

颈动脉搏动实时超声检测对胸外按压 CPR 效果评价的可行性研究

王红宇^{1,2} 张思森^{1,2} 高白¹

¹ 郑州人民医院重症医学科, 河南郑州 450003; ² 南方医科大学第二临床医学院, 广东广州 510280

通信作者: 张思森, Email: 2362176700@qq.com

【摘要】 目的 探讨超声实时监测颈动脉血流对胸外按压心肺复苏(CPR)效果评价的可行性,提出一种实时、无创的血流动力学评估方法。**方法** 采用前瞻性研究方法,选择2016年5月至2018年11月在郑州人民医院急诊科及重症加强治疗病房(ICU)进行CPR的患者。在开始胸外按压的同时应用床旁超声测量患者的颈动脉血流,记录CPR开始1 min和结束前1 min的颈动脉收缩期血流速度峰值(PSV)和舒张期末流速(EDV);记录整个复苏周期内按压频率均值;通过超声评价按压达标率(按压频率100~120次/min为达标);根据CPR过程中记录的超声图像资料回顾计算按压中断时间。**结果** 研究期间共完成CPR过程中超声监测39例,其中抢救成功21例,成功率为53.8%;自主循环恢复(ROSC)时间(10.9±5.3)min。从开始CPR到获得满意超声图像的时间为1.1~4.9 min,平均(2.5±1.2)min。28例患者在胸外按压全程获取到了满意的超声图像,获取率为71.8%(28/39)。在按压过程中如出现按压频率<100次/min或颈动脉流速下降(PSV<30 cm/s)则及时提醒实施胸外按压者予以纠正。28例获取到满意超声图像的患者CPR开始1 min PSV为(62.9±18.5)cm/s、EDV为(13.9±3.5)cm/s, CPR结束前1 min PSV为(55.4±18.4)cm/s、EDV为(12.9±3.7)cm/s,两个时间点间比较差异均无统计学意义(均 $P>0.05$),提示CPR全程均获得了满意的复苏效果。28例患者按压频率100~149次/min,平均(117±47)次/min;按压达标率为85.7%(24/28);按压中断总时间占所有按压时间的4.4%(25.9 min/587.2 min)。**结论** 应用床旁急诊超声监测颈动脉血流具有实时、无创的特点,可作为一种反馈胸外按压CPR效果的可行性方法。

【关键词】 胸外按压; 心肺复苏; 颈动脉超声

基金项目:河南省科技惠民计划项目(152207310007);河南省医学重点学科建设支持项目(201626155);河南省医学科技攻关计划项目(201303221, 2018010045, 2018020828);河南省郑州市科技计划项目(131PLJRC682);河南省郑州市科技发展计划项目(20130595, 20140452, 20150060)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2019.03.010

Feasible study of carotid artery Doppler ultrasound blood flow measurement during chest compression cardiopulmonary resuscitation

Wang Hongyu^{1,2}, Zhang Sisen^{1,2}, Gao Bai¹

¹Department of Critical Care Medicine, Zhengzhou People's Hospital, Zhengzhou 450003, Henan, China; ²Second Clinical Medical School of Southern Medical University, Guangzhou 510280, Guangdong, China

Corresponding author: Zhang Sisen, Email: 2362176700@qq.com

【Abstract】 Objective To determine the feasibility of ultrasound to measure blood flow on patients with chest compression cardiopulmonary resuscitation (CPR), and to find out a real-time, noninvasive hemodynamic evaluation method. **Methods** A prospective study was conducted. All adult patients undergoing CPR admitted to Department of Emergency and intensive care unit (ICU) of Zhengzhou People's Hospital from May 2016 to November 2018 were enrolled. The blood flow over the right carotid arteries during chest compressions was recorded with a bedside ultrasound machine. The peak systolic flow velocity (PSV) and end diastolic flow velocity (EDV) of carotid artery were recorded at 1 minute after the start of CPR and 1 minute before the end of CPR. The mean compression frequency during the whole recovery period was recorded, the rate of compression reaching the standard was evaluated by ultrasound (the rate of compression 100–120 times/min was defined as up to standard), and the interruption time of compression was calculated retrospectively according to the ultrasound image data recorded during CPR. **Results** Thirty-nine patients were enrolled, and 21 patients were successfully rescued, with a successful rate of 53.8%, the time of restoration of spontaneous circulation (ROSC) was (10.9±5.3) minutes. The time from CPR to retrieve an ultrasound image was 1.1–4.9 minutes, with an average of (2.5±1.2) minutes. Satisfactory ultra-sonographic images were obtained in 28 patients during the whole course of chest compression. The acquisition rate was 71.8% (28/39). In the process of compression, if the frequency of compression was less than 100 times/min or the velocity of carotid artery dropped (PSV < 30 cm/s), the chest compressors should be reminded and corrected in time. The PSV at 1 minute after CPR start of 28 patients with satisfactory ultrasound images was (62.9±18.5) cm/s, and the EDV was (13.9±3.5) cm/s, the PSV at 1 minute before the end of CPR was (55.4±18.4) cm/s, and the EDV was (12.9±3.7) cm/s. There was no significant difference in above

parameters between the two time points (both $P > 0.05$), suggesting that satisfactory resuscitation effect was achieved in the whole process of CPR. The compression frequency of 28 patients was 100–149 times/min with an average of (117 ± 47) times/min. The rate of compression with standard was 85.7% (24/28), and the total interruption time of compression accounted for 4.4% of all compression time (25.9 minutes/587.2 minutes). **Conclusion** Ultrasound measurement of common carotid artery blood flow during CPR has the advantage of real-time and non-invasive, and it is feasible in clinical work.

【Key words】 Chest compression; Cardiopulmonary resuscitation; Carotid Doppler

Fund program: Key Project of Science and Technology Benefit People of Henan Province of China (152207310007); Key Medical Discipline Construction Support Project of Henan Province (201626155); Henan Provincial Medical Science and Technology Project (201303221, 2018010045, 2018020828); Zhengzhou City Science and Technology Project in Henan Province (131PLJRC682); Zhengzhou City Science and Technology Development Planning Program of Henan Province (20130595, 20140452, 20150060)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2019.03.010

2015 版美国心脏协会(AHA)指南再次强调了高质量胸外心脏按压的重要性,并注重心肺复苏(CPR)过程中的质量反馈,指出复苏系统应对急救系统建立持续性评估和改进^[1]。近年来,床旁急诊超声得到了越来越广泛的应用和发展^[2],但是针对床旁超声在 CPR 过程中的实时监测和评估复苏质量的报道极少,本研究尝试应用床旁超声监测 CPR 过程中颈动脉血流频谱的变化,以动态反映胸外心脏按压的效果。

1 资料与方法

1.1 一般资料:采用前瞻性研究方法,本临床试验按医学伦理学标准执行,已经过郑州人民医院医学伦理委员会审核批准(审批号:2016-3-1),且患者亲属均知情同意。选择 2016 年 5 月至 2018 年 11 月在郑州人民医院急诊科及重症加强治疗病房(ICU)进行 CPR 的患者。

1.1.1 纳入标准:意识丧失,大动脉搏动消失,自主呼吸消失,开始由医务人员进行 CPR 的患者。

1.1.2 排除标准:年龄 < 18 岁;妊娠期;颈胸部创伤或可疑颈部损伤、颈动脉阻塞及自缢等。

1.2 监测方法:在实施 CPR 的同时立即应用床旁超声仪(型号 ALOKA Noblus, 日本日立公司)进行颈动脉超声检查,由经过超声培训的熟练医师操作,在复苏过程中留取超声图像等资料,超声医师不参与抢救。从复苏开始记录至复苏结束,复苏终点为自主循环恢复(ROSC)或抢救 30 min 仍未实现 ROSC 而宣布临床死亡。颈动脉超声检查及测量均按超声操作规程完成,首先行横向探测,将探头置于颈根部向头侧移动,在颈总动脉中部探查,使颈总动脉位于屏幕正中,旋转探头 90°,以纵轴显示颈总动脉^[3],以多普勒超声标准操作显示颈总动脉靠锁骨段的血流频谱。

1.3 超声图像的判定:① 满意图像标准:可以清晰

显示颈总动脉管腔,显示动脉血流-时间曲线图,可以测量血流峰流速;② 不能获取图像:超声开始时患者已死亡,不能获得颈动脉管腔图像或无法测量颈动脉血流,或能够获取图像时间少于 3 min,或获取图像清晰度明显下降。

1.4 观察指标:记录患者的一般资料,包括性别、年龄、心搏骤停地点、心搏骤停原因、ROSC 时间。记录 CPR 开始 1 min 和结束前 1 min 的颈动脉收缩期血流速度峰值(PSV)和舒张期末流速(EDV)。记录整个复苏周期内每分钟按压频率,计算按压频率均值,并评价按压达标情况,按压频率 100 ~ 120 次/min 为达标^[4]。根据 CPR 过程中记录的超声图像资料回顾计算按压中断时间。

1.5 统计学处理:采用 SPSS 13.0 软件进行统计学分析。计量资料以均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,采用 t 检验;计数资料以率表示,采用 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者的一般情况:研究期间共有 39 例患者完成 CPR 颈动脉超声监测,其中男性 22 例,女性 17 例;年龄 42 ~ 86 岁,平均 (63.9 ± 16.3) 岁;心搏骤停地点:院外 5 例,院内 34 例(其中急诊科 21 例,ICU 13 例);心搏骤停原因:急性心肌梗死 15 例,恶性心律失常 5 例,脑卒中 4 例,创伤性休克 3 例,感染性休克 3 例,爆发性心肌炎 1 例,原因不明 8 例。抢救成功患者 21 例,其余 18 例患者抢救 30 min 但仍未实现 ROSC 而宣布临床死亡,抢救成功率为 53.8%。抢救成功患者的 ROSC 时间 2 ~ 23 min,平均 (10.9 ± 5.3) min。从开始 CPR 到获得满意超声图像的时间为 1.1 ~ 4.9 min,平均 (2.5 ± 1.2) min,此段时间大部分为超声机器搬运和开机启动时间。28 例患者在胸外按压全程均能获得到满意的超声图像,获取率为 71.8% (28/39)。未获得图像的原因:血管

狭窄 6 例,开机过程中患者死亡 3 例,肥胖 2 例。在按压过程中如出现按压频率 < 100 次 /min 或颈动脉流速下降 (PSV < 30 cm/s) 则及时提醒实施胸外按压者予以纠正 (图 1)。

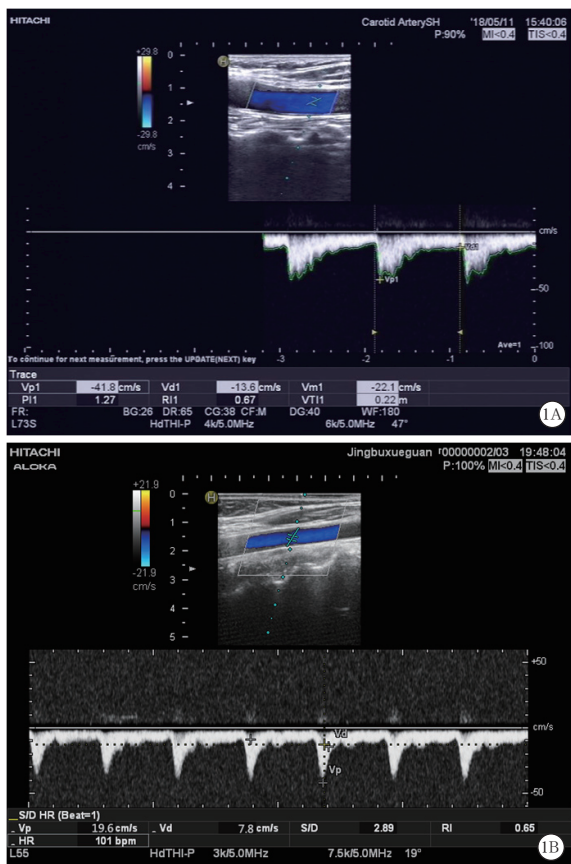


图 1 心搏骤停患者接受胸外按压心肺复苏 (CPR) 过程中胸外按压达标与不达标的超声图像 1 例 39 岁男性恶性心律失常致心搏骤停患者在胸外按压开始 2 min 获得超声图像显示,颈动脉收缩期血流速度峰值 (PSV) 为 41.8 cm/s,舒张期末流速 (EDV) 为 13.6 cm/s,提示胸外按压达标 (A); 1 例 67 岁女性急性冠脉综合征患者在胸外按压开始 5 min 时获得超声图像显示, PSV 为 19.6 cm/s, EDV 为 7.8 cm/s,收缩期和舒张期流速均较低,提示胸外按压不达标 (B)

2.2 PSV 及 EDV 的变化 (表 1): CPR 全程获取到满意超声图像的 28 例患者, CPR 开始 1 min 与结束前 1 min PSV、EDV 比较差异均无统计学意义 (均 $P > 0.05$)。

表 1 胸外按压 CPR 过程中获取到满意超声图像的 28 例心搏骤停患者 CPR 开始 1 min 和结束前 1 min 颈动脉血流速的变化 ($\bar{x} \pm s$)

时间	例数 (例)	PSV (cm/s)	EDV (cm/s)
CPR 开始 1 min	28	62.9 ± 18.5	13.9 ± 3.5
CPR 结束前 1 min	28	55.4 ± 18.4	12.9 ± 3.7
t 值		1.521	1.039
P 值		0.134	0.304

注: CPR 为心肺复苏, PSV 为颈动脉收缩期血流速度峰值, EDV 为颈动脉舒张期末流速

2.3 其他指标: 获取到满意图像的 28 例患者胸外按压频率 100 ~ 149 次 /min, 平均 (117 ± 41) 次 /min; 按压达标率为 85.7% (24/28)。根据图像资料回顾计算按压中断时间显示, 28 例患者按压中断总时间占有按压时间的 4.4% (25.9 min/587.2 min)。

3 讨论

胸外心脏按压的质量是 CPR 能否成功的关键, 但院前、院内 CPR 质量差是普遍现象^[5]。高质量 CPR 的特点是以足够的频率 (100 ~ 120 次 /min) 和幅度 (按压深度 5 ~ 6 cm) 进行按压, 保证每次按压后胸廓充分回弹, 尽可能减少按压中断并避免过度通气^[6]。研究显示, 不仅是非专业人员, 很多受过训练的医务人员在实施 CPR 时仍不能达标^[7]。因此, 高质量 CPR 和对复苏方案的持续改进十分重要^[8]。通过按压过程中的血流动力学监测可以指导按压深度、按压频率及观察血管活性药物效果^[9], 并且可以减少按压中断^[10]。而在 CPR 时极少患者具备有效的血流动力学监测装置, 如脉搏指示连续心排量 (PiCCO)、冠状动脉灌注压、肺动脉漂浮导管及脑灌注压等, 导致无法获取按压过程中的血流动力学指标。目前临床上常用的观察瞳孔、呼吸、呼气末二氧化碳分压 ($P_{ET}CO_2$) 等方法仅能反映复苏结局, 而在复苏过程中实时监测的指标对指导复苏非常重要。胸外按压同时进行急诊超声监测颈动脉血流可以提供可视且直观的颈部血流动力学变化, 并且具有实时、无创、简便易操作的特点^[11], 因此我们提出用超声监测颈动脉血流的方法来反馈胸外按压效果, 并且指导胸外按压的实施。

本研究结果显示, 开始 CPR 后可以在短时间内获取超声图像 [(2.5 ± 1.2) min], 且 71.8% 的患者可以获得满意的图像, 这说明胸外按压同时应用超声监测颈动脉血流是可行的。健康人群颈动脉超声 PSV 为 28.6 ~ 178.4 cm/s, 而我们检测胸外按压过程中的颈动脉 PSV 为 19.6 ~ 98.2 cm/s, 表明高质量胸外按压可达到与正常生理基本一致的血流量。同时, 通过超声可以及时反馈目前的按压频率, 指导按压深度, 从而减少按压中断时间。本研究结果也表明, 由于超声的及时反馈, 28 例患者按压中断总时间仅占有按压时间的 4.4%。超声监测到的颈部血流动力学参数在一定程度上能反映脑部血供^[12]。有研究表明, 通过标准 CPR 最大限度地提高血流量, 尤其是脑部灌注流量, 可以明显改善患者的预后^[13]。因此, 我们通过超声监测血流量来指导高质量复苏

也可能明显改善脑复苏结局,而脑复苏成功与否决定患者的最终生存质量。本研究中28例患者获得了满意的超声图像,但是仍有部分患者抢救无效而死亡,死亡原因包括原发病较重、心搏骤停至开始抢救时间过长、胸外心脏按压质量较低等。

颈动脉峰流速高,则通过该颈动脉的血流量大,而脑血流量与颈动脉血流量成正比,一定程度上可以反映脑部血流量大小^[14]。本研究之所以选取颈动脉血流反映复苏时心排血量尤其是脑部血流量大小的原因有:①颈动脉位置表浅,具有明显的体表标记,易于寻找,且离脑部最近;②CPR的同时可进行彩超操作而不必中断按压;③颈动脉超声培训简单,易于掌握。尽管颈动脉血流信号可能因为血容量过负荷或不足、颈动脉斑块形成及颈动脉狭窄等受到影响^[15],但颈动脉超声实时、动态的监测特点仍具有优势和应用前景^[16]。通过测定颈动脉内径、血流峰流速和心率,应用血流速度时间积分反映颈动脉血流量,还可以评估心排血量及脑部血流灌注量^[17]。

本研究的不足及局限性:①本研究为单中心研究,纳入样本量少;②床旁超声测量与操作者个人经验和方法有关,具有一定的主观性,本研究中超声监测均由经验丰富的医师完成,但仍不能完全避免人为混杂因素;③本研究只测定了颈动脉血流速度,缺乏颈动脉血流量的指标^[18],仍需进一步研究。

综上,颈动脉超声可轻松获得胸外按压CPR过程中颈动脉血流量、按压频率和按压中断时间,并可及时反馈按压效果,具有无创、实时及操作简易的特点,可作为一种临床实时监测胸外按压CPR效果的可行性观察指标。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

[1] Neumar RW, Shuster M, Callaway CW, et al. Part 1: executive summary: 2015 American Heart Association guidelines update for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care [J]. *Circulation*, 2015, 132 (18 Suppl 2): S315-367. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000252.

[2] Murthi SB, Markandaya M, Fang R, et al. Focused comprehensive, quantitative, functionally based echocardiographic evaluation in the critical care unit is feasible and impacts care [J]. *Mil Med*, 2015, 180 (3 Suppl): 74-79. DOI: 10.7205/MILMED-D-14-00374.

[3] Ma IWY, Caplin JD, Azad A, et al. Correlation of carotid blood flow and corrected carotid flow time with invasive cardiac output measurements [J]. *Crit Ultrasound J*, 2017, 9 (1): 10. DOI: 10.1186/s13089-017-0065-0.

[4] Yu AH, Cohen-Solal E, Raju BI, et al. An automated carotid pulse assessment approach using Doppler ultrasound [J]. *IEEE Trans Biomed Eng*, 2008, 55 (3): 1072-1081. DOI: 10.1109/TBME.2007.908104.

[5] 窦连峰, 范国爱, 尹志勇, 等. 徒手与机械心肺复苏颈动脉血流超声的初步研究 [J]. *中国当代医药*, 2017, 24 (8): 43-46. DOI: 10.3969/j.issn.1674-4721.2017.08.012.

Dou LF, Fan GA, Yin ZY, et al. A preliminary study of blood flow ultrasonography in carotid artery by unarmed and mechanical cardiopulmonary resuscitation [J]. *China Modern Med*, 2017, 24 (8): 43-46. DOI: 10.3969/j.issn.1674-4721.2017.08.012.

[6] Oh J, Lim TH, Cho Y, et al. Training a chest compression of 6-7 cm depth for high quality cardiopulmonary resuscitation in hospital setting: a randomised controlled trial [J]. *Yonsei Med J*, 2016, 57 (2): 505-511. DOI:10.3349/ymj.2016.57.2.505.

[7] Ibrahim AW, Trammell AR, Austin H, et al. Cerebral oximetry as a real-time monitoring tool to assess quality of in-hospital cardiopulmonary resuscitation and post cardiac arrest care [J]. *J Am Heart Assoc*, 2015, 4 (8): e001859. DOI: 10.1161/JAHA.115.001859.

[8] Abella BS. The importance of cardiopulmonary resuscitation quality [J]. *Curr Opin Crit Care*, 2013, 19 (3): 175-180. DOI: 10.1097/MCC.0b013e328360ac76.

[9] 李晨, 徐军, 韩飞, 等. 基于脉搏血氧波形识别心肺复苏中自主循环恢复的研究 [J]. *中华危重病急救医学*, 2015, 27 (3): 203-207, 208. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2015.03.009.

Li C, Xu J, Han F, et al. The role of pulse oximetry plethysmographic waveform monitoring as a marker of restoration of spontaneous circulation: a pilot study [J]. *Chin Crit Care Med*, 2015, 27 (3): 203-207, 208. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2015.03.009.

[10] Friess SH, Sutton RM, French B, et al. Hemodynamic directed CPR improves cerebral perfusion pressure and brain tissue oxygenation [J]. *Resuscitation*, 2014, 85 (9): 1298-1303. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2014.05.040.

[11] 林慧艳, 顾晓峰, 李海玲. 床旁超声在高危型急性肺栓塞患者中的诊断价值 [J]. *中国中西医结合急救杂志*, 2016, 23 (2): 191-192. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2016.02.021.

Lin HY, Gu XF, Li HL. The diagnostic value of bedside ultrasound in patients with acute high risk pulmonary embolism [J]. *Chin J TCM WM Crit Care*, 2016, 23 (2): 191-192. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2016.02.021.

[12] 汪宏伟, 沙鑫, 张思森, 等. P_rCO₂对腹部提压CPR救治效果及血清S100B蛋白对脑功能预测价值的研究 [J]. *中华危重病急救医学*, 2018, 30 (2): 117-122. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2018.02.005.

Wang HW, Sha X, Zhang SS, et al. Predictive value of partial pressure of end-tidal carbon dioxide on the effect of active abdominal compression-decompression cardiopulmonary resuscitation and serum S100B protein on cerebral function [J]. *Chin Crit Care Med*, 2018, 30 (2): 117-122. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2018.02.005.

[13] Sutton RM, Friess SH, Bhalala U, et al. Hemodynamic directed CPR improves short-term survival from asphyxia-associated cardiac arrest [J]. *Resuscitation*, 2013, 84 (5): 696-701. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2012.10.023.

[14] 张楠, 张红, 倪诤, 等. 插入式腹部提压CPR患者颈动脉血流的超声监测 [J]. *中华危重病急救医学*, 2018, 30 (7): 691-694. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2018.07.015.

Zhang N, Zhang H, Ni Z, et al. Ultrasonic monitoring of carotid blood flow in interposed abdominal pulling-pressing cardiopulmonary resuscitation [J]. *Chin Crit Care Med*, 2018, 30 (7): 691-694. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2018.07.015.

[15] Scheel P, Ruge C, Schöning M. Flow velocity and flow volume measurements in the extracranial carotid and vertebral arteries in healthy adults: reference data and the effects of age [J]. *Ultrasound Med Biol*, 2000, 26 (8): 1261-1266. DOI: 10.1016/S0301-5629(00)00293-3.

[16] Adedipe AA, Fly DL, Schwitz SD, et al. Carotid Doppler blood flow measurement during cardiopulmonary resuscitation is feasible: a first in man study [J]. *Resuscitation*, 2015, 96: 121-125. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2015.07.024.

[17] Larabee TM, Little CM, Raju BI, et al. A novel hands-free carotid ultrasound detects low-flow cardiac output in a swine model of pulseless electrical activity arrest [J]. *Am J Emerg Med*, 2011, 29 (9): 1141-1146. DOI: 10.1016/j.ajem.2010.05.013.

[18] 任海云. 彩色多普勒血流成像测量脑梗死患者脑血流灌注量的临床应用价值 [J]. *新乡医学院学报*, 2018, 35 (2): 146-150. DOI: 10.7683/xxyxyb.2018.02.017.

Ren HY. Clinical value of measurement of cerebral blood flow volume by color Doppler flow imaging in patients with cerebral infarction [J]. *J Xinxiang Med Univ*, 2018, 35 (2): 146-150. DOI: 10.7683/xxyxyb.2018.02.017.

(收稿日期: 2019-01-07)