

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2024.11.036

经颅多普勒血流动力学定量参数对青年脑卒中患者预后的预测价值*

谭丽梅 兰希发[△] 韩慧儒 李佳佳 祖艳颖

(秦皇岛市第一医院神经内科 河北 秦皇岛 066000)

摘要 目的:分析经颅多普勒血流动力学定量参数预测青年脑卒中患者预后的价值。**方法:**病例纳入时间为2018年4月至2022年12月,来源于秦皇岛市第一医院,研究对象为349例青年脑卒中患者,将之作为病例组,根据病情严重程度分为轻、中和重度组,例数分别为97、196例、56例,根据预后情况分为预后不良组和预后良好组,例数分别为27、322例,另选同期358名健康体检青年人群作为对照组。比较病例组与对照组、不同病情严重程度及不同预后患者的血流动力学定量参数,分析血流动力学定量参数与患者、预后的相关性以及对患者预后的预测价值。**结果:**与对照组比较,病例组大脑中动脉搏动指数(PI)更高,平均血流速度(Vm)、收缩期血流速度(Vs)、舒张期血流速度(Vd)、屏气指数(BHI)、脑局部血流量丧失指数(rCBFLI)更低($P<0.05$)。重度组大脑中动脉PI高于中度组、轻度组($P<0.05$),中度组高于轻度组($P<0.05$);重度组大脑中动脉Vm、Vs、Vd、BHI、rCBFLI低于中度组、轻度组($P<0.05$),中度组低于轻度组($P<0.05$)。预后不良组大脑中动脉PI高于预后良好组($P<0.05$),大脑中动脉BHI、rCBFLI低于预后良好组($P<0.05$)。大脑中动脉PI与青年脑卒中患者病情严重程度、预后呈正相关($P<0.05$);大脑中动脉Vm、Vs、Vd、BHI、rCBFLI与青年脑卒中患者病情严重程度呈负相关($P<0.05$);大脑中动脉BHI、rCBFLI与青年脑卒中患者预后呈负相关($P<0.05$)。大脑中动脉PI、BHI、rCBFLI联合检测的曲线下面积(AUC)值为0.864,高于大脑中动脉PI、BHI、rCBFLI单独检测(0.698、0.737、0.782, $P<0.05$);大脑中动脉BHI、联合检测的敏感度分别为85.19%、81.48%,高于大脑中动脉PI、rCBFLI单独检测(66.67%、62.96%, $P<0.05$);大脑中动脉rCBFLI、联合检测的特异度分别为81.68%、78.26%,高于大脑中动脉PI、BHI单独检测(64.29%、67.08%, $P<0.05$)。**结论:**青年脑卒中患者PI偏高,Vm、Vs、Vd、BHI、rCBFLI偏低,且PI随患者病情的加重而升高,Vm、Vs、Vd、BHI、rCBFLI随患者病情的加重而降低,另PI、BHI、rCBFLI可评估患者预后情况,三者联合检测对青年脑卒中患者预后的预测价值更高。

关键词:脑卒中;青年;经颅多普勒;血流动力学;预后;预测价值

中图分类号:R743.33 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-6273(2024)11-2187-05

Prognostic Value of Quantitative Parameters of Transcranial Doppler Hemodynamics in Young Patients with Stroke*

TAN Li-mei, LAN Xi-fa[△], HAN Hui-ru, LI Jia-jia, ZU Yan-ying

(Department of Neurology, The First Hospital of Qinhuangdao, Qinhuangdao, Hebei, 066000, China)

ABSTRACT Objective: Analyzing the value of quantitative transcranial doppler hemodynamic parameters in predicting prognosis in young stroke patients. **Methods:** Cases were included from April 2018 to December 2022, originating from the First Hospital of Qinhuangdao City, and the study population consisted of 349 young stroke patients, which were treated as a case group, according to disease, they were divided into mild, moderate and severe groups, with the numbers of cases being 97, 196, and 56, and according to the prognosis, they were divided into poor prognosis and good prognosis groups, with the numbers of cases being 27 and 322. 358 healthy young people as the control. The hemodynamic quantitative parameters were compared between the case and control group, patients with different severity of disease and different prognosis. The correlation and predictive value between hemodynamic quantitative parameters and the severity of disease and prognosis of patients were analyzed. **Results:** Compared to the control, PI of middle cerebral artery in case group was higher, Vm, Vs, Vd, BHI and rCBFLI were lower ($P<0.05$). PI in the severe was higher than moderate and mild group ($P<0.05$), moderate was higher than mild group ($P<0.05$). Vm, Vs, Vd, BHI, rCBFLI of the severe were lower than moderate and mild group ($P<0.05$), moderate were lower than mild group ($P<0.05$). PI of MCA in the poor prognosis was higher than good prognosis group ($P<0.05$), BHI and rCBFLI of MCA in the poor prognosis were lower than good prognosis group ($P<0.05$). PI was positively correlated with the severity and prognosis of patients ($P<0.05$). Vm, Vs, Vd, BHI, rCBFLI of MCA were negatively correlated with the severity of patients ($P<0.05$). BHI and rCBFLI of middle cerebral artery were negatively correlated with the prognosis of patients ($P<0.05$). The AUC value of combined detection of PI, BHI and rCBFLI in predicting the prognosis of young stroke patients was 0.864, higher than PI, BHI and

* 基金项目:2019年度河北省医学科学研究重点课题计划(20191385)

作者简介:谭丽梅(1985-),女,硕士研究生,主治医师,研究方向:脑血管病,E-mail: tlmxiaotan@126.com

[△] 通讯作者:兰希发(1970-),男,博士研究生,研究方向:脑血管病,E-mail: lanxifa2000@126.com

(收稿日期:2024-01-08 接受日期:2024-01-31)

rCBFLI alone (0.698, 0.737, 0.782, $P<0.05$). The sensitivity of middle cerebral artery BHI and combined detection were 85.19% and 81.48% respectively, which were higher than that of middle cerebral artery PI and rCBFLI alone (66.67% and 62.96%, $P<0.05$). The specificity of rCBFLI and combined detection of MCA was 81.68% and 78.26% respectively, which was higher than that of PI and BHI alone (64.29% and 67.08%, $P<0.05$). **Conclusion:** PI was higher and Vm, Vs, Vd, BHI, rCBFLI were lower in young patients with stroke, and PI increased with the aggravation of the patient's condition, while Vm, Vs, Vd, BHI, rCBFLI decreased with the aggravation of the patient's condition. PI, BHI, rCBFLI could be used to evaluate the prognosis of the patients, and the combined detection of the three had higher predictive value.

Key words: Stroke; Youth; Transcranial doppler; Hemodynamics; Prognosis; Predictive value

Chinese Library Classification(CLC): R743.33 **Document code:** A

Article ID: 1673-6273(2024)11-2187-05

前言

据临床相关调查数据显示,青年脑卒中占全部卒中的5%~15%^[1,2]。目前,如何有效预防青年脑卒中的发生已成为临床研究的热点^[3]。现阶段,对青年脑卒中患者病情严重程度及预后的判断多通过临床及影像表现进行判断^[4]。经颅多普勒超声是一种具有无创、简便、易重复等特点的影像检查方法,其通过连续监测机体的大脑动脉血流动力学定量参数,能够在一定程度上反映机体血管硬化及血流灌注情况^[5],但目前关于其对青年脑卒中患者预后的预测价值仍需探究。基于此,本研究选取349例青年脑卒中患者和358例健康体检青年人进行研究,旨在进一步探索经颅多普勒血流动力学定量参数预测青年脑卒中患者预后的价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料

研究设计获得审批后,选取2018年4月至2022年12月秦皇岛市第一医院收治的349例青年脑卒中患者作为病例组,体重指数(Body mass index, BMI)平均 (22.56 ± 1.03) kg/m²;年龄平均 (32.45 ± 5.10) 岁;男、女分别178、171例;合并高脂血症、高血压、糖尿病分别22例、34、12例。病例纳入标准:①缺血性脑卒中诊断依据参考文献^[6];②经影像诊断确诊者;③年龄18~45岁者;④首次发病者;⑤发病后7 d内入院接受治疗者;⑥知情同意等。排除标准:①出血性脑卒中者;②既往伴有缺血性脑卒中史及脑外伤史者;③合并非血管源性原因引起的脑功能损害者;④继发脑卒中者;⑤伴有严重肝肾等脏器功能不全者;⑥伴有动脉夹层、脑血管畸形及心源性栓塞者;⑦参与过其他相关试验者等。另选同期358名健康体检青年人作为对照组,男182例,女176例;年龄18~45岁,平均 (32.51 ± 5.13) 岁;BMI 19~25 kg/m²,平均 (22.61 ± 1.05) kg/m²。两组资料均衡可比($P>0.05$)。

1.2 方法

1.2.1 检查方法 仪器选用经颅多普勒仪(以色列RIMED, Digi-lite),入院后24 h内行超声检查,受试者平卧,颞窗涂适量耦合剂,探头(2 MHz)水平置于颞侧,深度40~65 mm,记录双侧大脑中动脉搏动指数(Pulsatility index, PI)、平均血流速度(Mean velocity, Vm)、收缩期血流速度(Systolic velocity, Vs)及舒张期血流速度(Diastole velocity, Vd)。随后在安静环境下进行屏气试验,取受试者仰卧位,颞窗置脉冲探头,指导其行约

120 s的深快呼吸(25~30次/min),采集过度换气结束时双侧大脑中动脉的Vm、PI等血流参数。其中屏气指数(Breath-holding index, BHI)=(屏气后-静息状态)Vm/静息下Vm $\times 100\%$ /屏气时间。脑局部血流量丧失指数(Regional cerebral blood flow loss index, rCBFLI)=[(1-PI)/健侧大脑中动脉PI] $\times 100\%$ 。

1.2.2 病情严重程度评估 入院后24 h内,予以美国GE公司提供的型号为GE 16排螺旋CT检测脑梗死体积,根据结果将患者分为轻($0\sim 5$ cm³)、中($5\sim 10$ cm³)和重度组(>10 cm³),分别97、196、56例^[7]。

1.2.3 随访 病例组患者发病3个月后对预后进行评估,依据改良Rankin量表(0~6分)^[8]评估结果,根据结果将病例组患者分为预后不良组(≥ 3 分或死亡,27例)和预后良好组(<3 分,322例)。

1.3 观察指标

比较病例组与对照组的血流动力学定量参数,对比不同病情严重程度患者的血流动力学定量参数,并比较不同预后患者的血流动力学定量参数,分析血流动力学定量参数与青年脑卒中患者病情严重程度、预后的相关性,分析血流动力学定量参数对青年脑卒中患者预后的预测价值。

1.4 统计学方法

计数、计量资料以[n(%)]、 $(\bar{x}\pm s)$ 表示, χ^2 和独立样本t检验行组间比较,重复测量方差检验行计量资料多组间比较。予以Spearman法和ROC曲线分别分析血流动力学定量参数与青年脑卒中患者病情严重程度、预后的相关性和对预后的预测价值。使用软件SPSS 24.0统计数据, $P<0.05$ 即有差异。

2 结果

2.1 病例组与对照组血流动力学定量参数比较

病例组大脑中动脉PI高于对照组($P<0.05$),大脑中动脉Vm、Vs、Vd、BHI、rCBFLI低于对照组($P<0.05$)。见表1。

2.2 不同病情严重程度患者血流动力学定量参数比较

随着患者病情严重程度的增加,大脑中动脉PI随之升高,Vm、Vs、Vd、BHI、rCBFLI随之降低($P<0.05$)。见表2。

2.3 不同预后患者血流动力学定量参数比较

预后不良组大脑中动脉PI高于预后良好组($P<0.05$),大脑中动脉BHI、rCBFLI低于预后良好组($P<0.05$)。见表3。

2.4 血流动力学定量参数与青年脑卒中患者病情严重程度、预后的相关性

表 1 病例组与对照组血流动力学定量参数比较($\bar{x}\pm s$)Table 1 Comparison of quantitative hemodynamic parameters between the case and control groups ($\bar{x}\pm s$)

Groups	n	PI	Vm(cm/s)	Vs(cm/s)	Vd(cm/s)	BHI	r CBFLI
Control group	358	0.79±0.12	50.44±7.36	86.54±9.65	49.21±6.67	0.81±0.22	0.73±0.13
Case group	349	0.95±0.20	46.98±6.83	52.37±8.54	25.94±5.23	0.49±0.18	0.29±0.10
<i>t</i>		12.936	6.475	49.813	51.536	21.138	50.353
<i>P</i>		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

表 2 不同病情严重程度患者血流动力学定量参数比较($\bar{x}\pm s$)

Table 2 Comparison of quantitative hemodynamic parameters in patients with different disease severities

Groups	n	PI	Vm(cm/s)	Vs(cm/s)	Vd(cm/s)	BHI	r CBFLI
Mild group	97	0.89±0.15	44.27±5.25	51.97±7.22	27.13±4.46	0.47±0.10	0.51±0.12
Moderate group	196	1.03±0.17*	38.76±4.19*	45.21±5.12*	22.54±3.35*	0.24±0.09*	0.30±0.10*
Severe group	56	1.28±0.26*#	30.12±2.53*#	33.67±3.58*#	20.03±2.26*#	0.13±0.02*#	0.12±0.09*#
<i>F</i>		81.150	191.764	190.090	84.169	341.850	265.080
<i>P</i>		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

Note: * $P<0.05$ compared with the mild group; # $P<0.05$ compared with the moderate group.

表 3 不同预后患者血流动力学定量参数比较($\bar{x}\pm s$)Table 3 Comparison of quantitative hemodynamic parameters in patients with different prognoses ($\bar{x}\pm s$)

Groups	n	PI	Vm(cm/s)	Vs(cm/s)	Vd(cm/s)	BHI	r CBFLI
Good prognosis group	322	0.87±0.19	46.98±6.35	51.34±7.21	23.09±5.12	0.65±0.22	0.59±0.11
Poor prognosis group	27	0.98±0.20	46.86±6.41	50.92±6.79	22.95±4.97	0.48±0.09	0.48±0.13
<i>t</i>		2.878	0.094	0.292	0.137	3.983	3.577
<i>P</i>		0.004	0.925	0.770	0.891	<0.001	<0.001

大脑中动脉 PI 与青年脑卒中患者病情严重程度呈正相关($r=0.623, P<0.05$);而大脑中动脉 Vm、Vs、Vd、BHI、r CBFLI 呈负相关($r=-0.492、-0.618、-0.524、-0.487、-0.706, P<0.05$);大脑中

动脉 PI 与青年脑卒中患者预后呈正相关($r=0.539, P<0.05$);而大脑中动脉 BHI、r CBFLI 呈负相关($r=-0.481、-0.557, P<0.05$)。见表 4。

表 4 血流动力学定量参数与青年脑卒中患者病情严重程度、预后的相关性

Table 4 Correlation of quantitative hemodynamic parameters with severity and prognosis in young stroke patients

Norm	Severity		Prognosis	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
PI	0.623	<0.05	0.539	<0.05
Vm	-0.492	<0.05	-0.216	>0.05
Vs	-0.618	<0.05	-0.150	>0.05
Vd	-0.524	<0.05	-0.233	>0.05
BHI	-0.487	<0.05	-0.481	<0.05
r CBFLI	-0.706	<0.05	-0.557	<0.05

2.5 PI、BHI、r CBFLI 对青年脑卒中患者预后的预测价值

大脑中动脉 PI、BHI、r CBFLI 联合检测的 AUC 值为 0.864, 高于大脑中动脉 PI、BHI、r CBFLI 单独检测(0.698、0.737、0.782, $P<0.05$);大脑中动脉 BHI、联合检测的敏感度分别为 85.19%、81.48%, 高于大脑中动脉 PI、r CBFLI 单独检测(66.67%、62.96%, $P<0.05$);大脑中动脉 r CBFLI、联合检测的特

异度分别为 81.68%、78.26%, 高于大脑中动脉 PI、BHI 单独检测(64.29%、67.08%, $P<0.05$)。见表 5、图 1。

3 讨论

脑卒中是临床神经内科常见的疾病之一, 其具有高发病率、高致残率及高致死率的特点, 且发病呈年轻化趋势, 既往研

表 5 PI、BHI、r CBFLI 对青年脑卒中患者预后的预测价值

Table 5 Predictive value of PI, BHI, and r CBFLI for prognosis in young stroke patients

Norm	Cut-off	AUC	95%CI	Sensitivity(%)	Specificity(%)	Jordon index
PI	>0.94	0.698	0.647~0.746	66.67	64.29	0.310
BHI	≤ 0.56	0.737	0.687~0.782	85.19 [△]	67.08	0.523
r CBFLI	≤ 0.55	0.782	0.735~0.824	62.96	81.68 [△]	0.446
combined		0.864 [△]	0.823~0.898	81.48 [△]	78.26 [△]	0.597

Note: Compared with PI, [△] $P < 0.05$; compared with BHI, [▲] $P < 0.05$; compared with r CBFLI, [°] $P < 0.05$.

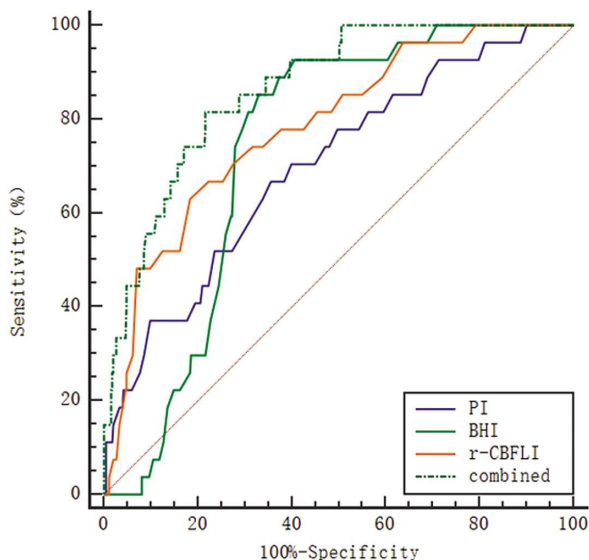


图 1 PI、BHI、r CBFLI 预测青年脑卒中患者预后的 ROC 曲线

Fig. 1 ROC curves of PI, BHI, and r CBFLI for predicting prognosis in young stroke patients

究报道,与老年患者相比,青年脑卒中的致死率较低^[9]。近年来,随着医学技术的不断发展,脑卒中的致死率有所降低,但多数患者存在后遗症,可能遗留偏瘫、认知功能缺损等后遗症,甚至发生心肌梗死、脑出血等严重不良预后结局^[10-12]。因此,采取一种积极有效的诊断手段以提高青年脑卒中的诊断率,对临床后续采取及时有效的预防和治疗手段,促进患者预后的改善尤为关键。本研究探索经颅多普勒血流动力学定量参数对青年脑卒中患者预后的预测价值,取得了较好的结果。

经颅多普勒超声检查技术具有实时检测的特点,其检测敏感度和特异度较高,可无创检测颅内大动脉血流,反映脑血流量,目前其多用于脑血管疾病的诊断^[13]。有文献指出,经颅多普勒超声检查技术可有效预测溶栓患者的病情变化^[14,15]。大脑中动脉是颈内动脉的延续,其是颅内的主要供血动脉^[16]。青年脑卒中患者发病时可引起动脉粥样硬化,导致血管弹性变差,血管阻力升高,进而可导致 PI 明显升高,而 PI 升高可进一步引起血管闭塞,导致颅内供血不足,血流量急剧减少,进一步加重病情,另外供血不足,患者血管闭塞越严重,进而易增加心肌梗死、脑出血等严重不良预后发生的风险^[17,18]。既往研究指出,急性脑梗死患者 Vm、Vd、Vs 显著降低可能诱发局部脑组织变性和坏死^[19,20]。Das S 等学者指出,急性脑梗死患者供血不足可导致血管闭塞越严重,从而增加患者后遗症发生风险^[21]。本研究结果发现,随着青年脑卒中患者病情严重程度的增加,其大脑

中动脉 PI 随之升高,大脑中动脉 Vm、Vs、Vd、BHI、r CBFLI 随之降低,差异均有统计学意义,进一步说明青年脑卒中患者大脑中动脉 PI 偏高,大脑中动脉 Vm、Vs、Vd、BHI、r CBFLI 偏低,且大脑中动脉 PI 随患者病情的加重而升高,大脑中动脉 Vm、Vs、Vd、BHI、r CBFLI 随患者病情的加重而降低。因此,临床可积极对青年脑卒中患者行经颅多普勒超声检查,以提高其诊断率。

青年脑卒中患者颅内供血若无法得到及时恢复,可促使组织突触传递异常,增加患者神经功能缺损程度,进而易引起局部脑组织变性、水肿及坏死,导致不良预后的发生^[22-24]。本研究结果显示,预后不良组大脑中动脉 PI 高于预后良好组,大脑中动脉 BHI、r CBFLI 低于预后良好组,差异均有统计学意义,进一步说明大脑中动脉 PI 偏高,大脑中动脉 BHI、r CBFLI 偏低可引起青年脑卒中患者不良预后的发生。此外大脑中动脉 PI 与病情、预后呈正相关,大脑中动脉 Vm、Vs、Vd、BHI、r CBFLI 与病情呈负相关,大脑中动脉 BHI、r CBFLI 与预后呈负相关,差异均有统计学意义,表明血流动力学定量参数可在一定程度上评估青年脑卒中患者病情严重程度,而其中的 PI、BHI、r CBFLI 可在一定程度上评估青年脑卒中患者预后情况。另本研究分析大脑中动脉 PI、BHI、r CBFLI 对青年脑卒中患者预后的预测价值,结果发现,大脑中动脉 PI、BHI、r CBFLI 联合检测预测青年脑卒中患者预后的 AUC 值高于大脑中动脉 PI、BHI、r CBFLI 单独检测,且大脑中动脉 BHI、联合检测的敏感度高于大脑中动脉 PI、r CBFLI 单独检测,大脑中动脉 r CBFLI、联合检测的特异度高于大脑中动脉 PI、BHI 单独检测,差异均有统计学意义,进一步说明大脑中动脉 PI、BHI、r CBFLI 联合检测可相互补足,进一步提高对青年脑卒中患者预后的预测价值^[25]。当然,本研究存在样本量少的限制,统计结果可能存在偏倚,因此,为提高结果的稳定性和可靠性,临床可扩大样本量进一步明确经颅多普勒血流动力学定量参数对青年脑卒中患者预后的预测价值。

综上,青年脑卒中患者大脑中动脉 PI 偏高,大脑中动脉 Vm、Vs、Vd、BHI、r CBFLI 偏低,且大脑中动脉 PI 随患者病情的加重而升高,大脑中动脉 Vm、Vs、Vd、BHI、r CBFLI 随患者病情的加重而降低,另大脑中动脉 PI、BHI、r CBFLI 可评估患者预后情况,三者联合检测对青年脑卒中患者预后的预测价值更高。

参考文献(References)

- [1] Sasaoka K, Ohta H, Ishizuka T, et al. Local cerebral blood flow assessment using transcranial doppler ultrasonography in a dog with brain infarction in the right middle cerebral artery territory [J]. J Vet Med Sci, 2022, 84(10): 1385-1390.

- [2] 燕红, 岳瑾琛, 段小艺. 超声多模态成像技术对脑梗死患者颈动脉斑块稳定性的预测价值[J]. 贵州医药, 2023, 47(1): 115-116.
- [3] 王丽, 戴海琳, 唐旭, 等. ABCD2 评分联合 MRA 检查对短暂性脑缺血发作后发生脑梗死的预测价值 [J]. 成都医学院学报, 2020, 15(5): 595-598.
- [4] 刘海燕. ABCD3- I 评分联合 TCD 预测 TIA 患者短期进展为脑梗死的价值研究 [J]. 湖南师范大学学报 (医学版), 2022, 19(3): 113-116.
- [5] 王婧, 陈蕾, 王俊力, 等. 多模态监测对急性脑梗死患者脑颈血流动力学及神经功能预后的评估 [J]. 疑难病杂志, 2022, 21(11): 1129-1134.
- [6] 中华医学会神经病学分会, 中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国急性缺血性脑卒中诊治指南 2018 [J]. 中华神经科杂志, 2018, 51(9): 666-682.
- [7] 游文静, 李菁, 董燕清, 等. LP-PLA2 与经颅多普勒超声对急性缺血性脑卒中预后的预测价值 [J]. 中国医药导报, 2022, 19(2): 71-74, 79.
- [8] Quinn TJ, Lees KR, Hardemark HG, et al. Initial experience of a digital training resource for modified rankin scale assessment in clinical trials[J]. Stroke, 2007, 38(8): 2257-2261.
- [9] Mastantuono JM, Combescure C, Elia N, et al. Transcranial doppler in the diagnosis of cerebral vasospasm: an updated meta-analysis[J]. Crit Care Med, 2018, 46(10): 1665-1672.
- [10] Jaiswal SK, Fu-Ling Y, Gu L, et al. Accuracy of transcranial doppler ultrasound compared with magnetic resonance angiography in the diagnosis of intracranial artery stenosis [J]. J Neurosci Rural Pract, 2019, 10(3): 400-404.
- [11] 田广平, 邹宁, 马颖, 等. 内囊预警综合征患者进展为急性脑梗死的危险因素分析[J]. 贵州医科大学学报, 2022, 47(8): 947-952.
- [12] Mazya MV, Ahmed N, Azevedo E, et al. Impact of transcranial doppler ultrasound on logistics and outcomes in stroke thrombolysis: results from the sits-istr[J]. Stroke, 2018, 49(7): 1695-1700.
- [13] 黎西, 陈长春, 袁长红. 经颅多普勒辅助阿替普酶静脉溶栓治疗急性脑梗死的疗效[J]. 中国临床医生杂志, 2021, 49(5): 549-552.
- [14] Miller ML, Ghisletta P, Jacobs BS, et al. Changes in cerebral arterial pulsatility and hippocampal volume: a transcranial doppler ultrasonography study[J]. Neurobiol Aging, 2021, 10(8): 110-121.
- [15] 孙永奇, 叶琳琳, 杨慧, 等. 多普勒超声对脑梗死 rt-PA 溶栓患者治疗效果的诊断价值分析 [J]. 解放军预防医学杂志, 2019, 37(2): 19-20, 23.
- [16] 王俊, 张敏, 罗丹. 经颅多普勒血流动力学定量参数对急性脑梗死的老年患者预后的预测价值 [J]. 实用医院临床杂志, 2020, 17(4): 205-208.
- [17] 王琴, 张中宝, 曾雅清, 等. 经颅多普勒超声评估大脑中动脉供血区急性脑梗死早期神经功能恶化的效果[J]. 中国实用神经疾病杂志, 2019, 22(21): 2345-2352.
- [18] 来洪卫. 探讨经颅多普勒超声辅助动脉溶栓治疗急性脑梗死患者的临床效果[J]. 世界复合医学, 2022, 8(6): 53-56.
- [19] 黄红, 谢懿漫. 颈部血管超声联合经颅多普勒超声在老年急性脑梗死患者颈动脉狭窄评估中的应用[J]. 中国老年学杂志, 2022, 42(9): 2084-2087.
- [20] Puetz V, Gerber JC, Kruger P, et al. Cerebral venous drainage in patients with space-occupying middle cerebral artery infarction: effects on functional outcome after hemicraniectomy[J]. Front Neurol, 2018, 9(3): 876-881.
- [21] Das S, Mitchell P, Ross N, et al. Decompressive hemicraniectomy in the treatment of malignant middle cerebral artery infarction: a metaanalysis[J]. World Neurosurg, 2018, 12(4): 674-678.
- [22] 张振平, 李泽群, 凌思卓, 等. 颈部多普勒超声联合经颅多普勒超声在老年急性脑梗死患者颈动脉狭窄评估中的价值[J]. 山东医药, 2023, 63(34): 77-79.
- [23] 乔菲, 高飞. TCD 持续监测颅内压对急性脑梗死溶栓后早期神经功能恶化的预测[J]. 河北医学, 2023, 29(3): 422-426.
- [24] 陆娇娇, 章琴, 王佩. 经颅多普勒超声联合颈动脉超声检查在老年脑梗死患者血管病变评估中的应用价值 [J]. 浙江医学, 2022, 44(24): 2667-2671.
- [25] 郭丹丹, 郝姜蕾, 刘涛, 等. 经颅多普勒超声联合 GFAP 对急性脑梗死患者预后的评估价值 [J]. 脑与神经疾病杂志, 2023, 31(9): 561-565.

(上接第 2176 页)

- [18] Schuessler M, Saner F, Al-Rashid F, et al. Diagnostic accuracy of coronary computed tomography angiography-derived fractional flow reserve (CT-FFR) in patients before liver transplantation using CT-FFR machine learning algorithm [J]. Eur Radiol, 2022, 32(12): 8761-8768.
- [19] 中国医师协会心血管内科医师分会超声心动图和影像学组, 《中国介入心脏病学杂志》编辑委员会. 冠状动脉 CT 血流储备分数应用临床路径中国专家共识 [J]. 中国介入心脏病学杂志, 2023, 31(4): 241-251.
- [20] 努尔比叶木·麦提艾力, 张艳君, 牛明远, 等. 高原地区心功能不全患者临床特征及心室扩大危险因素的观察性研究[J]. 临床心血管病杂志, 2022, 38(8): 659-664.
- [21] 范媛媛, 吴岑岑, 祖凌云. 高海拔环境对心血管系统生理指标及疾病的影响[J]. 中国循证心血管医学杂志, 2021, 13(10): 1267-1269.
- [22] 刘斌, 张敏, 李显刚, 等. 边疆高原地区彝族人群 rs1333049 位点单核苷酸多态性与冠心病易感性的关系 [J]. 实用临床医药杂志, 2022, 26(17): 24-28, 36.
- [23] Gohmann RF, Pawelka K, Seitz P, et al. Combined cCTA and TAVR Planning for Ruling Out Significant CAD: Added Value of ML-Based CT-FFR[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2022, 15(3): 476-486.
- [24] Bigler MR, Stark AW, Giannopoulos AA, et al. Coronary CT FFR vs Invasive Adenosine and Dobutamine FFR in a Right Anomalous Coronary Artery[J]. JACC Case Rep, 2022, 4(15): 929-933.
- [25] 李涯, 蔡震宇, 李亿华, 等. 冠状动脉 CT 血流储备分数评估心肌缺血: 基于计算流体力学仿真技术 [J]. 放射学实践, 2023, 38(4): 426-433.