

动脉波速指标和动脉压力容积指标评估动脉硬化的有效性研究

罗小蔓¹, 金玉华², 方宁远², 沈莉蕴², 张佳², 章亚平³

1. 兵器工业五二一医院老年科, 陕西西安 710061; 2. 上海交通大学医学院附属仁济医院老年科, 上海 200126; 3. 上海交通大学医学院附属第九人民医院心内科, 上海 200011

[摘要] 目的 动脉波速指标 (AVI) 和动脉压力容积指标 (API) 是由动脉脉搏波速率检测仪 (AVE-1500 型) 经波形解析无创估测的动脉硬化指标, 分别指示中心动脉和肱动脉的僵硬度, 其临床价值已在外国得到了广泛验证, 但在我国尚无相关报道。本文旨在通过研究 AVI、API 与动脉硬化的独立预测因子年龄和动脉僵硬度经典指标 baPWV (肱踝脉搏波传导速度) 的相关性, 评估其作为动脉僵硬度指标的有效性, 从而为该检测方法的临床应用提供初步依据。方法 在体检中心随机募集受试者, 对每位受试者分别采用动脉脉搏波速率检测仪测量 AVI、API 以及上臂动脉血压, 其后使用动脉硬化测量仪 (BP-203RPEIII 型) 测量受试者的双侧 baPWV。同时, 对所有受试者均记录年龄、性别和血液生化指标等一般临床信息。应用 Pearson 相关分析探讨 AVI、API 与年龄及 baPWV 的相关性; 采用 *t* 检验研究高血压患者组与年龄、性别匹配的健康组测量结果的差异性。结果 共募集 140 例受试者, 包括 110 例健康成年人 (47.4±14.4) 岁和 30 例单纯高血压患者 (53.5±10.6) 岁。结果显示, 健康受试者组, AVI 与年龄呈高度线性相关 ($r=0.706, P=0.000$), 且与 baPWV 呈显著线性相关 ($r=0.599, P=0.000$), API 与年龄、baPWV 亦相关, 但相关程度明显低于 AVI。30 例高血压患者与年龄、性别匹配的 30 例健康受试者比较, 高血压组的 AVI、API、baPWV 大于健康组, 其差异具有统计学意义。结论 AVI 在监测由年龄、高血压引起的动脉硬化进展方面与 baPWV 具有相似的效果, API 由于局限于对外周动脉 (肱动脉) 僵硬度的评估, 在健康人群中与年龄的相关性较弱, 但在评估心血管疾病患者的动脉弹性状况方面仍有一定价值。

[关键词] 动脉硬化; 动脉波速指标; 动脉压力容积指标; 年龄; 肱踝脉搏波传导速度

Validity of AVI and API in the Evaluation of Arterial stiffening

Luo Xiaoman¹, Jin Yuhua^{2*}, Fang Ningyuan², Shen Liyun², Zhang Jia², Zhang Yaping³

1. Department of Geriatrics, 521 Hospital of Norinco Group. Xi'An, 710061; 2. Department of Geriatrics, Renji Hospital Affiliated to School of Medicine, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, 200126; 3. Department of Cardiology, Shanghai 9th People's Hospital Affiliated to School of Medicine, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, 200011, P. R. China

*Corresponding author: Jin Yuhua, E-mail: doctorjyh@163.com

[ABSTRACT] **Objective** To explore the correlation of arterial velocity pulse index (AVI) and arterial pressure volume index (API) to age and brachial-ankle pulse wave velocity (baPWV), the independent predictors of arterial stiffening, and to evaluate their validity as arterial stiffness indices. **Methods** Volunteers were randomly recruited from the physical examination center, in total, 140 volunteers were enrolled, including 110 healthy subjects (aged at 47.40±14.38 years) and 30 subjects with pure hypertension (aged at 53.50±10.60 years); arterial pulse velocity detector and arterial stiffness device (BP-203RPEIII) were applied in detecting AVI, API, left brachial blood pressures (BPs) and bilateral baPWV of the volunteers; the clinical data of the volunteers including age, sex and blood biochemical index were recorded; Pearson Correlation Analysis was applied in exploring the correlation of AVI and API to age and baPWV while *t* test was applied in detecting the difference in the explored data between the subjects with hypertension and the norm of same age and gender. **Results** AVI of the subjects in healthy group was in strong linear correlation with age ($r=0.706, P=0.000$) and was obviously correlated to baPWV ($r=0.599, P=0.000$) and API was also correlated to age and baPWV but was in a much weaker correlation than that AVI was in; the mean of AVI, API and baPWV of the subjects with hypertension were higher than those of the norm of same age and gender with a statistical difference. **Conclusions** AVI is of similar role with baPWV in detecting the arterial stiffening caused by age and hypertension; API is of certain value in evaluating the arterial elasticity in patients with hypertension though it has a weaker correlation with age in the healthy due to its limitation as a stiffness index of peripheral (i. e., brachial) artery.

[KEYWORDS] arterial stiffening; arterial velocity pulse index (AVI); arterial pressure volume index (API); age; brachial-ankle pulse wave velocity (baPWV)

通信作者: 金玉华, 电子信箱: doctorjyh@163.com

心脑血管事件常常危及生命,且严重影响患者生活质量,大大增加社会及家庭负担。动脉硬化是心脑血管事件的主要危险因素之一^[1-3],对动脉硬化的早期发现和干预是预防心脑血管疾病的重要措施,其意义已得到广泛检验和认可^[4-6]。年龄被公认为是动脉硬化的一个独立危险因素,随年龄增长动脉弹性减退^[7]。目前,脉搏波传导速度(pulse wave velocity, PWV)普遍应用于临床以评定动脉弹性。王显等在其综述中指出, PWV 是动脉硬化负荷的替代标记、心血管疾病的独立危险因素,而且可用于判断干预的效果^[8]。在当前的临床实践中,测量动脉僵硬度的“金标准”是主动脉脉搏波传导速度(aortic pulse wave velocity, APWV)^[9],其检测需暴露腹股沟区域,故临床应用受到一定限制。肱踝脉搏波传导速度(brachial-ankle pulse wave velocity, baPWV)是一个与 APWV 具有相似特性的动脉硬化评价指标^[10],操作简便,结果与 APWV 相关性良好,有对 409 例健康成年人进行的研究显示, baPWV 与 APWV 显著相关($r=0.76$, $P<0.0001$)^[11]。因此,用 baPWV 评价动脉硬化已在科研和临床上得到推广。有日本学者对 2 642 个样本人群开展了为期 6 年的随访研究,结果显示, baPWV 升高是全因死亡率的独立预测因子^[12]。但 baPWV 检测需要特定技术人员,且受试者需平躺体位,袖带固定于双上肢及双下肢,操作繁琐。

动脉波速指标(arterial pulse velocity index, AVI)和动脉压力容积指标(arterial pressure volume index, API)是由动脉脉搏波速率检测仪(AVE-1500 型)无创测量的动脉硬化指标,坐位测量,仅需左上肢袖带即可,简单快捷。国外已针对多个样本人群(包括普通人群、心血管疾病患者)对 AVI、API 的临床价值进行了广泛检验^[13-15],但在我国尚无相关研究报道。本文的主要目的是检验 AVI、API 评估国人动脉硬化的有效性。研究人群以健康成年人为主,同时入选部分单纯高血压患者,参照指标选取年龄和 baPWV,研究其与 AVI、API 的相关性。

1 资料与方法

1.1 一般资料 在 2016 年 5 月 30 日—7 月 22 日在上海交通大学医学院附属仁济医院体检中心进行体检的人群中募集志愿者,最终入组 110 例健康受试者(根据既往病史及体检结果排除高血压、糖尿病、冠心病、脑梗、脑出血、高血脂及肝肾功受损等情况),平均

年龄(47.4 ± 14.4)岁,其中男 49 例,女 61 例;入组 30 例单纯高血压患者(包括既往诊断高血压现药物治疗中、既往诊断高血压未用药且本次体检仍提示高血压以及既往无高血压病史而本次体检新诊断为高血压者,其他排除标准同健康组),平均年龄(53.5 ± 10.6)岁,其中男 18 例,女 12 例。测定前 60 min 禁烟、酒及咖啡,并平静休息 5~10 min。

1.2 测量方法及临床指标

1.2.1 baPWV 的测量 使用由欧姆龙(大连)有限公司生产的动脉硬化测量仪(BP-203RPEIII 型)测定双侧 baPWV 和左上臂血压。受检者去枕平卧位,双上肢置于身体两侧,将四肢血压袖带束于上臂及下肢,上臂袖带气囊标志处对准肱动脉,袖带下缘距肘窝横纹 2~3 cm,下肢袖带气囊标志处位于下肢内侧,袖带下缘距内踝 1~2 cm,仪器自动采集两次,输出结果为两次的平均值。本研究进一步计算左右侧 baPWV 的平均值用于与测试指标的对比。

1.2.2 AVI、API 的测量 受检者完成 baPWV 测量后休息 3~5 min,再用信泰光学(深圳)有限公司生产的动脉脉搏波速率检测仪(AVE-1500 型)测定 AVI、API。受检者端坐休息位,袖带绑于左上臂,气囊标志处对准肱动脉,袖带下缘距肘窝横纹 2~3 cm。与 baPWV 的测量过程相似,测试完成后记录结果,休息 2 min 再次测量,取两次平均值为最后结果。

1.2.3 实验室检查数据 所有受试者均采集空腹血糖、三酰甘油、总胆固醇、谷丙转氨酶、谷草转氨酶及肌酐等生化指标(3 个月内视为有效,超过 3 个月者重新抽血检查),以排除糖尿病、高血脂、肝肾功能受损等情况。

1.3 统计学分析 应用 SPSS 22 软件进行数据处理,计量资料以均数 \pm 标准差($\bar{x}\pm s$)表示,保留两位小数;计数资料保留整数;统计学数据保留三位小数。两指标之间的相关性分析采用 Pearson 线性相关分析,得到相关系数 r 和 P 值。根据本领域其他研究所采用的常规判断标准, $|r|\geq 0.700$ 视为高度线性相关, $0.400\leq |r|<0.700$ 视为显著线性相关, $|r|<0.400$ 视为低度线性相关。高血压组与健康组间各指标的对比采用独立样本 t 检验。 $P<0.05$ 视为有统计学意义。

2 结果

2.1 健康受试者一般临床资料及测量值 110 例健康受试者的一般临床资料及测量值,见表 1。

表 1 110 例健康受试者的一般临床资料及测量值

指标	平均值($n=110$)
年龄(岁)	47.4±14.4
身高(cm)	164.84±7.28
体重(kg)	62.12±10.26
收缩压(mmHg)	114.65±11.23
舒张压(mmHg)	73.10±8.64
脉压(mmHg)	41.55±7.82
心率(次/min)	69.97±8.83
空腹血糖(mmol/L)	4.88±0.38
三酰甘油(mmol/L)	1.07±0.56
总胆固醇(mmol/L)	4.37±0.68
谷丙转氨酶(IU/L)	17.07±7.95
谷草转氨酶(IU/L)	18.30±4.84
肌酐(umol/L)	71.26±13.99
baPWV(m/s)	12.88±2.30
AVI	17.91±5.69
API	21.52±4.29

2.2 健康受试者各指标间的相关分析 110 例健康受试者各指标间相关系数及 P 值, 见表 2。

表 2 110 例健康受试者各指标间相关系数及 P 值

相关参数	相关系数(r)	P 值
AVI 与年龄	0.706	0.000
AVI 与 baPWV	0.599	0.000
API 与年龄	0.274	0.004
API 与 baPWV	0.430	0.000
baPWV 与年龄	0.704	0.000

2.3 高血压组与健康组对比 入组 30 例单纯高血压患者, 在 110 例健康受试者中筛选年龄、性别与高血压组相匹配者 30 例, 2 组间一般临床资料及测量指标对比见表 3。高血压组与健康组 AVI、API 及 baPWV 进行两组间独立样本 t 检验, 见表 4。3 种指标在 2 组间的整体分布情况箱式图, 见图 1。

表 3 健康组与高血压组一般临床资料及测量指标

指标	健康组	高血压组	P 值
年龄	52.8±9.6	52.8±9.6	1
身高(cm)	166.97±7.14	164.29±6.87	0.151
体重(kg)	67.23±10.57	70.75±9.56	0.774
收缩压(mmHg)	116.31±10.45	134.00±11.55	0.000
舒张压(mmHg)	74.42±9.71	89.43±7.62	0.000
脉压(mmHg)	41.90±6.33	45.32±10.63	0.137
心率(次/min)	67.32±5.62	75.41±8.93	0.000
空腹血糖(mmol/L)	4.96±0.42	5.30±0.55	0.022
三酰甘油(mmol/L)	1.35±1.23	1.87±0.97	0.109
总胆固醇(mmol/L)	4.30±0.89	5.11±0.92	0.752
谷丙转氨酶(IU/L)	20.05±7.51	27.96±15.26	0.029
谷草转氨酶(IU/L)	14.21±9.26	23.42±10.25	0.023
肌酐(umol/L)	80.13±12.93	78.26±15.48	0.704
baPWV(m/s)	13.07±1.82	15.12±2.54	0.000
AVI	17.90±3.84	20.20±6.89	0.005
API	22.03±3.58	24.78±5.38	0.038

3 讨论

本次研究是关于评定动脉硬化的新指标 AVI 与 API 在国内进行的首次临床研究。结果表明, 健康人

表 4 高血压组与健康组各指标结果与对比

对比指标	高血压组	健康组	t 值	P 值
AVI	22.38±7.10	18.03±3.89	-2.941	0.005
API	24.98±5.57	22.27±4.24	-2.126	0.038
baPWV(m/s)	15.10±2.36	13.05±1.81	-3.767	0.000

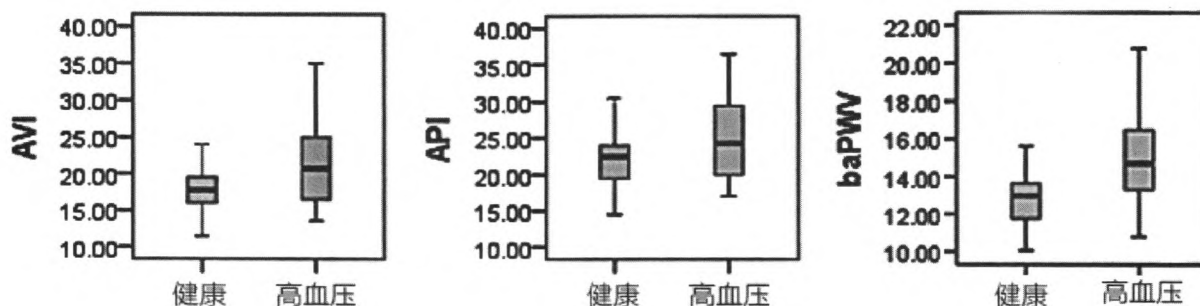


图 1 健康组与高血压组 AVI、API 及 baPWV 的对比

群中 AVI 与公认的动脉硬化独立预测因子年龄呈高度线性相关关系, 并与目前评定动脉弹性的经典指标 baPWV 呈显著线性相关关系。高血压人群的平均 AVI 高于年龄、性别匹配的健康人群, 其差异具有统计学意义。国外相关研究显示, AVI 与冠心病以及患者的运动耐量显著相关^[15]。

相对而言, API 与年龄、baPWV 的相关性较弱, 这与 AVI、API 的评价对象有关。根据动脉脉搏波速率检测仪的测量原理, AVI 主要反映中心动脉的整体僵硬程度, 而 API 主要反映袖套压迫区域下方肱动脉的局部僵硬程度。既往研究证明, 在健康人群中, 中心动脉和外周动脉的僵硬程度随年龄的变化趋势有显著的差异, 即中心动脉的僵硬程度更容易随年龄增长而升高^[7,16-17], 本次研究的结果揭示了这一趋势, 即 AVI 与年龄的相关性显著高于 API。虽然如此, 对高血压人群和健康人群进行的对比研究发现, API 在高血压人群显著偏高, 与 AVI 的趋势一致。API 的临床预测价值已被国外开展的研究部分证明, 如 API 与弗雷明汉心血管风险评分独立相关, 在确诊冠脉狭窄的患者群体中其值显著偏高^[18]。

动脉硬化是老年人常见的生理病理改变, 硬化程度和进展速度直接影响老年人心脑血管疾病的发病率和死亡率。AVI、API 测量方便快捷, 与传统指标 baPWV 测量有明显的优势, 适用于对中老年人动脉硬化的普查以及全民的健康体检, 以早期发现动脉硬化及预防心血管疾病, 也可以用于长期随访评估特定患者的动脉弹性改善情况。本研究主要针对健康人群证明了 AVI、API 与年龄、baPWV 的相关性, 明确了将其作为动脉硬化指标的可行性。然而, 任何检测指标的临床应用价值均需大量临床试验来充分证明, 本文的样本人群限制了对 AVI、API 疾病预测价值的深入探讨。虽然国外多个研究中心的研究结果表明 AVI、API 对心血管疾病具有预测价值, 然而相关研究在我国尚属空白, 亟待后续针对多样本、大规模人群开展研究。

参考文献

- [1] Mitchell GF, Hwang SJ, Vasan RS, *et al.* Arterial stiffness and cardiovascular events: the Framingham Heart Study [J]. *Circulation*, 2010, 121 (4): 505-511.
- [2] Duprez DA, Cohn JN. Arterial stiffness as a risk factor for coronary atherosclerosis [J]. *Curr Atheroscler Rep*, 2007, 9 (2): 139-144.
- [3] Wang KL, Cheng HM, Sung SH, *et al.* Wave reflection and arterial stiffness in the prediction of 15-year all-cause and cardiovascular mortalities: a community-based study [J]. *Hypertension*, 2010, 55 (3): 799-805.
- [4] Oliver J, Webb J. Noninvasive assessment of arterial stiffness and risk of atherosclerotic events [J]. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, 2003, 23 (4): 554-566.
- [5] 杜国峰, 张志敏, 向文海. 高血压患者动态动脉硬化指数对靶器官损害的早期预测 [J]. *临床心血管病杂志*, 2011, 27 (8): 571-573.
- [6] 朱利月, 任爱华, 周建妹. ABI 与 CAVI 检测在单纯高血压与合并冠心病患者的临床应用 [J]. *心脑血管病防治*, 2011, 11 (5): 376-378.
- [7] Lee HY, Oh BH. Aging and arterial stiffness [J]. *Circ J*, 2010, 74 (11): 2257-2262.
- [8] 王显, 赵建功, 胡大一. 中国脉搏波传导速度评价动脉硬化的参数及流行病学研究 [J]. *中国康复理论与实践*, 2008, 14 (4): 303-306.
- [9] Laurent S, Cockcroft J, Van Bortel L, *et al.* Expert consensus document on arterial stiffness: methodological issues and clinical applications [J]. *Eur Heart J*, 2006, 27 (21): 2588-2605. [9]
- [10] Tsuchikura S, Shoji T, Kimoto E, *et al.* Brachial-ankle pulse wave velocity as an index of central arterial stiffness [J]. *J Atheroscler Thromb*, 2010, 17 (6): 658-665.
- [11] Sugawara J, Hayashi K, Yokoi T, *et al.* Brachial-ankle pulse wave velocity: an index of central arterial stiffness? [J]. *J Hum Hypertens*, 2005, 19 (5): 401-406.
- [12] Turin TC, Kita Y, Rumana N, *et al.* Brachial-ankle pulse wave velocity predicts all-cause mortality in the general population: findings from the Takashima study, Japan [J]. *Hypertens Res*, 2010, 33 (9): 922-925.
- [13] Liang F, Takagi S, Himeno R, *et al.* A computational model of the cardiovascular system coupled with an upper-arm oscillometric cuff and its application to studying the suprasystolic cuff oscillation wave, concerning its value in assessing arterial stiffness [J]. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*, 2013, 16 (2): 141-157.
- [14] Komine H, Asai Y, Yokoi T, *et al.* Non-invasive assessment of arterial stiffness using oscillometric blood pressure measurement [J]. *Biomed Eng Online*, 2012, 11: 6.
- [15] Tazawa Y, Mori N, Ogawa Y, *et al.* Arterial stiffness measured with the cuff oscillometric method is predictive of exercise capacity in patients with cardiac diseases [J]. *Tohoku J Exp Med*, 2016, 239 (2): 127-134.
- [16] Avolio AP, Chen SG, Wang RP, *et al.* Effects of aging on changing arterial compliance and left ventricular load in a northern Chinese urban community [J]. *Circulation*, 1983, 68 (1): 50-58.
- [17] Vaitkevicius PV, Fleg JL, Engel JH, *et al.* Effects of age and aerobic capacity on arterial stiffness in healthy adults [J]. *Circulation*, 1993, 88 (4 Pt 1): 1456-1462.
- [18] Ueda T, Miura S, Suematsu Y, *et al.* Association of arterial pressure volume index with the presence of significantly stenosed coronary vessels [J]. *J Clin Med Res*, 2016, 8 (8): 598-604.

(收稿日期: 2017-11-01)

(本文编辑: 邓春光)