

# 基底节及丘脑自发性脑出血非脑疝患者治疗决策相关临床与影像学评估研究进展

崔智杰<sup>1</sup>, 孙宇坤<sup>1</sup>, 王星星<sup>1</sup>, 郝文炯<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>延安大学延安医学院, 陕西 延安

<sup>2</sup>延安大学附属医院神经外科, 陕西 延安

收稿日期: 2026年5月16日; 录用日期: 2026年6月9日; 发布日期: 2026年6月18日

## 摘要

自发性脑出血(spontaneous intracerebral hemorrhage, sICH)是脑卒中中致死率和致残率最高的亚型之一, 目前的有效治疗手段较有限。急诊去骨瓣减压联合血肿清除通常被认为是挽救发生脑疝患者生命的重要外科手术。然而, 对于尚未出现脑疝并且意识状态相对稳定患者的最优治疗策略仍存在明显争议。在总体的sICH患者中, STICH系列研究未能证实传统开颅血肿清除术比保守治疗具有明确优势, 但是近期ENRICH试验提示部分脑叶出血患者可能从早期微创手术中获益。这些结果都提示了手术带来的收益在不同亚群患者身上有较大的不同, 对于非脑疝这类治疗患者精准筛选出受益人群可能是关键, 而影像学评估以及sICH的一些评分系统在患者筛选及指导个体化手术方面中经常发挥重要作用。本文系统总结非脑疝sICH患者的一些重要临床评分系统及多模态影像学评估(NCCT、CTA、CTP及DTI)的研究进展, 并探讨其在治疗决策中的临床意义。

## 关键词

自发性脑出血, 非脑疝, 影像学标记物, 微创手术, 治疗决策

## Research Progress on Clinical and Imaging Evaluation Related to Treatment Decision-Making in Patients with Spontaneous Cerebral Hemorrhage in Basal Ganglia and Thalamus and Non-Cerebral Hernia

\*通讯作者。

文章引用: 崔智杰, 孙宇坤, 王星星, 郝文炯. 基底节及丘脑自发性脑出血非脑疝患者治疗决策相关临床与影像学评估研究进展[J]. 临床个性化医学, 2026, 5(3): 223-239. DOI: 10.12677/jcpm.2026.53203

## Zhijie Cui<sup>1</sup>, Yukun Sun<sup>1</sup>, Xingxing Wang<sup>1</sup>, Wenjiong Hao<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Yan'an Medical College of Yan'an University, Yan'an Shaanxi

<sup>2</sup>Department of Neurosurgery, Yan'an University Affiliated Hospital, Yan'an Shaanxi

Received: May 16, 2026; accepted: June 9, 2026; published: June 18, 2026

### Abstract

Spontaneous intracerebral hemorrhage (sICH) is one of the subtypes with the highest mortality and disability in stroke, and the current effective treatment is limited. Emergency decompressive craniectomy combined with hematoma removal is usually considered to be an important surgical method to save the life of patients with cerebral hernia. However, the optimal treatment strategy for patients without cerebral hernia and with relatively stable state of consciousness is still controversial. In the overall sICH patients, STICH series of studies have failed to confirm that traditional craniotomy hematoma removal has a clear advantage over conservative treatment, but recent ENRICH trials suggest that some patients with lobar hemorrhage may benefit from early minimally invasive surgery. These results suggest that the benefits of surgery are quite different in different subgroups of patients. It may be the key to accurately screen out the beneficiary population for patients with non-cerebral hernia treatment, and imaging evaluation and some scoring systems of sICH often play an important role in patient screening and guiding individualized surgery. This article systematically summarizes the research progress of some important clinical scoring systems and multimodal imaging evaluation (NCCT, CTA, CTP and DTI) in patients with non-cerebral hernia sICH, and discusses its clinical significance in treatment decision-making.

### Keywords

Spontaneous Cerebral Hemorrhage, Non-Cerebral Hernia, Imaging Markers, Minimally Invasive Surgery, Treatment Decisions

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

自发性脑出血(spontaneous intracerebral hemorrhage, sICH)是指非外伤性脑实质内出血[1], sICH 约占所有脑卒中的 10%~15%, 且在亚洲人群中比例更高(约 20%~30%), 中国人群亦呈现较高负担[2]-[4]。近年来神经重症监护、血压管理及康复治疗取得了不俗进展, 但 sICH 患者整体预后仍然不理想。既往流行病学研究显示, sICH 患者 30 天病死率约为 35%~52%, 仅约 20%的幸存者在 6 个月时能够实现功能独立[2]。高致残率使得长期护理需求增加, 给患者家庭及社会医疗资源都带来负担。

在 sICH 的临床管理中, 对于脑疝患者通常以急症开颅去骨瓣减压救命为核心, 治疗方案明确, 而对于尚未发生脑疝并且生命体征相对稳定的患者, 治疗策略的选择仍面临一定困难。这类患者多处于尚未达到明确紧急减压手术指征、但又可能存在外科干预获益窗口的临床灰区。对于这类患者, 目前治疗策略仍缺乏一致意见: 内科保守治疗可避免手术相关创伤。然而血肿的自然吸收过程较为缓慢, 血红蛋白分解产物(如铁离子和血红素)具有神经毒性, 可通过氧化应激及炎症反应诱导血肿周围水肿

(perihematomal edema, PHE)的形成, 并导致继发性脑损伤, 从而影响神经功能恢复[5][7]。早期的外科干预, 尤其是传统开颅血肿清除术(craniotomy), 虽然能够迅速解除占位效应, 但手术过程中对正常脑组织的牵拉及切开可能造成医源性损伤, 从而抵消血肿清除所带来的部分治疗收益[8][9]。

STICH I (2005)及 STICH II (2013)这两项大型随机对照试验(RCT)均未能证实早期开颅血肿清除术对比保守治疗在总体功能预后方面的优势[8][9]。在较长时间期内, 多数国际指南对非脑疝患者的手术治疗推荐等级相对较低[1][10]-[12]。近年来, 微创手术(minimally invasive surgery, MIS)技术逐渐发展, 包括神经内镜手术、立体定向穿刺引流以及管状牵开系统(tubular retractor system)等方法的应用, 使血肿清除过程更加精细且损伤更小。近期 ENRICH 试验结果显示, 早期微创手术(minimally invasive parafascicular surgery, MIPS)可改善部分脑叶出血患者的功能预后, 为微创手术在特定患者中的应用提供了新的循证医学证据[13]。STICH 系列研究未成功的原因可能源于未对患者精准分层, 而近年 ENRICH 的阳性结果, 与通过临床与影像学评估对患者精准的筛选有一定关系。

目前对于 sICH 的手术决策的评估大多都是基于全部人群, 对于自发性脑出血非脑疝患者这一特殊群体的研究较少, 部分研究仅排除入院时已发生脑疝的病例[14]。本文结合国内外近年来研究及相关指南, 对非脑疝 sICH 患者的临床评分及影像学评估进展进行综述, 并探讨这些评估指标在治疗决策中的潜在应用价值。

## 2. 临床基础评估与远期预后分层

参考 Peng 等人的研究[15], 该研究专门针对基底节/丘脑出血人群, 识别出血肿体积 > 64 mL、脑室间孔移位 > 11 mm 以及 Graeb 评分升高, 是该人群进展为脑疝的独立高危因素。基于此, 本综述纳入的“非脑疝 sICH 患者”定义如下: (1) 经头颅 CT 确诊为基底节或丘脑自发性脑出血; (2) 不符合上述脑疝临床或影像学诊断标准; (3) 同时排除血肿体积 > 64 mL、脑室间孔移位 > 11 mm 以及高 Graeb 评分( $\geq 5$ 分)的高风险人群。

对于非脑疝 sICH 患者, 治疗的关键在于防止病情进展, 尤其是预防血肿扩大(hematoma expansion, HE)及减轻继发性脑损伤。早期干预能尽可能为后期神经功能恢复保留良好的解剖和生理基础所以系统的临床评估是制定治疗策略的重要基础。

### 2.1. 意识水平与神经功能评分

基线神经功能状态被认为是预测 sICH 患者预后的重要独立因素之一。在急诊评估中, 格拉斯哥昏迷评分(Glasgow Coma Scale, GCS)是评估患者意识水平最常用的工具。在非脑疝患者中, GCS 评分通常处于中高水平, 多数患者评分 $\geq 9$ 分。GCS 评分通常 GCS 总评分可能会误判患者的意识水平, 因为相同总分可能对应不同的临床状态, 且 GCS 评分往往受多种因素影响, 比如插管、镇静、失语症以及醉酒等等[16][17]。

NIHSS 评分近年来在 sICH 患者评估中的价值逐渐受到关注。2024 年的一项研究指出, NIHSS 评分在预测 sICH 3 个月死亡率和功能依赖方面与专门的 ICH 评分具有相当的准确性[18]。NIHSS 能更精细地量化视野缺损、面瘫、肢体运动、感觉、共济失调、忽视及语言功能。既往研究表明, 较高的基线 NIHSS 评分与 sICH 患者不良预后风险增加密切相关[19]。

而在深部脑出血中, 对于 GCS 评分较高(如 13~15 分)但 NIHSS 评分较高(如 > 10 分, 多提示严重偏瘫或失语)的患者, 单纯的保守治疗可能无法改善其致残性症状。此时, 若影像学提示血肿压迫关键传导束(如内囊后肢), 微创手术解除压迫可能具有潜在的功能恢复获益。相对的, 若患者 GCS 评分较高且 NIHSS 评分较低(如 < 6 分), 提示血肿对关键功能区影响相对有限, 此类患者通常更适合首先考虑保守治

疗。在 GCS 评分与 NIHSS 评分的结合中，NIHSS 评分在一定程度上关注了对于局灶性神经功能缺损。

## 2.2. 预后结局风险分层评分系统

除 HE 评分外，远期功能预后是非脑疝自发性出血患者治疗决策的另一核心依据。是否采取积极手术干预，同样取决于对患者长期生存质量与功能恢复潜力的预判。目前临床常见的远期预后评分主要包括 ICH 评分、max-ICH 评分、FUNC 评分、及 FSR ICH 评分等，可为个体化治疗策略提供重要参考。

ICH 评分是目前应用最广泛的脑出血预后评估工具，纳入年龄、GCS 评分、血肿体积、出血部位及脑室内出血 5 项指标，主要用于预测 30 天死亡率[20]。ICH 评分 0 分无人死亡、5 分全部死亡、ICH 评分为 1、2、3 和 4 的患者 30 天死亡率分别为 13%、26%、72%和 97% [20]。所以对于非脑疝患者，ICH 评分具有明确的分层价值：评分 $\leq 2$ 分者 30 天死亡率较低，积极手术治疗可显著改善功能预后；而评分 $\geq 4$ 分者死亡风险极高，即使予以积极手术干预也难以获得满意的功能结局，更倾向于保守治疗。max-ICH 评分在 ICH 的基础上增加了口服抗凝药物使用与 NIHSS 评分[21]。该评分可识别出即使血肿体积较大，但仍然具备恢复自理潜力的患者，帮助进一步细化手术获益人群，优化临床决策[22]。

FUNC 评分与 FSR ICH 评分则更侧重于长期功能预后的评估，而非单纯死亡率预测，其中 FSR ICH 评分是预测了非手术的 ICH 患者旨在预测这类患者的预后情况[23] [24]。这类评分可在血肿体积较大的患者中，识别出仍然有良好恢复潜力、有望实现生活自理的个体，从而避免因单纯依据血肿大小而放弃手术，也可减少对预后极差患者的过度医疗。

综上，远期预后评分可帮助临床医师实现更理性的决策：既避免对预后极差的非脑疝患者实施无效的积极手术，也防止对预后良好、手术获益显著的患者错失最佳干预时机，从而在安全与获益之间达到更好的平衡。

## 3. 血肿扩大的多模态预测标志物体系

血肿扩大(hematoma expansion, HE)是自发性脑出血患者早期神经功能恶化及不良预后的重要因素之一[25]。HE 通常定义为血肿体积较基线增加 $>33\%$ ，或绝对增加 $>6\text{ mL}$  [26] [27]。对于尚未发生脑疝的患者，准确评估 HE 风险有助于指导早期治疗策略的选择，包括是否采取积极干预或以强化内科治疗为主[28]。

### 3.1. 临床-NCCT 联合预测评分系统

近年来，多种基于临床因素及影像学特征的血肿扩大预测评分模型被提出并进行了验证[29] [30]。这些模型通过整合多种临床与影像学变量，将复杂的信息转化为相对简化的风险评分体系。以下列举了几个常见的血肿扩大评分系统，血肿扩大评分系统可将其按使用的影像学特征不同分为 NCTT 评分(BRAIN 评分、BAT 评分以及 NAG 评分等)、sCTA 评分(9-Point 评分以及 PREDICT A 评分等)和 mCTA 评分(mCTA expansion 评分以及“应用于 mCTA-Spot Sign 得分”) [30]。

#### 3.1.1. 基于非增强 CT 的血肿扩大预测评分

这类评分仅需临床病史与基础 CT 数据即可完成，无需增强检查，应用门槛较低。

BRAIN 评分[31]整合基线脑出血体积、复发性脑出血、抗凝治疗、脑室内延伸、症状出现至基线 CT 的小时数五项核心变量。该评分纯临床指标结合基础 CT 参数，易于在基层医院获取，受试者大多为华人，在中国的应用性更强，AUC 为 0.73。

BAT 评分[32]涵盖混合征、低密度征、发病至 CT 时间三项核心指标。该评分强调 NCCT 影像标志物的价值，BAT $\geq 3$ 分特异性达 0.89，但排除了有抗凝治疗的患者，依赖阅片医生对混合征的识别经验，主观性较强，AUC 为 0.77。

基底神经节评分[33]包含影像学标志(岛状征、混合征或漩涡征)、发病到初次 CT 扫描的时间、抗凝药物使用或 INR  $\geq 1.5$ 、基线 ICH 体积以及 IVH 扩展。该评分纳入人群为自发性脑出血最常见部位基底节脑出血,无需 CTA,基层医院即可开展,但仅为单中心研究无外部验证,缺乏核心效能数据,未进行 AUC 检测。

### 3.1.2. 基于 CTA 的血肿扩大预测评分

这类评分纳入了 CTA 血管源性征象,预测精度相对更高,但需完成增强 CT 检查,应用场景受限。9-Point 评分[34]整合华法林的使用、CTA 斑点征、发病到 CT 的时间、基线血肿体积四项核心指标。该评分结合了 CTA 的高级特征,且经过多中心验证,理论预测准确性较高,但需要 CTA 检查,基层医院难以满足,AUC 为 0.72。Spot Sign 评分[35]整合 CTA 斑点的大小、数量以及 CT 密度三项核心变量。该评分预测能力较高,可准确预测已出现斑点征患者的血肿扩大风险,但仅适用于已出现斑点征的患者,且基层医院同样难以开展,AUC 值达 0.93。

## 3.2. NCCT 影像学标志物

在急性自发性脑出血(sICH)的初始评估中,非增强 CT (Non-Contrast Computed Tomography, NCCT)因其获取迅速、可及性高,仍是最常用的影像学检查手段。尤其是在部分基层医疗机构或急诊环境中,NCCT 往往是最先获得的影像学资料,对于非脑疝 sICH 患者是早期快速风险分层、指导初步治疗决策的核心工具。传统上,NCCT 主要用于确定出血部位、估算血肿体积以及评估是否存在脑室破入等信息。然而,近年来研究逐渐发现,血肿内部的密度异质性(heterogeneity)及形态特征同样蕴含重要的病理生理信息,并可能反映出出血活动状态,从而对血肿扩大(hematoma expansion, HE)的风险提供早期提示[36] [37],这对非脑疝患者的干预时机选择至关重要。

从影像学机制上看,NCCT 相关影像标志物大致可分为两类:一类为血肿密度异常相关征象,如混合征(Blend sign)、黑洞征(Black hole sign)、低密度区(Hypodensity)、液平征(Fluid level)及漩涡征(Swirl sign)等;另一类为血肿形态异常相关征象,主要包括岛征(Island sign)及卫星征(Satellite sign) [38]。这些征象在一定程度上提示出血来源的不稳定性,并已被多项研究证实与血肿扩大风险密切相关,这对非脑疝患者的干预时机选择至关重要[28]。

### 3.2.1. 密度异常标志物: 混合征(Blend Sign)与黑洞征(Black Hole Sign)

混合征(Blend sign)是 NCCT 上较早被提出并广泛研究的一种血肿密度异常征象。其典型表现为血肿内部同时存在高密度区与相对低密度区,两者界限清晰且肉眼可见明显密度差,且低密度区不被高密度区完全包裹[39]。高密度区通常代表早期形成并发生回缩的血凝块,而相对低密度区则可能代表最新出血的血液或尚未完全凝固的液态血液,因此提示出血过程仍处于动态变化阶段。有 Meta 分析显示,Blend sign 预测血肿扩大的特异性可达 92%,但敏感性相对较低约 28% [40]。这意味着,对于非脑疝患者来说一旦 NCCT 上出现混合征,患者很可能处于活动性出血阶段,血肿结构不稳定,需要密切监测并及时采取强化降压或外科干预策略。

与 Blend sign 类似,黑洞征(Black hole sign)同样属于 NCCT 上的血肿密度异常征象。其表现为高密度血肿内部出现圆形或类圆形低密度区,并与周围血肿形成明显的 CT 值差(通常 $>28$  HU),黑洞征不仅是血肿扩大的独立预测因子(OR 约为 5.62),还与不良功能预后密切相关[41] [42]。Meta 分析显示,其预测血肿扩大的合并敏感度为 30%,特异度为 91% [43]。

### 3.2.2. 形态异常标志物: 岛征(Island Sign)与卫星征(Satellite Sign)

岛征(Island Sign)是指主血肿周围出现多个与主血肿分离或仅通过细小桥梁相连的小血肿块,其形态

类似散布于主血肿周围的“岛屿”[44]。这一征象通常提示血肿边缘极不规则或存在多灶性出血点, Island sign 预测血肿扩大的特异性可超过 90%, 阳性似然比较高, 因此被认为是提示血肿不稳定的重要影像学标志[44]。

卫星征(Satellite Sign)表现为在主血肿周围 1~20 mm 范围内出现独立的小出血灶(通常直径<10 mm)[45]。研究显示, 在预测血肿扩大方面可能具有较好的诊断效能, 其敏感性约为 50%, 特异性约为 71% [46]。这类形态异常可能反映了血肿周围微血管结构的脆性增加或“连锁性”血管破裂现象。当主血肿形成后, 局部压力迅速升高, 可能导致邻近脆弱小血管继发性破裂, 从而形成多个小型出血灶, 即所谓的“卫星样”分布。因此卫星征的出现对于识别存在继发性微血管破裂风险的非脑疝患者具有重要提示意义, 便于临床尽早采取干预措施以遏制血肿进一步扩大。

### 3.2.3. 其他不稳定标志物: 低密度征(Hypodensity)、漩涡征(Swirl Sign)与液平征(Fluid Level)

除前述征象外, NCCT 上还可观察到多种提示血肿内部结构不稳定的影像学表现, 其中较常见的包括低密度征(Hypodensity)、漩涡征(Swirl Sign)及液平征(Fluid Level)。

低密度征通常表现为血肿内部出现不规则或斑片状低密度区域, 提示血肿内存在未完全凝固的液态血液或血清分离现象[47]。研究认为, 该征象与持续出血及血肿扩大的风险增加相关且独立预测不良预后[48], 因此在多种 HE 预测模型中被作为重要影像变量之一。漩涡征(Swirl sign)在 NCCT 上表现为高密度血肿内部出现低密度条索状或漩涡状结构, 目前大多数认为其是低密度征的一种, 其形态类似 CTA 上“点征(spot sign)”在平扫影像上的间接表现, 与超早期活动性出血高度相关, 提示血肿内部仍存在持续性出血过程[49]。

液平征(Fluid Level)则表现为血肿内部形成清晰的液-液平面。这一征象多见于存在凝血功能障碍的患者, 如长期服用华法林或其他抗凝药物者。由于凝血机制受损, 血液无法正常形成稳定血凝块, 红细胞在重力作用下沉降至下层, 而上层为相对低密度的血浆, 从而形成典型的分层结构。液平征通常提示极高的再出血风险, 并与不良临床预后密切相关[50]。

可以看出, 上述征象虽敏感度不一, 但均具有较高的临床警示价值, 联合应用可以提高血肿扩大的早期识别效率。对于非脑疝患者, 如果 NCCT 上出现上述任一“不稳定征象”(尤其是岛征、混合征或液平征), 即使患者当前病情尚稳定, 也应警惕其潜在的血肿扩大风险, 并将其视为高危人群。这类患者不宜仅在普通病房观察, 而应加强监护管理, 例如收入神经重症监护病房(NICU)进行严格的血压控制, 并适当缩短影像学复查间隔, 以便及时发现血肿变化。

### 3.3. CTA 影像学标志物

CTA 点征(spot sign)是指在 CTA 原始图像上, 血肿内部出现点状或线状高密度造影剂外溢的影像表现。该征象被认为反映了造影剂从破裂血管持续渗出的过程, 因此常被视为活动性出血的直接影像学证据, 也是目前最重要的血肿扩大预测指标之一。

Meta 分析显示, CTA 点征在预测血肿扩大方面具有较好的诊断效能, 其敏感性为 62%, 特异性可达 88%~90% [51]。与 NCCT 影像标志物相比, CTA 点征具有更高的特异性和阳性预测值。此外, 点征阳性还与院内死亡率(OR  $\approx$  5.08)及 3 个月不良功能预后(OR  $\approx$  4.44)显著相关[51]。

在临床决策中, CTA 点征对于风险分层具有重要意义。若非脑疝患者 CTA 显示点征阳性, 通常提示出血仍处于活动阶段, 血肿继续扩大的风险显著增加。在此情况下, 强化降压治疗及严密影像学随访尤为重要, 并可进一步评估早期外科干预(尤其是微创手术)的潜在获益。相反, 若患者 CTA 未发现点征, 且临床状态相对稳定, 则血肿扩大的概率相对较低, 部分患者可在严密监测下采取保守治疗策略。

此外, 延迟 CTA (delayed CTA) 在部分病例中亦具有一定价值。有研究发现, 部分患者在动脉期 CTA 未显示点征, 但在延迟期(静脉期)图像上出现造影剂外渗征象, 这可能提示缓慢渗血或延迟性出血, 同样与血肿扩大风险增加相关[52]。

### 3.4. 多模态标志物综合对比与临床应用推荐

为系统对比各类血肿扩大(HE)预测工具的效能、优势及局限性, 为临床实践提供精准参考, 现将常用预测工具按类别整理并进行综合对比, 具体详见表 1。

**Table 1.** Comprehensive comparison table of hematoma enlargement prediction tools  
**表 1.** 血肿扩大预测工具综合对比表

类别	具体工具/标志物	预测效能	核心优势	主要局限性
一、临床-NCCT 联合评分系统	BRAIN 评分	AUC = 0.73	唯一经华人群大样本验证的普适性评分	预测精度中等, 未纳入高级影像征象
	BAT 评分	AUC = 0.77	变量最少, 评估速度最快	排除抗凝患者, 依赖阅片经验
	基底节评分	未报道 AUC	唯一针对基底节出血人群的专属评分	单中心研究, 无外部验证
	9-Point 评分	AUC = 0.72	多中心验证, 纳入 CTA 点征	需要 CTA, 基层难以开展
	Spot Sign 评分	AUC = 0.93	针对点征阳性患者预测精度最高	适用范围极窄
二、NCCT 影像学标志物	混合征	敏感性 28%, 特异性 92%	阳性预测值最高, 强烈提示活动性出血	敏感性低, 易漏诊缓慢出血
	黑洞征	敏感性 30%, 特异性 91% OR = 5.62	定义最明确, 阅片一致性最好	敏感性不足
	岛征	敏感性 35%, 特异性 >90%	提示多灶性出血, 血肿极不稳定	需与卫星征鉴别
	卫星征	敏感性 50%, 特异性 71%	敏感性高于其他 NCCT 征象	特异性较低, 假阳性率高
	液平征	敏感性低, 特异性 ≈ 95%	特异性最高, 几乎仅见于凝血障碍	临床发生率极低
三、CTA 影像学标志物	CTA 点征	敏感性 62%, 特异性 88%~90%	活动性出血的直接证据, 整体效能最优	有辐射、需造影剂, 检查时间长
	延迟 CTA 点征	敏感性提升至 75%左右	可识别动脉期阴性的缓慢渗血	进一步延长检查时间, 急诊受限

从表 1 得出对于影像学标志物 NCCT 平扫与 CTA 增强是血肿扩大最核心的两类互补影像学标志物。NCCT 平扫临床可及性较高, 检查快速且基层全覆盖, 可在急诊首诊同步完成。其特点为特异性高、敏感性偏低, 阳性基本确诊高风险但阴性不能完全排除, 较易漏诊, 部分征象阅片存在鉴别难度。CTA 增强预测效能最优, 是活动性出血的直接影像学证据, 延迟扫描可进一步提升敏感性, 识别常规动脉期阴性的缓慢出血。但存在电离辐射及造影剂相关风险, 检查流程复杂耗时, 在急诊应用受限并且在基层的普及率不足。

对于评分系统来说大多数血肿扩大(HE)预测评分系统都采取了影像学特征、发病到首次影像学检查的时间以及基线临床指标构建的评分系统。尤其是发病到影像学检查时间, 当患者发病后早期就进行了极早期的 CT 检查时, 即使当时血肿体积较小, 如果影像学表现为形态学不规则或密度不均, 后续发生 HE 的风险依旧较高, 这可能与出血早期止血机制尚未完全形成有关。相反的, 发病到首次影像学检查时间较长且血肿边界清晰的患者, 其血肿进一步扩大的风险相对较低。对于本文中的非脑疝自发性脑出血患者这一特殊群体, 这类患者手术指征相对宽松, 早期进行对血肿扩大的预判就显得十分重要。高风险患者尽早启动止血治疗, 严密检测神经功能变化, 并提前做好手术准备, 以防止血肿进展导致脑疝形成; 低风险患者可在严密监护下行保守治疗, 避免不必要的手术干预。

目前大多 HE 评分的目标人群缺少对本文提到的非脑疝亚组的前瞻性研究。有研究提出评分的预测能力与评分中含有的最先进的影像学检查有关, 如 NCTT 评分 < sCTA 评分 < mCTA 评分。但从临床应用场景分析, BRAIN、BAT 等基于 NCCT 的评分因无需增强检查、评估便捷、在急诊时刻快速完成, 更符合非脑疝患者早期、反复评估以实现精准治疗的目的。其更契合非脑疝患者早期分层的实际需求, 在临床实践中更具推广潜力。依赖于 CTA 的评分虽然预测精度更高, 但在基层与急诊早期决策中较为受限。因此, 在非脑疝 sICH 患者的个体化管理中, 基于 NCCT 的简易评分更具现实应用价值, 而 CTA 相关评分可作为高危患者的补充评估手段。

#### 4. CT 灌注成像与脑组织功能评估

缺血性卒中的“缺血半暗带”是再灌注治疗的重要理论依据, 而自发性脑出血(sICH)血肿周围是否存在类似“出血半暗带”, 目前仍存争议。

血肿周围水肿(PHE)与神经功能恶化及不良预后密切相关[53]。CT 灌注(CTP)常显示血肿周围存在低灌注改变, 表现为脑血流量(CBF)降低、平均通过时间(MTT)延长。但这种灌注下降究竟源于神经元代谢抑制, 还是血肿压迫导致的真性缺血, 尚未完全明确。ICH ADAPT 系列研究提示, 在强化降压治疗下血肿周围 CBF 未见明显下降, PHE 进展也未显著加重, 表明血肿周围低灌注更可能为代谢性抑制, 而非缺血性损伤, 支持强化降压的安全性[54] [55]。若 CTP 显示血肿周围低灌注范围较广而脑血容量(CBV)相对保留, 则提示组织尚未发生不可逆损伤, 可为早期微创减压手术提供病理生理依据, 有助于筛选可能从早期干预中获益的患者。

#### 5. MRI 与 DTI: 以白质纤维束保护为核心的影像评估

尽管 CTA 与 CTP 可从血管及灌注层面评估出血急性期, 但在反映脑组织微结构及白质纤维束损伤方面仍存在局限。常规 MRI 序列(如 T2WI、SWI 等)可清晰显示血肿范围、血肿周围水肿及继发性脑损伤、为病情评估提供补充信息。而弥散张量成像(DTI)作为 MRI 高级序列, 可更敏感地显示微结构改变, 为神经功能保护及手术路径规划提供更精细的影像学支持。

但 DTI 在脑出血急性期存在明确技术局限: 血肿内磁敏感物质会产生强伪影, 严重干扰邻近纤维束的重建准确性[56]。同时扫描时间较长, 急性期病情不稳定、躁动的患者难以耐受, 还可能延误急诊治疗

决策。血肿周围血管源性水肿也会进一步降低 FA 值等关键量化指标的可靠性[57]。

传统手术入路长需切开并分离皮层脑组织, 较容易损伤皮质脊髓束等重要白质纤维束。2024 年《基于白质纤维束保护的幕上高血压性脑出血手术治疗中国专家共识》强调了 DTI 在白质纤维束中的保护作用[57], 而近期针对自发性脑出血患者的研究亦证实, 术前皮质脊髓束 DTI 指标与术后运动功能恢复密切相关, 可为个体化手术决策与路径规划提供关键量化依据[58] [59]。

### 5.1. DTI 分型及其指导下的手术决策

弥散张量成像(DTI)基于水分子在白质纤维内的各向异性扩散特征, 可无创、三维地显示白质纤维束走行及其结构完整性。在自发性脑出血患者中, 依据纤维束与血肿的位置关系及受损程度, 通常可分为三种类型[57] [58]: I 型(挤压推移型)为白质纤维束受到血肿的机械压迫而发生推移或变形, 但整体连续性仍然保持完整; II 型(破坏断裂型)指白质纤维束受到血肿直接破坏而发生中断。III 型(混合型)同时具有纤维束受压移位及部分断裂的表现。不同 DTI 分型在一定程度上反映了白质纤维束损伤的严重程度, 并可能对手术策略选择及术后神经功能预后评估具有重要参考价值。

有研究显示, 皮质脊髓束各向异性分数的不对称程度与脑出血后步行能力密切相关, 不对称越明显, 远期独立行走能力越差[60]。I 型(挤压推移型)患者皮质脊髓束结构完整、不对称程度较轻, 此类患者血肿清除可有效减轻对白质纤维束的机械压迫, 从而促进被推移纤维束的部分复位[61], 尤其对于血肿量大且无脑疝的患者, 手术解除压迫后运动功能恢复潜力更大, 远期步行预后显著优于纤维束发生结构性损伤的 II 型患者[59] [60]。

II 型患者关键白质纤维束已发生结构性中断, 即使血肿得到充分清除, 相关运动功能恢复的可能性通常仍较为有限[62]。因此, 在此类患者中, 手术的主要目标更多集中于降低颅内压、缩短病程以及预防继发性并发症, 很难直接改善肢体瘫痪。若患者意识状态稳定且无明显颅内高压表现, 保守治疗在部分情况下可能是更为合理的选择, 以避免手术可能带来的额外脑组织损伤及相关医疗负担[57]。

III 型(混合型)患者同时具有纤维束受压移位及部分结构性损伤的表现, 其神经功能恢复的可能性通常介于 I 型与 II 型之间[58]。因此, 在临床决策中需结合血肿体积、患者意识状态及整体神经功能情况进行综合评估, 以制定个体化治疗策。

### 5.2. 旁白质纤维束入路的规划

传统开颅手术通常选择距离血肿最近的皮层切开(corticotomy)并沿直线路径进入血肿腔, 容易造成正常白质纤维束损伤。DTI 技术的应用为减少手术相关损伤、优化手术路径提供了新依据, 其中就有旁白质纤维束入路(parafascicular approach)。关键在于通过 DTI 重建白质纤维束走行, 规划与纤维束走向平行的手术通道, 大多经脑沟或自然解剖间隙进入, 从而尽量避开关键的白质传导束, 例如皮质脊髓束(CST)、语言相关纤维束及视辐射等重要结构。

近年来基于该理念开发的微创旁白质纤维束手术系统逐渐应用于临床, ENRICH 试验中所使用的 NICO BrainPath 系统即是这一技术路径的典型代表。该系统通过钝性闭孔器(obturator)沿自然间隙分离扩张进入, 从分开的方式建立手术通道, 随后置入透明工作套管稳定操作空间, 从而在理论上减少对白质纤维束的直接损伤[13]。此外, 《2024 年中国专家共识》建议, 在条件允许的情况下术前完善 DTI 检查, 并根据白质纤维束走行规划个体化手术路径, 以期在尽可能清除血肿的同时减少对白质纤维束的损伤[57]。

MRI 及 DTI 等影像学技术能够为脑出血患者提供重要的解剖及功能信息, 并在一定程度上指导手术路径规划, 但具体治疗策略的制定仍需依赖高质量临床试验证据。过去二十余年中, 多项随机对照研究

对自发性脑出血的外科治疗效果进行了系统评估。

## 6. STICH 研究到中国本土化实践

在自发性脑出血(sICH)的治疗领域,是否应行外科干预的争论已持续二十余年。理解关键随机对照试验(randomized controlled trials, RCTs)的研究设计及其结果,对于制定循证治疗策略具有重要意义。而中国本土化实践进一步完善了这一循证体系,弥补了国际证据在基底节区等深部血肿上的适用性不足,为非脑瘤患者的外科干预提供了更具地域针对性的依据。

### 6.1. STICH 系列研究:传统开颅手术的循证反思

STICH I 研究(2005 年)共纳入 1033 例幕上脑出血患者,比较早期手术与内科保守治疗之间的疗效差异,结果显示两组总体功能预后无显著差异,手术组与保守治疗组的良好预后率分别为 26%和 24% [8]。随后展开的 STICH II 研究(2013 年)优化了入组标准,仅纳入预后相对较好的浅表脑叶出血患者,然而两组在 6 个月功能预后方面未观察到统计学显著差异( $p = 0.37$ ),尽管手术组死亡率呈现一定下降趋势 [9]。

研究者将阴性结果归因于多方面因素:传统开颅术对脑组织的牵拉与继发性损伤可能抵消血肿清除获益;近 1/4 保守治疗组患者因病情恶化转为手术,造成较高的交叉率,进而削弱意向治疗分析的组间差异;同时部分入组患者血肿体积偏小、神经功能缺损较轻,也使得手术的潜在获益难以显现。

### 6.2. MISTIE III 试验的血肿溶栓治疗效果

MISTIE III 试验评估了立体定向置管抽吸联合 rt-PA 溶栓引流为核心的微创治疗策略与标准内科治疗的疗效,结果是微创手术组在死亡率方面呈现下降趋势,但主要功能终点——1 年时良好功能预后(mRS 0~3)在两组之间未达到统计学显著差异(45% vs 41%,  $p = 0.33$ ) [63]。进一步的亚组分析表面,残余血肿  $\leq 15$  ml (或血肿清除率  $> 70\%$ )时,患者获得良好功能预后的概率明显提高 [64] [65],提示了微创治疗的关键还在于实现充分的血肿清除。实验清除血肿依赖的是 rt-PA 注入后的数天逐步溶解血肿,可能无法在疾病早期及时解除压迫、阻止脑组织进一步发生继发性损伤。

### 6.3. ENRICH 试验循证证据与旁白质入路临床价值

在 STICH、MISTIE 等研究未能明确证实手术优势的背景下,2024 年发表于《新英格兰医学杂志》的 ENRICH 试验为自发性脑出血(sICH)的外科治疗提供了关键依据。

ENRICH 试验纳入 GCS 评分 5~14 分、血肿体积 30~80 ml 且无脑疝的幕上 sICH 患者,比较微创旁白质纤维束手术(minimally invasive parafascicular surgery, MIPS)与标准药物治疗之间的疗效差异。该手术的术式与前述一致,强调在发病后 24 小时内实施早期手术干预,以减轻站位效应及继发性脑损伤,结果显示,在 180 天随访时手术组的加权改良 Rankin 评分(utility-weighted modified Rankin scale, UWmRS)显著优于保守治疗组,两组平均 UWmRS 评分差异为 0.084 [13]。亚组分析进一步显示,脑叶出血患者从手术治疗中获得显著功能获益,而在深部(基底节)出血患者中未观察到明显的治疗优势 [13]。

上述结果提示,对于符合条件的非脑瘤脑叶出血患者,早期微创旁白质入路手术可能成为一种重要的治疗策略。ENRICH 试验的积极结果可能与其结合了微创旁白质通道技术及直视下快速血肿清除有关,这一策略在一定程度上克服了传统开颅手术创伤较大的问题,同时避免了导管溶栓技术血肿清除过程较慢的局限。但 ENRICH 研究在深部(如基底节)出血患者中的疗效仍不明确,这提示未来仍需进一步探索更加精准的患者选择及个体化治疗策略。

纵观临床常用三类脑出血外科干预方式:传统开颅手术组织损伤及脑组织牵拉反应明显,更适用于合并脑疝的危重患者;立体定向置管溶栓虽创伤轻微,但血肿溶解清除周期较长,无法早期快速解除颅

内占位效应；旁白质纤维束入路可在规避重要白质传导束损伤的前提下，实现早期直视下血肿清除，更适合非脑疝脑叶出血患者，而在基底节等深部出血中的应用价值仍有待更多循证研究进一步验证。

#### 6.4. 本土化实践适配：中国深部脑出血的研究与共识

在中国，以基底节、丘脑为主的深部脑出血微创手术(由其神经内镜血肿清除术)已广泛开展并积累了较多证据，使得中西方在深部出血外科治疗策略上出现了差异。

手术器械、人群构成及临床经验均可能导致这一差异：ENRICH 所用 BrainPath 通道直径约 13.5 mm，而国内神经内镜常用更细的 6~7 mm 工作鞘，理论上脑组织牵拉更小。传统研究显示，西方脑出血以脑淀粉样血管病(CAA)相关的脑叶出血居多，中国人群则以高血压性深部出血为主，二者出血血管特点存在差异[1] [66] [67]。同时，国内大中心微创病例量持续增加，术者经验与技术熟练度也为广泛开展提供了支撑。

2024 年发布的《中国专家共识》指出，对于血肿体积>30 ml 的基底节高血压性脑出血患者，在具备相应技术条件的中心可考虑微创手术治疗，其中神经内镜技术被认为具有一定优势，并强调术前 DTI 评估皮质脊髓束以优化入路、保护白质纤维束[57]。除此之外中国目前正在开展 NESICH (NeuroEndoscopic Surgery for Intracerebral Hemorrhage)多中心随机对照研究，计划纳入约 560 例深部脑出血患者，以比较神经内镜手术与保守治疗的疗效差异，该研究结果预计将为深部脑出血的微创手术治疗提供进一步的循证证据[68]。

### 7. 基于多模态评估的治疗决策框架

基于上述影像学评估及临床试验证据，对于非脑疝的自发性脑出血患者，可提出一个基于多模态评估的临床决策框架，以辅助早期风险分层及治疗策略制定。

#### 7.1. 初始临床评估阶段

首先应进行系统的临床评估。GCS 评分用于评估患者意识水平，而 NIHSS 评分可用于量化神经功能缺损程度。同时应重点评估既往抗凝或抗血小板药物使用史及高血压等危险因素。

随后进行非增强头颅 CT (NCCT)检查，通过 ABC/2 法或多田公式估算血肿体积，并识别与血肿扩张相关的影像学征象，如混合征、岛征、黑洞征及液平征。若存在上述影像学征象，则提示血肿可能具有较高的扩张风险，需要加强监测及管理

#### 7.2. 进一步影像学评估

在无明显禁忌的情况下，可进行 CTA 检查以评估出血活动性。CTA 点征(spot sign)阳性通常提示活动性出血及血肿扩张风险增加。此外，CTA 还可用于筛查潜在血管异常，并辅助进行 SMASH-U 病因分类[69]。

在患者生命体征稳定且条件允许的情况下，可考虑进行 MRI 及弥散张量成像(DTI)检查。DTI 可用于评估皮质脊髓束(corticospinal tract, CST)的完整性，并辅助规划手术路径，例如选择旁白质纤维束入路以减少对白质传导束的损伤。

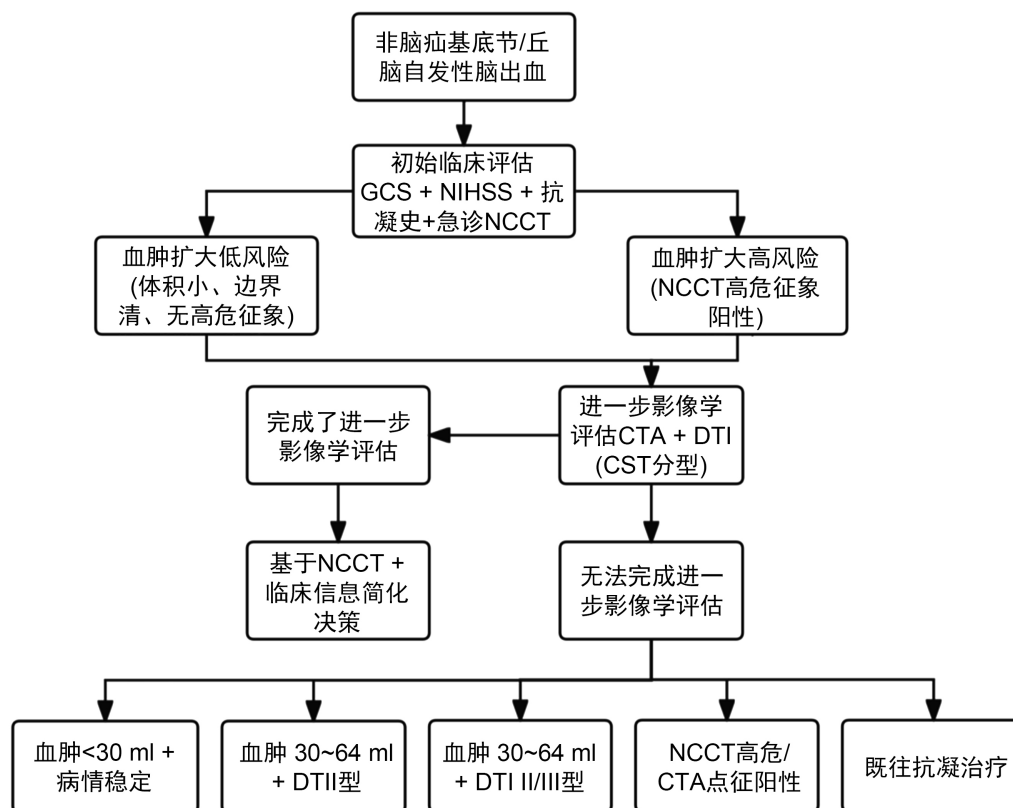
#### 7.3. 综合治疗决策

在完成临床评估及影像学分层后，依据表 2 可根据体积、影像学稳定性及 DTI 特征进行综合决策。

在此基础上，整合临床评分、血肿体积、影像学高危征象及 DTI 分型指标，建立多步骤、可逐级筛选的非脑疝自发性脑出血分层治疗流程，更直观体现临床动态决策思路，详见图 1。

**Table 2.** Treatment strategy reference for patients with spontaneous cerebral hemorrhage without cerebral hernia  
**表 2.** 非脑疝自发性脑出血患者治疗策略参考

患者特征	可能的治疗策略	主要证据或依据
基底节/丘脑出血<30 ml 且病情稳定	一般采取内科保守治疗	现有研究提示手术对该人群的明确获益尚不确定
基底节/丘脑出血 30~64 mL 且 DTI 提示纤维束受压移位	可考虑微创血肿清除(如神经内镜)	中国专家共识提示减压可能改善功能恢复[58]
基底节/丘脑出血 30~64 mL 且 DTI 提示纤维束结构破坏	手术获益可能有限, 需个体化决策	纤维束结构损伤可能限制神经功能恢复
CTA 点征阳性或 NCCT 提示血肿扩张高风险	需加强监测, 并根据病情考虑早期干预	影像学研究显示上述征象与血肿扩张风险相关[29]
既往抗凝治疗患者	通常需首先逆转凝血功能后再评估手术指征	AHA/ASA 指南建议优先纠正凝血异常[1]
无法完成 CTA 及 DTI 检查(设备/病情/禁忌)	血肿<30 ml: 内科保守治疗; 血肿 30~64 ml 且无高危征象: 可考虑微创; 合并高危征象: 加强监护 + 早期干预	中国脑出血诊治指南推荐 NCCT 为首选初始评估手段[2]



**Figure 1.** Multimodal clinical decision-making process of spontaneous intracerebral hemorrhage without cerebral hernia

**图 1.** 非脑疝自发性脑出血多模态临床决策流程

## 8. 总结与展望

对于基底节及丘脑非脑疝自发性脑出血这一特殊患者，治疗决策慢慢从依赖单一的临床指标，变为基于影像学及各种评分结合评估的个体化治疗方案。这一转变标志着自发性脑出血(sICH)治疗进入了更加精准化的新阶段。

在自发性脑出血(sICH)的治疗中，影像学在手术决策的应用正在经历快速发展。影像学评估通过前瞻性应用，可以有效地识别血肿扩展风险较高的患者。通过利用 NCCT 和 CTA 等影像学标志物，可以提前发现“不稳定”患者，及时进行干预，从而降低死亡率。其次，弥散张量成像(DTI)为临床提供了更加精准的神经纤维束评估工具，帮助医生区分纤维束的推移与断裂，并筛选出那些能够从减压手术中获益的患者。在手术过程中，DTI 技术通过引导经脑沟旁白质入路的规划，能够最大限度减少对正常脑组织的损伤，实现精确的穿刺，进而保护患者的神经功能。神经内镜技术在中国得到了广泛应用，并逐渐成为深部脑出血手术的首选。其细小通道、优良的视野和精准的止血能力，能够有效提高手术的安全性和疗效。随着 NESICH 研究的进行，神经内镜技术有望为深部脑出血患者提供更多循证证据，并验证其在基底节出血治疗中的应用价值。

当前，针对该特殊亚群的研究仍存在诸多不足：现有血肿扩大预测模型缺乏针对性，DTI 纤维束分层对术后预后的价值也有待验证，内镜与保守治疗的疗效对比也缺少基于 DTI 亚组的深入分析。未来围绕精准预测、DTI 分层预后及个体化治疗开展研究，有助于进一步优化该类患者的诊疗策略，改善功能预后。

## 参考文献

- [1] Greenberg, S.M., Ziai, W.C., Cordonnier, C., Dowlatshahi, D., Francis, B., Goldstein, J.N., *et al.* (2022) 2022 Guideline for the Management of Patients with Spontaneous Intracerebral Hemorrhage: A Guideline from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*, **53**, e282-e361. <https://doi.org/10.1161/str.0000000000000407>
- [2] 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. 中国脑出血诊治指南(2019) [J]. 中华神经科杂志, 2019, 52(12): 994-1005.
- [3] Li, X., Zhang, L., Wolfe, C.D.A. and Wang, Y. (2022) Incidence and Long-Term Survival of Spontaneous Intracerebral Hemorrhage over Time: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Neurology*, **13**, Article ID: 819737. <https://doi.org/10.3389/fneur.2022.819737>
- [4] Wang, H., Lin, J., Zhao, F., Zhang, X., Wang, L., Zhang, C., *et al.* (2026) Burden of Intracerebral Hemorrhage in Asia from 1990 to 2030: A Population-Based Study. *Neuroepidemiology*, **60**, 55-68. <https://doi.org/10.1159/000543638>
- [5] Magid-Bernstein, J., Girard, R., Polster, S., Srinath, A., Romanos, S., Awad, I.A., *et al.* (2022) Cerebral Hemorrhage: Pathophysiology, Treatment, and Future Directions. *Circulation Research*, **130**, 1204-1229. <https://doi.org/10.1161/circresaha.121.319949>
- [6] Li, R. and Yang, M. (2017) A Comparative Study of the Blend Sign and the Black Hole Sign on CT as a Predictor of Hematoma Expansion in Spontaneous Intracerebral Hemorrhage. *BioScience Trends*, **11**, 682-687. <https://doi.org/10.5582/bst.2017.01283>
- [7] Chen, Y., Chen, S., Chang, J., Wei, J., Feng, M. and Wang, R. (2021) Perihematomal Edema after Intracerebral Hemorrhage: An Update on Pathogenesis, Risk Factors, and Therapeutic Advances. *Frontiers in Immunology*, **12**, Article ID: 740632. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.740632>
- [8] Mendelow, A., Gregson, B., Fernandes, H., Murray, G., Teasdale, G., Hope, D., *et al.* (2005) Early Surgery versus Initial Conservative Treatment in Patients with Spontaneous Supratentorial Intracerebral Haematomas in the International Surgical Trial in Intracerebral Haemorrhage (STICH): A Randomised Trial. *The Lancet*, **365**, 387-397. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(05\)70233-6](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(05)70233-6)
- [9] Mendelow, A.D., Gregson, B.A., Rowan, E.N., Murray, G.D., Gholkar, A. and Mitchell, P.M. (2013) Early Surgery versus Initial Conservative Treatment in Patients with Spontaneous Supratentorial Lobar Intracerebral Haematomas (STICH II): A Randomised Trial. *The Lancet*, **382**, 397-408. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(13\)60986-1](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(13)60986-1)
- [10] Steiner, T., Salman, R.A., Beer, R., Christensen, H., Cordonnier, C., Csiba, L., *et al.* (2014) European Stroke Organisation (ESO) Guidelines for the Management of Spontaneous Intracerebral Hemorrhage. *International Journal of Stroke*,

- 9, 840-855. <https://doi.org/10.1111/ijs.12309>
- [11] Hemphill, J.C., Greenberg, S.M., Anderson, C.S., Becker, K., Bendok, B.R., Cushman, M., *et al.* (2015) Guidelines for the Management of Spontaneous Intracerebral Hemorrhage: A Guideline for Healthcare Professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*, **46**, 2032-2060. <https://doi.org/10.1161/str.0000000000000069>
- [12] Steiner, T., Purrucker, J.C., Aguiar de Sousa, D., Apostolaki-Hansson, T., Beck, J., Christensen, H., *et al.* (2025) European Stroke Organisation (ESO) and European Association of Neurosurgical Societies (EANS) Guideline on Stroke Due to Spontaneous Intracerebral Haemorrhage. *European Stroke Journal*, **10**, 1007-1086. <https://doi.org/10.1177/23969873251340815>
- [13] Pradilla, G., Ratcliff, J.J., Hall, A.J., Saville, B.R., Allen, J.W., Paulon, G., *et al.* (2024) Trial of Early Minimally Invasive Removal of Intracerebral Hemorrhage. *New England Journal of Medicine*, **390**, 1277-1289. <https://doi.org/10.1056/nejmoa2308440>
- [14] Lin, F., He, Q., Zhuo, L., Zhao, M., Ye, G., Gao, Z., *et al.* (2023) A Nomogram Predictive Model for Long-Term Survival in Spontaneous Intracerebral Hemorrhage Patients without Cerebral Herniation at Admission. *Scientific Reports*, **13**, Article No. 3146. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-26176-0>
- [15] Peng, J., Wang, S., Wang, J., Liu, B., Yuan, Y. and Yin, L. (2025) Predictive Modeling of Brain Herniation Risk Factors and Critical Thresholds in Spontaneous Intracerebral Hemorrhage: A Pilot Study. *Frontiers in Neurology*, **16**, Article ID: 1612346. <https://doi.org/10.3389/fneur.2025.1612346>
- [16] Bodien, Y.G., Barra, A., Temkin, N.R., Barber, J., Foreman, B., Vassar, M., *et al.* (2021) Diagnosing Level of Consciousness: The Limits of the Glasgow Coma Scale Total Score. *Journal of Neurotrauma*, **38**, 3295-3305. <https://doi.org/10.1089/neu.2021.0199>
- [17] Andraos, C., Siddiqi, A., Brazdzionis, J. and Siddiqi, J. (2025) Limitations of the Glasgow Coma Scale: Challenges and Considerations. *Cureus*, **17**, e78900. <https://doi.org/10.7759/cureus.78900>
- [18] Kazaryan, S.A., Shkirkova, K., Saver, J.L., Liebeskind, D.S., Starkman, S., Bulic, S., *et al.* (2024) The National Institutes of Health Stroke Scale Is Comparable to the ICH Score in Predicting Outcomes in Spontaneous Acute Intracerebral Hemorrhage. *Frontiers in Neurology*, **15**, Article ID: 1401793. <https://doi.org/10.3389/fneur.2024.1401793>
- [19] Geng, Z., Yang, C., Zhao, Z., Yan, Y., Guo, T., Liu, C., *et al.* (2024) Development and Validation of a Machine Learning-Based Predictive Model for Assessing the 90-Day Prognostic Outcome of Patients with Spontaneous Intracerebral Hemorrhage. *Journal of Translational Medicine*, **22**, Article No. 236. <https://doi.org/10.1186/s12967-024-04896-3>
- [20] Hemphill, J.C., Bonovich, D.C., Besmertis, L., Manley, G.T. and Johnston, S.C. (2001) The ICH Score: A Simple, Reliable Grading Scale for Intracerebral Hemorrhage. *Stroke*, **32**, 891-897. <https://doi.org/10.1161/01.str.32.4.891>
- [21] Suo, Y., Chen, W.Q., Pan, Y.S., Peng, Y., Yan, H., Zhao, X., *et al.* (2018) The Max-Intracerebral Hemorrhage Score Predicts Long-Term Outcome of Intracerebral Hemorrhage. *CNS Neuroscience & Therapeutics*, **24**, 1149-1155. <https://doi.org/10.1111/cns.12846>
- [22] Schmidt, F.A., Liotta, E.M., Prabhakaran, S., Naidech, A.M. and Maas, M.B. (2018) Assessment and Comparison of the Max-Ich Score and ICH Score by External Validation. *Neurology*, **91**, e939-e946. <https://doi.org/10.1212/wnl.00000000000006117>
- [23] Rost, N.S., Smith, E.E., Chang, Y., Snider, R.W., Chanderraj, R., Schwab, K., *et al.* (2008) Prediction of Functional Outcome in Patients with Primary Intracerebral Hemorrhage: The FUNC Score. *Stroke*, **39**, 2304-2309. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.107.512202>
- [24] Kiyohara, T., Matsuo, R., Irie, F., Nakamura, K., Hata, J., Wakisaka, Y., *et al.* (2025) Functional Outcome Prediction in Japanese Patients with Nonsurgical Intracerebral Hemorrhage: The FSR ICH Score. *Cerebrovascular Diseases*, **54**, 718-725. <https://doi.org/10.1159/000543362>
- [25] Davis, S.M., Broderick, J., Hennerici, M., Brun, N.C., Diringer, M.N., Mayer, S.A., *et al.* (2006) Hematoma Growth Is a Determinant of Mortality and Poor Outcome after Intracerebral Hemorrhage. *Neurology*, **66**, 1175-1181. <https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000208408.98482.99>
- [26] Dowlatshahi, D., Demchuk, A.M., Flaherty, M.L., Ali, M., Lyden, P.L. and Smith, E.E. (2011) Defining Hematoma Expansion in Intracerebral Hemorrhage: Relationship with Patient Outcomes. *Neurology*, **76**, 1238-1244. <https://doi.org/10.1212/wnl.0b013e3182143317>
- [27] Demchuk, A.M., Dowlatshahi, D., Rodriguez-Luna, D., Molina, C.A., Blas, Y.S., Dzialowski, I., *et al.* (2012) Prediction of Haematoma Growth and Outcome in Patients with Intracerebral Haemorrhage Using the CT-Angiography Spot Sign (PREDICT): A Prospective Observational Study. *The Lancet Neurology*, **11**, 307-314. [https://doi.org/10.1016/s1474-4422\(12\)70038-8](https://doi.org/10.1016/s1474-4422(12)70038-8)
- [28] Boulouis, G., Morotti, A., Charidimou, A., Dowlatshahi, D. and Goldstein, J.N. (2017) Noncontrast Computed Tomography Markers of Intracerebral Hemorrhage Expansion. *Stroke*, **48**, 1120-1125. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.116.015062>

- [29] Yogendrakumar, V., Moores, M., Sikora, L., Shamy, M., Ramsay, T., Fergusson, D., *et al.* (2020) Evaluating Hematoma Expansion Scores in Acute Spontaneous Intracerebral Hemorrhage: A Systematic Scoping Review. *Stroke*, **51**, 1305-1308. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.119.028574>
- [30] Pensato, U., Tanaka, K., Kaveeta, C., Ospel, J., Horn, M., Rodriguez-Luna, D., *et al.* (2025) Stepwise Improvement in Intracerebral Haematoma Expansion Prediction with Advanced Imaging: A Comprehensive Comparison of Existing Scores. *Stroke and Vascular Neurology*, **10**, 683-690. <https://doi.org/10.1136/svn-2024-003988>
- [31] Wang, X., Arima, H., Al-Shahi Salman, R., Woodward, M., Heeley, E., Stapf, C., *et al.* (2015) Clinical Prediction Algorithm (BRAIN) to Determine Risk of Hematoma Growth in Acute Intracerebral Hemorrhage. *Stroke*, **46**, 376-381. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.114.006910>
- [32] Morotti, A., Dowlatshahi, D., Boulouis, G., Al-Ajlan, F., Demchuk, A.M., Aviv, R.I., *et al.* (2018) Predicting Intracerebral Hemorrhage Expansion with Noncontrast Computed Tomography: The BAT Score. *Stroke*, **49**, 1163-1169. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.117.020138>
- [33] Huang, Y., Zhang, Q. and Yang, M. (2018) A Reliable Grading System for Prediction of Hematoma Expansion in Intracerebral Hemorrhage in the Basal Ganglia. *BioScience Trends*, **12**, 193-200. <https://doi.org/10.5582/bst.2018.01061>
- [34] Brouwers, H.B., Chang, Y., Falcone, G.J., Cai, X., Ayres, A.M., Battey, T.W.K., *et al.* (2014) Predicting Hematoma Expansion after Primary Intracerebral Hemorrhage. *JAMA Neurology*, **71**, Article 158. <https://doi.org/10.1001/jamaneurol.2013.5433>
- [35] Delgado Almandoz, J.E., Yoo, A.J., Stone, M.J., Schaefer, P.W., Goldstein, J.N., Rosand, J., *et al.* (2009) Systematic Characterization of the Computed Tomography Angiography Spot Sign in Primary Intracerebral Hemorrhage Identifies Patients at Highest Risk for Hematoma Expansion: The Spot Sign Score. *Stroke*, **40**, 2994-3000. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.109.554667>
- [36] Zhang, D., Chen, J., Xue, Q., Du, B., Li, Y., Chen, T., *et al.* (2018) Heterogeneity Signs on Noncontrast Computed Tomography Predict Hematoma Expansion after Intracerebral Hemorrhage: A Meta-Analysis. *BioMed Research International*, **2018**, Article ID: 6038193. <https://doi.org/10.1155/2018/6038193>
- [37] Ji, Z., Hao, Y., Gao, B., Zhang, X., Zhang, Y., Jia, J., *et al.* (2025) Quantitative Shape Irregularity and Density Heterogeneity Predict Hematoma Expansion in Patients with Intracerebral Hemorrhage. *Annals of Clinical and Translational Neurology*, **12**, 2068-2076. <https://doi.org/10.1002/acn3.70141>
- [38] Hillal, A., Ullberg, T., Ramgren, B. and Wassélius, J. (2022) Computed Tomography in Acute Intracerebral Hemorrhage: Neuroimaging Predictors of Hematoma Expansion and Outcome. *Insights into Imaging*, **13**, Article No. 180. <https://doi.org/10.1186/s13244-022-01309-1>
- [39] Li, Q., Yang, W., Wang, X., Cao, D., Zhu, D., Lv, F., *et al.* (2017) Blend Sign Predicts Poor Outcome in Patients with Intracerebral Hemorrhage. *PLOS ONE*, **12**, e0183082. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183082>
- [40] Yu, Z., Zheng, J., Guo, R., Ma, L., Li, M., Wang, X., *et al.* (2017) Performance of Blend Sign in Predicting Hematoma Expansion in Intracerebral Hemorrhage: A Meta-Analysis. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, **163**, 84-89. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2017.10.017>
- [41] Li, Q., Zhang, G., Xiong, X., Wang, X., Yang, W., Li, K., *et al.* (2016) Black Hole Sign: Novel Imaging Marker that Predicts Hematoma Growth in Patients with Intracerebral Hemorrhage. *Stroke*, **47**, 1777-1781. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.116.013186>
- [42] Law, Z.K., Ali, A., Krishnan, K., Bischoff, A., Appleton, J.P., Scutt, P., *et al.* (2020) Noncontrast Computed Tomography Signs as Predictors of Hematoma Expansion, Clinical Outcome, and Response to Tranexamic Acid in Acute Intracerebral Hemorrhage. *Stroke*, **51**, 121-128. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.119.026128>
- [43] Zheng, J., Yu, Z., Guo, R., Li, H., You, C. and Ma, L. (2018) Meta-Analysis of Predictive Significance of the Black Hole Sign for Hematoma Expansion in Intracerebral Hemorrhage. *World Neurosurgery*, **115**, e711-e716. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.04.140>
- [44] Li, Q., Liu, Q., Yang, W., Wang, X., Zhao, L., Xiong, X., *et al.* (2017) Island Sign: An Imaging Predictor for Early Hematoma Expansion and Poor Outcome in Patients with Intracerebral Hemorrhage. *Stroke*, **48**, 3019-3025. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.117.017985>
- [45] Shimoda, Y., Ohtomo, S., Arai, H., Okada, K. and Tominaga, T. (2017) Satellite Sign: A Poor Outcome Predictor in Intracerebral Hemorrhage. *Cerebrovascular Diseases*, **44**, 105-112. <https://doi.org/10.1159/000477179>
- [46] Yang, H., Luo, Y., Chen, S., Luo, X., Li, B., Chen, S., *et al.* (2020) The Predictive Accuracy of Satellite Sign for Hematoma Expansion in Intracerebral Hemorrhage: A Meta-Analysis. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, **197**, Article 106139. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2020.106139>
- [47] Boulouis, G., Morotti, A., Brouwers, H.B., Charidimou, A., Jessel, M.J., Auriel, E., *et al.* (2016) Association between Hypodensities Detected by Computed Tomography and Hematoma Expansion in Patients with Intracerebral Hemorrhage. *JAMA Neurology*, **73**, 961-968. <https://doi.org/10.1001/jamaneurol.2016.1218>

- [48] Boulouis, G., Morotti, A., Brouwers, H.B., Charidimou, A., Jessel, M.J., Auriel, E., *et al.* (2016) Noncontrast Computed Tomography Hypodensities Predict Poor Outcome in Intracerebral Hemorrhage Patients. *Stroke*, **47**, 2511-2516. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.116.014425>
- [49] Selariu, E., Zia, E., Brizzi, M. and Abul-Kasim, K. (2012) Swirl Sign in Intracerebral Haemorrhage: Definition, Prevalence, Reliability and Prognostic Value. *BMC Neurology*, **12**, Article No. 109. <https://doi.org/10.1186/1471-2377-12-109>
- [50] Pflieger, M.J., Hardee, E.P., Contant, C.F., *et al.* (1994) Sensitivity and Specificity of Fluid-Blood Levels for Coagulopathy in Acute Intracerebral Hematomas. *American Journal of Neuroradiology*, **15**, 217-223.
- [51] Xu, X., Zhang, J., Yang, K., Wang, Q., Xu, B. and Chen, X. (2018) Accuracy of Spot Sign in Predicting Hematoma Expansion and Clinical Outcome: A Meta-Analysis. *Medicine*, **97**, e11945. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000011945>
- [52] Ciura, V.A., Brouwers, H.B., Pizzolato, R., Ortiz, C.J., Rosand, J., Goldstein, J.N., *et al.* (2014) Spot Sign on 90-Second Delayed Computed Tomography Angiography Improves Sensitivity for Hematoma Expansion and Mortality: Prospective Study. *Stroke*, **45**, 3293-3297. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.114.005570>
- [53] Urday, S., Beslow, L.A., Dai, F., Zhang, F., Battey, T.W.K., Vashkevich, A., *et al.* (2016) Rate of Perihematomal Edema Expansion Predicts Outcome after Intracerebral Hemorrhage. *Critical Care Medicine*, **44**, 790-797. <https://doi.org/10.1097/ccm.0000000000001553>
- [54] Butcher, K.S., Jeerakathil, T., Hill, M., Demchuk, A.M., Dowlatsahi, D., Coutts, S.B., *et al.* (2013) The Intracerebral Hemorrhage Acutely Decreasing Arterial Pressure Trial. *Stroke*, **44**, 620-626. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.111.000188>
- [55] McCourt, R., Gould, B., Gioia, L., Kate, M., Coutts, S.B., Dowlatsahi, D., *et al.* (2014) Cerebral Perfusion and Blood Pressure Do Not Affect Perihematoma Edema Growth in Acute Intracerebral Hemorrhage. *Stroke*, **45**, 1292-1298. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.113.003194>
- [56] Haris, M., Gupta, R.K., Husain, N., Hasan, K.M., Husain, M. and Narayana, P.A. (2006) Measurement of DTI Metrics in Hemorrhagic Brain Lesions: Possible Implication in MRI Interpretation. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, **24**, 1259-1268. <https://doi.org/10.1002/jmri.20778>
- [57] 中国医师协会神经外科医师分会, 中华医学会神经外科学分会, 中国卒中学会脑出血微创治疗分会, 重庆市医学会卒中分会. 基于白质纤维束保护的幕上高血压性脑出血手术治疗专家共识(2024 版) [J]. 中华医学杂志, 2024, 104(33): 3096-3109.
- [58] Jung, Y.J. and Jang, S.H. (2012) The Fate of Injured Corticospinal Tracts in Patients with Intracerebral Hemorrhage: Diffusion Tensor Imaging Study. *American Journal of Neuroradiology*, **33**, 1775-1778. <https://doi.org/10.3174/ajnr.a3027>
- [59] Cummins, D.D., Rifi, Z., Kalagara, R., Javin Bose, S., Agosto, K., Lefton, D., *et al.* (2025) Corticospinal Tractography and Motor Function in Patients Undergoing Intracerebral Hemorrhage Evacuation. *Stroke: Vascular and Interventional Neurology*, **5**, e001876. <https://doi.org/10.1161/svin.125.001876>
- [60] Aziz, Y.N., Langefeld, C.D., Comeau, M.E., Marion, M.C., Behymer, T.P., Gilkerson, L.A., *et al.* (2025) Association of Corticospinal Tract Asymmetry with Ambulatory Ability after Intracerebral Hemorrhage. *Annals of Clinical and Translational Neurology*, **13**, 948-957. <https://doi.org/10.1002/acn3.70266>
- [61] Boren, S.B., Savitz, S.I., Gonzales, N., Hasan, K., Becerril-Gaitan, A., Maroufy, V., *et al.* (2024) Longitudinal Morphometric Changes in the Corticospinal Tract Shape after Hemorrhagic Stroke. *Translational Stroke Research*, **15**, 893-901. <https://doi.org/10.1007/s12975-023-01168-y>
- [62] Qiu, S., Liu, T., Cao, G., Wu, K. and Zhao, T. (2019) Treatment of Intracranial Hemorrhage with Neuroendoscopy Guided by Body Surface Projection. *Medicine*, **98**, e15503. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000015503>
- [63] Hanley, D.F., Thompson, R.E., Rosenblum, M., Yenokyan, G., Lane, K., McBee, N., *et al.* (2019) 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. *The Lancet*, **393**, 1021-1032. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(19\)30195-3](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(19)30195-3)
- [64] Awad, I.A., Polster, S.P., Carrión-Penagos, J., Thompson, R.E., Cao, Y., Stadnik, A., *et al.* (2019) Surgical Performance Determines Functional Outcome Benefit in the Minimally Invasive Surgery Plus Recombinant Tissue Plasminogen Activator for Intracerebral Hemorrhage Evacuation (MISTIE) Procedure. *Neurosurgery*, **84**, 1157-1168. <https://doi.org/10.1093/neuros/nyz077>
- [65] Polster, S.P., Carrión-Penagos, J., Lyne, S.B., Gregson, B.A., Cao, Y., Thompson, R.E., *et al.* (2021) Intracerebral Hemorrhage Volume Reduction and Timing of Intervention versus Functional Benefit and Survival in the MISTIE III and STICH Trials. *Neurosurgery*, **88**, 961-970. <https://doi.org/10.1093/neuros/nyaa572>
- [66] 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. 中国脑淀粉样血管病诊治共识(2023 版) [J].

---

中华神经科杂志, 2024, 57(10): 1051-1074.

- [67] 陈玮琪, 徐佳洁, 陆瑶, 王玲, 曹瑾怡, 陈鸿宾, 郭蕾, 吕琰琛, 等. 中国脑小血管病的神经影像学诊断标准及名词标准化定义——来自中国卒中学会的专家共识[J]. 中国卒中杂志, 2024, 19(4): 375-404.
- [68] Wang, L., Zhou, T., Wang, P., Zhang, S., Yin, Y., Chen, L., *et al.* (2024) Efficacy and Safety of Neuroendoscopic Surgery for Intracerebral Hemorrhage: A Randomized, Controlled, Open-Label, Blinded Endpoint Trial (Nesich). *International Journal of Stroke*, **19**, 587-592. <https://doi.org/10.1177/17474930241232292>
- [69] Meretoja, A., Strbian, D., Putaala, J., Curtze, S., Haapaniemi, E., Mustanoja, S., *et al.* (2012) SMASH-U: A Proposal for Etiologic Classification of Intracerebral Hemorrhage. *Stroke*, **43**, 2592-2597. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.112.661603>