

• 糖尿病与大血管病 •

北京社区人群糖代谢异常程度与动脉硬化的相关性研究

陈一梅 窦京涛 闫文华 东黎光 廖燕华 王淑玉 陆菊明 母义明

【摘要】 目的 研究社区人群不同糖代谢状态与动脉硬化的相关性。 **方法** 以踝肱脉搏波传导速度(baPWV)反映动脉硬化程度。对北京市石景山区 2 个社区 ≥40 岁居民行标准化问卷调查、实验室指标检测、踝肱指数(ABI)及 baPWV 测量。根据 75 g OGTT 结果及糖尿病史将研究对象分为 NGT 组、IFG 组、IGT 组、IFG+IGT 组、新诊断糖尿病(NDM)组及已发糖尿病(DDM)组,分析不同糖代谢状态与动脉硬化的相关性。 **结果** 随糖代谢异常的进展,从 NGT 组→IFG 组→IGT 组→IFG+IGT 组→NDM 组→DDM 组,baPWV 呈逐渐增高趋势[(1528±308)cm/s→(1625±370)cm/s→(1644±351)cm/s→(1747±485)cm/s→(1799±485)cm/s→(1841±456)cm/s, $P<0.001$]。除 IFG 与 IGT 组间比较差异无统计学意义外,其余各组间比较差异均有统计学意义($P<0.05$);校正年龄、性别及 BMI 等混杂因素后,各组两两比较差异均具有统计学意义($P<0.001$);且糖代谢异常程度、FPG、2 hPG 及 HbA_{1c} 水平与 baPWV 独立相关($r=0.125, 0.124, 0.141, 0.112, P<0.001$)。 **结论** 社区人群糖代谢异常程度与动脉硬化程度相关。因此,早期发现糖代谢异常,并对动脉硬化进行评估和干预对预防心脑血管事件发生有重要意义。

【关键词】 糖代谢;动脉硬化;踝肱脉搏波传导速度

doi:10.3969/j.issn.1006-6187.2014.05.008

The degree of arterial stiffness was correlated with glucose tolerance status in Beijing community population

CHEN Yi-mei, DOU Jing-tao, YAN Wen-hua, et al. Department of Endocrinology, Chinese PLA General Hospital, Beijing 100853, China

Correspondence Author: DOU Jing-tao E-mail: jingtaodou@sohu.com

【Abstract】 Objective To study the association between glucose tolerance status and arterial stiffness in community population. **Methods** People from two communities of ShiJingShan district in Beijing, aged 40 years or older, underwent examinations of questionnaire interview, anthropometric measurements, biochemical indexes, HbA_{1c}, 75 g OGTT, ankle-brachial index (ABI) and brachial-ankle pulse wave velocity (baPWV). 9185 cases were divided into 6 groups based on the result of OGTT and diabetes history: Normal glucose tolerance (NGT), impaired fasting glucose (IFG), impaired glucose tolerance (IGT), IFG+IGT, newly diagnosed DM (NDM) and diagnosed DM (DDM). The association between baPWV and glucose tolerance status was analyzed by multiple linear regression. **Results** baPWV gradually increased from NGT to DDM group (1528±308)cm/s, (1625±370)cm/s, (1644±351)cm/s, (1747±485)cm/s, (1799±485)cm/s, (1841±456)cm/s, ($P<0.001$). Except for between IFG and IGT group, there were statistically significant differences in baPWV between any other two groups ($P<0.05$). After adjusting for confounding factors such as age, sex, BMI, there was significant difference among the six groups (1612.0±5.8)cm/s, (1643.0±7.7)cm/s, (1639.0±12.6)cm/s, (1690.0±9.3)

基金项目:中华医学会内分泌学学会基金;施贵宝基金

作者单位:100853 北京,解放军总医院内分泌科(陈一梅、窦京涛、闫文华、母义明);北京市石景山区苹果园社区卫生服务中心(东黎光);北京市石景山区古城社区卫生服务中心(廖燕华);北京市高血压联盟(王淑玉)

通信作者:窦京涛, E-mail: jingtaodou@sohu.com

cm/s, (1719.0±9.6)cm/s, (1725.0±9.3)cm/s, ($P<0.001$). baPWV was positively correlated with glucose tolerance status, fasting plasma glucose, 2 h plasma glucose and HbA_{1c} ($r=0.125, 0.124, 0.141, 0.112, P<0.001$). **Conclusion** The increasingly deranged glucose homeostasis is associated with increased arterial stiffness in community population. It is important to detect the abnormal glucose tolerance and intervene the early for preventing cardiovascular and cerebrovascular events.

【Key words】 Glucose tolerance status; Arterial stiffness; Brachial-ankle pulse wave velocity (baPWV)

动脉粥样硬化(AS)是 T2DM 并发的大血管病变,是导致糖尿病患者死亡的原因之一。AS 早期可使动脉僵硬度增加,弹性下降。最近有证据^[1]表明,动脉僵硬度增加是糖尿病患者早期死亡的危险因素,且不止发生在糖尿病期,在糖尿病前期即已出现,其导致 IFG 者发生心脑血管事件的风险与糖尿病患者相同。因此,早期发现动脉僵硬度变化对预防心脑血管事件的发生有重要意义。踝肱脉搏波传导速度(baPWV)可反映动脉僵硬程度,亦是评价动脉硬化的有效指标。有多项研究^[2]表明,baPWV 是心血管疾病的独立预测因素,且检测 baPWV 简单易行,可操作性强。目前,有不少关于血糖水平与动脉硬化关系的研究^[3-4],然而对于大样本自然人群的动脉硬化与不同血糖代谢状态的相关性研究尚少见。社区人群具有普遍性,代表性强,因此本研究选取北京市社区人群作为研究对象,通过测量 baPWV 对动脉僵硬度进行评估,旨在了解社区人群不同糖代谢状态下动脉硬化情况,并对动脉硬化的危险因素进行探讨。

对象与方法

一、研究对象

选取 2011 年 12 月至 2012 年 4 月对北京市石景山区古城及苹果园社区≥40 岁 9828 名居民进行标准化问卷调查;年龄(57.5±9.3)岁。行 75 g OGTT,并检测生化指标及 HbA_{1c} 水平、踝肱指数(ABI)及 baPWV。排除标准:外周动脉性疾病患者。最终有 9185 名纳入分析,其中男 3316 名,女 5869 名。本研究经解放军总医院伦理委员会批准,所有研究对象均签署知情同意书。

二、研究方法

1. 病史采集:对研究对象行标准化问卷调查,采集人口学资料、既往病史、饮食锻炼、吸烟及饮酒情况等。吸烟史为既往或目前存在规律性吸烟行为。所有调查人员都经过统一培训。

2. 体格检查:研究对象接受常规体格检查,包括身高、体重、WC、臀围(HC)及静息状态 BP(测 3 次,取平均值)。高血压诊断标准采用 1999 年 WHO 及国际高血压联盟制定指南(WHO/ISH 1999),SBP≥140 mmHg 和/或 DBP≥90 mmHg 及既往有明确高血压病史。

3. 血糖、HbA_{1c} 测定及分组:研究对象在试验前一晚禁食 8 h,于次日清晨行 75 g OGTT,采用葡萄糖氧化酶法测定 FPG、2 hPG;HbA_{1c} 检测采用高效液相法(BIO-RAD 公司)。以 2010 年 ADA 糖尿病诊治指南为标准,将研究人群根据 FPG、2 hPG 水平及糖尿病史分为 NGT 组、IFG 组、IGT 组、IFG+IGT 组、新诊断糖尿病(NDM)组及已发糖尿病组(DDM)组。

4. 血生化检测:留取空腹静脉血样,用日立全自动生化仪 7600 型检测 TG、TC、LDL-C、HDL-C、Scr、谷丙转氨酶(ALT)及谷草转氨酶(AST)等生化指标。

5. baPWV 及 ABI 的测定:由专业人员采用欧姆龙公司生产的全自动动脉硬化诊断装置 BP203RPE-II(VP-1000)测量。研究对象安静平卧 3 min 后,在其双侧上臂肱动脉及双侧下肢内踝上方 2 cm 处绑袖带,仪器自动测得左右两侧 baPWV 值及 ABI 值,取较大值纳入分析。

三、统计学方法

采用 SPSS 19.0 软件进行统计学分析。所有正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示;非正态分布的计量资料以中位数(四分位数间距)表示,且经对数变换后再进行统计分析;计数资料以例数(百分比)表示。组间连续变量的比较采用方差分析,组间率的比较使用 χ^2 检验,计量资料采用多元线性回归分析。两变量的相关分析采用 Pearson 相关,在不同的模型中校正年龄、性别、吸烟、血脂和 BMI 等潜在混杂因素。

结果

一、各组临床和实验室指标的比较

研究对象 baPWV 为(1658±401)cm/s。男性

和女性 baPWV 值分别为 $(1722.9 \pm 423.8) \text{ cm/s}$ 和 $(1622.1 \pm 328.8) \text{ cm/s}$ ($P=0.000$)。年龄、高血压、心血管疾病患病率、2 hPG 在 NGT 组 $\rightarrow$ IFG 组 $\rightarrow$ IGT 组 $\rightarrow$ IFG 组 + IGT 组 $\rightarrow$ NDM 组 $\rightarrow$ DDM 组呈逐渐升高趋势 ($P<0.05$)；HDL-C 则随着糖代谢异

常的加重呈降低趋势；除 DDM 组外，BMI 在其他 5 组中呈升高趋势；HR、WC 及 ABI 指标各组比较差异无统计学意义 ($P>0.05$)。校正混杂因素后，ABI 在各组中差异仍无统计学意义 ($P>0.05$)。(表 1)

表 1 各组临床和实验室指标的比较 [$\bar{x} \pm s, M(Q_L, Q_U), n(\%)$]Tab 1 Comparison of clinical and laboratory data among all groups [$\bar{x} \pm s, M(Q_L, Q_U), n(\%)$]

组别	例数(男/女)	年龄(岁)	吸烟史	BMI	WHR	WC	
Group	n(M/F)	Age(y)	Smoking history	(kg/m ²)		(cm)	
NGT	3257(1028/2229)	54.90±8.50	664(20.4)	25.20±5.70	0.88±0.63	83.20±54.80	
IFG	1725(688/1037)	56.70±9.10*	439(25.4)*	26.00±3.40*	0.90±0.61*	86.20±53.60	
IGT	643(176/467)*#	58.10±9.1*#	101(15.7)*#	26.30±3.80*	0.90±0.55*	87.30±63.00	
IFG+IGT	1174(415/759)△	59.40±9.2*#△	254(21.6)*△	26.90±3.40*#△	0.91±0.60*#△	85.60±27.90	
NDM	1141(457/684)*△☆	59.60±9.6*#△	265(23.2)	27.30±6.60*#△☆	0.92±0.61*#△☆	88.30±47.60	
DDM	1245(553/692)*#△▲	61.30±9.70*#△☆▲	322(25.9)*△☆▲	26.20±3.40*☆▲	0.92±0.65*#△☆	87.10±45.60	
组别	SBP	DBP	脉压 PP	FPG	2 hPG	降脂药	
Group	(mmHg)	(mmHg)	(mmHg)	(mmol/L)	(mmol/L)	Lipid-lowering medication	
NGT	130.00±41.00	75.00±41.00	54.00±12.00	5.2(5.0,5.3)	6.0(5.2,6.7)	67(2.1)	
IFG	135.00±44.00*	78.00±44.00*	57.00±14.00*	5.8(5.7,6.1)*	6.4(5.7,7.1)*	27(1.6)	
IGT	133.00±16.00*	75.00±15.00	58.00±18.00*	5.4(5.3,5.5)#	8.5(8.1,9.4)*#	26(4.0)#	
IFG+IGT	137.00±30.00*△	76.00±28.00	61.00±17.00*#△	6.0(5.8,6.3)*#△	8.9(8.2,9.8)*#	25(2.1)	
NDM	139.00±22.00*#△	77.00±17.00	62.00±15.00*#△	7.1(6.3,8.0)*#△☆	12.8(11.4,15.3)*#△☆	17(1.5)	
DDM	137.00±29.00*△	73.00±26.00*#☆▲	64.00±16.00*#△☆▲	7.96(6.8,9.6)*#△☆▲	13.5(10.5,16.8)*#△☆	57(4.6)#	
组别	高血压	心血管疾病	降压药	心率(次/min)	HbA _{1c}	校正 baPWV	
Group	Hypertension	Cardiovascular diseases	Antihypertensive medication(%)	HR(beats/min)	(%)	Adjusted baPWV (cm/s)	
NGT	720(12.4)	241(3.8)	534(16.4)	78.00±42.00	5.76±0.40	1528±308	1612.0±5.8
IFG	499(16.9)*	164(5.0)*	378(21.9)*	81.00±45.00	5.95±0.40*	1625±370*	1643.0±7.7*
IGT	218(20.4)*#	60(4.9)	179(27.8)*#	79.00±11.00	5.90±0.39*	1644±351*	1639.0±12.6*#
IFG+IGT	444(23.2)*#	142(6.4)*#	349(29.7)*#△	81.00±30.00	6.01±0.45*#△	1747±397*#△	1690.0±9.3*#△
NDM	487(27.0)*#△☆	132(6.1)*	378(33.1)*#△☆	83.00±20.00	6.88±1.20*#△☆	1799±485*#△☆	1719.0±9.6*#△☆
DDM	665(36.2)*#△☆▲	345(16.1)*#△☆▲	471(37.8)*#△☆▲	79.00±28.00	7.61±1.56*#△☆▲	1841±466*#△☆▲	1725.0±9.3*#△☆
组别	ABI	校正 ABI	TC	TG	LDL-C	HDL-C	Cr
Group		Adjusted ABI	(mmol/L)	(mmol/ L)	(mmol/L)	(mmol/L)	(μmol/L)
NGT	1.15±0.09	1.670±1.910	5.27±1.48	1.37±1.14	3.18±0.81	1.52±0.41	65.70±17.40
IFG	1.15±0.09	1.020±2.520	5.38±0.99*	1.56±1.26*	3.32±0.82*	1.44±0.53*	68.10±22.20*
IGT	1.15±0.09	1.100±4.130	5.40±0.95*	1.71±1.13*#	3.31±0.79*	1.43±0.36*	65.50±16.60*
IFG+IGT	1.15±0.09	0.756±3.080	5.40±1.15*	1.78±1.22*#	3.33±0.86*	1.38±0.36*#△	67.20±15.90*
NDM	1.15±0.09	1.220±3.160	5.53±2.12*#☆	1.99±1.47*#△☆	3.39±0.90*#△	1.34±0.35*#△☆	67.20±16.30*
DDM	1.15±0.09	1.030±3.080	5.18±1.12*#△☆▲	1.69±1.36*#▲	3.14±0.89#△☆▲	1.36±0.36*#△	67.70±19.80*△

与 NGT 组比较 vs NGT group, * $P<0.05$; 与 IFG 组比较 vs IFG group, # $P<0.05$; 与 IGT 组比较 vs IGT group, Δ $P<0.05$; 与 IFG+IGT 组比较 vs IFG+IGT group, * $P<0.05$; 与 NDM 组比较 vs NDM group, Δ $P<0.05$

二、不同糖代谢状态的 baPWV 特点

从 NGT 组 $\rightarrow$ IFG 组 $\rightarrow$ DDM 组，baPWV 随着糖代谢异常加重逐渐增高，除 IFG 组与 IGT 组比较差异无统计学意义外 ($P>0.05$)，其他各组两两比较差异均有统计学意义 ($P<0.01$)。DDM 组 baPWV 明显高于其余各组。校正年龄、性别比例、BMI、WHR、TC、TG、LDL-C、HDL-C、SBP、降脂药

治疗及降压药治疗后，各组两两比较差异均有统计学意义 ($P<0.05$)。

三、影响 baPWV 的相关因素

排除患有心脑血管疾病的研究对象，对其余 8101 例进行 Pearson 相关分析，结果显示，baPWV 与年龄、是否吸烟、BMI、WC、SBP、PP、HR、Scr、TG、TC 及 LDL-C 呈正相关，与 HDL-C 呈负相关。

baPWV 与 FPG、2 hPG、HbA_{1c}、不同糖代谢状态呈正相关,经校正年龄、男女性别比例、高血压、BMI、SBP、DBP、BMI 及 SBP 等混杂因素后,仍呈正相关。多元线性回归分析发现,年龄、高血压、PP、TG、HR、FPG、2 hPG 及 HbA_{1c} 均是 baPWV 的独立危险因素。(表 2~3)

表 2 baPWV 与各因素的相关分析

Tab 2 Correlations between baPWV and various parameters

变量 Variable	baPWV			
	R	P	R0	P0
性别 Gender (男 Male=1, 女 Female=0)	0.150	0.000		
年龄 Age	0.502	0.000		
吸烟 Smoke (是 Yes=1, 否 No=0)	0.520	0.000		
BMI	0.053	0.000		
WHR	0.208	0.000		
WC	0.024	0.021		
SBP	0.255	0.000		
DBP	0.059	0.000		
HR	0.090	0.000		
PP	0.465	0.000		
TC	0.033	0.000		
TG	0.085	0.000		
LDL-C	0.042	0.000		
HDL-C	-0.080	0.000		
高血压 Hypertension (是 Yes=1)	0.311	0.000		
降压药 Antihypertensive medication (否 No=1)	-0.244	0.000		
降脂药 Lipid-lowering medication (否 No=1)	-0.035	0.010		
FPG	0.227	0.000	0.124	0.0000
2 hPG	0.279	0.000	0.141	0.0000
HbA _{1c}	0.267	0.000	0.112	0.0000
组别 Group	0.327	0.000	0.125	0.0000

表 3 多元线性回归分析结果

Tab 3 The results of multiple linear regression analyses

变量 Variable	baPWV (cm/s)		
	β	OR (95% CI)	P
年龄 Age	0.314	13.684 (12.856~14.511)	0.000
FPG	0.019	4.319 (-3.001~11.638)	0.033
2 hPG	0.092	8.965 (6.475~11.455)	0.000
HbA _{1c}	0.021	3.439 (-6.694~15.841)	0.000
组别 Group	0.038	8.215 (2.586~13.844)	0.004
TG	0.049	15.837 (10.531~21.143)	0.000
HR	0.127	1.508 (1.310~1.706)	0.000
WHR	0.055	350.0 (234.10~465.300)	0.000
年龄 Age	0.045	37.738 (23.159~52.317)	0.001
脉压 PP	0.278	7.449 (6.933~7.964)	0.000
高血压 Hypertension	0.077	65.584 (50.659~80.510)	0.000
$R^2=0.379$, 校正 Adjust $R^2=0.378$			
$P<0.0001$			

讨论

ABI、颈动脉内-中膜厚度(CIMT)、心-踝血管指数(CAVI)及 baPWV 可反映动脉硬化程度^[5-6]。ABI 是指踝部动脉收缩压(踝压)与双侧肱动脉收缩压(肱压)的最高值之比,主要反映外周血管病变。IMT 是使用多普勒超声显像仪直接测量颈动脉内膜和中膜平滑肌层的厚度,IMT 增厚及斑块形成则可反映 AS 的程度,因此其特异性较高。但由于只是对局部动脉探测,且在动脉硬化早期,超声难以评估 IMT 值,敏感性欠佳。CAVI 是通过辨识第二心音,测量从心脏到下肢的脉搏波传导速度,易受干扰。脉搏波速度(PWV)是指当心脏收缩将血液射入主动脉时,扩张动脉壁产生脉搏波,脉搏波沿动脉传导产生的速度,动脉僵硬增加,顺应性逐渐降低,脉搏波在动脉内的传播速度越快,baPWV 指选取肱动脉与踝动脉 2 个部位测量的脉搏波传导速度,是评价动脉硬化的经典指标^[5],由于该方法简单易行,与动脉硬化程度相关性好,在众多研究中应用最为广泛。

动脉硬化是糖尿病并发的主要大血管病变。有研究^[3]表明,糖代谢状态与动脉硬化密切相关,但大多样本量较少或研究对象为住院患者,研究结果局限性较大。本研究作为 Reaction 研究^[7]的一部分,研究对象为社区自然人群,样本量较其他研究多。另外,本研究根据不同糖代谢状态细化分组,特别是糖尿病前期,具体直观的观察到动脉硬化在不同糖代谢状态下的差异,因此,研究结果更具说服力和代表性。

高血糖状态可致血管硬化,从而出现各种心脑血管疾病,糖尿病的高死亡率与致残率即可证明高血糖对血管的损害。高血糖会增加糖基化蛋白形成,如胶原蛋白在血管壁可发生不可逆的交联,形成晚期糖基化终末产物(AGEs)的积累,导致动脉僵硬增加、顺应性下降、动脉弹性减退;同时高血糖可使血管内皮细胞中的脂质过氧化损伤和硝酸氧化物合成酶的活性降低,促使血管内皮功能障碍,从而使血管僵硬增加^[8]。本研究结果显示,糖尿病患者和糖尿病前期人群 AS(心脑血管疾病)的患病率高于非糖尿病人群,且通过对不同糖代谢状态的 baPWV 分析,发现随着糖代谢状态异常的加重,baPWV 随之升高,糖尿病前期人群和糖尿病各组 baPWV 均高于 NGT 组,经校正年龄、男女性别比例、血脂及 BP 等混杂因素后,IFG 组 baPWV 水平仍高

于 NGT 组,提示动脉硬化在 IFG 时期就已出现。

另外,通过相关分析显示,FPG、2 hPG、HbA_{1c}、不同糖代谢状态均与 baPWV 相关,在校正年龄、BP、血脂等混杂因素后,仍与 baPWV 呈正相关,且 2 hPG 比 FPG 相关性更强。多元线性回归分析结果提示糖代谢异常程度、FPG、2 hPG 和 HbA_{1c} 是影响 baPWV 的独立危险因素,进一步表明动脉硬化程度与糖代谢异常程度、血糖水平相关。国内 1 项研究^[4]也证明了 FPG 与 baPWV 显著相关,同时 2 hPG 是比 FPG 更有效的预测因素^[9]。

年龄是动脉硬化诸多危险因素之一。有研究^[10]显示,年龄越大,baPWV 上升的速度越快,一般认为 baPWV 的阈值>1450 cm/s 为异常,超过阈值的人群,心血管风险显著增加。本研究的研究对象年龄在 40 岁以上,baPWV 与年龄的相关性分析显示二者呈正相关,这提示中老年人是动脉硬化的高危人群。

高血压、高血脂及肥胖等多种代谢指标的异常均可加速动脉硬化的进程,BP 升高可使血液的流动速度加快,导致动脉弹性下降,僵硬程度增加。本研究中,NGT 组 SBP 明显低于其他各组,而 IFG 组、IGT 组、IFG + IGT 组间差异无统计学意义,DDM 组与 NDM 组间差异亦无统计学意义,但脉压在各组中差异均有统计学意义。多元线性回归分析显示,脉压为 baPWV 的独立影响因素,这一结果提示脉压可能比 SBP 更能反映动脉硬化程度,这与 Chen 等^[11]研究结果是一致的。针对 baPWV 与血脂的相关分析显示,baPWV 与 TC、TG、LDL-C 均呈正相关,而 HDL-C 与 baPWV 呈负相关,而仅有 TG 是独立影响因素。

本研究同样对可 ABI 进行分析,但结果表明,ABI 在不同糖代谢状态中差异无统计学意义,这一结论与 Zhang 等^[12]的研究结果一致。但在糖代谢异常人群中,有关糖代谢与 ABI 的关系目前仍存在颇多争议,尚无统一结论,其原因可能与所选研究对象的范围及样本大小各不相同相关。

综上所述,社区人群的 baPWV 在不同糖代谢状态中有差异,动脉硬化程度随着血糖水平的升高而增加,且在糖尿病前期就已开始出现动脉硬化。另外,baPWV 与 FPG、2 hPG 及 HbA_{1c} 呈正相关,是动脉硬化发生的独立预测因素。因此,为了防止心脑血管事件的发生,监测血糖,并在早期进行动脉硬化的评估和干预是非常有临床意义。

本研究以社区人群为研究对象的横断面研究,不能随着时间推移评估动脉硬化的变化情况,另外受试对象为北方人群,具有地域性特点,其研究结果可能对于中国南方地区不适用,结果具有一定的局限性,上述结论的推广尚需更多的循证依据。

参 考 文 献

- [1] Shaw JE, Zimmet PZ, Hodge AM, et al. Impaired fasting glucose; how low should it go? *Diabetes Care*, 2000, 23: 34-39.
- [2] Mattace-Raso F, Hofman A, Verwoert GC, et al. Determinants of pulse wave velocity in healthy people and in the presence of cardiovascular risk factors: establishing normal and reference values. *Eur Heart J*, 2010, 31: 2338-2350.
- [3] 张明华, 叶平, 骆雷鸣, 等. 糖耐量异常患者颈-桡动脉脉搏波速度增加的临床意义. *四川大学学报*, 2011, 42: 573-575.
- [4] Wang JW, Zhou ZQ, Hu DY. Prevalence of arterial stiffness in North China, and associations with risk factors of cardiovascular disease: a community-based study. *BMC Cardiovasc Disord*, 2012, 12: 119.
- [5] Tomiyama H, Yamashina A. Non-Invasive Vascular Function Tests: Their Pathophysiological Background and Clinical Application. *Circulation J*, 2010, 74: 24-33.
- [6] Kato A, Ishida J, Endo Y, et al. Association of abdominal visceral adiposity and thigh sarcopenia with changes of arteriosclerosis in haemodialysis patients. *Nephrol Dial Transplant*, 2011, 26: 1967-1976.
- [7] Ning G, Reaction Study Group. Risk Evaluation of cancers in Chinese diabetic Individuals: a longitudinal (REACTION) study. *J Diabetes*, 2012, 4: 172-173.
- [8] Greenfield JR, Samaras K, Chisholm DJ, et al. Effect of postprandial insulinemia and insulin resistance on measurement of arterial stiffness (augmentation index). *Int J Cardiol*, 2007, 114: 50-56.
- [9] Webb DR, Khunti K, Silverman R, et al. Impact of metabolic indices on central artery stiffness: independent association of insulin resistance and glucose with aortic pulse wave velocity. *Diabetologia*, 2010, 53: 1190-1198.
- [10] Khoshdel AR, Thakkinian A, Carney SL, et al. Estimation of an age-specific reference interval for pulse wave velocity: a meta-analysis. *J Hypertens*, 2006, 24: 1231-1237.
- [11] Chen Y, Huang Y, Li X, et al. Association of arterial stiffness with HbA_{1c} in 1,000 type 2 diabetic patients with or without hypertension. *Endocrine*, 2009, 36: 262-267.
- [12] Zhang M, Bai Y, Ye P, et al. Type 2 diabetes is associated with increased pulse wave velocity measured at different sites of the arterial system but not augmentation index in a Chinese population. *Clin Cardiol*, 2011, 34: 622-627.

(收稿日期: 2013-11-14)

(本文编辑: 张婷婷)