

## 臂踝脉搏波传导速度在缺血性脑卒中高危风险人群早期筛查中的应用

辛志芳 李晓杰<sup>△</sup> 程晓趁 李波 李佳佳 李素芳  
焦作市第二人民医院,河南 焦作 454000

**【摘要】 目的** 分析臂踝脉搏波传导速度(BaPWV)在缺血性脑卒中高危风险人群早期筛查中的临床意义及参考价值。**方法** 采用动脉硬化检测仪对2018-01—2020-12在焦作市第二人民医院脑卒中筛查门诊开展对就诊人群进行脑卒中风险筛查,分析其高危风险因素。根据四分位法将测量BaPWV的人群分成4组,各临床指标与动脉硬化指标BaPWV的相关性采用logistic回归分析。**结果** 5 000例筛查对象中筛查出有脑卒中高危风险者708例;将动脉硬化检测仪所测得的BaPWV四分位分组后,基线指标中年龄、身高、体质量、体重指数、血压、空腹血糖、糖化血红蛋白、总胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇、高密度脂蛋白胆固醇、三酰甘油、尿酸及同型半胱氨酸指标在Q1~Q4组间差异有统计学意义( $P < 0.05$ );二元多因素logistic回归分析显示,性别、年龄、血压、同型半胱氨酸、尿酸酸与动脉硬化风险指标BaPWV存在明显相关性。**结论** 大动脉血管壁的弹性和顺应性改变会促进动脉粥样硬化形成,增加脑卒中发病风险,采用动脉硬化检测仪定期进行脑卒中筛查有助于早期发现动脉粥样硬化并预测脑血管功能健康状态。

**【关键词】** 脑卒中;臂踝脉搏波传导速度;动脉硬化;高危风险;早期筛查

**【中图分类号】** R743.3 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1673-5110(2021)24-2176-08

### Application of brachial-ankle pulse wave velocity in early screening of high risk population for ischemic stroke

XIN Zhifang, LI Xiaojie, CHENG Xiaochen, LI Bo, LI Jiajia, LI Sufang  
The Second People's Hospital of Jiaozuo, Jiaozuo 454000, China

**【Abstract】 Objective** To analyze the clinical significance and reference value of brachial-ankle pulse wave velocity (BaPWV) in early screening of high risk population for ischemic stroke. **Methods** The stroke risk screening was carried out in the stroke screening and follow-up clinic of Jiaozuo Second People's Hospital from January 2018 to December 2020, and the high risk factors were analyzed. According to the quartile method, the people who measured BaPWV were divided into 4 groups. The correlation between clinical indexes and arteriosclerosis index BaPWV was analyzed by logistic regression analysis. **Results** Among 5,000 screening population, 708 people with high risk of stroke were screened. After grouping the quartile of BaPWV measured by arteriosclerosis tester, there were significant differences in age, height, body mass, body mass index, blood pressure, fasting blood glucose, glycosylated hemoglobin, total cholesterol, low density lipoprotein cholesterol, high density lipoprotein cho-

基金项目:2020年度河南省医学科技攻关计划联合共建项目(编号:LHGJ20200827);2018年度河南省医学科技攻关计划联合共建项目(编号:2018020998);焦作市2019年科技计划项目(编号:20194816813)

作者简介:辛志芳,Email:xzf3285@163.com

<sup>△</sup>通信作者:李晓杰,Email:849183938@qq.com

lesterol, triglyceride, uric acid and homocysteine between Q1-Q4 groups. The results of binary multivariate logistic regression analysis showed that sex, age, blood pressure, homocysteine and uric acid were significantly correlated with arteriosclerosis risk index BaPWV. **Conclusion** The changes of elasticity and compliance of large arteries can increase the risk of stroke. Regular stroke risk screening with arteriosclerosis detector is helpful to detect atherosclerosis early and predict the health status of cerebrovascular function.

**【Key words】** Stroke; Brachial-ankle Pulse Wave Velocity; Arteriosclerosis; High-risk risk; Early screening

脑卒中是全球第二大死亡原因,且患病率正在逐年增加<sup>[1]</sup>。据2019年公布的2016年全球疾病负担<sup>[2]</sup>数据显示,平均每4个人中就有1人一生中会发生1次脑卒中。据估计<sup>[3]</sup>,全球每年有960万例缺血性脑卒中和410万例出血性脑卒中(包括脑内出血和蛛网膜下腔出血),高收入国家的发病率相对稳定,但在低收入和中等收入国家的发病率却在增加,特别是在亚洲和黑人人群中<sup>[4]</sup>。缺血性脑卒中是一种具有多种病理生理机制的异质性疾病<sup>[5-9]</sup>。动脉粥样硬化是导致缺血性脑卒中和心血管疾病的机制之一,颈动脉内膜中层厚度、脉搏波速度和踝臂指数广泛用于评价动脉粥样硬化的程度<sup>[10-11]</sup>。

臂踝脉搏波传导速度(brachial-ankle pulse wave velocity, BaPWV)是临床普遍使用的大动脉顺应性指标,也是衡量动脉僵硬度的指标<sup>[10]</sup>。动脉僵硬可反映血压变化时血管容积的变化<sup>[11]</sup>,并通过测量不同动脉部位之间的BaPWV值评估,数值越高表明动脉越硬<sup>[12]</sup>。动脉僵硬增加在脑血管病的病理生理学中极为重要<sup>[13]</sup>,多项研究表明主动脉僵硬是心血管事件的预测因子<sup>[12]</sup>。最近的一项研究发现, BaPWV是血管损伤的预后因素,也是动脉僵硬的标志<sup>[14]</sup>。研究表明, BaPWV可用于评估大动脉损伤和外周动脉僵硬<sup>[15]</sup>。一项研究通过导管和顶端压力计测得的主动脉脉搏波速度与BaPWV进行比较发现, BaPWV具有

极好的有效性和重复性,是可接受的血管损伤标志物<sup>[16]</sup>。此外,研究发现BaPWV与无症状性脑梗死和颅内狭窄有关<sup>[17]</sup>。由于BaPWV的测量不需要专门的技术技能,且具有容易获得的优点,因此已成为一种新的脑血管风险标记物。目前脑卒中与动脉硬化的研究大部分针对不同亚型的脑卒中患者,而脑卒中高危人群动脉硬化程度的研究少有报道。本研究通过横断面调查,对脑卒中高危人群进行BaPWV检测,探讨BaPWV与脑卒中的相关性,为脑卒中中的一级预防提供参考与临床依据。

## 1 资料与方法

**1.1 研究对象** 选取2018-01—2020-12在焦作市第二人民医院脑卒中筛查门诊进行卒中筛查且包含BaPWV检测的人群,共5 000例,其中男3 045例,女1 955例,年龄20~93(47.06±10.986)岁。

**1.2 纳入标准** (1)门诊筛查进行BaPWV检测的人群;(2)受教育水平在初中以上能有效沟通且知情同意的人群。

**1.3 排除标准** (1)既往有动脉粥样硬化、心血管或脑血管病的人群;(2)妊娠期妇女;(3)有严重的肝肾功能疾病或恶性肿瘤患者;(4)有精神疾病不能配合者。

## 1.4 方法

**1.4.1 一般资料调查:**收集研究对象的身高、性别、年龄、体质量、既往史以及受教育程度等

一般资料。

1.4.2 脑卒中风险指标检测:提前告知参与脑卒中风险筛查人群在抽血前一天清淡饮食,并于 22:00 至抽血结束前的时间段内禁饮、禁食。检测项目:①空腹血糖(fasting blood glucose, FBG);②糖化血红蛋白(glycosylated hemoglobin A1c, HbA1c);③血脂:三酰甘油(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);④尿酸(uric acid, UA);⑤同型半胱氨酸(homocysteine, Hcy)。

1.4.3 动脉硬化检测:BaPWV 是一种简单、无创的评估全身动脉硬化的方法,可以综合反映动脉血管壁的弹性状态。当动脉狭窄到一定程度时,远端灌注压明显降低,其降低程度越严重导致病变也越严重,因此 BaPWV 是预测血管硬化程度的有效指标,可以有效评估动脉僵硬度和扩张性<sup>[10]</sup>。研究<sup>[18-19]</sup>表明, BaPWV 数值越大,测得的动脉血管壁硬度越高、顺应性越差,因此 BaPWV 值可作为评估脑血管病程度、反映血管壁损伤的参数指标,为脑卒中中的一级预防及预后评估提供早期、有效、可靠的参考依据。本研究使用的动脉硬化全自动检测仪产自日本 OMRON-COLIN 公司,在检测前要求受检者仰卧平躺于床上,静息 15 min,随后检查人员在受试者心前区放上心脏传感器,最后将袖带捆绑于受试者双上臂和双侧脚踝动脉搏动明显处,四肢同时测量。动脉硬化全自动检测仪会根据传递时间和传递距离自动输出数据并分析 BaPWV 数值。

#### 1.4.4 脑卒中高危因素判断标准

1.4.4.1 高血压:参考《2019 中国家庭血压监测指南》:未使用降压药且在安静状态下重复

测量血压 3 次,正常血压:120/80 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa);1 级高血压 140 ~ 159/90 ~ 99 mmHg;2 级高血压 160 ~ 179/100 ~ 109 mmHg;3 级高血压:收缩压 $\geq$ 180 mmHg,舒张压 $\geq$ 110 mmHg。符合上述其中一条即为高血压。

1.4.4.2 高脂血症:参照《2016 年中国成人血脂异常防治指南》,血清检测 TC $\geq$ 6.22 mmol/L; TG $\geq$ 2.26 mmol/L; LDL-C $\geq$ 4.14 mmol/L 和 HDL-C < 1.04 mmol/L。

1.4.4.3 糖尿病:参考《中国 2 型糖尿病防治指南(2020 年版)上》:满足糖尿病症状加以下任意条件就可以诊断为糖尿病:①典型的糖尿病症状+随机血糖 $\geq$ 11.1 mmol/L;②典型的糖尿病症状+空腹血糖 $\geq$ 7.0 mmol/L;③典型的糖尿病症状+葡萄糖负荷后 2 h 血糖 $\geq$ 11.1 mmol/L;④典型的糖尿病症状+HbA1c>6.5%。

1.4.4.4 肥胖:参考《中国超重/肥胖医学营养治疗指南(2021)》:体重指数(BMI):实际体质质量(kg)/[身高(m)]<sup>2</sup>。中国成年人 BMI 范围为 18.5 ~ 22.9 kg/m<sup>2</sup>, $\geq$ 23.0 kg/m<sup>2</sup>为超重;23.1 ~ 24.9 kg/m<sup>2</sup>为肥胖前期;25.0 ~ 29.9 kg/m<sup>2</sup>为一级肥胖; $\geq$ 30.0 kg/m<sup>2</sup>为二级肥胖。

1.4.5 质量控制:所有参与该课题研究的成员均为神经专科护理人员,2 名是国家脑心健康管理师,从事国家脑卒中筛查项目工作,项目开始前项目负责人对组员进行多次线上、线下针对项目研究方案及数据材料收集整理培训,考核合格后方可参与项目研究。

1.4.6 伦理要求:开展研究前该项目已经通过医院伦理委员会的审查批准,项目研究中向研究对象认真履行告知义务,在征求许可后签署知情同意书,再继续后续的调查研究,研究过程中严格保护研究对象的隐私权,所得数据一律保密于课题组内。

**1.5 统计学方法** 本研究共收集到 5 000 例研究对象的临床资料,采用 SPSS 24.0 统计学软件进行整理与分析,满足正态分布的计量资料用均数±标准差( $\bar{x}\pm s$ )描述,不满足正态分布的计量资料用四分位间距描述。2 组间数据的比较和多组间均数间比较采用方差分析,多组间率的比较、定性资料用卡方检验。临床指标发生脑卒中的风险程度用二元多因素 logistic 回归模型进行分析,因变量以 BaPWV 值=1 750 cm/s 为分界线,判断研究对象是否存在脑卒

卒中险,脑卒中各相关风险因素指标为自变量,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果

**2.1 不同组别研究对象年龄与性别分布分析** 参照 KAWAI 等<sup>[20]</sup>研究,根据 BaPWV 检测结果将研究对象分为脑血管健康人群组 (BaPWV < 1 750 cm/s)和脑卒中高危风险组 (BaPWV  $\geq$  1 750 cm/s),2 组性别和年龄比较差异均有统计学意义( $P < 0.001$ )。见表 1。

表 1 2 组年龄、性别比较

Table 1 Comparison of age and gender of the two groups

组别	n	性别		年龄/岁
		男	女	
脑血管健康人群组	4 292	2 530	1 762	45.205 5±9.715 1
脑卒中高危风险组	708	515	193	58.322 5±11.521 2
F/ $\chi^2$ 值		49.32		1 046.29
P 值		< 0.001		< 0.001

**2.2 将臂踝脉搏波传导速度四分位分组后各项临床指标比较** 根据四分位法将测量 BaPWV 的卒卒中险筛查人群分成 4 组,即将 BaPWV  $\leq$  1 263 cm/s 设为 Q1 组,1 263 < BaPWV  $\leq$  1 410 cm/s 为 Q2 组,1 410 < BaPWV  $\leq$  1 600 cm/s 为 Q3 组, BaPWV > 1 600 cm/s 为 Q4 组。比较 Q1 ~ Q4 4 组人群的一般资料及临床基础指标,结果显示,临床指标中性别、年龄、身高、体质量、收缩压、舒张压、BMI、TC、TG、LDL-C、HDL-C、FBG、HbA1c、Hcy、UA、和 BaPWV 在 Q1 ~ Q4 组间比较差异有统计学意义( $P < 0.001$ )。见表 2。

有统计学意义的临床指标作为自变量,建立二元多因素 logistic 回归模型,分析临床指标发生脑卒中的风险程度,结果显示性别、年龄、收缩压、FBG、Hcy、UA 与脑卒中风险指标存在明显相关性。见表 3。

**2.3 各临床指标与动脉硬化指标 BaPWV 的 logistic 回归分析** 以参加脑卒中筛查的人群是否存在脑卒中发病风险(BaPWV 值  $\geq$  1 750 cm/s 或 < 1 750 cm/s)为二分类因变量,赋值以 0=无脑卒中发病风险,1=有脑卒中发病风险。将 BaPWV 值作为因变量,Q1 ~ Q4 组间比较差异

## 3 讨论

动脉硬化是目前全球心脑血管疾病人群患病和死亡的主要因素,当起源于主动脉弓、颈或颅内血管的溃烂以及典型狭窄的动脉粥样硬化斑块的脂质核心暴露在血流中时,就会形成血栓,这可能是由于斑块纤维帽的炎症和溃疡引起的。动脉硬化是反映脑卒中患者大动脉血管健康状况的重要依据,KI 等<sup>[21]</sup>研究表明,动脉硬化是血管老化的早期表现之一,从组织病理学的角度来看,动脉中膜变性伴弹性纤维断裂会促进动脉粥样硬化的形成,进而增加脑卒中的发病风险,可见动脉硬化通

表 2 BaPWV 四分位分组后各项临床指标比较

Table 2 Comparison of clinical indexes after BaPWV quartile grouping

临床指标	Q1 组(n=1 256)	Q2 组(n=1 245)	Q3 组(n=1 251)	Q4 组(n=1 248)	F/χ <sup>2</sup> 值	P 值
BMI/(kg/m <sup>2</sup> , $\bar{x} \pm s$ )	23.660 0±3.226 2	24.179 4±3.456 7	25.023 9±3.453 3	25.36.3±3.3731	66.30	< 0.001
BaPWV/(cm/s, $\bar{x} \pm s$ )	1 155.70±86.035 5	1 335.85±42.135 3	1 498.450 0±54.269 6	1 906.68±411.0412	2 841.65	< 0.001
FBG/(mmol/L, $\bar{x} \pm s$ )	4.944 7±0.946 5	5.076 3±1.013 4	5.472 1±1.616 3	5.950 3±2.200 4	109.09	< 0.001
HDL-C/(mmol/L, $\bar{x} \pm s$ )	1.446 6±0.307 4	1.418 9±0.306 7	1379 7±0.291 0	1.391 2±0.322 7	11.88	< 0.001
HbA1c/(μmol/L, $\bar{x} \pm s$ )	5.271 7±0.617 5	5.393 3±0.673 5	5.605 5±0.942 6	5.901 8±1.229 1	90.80	< 0.001
Hcy/(%, $\bar{x} \pm s$ )	15.391 7±6.019 8	15.5612±5.802 7	16.934 9±6.302 1	18.668 0±6.985 4	57.82	< 0.001
LDL-C/(mmol/L, $\bar{x} \pm s$ )	3.105 2±0.734 3	3.2472±0.720 7	3.351 7±0.806 0	3.343 6±0.793 7	28.24	< 0.001
TC/(mmol/L, $\bar{x} \pm s$ )	4.881 8±0.864 9	5.050 9±0.859 0	5.2204±0.966 9	5.256 8±0.959 0	44.54	< 0.001
TG/(mmol/L, $\bar{x} \pm s$ )	1.548 6±1.131 9	1.850 4±1.369 3	2.2222±1.881 1	2.327 7±1.707 4	66.45	< 0.001
UA/(mmol/L, $\bar{x} \pm s$ )	338.606 8±86.019 0	355.490 6±88.579 8	373.229 0±87.903 6	383.435 3±90.526 8	62.81	< 0.001
收缩压/(mmHg, $\bar{x} \pm s$ )	109.588 1±9.751 5	116.164 6±11.219 5	124.124 7±13.590 9	138.510 1±17.145 3	1103.34	< 0.001
舒张压/(mmHg, $\bar{x} \pm s$ )	65.309 3±7.923 1	70.539 1±8.997 8	75.500 4±10.128 3	83.097 3±11.590 8	749.73	< 0.001
年龄/(岁, $\bar{x} \pm s$ )	40.278 9±9.064 4	44.749 0±8.899 1	48.187 2±8.786 7	55.066 6±11.298 5	531.18	< 0.001
体质量/(kg, $\bar{x} \pm s$ )	62.598 3±11.702 8	64.017 5±11.861 8	66.805 8±11.299 6	66.842 3±11.306 1	41.76	< 0.001
身高/(m, $\bar{x} \pm s$ )	1.613 3±0.146 7	1.623 6±0.085 1	1.631 5±0.083 0	1.620 8±0.081 0	6.70	< 0.001
性别						
男[n(%)]	558(11.16)	710(14.20)	872(17.44)	905(18.10)	262.418	< 0.001
女[n(%)]	698(13.96)	535(10.70)	379(7.58)	343(6.86)		

常先于结构壁的改变,对动脉硬化进行早期检测并进行早期干预,有利于维护动脉管壁的正常结构,改善动脉管壁弹性,降低动脉粥样硬化形成概率,减少脑卒中发病的因素。

有学者对日本社区居民进行了长达 7.1 a 的观察与随访<sup>[22]</sup>,纳入的研究对象为 40 岁以上无心脑血管疾病史的受试者,用 Cox 比例风险模型对 2 916 名受试者的 BaPWV 值与心脑血管发病风险之间的关系进行预测,结果表明随着 BaPWV 数值的升高,脑血管疾病的发病率呈线性增加( $P < 0.001$ )。在缺血性脑卒中的预防与治疗中, BaPWV 数值的高低能够直观地反映脑血管动脉硬化的病理生理程度,表明 BaPWV

是预测脑卒中的一个有价值的标志物<sup>[23]</sup>。

根据文献<sup>[24]</sup>资料,将 BaPWV=1 750 cm/s 作为预测脑卒中的截断值,将脑卒中筛查人群分为健康组和风险组,分析入组人群年龄和性别分布情况,发现风险组人群平均年龄远高于健康组人群,表明年龄可能是 BaPWV 的影响因素。在性别分布中,3 045 例男性中 515 例(16.91%)属于脑卒中高危风险组,1 955 例女性中 193 例(9.9%)属于高危风险组,表明男性比女性更容易发生动脉硬化。KI 等<sup>[21]</sup>研究表明,随着年龄的增长男性血管僵硬比女性快,当女性绝经后动脉硬化会快速发展。关于性别在 BaPWV 中的差异性,不同的研究者有

表 3 脑卒中相关危险因素 logistic 回归分析  
Table 3 logistic regression analysis of risk factors related to stroke

自变量	<i>B</i>	<i>SE</i>	<i>Wals</i> χ <sup>2</sup>	<i>Sig</i>	<i>Exp(B)</i>	<i>Exp(B)</i> 95% <i>CI</i>	
						下限	上限
常量	-5.655 6	9.664 5	0.342 4	0.558 4			
性别	0.658 7	0.111 0	35.217 6	<0.000 1	3.733	2.416	5.768
年龄	0.113 7	0.008 3	187.809 5	<0.000 1	1.120	1.102	1.139
体质量	0.072 6	0.071 8	1.024 6	0.311 4	1.075	0.934	1.238
身高	-9.214 4	5.967 2	2.382 9	0.122 7	<0.001	<0.001	11.990
BMI	-0.295 2	0.187 4	2.479 3	0.115 4	0.744	0.516	1.075
收缩压	0.080 0	0.007 2	122.345 6	<0.000 1	1.083	1.068	1.099
舒张压	0.019 8	0.010 3	3.666 2	0.055 5	1.020	1.000	1.041
FBG	0.142 3	0.069 2	4.228 3	0.039 8	1.153	1.007	1.320
TC	-0.074 7	0.237 7	0.098 8	0.753 3	0.928	0.582	1.479
TG	0.133 9	0.072 2	3.436 6	0.063 8	1.143	0.992	1.317
Hcy	0.024 3	0.010 3	5.603 3	0.017 9	1.025	1.004	1.045
HDL-C	0.418 7	0.338 3	1.531 7	0.215 9	1.520	0.783	2.950
LDL-C	0.071 6	0.250 7	0.081 5	0.775 3	1.074	0.657	1.756
HbA1c	0.047 6	0.121 1	0.154 8	0.694 0	1.049	0.827	1.330
UA	0.002 3	0.000 1	6.721 4	0.009 5	1.002	1.001	1.004

不同的说法,有研究<sup>[25]</sup>认为,BaPWV在性别中的差异仅存在于80岁之前。

本研究根据四分位法将研究对象BaPWV值进行分组,横向比较Q1~Q4各组临床指标,从表1~2可以看出,在BaPWV四分位分组中,各临床指标,如性别、年龄、身高、体质量、收缩压、舒张压、BMI、TC、TG、LDL-C、HDL-C、FBG、HbA1c、Hcy及UA差异均有统计学意义( $P < 0.001$ ),脑卒中相关风险因素的二元多因素logistic回归分析显示,性别、年龄、收缩压、FBG、Hcy、UA与脑卒中脑卒中险指标存在明显相关性,提示性别、年龄、收缩压、FBG、Hcy、UA是脑卒中发病风险的独立危险因素。从操作层面分析,BaPWV值是通过传感器采集肱动脉和胫后动脉收缩压,压力探头在一段血管上记录两个脉搏波的时间差以及两个压力探头的距离,以获得反映生理和病理状态下动脉血管的僵硬度和扩张性,可以更直观

地反映出患脑卒中的危险性<sup>[26]</sup>。

本研究运用动脉硬化检测仪筛选出脑卒中中险筛查人群中患脑卒中高危风险人群,并对临床指标进行统计,分析临床指标与脑卒中高危风险的相关性,为后续临床干预试验的开展奠定基础。

#### 4 参考文献

- [1] HERPICH F, RINCON F. Management of Acute Ischemic Stroke [J]. Crit Care Med, 2020, 48(11): 1654-1663. DOI: 10.1097/CCM.0000000000004597.
- [2] GBD 2016 Stroke Collaborators. Global, regional, and national burden of stroke, 1990-2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016 [J]. Lancet Neurol, 2019, 18(5): 439-458. DOI: 10.1016/S1474-4422(19)30034-1.
- [3] CAMPBELL B, KHATRI P. Stroke [J]. Lancet, 2020, 396(10244): 129-142.

- [4] KIM J, THAYABARANATHAN T, DONNAN G A, et al. Global Stroke Statistics 2019[J]. *Int J Stroke*, 2020, 15 (8) : 819–838. DOI: 10.1177/1747493020909545.
- [5] LIU J, GUO Z N, YAN X L, et al. Crosstalk Between Autophagy and Ferroptosis and Its Putative Role in Ischemic Stroke[J]. *Front Cell Neurosci*, 2020, 14: 577403. DOI: 10.3389/fn-cel.2020.577403.
- [6] 王丽军, 王萧逸, 白永杰, 等. 基于思维导图下的宣教模式对急性缺血性脑卒中静脉溶栓患者自我管理的影响[J]. *中国实用神经疾病杂志*, 2021, 24 (4) : 340–346. DOI: 10.12083/SYSJ.2021.07.016.
- [7] VILLABLANCA P A, LEMOR A, SO C Y, et al. Increased Risk of Perioperative Ischemic Stroke in Patients Who Undergo Noncardiac Surgery with Preexisting Atrial Septal Defect or Patent Foramen Ovale[J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2020, 34 (8) : 2060–2068. DOI: 10.1053/j.jv-ca.2020.01.016.
- [8] WANG S, SHEN B, WU M, et al. Effects of socioeconomic status on risk of ischemic stroke: a case-control study in the Guangzhou population [J]. *BMC Public Health*, 2019, 19 (1) : 648. DOI: 10.1186/s12889-019-6998-4.
- [9] LEE J D, HU Y H, LEE M, et al. High Risk of One-year Stroke Recurrence in Patients with Younger Age and Prior History of Ischemic Stroke [J]. *Curr Neurovasc Res*, 2019, 16 (3) : 250–257. DOI: 10.2174/15672026166666190618164528.
- [10] KIM H L, LIM W H, SEO J B, et al. Prediction of cardiovascular events using brachial-ankle pulse wave velocity in hypertensive patients [J]. *J Clin Hypertens (Greenwich)*, 2020, 22 (9) : 1659–1665. DOI: 10.1111/jch.13992.
- [11] LIU D H, WANG Y, LIAO X X, et al. Increased brachial-ankle pulse wave velocity is associated with impaired endothelial function in patients with coronary artery disease [J]. *Chin Med J (Engl)*, 2006, 119 (22) : 1866–1870.
- [12] NAKAMURA T, UEMATSU M, HORIKOSHI T, et al. Improvement in Brachial Endothelial Vasomotor Function and Brachial-Ankle Pulse Wave Velocity Reduces the Residual Risk for Cardiovascular Events after Optimal Medical Treatment in Patients with Coronary Artery Disease [J]. *J Atheroscler Thromb*, 2021, 28 (11): 1133–1144. DOI: 10.5551/jat.57562.
- [13] DIJK J M, VAN DER GRAAF Y, GROBBEE D E, et al. Increased arterial stiffness is independently related to cerebrovascular disease and aneurysms of the abdominal aorta: the Second Manifestations of Arterial Disease (SMART) Study [J]. *Stroke*, 2004, 35 (7) : 1642–1646. DOI: 10.1161/01.STR.0000130513.77186.26.
- [14] LIU T, LIU Y, WANG S, et al. Brachial-Ankle Pulse Wave Velocity is Related to the Total Cerebral Small-Vessel Disease Score in an Apparently Healthy Asymptomatic Population [J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2020, 29 (11) : 105221. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovas-dis.2020.105221.
- [15] SANG T, LV N, DANG A, et al. Brachial-ankle pulse wave velocity and prognosis in patients with atherosclerotic cardiovascular disease: a systematic review and meta-analysis [J]. *Hypertens Res*, 2021, 44 (9) : 1175–1185. DOI: 10.1038/s41440-021-00678-2.
- [16] YAMASHINA A, TOMIYAMA H, TAKEDA K, et al. Validity, reproducibility, and clinical significance of noninvasive brachial-ankle pulse wave velocity measurement [J]. *Hypertens Res*, 2002, 25 (3) : 359–364. DOI: 10.1291/hypres.25.359.
- [17] SHUANG P, YANG J, LI C, et al. Effect of BMI on Central Arterial Reflected Wave Aug-

- mentation Index, Toe-Brachial Index, Brachial-Ankle Pulse Wave Velocity and Ankle-Brachial Index in Chinese Elderly Hypertensive Patients with Hemorrhagic Stroke [J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2021, 30(9): 105945. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2021.105945.
- [18] RAIKOU V D, KYRIAKI D. Factors related to peripheral arterial disease in patients undergoing hemodialysis: the potential role of monocyte chemoattractant protein-1 [J]. *Hypertens Res*, 2019, 42(10): 1528–1535. DOI: 10.1038/s41440-019-0259-x.
- [19] 牟春英,李文文,朱丹丹,等. 基于目标的环节式护理在急性脑梗死静脉溶栓联合机械取栓患者中的应用[J]. *中国实用神经疾病杂志*, 2021, 24(14): 1259–1264. DOI: 10.12083/SYSJ.2021.13.029.
- [20] KAWAI T, OHISHI M, ONISHI M, et al. Cut-off value of brachial-ankle pulse wave velocity to predict cardiovascular disease in hypertensive patients: a cohort study [J]. *J Atheroscler Thromb*, 2013, 20(4): 391–400. DOI: 10.5551/jat.15040.
- [21] KI Y J, KIM H L, OH S, et al. Gender Related Association between Arterial Stiffness and Aortic Root Geometry [J]. *J Cardiovasc Imaging*, 2019, 27(1): 11–21. DOI: 10.4250/jcvi.2019.27.e3.
- [22] FINNEY A C, ORR A W. Guidance Molecules in Vascular Smooth Muscle [J]. *Front Physiol*, 2018, 9: 1311. DOI: 10.3389/fphys.2018.01311.
- [23] ISHIZUKA K, HOSHINO T, SHIMIZU S, et al. Brachial-ankle pulse wave velocity is associated with 3-month functional prognosis after ischemic stroke [J]. *Atherosclerosis*, 2016, 255: 1–5. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2016.08.027.
- [24] UEKI Y, MIURA T, MINAMISAWA M, et al. The usefulness of brachial-ankle pulse wave velocity in predicting long-term cardiovascular events in younger patients [J]. *Heart Vessels*, 2017, 32(6): 660–667. DOI: 10.1007/s00380-016-0919-6.
- [25] OHKUMA T, NINOMIYA T, TOMIYAMA H, et al. Brachial-Ankle Pulse Wave Velocity and the Risk Prediction of Cardiovascular Disease: An Individual Participant Data Meta-Analysis [J]. *Hypertension*, 2017, 69(6): 1045–1052. DOI: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.117.09097.
- [26] MUNAKATA M. Brachial-Ankle Pulse Wave Velocity: A Most Predictable Arterial Measure for Cerebral Small Vessel Disease [J]. *J Atheroscler Thromb*, 2020, 27(9): 919–921. DOI: 10.5551/jat.ED128.

(收稿 2021-03-18)

**本文引用信息:**辛志芳,李晓杰,程晓珍,李波,李佳佳,李素芳. 臂踝脉搏波传导速度在缺血性脑卒中高危风险人群早期筛查中的应用[J]. *中国实用神经疾病杂志*, 2021, 24(24): 2176–2183. DOI: 10.12083/SYSJ.2021.23.009

**Reference information:** XIN Zhifang, LI Xiaojie, CHENG Xiaochen, LI Bo, LI Jiajia, LI Sufang. Application of brachial-ankle pulse wave velocity in early screening of high risk population for ischemic stroke [J]. *Chinese Journal of Practical Nervous Diseases*, 2021, 24(24): 2176–2183. DOI: 10.12083/SYSJ.2021.23.009