

本文引文格式:林永雙,栗学玉,龚政源,等. 高血压脑出血 3D Slicer 影像学血肿参数与软通道引流术后患者预后的相关性分析[J]. 右江民族医学院学报, 2024, 46(3): 359-363.

【论著与临床报道】

高血压脑出血 3D Slicer 影像学血肿参数与软通道引流术后患者预后的相关性分析

林永雙^{1,2}, 栗学玉¹, 龚政源^{1,2}, 黄海能¹

(1. 右江民族医学院附属医院神经外科, 广西 百色 533000;
2. 右江民族医学院研究生学院, 广西 百色 533000)

摘要:目的 探讨 3D Slicer 影像学血肿参数与高血压脑出血(hypertensive intracerebral hemorrhage, HICH)软通道引流术预后的关系。方法 选取 2019 年 3 月至 2022 年 1 月在右江民族医学院附属医院接受软通道钻孔引流术治疗的 69 例 HICH 患者为研究对象,分析 3D Slicer 影像学血肿参数(血肿体积、表面积、规则率等)与血肿清除率的相关性。分析 HICH 患者的 3D Slicer 影像学血肿参数(血肿体积、表面积、规则率等)对软通道引流术预后的预测价值。结果 Logistic 多因素回归分析显示,3D Slicer 测量血肿体积、血肿表面规则率(SR)、入院格拉斯哥评分(GCS)是影响 HICH 软通道引流术患者预后的独立因素($P < 0.05$),分析结果呈正相关($P < 0.05$)。ROC 曲线结果提示 SR 预测 HICH 软通道引流术患者预后的灵敏度、特异度、AUC 分别为 85.7%、73.5%、0.831。结论 SR 是行软通道钻孔引流术患者不良预后的影响因素并有较高的预测价值。

关键词:高血压脑出血;软通道钻孔引流术;3D Slicer;血肿形态不规则

中图分类号:R743.34 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-5817(2024)03-0359-05

doi:10.3969/j.issn.1001-5817.2024.03.014

Correlation analysis of hematoma parameters on 3D Slicer imaging of hypertensive cerebral hemorrhage and patient prognosis after soft channel drainage

LIN Yongshuang^{1,2}, LI Xueyu¹, GONG Zhengyuan^{1,2}, HUANG Haineng¹

(1. Department of Neurosurgery, Affiliated Hospital of Youjiang Medical University for Nationalities, Baise 533000, Guangxi, China; 2. Graduate School of Youjiang Medical University for Nationalities, Baise 533000, Guangxi, China)

Abstract: **Objective** To investigate the relationship between 3D Slicer imaging hematoma parameters and the prognosis of soft-channel drainage for hypertensive intracerebral hemorrhage (HICH). **Methods** Selected sixty-nine patients with HICH who underwent soft-channel drilling and drainage treatment at the Affiliated Hospital of Youjiang Medical University for Nationalities from March 2019 to January 2022. Analyzed the correlation between 3D Slicer imaging hematoma parameters (such as hematoma volume, surface area, and regularity rate) and hematoma clearance rate. Additionally, we examined the predictive value of these parameters on the prognosis of soft-channel drainage in patients with HICH. **Results** Logistic multifactorial regression analysis showed that 3D Slicer-measured hematoma volume, hematoma surface regularity (SR), and Glasgow coma scale (GCS) score were independent factors affecting the prognosis of patients undergoing soft-channel drainage for HICH ($P < 0.05$). The results indicated a positive correlation between hematoma surface regu-

基金项目:广西壮族自治区卫生健康委员会自筹经费科研课题(Z-L20220875)

第一作者:林永雙,在读硕士研究生,研究方向:脑血管病,E-mail:1109340420@qq.com

通讯作者:黄海能,主任医师,硕士研究生导师,研究方向:脑血管病,E-mail:bshuanghn@163.com

larity and hematoma clearance ($P < 0.05$). Furthermore, the ROC curve analysis suggested that the sensitivity, specificity, and AUC of SR for predicting the prognosis in patients undergoing soft-channel drainage for HICH were 85.7%, 73.5%, and 0.831, respectively. **Conclusion** Hematoma surface regularity (SR) is an independent factor influencing the poor prognosis of patients undergoing soft-channel drilling and drainage, demonstrating a high predictive value.

Key words: hypertensive cerebral haemorrhage; soft channel drilling and drainage; 3D Slicer; irregular morphology

高血压脑出血(hypertensive intracerebral hemorrhage, HICH)是指除去继发性脑出血并有明确的高血压病史患者突然发生脑实质部位的出血^[1]。近年来, HICH的高发病率以及相较于缺血性脑卒中HICH的致死率及致残率更高, 因此对于患者及时有效的治疗尤其重要。软通道钻孔引流术因其创伤小、费用低, 易于各级医院开展等优势近年来被广泛地应用于高血压脑出血外科治疗中, 因此进一步明确行软通道钻孔引流术患者的预后影响因素对于手术方案的选择以及预后风险的评估尤为重要。既往已有相关研究表明, 血肿量及血肿规则程度可以作为软通道引流术后患者预后的影响因素^[2], 既往大多数使用多田公式来计算血肿体积, 但前提是该血肿为规则的圆形或椭圆形; 但临床上大多脑出血的血肿形状往往不规则, 仍旧使用多田公式计算就会增加误差。过去对于血肿形态的描述主要采用FUJII Y等^[3]提出的视觉评估方法, 具有一定的主观性, 影响判断的准确性和统一性。因此, 需要一个工具能精准评估血肿体积和将血肿形态量化就变得十分必要。近年来3D Slicer因其免费开源、准确、方便快捷等优势广泛应用于神经外科术前定位、医患沟通、教学实践中。因此, 本研究将利用3D Slicer对脑出血血肿进行进一步量化并联合其他指标进一步评估患者预后, 从而更精准辅助临床对这类患者术后预后风险的评估。

1 资料与方法

1.1 临床资料 选取2019年3月至2022年1月在右江民族医学院附属医院接受软通道钻孔引流术治疗的69例高血压脑出血患者。纳入标准: ①患者符合《中国脑出血诊治指南(2019)》和《高血压性脑出血中国多学科诊治指南》中的HICH的诊断标准; ②经头颅CT平扫明确诊断; ③并自愿签署手术同意书行神经导航辅助软通道钻孔引流术治疗; ④临床资料完整。排除标准: ①凝血功能障碍患者; ②入院CTA检查除去动脉瘤性、动静脉畸形、肿瘤卒中、脑血管淀粉样变、外伤性脑出血的患者; ③严重的心、肝、肾功能衰竭者等明显手术禁忌证及脑疝、精神相关疾病、免疫功能相关疾病。根据格拉斯哥预后评分(GOS)量表将预后情况分为预后良好组及预后不良组, 并收集患者的基

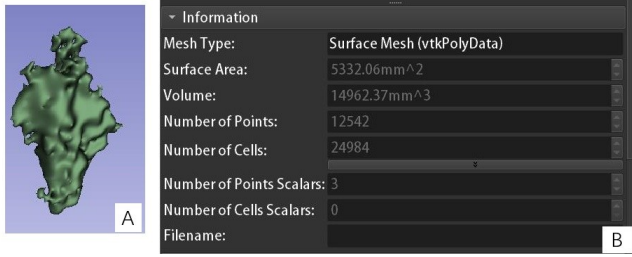
本资料包括年龄、入院格拉斯哥评分(GCS)、血压、红细胞分布宽度以及入院后及术后3d的头颅CT平扫数据。

1.2 方法

1.2.1 手术方法 所有患者入院后均行氨甲环酸止血、维持血压稳定、吸氧、心电监护等对症治疗, 并行软通道引流术。做好术前准备后给予全身麻醉。根据CT术前神经导航定位穿刺靶点, 切口长3cm, 颅骨钻孔直径2cm, 避开头皮重要血管与脑功能区切开脑膜, 放置脑室引流管(软管), 注射器首次抽出暗黑色血肿量30%~70%, 然后缝合固定引流管, 继续引流。术后复查头颅CT考虑可注入尿激酶20 000~30 000单位, 夹闭4h后再开放。根据引流情况复查头颅CT, 血肿体积<10 mL时, 可拔出血肿引流管, 一般置管2~5d。引流过程中复查头颅CT, 如有血肿增大情况, 即全麻开颅清除血肿。

1.2.2 3D Slicer血肿建模 收集所有患者入院时头颅CT数据获得血肿的长轴、纵轴、纵轴层数、密度以及术后3d头颅CT计算血肿清除率。将患者术前的头颅CT平扫数据以医学数字影像和通讯(digital imaging and communications in medicine, DICOM)格式从影像系统中导出后导入3D Slicer软件(3D Slicer4.9.0), 首先通过Volumes调整至Brain窗位, 随后运行Segment Editor模块、Threshold模块自动阈值工具对血肿进行染色, 先使用剪刀scissors减去多余部分, 运行Save Island Effect工具保留最大血肿区域, 即可完成血肿的三维重建(见图1A), 再运行Models模块, Information中可最终呈现血肿体积、表面积等相关信息(见图1B), 随后血肿的表面规则率(SR)通过 $SR = 6\sqrt{\pi V} / \sqrt{S^3}$ 公式来计算。

1.3 预后观察指标 对患者进行6个月的随访, 使用GOS量表进行分组^[4], 分为预后良好组及预后不良组, GOS评分 ≥ 4 分为预后良好。5分: 治疗后, 患者痊愈, 能够独立进行正常生活和工作; 4分: 治疗后, 患者伴有残疾, 能够独立生活, 并在保护下开展工作; 3分: 治疗后, 患者不能独立生活, 需要照料; 2分: 植物生存; 1分: 死亡。



注:A为HICH患者术前头颅CT的DICOM影像、应用3D Slicer构建颅内血肿的三维模型;B.显示血肿体积时14.9 mL、血肿表面积是53.32 cm²,通过计算SR=0.41。

图1 3D slicer构建血肿的三维模型及血肿相关信息

1.4 统计学方法 采用SPSS 27.0统计软件对数据进行统计分析,先通过Spearman相关性分析判断血肿SR与术后3d血肿清除率的相关性。当 $P < 0.05$ 时,则认为差异有统计学意义。单因素分析中数值变量用 $(\bar{x} \pm s)$ 表示。两个分类变量的差异用 χ^2 检验,两个数值变量的差异用独立样本 t 检验;将单变量分析差异有统计学意义($P < 0.05$)的变量指标进行二元

Logistic回归分析,从而可以得出患者影响预后不良的独立危险因素;ROC曲线下面积(area under curve, AUC)来评估预测价值。

2 结果

2.1 预后结局 微创穿刺血肿引流术后预后情况 69例高血压脑出血患者软通道穿刺血肿引流术联合尿激酶脑内注射术后预后好35例(50.72%),预后不好34例(49.28%)。

2.2 血肿规则度与血肿清除率的相关性分析 将血肿规则度作为自变量,将血肿清除率作为因变量进行Spearman相关性分析,结果显示:血肿的SR对血肿清除率有着正相关的影响($r_s = 0.360, P = 0.002$)。

2.3 影响HICH患者预后不佳的单因素分析 单因素分析结果显示不同预后患者血肿纵轴层数、3D Slicer及多田公式测量血肿体积、血肿表面积、SR、GCS评分、红细胞分布宽度,差异具有统计学意义($P < 0.05$),见表1。

表1 影响患者预后不良的单因素分析 ($n = 69$)

变量	预后好($n = 35$)	预后差($n = 34$)	$t/z/\chi^2$	P
年龄/岁	52.00(46.00~58.00)	54.50(49.75~68.25)	-1.628	0.104
入院收缩压/kPa	21.72±3.36	22.33±4.09	-0.670	0.505
入院舒张压/kPa	12.77(11.44~13.97)	13.10(11.40~13.80)	-0.096	0.923
GCS评分/分	13.00(10.00~14.00)	9.50(7.00~12.00)	-3.858	<0.001
红细胞分布宽度/%	12.80(12.30~14.60)	13.65(13.10~16.00)	-1.772	0.076
血肿密度均匀			1.208	0.272
是	10	14		
否	25	20		
血肿纵轴/mm	35.00(29.00~45.00)	39.50(31.75,52.75)	-1.687	0.095
血肿长轴/mm	37.26±12.59	43.53±17.83	-1.692	0.096
血肿纵轴层数/mm	37.51±9.37	44.18±5.99	-3.529	<0.001
血肿体积(多田公式)/cm ³	30.03±11.52	47.75±23.85	-3.912	<0.001
3D Slicer测量血肿体积/cm ³	17.50(11.70~23.40)	34.19(24.95~47.10)	-4.801	<0.001
血肿表面积/cm ²	50.97(38.93~66.84)	100.25(73.48~141.00)	-4.879	<0.001
SR	54.31±11.56	36.91±15.35	5.329	<0.001

注:表内正态分布计量资料数据以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示,非正态分布计量资料数据以 $M(P_{25} \sim P_{75})$ 表示,计数资料以 n 表示。

2.4 高血压脑出血患者软通道引流术后预后影响因素多因素分析 以行软通道引流术的高血压脑出血患者预后情况作为因变量(预后良好=0,不良=1),以GCS评分、血肿纵轴层数、血肿表面积、3D Slicer测量血肿体积以及SR(均按实际值赋值)作为自变量,进行二元Logistic回归分析中,结果表明,3D Slicer测量血肿体积、SR、GCS评分是HICH患者钻孔引流术后预

后影响因素($P < 0.05$),见表2。

2.5 比较不同变量对不良预后的预测价值 经ROC曲线分析,发现3D Slicer测量血肿体积、SR、GCS评分均对患者不良预后具有较高预测价值($P < 0.05$),其ROC曲线下面积分别为0.836、0.831、0.767,见表3、图2。

表 2 影响患者预后不良的 Logistic 多因素回归分析

变量	<i>b</i>	SE	Wald χ^2	<i>P</i>	OR	95% CI
血肿厚度	-0.053	0.033	2.540	0.111	0.949	0.889~1.012
3D Slicer 测量血肿体积	0.119	0.044	7.461	0.006	1.126	1.034~1.226
血肿表面积	-0.005	0.012	0.172	0.678	0.995	0.971~1.019
SR	-0.075	0.035	4.628	0.031	0.928	0.867~0.993
GCS 评分	-0.420	0.175	5.779	0.016	0.657	0.467~0.925

表 3 3D Slicer 测量血肿体积、SR、GCS 评分预测不良预后效能分析

变量	AUC	SE	95% CI	约登指数	截断值	敏感度	特异度
3D Slicer 测量血肿体积	0.836	0.049	0.740~0.932	0.620	27.660	0.914	0.706
SR	0.831	0.051	0.730~0.932	0.592	56.200	0.857	0.735
GCS 评分	0.767	0.057	0.655~0.880	0.443	9.500	0.943	0.500
3 项联合	0.910	0.037	0.837~0.983	0.712	—	0.800	0.912

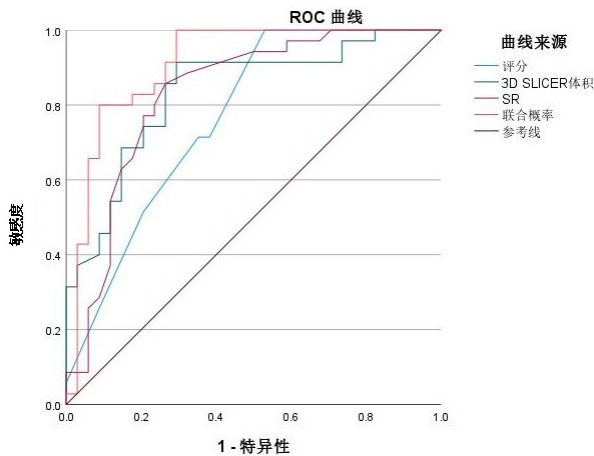


图 2 3D Slicer 测量血肿体积、SR、GCS 评分、3 项联合检测用于预测患者预后不良的 ROC 曲线

3 讨论

HICH 是由于长期受高血压的影响，患者脑动脉内膜出现粥样硬化，当患者血压突然升高时则出现脑出血。脑出血后的脑损伤机制主要分为血肿产生的直接压迫作用和血肿分解释放的毒素的间接作用^[5]。因此近年来，大量研究表明相对于内科保守治疗，外科手术可迅速解除脑血肿对周围正常脑组织的占位压迫作用损伤^[6]，同时减少脑血肿的毒性作用，从而达到改善患者预后的目的^[7]。目前主要的手术方式包括传统开颅血肿清除术、神经内镜小骨窗开颅血肿清除术和微创穿刺血肿引流术等^[8]。虽然目前对于脑出血的手术方式选择仍未有明确的定论，但基于我国国情以及《中国脑出血诊治指南 2019》中提出的微创手术是安全的、有助于降低病死率（I 级推荐，A 级证据）^[9]。微创穿刺引流术创伤小、省时快捷、操作简单、技术门槛不高、患者及其家属易于接受等优势，特别对于部分身体情况不能耐受全身麻醉或开颅手术的患者来说优势尤为明显^[10]。穿刺引流术可以使用硬通道

或者软通道，软通道引流管因其为硅胶盲端钝头软管，具有良好的变形性，可减轻对脑组织的损伤，同时可以调整方向，并带有多个侧孔还可增加与血肿的接触面积而被广泛使用^[11]。血肿体积和血肿是否规则是 HICH 患者软通道引流术后预后的影响因素已被证实。但既往计算血肿体积大多依赖于多田公式，并且对血肿规则也只是肉眼观察，这会因为无法量化导致误差增大。近年来随着影像组学等软件的开发，使得对脑出血血肿体积的测量更加精准并且将血肿表面积、规则程度量化实现了可能。因此，本研究将使用 3D Slicer 软件计算血肿参数深究影响 HICH 患者软通道引流治疗术后预后不佳的相关因素，这对于临床中制定针对性治疗方案，从而改善患者预后，降低患者术后致残率及病死率有着重要意义。3D Slicer 软件作为一个免费开源的可视化图像分析处理平台并且支持动态建模和自主开发代码的功能，实现了最低成本和高效率的三维可视化导航，尤其对于脑部的结构而言重建效果要比 Mimics、E-3D 等其他软件更好，因此近年来被广泛应用于我国神经外科手术、教学、术前沟通中^[12]。3D Slicer 应用于 HICH 的外科治疗中，在术前评估中，相较于传统的多田公式以及切片法测量血肿体积不再受血肿形状和部位的影响，可以通过三维重建后自动计算每个层面的血肿面积及 CT 扫描层厚来计算血肿体积，测量结果误差小、更稳定^[13]。自动计算血肿体积的同时可以计算出血肿表面积，将自动测量的血肿体积及表面积并通过 OGE D D 等^[14]提出的 SR 计算公式（ $SR=6\sqrt{\pi V/\sqrt{S^3}}$ ）让血肿的规则性的量化实现了可能。并且在术前可通过 CTA 数据的 3D Slicer 建模排除其他血管性疾病，以及在手术过程中对于无法开展机器人、神经导航定位的基层医院是一种最为经济的定位方式，以及术中联合 AR 技术、sina 手

机软件进一步提高手术的精准性和术后对神经纤维束的重建进一步精准预测患者预后。

本研究 Logistic 多因素回归分析结果表明,3D Slicer 测量血肿体积、SR、GCS 评分是影响 HICH 微创穿刺引流术患者预后的因素。不规则血肿引起术后预后不良的机制有很多。首先是血肿残余量,在探讨微创手术治疗脑出血的国际多中心随机对照研究 MISTIE III 的亚组分析中指出,只有微创治疗后剩余血肿体积 ≤ 15 mL 时才能达到改善预后的目的^[15],当血肿越近似于球型即不被脑组织分割的血肿行置管引流术的清除率越高,随后注射尿激酶注射后接触面积也越大引流的效果也更好,这也与本研究血肿表面规则率与术后 3 d 的血肿清除率呈正相关这一结论相符。也有人认为不规则血肿形态可以通过引起血肿扩大、术后再出血,或是由血肿边缘新的出血及炎症反应引起的不良预后^[16]。此外,本研究中 ROC 曲线中,SR 预测 HICH 微创穿刺引流术患者预后的灵敏度、特异度、AUC 分别为 85.7%、73.5%、0.831,表明 SR 对 HICH 软通道引流术患者预后的预测效能良好,可以作为临床工作中预测 HICH 软通道引流术后患者预后的有效参考指标。

综上所述,研究结果表明 SR 是行软通道钻孔引流术患者不良预后的影响因素并有较高的预测价值,SR 越接近 1 提示患者术后预后越好。将 3D Slicer 技术应用于脑出血血肿穿刺引流术前血肿建模可将血肿体积更加精准测量,血肿表面积、表面规则率进一步量化,弥补了既往仅能通过视觉办法评估血肿规则度的不足,从而更精准地评估患者预后。因此利用 3D Slicer 影像组学等手段将血肿规则量化对行软通道引流的患者远期预后有着参考性的建议,可广泛应用于我国各级医院在术前沟通以及对手术方式的选择。但本研究样本数量有限,仍需进一步扩大样本量去证实本研究结论。

参考文献:

- [1] 骆明涛,伍聪,陶传元,等.《高血压性脑出血中国多学科诊治指南》急救诊治解读[J].中国急救医学,2021,41(3):185-190.
- [2] 张彬,马京库.高血压脑出血钻孔引流术后预后影响因素分析[J].陕西医学杂志,2022,51(4):470-473.
- [3] FUJII Y, TANAKA R, TAKEUCHI S, et al. Hematoma enlargement in spontaneous intracerebral hemorrhage[J]. J Neurosurg, 1994, 80(1): 51-57.
- [4] LEITGEB J, MAURITZ W, BRAZINOVA A, et al. Glasgow Coma Scale score at intensive care unit discharge predicts the 1-year outcome of patients with severe traumatic brain injury[J]. Eur J Trauma Emerg Surg, 2013, 39(3): 285-292.
- [5] QURESHI A I, MENDELOW A D, HANLEY D F. Intracerebral haemorrhage [J]. Lancet, 2009, 373 (9675): 1632-1644.
- [6] JIA Y X, WANG Y B, YANG K J, et al. Effect of minimally invasive puncture drainage and conservative treatment on prognosis of patients with cerebral hemorrhage [J]. J Healthc Eng, 2021, 2021: 2401256.
- [7] 王浩宇,崔建忠,魏建强,等.中等量高血压基底节脑出血手术适应证的探讨[J].中国微创外科杂志,2023,23(2):87-92.
- [8] 孙杰,常谦,吴泽宇,等.神经内镜微创等 3 种术式对高血压脑出血病人血肿微创清除的价值比较[J].分子影像学杂志,2020,43(2):253-258.
- [9] 邓里娜,吴波.《中国脑出血诊治指南 2019》更新要点及解读[J].心脑血管病防治,2021,21(1):13-17,34.
- [10] 刘国军,杨君,陈恩琳,等.一种立体定位系统在脑出血微创穿刺引流术中的临床应用研究[J].右江民族医学院学报,2023,45(6):900-903.
- [11] 邓德贤.经 CT 实时导航辅助软通道引流术治疗基底节区高血压脑出血患者的预后影响因素分析[D].广州:广州医科大学,2020.
- [12] NORTON I, ESSAYED W, ZHANG F, et al. SlicerDM-RI: open source diffusion mri software for brain cancer research [J]. Cancer Res, 2017, 77(21): e101-e103.
- [13] 伍刚,刘广韬,翁宇,等. ABC/2 和 Slicer 测量体积差值对脑内血肿体积扩大的预测[J].中华临床医师杂志(电子版),2020,14(3):192-196.
- [14] OGE D D, TOPCUOGLU M A, GOCMEN R, et al. The dynamics of hematoma surface regularity and hematoma expansion in acute intracerebral hemorrhage [J]. J Clin Neurosci, 2020, 74: 160-163.
- [15] HANLEY D F, THOMPSON R E, 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.
- [16] MOROTTI A, BOULOUIS G, CHARIDIMOU A, et al. Hematoma expansion in intracerebral hemorrhage with unclear onset [J]. Neurology, 2021, 96(19): e2363-e2371.

收稿日期:2023-12-29;修回日期:2024-02-06