

血压水平对脑血管和颈部血管血液动力学检测指标的影响

马杰¹, 徐新娟¹, 任容¹, 刘培琴², 唐琪³

(新疆医科大学附属第一医院 1. 高血压科, 2 神经内科, 3 心脏超声科, 新疆乌鲁木齐市 830054)

[关键词] 高血压; 血压水平; 动脉粥样硬化; 血流动力学

[摘要] 目的 应用超声技术, 探讨不同血压水平对脑血管和颈部血管血液动力学检测指标的影响。方法 对 225 例伴颈动脉粥样硬化斑块的高血压患者, 根据血压控制水平分为轻度高血压组 ($n=30$)、中度高血压组 ($n=61$) 和重度高血压组 ($n=129$)。选择同期检测的无高血糖、高血脂及无颈动脉粥样硬化斑块且血压正常的患者 94 例作为对照组。经颅多普勒超声检测大脑中动脉、大脑前动脉、大脑后动脉以及椎动脉的平均血流速度和搏动指数的变化特征。采用颈部 B 超检测颈总动脉、颈内动脉以及椎动脉的平均血流速度和搏动指数的变化特征。结果 (1) 各高血压组 24 h 动态血压水平与对照组比较均显著增高 ($P<0.05$)。 (2) 各高血压组脑部血管的平均血流速度和搏动指数与对照组比较差异均有统计学意义 ($P<0.05$); 各高血压组之间比较, 随着血压水平的增加, 脑部血管的平均血流速度降低, 搏动指数增大 ($P<0.05$)。 (3) 各高血压组颈部血管的平均血流速度和搏动指数与对照组比较差异均有统计学意义 ($P<0.05$); 各高血压组之间比较, 随着血压水平的增加, 颈部血管的平均血流速度降低, 搏动指数增大。结论 血压水平对脑部和颈部血管血液动力学均有影响, 随着血压水平的增高, 血流动力学指标的异常程度呈现渐进加重的趋势。从脑血管和颈部血管的血液动力学角度看, 理想的血压水平应不超过 140/90 mmHg。经颅多普勒超声结合颈动脉超声可对高血压病患者颅内、外动脉血流动力学的变化进行客观评价, 为临床诊治提供依据。

[中图分类号] R5

[文献标识码] A

The Effect of Blood Pressure on Hemodynamic Indexes in Cerebral Vascular and Carotid Vascular

Ma Jie, XU Xin-Juan, REN Rong, LIU Pei-Qin, and TANG Qi

(Department of Hypertension, Central Laboratory, the First Affiliated Hospital, Xinjiang Medical University, Urumqi 830054, China)

[KEY WORDS] Hypertension; Blood Pressure; Atherosclerosis; Hemodynamics

[ABSTRACT] **Aim** To probe the effect of blood pressure on hemodynamic indexes in cerebral vascular and carotid vascular by vascular ultrasound. **Methods** 225 patients with essential hypertension who accompanied with carotid artery atherosclerotic plaque were divided into mild hypertension group ($n=30$), moderate hypertension group ($n=61$), and severe hypertension group ($n=129$), according to the controlled blood pressure. Meanwhile 94 patients with normal blood pressure who were not accompanied with hyperglycemia, hyperlipemia and carotid artery atherosclerotic plaque were chosen as the control group. The average blood flow rate (Vm) and pulsatility index (PI) of middle cerebral artery (MCA), anterior cerebral artery (ACA), posterior cerebral artery (PCA) and vertebral artery (VA) were detected by transcranial Doppler (TCD). The average blood flow rate and pulsatility index of common carotid artery, internal carotid artery and vertebral artery were detected by colour Doppler ultrasonography. **Results** (1) 24 h ambulatory blood pressure showed the blood pressure in hypertension groups were significantly increased compared with control group ($P<0.05$). (2) TCD showed the Vm and PI of cerebral artery in hypertension groups significantly differed from control group ($P<0.05$); and the Vm of cerebrovascular in hypertension groups was decreased with increasing the blood pressure, but PI was increased. (3) Colour Doppler ultrasonography showed the Vm and PI of carotid artery in hypertension groups significantly differed from control group ($P<0.05$); and the Vm of carotid artery in hypertension groups was decreased with increasing the blood pressure, but PI was increased. **Conclusion** The blood pressure affected the cerebral vascular and carotid vascular hemodynamic indexes. The trend of vascular hemodynamic indexes was getting severe as blood pressure elevated. In terms of cerebral and carotid vascular hemodynamic indexes, ideal blood pressure should be lower than 140/90 mmHg. The change of cerebral and carotid vascular can be objectively evaluated using TCD and colour Doppler ultrasonography. And we can provide the evidence for the clinical diagnose and cure.

[收稿日期] 2008-09-19 [修回日期] 2008-12-08

[基金项目] 乌鲁木齐市科学技术项目 (Y05331001)

[作者简介] 马杰, 硕士研究生。通讯作者徐新娟, 主任医师, 教授, 博士研究生导师, 研究方向为高血压临床与基础, E-mail 为 zcxu2002@medmail.com.cn

我国流行病学调查证实原发性高血压 (essential hypertension, EH) 是脑血管病的主要危险因素之一, 其脑卒中的发生率约为正常者的 6 倍^[1]。EH 不仅引起血流动力学高切应力的改变、血管内皮功能和结构的损害, 加速颈动脉粥样硬化斑块的形成和发展, 而且与脑卒中的发病率直接相关^[2]。本研究旨在观察不同血压水平对颈动脉和脑部血管血流动力学指标的影响, 以及时了解疾病的不同状态, 便于判断病程和预后, 为临床工作提供参考指标。

1 对象与方法

1.1 研究对象

2005 年 1 月 ~ 2008 年 6 月本院确诊为 EH 的患者中, 选择伴有颈动脉粥样硬化斑块的患者为入选对象, 均符合《2005 中国高血压防治指南》中的高血压诊断标准, 并排除继发性高血压、糖尿病、高脂血症、颈动脉狭窄、甲亢、重度贫血和严重肝肾功能不全患者。颈动脉粥样硬化斑块定义为经双侧超声检查测定颈动脉内膜中膜局部隆起、增厚、向管腔内突出大于 50%^[3]。所有患者虽已接受 1~2 种降压药, 但是血压控制程度不一, 根据动态血压检测结果分成 ①轻度高血压组 (120 mmHg ≤ 收缩压 < 140 mmHg 及 / 或 80 mmHg ≤ 舒张压 < 90 mmHg $n = 30$): 其中男 18 例, 女 12 例, 年龄 43~70 岁, 平均 59.20 ± 10.04 岁; ②中度高血压组 (140 mmHg ≤ 收缩压 < 160 mmHg 及 / 或 90 mmHg ≤ 舒张压 < 100 mmHg $n = 61$): 其中男 40 例, 女 21 例, 年龄 40~77 岁, 平均 59.34 ± 10.05 岁; ③重度高血压组 (收缩压 ≥ 160 mmHg 及 / 或舒张压 ≥ 100 mmHg $n = 129$): 其中男 99 例, 女 30 例, 年龄 38~77 岁, 平均 60.68 ± 9.21 岁。对照组选择同期住院的血压正常且不伴有颈动脉粥样硬化斑块, 排除糖尿病、继发性高血压且肝肾功能正常的 94 例患者, 其中男 71 例, 女 23 例, 年龄 44~78 岁, 平均 62.96 ± 7.44 岁。

1.2 24 h 动态血压检测

采用美国 Space-Labs 公司生产的 90217-1 型全自动动态血压监测仪, 记录上午 8~9 时至次日 8~9 时的血压, 白天 (6:00~22:00) 每 30 min 记录一次, 晚上 (22:00~6:00) 每 1 h 记录一次, 记录 24 h 收缩压和舒张压。

1.3 经颅多普勒超声检查

采用 RMED 经颅多普勒仪, 2 MHz 探头, 患者在静息状态下, 经颞窗检测双侧大脑中动脉 (middle cerebral artery, MCA)、大脑前动脉 (anterior cerebral

artery, ACA)、大脑后动脉 (posterior cerebral artery, PCA), 经枕窗探测双侧椎动脉 (vertebral artery, VA)。记录并分析受检者各支动脉的血流动力学指标平均血流速度 (mean peak flow velocity, Vm) 和血管搏动指数 (pulsative, PI)。以上检测均由经颅多普勒室的专职医师或技师使用相同的仪器进行操作。

1.4 颈部超声检查

采用 PHILIPS IE5500 颈部超声仪, 线阵探头频率为 10.0~13.0 MHz, 受检者取仰卧位, 双肩垫枕, 头略向后仰。由颈根部从长轴和短轴两个方向, 显示颈总动脉 (common carotid artery, CCA)、颈内动脉 (internal carotid artery, ICA) 和椎动脉 (vertebral artery, VA) 血管壁的结构。选取颈总动脉距离分叉处 1.5 cm 处远场血管壁, 测量从血管内膜的内表面到中膜的外表面距离 [即颈总动脉内膜中膜厚度 (intima-media thickness, MT)] 3 次, 取平均值^[4]。斑块定义为经双侧超声检查测定颈动脉内膜中膜局部隆起、增厚、向管腔内突出大于 50%^[3]。检测血流频谱, 测定血流动力学指标 Vm 和 PI。以上检测均由颈部 B 超室的专职医师或技师使用相同的仪器进行操作。

1.5 统计学处理

采用统计学软件 SPSS 15.0 处理数据。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 采用 t 检验和方差分析, 方差不齐时用秩和检验; 计数资料采用 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 认为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 临床资料

对照组与各高血压组的年龄及性别比例差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。24 h 动态血压检测发现, 轻、中、重度高血压组的血压水平与对照组比较均明显增高 ($P < 0.05$, 表 1)。

2.2 脑血流动力学平均血流速度和搏动指数

与对照组比较, 各高血压组 Vm 与 PI 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。各高血压组之间两两比较, Vm 和 PI 差异均有统计学意义, 且随着血压水平的升高, 脑部血管的 Vm 愈低, PI 愈高 ($P < 0.05$, 表 2)。

2.3 颈部血流动力学平均血流速度和搏动指数

与对照组相比, 各高血压组 Vm 值和 PI 值差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。各高血压组之间两两比较, Vm 值和 PI 值差异均有显著性, 且随着血压水

平的升高, 颈部血管 Vm 值愈低, PI值愈高 ($P < 0.05$ 表 3)。

表 1 临床资料比较

| 分 组 | 对照组 ($n = 94$) | 轻度高血压组 ($n = 30$) | 中度高血压组 ($n = 61$) | 重度高血压组 ($n = 129$) |
|---------------|------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 男/女(例) | 71/23 | 18/12 | 40/21 | 99/30 |
| 年龄(岁) | 62.96 ± 7.44 | 59.20 ± 10.04 | 59.34 ± 10.05 | 60.68 ± 9.21 |
| 24 h收缩压(mmHg) | 106.35 ± 6.42 | 135.28 ± 7.40 ^a | 147.82 ± 8.86 ^a | 168.34 ± 5.95 ^a |
| 24 h舒张压(mmHg) | 77.38 ± 7.79 | 83.26 ± 7.34 ^a | 96.48 ± 5.60 ^a | 104.73 ± 5.42 ^a |

a为 $P < 0.05$ 与对照组比。

表 2 脑血流动力学指标 ($\bar{x} \pm s$)

| 血 管 | 对照组 | | 轻度高血压组 | | 中度高血压组 | | 重度高血压组 | |
|--------|---------------|-------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------------|
| | Vm (cm/s) | PI | Vm (cm/s) | PI | Vm (cm/s) | PI | Vm (cm/s) | PI |
| 右侧 MCA | 60.16 ± 18.49 | 1.08 ± 0.16 | 53.89 ± 17.72 ^a | 1.07 ± 0.17 ^a | 52.15 ± 11.42 ^{ab} | 1.14 ± 0.21 ^{ab} | 50.07 ± 3.90 ^{abc} | 1.14 ± 0.21 ^{abc} |
| 右侧 ACA | 53.58 ± 11.86 | 1.06 ± 0.15 | 47.27 ± 7.22 ^a | 1.08 ± 0.15 | 45.81 ± 9.79 ^{ab} | 1.08 ± 0.18 ^{ab} | 45.66 ± 11.36 ^{abc} | 1.11 ± 0.17 ^c |
| 右侧 PCA | 32.62 ± 6.26 | 1.07 ± 0.13 | 31.65 ± 5.28 | 1.08 ± 0.12 ^a | 31.13 ± 2.58 ^{ab} | 1.08 ± 0.18 ^b | 30.59 ± 5.05 ^{ac} | 1.12 ± 0.26 ^{abc} |
| 左侧 MCA | 58.69 ± 15.80 | 1.07 ± 0.15 | 54.32 ± 14.33 ^a | 1.07 ± 0.16 ^a | 53.34 ± 14.98 ^{ab} | 1.07 ± 0.17 ^{ab} | 51.47 ± 7.01 ^{bc} | 1.11 ± 0.20 ^{abc} |
| 左侧 ACA | 50.60 ± 12.71 | 1.05 ± 0.15 | 45.93 ± 7.64 ^a | 1.06 ± 0.13 ^a | 45.13 ± 10.24 ^{ab} | 1.11 ± 0.18 ^b | 44.09 ± 7.08 ^{abc} | 1.10 ± 0.14 ^{abc} |
| 左侧 PCA | 34.16 ± 7.38 | 1.03 ± 0.13 | 32.80 ± 5.56 ^a | 1.03 ± 0.13 | 32.50 ± 5.50 | 1.08 ± 0.17 ^{ab} | 31.76 ± 5.36 ^{abc} | 1.18 ± 0.23 ^a |
| 右侧 VA | 32.27 ± 10.51 | 1.02 ± 0.16 | 30.67 ± 4.59 ^a | 1.05 ± 0.11 ^a | 30.16 ± 11.36 ^{ab} | 1.07 ± 0.16 | 28.26 ± 8.31 ^b | 1.09 ± 0.23 ^{abc} |
| 左侧 VA | 30.40 ± 8.28 | 1.04 ± 0.18 | 29.53 ± 5.00 ^a | 1.05 ± 0.15 ^a | 29.51 ± 10.62 ^{ab} | 1.05 ± 0.15 ^{ab} | 27.64 ± 6.73 ^{abc} | 1.08 ± 0.17 ^{bc} |

a为 $P < 0.05$ 与对照组比; b为 $P < 0.05$ 与轻度高血压组比; c为 $P < 0.05$ 与中度高血压组比。

表 3 颈部血流动力学指标 ($\bar{x} \pm s$)

| 血 管 | 对照组 | | 轻度高血压组 | | 中度高血压组 | | 重度高血压组 | |
|--------|---------------|-------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------------|
| | Vm (cm/s) | PI | Vm (cm/s) | PI | Vm (cm/s) | PI | Vm (cm/s) | PI |
| 左侧 CCA | 50.66 ± 13.94 | 1.71 ± 0.61 | 49.13 ± 15.13 ^a | 1.76 ± 0.69 | 49.13 ± 13.49 ^{ab} | 1.86 ± 0.92 ^{ab} | 47.42 ± 16.38 ^{abc} | 1.97 ± 1.50 ^{abc} |
| 左侧 ICA | 56.13 ± 24.89 | 1.10 ± 0.60 | 56.13 ± 24.89 ^a | 1.13 ± 0.45 ^a | 52.72 ± 17.30 ^{ab} | 1.54 ± 0.61 ^{ab} | 49.81 ± 21.42 ^{abc} | 1.75 ± 0.71 ^{abc} |
| 左侧 VA | 37.51 ± 15.79 | 1.32 ± 0.77 | 36.57 ± 11.76 ^a | 1.46 ± 0.56 ^a | 36.57 ± 11.85 ^{ab} | 1.54 ± 1.11 ^{ab} | 32.73 ± 13.85 ^{abc} | 1.66 ± 1.98 ^{ab} |
| 右侧 CCA | 48.08 ± 18.13 | 1.31 ± 0.50 | 46.94 ± 18.10 ^a | 1.81 ± 0.68 ^a | 45.86 ± 18.95 ^a | 1.85 ± 0.78 ^{ab} | 43.69 ± 13.78 ^{abc} | 1.92 ± 0.81 ^{abc} |
| 右侧 ICA | 53.44 ± 11.62 | 1.12 ± 0.80 | 53.43 ± 11.53 ^a | 1.71 ± 0.61 ^a | 52.68 ± 21.19 ^{ab} | 1.87 ± 0.91 | 51.74 ± 29.33 ^{abc} | 1.99 ± 0.66 ^{abc} |
| 右侧 VA | 37.80 ± 12.85 | 1.50 ± 0.47 | 33.83 ± 11.05 ^a | 1.52 ± 0.68 ^a | 31.98 ± 13.28 ^{ab} | 1.62 ± 0.89 ^{ab} | 29.50 ± 10.13.51 | 1.66 ± 1.31 ^a |

a为 $P < 0.05$ 与对照组比; b为 $P < 0.05$ 与轻度高血压组比; c为 $P < 0.05$ 与中度高血压组比。

3 讨论

近年来的研究证实, 颈动脉粥样硬化斑块是 EH 所致的脑血管病变的主要原因^[5,6]。据报道, 由高血压导致的颈动脉粥样硬化斑块的发生率为 76%^[7,8]。

卒中的发病风险随着收缩压和舒张压水平的升高而上升, 这种关系是“直接的、连续的和明显独立的”^[9]。Framingham 研究及我国的人群研究资料均提示, 血压水平和脑卒中发病的相对危险性呈对数线性关系, 即随着血压的升高, 特别是收缩压的升高, 发生脑卒中的相对危险和绝对危险成倍增加^[10], 而有效控制血压水平, 尤其将血压水平控制在正常范围 (140/90 mmHg) 内, 可明显降低脑卒中

和心肌梗死的发生率^[11,12]。脑血管血流动力学检测是脑血管功能的创伤性检测手段, 该检测指标与血压水平及脑卒中发病均有较密切的关系^[13-15], 从正常人发展到高血压直至脑卒中, 脑血流动力学呈现渐进加重的变化趋势; 不同临床阶段的高血压患者, 脑血流动力学也存在明显的差异和渐进加重的趋势, 提示高血压与脑血管功能的异常变化密切相关^[16-18]。

本研究结果表明, 双侧 MCA、ACA、PCA 和 VA 的 Vm 值随着血压水平的升高而降低, PI 值随着血压水平的升高而增加。双侧 CCA、ICA 和 VA 的 Vm 值随着血压水平的升高而降低, PI 值随着血压水平的升高而增加。这一变化规律反映了脑部和颈部血

管功能的损害是随着血压水平的升高而呈渐进加重的趋势,当收缩压水平在 120~140 mmHg 和/或舒张压水平在 80~90 mmHg 时,脑血流动力学指标的检测值比较接近对照组水平,变化的幅度随着血压水平的升高而逐渐加大,提示高血压伴有颈动脉粥样硬化斑块的患者,理想的血压水平应不超过 140/90 mmHg。但对于一些高血压患者,若血压水平降至过低,可能会引起脑血管供血不足。因此,是否应将血压水平尽可能的降低,目前还缺乏足够的证据。此外,血压水平在正常范围内波动,是否也与卒中发病的风险有关,还有待更多的研究证实。

本研究结果表明,各高血压组脑部血流动力学指标 V_m 和 PI 与对照组比较差异均有统计学意义 ($P < 0.05$);在轻度高血压组、中度高血压组和重度高血压组之间,血压水平愈高者,脑血管的 V_m 值愈低, PI 值愈高,提示脑血管的末梢阻力增高,存在动脉硬化,这与文献 [19, 20] 报道一致。 PI 值是判断外周阻力的重要指标,该指数的增高是动脉硬化和血管弹性减退的重要标志, V_m 值在一定程度上反映了远端血管床的血流情况,即脑动脉的灌注情况。

颈动脉 B 超结果发现,各高血压组颈部血流动力学指标 V_m 和 PI 与对照组比较差异均有统计学意义 ($P < 0.05$),在轻度高血压组、中度高血压组和重度高血压组之间,随着血压水平的增加, CCA 、 ICA 以及 VA 的 V_m 愈低, PI 愈高。

脑部的血流主要是双侧颈动脉供应的。颈总动脉膨大处为颈内、颈外动脉分叉处,血流缓慢,血脂在流动中易沉积,日久即形成斑块。颈动脉是脑部血流的主要供应者,有斑块形成后,尤其是低回声或者溃疡性斑块,在短期内容易导致管腔狭窄程度的增高、粥样斑块脱落或者血栓的形成和脱落,这是颈动脉系统脑缺血和脑梗死病变的重要原因。此外,颈动脉粥样硬化程度能间接反应颅内动脉粥样硬化的程度,同时血压的升高或不稳定是导致颈动脉血流切应力变化、动脉粥样硬化斑块脱落的重要危险因素。

通过颈部超声和经颅多普勒超声的结合,利用超声波的多普勒效应来研究颅内血管血流动力学的变化,发现不同高血压级别对脑动脉和颈动脉血流动力学的影响各有不同,为高血压的防治提供定

性和定量的诊断资料,对研究各级高血压血管的病理生理学变化和发生机制以及脑血管病变的预防有指导意义。

[参考文献]

- [1] 王志文, 吴升平, 郭玉祥. 北京市区高血压的流行病学研究 [J]. 中华神经外科杂志, 1996, 6 (增刊): 1.
- [2] Sumner M, Ozdemir I, Erturk O, et al. Progression in acute ischemic stroke: frequency, risk factors and prognosis [J]. J Chin Neurosci, 2003, 10: 177-180.
- [3] Rothwell PM, Gibson R, Warlow CP. Interrelation between plaque morphology and degree of stenosis on carotid angiograms and the risk of ischemic stroke in patients with symptomatic carotid stenosis [J]. Stroke, 2000, 31: 615.
- [4] Pearson AC, Peterson JW, Orsineu DA, et al. Comparison of thickness and distensibility in the carotid artery and descending thoracic aorta. In vivo ultrasound assessment [J]. Am Heart, 1996, 131: 655-656.
- [5] 李小明. 超声对高血压患者的颈动脉粥样硬化的相关性观察 [J]. 中国超声诊断杂志, 2006, 7: 127-128.
- [6] 孔玉, 韩伯军, 高志强. 颈部血管超声检查粥样斑块与缺血性中风的的关系探讨 [J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2008, 3: 277-278.
- [7] 姜颖, 石苏宁, 王红燕, 等. 彩色多普勒超声对老年人颈动脉的临床研究 [J]. 中国超声医学杂志, 2000, 16 (10): 758.
- [8] 卢宝全, 孙泽民, 马建国. 交界区脑梗死与脑动脉狭窄或闭塞的关系 [J]. 临床神经病学杂志, 2003, 16 (6): 334.
- [9] 朱思亮, 陆崎, 黄向东. 颈动脉粥样硬化在进展性脑卒中的作用 [J]. 河南实用神经疾病杂志, 2003, 6 (6): 31-32.
- [10] Rutgers DR, Klijn CJM, Kappelle LJ, et al. A longitudinal study of collateral flow patterns in the circle of Willis and ophthalmic artery in patients with a symptomatic internal carotid artery occlusion [J]. Stroke, 2001, 31 (8): 1913.
- [11] Goldstein LR, Adams R, Becher K, et al. Primary prevention of ischemic stroke: a statement for healthcare professionals from the stroke council of the American Heart Association [J]. Circulation, 2001, 103: 163-182.
- [12] 王桂清, 黄久仪. 脑血管血流动力学在卒中预防中的应用 [J]. 中华流行病学杂志, 2002, 23 (4): 308-311.
- [13] 黄久仪, 王桂清, 沈凤英, 等. 脑血管血流动力学积分与脑卒中风险的队列研究 [J]. 中华流行病学杂志, 2002, 23 (2): 89-93.
- [14] 黄久仪, 王桂清. 脑血管血流动力学检测在脑血管病防治中的应用价值 [J]. 中国临床康复杂志, 2003, 7 (1): 44-45.
- [15] Kleinstreuer C, Hyun S, Buchanan JR, et al. Hemodynamic parameters and early intimal thickening in branching blood vessels [J]. Crit Rev Biomed Eng, 2001, 29: 1-64.
- [16] 黄久仪, 王桂清, 杨永举, 等. 高血压和脑卒中前后脑血管血流动力学检测 [J]. 中华老年心脑血管病杂志, 2003, 5 (1): 43-46.
- [17] 杨渤生, 王桂清, 王艳. 从正常人脑卒中患者的不同人群的脑血管血流动力学变化规律 [J]. 中华流行病学杂志, 2003, 24 (2): 94-97.
- [18] 王桂清, 杨永举, 王艳, 等. 从高血压到卒中的脑血管血流动力学指标变化规律 [J]. 中国临床康复, 2003, 7 (3): 376-378.
- [19] 伍留信, 师绿江, 强东昌, 等. 原发性高血压脉压与脑血管血流动力学变化关系的研究 [J]. 高血压杂志, 2001, 9 (4): 292-293.
- [20] 徐俊健, 王家森, 丁雅鹰, 等. 高血压各期脑血管血流动力学 TCD 检测 [J]. 高血压杂志, 2000, 8 (3): 225.

(此文编辑 许雪梅)