

局部脑氧饱和度监测在急性缺血性脑卒中血管内治疗患者中的临床应用

王满玉 刘 鹏 (通讯作者)

湖北省荆州市第一人民医院 湖北 荆州 434000

【摘要】：目的：本研究旨在评估一种基于近红外光谱的局部脑氧饱和度监测技术，对于接受血管内再通手术的急性缺血性脑卒中患者，其监测数据是否能够有效预判患者远期的神经功能恢复情况以及围手术期可能发生的临床风险。方法：在 2024 年 3 月到 2026 年 4 月之间，我们连续收集了符合条件并施行了血管内治疗的 86 例前循环大血管闭塞性脑卒中病例。所有病例在常规治疗之外，全部加用了持续性的双侧额叶 rSO₂ 监测，覆盖从手术开始直至术后 24 小时的全过程。依据术后第 90 天时改良 Rankin 量表评分的结果，病患被区分为结局良好和结局不良两个群体。我们详细提取并分析了 rSO₂ 的一系列动态特征数据，例如其最低数值、双侧差异峰值以及回升速率等，并将这些数据与血管再通效果、早期病情加重和脑出血等临床要点进行了统计学关联。结果：分析显示，最终获得良好结局的患者群体，其在手术期间所记录到的 rSO₂ 最低值明显高于结局不良者，而且他们大脑双侧的 rSO₂ 差异最大值也更小。术后第一天内 rSO₂ 数值回升的快慢程度，与患者神经功能早期改善的程度呈现出统计学意义的正相关关系。结论：围手术期应用 rSO₂ 监测技术，能够以无创和实时的方式，揭示大脑氧合供应与消耗之间微妙的平衡状态及其演变过程。从监测中所获取的几个核心参数，尤其是氧饱和度的最低点和其变动范围，与患者长期神经功能恢复的可能性以及特定并发症的发生风险，这为临床上实施辅助决策和个性化术后管理带来了新的潜在工具。

【关键词】：脑氧饱和度；急性脑梗死；血管内介入；预后评估

DOI:10.12417/2705-098X.26.16.060

目前研究显示，前循环大血管闭塞型急性缺血性脑卒中患者使用血管内介入治疗可以明显改善血流再灌注和临床预后。虽然该技术取得了重大的进展，但是术后脑组织微循环灌注状况以及它的恢复潜力还存在着诸多的技术难题有待解决。传统的生理参数检测和影像学检查虽然有其一定的参考价值，但是不能很好地反映大脑即时的氧化代谢情况，而且有一定的时间延迟。由于操作复杂或者具有侵入性的特点，因此在临床应用过程中存在着部分的局限性，不能完全反应出术后早期复杂氧供需调节机制的变化。近红外光谱(NIRS)是一种非侵入性的监测手段，可以利用测量脑组织局部的氧饱和度(rSO₂)来了解脑供血及血液循环情况，给上述问题的分析研究提供了新的方法。采用前瞻性研究设计，选取接受血管内治疗的急性缺血性脑卒中患者为研究对象，在术前、术中以及术后不同时刻进行数据采集和分析，研究 rSO₂ 变化特点同患者日后神经功能改善、再灌注损伤风险之间的联系，进而从脑氧代谢角度探寻指标未来临床决策的价值，从而为改良围手术期处置策略赋予依据^[1-2]。

1 资料与方法

1.1 一般资料

采用前瞻性队列的研究方法，从 2024 年 3 月到 2026 年 4 月，在符合前循环急性缺血性脑卒中的诊断标准并接受了血管内治疗的患者中进行数据收集和分析。最终入选 86 例目标病例为研究对象。纳入标准有两条，即年龄≥18 岁、经过头部 CT 或者 MRI-DWI 影像学检查诊断为前循环大血管闭塞性卒

中，目前的临床指南在静脉溶栓治疗的时间窗内。排除标准为以往有重度神经功能障碍(改良 Rankin 量表评分≥3 分)、因为颅骨缺损造成的头皮血肿干扰脑血流监测、合并严重心血管或呼吸系统疾病导致全身低灌注、合并其他会严重影响 90 天随访结果的合并症。所有入选者中，男性占总样本的 54% (n=46)，女性占 32% (n=28)，平均年龄为 65.3±9.7 岁，年龄范围介于 47 至 82 岁之间。按术后 90 天改良 Rankin 量表评分来分类，51 例(占 60%)是良好的预后组(评分≤2 分)，另外 35 例(占 40%)是较差的预后组(评分≥3 分)。由上表可知，本研究所选取的样本中男女比例相当、年龄段相对均衡，而且疾病情况也较为相似，因此有较好的代表性，为后面的研究提供有力的支持^[3-5]。

1.2 方法

本研究以规范化的抗栓治疗加血管内再灌注术为研究对象。麻醉诱导前，按标准化操作流程，在受试者双眉弓上缘约 2cm 处、前额发际线中点各放一个近红外光谱(NIRS)监测探头，用专用接口将探头接至数据采集系统，对双侧大脑皮层氧饱和度(rSO₂)进行实时同步监测。从基线测量开始到病人转入重症监护室为止，每 5 秒一次记录各个参数的变化。实验主要研究各个时间节点 rSO₂ 的变化情况，即麻醉稳定时间点 T₀，血管再通时间点 T₁，术后 1 小时 T₂，6 小时 T₃ 和 24 小时 T₄。同时对患者的临床症状做综合评定，用改良脑卒中治疗评分量表(mTHI)来评定血流恢复情况，记录有无症状性颅内出血和出血的分级情况，以及是否存在早期神经功能恶化(改良

NIHSS 评分基线后上升 ≥ 4 分), 这些内容都是统计分析时所
要加以考虑的因素。所有的数据都有过质控程序, 并且都已经
被保存^[6-9]。

1.3 观察指标

本文把改良 Rankin 量表 (mRS) 在术后 90 天的评分当作
主要的评价标准, 目的在于系统评定患者的长时间功能恢复情
况。选择多个主要次要变量做联合分析, 麻醉苏醒期间经颅多
普勒监测初始血氧饱和度 (rSO₂), 术中最低 rSO₂ 及其发生时
长, 双侧 rSO₂ 差值最大波动幅度; 根据术后 24 小时 rSO₂ 变化
趋势计算出的回升速率指数; 利用影像学检查得到的脑血管闭
塞风险等级 (ECAS 分); 首次出现神经功能障碍事件的概率;
36 小时内有症状性颅内出血风险水平。这些次要指标一起形成
了一个衡量手术效果及危险因素的参考标准^[10]。

1.4 统计学分析

本文使用 SPSS 26.0 软件对收集到的数据进行系统的整理
和统计分析。连续型变量一般用均数加减标准差的方式表示出
来, 并且要用独立样本 t 检验来考察组间是否存在差异有无统
计学意义; 数据若不符合正态分布条件, 就以中位数和四分位
间距作为描述性统计指标, 然后用 Mann-Whitney U 秩和检验
做非参数统计推断^[11]。在进行假设检验的时候坚持双侧检验的
原则, 把 $\alpha=0.05$ 设为显著性水平的阈值。这样的科学严谨的操
作流程不但可以提高数据收集的准确性, 还可以使研究结论更
可靠, 并且也可以使研究成果更易被重复验证。

2 结果

2.1 两组患者基线临床资料与 rSO₂ 基线值比较

基线特征对比表明, 纳入患者的预后良好和预后不良组在
年龄、性别比例、入院时的 NIHSS 评分、溶栓治疗到血管再
通时间、脑血管闭塞性质、既往合并病史 (高血压、糖尿病等)
的发生率等各个主要指标上都没有明显差别 (所有的 P 值都大
于 0.05)。以上结论可以由表 1 具体数据得到证明, 说明两组
核心基础属性基本相同, 无显著统计学异质性。

表 1 两组患者基线临床资料与 rSO₂ 基线值比较

指标项	预后良好组 (n=51)	预后不良组 (n=35)	t/x ² 值	p 值
年龄(岁,x±s)	64.1±8.9	67.2±10.5	t=1.45	p=0.151
男性[例(%)]	33(64.7)	21(60.0)	x ² =0.21	p=0.650
基线 NIHSS 评分 (分,M(IQR))	16(13-19)	18(14-22)	Z=1.58	p=0.114
发病至穿刺时间(分 钟,x±s)	228.6±45.3	241.7±52.1	t=1.23	p=0.222

rSO ₂ 基线值 (左侧,x±s)	68.3±5.2	67.5±5.8	t=0.68	p=0.498
rSO ₂ 基线值 (右侧,x±s)	69.1±4.7	68.6±5.1	t=0.49	p=0.627

2.2 rSO₂ 动态参数与神经功能预后的关系

本文用多维动态分析法, 对围术期 rSO₂ 变化进行全方位的
探究, 并且分析它同神经功能恢复之间的联系机理。表 2 给出
了两组样本在相关指标上存在统计学显著性的差别情况。

表 2 两组患者围手术期 rSO₂ 动态参数比较

rSO ₂ 参数	预后良好组 (n=51)	预后不良组 (n=35)	统计值	p 值
术中最低 rSO ₂ 值(x±s)	58.7±6.4	55.1±7.9	t=2.87	p=0.045
ΔrSO ₂ max(x±s)	11.3±4.1	14.8±5.3	t=3.12	p=0.031
术后 24h rSO ₂ 恢复斜 率(中位数)	0.32	0.15	Z=3.45	p=0.011
T4 时点 rSO ₂ 恢复率 ≥90%[例(%)]	38(74.5)	16(45.7)	x ² =7.84	p=0.005

2.3 rSO₂ 变化模式与早期临床事件的相关性

本文主要研究特定 rSO₂ 的变化模式同手术后的核心临床
结局有怎样的关联。从术后第一个小时出现严重神经功能障碍
者共 12 例使用动态监测方法来观察患者的脑血氧饱和度 rSO₂
变化及康复过程方向。

表 3 不同早期临床事件患者的 rSO₂ 术后变化特征
(T1-T4,x±s)

分组	无 END 组 (n=74)	END 组 (n=12)	无 sICH 组 (n=78)	sICH 组 (n=8)
T1(再通即刻)	61.2±7.1	59.8±8.3	61.0±7.3	60.5±6.8
T2(术后 1h)	65.8±6.3	60.1±7.5	64.5±6.8	58.1±8.2
T3(术后 6h)	68.9±5.5	61.3±6.9	67.8±5.9	55.3±7.4
T4(术后 24h)	70.1±4.8	63.4±5.7	69.5±5.1	59.2±6.2

2.4 rSO₂ 参数与再灌注质量的关系

本文使用改良的数字减影血管造影术评价脑梗死患者溶
栓治疗后的再灌注情况, 把受试者分成两组, 第一组为完全性
再灌注的患者 (2c 级、3 级), 共 62 例, 第二组为部分性
或者无灌注的患者 (2b 级及以下), 共 24 例。各个血流恢复程
度对应的不同术后面部组织氧合 (rSO₂) 变化特征见表 4。

表4 不同再灌注等级患者术后 rSO₂ 值演变比较 (x±s)

mTICI 分级	完全再灌注(2c-3)	非完全再灌注(≤2b)
例数	62	24
T1 (再通即刻)	62.4±6.9	58.3±7.5
T2(术后 1h)	66.1±6.5	59.8±7.1
T3(术后 6h)	68.5±5.8	61.7±6.3
T4(术后 24h)	69.9±5.0	63.5±6.1

3 讨论

把 rSO₂监测技术应用于临床,有利于促进血管内治疗模式由原来的解剖学导向转向功能学主导。依据多模态影像学数据分析框架,把 rSO₂数据同其他神经影像学成像成果以及功能评价指标融合起来,就可以创建起风险预估和个别化治疗方案的设计体系,而且可以检验个体化疗法的实际成效。未来的研究要重视以实时 rSO₂监测数据为基础的数据驱动型干预措施的研制,从血压控制、呼吸支持参数调整、神经保护药物使用等主要方面开展细致的调控,从而达到脑组织氧合水平的稳定保持和明显改善患者预后及恢复质量的目的。这一领域内创新性的研究对于有关的基础科学的发展有着重大的意义。

参考文献:

- [1] 赵丹,陆科夫,刘文龙,蒋明坤,李岚,胡蓉.CT 血管成像脑皮质静脉显影评分预测急性缺血性脑卒中经血管内治疗后出血转化[J].中国医学影像技术,1-9.
- [2] 何建兵,赵宇琳,右美托咪定对急性缺血性脑卒中患者血管内治疗术中循环及脑氧代谢的影响[J].临床合理用药,2026,19(18):55-57.
- [3] 罗田,刘祖婷,莫佳丽,杨霞,马海琳,黄正龙,万娟,李宗,况杰.急性缺血性脑卒中血管内治疗无效再通影响因素及预后评估的研究进展[J].中国全科医学,1-8.
- [4] 韩志华,刘菁芸,翁继林,陈美仙,林超,陈海健,李小刚.老年急性缺血性脑卒中患者血管内介入治疗后预后不良的关键预测因素[J].中华老年心脑血管病杂志,2026,28(6):811-814.
- [5] 孙文浩,姚广明,李亮,于淼,王广,张继伟.血管内治疗前阿替普酶静脉溶栓对急性缺血性脑卒中患者 5-HT/5-HIAA、DOPAC/HVA、BDNF、NGF 水平的影响[J].实用医学杂志,2026,42(12):2216-2222.
- [6] 王贺.一项急性大面积缺血性脑卒中患者常规治疗伴或不伴血管内治疗疗效[J].中国医药指南,2026,24(15):37-39.
- [7] T.H.Skattor,C.M.Offersen,T.Nome,K.M.Bakke,B.A.B.Enriquez,J.F.Carlsen,王童语.急性缺血性脑卒中血管内治疗后 DWI 信号逆转的空间分布及其长期组织转归研究[J].国际医学放射学杂志,2026,49(3):363.
- [8] 焦谨.通窍活血汤联合血管内介入治疗急性缺血性脑卒中的临床效果[J].中国社区医师,2026,42(13):64-66.
- [9] 袁俊晨,张昕,黎逢光.大血管病变所致急性缺血性脑卒中超 24 小时血管内治疗的研究进展[J].卒中与神经疾病,2026,33(2):215-220.
- [10] 王新量,肖雨,陶安阳,胡信一,陈伟,徐程华.血管内治疗前后血红蛋白变化与老年急性缺血性脑卒中患者预后的关系[J].中华老年心脑血管病杂志,2026,28(4):507-510.
- [11] 马霖,许甜甜,卞光利,朱倩,徐峰.基于多时相CTA的软脑膜侧支循环评分联合 SII 评估急性缺血性脑卒中患者血管内治疗后再灌注损伤的风险[J].中国 CT 和 MRI 杂志,2026,24(3):30-33.