

· 专家共识 ·

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)

中国心胸血管麻醉学会心血管麻醉分会 中国心胸血管麻醉学会胸科麻醉分会

近年来,近红外光监测(near-infrared spectroscopy, NIRS)局部脑组织氧饱和度(regional cerebral saturation oxygenation, rScO₂)或其他局部组织氧饱和度(regional tissue saturation oxygenation, rStO₂)逐渐用于临床,可以反映监测部位局部的氧供需平衡。由于脑组织极易遭受缺血和缺氧的打击,易发生严重并发症,NIRS用于脑氧监测极具价值^[1]。rScO₂监测与脑电图、脑血流监测和中枢神经损伤的生化指标检测相辅相成,为预防中枢神经系统缺血缺氧以及并发症的发生,具有重要的临床意义。

心胸血管手术围术期中枢神经系统并发症发生率明显高于其他手术^[2-3],导致患者的住院时间延长,医疗费用增加,对社会经济造成极大负担,其预防和治疗亦极具挑战性。基于NIRS对组织氧合监测极为敏感,国外多个指南已推荐将NIRS用于脑缺血缺氧高危患者^[1,4],但目前尚缺乏NIRS用于心胸血管手术围术期的系统性陈述与共识。因此,中国心胸血管麻醉学会心血管麻醉分会和胸科麻醉分会结合国内外文献,组织相关专家编写NIRS用于心胸血管手术的专家共识,有助于预防和治疗心胸血管手术中与术后的中枢神经系统并发症,实现患者术后快速康复。

本共识使用欧洲心脏协会(European Society of Cardiology, ESC)制定的证据等级和推荐强度分类方法,证据等级分为A、B、C三个级别,推荐强度分为I、II a、II b、III四个级别(表1)。

1 心胸血管手术后中枢神经系统并发症的发生率和围术期危险因素

1.1 心胸血管手术后中枢神经系统并发症的发生率

心胸血管手术围术期脑卒中发生率明显高于其他手术^[2],非心血管手术围术期脑卒中发生率约为0.1%,颈动脉手术为0.25%~3.0%,冠状动脉搭桥术为0.8%~3.2%,主动脉手术为4.7%~11.2%,经导管主动脉瓣置换术(transcatheter aortic valve replacement, TAVR)为2.0%~4.0%,胸主动脉腔内修复术为3.9%~6.3%。

心血管手术术后谵妄的发生率约为11.3%~51.6%^[3],远高于非心血管手术谵妄的发生率(1.4%~15%)^[4-5]。

术后认知功能障碍(postoperative cognitive dysfunction, POCD)的发生率与手术类型以及对POCD的定义有关,非心血管手术后3个月内POCD发生率为12%~21%^[6],心血管

表1 欧洲心脏协会证据等级和推荐强度分级

类别	具体描述
证据等级	
A	数据来源于多个临床随机对照试验或Meta分析
B	数据来源于一个随机对照试验或大样本非随机研究
C	专家共识、和(或)小样本研究、回顾性研究、注册资料
推荐强度	
I	证据和(或)一致意见认为某干预或操作有利、有效
II	认为某干预或操作有利、有效的证据相互矛盾或意见不一致
II a	更多证据或意见认为有利、有效
II b	较少证据或意见认为有利、有效
III	证据或一致意见认为某干预或操作无益、无效甚至有害

手术POCD发生率为9%~54%,在开放主动脉手术、TAVR和冠状动脉搭桥术中POCD发生率最高,为13%~65%^[7]。

1.2 围术期中枢神经系统并发症的危险因素

1.2.1 围术期脑卒中的危险因素

围术期脑卒中的危险因素包括患者因素、手术和麻醉因素以及术后因素^[8]。(1)患者因素:高龄(>70岁)、女性、吸烟史、高血压、糖尿病、肾功能不全(肌酐>177 μmol/L)、慢性阻塞性肺疾病、外周血管疾病、心脏疾病(冠状动脉疾病、心律失常、心力衰竭)和心脏收缩功能障碍(射血分数<40%)、卒中或短暂性脑缺血发作史、颈动脉狭窄(尤其是症状性患者)、动脉粥样硬化(接受心脏手术患者)、手术前停止抗血栓治疗等。(2)手术和麻醉因素:手术类型和性质、麻醉类型、手术时间(心脏手术中还包括心肺转流和主动脉阻断时间)、对有粥样硬化斑块的升主动脉进行操作、心律失常、高血糖、低血压或高血压。(3)术后因素:心力衰竭、低射血分数、心肌梗死或心律失常(心房颤动)、脱水和失血、高血糖。

1.2.2 围术期谵妄的危险因素

围术期谵妄的危险因素包括患者因素、术中因素和术后

因素^[9-11]。(1)患者因素:老年(≥ 65 岁)、术前认知功能损害、术前痴呆、睡眠障碍、过度饮酒、多重用药、精神类药物使用史、严重血管疾病、糖尿病、既往神经系统损伤(如脑卒中、创伤性脑损伤)、虚弱、低教育水平、功能障碍、视力或听力受损、术后谵妄史。(2)手术和麻醉因素:心胸大血管手术、骨科重大手术、髌部骨折修复手术、长时间或复杂手术、手术时间、心肺转流时间、血压变异性、 $rScO_2$ 下降。(3)术后因素:ICU 停留时间、败血症、疼痛未得到控制、苯二氮草类药物使用、ICU 深镇静、苯海拉明或抗胆碱药物使用、活动减少、感觉剥夺、感染、低氧血症和贫血。

1.2.3 围术期认知功能障碍的危险因素

围术期认知功能障碍的常见危险因素与围术期谵妄的危险因素基本一致^[12],高龄和术前存在认知功能障碍是术后认知功能障碍公认的危险因素。

2 NIRS 的原理

临床使用 NIRS 的波长为 700~1 000 nm,可穿透包括骨质在内的人体组织;同时可以最大程度区分氧合血红蛋白和脱氧血红蛋白两者的含量。通过发射近红外光射入组织,检测出近红外光在相应光谱上的吸收衰减,利用改良比尔-朗伯定律和漫反射修正,得出组织中氧合血红蛋白和脱氧血红蛋白的相对浓度,实现无创、连续、实时的局部氧饱和度(regional saturation oxygenation, rSO_2)监测。对于脑组织的监测, $rScO_2$ 是由 25%~30%的动脉血成分、70%~75%的静脉血成分以及小部分毛细血管加权后得出的混合静脉血的氧饱和度。

与其他监测手段比较,NIRS 简单、便捷,更易于临床使用和推广。需要注意的是,由于每个 NIRS 设备制造商都使用独特的波长、传感器间距和分析算法组合,均会影响其测得的 rSO_2 数值,因此这些设备相关的临床研究数据不可直接相互使用,建议谨慎比较不同制造商设备之间的脑氧与组织氧饱和度^[13]。NIRS 脑氧饱和度监测结果会受到贫血、颅骨厚度、脑脊液层、颅外血流和受试者体位的影响。

3 NIRS 在心脏手术中的应用

3.1 NIRS 在成年患者心脏手术中的应用

3.1.1 成年患者心脏手术神经系统并发症的常见原因

心脏手术患者出现脑卒中和认知功能障碍的主要原因是缺血。围术期缺血性脑卒中可分为早发型(术中)与迟发型(术后)。早发型占全部缺血性脑卒中的 71.8%,迟发型占 28.2%^[14]。主动脉插管、阻断、吻合等操作导致斑块脱落是早发型脑卒中的主要原因,房颤是迟发型脑卒中中主要病因。此外低灌注与心脏手术围术期缺血性脑卒中相关。

3.1.2 NIRS 的预警阈值和临床干预

针对冠状动脉旁路移植手术患者的前瞻性研究表明,采取积极干预措施将 $rScO_2$ 维持在基线值的 75%或以上可以降低患者死亡率、重要器官功能不全(机械通气时间 >48 h、脑卒中、心肌梗死等)发生率,并缩短 ICU 滞留时间^[15]。

$rScO_2$ 降低的时间长短也是影响患者预后的重要因素。因此,及时干预低 $rScO_2$,尽量减少阈值下累计饱和度的曲线下面积(area under the curve, AUC),可降低术后并发症发生率^[15]。

AUC 是 $rScO_2$ 在设定的阈值下,一段时间以内的累计饱和度面积,单位是 $\text{min} \cdot \%$ 。AUC 的累积会增加心脏手术患者术后重要脏器并发症和死亡(major organ morbidity and mortality, MOMM)的发生率^[15]。

由于个体 $rScO_2$ 基础值不同,相对基础值(如在麻醉诱导前建立基线)的变化值可能比 $rScO_2$ 绝对值提供更多的信息^[13]。单侧或双侧 $rScO_2$ 较基线值相对降低超过 20%或绝对值降至小于 50%时应积极采取措施,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、混合静脉血氧饱和度、血红蛋白浓度等。

推荐意见 1:

(1)建议在诱导前测量基线值,在此背景下解释围术期 $rScO_2$ 的变化(证据等级 B,推荐强度 I)。

(2)建议术中测量值与诱导前基础值进行比较,并结合围术期的变化和生理变量解读围术期 $rScO_2$ 的变化(证据等级 B,推荐强度 II a)。

(3)术前即可采用 $rScO_2$ 监测来评估和预测高风险心脏手术患者的不良预后(证据等级 B,推荐强度 II a)。

(4)在心脏手术中使用 $rScO_2$ 监测来识别急性脑缺血缺氧事件并指导处理(证据等级 C,推荐强度 II a)。

(5)心脏手术中进行 $rScO_2$ 监测可能会缩短手术后患者在 ICU 的停留时间(证据等级 C,推荐强度 II b)。

3.2 NIRS 在患儿心脏手术中的应用

3.2.1 患儿心脏手术神经系统并发症的常见原因

新生儿可能因早产而脑发育不良,或因产后低氧血症、低心排量或低血压造成脑损伤。在患有先天性心脏病的患儿中,左心发育不良综合征、主动脉缩窄和大动脉转位是脑损伤常见的潜在原因。在接受心脏手术的患儿中,脑损伤发生率为 2%~25%;深低温停循环(deep hypothermia circulatory arrest, DHCA)或顺行性脑灌注也会带来围术期损伤高风险^[16]。与 DHCA 比较,局部低流量脑灌注或 pH 稳态血气管理的辅助使用有助于降低脑损伤的风险。术后低血压、低心排血量和缺氧是脑损伤的重要危险因素。

3.2.2 患儿 NIRS 部位

双侧脑 NIRS 对于 Willis 环不完整而需要 DHCA 选择性脑灌注的患儿尤为重要,将近 5%的新生儿 Willis 环发育不完整。早产儿前额面积较小,贴片在中线位置可有效用于监测 $rScO_2$ ^[17]。

用于患儿的 NIRS 贴片可以监测深度达 1~2 cm 的 rSO_2 ,因为新生儿和婴儿的皮肤和脂肪层较薄,可测量患儿组织器官如肝脏、肠道^[18]、肾脏^[19-20],以及上下肢肌肉^[21]等外周局部组织器官的 $rSiO_2$ 。

3.2.3 心脏手术患儿 $rScO_2$ 的特点

心脏手术患儿 $rScO_2$ 数值的变化与心脏疾病类型有关。健康儿童和非紫绀型先心病患儿的 $rScO_2$ 基础值与成人相

似,非紫绀患儿呼吸空气时的基础 rScO₂ 约为 70%;紫绀型患儿的基础 rScO₂ 为 40%~60%^[22],如左心发育不良综合征(hypoplastic left heart syndrome, HLHS)患儿 rScO₂ 为 46%~57%^[23]。

长期慢性低氧血症患儿通过代偿性增加血红蛋白含量,可使 rScO₂ 在正常范围内,对维持脑氧供非常重要;如果术中发生出血导致血红蛋白含量降低,合并心输出量降低的情况,更易发生组织氧合不足^[24]。

此外,由于 4 岁以下患儿脑自动调节功能不完善,心肺转流(cardiopulmonary bypass, CPB)期间低血压相关的 rScO₂ 降低在这类患儿中更为常见^[25]。心脏手术患儿 rScO₂ 降低时,干预和处理流程见图 1。

3.2.4 NIRS 预警阈值和临床干预

患儿复杂先天性心脏病矫治手术行 DHCA 期间,rScO₂ 降低的程度、持续时间以及随体温降低的变化规律,与术后神经并发症相关,NIRS 是预测停循环安全时限的最有价值的指标。rScO₂ 在 DHCA 期间常下降到基础值的 60%~70%,一般在 20~40 min 达到最低点^[26]。DHCA 期间如发生 rScO₂<45%,应该考虑尽快恢复循环灌注^[18]。

选择性脑灌注用于主动脉弓部手术时,流量过低或低流量时间过长也可能引起脑损伤,术中需要持续监测脑血流和氧合。主动脉弓手术中,rScO₂ 出现新的两侧不对称(差异>10%)提示单侧灌注异常的可能性很高,应考虑增加插管,从单侧脑灌注过渡到双侧脑灌注^[2]。

围术期 rSO₂ 降低与多种并发症相关。例如,Zhang 等^[20]研究表明,术中局部肾氧饱和度(regional renal saturation oxygenation, rSrO₂)降低与患儿室间隔缺损修复术后急性肾损

伤的发生率升高有关。尽管不同研究间存在一定的异质性,多项回顾性研究表明,术中 rSO₂ 降低与术后神经系统并发症(癫痫、脑梗死等)^[27-28]、术后视觉运动整合(visual-motor integration, VMI)缺陷^[29]、急性肾损伤^[20]、心肺并发症^[30]以及术后死亡^[31]等相关。

推荐意见 2:

(1) NIRS 可以测量患儿 rScO₂ 和躯体 rStO₂,不同组织血管床之间氧饱和度的相对关系,可以反映全身及局部组织的氧供需状态(证据等级 C,推荐强度 II b)。

(2) 在接受心脏手术的患儿中,rScO₂ 数值的变化很大程度上取决于相关的心脏病情,紫绀型心脏病患儿出现 rScO₂ 降低需要积极处理(证据等级 C,推荐强度 II a)。

(3) rScO₂ 监测是预测 DHCA 安全时限的有效指标,以及用于确定选择性脑灌注期间左半球低灌注的风险。出现新发的两侧半球 rScO₂ 差异>10%,外科医师应立即采取适当的干预措施(证据等级 C,推荐强度 II b)。

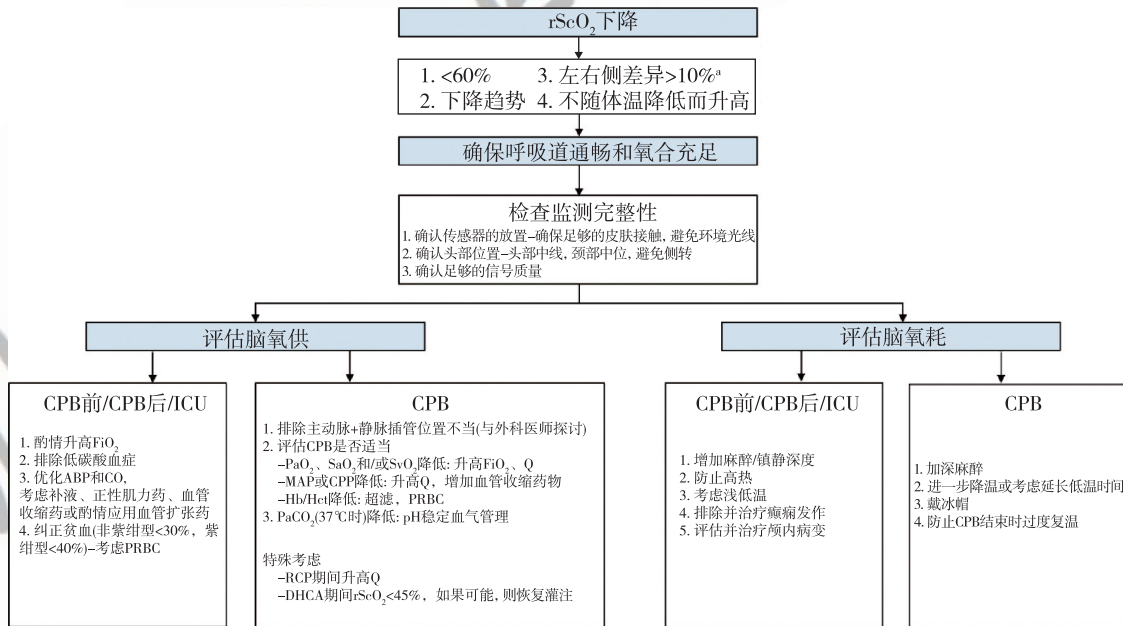
(4) 围术期 rScO₂ 降低与近期及远期神经系统并发症的发生有关,多位点联合监测可发现围术期低心排量状态,围术期 rSrO₂ 降低与急性肾损伤有关(证据等级 B,推荐强度 II a)。

4 NIRS 在血管手术中的应用

4.1 NIRS 在颈动脉手术中的应用

4.1.1 颈动脉手术神经系统并发症的常见原因

颈动脉内膜剥脱(carotid endarterectomy, CEA)是通过外科手术治疗颈动脉狭窄的手术方式。缺血性脑卒中是 CEA 手术最常见的神经系统并发症,原因包括:(1)术中暂



注:^a 左右侧差异可能是生理性、技术原因或病理性,通过经胸超声心动图或肺动脉导管(PAC)直接测量心输出量(间接测量,如混合静脉氧饱和度、乳酸和酸碱状态)在先天性心脏病患儿中并不常见;Q,流量(此处指 CPB 流量);PRBC,浓缩红细胞;CPP,脑灌注压;RCP,逆行性脑灌注;DHCA,深低温停循环

图 1 心脏手术患儿 rScO₂ 下降时的处理流程图

时阻断手术侧颈动脉,造成同侧大脑的低灌注,且与阻断时间相关;(2)颈动脉斑块意外脱落;(3)颈动脉再通过程中发生栓塞;此外颈动脉再通后因缺血-再灌注损伤可出现高灌注综合征(cerebral hyperperfusion syndrome, CHS)。

术中神经系统监测旨在及时发现颈动脉阻断过程中同侧大脑低灌注,指导放置转流管并采取其他有效干预措施,此外也用于评估术后 CHS 风险^[32]。

4.1.2 NIRS 监测预警阈值和临床干预

在颈动脉阻断期间出现 rScO₂ 的绝对值低于 50% 或较基线值相对降低超过 20% 具有临床意义。此外阻断期间 rScO₂ 下降持续时间也是术后神经缺陷的重要危险因素。

在颈动脉阻断期间 rScO₂ 达到预警阈值,首先应将 MAP 提升至 60 mmHg 以上,该措施无效应立即考虑放置转流管。其他处理措施包括纠正低氧血症、避免过度通气(避免 PaCO₂ < 35 mmHg)、纠正贫血(维持 Hb 70~80 g/L)、降低脑代谢等(图 2)。

rScO₂ 监测也可以用来甄别术后 CHS 的高危患者。对于颈动脉开放后 rScO₂ 上升的绝对数值超过 5%~10% 的患者,应警惕术后 CHS、脑出血的发生,这类患者术后除了严格控制血压,一旦怀疑 CHS,应立即考虑使用丙泊酚或其他镇静药降低脑代谢。

推荐意见 3:

(1) 对于全麻下行 CEA 手术的患者,术中有必要选择适当的神经系统监测方法,包括脑血流或神经功能监测(证据等级 B,推荐强度 II a)。

(2) CEA 手术中进行 rScO₂ 监测,可以识别阻断期间的低灌注,指导放置转流管或行其他积极干预措施(证据等级 B,推荐强度 II a)。

(3) 颈动脉开放后 rScO₂ 上升的绝对值超过 5%~10%,

应警惕术后 CHS 的发生,应尽早发现并进行干预(证据等级 C,推荐强度 II b)。

4.2 NIRS 在主动脉手术中的应用

主动脉手术脑卒中发生率高达 3.5%~8.7%^[33]。NIRS 用于主动脉手术的意义包括:(1)协助发现动脉插管位置不佳;(2)监测选择性脑灌注的效果,并作为术中调整脑灌注方法的判断依据;(3)术中提示监测部位脑血管低灌注或者栓塞的发生;(4)及时发现弓上分支血管重建不良。

4.2.1 主动脉手术神经系统并发症的常见原因

主动脉手术按照部位分为升主动脉、主动脉弓和降主动脉手术。围术期发生脑缺血的常见原因可概况为:(1)术前弓上分支动脉狭窄、闭塞或者颈总动脉/颈内动脉内有夹层^[34-35];(2)心包填塞、心肌缺血或严重出血导致循环衰竭和脑低灌注^[34];(3)CPB 经股动脉灌注时头臂干灌注不足;(4)动脉插管或者手术操作致动脉粥样斑块脱落,引起脑血管栓塞;(5)弓部手术需要 DHCA,停循环期间无脑灌注,或者进行选择性脑灌注时动脉插管置入假腔、Willis 动脉环不完整等致单侧脑灌注效果不佳^[36];(6)血管重建效果差^[36]等;(7)术中或者术后发生颅内动脉气栓、血栓等。

4.2.2 NIRS 预警阈值和临床干预

与心脏手术相似,rScO₂ 绝对值低于 50% 或较基线值下降超过 20% 可作为监测局部脑组织缺氧的预警阈值^[37]。左右侧 rScO₂ 的差异也是监测重点,可用于提示单侧脑组织灌注异常。

在主动脉手术中,当 NIRS 提示出现脑组织氧供需失调时,需要从患者基础疾病、手术方式、动脉插管情况(包括体外循环动脉插管和脑灌注插管)、rScO₂ 下降表现(单侧、双侧、下降速度)、患者当下内环境状态等方面出发,寻找并纠正引起脑组织低氧的原因,从而改善 rScO₂^[38](图 3)。

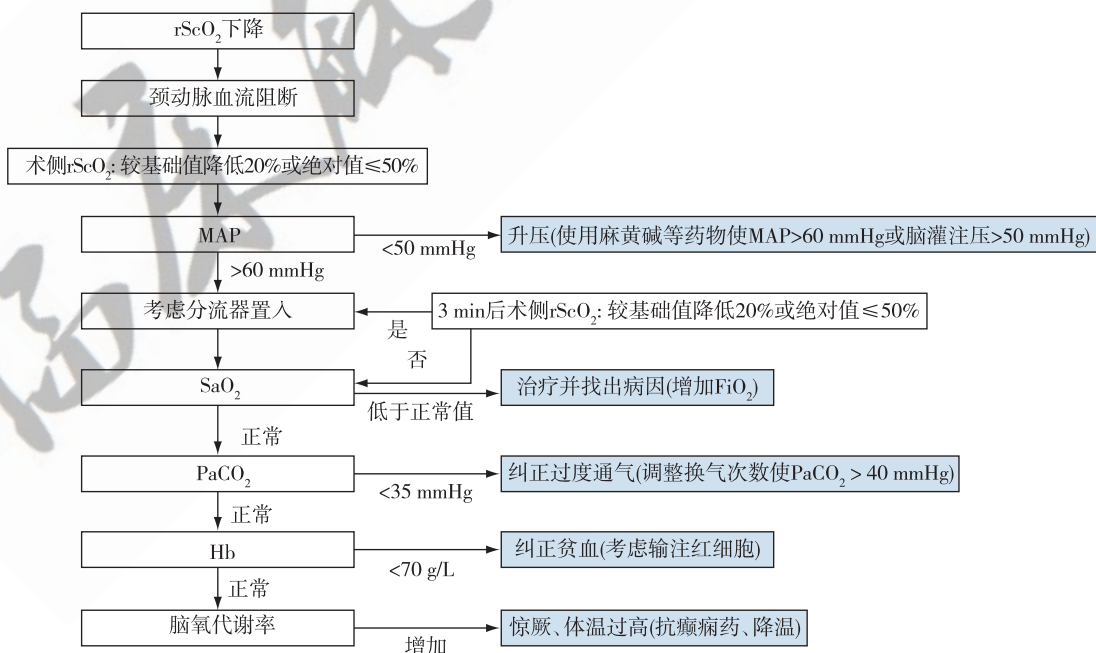


图 2 颈动脉手术中 rScO₂ 下降时的处理流程图

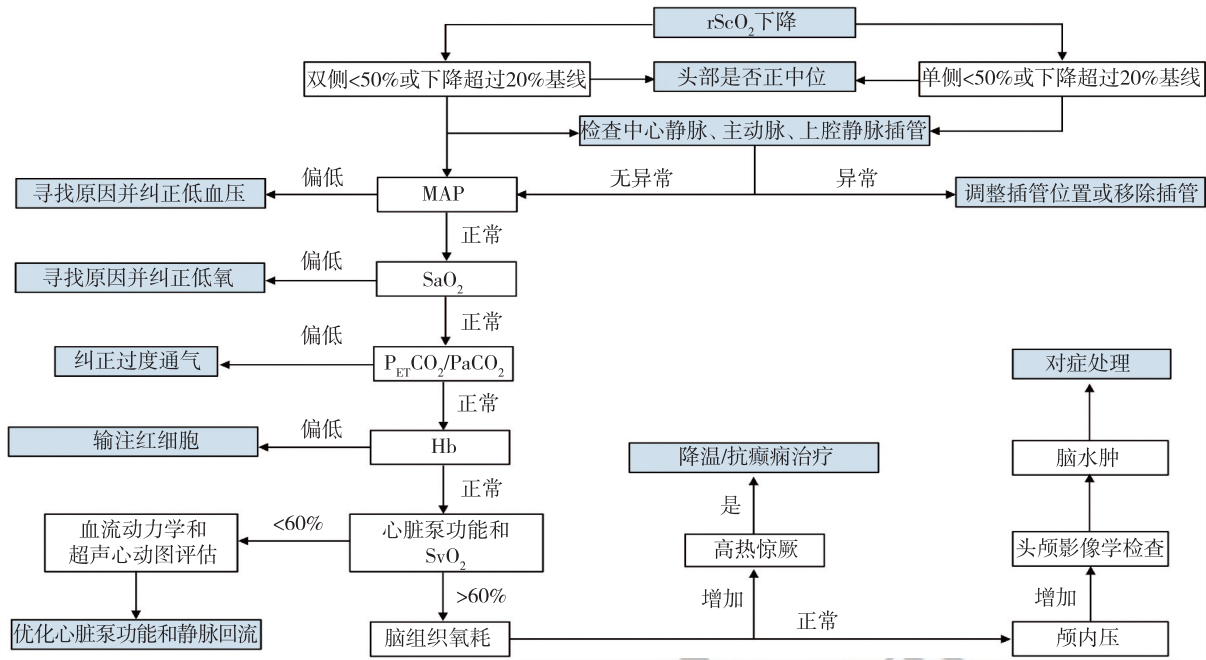


图 3 主动脉手术中 rScO₂ 下降的诊断和处理流程图

推荐意见 4:

- (1) NIRS 有助于发现 rScO₂ 变化,对行主动脉弓手术的患者,建议行双侧 rScO₂ 监测(证据等级 B,推荐强度 I)。
- (2) 选择性脑灌注期间,应密切关注双侧 rScO₂ 变化,如果有单侧或双侧降低,应积极寻找原因,及时调整插管与灌注策略,必要时由单侧灌注改为双侧灌注(证据等级 B,推荐强度 I)。

5 NIRS 在胸科手术中的应用

5.1 胸科手术神经系统并发症的常见原因

胸科手术单肺通气会严重干扰正常的生理机制,产生低氧血症,导致脑氧供需失衡,rScO₂ 下降^[39]。一些研究表明有 56%~70% 的患者在单肺通气期间,经历了 rScO₂ 相对基础值下降超过了 20%^[40-42],且 rScO₂ 下降与术后认知功能障碍等并发症的发生发展明显相关^[41-43]。纵隔肿瘤侵犯或压迫上腔静脉形成上腔静脉综合征,严重者可导致头面部水肿,影响脑部血液回流。手术切除肿瘤及上腔静脉重建过程可能暂时性阻断上腔静脉回流,导致脑氧供需失衡。另外,肺移植手术也是神经系统并发症的高危手术,有些中心会使用体外膜肺氧合(extracorporeal membrane oxygenation, ECMO)对这些患者进行呼吸支持,对于这些手术,NIRS 已成为监测脑氧供和氧耗变化的有效手段。

5.2 NIRS 预警阈值和临床干预

多数研究表明 rScO₂ 较基线值相对降低超过 20%时,表明患者发生了需要及时处理的低脑氧饱和度,术中 rScO₂ 波动幅度在基础值的 20%内能够减少术后神经系统并发症的

发生^[44]。研究表明,胸外科手术期间 rScO₂ 的降低与术后脑部并发症发生率升高、术后即刻认知恢复可能性降低、术后谵妄风险增加以及住院时间延长明显相关^[45-46]。而基于术中 rScO₂ 目标导向的干预,将 rScO₂ 波动幅度维持在相对基础值变化的 20%以内,可以降低老年患者行胸科手术单肺通气之后围术期炎症因子水平、术后谵妄发生率,并加快术后苏醒^[47]。

有学者通过监测 rScO₂,在纵隔肿瘤切除术和上腔静脉重建术中采用颈静脉-股静脉 ECMO 转流可以提高 rScO₂,减少脑缺血、缺氧以及神经系统并发症^[48]。此外,当前已有多项个案报道,发现上腔静脉梗阻会导致 rScO₂ 显著下降,对术中有发生上腔静脉梗阻风险的患者实行 rScO₂ 监测有助于及时发现并采取有效措施,对改善患者的临床结局具有积极意义^[49-53]。

推荐意见 5:

- (1) 胸科手术单肺通气时易导致术中低氧血症。进行 rScO₂ 监测,可以及时发现单肺通气期间 rScO₂ 下降(证据等级 C,推荐强度 II a)。
- (2) 存在上腔静脉压迫风险的手术、前纵隔巨大占位手术、肺移植手术可以使用 rScO₂ 监测(证据等级 C,推荐强度 II a)。
- (3) 术中持续实时的 rScO₂ 监测,并且以 rScO₂ 波动幅度维持在相对基础值变化的 20%以内对单肺通气胸科手术患者进行目标导向性的干预,可改善脑代谢、减少术后神经认知障碍的发生率(证据等级 B,推荐强度 II b)。

6 NIRS 在 ECMO 中的应用

NIRS 在 ECMO 领域的应用主要在三个方面^[47-48]: (1) 对 ECMO 过程中区域性脑灌注变化及差异的监测; (2) ECMO 过程中外周动脉插管侧肢体缺血的监测与预防; (3) ECMO 过程中血流动力学变化辅助监测指标。

循环支持及循环/呼吸支持 ECMO 路径最常用的是经外周股动脉-股静脉通路建立静脉-动脉(V-A) ECMO。这种插管途径在一定条件下,可出现所谓上半身“差异性低氧”(differential hypoxia)或称为“Harlequin 征”。其产生原因是:当 ECMO 流量足够大完全引流右心血液时,肺循环血流量极低因此相应机械通气参数也可设置非常低。但任何原因心排量超过 ECMO 静脉引流量,如心脏功能恢复,正性肌力药物作用等原因导致肺循环内血流增多,如此时合并肺部原发或继发通气或换气功能障碍,或机械通气设置未根据肺血流增多相应调整,则肺血流经过肺循环未被充分氧合,又被左心室射血入主动脉,并与股动脉插管灌注充分氧合的 ECMO 逆向血流形成交汇平面,从而出现上半身缺氧。左心室射血量与 ECMO 血流量大小决定此交汇平面在主动脉内的位置。如交汇平面位于主动脉弓水平,甚至主动脉弓以远,则患者主动脉弓三大分支供血的区域将处于低氧血液供应,形成神经系统损伤的风险。基于 V-A ECMO 这种病理生理现象,采用 NIRS 技术可及时发现该现象并相应处理。

Umeda 等^[49]研究表明,ECMO 特别是经外周动脉插管的 V-A ECMO 模式,动脉插管侧肢体缺血并发症发生率为 16.9%。而急性肢体缺血一旦发生与患者死亡直接相关。早期预防、判断与处置 ECMO 过程中外周动脉插管侧肢体缺血对于改善患者预后具有重要作用。已有几项小样本临床研究报道了 rStO₂ 降低与肢体缺血及肢体低灌注压相关^[50-53]。通过监测动脉插管侧 rStO₂ 变化及与对侧肢体的差异,提醒及时进行临床干预,可避免肢体缺血并发症的发生^[53]。

ECMO 支持过程的核心目标是恢复机体氧供/氧耗平衡,同时降低可能对机体带来损伤的治疗力度,如正压机械通气等。所以无论呼吸 ECMO 支持(多采用 V-V 模式)还是循环支持(V-A 模式),血流动力学变化均可对 ECMO 支持效果,特别是脑血流灌注和脑氧平衡产生影响。其机制与其他病理生理状态下血流动力学变化对脑血流和脑氧合的影响相同。目前仅有极少量涵盖 rScO₂ 监测可作为临床血流动力学监测辅助参数的研究^[59-60],提示 rScO₂ 连续监测可早期发现血流动力学改变对脑血流灌注的影响。

推荐意见 6:

(1) NIRS 技术有助于监测 ECMO 过程中 rScO₂ 变化,及时发现差异性低氧对脑组织缺氧损伤的风险,可能有助于保障脑灌注(证据等级 C,推荐强度 II a)。

(2) NIRS 技术可作为 ECMO 过程中外周动脉插管侧肢体缺血的监测手段,及时发现动脉插管侧肢体的缺血征象(证据等级 C,推荐强度 II a)。

(3) rScO₂ 监测还可作为 ECMO 过程中血流动力学变化的辅助监测指标(证据等级 C,推荐强度 II b)。

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)编写成员名单

负责人

缪长虹(复旦大学附属中山医院麻醉科)

成员

陈璐璐(复旦大学附属中山医院麻醉科)

郭克芳(复旦大学附属中山医院麻醉科)

李娟(中国科学技术大学附属第一医院麻醉科)

李立环(中国医学科学院阜外医院麻醉科)

李欣(复旦大学附属中山医院麻醉科)

卢锡华(河南省肿瘤医院麻醉与围术期医学科)

吕欣(同济大学附属上海市肺科医院麻醉科)

闵苏(重庆医科大学附属第一医院麻醉科)

孙绪德(空军军医大学第二附属医院麻醉科)

王晟(首都医科大学附属北京安贞医院麻醉科)

吴镜湘(上海交通大学附属胸科医院麻醉科)

晏馥霞(中国医学科学院阜外医院麻醉科)

张军(复旦大学附属肿瘤医院麻醉科)

张良成(福建医科大学附属协和医院麻醉科)

朱文忠(海军军医大学第一附属医院麻醉科)

参 考 文 献

- [1] Erbel R, Aboyans V, Boileau C, et al. 2014 ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases; document covering acute and chronic aortic diseases of the thoracic and abdominal aorta of the adult. The task force for the diagnosis and treatment of aortic diseases of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J*, 2014, 35(41): 2873-2926.
- [2] Yoshitani K, Kawaguchi M, Ishida K, et al. Guidelines for the use of cerebral oximetry by near-infrared spectroscopy in cardiovascular anesthesia: a report by the cerebrospinal Division of the Academic Committee of the Japanese Society of Cardiovascular Anesthesiologists (JSCVA). *J Anesth*, 2019, 33(2): 167-196.
- [3] Cai S, Li J, Gao J, et al. Prediction models for postoperative delirium after cardiac surgery: systematic review and critical appraisal. *Int J Nurs Stud*, 2022, 136: 104340.
- [4] Lee DY, Oh AR, Park J, et al. Machine learning-based prediction model for postoperative delirium in non-cardiac surgery. *BMC Psychiatry*, 2023, 23(1): 317.
- [5] Punjasawadwong Y, Chau-In W, Laopaiboon M, et al. Processed electroencephalogram and evoked potential techniques for amelioration of postoperative delirium and cognitive dysfunction following non-cardiac and non-neurosurgical procedures in adults. *Cochrane Database Syst Rev*, 2018, 5(5): CD011283.
- [6] Evered LA, Silbert BS. Postoperative cognitive dysfunction and noncardiac surgery. *Anesth Analg*, 2018, 127(2): 496-505.
- [7] Bhushan S, Li Y, Huang X, et al. Progress of research in post-

- operative cognitive dysfunction in cardiac surgery patients: a review article. *Int J Surg*, 2021, 95: 106163.
- [8] Selim M. Perioperative stroke. *N Engl J Med*, 2007, 356(7): 706-713.
- [9] Dasgupta M, Dumbrell AC. Preoperative risk assessment for delirium after noncardiac surgery: a systematic review. *J Am Geriatr Soc*, 2006, 54(10): 1578-1589.
- [10] Aldecoa C, Bettelli G, Bilotta F, et al. European Society of Anaesthesiology evidence-based and consensus-based guideline on postoperative delirium. *Eur J Anaesthesiol*, 2017, 34(4): 192-214.
- [11] Hughes CG, Bonczyk CS, Culley DJ, et al. American Society for Enhanced Recovery and Perioperative Quality Initiative Joint Consensus Statement on postoperative delirium prevention. *Anesth Analg*, 2020, 130(6): 1572-1590.
- [12] Vacas S, Canales C, Deiner SG, et al. Perioperative brain health in the older adult: a patient safety imperative. *Anesth Analg*, 2022, 135(2): 316-328.
- [13] Thiele RH, Shaw AD, Bartels K, et al. American Society for Enhanced Recovery and Perioperative Quality Initiative Joint Consensus Statement on the role of neuromonitoring in perioperative outcomes: cerebral near-infrared spectroscopy. *Anesth Analg*, 2020, 131(5): 1444-1455.
- [14] Ivascu NS, Khan FM, Rahouma M, et al. Characteristics and anatomic distribution of early vs late stroke after cardiac surgery. *J Card Surg*, 2019, 34(8): 684-689.
- [15] Murkin JM, Adams SJ, Novick RJ, et al. Monitoring brain oxygen saturation during coronary bypass surgery: a randomized, prospective study. *Anesth Analg*, 2007, 104(1): 51-58.
- [16] Algra SO, Jansen NJ, van der Tweel I, et al. Neurological injury after neonatal cardiac surgery: a randomized, controlled trial of 2 perfusion techniques. *Circulation*, 2014, 129(2): 224-233.
- [17] Verhagen EA, Hummel LA, Bos AF, et al. Near-infrared spectroscopy to detect absence of cerebrovascular autoregulation in preterm infants. *Clin Neurophysiol*, 2014, 125(1): 47-52.
- [18] Zaleski KL, Kussman BD. Near-infrared spectroscopy in pediatric congenital heart disease. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2020, 34(2): 489-500.
- [19] 姚翠翠, 邢大军, 谢越涛, 等. 应用近红外光谱技术监测健康婴儿肾氧饱和度. *中国医学创新*, 2018, 15(30): 54-57.
- [20] Zhang D, Ouyang C, Zhao X, et al. Renal tissue desaturation and acute kidney injury in infant cardiac surgery: a prospective propensity score-matched cohort study. *Br J Anaesth*, 2021, 127(4): 620-628.
- [21] Herbert CE, Leshko J, Morelli D, et al. Use of near-infrared spectroscopy to monitor lower extremity perfusion in pediatric patients undergoing cardiac catheterization. *Pediatr Cardiol*, 2019, 40(7): 1523-1529.
- [22] Finucane E, Jooste E, Machovec KA. Neuromonitoring modalities in pediatric cardiac anesthesia: a review of the literature. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2020, 34(12): 3420-3428.
- [23] Ghanayem NS, Hoffman GM. Near infrared spectroscopy as a hemodynamic monitor in critical illness. *Pediatr Crit Care Med*, 2016, 17(8 Suppl 1): S201-S206.
- [24] Ersoy C, Özyüksel A, Alkan Bozkaya T, et al. Are perioperative near-infrared spectroscopy values correlated with clinical and biochemical parameters in cyanotic and acyanotic infants following corrective cardiac surgery. *Perfusion*, 2016, 31(2): 125-130.
- [25] Hayashida M, Kin N, Tomioka T, et al. Cerebral ischaemia during cardiac surgery in children detected by combined monitoring of BIS and near-infrared spectroscopy. *Br J Anaesth*, 2004, 92(5): 662-669.
- [26] Kussman BD, Wypij D, DiNardo JA, et al. Cerebral oximetry during infant cardiac surgery: evaluation and relationship to early postoperative outcome. *Anesth Analg*, 2009, 108(4): 1122-1131.
- [27] McQuillen PS, Barkovich AJ, Hamrick SE, et al. Temporal and anatomic risk profile of brain injury with neonatal repair of congenital heart defects. *Stroke*, 2007, 38(2 Suppl): 736-741.
- [28] Suemori T, Skowno J, Horton S, et al. Cerebral oxygen saturation and tissue hemoglobin concentration as predictive markers of early postoperative outcomes after pediatric cardiac surgery. *Paediatr Anaesth*, 2016, 26(2): 182-189.
- [29] Hoffman GM, Brosig CL, Mussatto KA, et al. Perioperative cerebral oxygen saturation in neonates with hypoplastic left heart syndrome and childhood neurodevelopmental outcome. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2013, 146(5): 1153-1164.
- [30] Hansen JH, Schlangen J, Armbrust S, et al. Monitoring of regional tissue oxygenation with near-infrared spectroscopy during the early postoperative course after superior cavopulmonary anastomosis. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2013, 43(2): e37-e43.
- [31] Vida VL, Tessari C, Cristante A, et al. The role of regional oxygen saturation using near-infrared spectroscopy and blood lactate levels as early predictors of outcome after pediatric cardiac surgery. *Can J Cardiol*, 2016, 32(8): 970-977.
- [32] Nielsen HB. Systematic review of near-infrared spectroscopy determined cerebral oxygenation during non-cardiac surgery. *Front Physiol*, 2014, 5: 93.
- [33] Gaudino M, Benesch C, Bakaeen F, et al. Considerations for reduction of risk of perioperative stroke in adult patients undergoing cardiac and thoracic aortic operations: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 2020, 142(14): e193-e209.
- [34] Furukawa T, Uchida N, Takahashi S, et al. Management of cerebral malperfusion in surgical repair of acute type A aortic dissection. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2017, 52(2): 327-332.
- [35] Fukuhara S, Norton EL, Chaudhary N, et al. Type A aortic dissection with cerebral malperfusion: new insights. *Ann Thorac Surg*, 2021, 112(2): 501-509.
- [36] Harrer M, Waldenberger FR, Weiss G, et al. Aortic arch surgery using bilateral antegrade selective cerebral perfusion in combination with near-infrared spectroscopy. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2010, 38(5): 561-567.
- [37] Zheng F, Sheinberg R, Yee MS, et al. Cerebral near-infrared spectroscopy monitoring and neurologic outcomes in adult cardiac surgery patients: a systematic review. *Anesth Analg*, 2013, 116

- (3): 663-676.
- [38] Deschamps A, Lambert J, Couture P, et al. Reversal of decreases in cerebral saturation in high-risk cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2013, 27(6): 1260-1266.
- [39] Ali J, Cody J, Maldonado Y, et al. Near-infrared spectroscopy (NIRS) for cerebral and tissue oximetry: analysis of evolving applications. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2022, 36(8 Pt A): 2758-2766.
- [40] Hemmerling TM, Bluteau MC, Kazan R, et al. Significant decrease of cerebral oxygen saturation during single-lung ventilation measured using absolute oximetry. *Br J Anaesth*, 2008, 101(6): 870-875.
- [41] 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, 103(6): 811-816.
- [42] Tang L, Kazan R, Taddei R, et al. Reduced cerebral oxygen saturation during thoracic surgery predicts early postoperative cognitive dysfunction. *Br J Anaesth*, 2012, 108(4): 623-629.
- [43] 崔凡, 赵伟, 穆东亮. 组织氧饱和度与单肺通气患者术后认知功能障碍的关联. *中华医学杂志*, 2020, 100(41): 3218-3223.
- [44] Green D. Role of multimodal monitoring (MMM) in the perioperative period: improving outcomes in high risk surgical patients// Stuart-Smith K, ed. *Perioperative medicine-current controversies*. Cham: Springer International Publishing, 2016: 271-300.
- [45] Li S, Zhang J, Hu J, et al. Association of regional cerebral oxygen saturation and postoperative pulmonary complications in pediatric patients undergoing one-lung ventilation: a propensity score matched analysis of a prospective cohort study. *Front Pediatr*, 2022, 10: 1077578.
- [46] Roberts ML, Lin HM, Tinuoye E, et al. The association of cerebral desaturation during one-lung ventilation and postoperative recovery: a prospective observational cohort study. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2021, 35(2): 542-550.
- [47] Wang JY, Li M, Wang P, 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. *Trials*, 2022, 23(1): 687.
- [48] Zhang S, Tan D, Wu W, et al. Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) assisted mediastinal tumor resection and superior vena cava replacement are safe and feasible. *Thorac Cancer*, 2019, 10(9): 1846-1851.
- [49] Umeda Y, Matsumoto S, Mori Y, et al. Reconstruction of the superior vena cava for invasive thymoma under monitoring of regional cerebral saturation of oxygen. *Kyobu Geka*, 2014, 67(10): 873-876.
- [50] Avinash Patukale A, Shetty G, Prakash Marathe S, et al. Subperiosteal orbital hematoma from SVC occlusion during cardiac surgery: to see or not to see. *World J Pediatr Congenit Heart Surg*, 2022, 13(2): 263-265.
- [51] Han SH, Kim CS, Lim C, et al. Obstruction of the superior vena cava cannula detected by desaturation of the cerebral oximeter. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2005, 19(3): 420-421.
- [52] Makhija N, Vasdev S, Jagia P. Use of near-infrared spectroscopy for detection of cerebral ischemia by superior vena cava obstruction in a patient with an ascending aortic aneurysm during left internal mammary artery harvesting. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2012, 26(5): e62-e63.
- [53] Ito R, Takita K, Mizunoya K, et al. Use of near-infrared spectroscopy in combination with monitoring of external jugular vein pressure for early detection of cerebral ischemia by unintentional superior vena cava obstruction. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2012, 26(3): e27-e28.
- [54] Cheng R, Hachamovitch R, Kittleson M, et al. Complications of extracorporeal membrane oxygenation for treatment of cardiogenic shock and cardiac arrest: a meta-analysis of 1,866 adult patients. *Ann Thorac Surg*, 2014, 97(2): 610-616.
- [55] Wong JK, Smith TN, Pitcher HT, et al. Cerebral and lower limb near-infrared spectroscopy in adults on extracorporeal membrane oxygenation. *Artif Organs*, 2012, 36(8): 659-667.
- [56] Shuler MS, Reisman WM, Kinsey TL, et al. Correlation between muscle oxygenation and compartment pressures in acute compartment syndrome of the leg. *J Bone Joint Surg Am*, 2010, 92(4): 863-870.
- [57] Patton-Rivera K, Beck J, Fung K, et al. Using near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to assess distal-limb perfusion on venoarterial (V-A) extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) patients with femoral cannulation. *Perfusion*, 2018, 33(8): 618-623.
- [58] Kim DJ, Cho YJ, Park SH, et al. Near-infrared spectroscopy monitoring for early detection of limb ischemia in patients on venoarterial extracorporeal membrane oxygenation. *ASAIO J*, 2017, 63(5): 613-617.
- [59] Vranken N, Lindelauf A, Simons AP, et al. Cerebral and limb tissue oxygenation during peripheral venoarterial extracorporeal life support. *J Intensive Care Med*, 2020, 35(2): 179-186.
- [60] Maldonado Y, Singh S, Taylor MA. Cerebral near-infrared spectroscopy in perioperative management of left ventricular assist device and extracorporeal membrane oxygenation patients. *Curr Opin Anesthesiol*, 2014, 27(1): 81-88.

(收稿日期:2023-06-12)