

局部脑氧饱和度监测技术在术后认知功能障碍预测中的应用进展

张子豪¹ 王 云^{2*}

1. 青海大学研究生院 青海西宁 810000

2. 青海省人民医院 青海西宁 810000

摘要: POCD (Postoperative Cognitive Dysfunction) 即术后认知功能障碍, 是一种常见于手术和麻醉后的中枢神经系统的并发症, 它表现为患者的学习能力、方向感、记忆力、决策能力和专注度等方面相对于手术前的状态有明显的降低^[1]。目前研究普遍认为认知能力的下降是暂时性的、有自愈性, 绝大部分被影响的患者最终都能恢复到术前水平, 然而一小部分可能遗留持续性的认知障碍, 甚至是发展为痴呆^[2]。早既往研究认为老年人群行心脏手术后的术后认知障碍 (POCD) 发病率较高。但最近研究已经显示各年龄组患者在接受全麻非心脏手术后均可能发生 POCD^[3]。POCD 造成患者术后恢复差, 延长住院时间, 增加住院成本, 需要长期康复支持。本文拟对局部脑氧饱和度监测技术应用于预测患者术后认知功能障碍方面的最新应用进展进行综述。

关键词: 术后认知功能障碍; 脑氧饱和度

一、POCD 概述

根据 DSM-V 中的认知障碍分类, POCD 是由于手术、麻醉等导致患者的神经认知和行为方面出现记忆力下降、空间感缺失、理解能力下降、注意力和逻辑性下降等变化的一类中枢神经系统并发症^[4]。其发生受年龄、手术前状态、手术类型、术中失血量、麻醉方式、麻醉药物、患者文化程度、多次手术、术后感染等因素的影响。目前 POCD 病理生理机制尚不明确, 尚有争议^[5]。POCD 的发病机制主要有炎症反应、神经损伤、神经突触功能障碍、胆碱能系统的损伤、睡眠障碍。大多数学者认为 POCD 是多种机制共同导致的结果, 但与脑的缺血缺氧相关性最大^[6]。目前 POCD 尚未得到统一和全面的诊断和评估机制, 可对患者术前、术后使用多种神经功能量表, 进行客观评价。全面的神经心理学测试是较理想的监测方式, 但费时费力的过程, 可能会影响临床患者的配合度。为减少诊断程序, 临床上常用 MoCA、MMSE、WAIS、韦克斯勒记忆量表 (VMS) 等方便和有效的量表工具进行筛查诊断^[7]。

二、局部脑氧饱和度监测技术

以近红外光谱技术 (NIRS) 为基础 Franz Jobsis 首次提出了使用 NIRS 技术来对大脑氧饱和度进行监测, 即局部脑氧饱和度监测 (rScO₂)^[8]。局部脑氧饱和度 (rSO₂) 检测仪采用近红外光范围内 (波长 700-1300nm) 的红外光能穿透生物组织的特性, 依据还原血红蛋白 (Reduced-

Hemoglobin) 和氧合血红蛋白 (Oxy-Hemoglobin) 的光吸收系数不同, 选用 700-850nm 的近红外光区分两者, 并建立了近红外光谱技术, 其数值通过比尔朗伯定律计算得出^[9], 代表监测区域与总血红蛋白 HbO₂ 的百分比, 以此来判断脑部有否存在缺氧缺血的情况。此种检查方式能够实时并持续监控大脑组织的供氧状况。与其他如侵入式监测技术、正电子发射断层扫描 (PET) 及经颅多普勒超声等手段相比, 这些技术的缺点包括存在创伤性、操作繁复或是成本过高等问题, 因此在医疗实践中使用受到限制。而 NIRS 作为一种非侵入式的、易用的工具, 可长时间追踪大脑组织的供氧状态, 这使得它在临床领域有着极大的实用意义。然而, rSO₂ 测量的是混合动脉-静脉血液中的氧饱和度, 而且每个患者的同个部位动脉-静脉比例可能会有所变化。虽然国内外已进行了许多试验和研究, 但目前仍没有确切的标准参考区间^[10]。大部分的研究表明, rSO₂ 应该保持在超过 50% 的绝对值或者是基准线的 80% 以上^[11]。

三、rSO₂ 检测与 POCD 相关性

血液中的葡萄糖氧化供给是脑组织能源的主要来源, 由于脑组织对缺血和缺氧非常敏感, 任何影响脑血流和脑氧供的因素都会引发脑组织缺氧, 引发 COPD。在围术期中, rSO₂ 水平及变量能够在一定程度上反映脑组织氧合水平, 通过及时干预采取相关措施, 可能会减少 POCD 的发生, 提高患者术后的恢复质量^[12]。最新研究

表明脑氧饱和度降低会增加术后意识功能障碍发生的风险^[13-15]。Monk等人开展一项大样本的前瞻性研究证明,术后的认知障碍与低 rSO_2 有关^[16]。SCHOEN等人研究显示,术前 rSO_2 正常但术中 rSO_2 绝对值绝对显著下降的患者发生POCD的几率更高,而且术前 rSO_2 低于59.5%的患者在手术后POCD发生率较高^[17]。这些研究说明术中 rSO_2 的下降以及术前的基线 rSO_2 较低是引起术后认知发生障碍的关键因素。

(一) 术前低 rSO_2 水平与POCD相关

围术期 rSO_2 代表患者动脉、静脉血和毛细血管的 PaO_2 , rSO_2 反映脑组织氧合状况并可以对术中脑氧合情况进行有意义的预测。 rSO_2 的改变和术后患者POCD的发生密切相关, rSO_2 下降,术后更容易发生POCD。另外,患者的一般身体状况也将影响 rSO_2 。有研究表明,随年龄增长, rSO_2 、HHb、O₂Hb也逐渐减低;糖尿病、心绞痛、充血性心力衰竭、短暂性脑缺血发作等均与脑组织氧合指数降低相关。围术期 rSO_2 基线值偏低可能提示较差的大脑氧供状况,可能是脑脆弱、易受损的一个征兆。围术期 rSO_2 基线值偏低的患者,在术中脑组织最低可接受的 rSO_2 降低幅度可能会变窄,需要关注以免发生脑组织缺氧^[18-19]。据Schoen等前瞻性研究证实术前基线 rSO_2 与择期心脏手术后的POCD相关,术前 rSO_2 值低于59.5%的患者术后更易发生POCD,且术前的基线 rSO_2 值越低,术后POCD发生率就越高^[17]。本研究表明术前低 rSO_2 可能是导致术后脑认知功能出现改变的一个危险因素。

(二) 术中 rSO_2 变异性与POCD相关

手术中重要器官的血供和氧供一直以来是麻醉医生工作中的关注重点,近年由于各种监测的改进及增加,对手术过程中脑组织灌注和氧供引起了大量的研究。有研究提示,手术中 rSO_2 下降高于基线超过20%时,缺血性脑卒中的风险将增加10倍,POCD的风险增加8倍^[20]。苏秀珠等研究认为,当老年患者接受肺部及心脏手术时,将脑组织 rSO_2 下降至基线值下降13%被认为是脑缺血的界限值,对其积极干预措施可以明显降低POCD发生率^[21]。此外有文献报道,手术后发生认知功能障碍的老年患者的 rSO_2 与无认知功能障碍组相比术中下降幅度更大^[22]。TANG等研究了76例接受胸外科手术的老年患者,对其在围手术期内 rSO_2 分别下降至<65%、<60%以及<55%,并分别于术前和术后24h行MMSE量表评分。结果发现,POCD的发生率与 rSO_2 绝对值低于65%成正比,并且POCD的程度与 rSO_2 低期间的持续时间相关^[23]。随机对照的Meta分析结果显示,术中应用 rSO_2 监测并指导麻醉

管理可以降低POCD的发生率^[24]。

尽管多数研究提出术中 rSO_2 的变化可能对于POCD发生有预测作用,但亦有研究结果提出不同意见。Zheng等通过近红外光谱对成人患者进行了神经系统状态的详细分析,结果显示术中的 rSO_2 水平与术后神经系统并发症可能存在相关性,但证据强度不高,同时亦缺乏证据表明提高 rSO_2 就可以预防POCD的发生^[25]。在一项随机试验的二次分析中显示,共有153名患者中有44名(29%)在出院时存在POCD。148例(95%)的患者中,在3个月以后POCD仍然存在。与发生POCD的患者组相比,未发生POCD的患者组 rSO_2 的中位数以及低于术前值10%的数据,在出院时或出院3个月后都没有差异。所以不管是在出院时还是在3个月后, rSO_2 变量无差异,认为术中 rSO_2 变化与POCD的发生无显著关联性^[26]。

(三) rSO_2 监测在心脏手术中的应用

心脏手术由于其手术特殊性,容易造成全身重要器官的供血供氧失衡,脑组织受缺血缺氧的打击比其他器官容易得多,轻度缺血缺氧就可能对脑细胞氧化代谢产生影响,进而引起神经细胞凋亡、胆碱能神经功能减退,最终产生神经功能并发症^[27]。因此心脏手术围手术期间神经功能并发症的发生率要高于其他手术,研究表明心血管手术术后三个月内POCD发生率约为9%~54%,非心血管手术术后三个月内POCD发生率为12%~21%^[28]。心脏手术术后高神经功能并发症引起各学科的高度关注,并引发了大量的研究。一项随机对照试验表明,在心脏手术中 rSO_2 辅助监测组与非 rSO_2 辅助监测组相比, rSO_2 辅助监测组的患者死亡率与术后并发症的发生率均显著降低,且患者在ICU的观察时间也较非 rSO_2 监测组更短^[29]。前瞻性的冠状动脉旁路移植研究表明:术中辅助监测 rSO_2 并积极采取干预措施将 rSO_2 维持在基线值的75%或以上可以显著降低患者死亡率、重要器官功能不全(机械通气时间>48h、脑卒中、心肌梗死等)发生率,并缩短了患者术后在ICU停留观察时间^[30]。根据近红外光局部脑氧与组织氧饱和度监测在心胸血管手术麻醉中应用的专家共识在心脏手术中单侧或双侧 rSO_2 较基线值相对降低超过20%或绝对值降低低于50%时应积极采取相应措施,包括:检查动静脉插管位置、头部位置、动脉血氧饱和度、MAP、中心静脉压、心脏指数、混合动静脉血氧饱和度、血红蛋白浓度等。综上在手术过程中监测 rSO_2 ,麻醉医生可以更加直观、及时地了解患者术中脑组织供血供氧的平衡状态,及早发现并改善脑组织灌注,有利于提高手术安全性,减少患者术后并发症的发生^[31]。

(四) rSO₂监测在非心脏手术中的应用

随着人们越来越重视手术中的患者认知能力,为更好监测患者术中大脑组织的灌注和氧合情况,提高患者术后的恢复能力,rSO₂监测技术在非心脏术中应用越来越广泛。在胸外科手术中通常采用双腔支气管插入术达到对肺分离的效果,但是该技术会引起严重的生理功能紊乱,出现严重的低氧血症,造成大脑组织中供氧量与需求量不平衡,导致rSO₂下降。据统计在单肺通气时有56%~70%的病人出现了rSO₂下降超过20%。并且在胸外科手术中rSO₂下降幅度、低rSO₂持续时间和术后神经系统并发症的发生率的增多与住院时间增加明显相关^[32-33]。术中监测rSO₂并积极干预,维持术中rSO₂波动范围在基本值变化的20%之内,会显著降低胸外科手术中单肺通气术后POCD的发生率,缩短患者PACU和ICU观察时间^[34]。rSO₂监测技术在骨科、神经外科、ECMO等学科和领域的研究中亦越来越受到重视,以及在临床中被广泛应用。一项154例老年骨科下肢手术患者的rSO₂监测可预测老年骨科下肢手术患者POCD的发生,提示适时进行干预调整,对降低老年骨科手术患者POCD的发生具有指导意义^[35]。

小结

rSO₂监测能够直观反映脑代谢变化评估脑组织氧合状态,特别是NIRS监测无创、连续性、监测方法较为简捷,易于临床实验研究的开展。虽然目前关于利用rSO₂对POCD进行准确判断预防的能力并未被完全确认,同时也没有证据表明可以借助提升rSO₂水平来预防或减缓POCD的发生概率。但大量实验以及数据证明两者存在关联,因此仍需进一步探索通过调节手术中rSO₂的水平实现减小POCD发生率,改善患者康复进程,减少术后并发症的可能。

参考文献

[1] Rundshagen I. Postoperative cognitive dysfunction. *Dtsch Arztebl Int.* 2014 Feb 21;111(8):119-25. doi: 10.3238/arztebl.2014.0119IF: 7.7 Q1 . PMID: 24622758; PMCID: PMC3959222.

[2] Krenk L, Rasmussen L S, Kehlet H. New insights into the pathophysiology of postoperative cognitive dysfunction[J]. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, 2010, 54(8). DOI:10.1111/j.1399-6576.2010.02268.x

[3] epous é, C A, Lautner, et al. Emergence delirium in adults in the post-anaesthesia care unit[J]. *British journal of*

anaesthesia, 2006

[4] Biying L, Dan H, Yunlu G, et al. Recent advances and perspectives of postoperative neurological disorders in the elderly surgical patients. [J]. *CNS neuroscience & therapeutics*, 2021, 28(4):470-483.

[5] 高璇, 仓静. 脑氧饱和度监测在预测术后认知功能障碍的应用进展[J]. *临床麻醉学杂志*, 2015, 31(08): 820-823.

[6] 赵倩文, 孙斌, 朱杨子, 等. 老年病人术后认知功能障碍诊断与干预策略的研究进展[J]. *实用老年医学*, 2024, 38(05): 447-451.

[7] 冉娇, 李雪寒. 术后认知障碍评估量表的研究进展[J]. *重庆医学*, 2022, 51(03): 533-537.

[8] Tayar AA, Abouelela A, Mohiuddeen K. Can the cerebral regional oxygen saturation be a perfusion parameter in shock? [J]. *J Crit Care*, 2017, 38: 164-167

[9] Yu P, Wang H, Mu L, et al. Effect of general anesthesia on serum β -amyloid protein and regional cerebral oxygen saturation of elderly patients after subtotal gastrectomy[J]. *Experimental and therapeutic medicine*, 2016. DOI:10.3892/etm.2016.3814.

[10] Arnaud F, Matthias J, Jean-Luc F. Four-wavelength near-infrared peripheral oximetry in cardiac surgery patients: a comparison between EQUANOX and O₃. [J]. *Journal of clinical monitoring and computing*, 2018, 32(2):253-259.

[11] 李阳. 近红外光谱技术测定国人脑氧饱和度基线值及其影响因素的研究[D]. 中国人民解放军陆军军医大学, 2023. DOI: 10.27001/d.cnki.gtjyu.2023.000282

[12] Zhili J, Di W. Application of regional cerebral oxygen saturation monitoring with near-infrared spectroscopy in peri-anesthesia management of elderly hypertensive patients undergoing shoulder arthroscopic surgery. [J]. *American journal of translational research*, 2021, 13(5):5568-5574.

[13] 丁超, 孙莉, 张燕等. 老年食管癌患者全身麻醉术后认知功能障碍与术中脑氧饱和度变化的关系[J]. *中国医刊*, 2012, 47(04): 42-44.

[14] 许高璇, 仓静. 脑氧饱和度监测在预测术后认知功能障碍的应用进展[J]. *临床麻醉学杂志*, 2015, 31(08): 820-823.

[15] 王雅婷, 仓静, 方芳. 影响术后认知功能障碍发生的非外科疾病因素研究进展[J]. *临床麻醉学杂志*, 2017, 33(01): 95-98.

- [16]Julika S ,Joscha M ,Hauke P , et al.Preoperative regional cerebral oxygen saturation is a predictor of postoperative delirium in on-pump cardiac surgery patients: a prospective observational trial.[J].Critical care (London, England),2011,15(5):R218.
- [17]Schoen J , Meyerrose J , Paarmann H ,et al.Preoperative regional cerebral oxygen saturation is a predictor of postoperative delirium in on-pump cardiac surgery patients: a prospective observational trial[J].Critical care (London, England), 2011, 15(5):R218.DOI:10.1186/cc10454.
- [18]Papadopoulos G ,Karanikolas M ,Liarmakopoulou A , et al.Baseline cerebral oximetry values in elderly patients with hip fractures: A prospective observational study[J].Injury,2011,42(11):1328-1332.
- [19]B A F ,Dmitry T ,E E W , et al.Changes in tissue and cerebral oxygenation following spinal anesthesia in infants: a prospective study.[J].Journal of anesthesia,2018,32(2):288-292.
- [20]Susano J M ,Dias M ,Seixas S F , et al.Association Among Preoperative Cognitive Performance, Regional Cerebral Oxygen Saturation, and Postoperative Delirium in Older Portuguese Patients.[J].Anesthesia and analgesia, 2020, 132(3):
- [21]苏秀珠, 张燕, 王丽萍.脑氧饱和度监测目标导向技术在老年患者围术期脑保护中的作用[J].中国医药导报, 2021, 18 (07): 95-98+112.DOI: 10.20047/j.issn1673-7210.2021.07.024
- [22]仇灵琴, 葛莉, 周海娇.术中监测局部脑氧饱和度和在老年直肠癌根治术患者POD中的预测价值[J].中国医药科学, 2024, 14 (06): 84-87.DOI: 10.20116/j.issn2095-0616.2024.06.19
- [23]L T ,R K ,R T , et al.Reduced cerebral oxygen saturation during thoracic surgery predicts early postoperative cognitive dysfunction.[J].British journal of anaesthesia, 2012, 108(4): 623-9.
- [24]Andres Z ,Ryan H ,C M G , et al.Intraoperative cerebral oximetry-based management for optimizing perioperative outcomes: a meta-analysis of randomized controlled trials.[J].Canadian journal of anaesthesia = Journal canadien d'anesthésie, 2018,65(5):529-542.
- [25]Zheng F, Sheinberg R, Yee MS, Ono M, Zheng Y, Hogue CW. Cerebral near-infrared spectroscopy monitoring and neurologic outcomes in adult cardiac surgery patients: a systematic review. *Anesth Analg.* 2013 Mar;116(3):663-76.
- [26]杨帆, 何施谦, 郭尹浩, 等.脑氧饱和度在术后神经认知障碍预测中的应用进展[J].麻醉安全与质控, 2024, 6 (02): 117-120.
- [27]刘畅, 薛云星, 陈杨, 等.脑氧饱和度监测与急性A型主动脉夹层患者术后脑卒中相关性的研究[J].中华心血管病杂志, 2022, 50 (8): 761-766. DOI: 10.3760/cma.j.cn112148-20220403-00237.
- [28]Evered LA, Silbert BS. Postoperative Cognitive Dysfunction and Noncardiac Surgery. *Anesth Analg.* 2018 Aug;127(2):496-505. doi: 10.1213/ANE.0000000000003514. PMID: 29889707.
- [29][1]Juan L T ,Su Y ,Hui C Z , et al.The Effect of Intraoperative Cerebral Oximetry Monitoring on Postoperative Cognitive Dysfunction and ICU Stay in Adult Patients Undergoing Cardiac Surgery: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis [J].Frontiers in Cardiovascular Medicine,2022,8814313-814313.
- [30]M J M J S A J R N , et al.Monitoring brain oxygen saturation during coronary bypass surgery: a randomized, prospective study.[J].Anesthesia and analgesia, 2007, 104(1): 51-8.
- [31]缪长虹.近红外光局部脑氧与组织氧饱和度监测在心胸血管手术麻醉中应用的专家共识(2023版)[J].临床麻醉学杂志, 2023, 39 (10): 1103-1110.
- [32]Hemmerling TM, Bluteau MC, Kazan R, Bracco D. Significant decrease of cerebral oxygen saturation during single-lung ventilation measured using absolute oximetry. *Br J Anaesth.* 2008 Dec;101(6):870-5. doi: 10.1093/bja/aen275. Epub 2008 Oct 3. PMID: 18835887.
- [33]Kazan R, Bracco D, Hemmerling TM. Reduced cerebral oxygen saturation measured by absolute cerebral oximetry during thoracic surgery correlates with postoperative complications. *Br J Anaesth.* 2009 Dec;103(6):811-6. doi: 10.1093/bja/aep309. PMID: 19918024.
- [34]Yu J W ,Ming L ,Pei W , et al.Goal-directed therapy based on rScO₂ monitoring in elderly patients with one-lung ventilation: a randomized trial on perioperative inflammation and postoperative delirium[J].Trials,2022,23(1):687-687.
- [35]李茜, 昂扬, 施敏, 等.脑氧饱和度监测对骨科高龄患者术后谵妄的预测价值[J].医学研究生学报, 2022, 35 (10): 1059-1063.DOI: 10.16571/j.cnki.1008-8199.2022.10.010.