

· 论 著 ·

脑氧饱和度目标导向麻醉管理对青少年 脊柱侧凸矫形手术唤醒试验的影响

顾伟, 顾小萍, 殷霞丽

南京大学医学院附属鼓楼医院麻醉科, 江苏 南京 210008

摘要: **目的** 评价脑氧饱和度(rSO_2)目标导向的麻醉管理对青少年脊柱侧凸矫形手术唤醒试验的影响。**方法** 选择2021年6月至10月于南京鼓楼医院择期行脊柱矫形手术的患者86例,采用随机数字表法分为两组, rSO_2 目标导向的麻醉管理组(T组)和常规对照组(C组),各43例。T组尽量维持 rSO_2 下降 \leq 基础值的10%;C组常规麻醉管理。根据术中 rSO_2 数值的变化评估缺氧程度,统计唤醒前和术毕各等级脑缺氧的发生例数,计算患者术中 rSO_2 下降超过基础值10%以上的AUC。唤醒成功时记录唤醒时间、Ramsay镇静评分和Riker躁动评分,评价唤醒质量;术毕记录患者麻醉恢复相关指标。**结果** 唤醒前和手术全程两组术中均未发生重度脑缺氧;T组脑缺氧程度低于C组($P<0.05$),唤醒前及手术全程T组 rSO_2 下降 $>10\%$ 的AUC均明显小于C组($P<0.05$)。唤醒期间T组的Ramsay评分高于C组[3(1) vs 2(2), $\chi^2=7.75, P<0.01$],Riker评分低于C组[4(1) vs 5(1), $\chi^2=9.81, P<0.01$]。与C组比较,T组唤醒质量高,唤醒时间短,PACU停留时间缩短,苏醒期谵妄发生率降低($P<0.05$)。**结论** 采用 rSO_2 目标导向技术能够有效避免患者长时间脑缺氧暴露,增强脑保护和减少围术期神经认知障碍的发生,有利于提高术中唤醒质量,缩短唤醒时间,改善术后恢复,提高麻醉的安全和质量。

关键词: 脑氧饱和度; 脊柱侧凸; 唤醒试验; 麻醉管理; 谵妄

中图分类号: R614.2 文献标识码: A 文章编号: 1674-8182(2022)05-0665-05

Influence of goal-oriented anesthetic management on regional cerebral oxygen saturation on the wake-up test for scoliosis surgery in adolescents

GU Wei, GU Xiao-ping, YIN Xia-li

Department of Anesthesiology, Drum Tower Hospital, Medical School of Nanjing University, Nanjing, Jiangsu 210008, China

Corresponding author: YIN Xia-li, E-mail: zhengliangma1964@163.com

Abstract: Objective To assess the influence of goal-oriented anesthesia management on regional cerebral oxygen saturation (rSO_2) for the wake-up test of scoliosis surgery in adolescents. **Methods** A total of 86 adolescent patients scheduled for scoliosis surgery were selected and randomly assigned into rSO_2 goal-oriented anesthesia management group (T group, $n=43$) and control group (C group, $n=43$). The rSO_2 value was monitored during operation and maintained its decline at lower than 10% of the baseline in T group, and the routine anesthesia management was conducted in C group. The degree of hypoxia was evaluated based on the change of intraoperative rSO_2 value, the number of cases of cerebral hypoxia before awakening and after operation were recorded, and the area under ROC curve (AUC) was calculated for the patients with an intraoperative rSO_2 decrease of more than 10% of the baseline value. The arousal time, Ramsay Sedation score and Rikerz agitation score were recorded and observed to evaluate the quality of arousal from anesthesia. The anesthesia recovery related indexes were also recorded after operation. **Results** No severe cerebral hypoxia occurred before awakening and during operation in both groups. The degree of cerebral hypoxia in T group was lower than that in C group ($P<0.05$), and the AUC of rSO_2 decreased by more than 10% before awakening and during operation in T group was significantly lower than that in C group ($P<0.05$). Compared with C group, the Ramsay score in T group was higher [3(1) vs 2(2), $\chi^2=7.75, P<0.01$], the Riker score in T group was lower [4(1) vs 5(1), $\chi^2=$

DOI: 10.13429/j.cnki.cjcr.2022.05.014

通信作者: 殷霞丽, E-mail: zhengliangma1964@163.com

出版日期: 2022-05-20

9.81, $P < 0.01$]. Compared with those in C group, higher wake-up quality, shorter wake-up time, shorter PACU residence time and lower incidence of delirium in wake-up period were observed in T group ($P < 0.05$). **Conclusions** For the adolescent patients with scoliosis surgery, rSO_2 goal-oriented anesthesia can effectively avoid the long-term brain hypoxia exposure by adjusting the measures in anesthesia, enhance the protection of brain and reduce the occurrence of perioperative neurocognitive disorder, which is conducive to improve the quality of intraoperative arousal, shorten the arousal time, promote postoperative recovery, and improve the safety and quality of anesthesia.

Keywords: Cerebral oxygen saturation; Scoliosis; Wake-up test; Anesthesia management; Delirium

脊柱侧凸矫形手术过程中置钉、牵拉等操作会导致脊髓神经损伤,术中需行唤醒试验监测脊髓功能以便及时发现脊髓损伤并采取相应措施进行补救^[1]。但唤醒期间患者会出现神经认知障碍导致配合度不高等情况,阻碍唤醒试验顺利进行,增加手术风险,因此要制定合理的麻醉管理方案,提高唤醒质量和缩短唤醒时间^[2]。围术期神经认知紊乱(perioperative neurocognitive disorders, PND)指与麻醉手术相关的神经认知改变,是脊柱外科常见的神经系统并发症之一,包括术后认知功能障碍(postoperative cognitive dysfunction, POCD)、神经认知恢复延迟(neurocognitive recovery delay, DNR)和术后谵妄(postoperative delirium, POD)等^[3]。研究显示 PND 亦可发生于麻醉苏醒期^[4-5],故会影响患者苏醒时的认知能力从而降低唤醒质量。而 PND 的发生与术中局部脑组织氧饱和度(regional cerebral oxygen saturation, rSO_2)降低相关^[6],本研究拟评价 rSO_2 目标导向的麻醉管理是否能够优化青少年脊柱侧凸矫形术中的唤醒试验,以提高麻醉手术的安全与质量。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择 2021 年 6 月至 10 月于南京鼓楼医院麻醉科择期行脊柱侧凸矫形的患者 86 例,年龄 11~18 岁,ASA 分级 I 或 II 级,术前简易精神状态检查表(minimum mental state examination, MMSE)评分 > 24 分。排除标准:严重脏器和系统疾患,神经精神疾患、听力障碍、沟通障碍、术前贫血[血红蛋白(Hb) ≤ 110 g/L]。采用随机数字表法将患者分为试验组(T组)及对照组(C组),各 43 例。剔除标准:术中大量出血(术中出血量 \geq 循环血容量的 50%)、术中发生脊髓损伤、胸膜破裂或重要器官功能不全等严重并发症。本研究通过医院伦理委员会批准(审批编号 2021-217-02),并已完善患方知情同意。

1.2 麻醉方法 术前 1 d 行唤醒试验训练,患者在医生指令下屈伸活动双侧脚趾,提高术中唤醒的配合度。麻醉诱导予咪达唑仑 0.1 mg/kg,芬太尼 6 μ g/kg,

丙泊酚 1 mg/kg,维库溴铵 0.15 mg/kg。气管插管后机械通气,调整分钟通气量控制呼气末二氧化碳分压($P_{ET}CO_2$)于 30~40 mm Hg。初始吸氧浓度(FiO_2)设定为 60%,行桡动脉穿刺置管测定有创血压,开放中心静脉。监测并维持脑电双频指数(BIS) 40~60, $SVV \leq 12\%$,中心静脉压(CVP) 10~12 mm Hg。麻醉维持:静脉输注丙泊酚 4~10 mg/(kg·h),瑞芬太尼 0.2 μ g/(kg·min),右美托咪啶 0.2 μ g/(kg·h),顺式阿曲库铵 5 μ g/(kg·min)起始并以肌松监测仪指导顺式阿曲库铵使用,使拇内收肌 TOF 值维持在一个肌颤搐水平。术中平均动脉压(MAP)维持于术前水平的 $\pm 20\%$ 以内,视情况给予补液或血管活性药保持循环稳定。术中监测直肠温度,维持 35.5~37.0 $^{\circ}C$ 。

1.3 脑氧饱和度调控 手术开始后即调整丙泊酚泵注速度进行控制性降压,必要时泵注尼卡地平,两组均连接 FORE-SIGHT 近红外光 rSO_2 监测仪(CASMED,美国)全程监测 rSO_2 ,以患者入室安静状态下呼吸空气测得的 rSO_2 为基础值。T 组以 rSO_2 值较低的一侧作为参考目标,尽量维持 rSO_2 下降 \leq 基础值的 10%^[7]。当 rSO_2 低于上述范围时采取:降低分钟通气量以提高动脉血二氧化碳分压($PaCO_2$)、输注红细胞增加血红蛋白(Hb)含量、增大呼吸机 FiO_2 、调整头颈偏侧角度等措施以控制 rSO_2 于目标范围内。必要时提高 MAP 增加脑血流灌注并与外科医师沟通降低其对控制性降压的要求;如 rSO_2 维持良好,则可以将血压进一步降低以满足手术视野清晰的需要。C 组常规麻醉管理,仅行 rSO_2 监测,不作临床干预。控制性降压程度均以 MAP 不低于基础值 30%且在 60 mm Hg 以上及术野渗血量适度减少为目标^[8]。暴露椎板完成后停止控制性降压。

1.4 唤醒试验 于外科医生完成第 1 根固定棒后两组均停止输注麻醉维持药物,所有患者在术者安装完两侧内固定棒,BIS 值上升至 75 后开始尝试唤醒,麻醉医生呼叫患者姓名并轻拍其肩部,患者醒后令其反复活动脚趾,判定唤醒成功的标准是脚趾屈伸超过

10,显示其脊髓运动传导通路未受损^[9]。唤醒时间为停用所有麻醉药到患者双侧脚趾能动的的时间。由专人对患者施行唤醒试验,评价者与患者对是否接受rSO₂指导麻醉管理均不知晓。唤醒完毕两组均恢复给药维持麻醉,T组继续采用rSO₂目标导向的麻醉管理至术毕,C组常规麻醉管理。

1.5 观察指标 根据 Olbrecht 等^[10]的研究,rSO₂下降的幅度和持续时间均为引起脑损伤的重要因素,故本研究根据术中rSO₂数值的变化,分别记10%≤rSO₂下降<20%,20%≤rSO₂下降<30%、rSO₂下降≥30%持续>5 min为轻、中、重度缺氧,并分别在唤醒前和术毕时统计各等级脑缺氧的发生例数和计算患者术中rSO₂下降超过基础值10%以上的AUC(rSO₂下降值乘以累积持续时间)。记录唤醒时间(从停止输注麻醉药物到唤醒成功所用时间),评判唤醒质量(I级:患者能够听从指令活动脚趾并达到要求幅度;II级:患者能够按指令活动脚趾达到要求幅度但伴有肢体不自主活动;III级:患者苏醒时身体躁动,不自主体动明显,需反复多次给予指令方能完成要求动作)^[11],同时评估和记录患者 Ramsay 镇静评分、Riker 躁动评分^[9]。记录控制性降压时间、唤醒前及手术全程的麻醉时间、丙泊酚用量、出血量;唤醒成功时记录唤醒时间、Ramsay 镇静评分、Rikerz 躁动评分,评价唤醒质量;术毕记录 PACU 内停留时间、气管拔管30 min 时用 ICU 谵妄评估表(Confusion Assessment Method, CAM-ICU)进行谵妄测评以及使用视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)评估患者的疼痛程度,记录手术全程总的麻醉时间和出血量。

1.6 统计学方法 采用 SPSS 21.0 软件进行分析。正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用 t 检验,偏态分布的计量资料以中位数(四分位数间距) [M(Q)] 表示,组间比较采用秩和检验,计数资料比较采用 χ^2 检验,等级资料比较采用秩和检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者一般情况对比 5 例术中出血量超过循环血容量的 50%(T 组 3 例,C 组 2 例),C 组 1 例发生气道痉挛,以上患者均退出实验,共 80 例患者完成实验。两组患者一般情况比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 1。

2.2 唤醒前相关指标对比 唤醒前阶段,两组的控制性降压和麻醉维持所用时间、已有出血量和丙泊酚的用量比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 2。

2.3 术中 rSO₂ 变化对比 唤醒前和手术全程两组术中均未发生重度脑缺氧;T 组脑缺氧程度低于 C 组 ($P < 0.05$),唤醒前及手术全程 T 组 rSO₂ 下降 > 10% 的 AUC 均明显小于 C 组 ($P < 0.01$)。见表 3。

2.4 两组术中唤醒情况对比 唤醒期间 T 组的 Ramsay 评分高于 C 组 [3(1) vs 2(2), $\chi^2 = 7.75, P < 0.01$],而 Riker 评分低于 C 组 [4(1) vs 5(1), $\chi^2 = 9.81, P < 0.01$]。与 C 组比较,T 组唤醒质量高,唤醒时间短 ($P < 0.05$)。见表 4。

2.5 手术资料和麻醉复苏情况对比 两组麻醉总时长、手术全程出血量、丙泊酚用量和术后 VAS 评分差异无统计学意义 ($P > 0.05$);与 C 组比较,T 组 PACU 停留时间缩短,苏醒期谵妄发生率降低 ($P < 0.05$)。见表 5。

表 1 两组术前一般资料比较
Tab. 1 Comparison of preoperative general data between two groups

组别	例数	年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	男/女 (例)	身高 (cm, $\bar{x} \pm s$)	体重 (kg, $\bar{x} \pm s$)	ASA 分级比例 (I/II, 例)	Cobb 角 (°, $\bar{x} \pm s$)
T 组	40	14.2±2.0	12/28	159±6	46±4	11/29	47±4
C 组	40	14.0±1.9	16/24	157±6	45±4	9/31	46±5
t/χ^2 值		0.46	0.88	1.49	1.12	0.27	0.99
P 值		0.65	0.35	0.14	0.27	0.61	0.33

表 2 唤醒前两组相关指标的比较 ($\bar{x} \pm s$)
Tab. 2 Comparison of related indicators before awakening between two groups ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	麻醉时间 (min)	控制性降压时间 (min)	出血量 (ml)	丙泊酚用量 (mg)
T 组	40	192±26	54±6	516±81	808±47
C 组	40	194±25	53±7	524±77	822±45
t 值		0.35	0.69	0.45	1.36
P 值		0.73	0.49	0.65	0.18

表 3 两组脑氧饱和度变化比较
Tab. 3 Comparison of changes in cerebral oxygen saturation between two groups

组别	例数	脑缺氧程度(例)			AUC(%·min, $\bar{x} \pm s$)	
		正常	轻度	中度	唤醒前	手术全程
T 组	40	31	8	1	44±8	67±11
C 组	40	20	17	3	70±13	109±19
t/χ^2 值			6.61		10.97	12.12
P 值			0.04		<0.01	<0.01

表 4 两组患者唤醒质量及唤醒时间比较
Tab. 4 Comparison of wake-up quality and wake-up time between two groups

组别	例数	唤醒质量分级(例)			唤醒时间 (min, $\bar{x} \pm s$)
		I 级	II 级	III 级	
T 组	40	32	6	2	17.2±2.8
C 组	40	6	24	10	22.8±5.8
t/χ^2 值			33.92		5.49
P 值			<0.01		<0.01

表5 两组手术资料和麻醉恢复情况比较
Tab. 5 Comparison of surgical data and anesthesia recovery between two groups

组别	例数	总麻醉时间 (min, $\bar{x} \pm s$)	总出血量 (ml, $\bar{x} \pm s$)	丙泊酚总用量 (mg, $\bar{x} \pm s$)	PACU 停留时间 (min, $\bar{x} \pm s$)	苏醒期谵妄 [例(%)]	VAS 疼痛评分 [分, $M(Q)$]
T组	40	294±27	1 402±182	1 312±52	58±10	3(7.5)	3.5(2)
C组	40	305±28	1 072±179	1 305±44	65±12	11(27.5)	3.0(2)
t/χ^2 值		1.77	0.73	0.66	2.81	5.54	0.53
P 值		0.08	0.47	0.51	<0.01	<0.05	0.47

3 讨论

脊柱侧凸治疗以后路矫形内固定术为主,这类手术操作复杂,出血量大,且内固定植入时可能造成脊髓损伤甚至截瘫^[12],术中必需随时监测脊髓功能,以便及时发现脊髓受压和牵拉并暂停相关操作,必要时松解内固定。术中唤醒试验作为一种监测脊髓功能的方法,具有可靠性高和可重复等优点,被广泛应用于脊柱手术并成为判断后路矫形术中脊髓损伤的“金标准”^[1]。目前大多数唤醒试验的研究主要关注于围麻醉期药物的选择^[9]、痛觉过敏的处理^[13]、麻醉深度的监测^[14]以及局部神经阻滞等方面^[15],而对于围术期神经功能保护与术中唤醒之间关系的研究较少,这导致临床出现除外上述各影响因素后唤醒试验效果仍然欠佳或有较明显差别的情况^[16]。

围手术期神经认知障碍(PND)主要表现为意识、认知和知觉障碍、精神协调运动紊乱,以及谵妄躁动等为特征的急性综合征^[17]。脊柱矫形手术时间长、出血量大,易出现MAP降低、低Hb,且初期暴露椎板过程中外科需要控制性降压,易导致重要脏器灌注不足,尤其是脑供血不足和神经损害^[18];脊柱后路矫形手术均需俯卧体位,气道压及胸内压升高,回心血量和每搏量降低;另外由于俯卧位时头面部偏向体侧,颈静脉受到一定程度的扭转牵拉阻碍血液回流从而升高了颅内压,以上因素均可降低脑灌注,导致患者 rSO_2 下降^[19];另外术中 $EtCO_2$ 的升高或降低,可引起脑血管舒张或收缩,从而改变脑血流量,引起 rSO_2 相应的增减^[20]。以上均可造成 rSO_2 降低、脑缺氧和脑灌注不足,从而引起脑细胞功能损害,意识恢复延迟,加速认知功能下降,影响术中唤醒及术后神经认知功能恢复。Brown等^[21]发现脊柱手术(手术时间 ≥ 3 h)POD发生率达40%以上。本课题组前期的研究证实,青少年患者脊柱手术后会发生POCD^[22]。尽管目前多数研究是针对术后7d或更长时间的认知功能评估,但目前已有研究证实,谵妄可发生于麻醉苏醒期,即苏醒期谵妄^[4-5];另有MMSE量表对认知功能评估的报道提示,认知功能障碍也可发生于术

后短时间内(数小时)^[23],而本研究中唤醒试验实施于麻醉开始后约2.5~3h,等同于一次全麻复苏,亦属于麻醉苏醒期,故存在发生PND的可能。

大量研究证实PND的发生与 rSO_2 降低相关^[3,6],然而目前以术中 rSO_2 为目标导向的干预性研究并不多见。本研究参照以往研究,以 rSO_2 下降基线值的10%为脑缺血阈值^[24],在麻醉管理过程中 rSO_2 降低时采取提升MAP、增加 $PaCO_2$ 和 FiO_2 、提高Hb浓度、调整头部位置和保温等措施来升高 rSO_2 水平,结果显示无论唤醒前还是手术全过程中,T组轻度脑缺氧的发生率明显低于C组,正常脑氧饱和度比率高于C组,且C组 rSO_2 下降 $>10\%$ 的AUC明显大于T组,说明T组患者脑缺氧的程度较C组有明显改善;同时发现,T组术中唤醒的质量、Ramsay评分较C组升高,Riker评分低于C组,这表明 rSO_2 目标导向麻醉管理能够优化脊柱矫形术唤醒试验,其原因可能是较高的 rSO_2 降低了术中脑缺血缺氧的风险。Nguyen等^[25]研究提示,充足的 rSO_2 保障了中枢神经递质释放和脑细胞间信息交换,减少海马细胞损伤及线粒体结构功能障碍,从而抑制了PND的发生。另外,术中患者均维持BIS值在40~60,且术毕两组间VAS疼痛评分无显著性差异,排除了麻醉深度不一致和疼痛对苏醒期谵妄的影响,C组苏醒期谵妄的发生率仍明显高于T组,这是由于对 rSO_2 干预调节缓解了脑缺氧及PND的发生,从而优化了唤醒试验及术后复苏。与先前的报道结果一致,本研究中T组唤醒时间和PACU内的停留时间均短于C组,考虑很可能与T组患者苏醒质量较高有关,良好的认知状态使得患者在术中唤醒和麻醉复苏时配合度更好,减少了恢复时间。

综上所述,PND是脊柱侧凸矫形术常见的神经系统并发症,会影响唤醒试验的进行及术后恢复,采用脑氧饱和度目标导向技术可通过调整麻醉管理措施有效避免患者长时间脑缺氧暴露,增强脑保护,减少围术期神经系统并发症的发生,从而有利于提高术中唤醒的质量,缩短唤醒时间,改善术后恢复,提高麻醉的安全和质量。

参考文献

- [1] Biricik E, Alic V, Karacaer F, et al. A comparison of intravenous sugammadex and neostigmine + atropine reversal on time to consciousness during wake-up tests in spinal surgery [J]. *Niger J Clin Pract*, 2019, 22(5): 609-615.
- [2] Teng WN, Tsou MY, Chen PT, et al. A desflurane and fentanyl dosing regimen for wake-up testing during scoliosis surgery: implications for the time-course of emergence from anesthesia [J]. *J Formos Med Assoc*, 2017, 116(8): 606-612.
- [3] Ding L, Chen DX, Li Q. Effects of electroencephalography and regional cerebral oxygen saturation monitoring on perioperative neurocognitive disorders: a systematic review and meta-analysis [J]. *BMC Anesthesiol*, 2020, 20(1): 254.
- [4] Xarú D, Silva A, Mendonça J, et al. Inadequate emergence after anesthesia; emergence delirium and hypoactive emergence in the Postanesthesia Care Unit [J]. *J Clin Anesth*, 2013, 25(6): 439-446.
- [5] Aldecoa C, Bettelli G, Bilotta F, et al. European Society of Anaesthesiology evidence-based and consensus-based guideline on postoperative delirium [J]. *Eur J Anaesthesiol*, 2017, 34(4): 192-214.
- [6] Şahan C, Sungur Z, Çamcı E, et al. Effects of cerebral oxygen changes during coronary bypass surgery on postoperative cognitive dysfunction in elderly patients: a pilot study [J]. *Braz J Anesthesiol*, 2018, 68(2): 142-148.
- [7] Deschamps A, Hall R, Grocott H, et al. Cerebral oximetry monitoring to maintain normal cerebral oxygen saturation during high-risk cardiac surgery: a randomized controlled feasibility trial [J]. *Anesthesiology*, 2016, 124(4): 826-836.
- [8] O'Donnell C, Michael N, Bloch N, et al. Strategies to minimize blood loss and transfusion in pediatric spine surgery [J]. *JBJS Rev*, 2017, 5(5): e1.
- [9] 刘延军, 马正良, 顾小萍. 右美托咪定对后路截骨矫形术患者术中唤醒试验质量的影响 [J]. *中华麻醉学杂志*, 2015, 35(1): 72-75.
- Liu YJ, Ma ZL, Gu XP. Effect of dexmedetomidine on quality of wake-up test in patients undergoing posterior osteotomy correction surgery [J]. *Chin J Anesthesiol*, 2015, 35(1): 72-75.
- [10] Olbrecht VA, Skowno J, Marchesini V, et al. An international, multi-center, observational study of cerebral oxygenation during infant and neonatal anesthesia [J]. *Anesthesiology*, 2018, 128(1): 85-96.
- [11] 艾来提·塔来提, 叶建荣, 王江. 不同麻醉方法下脊柱侧弯矫形术患者术中唤醒试验效果的比较 [J]. *中华麻醉学杂志*, 2018, 38(3): 328-331.
- Aileti Talaiti, Ye JR, Wang J. Comparison of the effects of intraoperative wake-up test in patients undergoing scoliosis correction under different anesthesia methods [J]. *Chin J Anesthesiology*, 2018, 38(3): 328-331.
- [12] Leong JJH, Curtis M, Carter E, et al. Risk of neurological injuries in spinal deformity surgery [J]. *Spine*, 2016, 41(12): 1022-1027.
- [13] Kars MS, Villacres Mori B, Ahn S, et al. Fentanyl versus remifentanyl-based TIVA for pediatric scoliosis repair: does it matter? [J]. *Reg Anesth Pain Med*, 2019, 44(6): 627-631.
- [14] van Oud-Alblas HJB, Brill MJE, Peeters MYM, et al. Population pharmacokinetic-pharmacodynamic model of propofol in adolescents undergoing scoliosis surgery with intraoperative wake-up test: a study using Bispectral index and composite auditory evoked potentials as pharmacodynamic endpoints [J]. *BMC Anesthesiol*, 2019, 19(1): 15.
- [15] 王秋兰, 吴进, 林达生, 等. 双侧竖脊肌平面阻滞对全麻胸腰椎脊柱侧弯矫形术患者术中唤醒质量的改良效果 [J]. *中华麻醉学杂志*, 2019, 39(8): 966-969.
- Wang QL, Wu J, Lin DS, et al. Improved effect of bilateral erector spinae plane block on the quality of intraoperative awakening in patients undergoing general anesthesia for thoracolumbar scoliosis surgery [J]. *Chin J Anesthesiology*, 2019, 39(8): 966-969.
- [16] 蒋明, 董媛媛, 马正良, 等. 右美托咪定对强直性脊柱炎后路矫形术中唤醒试验的影响 [J]. *江苏医药*, 2014, 40(22): 2712-2714.
- Jiang M, Dong YY, Ma ZL, et al. Effects of dexmedetomidine on intraoperative wake-up test in patients with ankylosing spondylitis undergoing posterior osteotomy [J]. *Jiangsu Med J*, 2014, 40(22): 2712-2714.
- [17] Palanca BJA, Wildes TS, Ju YS, et al. Electroencephalography and delirium in the postoperative period [J]. *Br J Anaesth*, 2017, 119(2): 294-307.
- [18] Li H, Fu Q, Wu Z, et al. Cerebral oxygen desaturation occurs frequently in patients with hypertension undergoing major abdominal surgery [J]. *J Clin Monit Comput*, 2018, 32(2): 285-293.
- [19] Babakhani B, Heroabadi A, Hosseinitatababaei N, et al. Cerebral oxygenation under general anesthesia can be safely preserved in patients in prone position: a prospective observational study [J]. *J Neurosurg Anesthesiol*, 2017, 29(3): 291-297.
- [20] Ki SH, Rhim JH, Park JH, et al. Quantitative analysis of the effect of end-tidal carbon dioxide on regional cerebral oxygen saturation in patients undergoing carotid endarterectomy under general anaesthesia [J]. *Br J Clin Pharmacol*, 2018, 84(2): 292-300.
- [21] Brown CH 4th, LaFlam A, Max L, et al. Delirium after spine surgery in older adults: incidence, risk factors, and outcomes [J]. *J Am Geriatr Soc*, 2016, 64(10): 2101-2108.
- [22] Zheng X, Ma ZL, Gu XP. Plasma levels of tumor necrosis factor- α in adolescent idiopathic scoliosis patients serve as a predictor for the incidence of early postoperative cognitive dysfunction following orthopedic surgery [J]. *Exp Ther Med*, 2015, 9(4): 1443-1447.
- [23] 王莹, 段宗生. 术中脑氧饱和度与脑电双频指数联合监测对老年患者胃癌根治术后恢复的影响 [J]. *中华保健医学杂志*, 2020, 22(1): 65-68.
- Wang Y, Duan ZS. Effect of joint monitoring of intraoperative cerebral oxygen saturation and bispectral index on postoperative recovery in senile patients with radical gastrectomy for cancer [J]. *Chin J Heal Care Med*, 2020, 22(1): 65-68.
- [24] Olbrecht VA, Skowno J, Marchesini V, et al. An international, multi-center, observational study of cerebral oxygenation during infant and neonatal anesthesia [J]. *Anesthesiology*, 2018, 128(1): 85-96.
- [25] Nguyen DN, Huyghens L, Parra J, et al. Hypotension and a positive fluid balance are associated with delirium in patients with shock [J]. *PLoS One*, 2018, 13(8): e0200495.