

·论著·

神经影像专辑

【编者按】神经影像学在神经系统疾病的诊断、治疗和研究中的应用日益广泛。从常规CT、MRI、CTA、MRA,到数字减影血管造影(DSA)、CT灌注成像(CTP),再到功能磁共振成像(fMRI)等,神经影像从结构到功能,全方位促进神经系统相关的研究。本期专辑精选了5篇关于神经影像在神经系统疾病中作用的文章,包括:《头颅CT血肿密度异质性对微创颅内血肿清除术后再出血的预测能力分析》《高密度脂蛋白胆固醇与症状性颅内动脉粥样硬化性狭窄患者脑组织低灌注的相关性研究》《基于CT平扫的急性缺血性卒中血管内治疗术前影像学评估的研究进展》《功能磁共振成像在卒中后吞咽障碍研究中的应用进展》和《强迫症的功能脑网络机制研究进展》,展示神经影像的广泛应用和重要价值,为广大医生和研究者提供有益的参考和启示。

作者单位

1. 贵州医科大学附属医院/临床医学院
贵州 550004

2. 贵州医科大学附属医院急诊医学科
贵州 550004

基金项目

贵州省科技计划项目(可视化立体定向微创技术治疗颅内出血暨病灶区灌注6KAPOE减轻继发性脑损伤的临床基础研究, No. 黔科合支撑[2021]一般071);贵州省优秀青年科技人才项目(脑出血、耐药性癫痫的基础及临床研究, No. 黔科合平台人才[2021]5612);贵州省科技计划项目(亚致死性热消融温度通过活化AKT调节MCL-1增强PTC细胞侵袭性机制研究, No. 黔科合基础-ZK[2023]一般356)

收稿日期

2023-04-18

通讯作者

伍国锋

wuguofeng3013@

sina.com

王丽琨

769070308@

qq.com

头颅CT血肿密度异质性 对微创颅内血肿清除术后再出血的预测能力分析

潘梦鹏¹, 莫海畬¹, 伍国锋², 王丽琨², 任思颖²

摘要 目的:分析头颅CT血肿密度异质性对微创颅内血肿清除术(MIS)治疗脑出血术后再出血的预测能力。方法:连续性纳入2015年1月至2022年6月在贵州医科大学附属医院急诊神经科收治的脑出血患者515例,所有患者均接受MIS治疗。根据头颅CT血肿密度异质性将患者分为血肿密度均匀组160例和血肿密度不均匀组355例,比较2组的临床资料、影像学资料情况;再根据患者有无术后再出血分为术后再出血组59例和术后未出血组456例,进行术后再出血的单因素分析,并采用二元Logistic回归模型分析血肿密度均匀程度与术后再出血的相关性。结果:血肿密度不均匀组术后再出血发生率为13.80%,高于对照组的6.25%($P<0.05$)。与术后未出血组相比,术后再出血组中高血压病史患者的比例较低($P<0.05$)、血肿密度不均匀患者的比例较高($P<0.05$)、出院改良Rankin量表(mRS)评分较高($P<0.01$);二元多因素Logistic回归分析结果显示血肿密度不均匀($OR=2.499$, 95% CI 1.226-5.092, $P=0.012$)是导致术后再出血的独立危险因素;受试者工作曲线分析血肿密度不均匀预测术后再出血的敏感度、特异度、阳性预期值、阴性预期值和约登指数分别为83.1%、32.9%、55.3%、66%和0.16。结论:头颅CT血肿密度不均匀对微创颅内血肿清除术治疗脑出血术后再出血有一定的预测价值。

关键词 脑出血;微创颅内血肿清除术;血肿密度异质性;术后再出血

中图分类号 R741;R741.05;R743.34;R816 文献标识码 A DOI 10.16780/j.cnki.sjssgncj.20230294

本文引用格式:潘梦鹏,莫海畬,伍国锋,王丽琨,任思颖.头颅CT血肿密度异质性对微创颅内血肿清除术后再出血的预测能力分析[J].神经损伤与功能重建,2024,19(6):338-342,348.

Analysis of the Predictive Ability of Hematoma Density Heterogeneity on Postoperative Rebleeding after Minimally Invasive Intracranial Hematoma Removal on Cranial CT PAN Mengpeng¹, MO Haishe¹, WU Guofeng², WANG Likun², REN Siying². 1. Department of Clinical Medicine, Guizhou Medical University, Guiyang 550004, China; 2. Department of Emergency, Affiliated hospital of Guizhou Medical University, Guiyang 550004, China

Abstract Objective: To analyze the predictive ability of hematoma density heterogeneity on postoperative rebleeding in patients undergoing minimally invasive surgery (MIS) for intracerebral hemorrhage. **Methods:** Five hundred and fifteen patients with intracerebral hemorrhage, who were hospitalized in the Department of Emergency Neurology at the Affiliated Hospital of Guizhou Medical University from January 2015 to June 2022, were included in this study. All patients were treated with MIS. Based on the heterogeneity of hematoma density on cranial CT, patients were divided into a homogeneous hematoma density group (160 cases) and a heterogeneous hematoma density group (355 cases). Clinical and radiological data between the two groups were compared. Patients were further divided into a postoperative rebleeding group (59 cases) and a non-rebleeding group (456 cases) based on the presence or absence of postoperative rebleeding. Univariate analysis of postoperative rebleeding was conducted, and binary logistic regression model was used to analyze the correlation between the degree of hematoma density uniformity and postoperative rebleeding. **Results:** The incidence of postoperative rebleeding in the heterogeneous hematoma density group was 13.80%, which was higher than that in the control group (6.25%) ($P<0.05$). Compared with the non-rebleeding group, the proportion of patients with a history of

hypertension was lower ($P<0.05$), the proportion of patients with heterogeneous hematoma density was higher ($P<0.05$), and the modified Rankin Scale (mRS) score at discharge was higher ($P<0.01$) in the rebleeding group. Binary multivariate logistic regression analysis showed that heterogeneous hematoma density ($OR=2.499$, 95% CI 1.226-5.092, $P=0.012$) was an independent risk factor for postoperative rebleeding. Receiver operating characteristic curve analysis showed that the sensitivity, specificity, positive predictive value, negative predictive value, and Youden index of predicting postoperative rebleeding by heterogeneous hematoma density were 83.1%, 32.9%, 55.3%, 66%, and 0.16, respectively. **Conclusion:** Cranial CT hematoma density heterogeneity has certain predictive value for postoperative rebleeding in patients undergoing MIS for intracerebral hemorrhage.

Keywords intracerebral hemorrhage; minimally invasive surgery; hematoma density heterogeneity; postoperative rebleeding

0 前言

脑出血是致死率和致残率最高的脑卒中类型^[1,2]。传统保守治疗的疗效有限^[3],开颅术可以较彻底地清除血肿,但存在创伤大、并发症多、预后和疗效差等缺点^[4]。近年来,微创颅内血肿清除术(minimally invasive surgery, MIS)以其独特的优势(如安全性高、创伤小、并发症少等)在脑出血手术治疗取得良好的效果^[5]。脑出血后再出血是与进行性神经功能恶化和预后不良相关的不良事件^[6]。在接受MIS手术的患者中,术后再出血的发生率约为26.19%,虽然低于开放手术^[7],但对患者的预后也有不良的影响^[8]。预测和观察术后再出血具有重要的临床意义。

非对比计算机体层摄影(non-contrast computed tomography, NCCT)在判断血肿的位置、测量血肿体积及观察血肿演变过程等方面发挥着重要作用^[9]。Barras等^[10]根据首次NCCT图片血肿密度异质性的差异分为I~V级,研究发现体积越大的血肿密度异质性程度越高,血肿密度越不均匀的脑出血患者出现血肿扩大的风险越大。在另一项研究中^[11],通过比较血肿的CT值,即变异系数,发现血肿密度的变异程度可以独立预测脑出血患者血肿的扩大。既往研究报道了几种用于预测MIS术后再出血的影像学标记物,如CT点征、混合征、黑洞征、血肿形态不规则是发生术后再出血相关的预测因子^[8,12-14]。上述研究中,已有大量文献提出血肿密度异质性与脑出血保守治疗预后及血肿扩大相关,但均未对血肿密度异质性与MIS术后再出血进行研究。因此,本研究旨在回顾性分析血肿密度异质性对MIS治疗脑出血术后再出血的预测价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料

连续性回顾纳入2015年1月至2022年6月在贵州医科大学附属医院急诊神经科收治的符合纳入标准的脑出血患者515例,研究资料包括年龄、性别、高血压史、吸烟史、出血部位、入院时血压、脉搏压、入院时血

肿量、血肿密度是否均匀、术后有无再出血等。本研究经贵州医科大学附属医院伦理委员会批准。

1.2 方法

1.2.1 研究对象及分组 根据患者头颅CT血肿密度异质性分为血肿密度均匀组和血肿密度不均匀组,再根据患者有无术后再出血分为术后再出血组和术后未出血组。

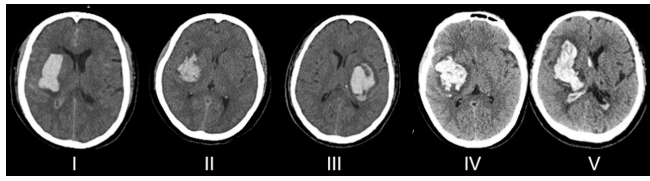
1.2.2 纳入与排除标准 纳入标准:①按照我国脑出血诊疗指南(2019),经头颅CT证明为脑出血;②患者或亲属签订知情同意书,排除手术禁忌症后接受MIS治疗;③临床及影像学资料完整。

排除标准:①脑外伤、海绵状血管瘤、脑梗死、颅内动脉瘤等引起的继发性脑出血;②年龄未满18岁;③影像资料不完整。

1.2.3 血肿量的计算,血肿密度是否均匀及术后再出血的判定 ①血肿体积:采用多田公式法计算, $V=(A\times B\times C)/2$,A表示血肿最大截面的最长径,B表示血肿最大截面的最宽径,C表示为血肿层面数与血肿截面的厚度相乘所得。②血肿密度是否均匀:根据Barras等^[10]提出的标准将血肿密度异质性的差异分为I~V级,类别I和II标记为“均匀”,类别III~V标记为“不均匀”,见图1。术后再出血通过术后CT复查确定,血肿体积比前一次复查血肿体积增加12.5 mL或增加的血肿体积比 $>33\%$ 定义为“术后再出血”^[8],见图2。

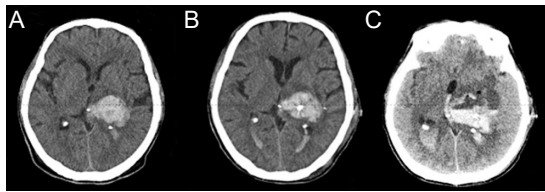
1.2.4 微创颅内血肿清除术(MIS) 所有患者均接受MIS治疗,通过CT轴位、矢状位和横切面上血肿的范围来确定最有利的穿刺轨迹。通过术前CT扫描,确定血肿的最大面积,建立直角坐标系,并计算出血肿靶点的X、Y、Z轴坐标轴,然后在电钻的驱动力下,使用YL-1型一次性使用颅内血肿粉碎穿刺针穿刺颅骨,进针适当深度至靶点中心,以实现血肿的穿刺。从侧孔缓慢抽吸血肿液体,在血肿腔内注射尿激酶50000 U(2 mL),溶解血肿固体部分,夹闭2 h后打开引流管,进行自然引流。术后颅脑CT显示血肿全部或大部分排出后,取出YL-1型穿刺针。

1.2.5 技术路线图 本研究的患者资料收集、分组及统计学分析流程见图3。



注:该图分别为5例患者的入院首次CT影像,根据血肿密度异质性的差异分为I~V级。

图1 血肿密度异质性的影像学表现



注:(A)入院首次头颅CT;(B)术后第1次复查头颅CT;(C)术后第2次复查头颅CT,血肿量较术后第1次明显增多。

图2 血肿密度不均匀患者术后再出血影像

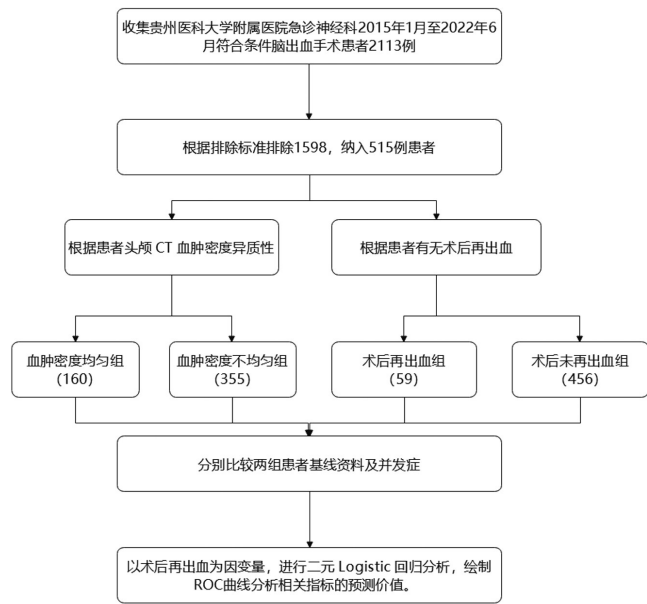


图3 本研究技术路线图

1.3 统计学处理

采用SPSS 26.0软件处理数据。符合正态分布以及方差齐性的计量资料以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示,组间比较采用t检验;非正态分布的数据以中位数和四分位间距M(QR)表示,组间比较采用Mann-Whitney U检验;计数资料以率表示,组间比较采用 χ^2 或Fisher精确概率法检验; $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。对术后再出血单因素分析得出相应指标后,进行二元Logistic回归分析, $P < 0.05$ 为有统计学意义。绘制受试者工作曲线(receiver operating characteristic curve, ROC),求取曲线下面积(area under the ROC curve, AUC)、敏感度、特

异度、阳性预测值及阴性预测值,以评估其对术后再出血的预测准确性。

2 结果

2.1 不同血肿密度异质性患者的临床资料比较

符合纳入标准的脑出血患者515例,血肿密度不均匀组355例,其中49例(13.80%)发生术后再出血;血肿密度均匀组160例,其中10例(6.25%)发生术后再出血;血肿密度不均匀患者MIS术后再出血的发生率较高($P < 0.05$)。基线资料单因素分析中发现:与血肿密度均匀组相比,血肿密度不均匀组年龄较大($P = 0.001$),术后再出血率较高($P = 0.013$),提示年龄较大的患者和血肿密度不均匀患者易发生术后再出血,见表1。

2.2 术后再出血患者的临床资料比较

将术后再出血的患者59例纳入术后再出血组,未发生再出血的456例纳入术后未出血组。比较2组基线资料,结果显示与术后未出血组相比,术后再出血组有高血压病史患者的比例较低($P < 0.05$)、血肿密度不均匀患者的比例较高($P < 0.05$)、出院mRS评分较高($P < 0.01$),见表2。

2.3 影响术后再出血的多因素二元Logistic回归分析

根据单因素分析,将高血压史和血肿密度不均匀带入Logistic回归分析,结果显示血肿密度不均匀($OR = 2.499, 95\% CI 1.226-5.092, P = 0.012$)是术后再出血的独立危险因素,高血压病史是术后再出血的保护因素($OR = 0.499, 95\% CI 0.287-0.869, P = 0.014$),见表3。

2.4 血肿密度不均匀对血肿扩大的预测性

经过ROC的计算,可以得出血肿密度不均匀预测术后再出血的敏感度、特异度、阳性预期值、阴性预期值以及约登指数分别为83.1%、32.9%、55.3%、66%和0.16,见图4。

3 讨论

自发性脑出血是一种严重危及生命及致残的疾病^[15],全球30天死亡率超过40%^[16]。近年来,MIS治疗脑出血已在多项临床试验中得到评估,并显示出良好的效果^[17-19]。MIS的优势在于术后恢复效果显著及术后再出血风险低,但术后再出血仍然是直接影响脑出血治疗的重要因素^[20]。因此预测和早期识别脑出血MIS术后再出血具有重要的临床意义。

研究表明,CT血管成像(computed tomography angiography, CTA)上的点征、混合征、黑洞征等^[21-23]可预测24 h内血肿扩大。但影像学标志物与MIS术后再

表1 血肿密度均匀组和不均匀组患者临床资料比较

项目	血肿密度均匀组(160例)	血肿密度不均匀组(355例)	$\chi^2/t/Z$ 值	P值
男性[例(%)]	117(73.1)	253(71.3)	0.188	0.665
年龄[岁, M(QR)]	53(46,63)	58(49,68)	-3.40	0.001
吸烟史[例(%)]	76(47.5)	176(49.6)	0.190	0.663
高血压史[例(%)]	104(65)	245(69)	0.814	0.367
糖尿病史[例(%)]	10(6.3)	12(3.4)	2.221	0.136
饮酒史[例(%)]	68(42.5)	145(40.8)	0.125	0.724
抗凝剂使用[例(%)]	2(1.3)	3(0.8)	0.188	0.665
破入脑室[例(%)]	60(37.7)	117(33)	1.009	0.315
发病到首次CT扫描时间[h, M(QR)]	5(2.5,10)	5(2,10)	-1.561	0.119
入院时收缩压[mmHg, M(QR)]	164(145,191)	170(151,191)	-1.489	0.136
入院时舒张压[mmHg, M(QR)]	100(90,112)	98(88,110)	-0.423	0.672
脉搏压[mmHg, M(QR)]	65(51,82)	70(55,89)	-1.672	0.095
入院时血肿量[mL, M(QR)]	33.4(25.2,45.0)	34.9(26.0,50.0)	-1.532	0.126
术后再出血[例(%)]	10(6.3)	49(13.8)	6.202	0.013
拔出引流管时间[d, M(QR)]	4(3,6)	5(3,7)	-1.050	0.294
出血部位[例(%)]	-	-	11.887	0.104
基底节	87(55.4)	210(59.2)		
脑叶	28(17.8)	39(11)		
脑干	2(1.3)	1(0.3)		
丘脑	12(7.6)	21(5.9)		
小脑	4(2.5)	7(2)		
基底节区+脑叶	21(13.4)	55(15.5)		
基底节区+丘脑	3(1.9)	14(3.9)		
基底节区+脑叶+丘脑	0(0)	8(2.3)		

注: mRS- modified Rankin Scale(改良Rankin量表)

出血之间仍研究较少,目前尚不清楚血肿密度不均匀是否与MIS术后再出血有关。在本研究中结果显示,血肿密度不均匀的患者术后再出血发生率为13.80%,高于对照组的术后再出血发生率6.30%($P<0.05$)。二元Logistic回归分析结果显示血肿密度不均匀是MIS术后再出血的独立预测因子。上述发现可运用于术前对术后再出血相关因素的识别,指导临床治疗。

本研究还显示高血压病史与术后再出血呈负相关,与既往研究结论相似^[13]。但也有研究认为^[24]高血压与术后再出血无相关性。本研究结果提示高血压病史可能降低脑出血患者MIS术后再出血的风险,但高血压病史对术后再出血的影响机制尚有待研究。

此外,本研究尚存在以下局限性:①本研究是单中心回顾性队列研究,且临床资料来源于病历,因此不能完全排除由于治疗医师主观影响造成的误差;②虽然ABC/2公式是公认的较为可靠的脑出血体积估计公式,但它可能高估了一些不规则形状的脑内血肿体积;③本研究仅包括血肿密度异质性,未察术后再出血与其他影像学标志物如CTA点征、残余血量等的关系^[25,26]。不能

排除术后再出血是由其他因素引起的可能性。

参考文献

[1] Puy L, Parry-Jones AR, Sandset EC, et al. Intracerebral haemorrhage [J]. Nat Rev Dis Primers, 2023, 9(1): 14.
 [2] Toyoda K, Yoshimura S, Nakai M, et al. Twenty-Year Change in Severity and Outcome of Ischemic and Hemorrhagic Strokes[J]. JAMA Neurol, 2022, 79(1): 61-69.
 [3] GBD 2019 Stroke Collaborators. Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990-2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019[J]. Lancet Neurol, 2021, 20(10): 795-820.
 [4] Mendelow AD, Unterberg A. Surgical treatment of intracerebral haemorrhage[J]. Curr Opin Crit Care, 2007, 13(2): 169-174.
 [5] Tang Y, Yin F, Fu D, et al. Efficacy and safety of minimal invasive surgery treatment in hypertensive intracerebral hemorrhage: a systematic review and meta-analysis[J]. BMC Neurol, 2018, 18(1): 136.
 [6] Morotti A, Dowlatshahi D, Boulouis G, et al. Predicting Intracerebral Hemorrhage Expansion With Noncontrast Computed Tomography: The BAT Score[J]. Stroke, 2018, 49(5): 1163-1169.
 [7] Hanley DF, Thompson RE, Rosenblum M, et al. Efficacy and safety of minimally invasive surgery with thrombolysis in intracerebral haemorrhage evacuation (MISTIE III): a randomised, controlled, open-label, blinded endpoint phase 3 trial[J]. Lancet, 2019, 393(10175): 1021-1032.
 [8] Wang L, Luo S, Ren S, et al. Irregular-Shaped Hematoma Predicts Postoperative Rehemorrhage After Stereotactic Minimally Invasive Surgery for Intracerebral Hemorrhage[J]. Front Neurol, 2022, 13: 727702.

表2 术后未出血组和术后再出血组临床资料比较

项目	术后未出血组(456例)	术后再出血组(59例)	χ^2/Z 值	P值
男性/[例(%)]	324(71.1)	46(78)	1.234	0.267
年龄/[岁, M(QR)]	56(48,67)	56(45.5,65)	-0.303	0.762
吸烟史/[例(%)]	217(47.6)	35(59.3)	2.879	0.090
高血压史/[例(%)]	317(69.5)	32(54.2)	5.584	0.018
糖尿病史/[例(%)]	18(3.9)	4(6.8)	1.025	0.311
饮酒史/[例(%)]	188(41.2)	25(42.4)	0.028	0.867
抗凝剂使用/[例(%)]	4(0.9)	1(1.7)	0.363	0.547
破入脑室/[例(%)]	156(34.3)	21(35.6)	0.044	0.833
发病到首次CT扫描时间/[h, M(QR)]	6(2,10)	5(2.5,10)	-0.793	0.428
入院时收缩压/[mmHg, M(QR)]	168(150,189)	173(162,198)	-1.345	0.178
入院时舒张压/[mmHg, M(QR)]	98(88,110)	108(95,115)	-1.367	0.169
脉搏压/[mmHg, M(QR)]	67(53,85)	72(59,87)	-0.841	0.400
入院时血肿量/[mL, M(QR)]	34.9(25.09,50.0)	34(30.0,52.9)	-0.984	0.325
血肿密度不均匀/[例(%)]	306(67.1)	49(83.1)	6.202	0.013
拔出引流管时间/[d, M(QR)]	4(3,6)	6(3.5,8)	-2.004	0.055
出血部位/[例(%)]	-	-	6.215	0.515
基底节	266(58.6)	31(53.4)		
脑叶	57(12.6)	10(17.2)		
脑干	3(0.7)	0(0)		
丘脑	31(6.8)	2(3.4)		
小脑	11(2.4)	0(0)		
基底节区+脑叶	66(14.5)	10(17.2)		
基底节区+丘脑	14(3.1)	3(5.2)		
基底节区+脑叶+丘脑	6(1.3)	2(3.4)		
出院mRS评分/[分, M(QR)]	3(2,4)	4(2,4)	-4.017	0.0001

表3 影响MIS术后再出血的多因素 Logistic 回归分析

主要相关因素	B	Wald	OR	95%CI	P
血肿密度不均匀	0.916	6.358	2.499	1.226-5.092	0.012
高血压史	-0.695	6.03	0.499	0.287-0.869	0.014

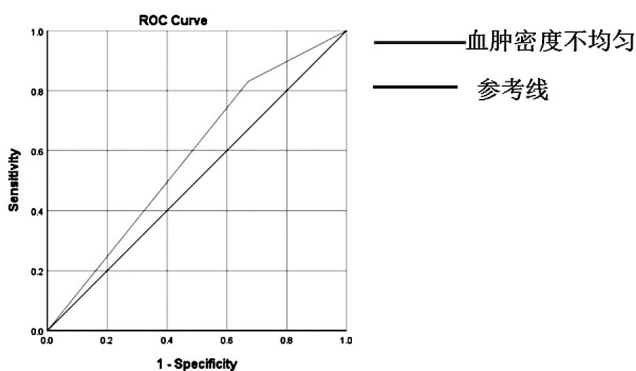


图4 血肿密度不均匀预测脑出血患者术后再出血的ROC曲线

[9] Jain A, Malhotra A, Payabvash S. Imaging of Spontaneous Intracerebral Hemorrhage[J]. Neuroimaging Clin N Am, 2021, 31(2): 193-203.
 [10] Barras CD, Tress BM, Christensen S, et al. Density and shape as CT predictors of intracerebral hemorrhage growth[J]. Stroke, 2009, 40(4): 1325-1331.
 [11] Barras CD, Tress BM, Christensen S, et al. Quantitative CT densitometry for predicting intracerebral hemorrhage growth[J]. AJNR Am

J Neuroradiol, 2013, 34(6): 1139-1144.
 [12] Wu G, Shen Z, Wang L, et al. Post-operative re-bleeding in patients with hypertensive ICH is closely associated with the CT blend sign[J]. BMC Neurol, 2017, 17(1): 131.
 [13] Shen Z, Wang L, Wu G, et al. Computed Tomographic Black Hole Sign Predicts Postoperative Rehemorrhage in Patients with Spontaneous Intracranial Hemorrhage Following Stereotactic Minimally Invasive Surgery[J]. World Neurosurg, 2018, 120: e153-e160.
 [14] Brouwers HB, Chang Y, Falcone GJ, et al. Predicting hematoma expansion after primary intracerebral hemorrhage[J]. JAMA Neurol, 2014, 71(2): 158-164.
 [15] Sheth KN. Spontaneous Intracerebral Hemorrhage[J]. N Engl J Med, 2022, 387(17): 1589-1596.
 [16] Chen S, Zhao B, Wang W, et al. Predictors of hematoma expansion predictors after intracerebral hemorrhage[J]. Oncotarget, 2017, 8(51): 89348-89363.
 [17] Sattur MG, Spiotta AM. Commentary: Efficacy and Safety of Minimally Invasive Surgery With Thrombolysis in Intracerebral Hemorrhage Evacuation (MISTIE III): A Randomized, Controlled, Open-Label, Blinded Endpoint Phase 3 Trial[J]. Neurosurgery, 2020, 86(5): E444-E446.
 [18] Mendelow AD, Gregson BA, Rowan EN, et al. Early surgery versus initial conservative treatment in patients with spontaneous supratentorial

- [3] Li X, Wang A, Wang J, et al. Association between High-density-lipoprotein-cholesterol Levels and the Prevalence of Asymptomatic Intracranial Arterial Stenosis[J]. *Sci Rep*, 2017, 7(1): 573.
- [4] Pu Y, Lan L, Leng X, et al. Intracranial atherosclerosis: From anatomy to pathophysiology[J]. *Int J Stroke*, 2017, 12(3): 236-245.
- [5] Liebeskind DS, Cotsonis GA, Saver JL, et al. Warfarin-Aspirin Symptomatic Intracranial Disease (WASID) Investigators. Collaterals dramatically alter stroke risk in intracranial atherosclerosis[J]. *Ann Neurol*, 2011, 69(6): 963-974.
- [6] 闫文涛, 王冠军, 李修珍, 等. 症状性非急性期颈动脉闭塞低灌注影响因素分析[J]. *中国临床医生杂志*, 2023, 51(8): 931-935.
- [7] MO L, MA G, DAI C, et al. Endovascular recanalization for symptomatic subacute and chronically occluded internal carotid artery: feasibility, safety, a modified radiographic classification system, and clinical outcomes[J]. *Neuroradiology*, 2020, 62(10): 1323-1334.
- [8] 《中国高血压防治指南》修订委员会. 中国高血压防治指南2018年修订版[J]. *心脑血管病防治*, 2019, 19(1): 1-44.
- [9] 中华医学会糖尿病学分会. 中国2型糖尿病防治指南(2020年版)[J]. *中华糖尿病杂志*, 2021, 13: 315-409.
- [10] 中国成人血脂异常防治指南修订联合委员会. 中国成人血脂异常防治指南(2016年修订版)[J]. *中国循环杂志*, 2016, 31(10): 937-950.
- [11] 中国营养学会骨质疏松与营养专业委员会, 中华医学会肠外肠内营养学分会, 中国老年医学学会北方慢性病防治分会. 高同型半胱氨酸血症诊疗专家共识[J]. *肿瘤代谢与营养电子杂志*, 2020, 7(3): 283-288.
- [12] De Havenon A, Khatri P, Prabhakaran S, et al. Hypoperfusion Distal to Anterior Circulation Intracranial Atherosclerosis is Associated with Recurrent Stroke. *J Neuroimaging*, 2020, 30(4): 468-470.
- [13] Warfarin-Aspirin Symptomatic Intracranial Disease (WASID) Trial Investigators. Design, progress and challenges of a double-blind trial of warfarin versus aspirin for symptomatic intracranial arterial stenosis[J]. *Neuroepidemiology*, 2003, 22(2): 106-117.
- [14] Forestier G, Agbonon R, Bricout N, et al. Small vessel disease and collaterals in ischemic stroke patients treated with thrombectomy[J]. *J Neurol*, 2022, 269(9): 4708-4716.
- [15] Liu H, Pietersz G, Peter K, et al. Nanobiotechnology approaches for cardiovascular diseases: site-specific targeting of drugs and nanoparticles for atherothrombosis[J]. *J Nanobiotechnology*, 2022, 20(1): 75.
- [16] 陈静, 郝玉曼, 秦新月. 颅内动脉粥样硬化性狭窄的研究进展[J]. *现代临床医学*, 2016, 42(1): 18-21.
- [17] Vergallo R, Crea F. Atherosclerotic Plaque Healing[J]. *N Engl J Med*, 2020, 384(3): 846-857.
- [18] Henein MY, Vancheri S, Longo G, et al. The Role of Inflammation in Cardiovascular Disease[J]. *Int J Mol Sci*, 2022, 23(21): 12906.
- [19] Waaijer A, van Leeuwen MS, van Osch MJ, et al. Changes in cerebral perfusion after revascularization of symptomatic carotid artery stenosis: CT measurement[J]. *Radiology*, 2007, 245(2): 541-548.
- [20] Rajeev V, Fann DY, Dinh QN, et al. Pathophysiology of blood brain barrier dysfunction during chronic cerebral hypoperfusion in vascular cognitive impairment. *Theranostics*, 2022, 12(4): 1639-1658.
- [21] 许璨, 龚朵, 刘厂辉, 等. 高密度脂蛋白功能研究新进展[J]. *生理科学进展*, 2022, 53(5): 363-367.
- [22] Rye KA. High density lipoprotein structure, function, and metabolism: a new Thematic Series[J]. *J Lipid Res*, 2013, 54(8): 2031-2033.
- [23] Livingston JM, McDonald MW, Gagnon T, et al. Influence of metabolic syndrome on cerebral perfusion and cognition[J]. *Neurobiol Dis*, 2020, 137: 104756.
- [24] Dickie DA, Ritchie SJ, Cox SR, et al. Vascular risk factors and progression of white matter hyperintensities in the Lothian Birth Cohort 1936[J]. *Neurobiol Aging*, 2016, 42: 116-123.
- [25] 张言, 王黎洲, 杨登科, 等. 高密度脂蛋白抑制NLRP3对大鼠脑缺血-再灌注损伤的保护作用及其机制[J]. *介入放射学杂志*, 2019, 28(8): 759-764.
- [26] Makihara N, Okada Y, Koga M, et al. Effect of serum lipid levels on stroke outcome after rt-PA therapy: SAMURAI rt-PA registry[J]. *Cerebrovasc Dis*, 2012, 33(3): 240-247.
- [27] 中国血脂管理指南修订联合专家委员会. 中国血脂管理指南(2023年)[J]. *中国循环杂志*, 2023, 38(3): 237-271.
- [28] 张琰, 于萍, 惠鑫, 等. 单纯球囊扩张成形术在急性颅内动脉粥样硬化性大血管闭塞血管内治疗中的疗效[J]. *神经损伤与功能重建*, 2023, 18(12): 817-820.
- [29] 关旭敏, 吴寿岭, 夏云龙. 高密度脂蛋白胆固醇对动脉粥样硬化性心血管疾病及肿瘤发生风险的影响[J]. *中国循环杂志*, 2023, 38(7): 711-716.
- [30] 魏星, 张志鹏, 罗春苗. 中性粒细胞与高密度脂蛋白胆固醇比值和同型半胱氨酸对冠状动脉慢血流的预测价值[J]. *中国心血管病研究*, 2023, 21(7): 626-631.
- [31] Qian Y, Pu Y, Liu L, et al. Low HDL-C level is associated with the development of intracranial artery stenosis: analysis from the Chinese IntraCranial AtheroSclerosis (CICAS) study[J]. *PLoS One*, 2013, 8(5): e64395.
- [32] Kim BJ, Hong KS, Cho YJ, et al. Predictors of symptomatic and asymptomatic intracranial atherosclerosis: what is different and why[J]? *J Atheroscler Thromb*, 2014, 21(6): 605-617.
- [33] 牛稳, 邱晓辉, 刘艺超, 等. 颅内动脉粥样硬化斑块、软脑膜侧支循环与脑血流低灌注的关系: 多模态MRI分析[J]. *放射学实践*, 2022, 37(4): 454-459.
- [34] Prosser HC, Tan JT, Dunn LL, et al. Multifunctional regulation of angiogenesis by high-density lipoproteins[J]. *Cardiovasc Res*, 2014, 101(1): 145-154.
- [35] 王林辉, 田茗源, 滕志朋, 等. 脑血流低灌注老龄大鼠中脑皮质血流的改变与血清总胆固醇和高密度脂蛋白的动态变化[J]. *重庆医科大学学报*, 2012, 37(6): 494-497.
- [36] 中国卒中学会神经介入分会. 症状性颅内动脉粥样硬化性狭窄血管内治疗中国专家共识2022[J]. *中国卒中杂志*, 2022, 17(8): 863-888.

(本文编辑:唐颖馨)

(上接第342页)

- lobar intracerebral haematomas (STICH II): a randomised trial[J]. *Lancet*, 2013, 382(9890): 397-408.
- [19] Wang L, Luo S, Ren S, et al. Irregular-Shaped Hematoma Predicts Postoperative Rehemorrhage After Stereotactic Minimally Invasive Surgery for Intracerebral Hemorrhage[J]. *Front Neurol*, 2022, 13: 727702.
- [20] Vitt JR, Sun CH, Le Roux PD, et al. Minimally invasive surgery for intracerebral hemorrhage[J]. *Curr Opin Crit Care*, 2020, 26(2): 129-136.
- [21] Morotti A, Boulouis G, Nawabi J, et al. Using Noncontrast Computed Tomography to Improve Prediction of Intracerebral Hemorrhage Expansion[J]. *Stroke*, 2023, 54(2): 567-574.
- [22] Li Q, Zhang G, Xiong X, et al. Black Hole Sign: Novel Imaging Marker That Predicts Hematoma Growth in Patients With Intracerebral Hemorrhage[J]. *Stroke*, 2016, 47(7): 1777-1781.
- [23] Yang X, Zhu Y, Zhang L, et al. The initial CT blend sign is not associated with poor patient outcomes after stereotactic minimally invasive surgery[J]. *BMC Neurol*, 2021, 21(1): 160.
- [24] Steiner T, Al-Shahi Salman R, Beer R, et al. European Stroke Organisation (ESO) Guidelines for the Management of Spontaneous Intracerebral Hemorrhage[J]. *Int J Stroke*, 2014, 9(7): 840-855.
- [25] 车炜, 王丽琨, 任思颖, 等. 头颅CT血管成像点征对立体定向微创治疗自发性脑出血术后再次出血的预测价值[J]. *神经损伤与功能重建*, 2023, 18(12): 749-752, 792.
- [26] 罗胜, 王丽琨, 任思颖, 等. 微创颅内血肿穿刺引流术后残余血肿量对脑出血患者预后的影响[J]. *神经损伤与功能重建*, 2022, 17(4): 208-211, 230.

(本文编辑:唐颖馨)