kV 管电压在双源 CT 冠状动脉成像中的应用[J]. *临床放射学杂志*, 2013, 32(3): 414-417
- (收稿日期: 2015-03-18)
- (修回日期: 2015-03-27)

彩色脉搏波新技术评价 2 型糖尿病患者早期颈动脉功能变化的初步研究

滕 飞 吴长君 郑 浩 杨晓曦 刘春波

摘 要 **目的** 应用彩色脉搏波技术 (ultrafast pulse wave velocity, UFPWV) 定量评价 2 型糖尿病 (type 2 diabetes mellitus, T2DM) 患者早期颈动脉功能的变化。**方法** 对 55 例 2 型糖尿病患者及 55 例健康对照者行颈动脉内中膜厚度 (intima-medium thickness, IMT) 测量及彩色脉搏波技术检测, 采集脉搏波速度 (pulse wave velocity, PWV), 包括收缩期开始时 PWV (beginning of the systole, BS) 和收缩期末时 PWV (ending of the systole, ES), 分析各参数在两组间的差异性及 BS、ES 与 IMT、年龄的相关性。**结果** 2 型糖尿病组 IMT、BS、ES 值均大于健康对照组, 差异有统计学意义 ($P=0.000$)。BS、ES 与 IMT 呈正相关 (r 分别为 0.399、0.396), 差异有统计学意义 ($P<0.05$)。BS、ES 与年龄呈正相关 (r 分别为 0.357、0.604), 差异有统计学意义 ($P<0.05$)。**结论** 彩色脉搏波技术可快速采集、自动测量颈动脉 PWV 值, 评估颈动脉管壁弹性功能改变。2 型糖尿病患者颈动脉在结构改变之前已出现弹性功能改变, 该技术可较早发现这一变化。

关键词 彩色脉搏波技术 脉搏波传导速度 2 型糖尿病 颈动脉功能

中图分类号 R4 **文献标识码** A **DOI** 10.11969/j.issn.1673-548X.2015.11.037

Preliminary Study of UFPWV Evaluation of Early Carotid Artery Function Changes in Type 2 Diabetes Mellitus. Teng Fei, Wu Changjun, Zheng Hao, *et al.* Department of Ultrasound, The First Affiliated Hospital, Harbin Medical University, Heilongjiang 150086, China

Abstract Objective To quantitatively assess the carotid artery function changes by using UFPWV in type 2 diabetes mellitus. **Methods** The measurement of intima-medium thickness (IMT) and UFPWV of carotid artery were performed in 55 patients with type 2

diabetes and 55 healthy control subjects. Pulse wave velocity(PWV), including the PWV at the beginning of the systole(BS) and the PWV at the ending of the systole(ES) were captured. The difference of parameters between the two groups and the relevance of BS,ES and IMT,age were analyzed. **Results** IMT,BS,ES in diabetic group were obviously higher than those in healthy control group,the difference was significant ($P=0.000$). BS and ES were positively correlated with IMT(the coefficient was 0.399 and 0.396,respectively), and the difference was significant($P<0.05$). Bs and ES were positively correlated with age(the coefficient is 0.357 and 0.604,respectively),and the difference was significant($P<0.05$). **Conclusion** UFPWV can quickly capture,automatically measure the carotid artery PWV,evaluate the elastic change of carotid artery. UFPWV can earlier find that there has been a change in elastic function before the change in the structure of carotid artery in type 2 diabetes mellitus.

Key words UFPWV; Pulse wave velocity; Type 2 diabetes mellitus ; Carotid artery function

随着人们生活水平的提高,糖尿病发生率逐年升高,1 型及 2 型糖尿病是其主要类型,其中 2 型糖尿病患病数大于总数的 85%^[1]。糖尿病对患者危害性不仅在其本身还在其并发症,而后者更为重要,动脉粥样硬化是其主要并发症,是糖尿病患者致残、致死的关键因素之一,且糖尿病与心血管疾病的风险增加有关,而动脉硬化及其后果是连接二者的主要因素^[2]。脉搏波速度被认为是评价动脉管壁僵硬度的金标准,彩色脉搏波技术是极速脉搏波速度测量的新型技术,是一种血管功能测量技术^[3]。本研究旨在探讨彩色脉搏波技术定量评价 2 型糖尿病患者早期颈动脉功能的变化。

对象与方法

1. 对象:选取 2014 年 3 月~2014 年 9 月入笔者医院诊治的临床已确诊的 2 型糖尿病患者 55 例,男性 23 例,女性 32 例,患者年龄 35~68 岁,平均年龄 53.38 ± 9.95 岁,病程 3 天~20 年,健康对照组共 55 例,男性 16 例,女性 39 例,患者年龄 30~62 岁,平均年龄 50.54 ± 8.55 岁。2 型糖尿病诊断参照 1999 年 WHO 标准。所有入选者均经各项检查严格筛查排除高血脂、脑卒中、冠心病、感染、甲状腺疾病、严重心肝肾功能不全疾病。

2. 仪器:采用 Supersonic Aixplorer 超声诊断仪,探头为 SL10-2,频率为 6~9MHz,条件为 Carotid,内置彩色脉搏波技术。

3. 方法:患者取仰卧位,在安稳平静呼吸状态下,充分暴露双侧颈部。先行常规颈动脉超声检查,二维显示动脉的走行及结构,观察动脉管壁连续性、内-中膜厚度(IMT)及管腔内透声情况,在颈动脉窦部下缘 1.0~1.5cm 测量 IMT 并记录数值,若有斑块,记录斑块大小。根据《血管和浅表超声检查指南》IMT 及斑块诊断标准,将内-中膜增厚定义为 $IMT \geq 1.0mm$,将斑块定义为 $IMT \geq 1.5mm$ 并局限性凸向管腔^[4]。而后行彩色脉搏波技术检查,选择 B-Mode,通过颈部侧后方扫查颈动脉,使切面尽量远离颈动脉分叉及斑块形成处,使切面尽量通过动脉管腔最大径,适当加压探头,使管壁尽量平行于探头表面,内-中膜清晰显示,并避免甲状腺、肌肉、血管壁等在血管管腔内产生伪影,在触摸屏上,点击 PWV(图 1),在 2s 采集时间之内保持患者静止及探头稳定。如果所采集的部

分血管不太满意,可以通过改变取样框的大小和位置来选择血管节段,但是取样框尽量大,能包含更多信息。此时,主显示器图显示如下图像(图 2),单击控制面板上的 Select 键,动脉前壁运动的速度-时间彩色图就显示出来(图 3),系统同时自动计算并显示 BS 和 ES,图中 $\Delta \pm$ 为 BS 与 ES 相对应的标准差, $\Delta \pm$ 尽量控制在 BS 或 ES 值的 10% 以内,最大不超过 20%,表示数据采集稳定度好。

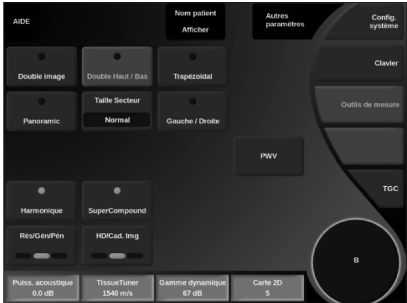


图 1 触摸屏点击 PWV

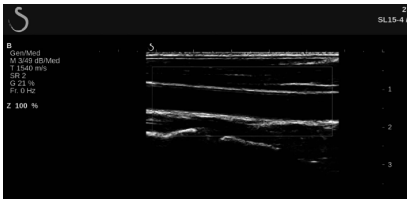


图 2 点击 PWV 后主显示器图像

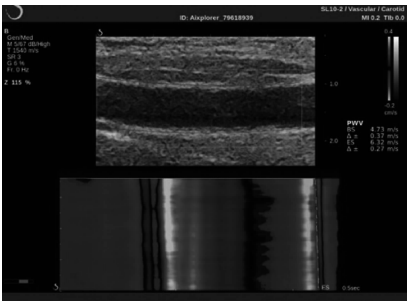


图 3 彩色脉搏波技术(UFPWV)测量 BS、ES 值

如图是彩色脉搏波技术(UFPWV)形成的颈动脉前壁运动的速度-时间彩色图,红色代表前壁运动朝向探头,蓝色代表前壁运动背离探头,颜色明暗代表动脉壁运动的相对速度

4. 统计学方法:采用 SPSS 20.0 统计软件进行统计分析。计量资料间比较采用 *t* 检验,分类资料间比较采用卡方检验,两组变量间相关性分析采用 *Pearson* 相关分析。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。由于同一组组间左右侧参数比较差异无统计学意义($P > 0.05$),故合并分析(表 1)。

结 果

1.2 型糖尿病组与对照组一般指标比较:2 型糖尿病组与对照组的性别、身高、体重、是否吸烟、是否饮酒、收缩压、舒张压差异均无统计学意义($P >$

0.05),两组具有可比性。2 型糖尿病组空腹血糖及餐后 2h 血糖均显著高于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$,表 2)。

表 1 同一组组间左右侧参数比较 ($\bar{x} \pm s$)

分组	BS (m/s)	ES (m/s)	IMT (mm)
右侧	5.47 ± 1.25	7.12 ± 1.68	0.53 ± 0.12
左侧	5.75 ± 1.64	7.77 ± 1.96	0.54 ± 0.11
<i>t</i>	-1.025	-1.843	-0.277
<i>P</i>	0.308	0.068	0.782

表 2 两组间一般资料比较

组别	性别 (男性/女性)	吸烟 (是/否)	饮酒 (是/否)	体重 (kg)	身高 (cm)	收缩压 (mmHg)	舒张压 (mmHg)	空腹血糖 (mmol/L)	餐后 2h 血糖 (mmol/L)
糖尿病组	23/32	21/34	20/35	141.03 ± 24.37	165.71 ± 8.18	122.69 ± 23.94	81.65 ± 10.94	8.86 ± 1.88	12.35 ± 2.75
对照组	16/39	13/42	13/42	133.78 ± 15.11	165.27 ± 6.93	117.25 ± 5.84	80.07 ± 8.18	5.09 ± 0.72	8.10 ± 0.81
<i>P</i>	0.163	0.099	0.145	0.063	0.763	0.107	0.393	0.000	0.000

2.2 型糖尿病组与对照组 IMT、BS、ES 参数比较:2 型糖尿病组 IMT、BS、ES 均较对照组增大,差异有统计学意义($P = 0.000$,表 3)。

表 3 2 型糖尿病组与对照组 IMT、BS、ES 参数比较 ($\bar{x} \pm s$)

指标	糖尿病组	对照组	<i>t</i>	<i>P</i>
BS	8.0452 ± 1.6765	5.6396 ± 0.9915	8.41	0.000
ES	9.2141 ± 1.9186	7.3982 ± 1.5271	5.24	0.000
IMT	0.7198 ± 0.1374	0.5378 ± 0.1041	7.49	0.000

3.32 例 2 型糖尿病组 IMT < 1.0 mm 患者与对照组 BS、ES 参数比较:32 例 2 型糖尿病组 IMT < 1.0 mm 患者 BS、ES 均大于对照组,差异有统计学意义($P = 0.000$,表 4)。

表 4 32 例 2 型糖尿病组 IMT < 1.0mm 患者与对照组 BS、ES 参数比较 ($\bar{x} \pm s$)

指标	糖尿病组 (IMT < 1.0mm)	对照组	<i>t</i>	<i>P</i>
BS	8.0040 ± 1.6908	5.6396 ± 0.9915	8.07	0.000
ES	9.1700 ± 1.9509	7.3982 ± 1.5271	5.02	0.000

4. 线性结果:BS、ES 与年龄均呈现正相关,且相关均具统计学意义,BS 和年龄的相关系数 $r = 0.357$, $P = 0.009$,ES 和年龄的相关系数 $r = 0.604$, $P = 0.000$ 。BS、ES 与 IMT 均呈现正相关关系,且相关均具统计学意义,BS 和 IMT 的相关系数 $r = 0.399$, $P = 0.007$,ES 和 IMT 的相关系数 $r = 0.396$, $P = 0.008$ 。

讨 论

糖尿病患者长期存在的高血糖可降低自由基清

除酶系统的活性,导致多余的自由基产生,损伤血管内皮细胞的结构和功能,容易导致动脉硬化的发生^[5]。糖尿病患者内源性保护因子,例如胰岛素、内皮生长因子(VEGF)、血小板衍生生长因子(PDGF)、一氧化氮(NO)和抗氧化酶的再生作用减低,也可引起糖尿病血管并发症^[6]。有研究表明 2 型糖尿病患者发生动脉硬化血管并发症的概率是非糖尿病患者的 3 倍,而血管的动脉硬化是导致 2 型糖尿病患者致残率及致死率增加的关键因素之一^[7,8]。长期动脉硬化不予治疗可导致全身血管动脉粥样硬化甚至狭窄以及闭塞,不仅给患者自身带来极大的心理负担以及身体痛苦,同时也给家庭和社会带来沉重的经济负担。但随机对照试验表明^[9],通过结构化的生活方式干预,高达 58% 的处于高风险的 2 型糖尿病是可以预防的,且糖尿病患者的很多并发症及痛苦是可以避免的,很多死亡更是可以不必发生的。

部分早期糖尿病患者还没有感觉到任何临床症状时,颈动脉内中膜厚度还没有发生改变、斑块还未形成之前,血液黏性、血流阻力指数等一系列血流动力学参数就已发生变化,动脉壁的黏弹性、血管顺应性指数、血管压力应变系数等一系列反应血管功能的弹性参数也已发生了变化^[10]。如果能及早检测出这些变化,就有可能及早诊断出动脉硬化,早期评价糖尿病患者发生心血管病事件的风险,为临床医生提供更为全面的诊断信息,有利于临床医生及早进行临床干预并指导药物治疗,降低动脉硬化的发生、发展,减缓动脉硬化对糖尿病患者血管损害的程度,对降低糖尿病患者发生心血管疾病、脑血管疾病及截肢事件

发生的风险也是相当重要的,最终使糖尿病患者的发生概率及死亡概率全面下降^[11]。

目前,临床评价颈动脉硬化的常规方法主要是高频超声对颈动脉结构(有无内中膜增厚及有无斑块形成)的检测,但其无法发现早期颈动脉功能(血管弹性等)的改变。PWV 可以较准确的反映颈动脉的弹性功能,以往 PWV 检测方法主要有两点 PWV 测量法及基于血管回声跟踪技术(echo-tracking)的单点 PWV 测量法等,两点 PWV 测量法是最简单原始的测量方法,该法需要高质量的传感器且不能测量局部的血管状态;单点 PWV 测量法,此法简单易行,且可测量局部血管状态,但虽然测量的是颈动脉数值,但是由于无法测量颈动脉血压,所以只能使用肱动脉血压值进行估测,并不是直接测量 PWV,且很多条件都不适合人体应用,也并不完全适合 PWV 的推算。彩色脉搏波技术是一种血管功能测量的新型技术,其采样帧频可达 2000Hz/s,快速记录 2~3 个心动周期内,在一长段动脉(约 5cm)内传播的脉搏波细节,并将动脉管壁与探头的相对位移及相对速度以红、蓝两色记录下来,同时以 3 GB/s 的数据处理速度,分别计算红蓝两色时相下最大速度点在动脉内的传导距离及时间。已有研究表明该技术可较好地反应颈动脉管壁弹性^[12]。

本研究采用彩色脉搏波技术分别测量收缩期开始 PWV(BS)和收缩期末 PWV(ES),对 2 型糖尿病患者的早期颈动脉功能进行研究。Benetos 等研究曾说明年龄是动脉管壁僵硬增加的影响因素,本结果显示 BS、ES 和年龄呈正相关,差异有统计学意义($P=0.000$),与之结果相一致。本研究结果显示,2 型糖尿病组 IMT、BS、ES 值均较健康对照组增大($P=0.000$),2 型糖尿病组中 32 例 IMT<1.0mm 患者 BS、ES 值均大于健康对照组($P=0.000$),表明 2 型糖尿病组患者在内膜增厚前颈动脉管壁弹性功能就已发生改变,已明显高于健康对照组,这与陈玮吉等^[13]研究结果相一致。

本研究创新点在于反应动脉管壁弹性的参数分别为 BS(beginning of systole)和 ES(end of systole),获取参数的方法采用血管功能测量新技术-彩色脉搏波技术。彩色脉搏波技术首次使用两个时相的脉搏波速度作为参考,其结果更为精确,临床参考意义更为广泛,通过结果中的 $\Delta \pm$ 值是否大于对应速度值的 20%,医生还可立刻评价一次操作是否有效,为临床提供更简便易行的质控标准及更精确的数字指标。

另外,此项技术适用范围亦极其广泛,可拓展为高脂血症、高血压、冠心病、脑出血、脑血栓、慢性肾脏疾病、代谢性疾病等患者的颈动脉硬化程度的评估,可用于慢性疾病血管弹性改变的筛查和流行病学的调查。彩色脉搏波技术作为一项全新的脉搏波速度测量工具,拥有较多技术优势,但本研究尚有不足之处,病例数尚少,需要进一步大样本分层分析。

综上所述,部分早期 2 型糖尿病患者,颈动脉结构即使还未发生形态学改变,但颈动脉功能其实已经发生早期变化。彩色脉搏波技术可快速采集、自动测量颈动脉 PWV 值,发现这种早期变化,在患者还无自觉症状时、高频超声还未出现异常之前早期诊断动脉硬化、指导临床治疗并可动态观察治疗效果,该技术真实、可靠、有效、数据可信、实用性强,有望成为临床和科研中脉搏波速度测量的最常用解决方案。

参考文献

- Forouhi NG, Wareham NJ. Epidemiology of diabetes[J]. *Medicine: Abingdon*, 2014, 42(12):698-702
- Hansen ML, Rasmussen LM. Associations between plasma fibulin-1, pulse wave velocity and diabetes in patients with coronary heart disease[J]. *J Diabetes Complications*, 2015, 29:362-366
- Sola J, Chetelat O, Sartori C, et al. Chest pulse-wave velocity: a novel approach to assess arterial stiffness[J]. *IEEE Trans Biomed Eng*, 2011, 58(1):215-223
- 中国医师协会超声医师分会. 血管和浅表超声检查指南[M]. 北京:人民军医出版社 2011:26
- 吕绍昆. 糖尿病并发冠心病的发病机制及应对策略[B]. 中外妇康, 2011, 19(6):241-242
- Jeong IK, King GL. New perspectives on diabetic vascular complications: the loss of endogenous protective factors induced by hyperglycemia[J]. *Diabetes Metab J*, 2011, 35(1):8-11
- 卢雪玲, 谢自敬, 王宁, 等. 2 型糖尿病患者动脉粥样硬化若干危险因素分析[J]. *中国动脉硬化杂志*, 2006, 14(5):426-429
- Beckman JA, Creager MA, Libby P. Diabetes and atherosclerosis: epidemiology, pathophysiology, and management[J]. *JAMA*, 2002, 287(19):2570-2581
- Johnson G, Martin JE, Timoshanko A. Preventing type 2 diabetes: scaling up to create a prevention system[J]. *Med J Aust*, 2015, 202(1):24-26
- Zhang L, Yin JK, Duan YY, et al. Evaluation of carotid artery elasticity changes in patients with type 2 diabetes[J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2014, doi: 10.1186/1475-2840-13-39
- Li LX, Wu X, Lu JX, et al. Comparison of carotid and lower limb atherosclerotic lesions in both previously known and newly diagnosed type 2 diabetes mellitus[J]. *Journal of Diabetes Investigation*, 2014, 5(6):734-742
- 邱兰燕, 钱林学, 刘冬, 等. 极速成像技术检测的脉搏波传导速度与颈动脉硬化相关性的研究[J]. *中华超声影像学杂志*, 2014, 23(3):203-205
- 陈玮吉, 李建卫, 李宁, 等. 2 型糖尿病患者颈动脉血管回声跟踪技术与内中膜厚度相关性研究[J]. *中华临床医师杂志*, 2010, 4(11):2222-2224 (收稿日期:2015-03-13) (修回日期:2015-03-26)