

两种静脉麻醉技术在需行脊髓功能监测的脊柱畸形手术中的应用

孟秀丽¹, 王丽薇¹, 周 阳¹, 马 越², 郭向阳^{1△}

(北京大学第三医院 1. 麻醉科; 2. 骨科, 北京 100191)

[摘 要] **目的:**对靶控输注和人工调控输注两种静脉麻醉技术在脊柱畸形矫正手术中的应用进行前瞻对比研究。**方法:**选择择期行脊柱后凸矫正和脊柱侧弯矫正的患者 160 例,按照随机数字表随机分为靶控输注组(target-controlled infusion, TCI)和人工调控输注组(manual-controlled infusion, MCI),TCI 组麻醉全程采用丙泊酚和瑞芬太尼血浆靶控输注,丙泊酚和瑞芬太尼分别采用 Marsh 和 Minto 药代动力学模型;MCI 组采用丙泊酚、瑞芬太尼静脉注射诱导和持续静脉滴注维持,两组均于诱导插管前应用一次肌松药,之后不再使用。两组麻醉过程中均维持血流动力学平稳和全身麻醉深度稳定。主要比较两组对全身麻醉深度调控的便利性和关键手术步骤脑电双频指数的波动幅度,同时观察丙泊酚和瑞芬太尼药物用量、血流动力学变化、术毕清醒和拔管时间,以及对脊髓电生理监测成功率的影响。**结果:**TCI 组静脉泵调控次数小于 MCI 组,差异有统计学意义($P < 0.05$);TCI 组关键手术步骤脑电双频指数(bispectral index, BIS)波动幅度小于 MCI 组,差异有统计学意义($P < 0.05$)。TCI 组与 MCI 组丙泊酚($P = 0.158$)和瑞芬太尼($P = 0.168$)在脊柱后凸矫正手术中的总药量差异无统计学意义,术毕清醒时间($P = 0.972$)和拔管时间($P = 0.944$)差异无统计学意义,脊髓电生理监测成功率,差异无统计学意义($P > 0.05$)。**结论:**TCI 和 MCI 均可为脊柱后凸畸形矫正手术提供满意麻醉,TCI 组对全身麻醉深度调节更为便利、稳定。

[关键词] 麻醉,静脉;诱发电位,躯体感觉;诱发电位,运动;脊柱弯曲;输注泵

[中图分类号] R614 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1671-167X(2013)03-0474-06

doi:10.3969/j.issn.1671-167X.2013.03.026

Comparative study on two total intravenous anesthesia techniques in complex spine surgery

MENG Xiu-li¹, WANG Li-wei¹, ZHOU Yang¹, MA Yue², GUO Xiang-yang^{1△}

(1. Department of Anaesthesiology, 2. Department of Orthopaedics, Peking University Third Hospital, Beijing 100191, China)

ABSTRACT Objective: To compare anesthesia profiles of target-controlled infusion (TCI) and manual-controlled infusion (MCI) of propofol and remifentanyl in kyphosis correction or scoliosis correction surgery, in which intraoperative spinal cord monitoring was employed. **Methods:** In the study, 160 patients scheduled for kyphosis correction surgery or scoliosis correction were enrolled and randomly allocated into 2 groups, group TCI and group MCI. In group TCI, induction and maintenance of general anesthesia were carried out by target-controlled infusion of propofol and remifentanyl. Marsh and Minto, three-compartment pharmacokinetic models for propofol and remifentanyl were used respectively. In group MCI, the patients received propofol and remifentanyl by conventional dose-weight infusion method. Muscle relaxants were only applied for ease of induction. In both the groups, anesthesia depth was monitored by bispectral index (BIS), and the change of hemodynamic parameters was kept in the range of 20% of the baseline. The control convenience of anesthesia depth and change amplitude of BIS in the main steps of the procedure were compared. The total amounts of propofol and remifentanyl, influence on the hemodynamics, influence on the successful rates of somatosensory evoked potentials (SSEPs) and motor evoked potentials (MEPs) and electromyography (EMG) were compared too. **Results:** The time of pump regulation in group TCI was significantly less than in group MCI ($P < 0.05$). The BIS fluctuation in the main steps of the procedure was significantly smaller in Group TCI than in group MCI ($P < 0.05$). There was no significant difference in the amounts of propofol and remifentanyl ($P = 0.158$ and $P = 0.168$). The time to awake ($P = 0.972$) and time to extubation ($P = 0.944$) had no significant difference. The successful rates of SSEPs and MEPs had no significant difference between groups TCI and MCI ($P > 0.05$). **Conclusion:** Both TCI and MCI can offer practical anesthesia for spinal deformity correction surgery. TCI has

the advantage in keeping smooth and steady depth of anesthesia.

KEY WORDS Anesthesia, intravenous; Target-controlled infusion; Evoked potentials, somatosensory; Evoked potentials, motor; Spinal curvatures; Infusion pumps

在复杂脊柱畸形矫正手术中,为了预防手术操作对脊髓和脊神经造成医源性损伤,术中脊髓功能监测技术的临床应用逐渐成为常规,其主要监测手段包括:躯体感觉诱发电位(somatosensory evoked potentials, SSEPs)、运动诱发电位(motor evoked potentials, MEPs)、肌电描记(electromyography, EMG)等^[1-2]。多种全身麻醉药物对术中脊髓功能监测有不同程度的抑制作用,从而导致监测效果下降^[1]。静脉全身麻醉药物丙泊酚和瑞芬太尼对脊髓电生理监测影响相对较弱,因此,以丙泊酚和瑞芬太尼为主的全身静脉麻醉(total intravenous anesthesia, TIVA)成为此类手术最主要的麻醉方法^[1, 3-4]。靶控输注(target-controlled infusion, TCI)和人工调控输注(manually-controlled infusion, MCI)是两种常用的TIVA技术,关于二者之间的临床对比研究较多,但结果不完全相同^[5-6]。本研究对比观察脑电双频指数(bispectral index, BIS)监测指导下,TCI和MCI两种TIVA技术在需行脊髓功能监测的脊柱手术中应用时,对麻醉深度调节的便利性,同时对两种技术对静脉麻醉药物用量、血流动力学、术毕清醒以及拔管时间、脊髓电生理监测的成功率等指标的影响。

1 资料与方法

1.1 研究对象与分组

本研究开始前获得北京大学第三医院伦理委员会审查批准,所有研究对象均签署知情同意书。选择在2009年5月至2012年5月择期行脊柱畸形矫正的患者进行前瞻性随机研究。入选标准:术中需要进行脊髓电生理监测的脊柱后凸或脊柱侧弯矫正手术患者。排除标准:(1)术前长期应用止痛药物患者;(2)长期服用镇静催眠药物患者;(3)肝、肾功能异常患者;(4)对丙泊酚或阿片类药物过敏的患者。在患者签署知情同意书以后,根据随机数字表随机分为两组,分别采用丙泊酚、瑞芬太尼靶控输注麻醉(TCI组)和静脉泵人工调控持续输注麻醉(MCI组)。

1.2 麻醉方法

患者入手术室后,均监测心电图(ECG)、脉搏氧饱和度(SpO₂)、桡动脉血压(ABP)、心率(HR)、BIS。TCI组以丙泊酚和瑞芬太尼血浆靶控输注开

始全身麻醉诱导,丙泊酚选用Marsh药代动力学模型,瑞芬太尼选用Minto药代动力学模型。分别设定血浆浓度为丙泊酚3 mg/L(μg/mL)和瑞芬太尼4 μg/L(ng/mL)进行麻醉诱导,BIS值小于60后,静脉输注罗库溴铵0.6 mg/kg,肌松满意,BIS值小于50之后行气管插管。MCI组诱导时丙泊酚总用量2 mg/kg,分多次静脉注射,瑞芬太尼用量为3 μg/kg。BIS值小于60后,静脉注射罗库溴铵0.6 mg/kg,肌松满意后行气管插管。诱导过程中如平均动脉压(MAP)降低20%以上(以术前访视时所得病房血压为基础血压),静脉注射麻黄素5~10 mg。两组患者进行机械通气后,监测呼气末二氧化碳压力(PetCO₂),通过与动脉血CO₂相互对照,维持动脉血CO₂正常(35~45 mmHg,1 mmHg=0.133 kPa)。监测鼻咽温度,并使用加温毯和加温输血仪维持鼻咽在36.0~37.0℃。全程不用吸入麻醉药,诱导插管后,不再使用肌肉松弛剂。在手术不同阶段,TCI组根据BIS、HR、ABP监测值调节丙泊酚和瑞芬太尼血浆设定浓度。在非神经损伤高危的手术步骤,BIS调控在40~60范围内;而在螺钉内固定和截骨两个高危手术步骤,BIS值被严格调控在30~40范围内,如果BIS大于40,将丙泊酚血浆浓度增大0.5 mg/L,如果HR和ABP改变超过20%基础值,将瑞芬太尼血浆浓度相应调节1.0 μg/L。MCI组则根据BIS、HR、ABP监测值调节丙泊酚和瑞芬太尼静脉输注速度。如果BIS在30~40范围内,但仍然有血压过高或过低现象时,静脉分别给予尼卡地平和苯肾上腺素调控,及时测定动脉血气,根据术中出血量和血气监测结果,及时补充浓缩红细胞,维持红细胞压积HCT>30%,HB>10 g/L。两组患者的ABP和HR变化均控制在基础值20%以内。术毕伤口缝合完毕后,停止丙泊酚输注,将患者由俯卧位变为平卧位后,停止瑞芬太尼输注。静脉注入舒芬太尼10 μg,根据需要连接术后止痛泵。在恢复室内观察患者镇痛情况,如果镇痛不足,适当改变镇痛泵参数,至视觉模拟评分VAS<3。

1.3 术中脊髓功能监测参数

采用32通道Cascade术中神经监护系统(美国Cadwell公司,Cadwell Laboratories, Inc. Cascade)监测躯体感觉诱发电位、运动诱发电位和肌电描记。

SSEPs 监测采用 ES-5 恒流电刺激, 下肢刺激胫神经, 上肢刺激正中神经或者尺神经, 记录电极位置参考国际标准 10-20 系统, 下肢记录电极 Cz, 上肢记录电极为 C3' 和 C4'。增益: 10; 滤波: 10 ~ 500 Hz; 刺激强度: 20 ~ 50 mA, 刺激频率 2.7 Hz。MEPs 监测采用经颅电刺激, 使用 TCS-1000 恒压电刺激器, 刺激电极放在 C3' 和 C4' 或 C1 和 C2, 记录电极放在双侧胫前肌、拇展肌和 ■ 短展肌上, 采用高频连续刺激, 强度 50 ~ 600 V, 连续 4 ~ 9 次, 刺激间期 1.5 ~ 3.5 ms, 脉冲 50 μ s。从外周肌肉记录单个肌肉反应波称混合肌肉动作电位, 滤波 30 ~ 3 000 Hz, 描述速度 10 ms/div, 波幅增益 1 000 μ V/div, 显示增益 100 μ V/div。EMG 采用针电极置于需要监测的神经根支配的肌肉的肌腹中。自发 EMG 参数为波幅增益 100 μ V/div, 显示增益 50 μ V/div, 扫描速度 1 000 ms/div 和 200 ms/div, 滤波 30 ~ 3 000 Hz。诱发 EMG 采用单极或双极探针刺激, 刺激强度为 0.1 ~ 2 mA, 脉冲 50 ~ 200 μ s, 滤波 30 ~ 1 000 Hz。

1.4 监测和观察指标

手术全程两组均监测 ABP、HR、SpO₂、PetCO₂、BIS。TCI 组记录诱导插管、仰卧位变俯卧位、切皮、

螺钉内固定、截骨等手术步骤丙泊酚和瑞芬太尼最高血浆浓度; MCI 组记录上述手术步骤最高输注速度。两组均记录 SSEPs、MEPs、EMG 的成功率、术中体动反应发生率, 术后在恢复室不良反应发生率。记录患者停药至呼之睁眼时间、拔除气管导管时间、出恢复室时间。

1.5 统计学分析

将丙泊酚总药量看作主要观察指标, 根据公式 $n = 2 \times f(\alpha, \beta) \times \delta^2 / (\mu_1 - \mu_2)^2$, 取 $\alpha = 0.05, \beta = 0.01$ 时的 $f(\alpha, \beta) = 10.5$, 根据预实验结果, 计算样本量应为 75 例, 本研究选取 80 例。使用 SPSS 17.0 进行统计分析, 计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示。TCI 和 MCI 两组间均数比较采用 *t* 检验; 不同时间点均数比较采用重复测量方差分析; TCI 组与 MCI 组 IOM 成功率比较使用卡方检验。P < 0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

TCI 和 MCI 两组患者均为 80 例, 年龄 18 ~ 65 岁, ASA I ~ II 级, BMI 在 18 ~ 25 之间。两组例数、性别比、年龄、体重指数和 ASA 分级差异无统计学意义(表 1)。

表 1 两组患者一般资料

Table 1 General data

	Case number	Male/Female	Age/years, $\bar{x} \pm s$	BMI/(kg/m ²), $\bar{x} \pm s$	ASA grade (I / II)
TCI	80	39/41	41.99 \pm 16.56	22.79 \pm 3.49	5/75
MCI	80	40/40	42.04 \pm 16.31	22.97 \pm 3.47	6/64
<i>P</i>		0.874	0.985	0.749	0.755

TCI 组不同时间点之间的丙泊酚最大浓度差异有统计学意义(P < 0.05), 切皮和螺钉内固定时所需丙泊酚浓度大于诱导插管和截骨时(P < 0.05), 在切皮和螺钉内固定以及截骨时瑞芬太尼浓度大于诱导插管和变换体位时(P < 0.05, 表 2)。

MCI 组丙泊酚各时间点输注速度差异无统计学意义, 瑞芬太尼切皮、螺钉内固定和截骨时浓度大于变换体位时(P < 0.05, 表 3)。

TCI 和 MCI 组麻醉总时间、停药后清醒时间、拔管时间和出恢复室时间差异无统计学意义(P > 0.05, 表 4)。

TCI 组丙泊酚和瑞芬太尼总用药量稍大于 MCI 组, 但是差异无统计学意义(P > 0.05); TCI 组关键步骤 BIS 波动范围(最低值与最高值之间跨度)低于 MCI 组(P < 0.05)。手术过程中, 血流动力学能够维持平稳, ABP、HR 的数值变化幅度与插管前相

比不超过 20% (图 1、2), 术中输注浓缩红细胞量以及自体血量、苯肾上腺素用量差异无统计学意义(P > 0.05)。TCI 组丙泊酚和瑞芬太尼的调控次数小于 MCI 组(P < 0.05, 表 5、6)。

表 2 TCI 组特殊时间点丙泊酚和瑞芬太尼最高血浆靶控浓度

Table 2 Maximal plasma concentration of propofol and remifentanyl at special time points in TCI group

	TCI group ($\bar{x} \pm s$)	
	Propofol/(mg/L)	Remifentanyl/(μ g/L)
Intubation	3.02 \pm 0.14	3.98 \pm 0.16
Changing of body position	2.98 \pm 0.20	3.88 \pm 0.36
Skin cut	3.69 \pm 0.72 *	5.01 \pm 1.25 *
Spinal fixation	3.70 \pm 0.72 *	5.01 \pm 1.22 *
Osteotomy	3.20 \pm 0.84	4.71 \pm 1.19 *

TCI, target-controlled infusion. * P < 0.05, compared to other values in same column.

表 3 MCI 组特殊时间点丙泊酚和瑞芬太尼的最大输注速度
Table 3 Maximal infusion rate of propofol and remifentanyl in MCI group

	MCI group	
	Propofol	Remifentanyl
Intubation	2 mg/kg	3 μg/kg
Changing of body position	(7.29 ± 1.23) mg/(kg · h)	(0.20 ± 0.03) μg/(kg · min) *
Skin cut	(6.98 ± 1.23) mg/(kg · h)	(0.28 ± 0.02) μg/(kg · min)
Spinal fixation	(7.02 ± 1.23) mg/(kg · h)	(0.28 ± 0.02) μg/(kg · min)
Osteotomy	(6.91 ± 1.37) mg/(kg · h)	(0.27 ± 0.04) μg/(kg · min)

MCI, manually-controlled infusion. * $P < 0.05$, compared to other values in same column.

表 4 TCI 组与 MCI 组各种麻醉时间和在恢复室并发症
Table 4 Anesthesia time profile and recovery room complications in TCI and MCI group

	Tat/min	Ta/min	Tex/min	Rn	Tre/min
G_{TCI}	423.45 ± 90.17	7.01 ± 4.35	8.09 ± 4.35	16% (13/80)	50.18 ± 17.82
G_{MCI}	424.44 ± 96.13	6.98 ± 4.69	8.14 ± 4.67	15% (12/80)	48.96 ± 17.78
P	0.947	0.972	0.944	0.828	0.664

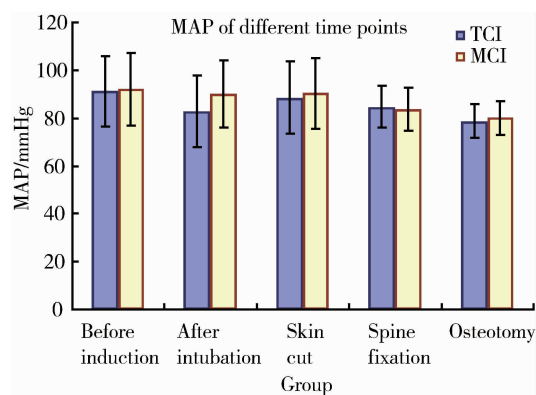
Tat, total anesthesia time; Ta, time to awake; Tex, time to extubation; Rn, rate of nausea; Tre, time to leave recovery room; G_{TCI} , group of target-controlled infusion; G_{MCI} , group of manually-controlled infusion.

表 5 两组丙泊酚和瑞芬太尼总用量以及术中 BIS 值波动幅度

Table 5 Total amounts of anesthetics (propofol and remifentanyl) and BIS fluctuation of main procedure steps in TCI and MCI group

	TP/mg	P/[μg/(kg · min)]	TR/μg	R/[μg/(kg · min)]	N		F_{BIS}
					P	R	
G_{TCI}	2 355.93 ± 888.07	120.69 ± 58.13	3 998.22 ± 2 156.75	0.20 ± 0.11	4.60 ± 2.24	5.60 ± 2.40	10.46 ± 1.01
G_{MCI}	2 138.00 ± 791.76	111.12 ± 56.42	3 736.26 ± 1 934.29	0.18 ± 0.09	6.88 ± 2.60	7.57 ± 2.83	16.01 ± 2.03
P	0.158	0.292	0.168	0.198	<0.05	<0.05	<0.05

TP, total propofol; P, propofol; TR, total remifentanyl; R, remifentanyl; N, number of pump regulation; F_{BIS} , BIS fluctuation in main steps of procedure; G_{TCI} , group of target-controlled infusion; G_{MCI} , group of manually-controlled infusion.



MPA, mean arterial pressure.

图 1 两组患者不同时间点的平均动脉压

Figure 1 Mean arterial blood pressure of different time points in Group TCI and Group MCI

本研究将能在术中成功引出可接受的 SSEPs 和 MEPs 基础波形,并能在关键手术步骤成功反映手术操作的影响,必要时进行报警以提醒手术医

师谨慎操作视为监测成功,把不能得到可接受的基础波形,或术中由于电极脱落导致不能连续监测视为不成功。TCI 组与 MCI 组术中脊髓电生理监测成功率差异没有统计学意义 ($P > 0.05$, 表 7)。

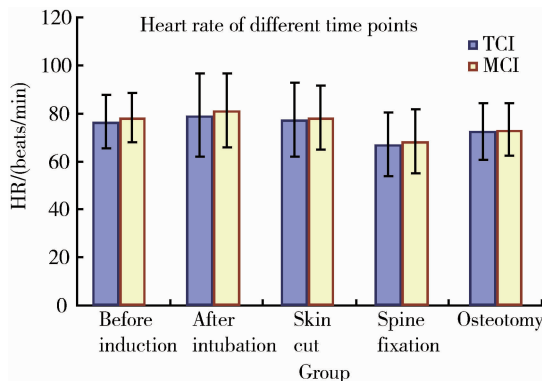


图 2 两组患者不同时间点的心率

Figure 2 Heart rate of different time points in group TCI and MCI

表 6 两组术中输血量以及苯肾上腺素用量($\bar{x} \pm s$)

Table 6 Amounts of blood transfusion and phenylephrine in group TCI and MCI ($\bar{x} \pm s$)

	RBC/mL	Auto RBC/mL	Phenylephrine/ μg
TCI	1 141.87 \pm 711.00	593.96 \pm 443.77	58.87 \pm 19.29
MCI	1 149.38 \pm 690.28	585.71 \pm 430.71	59.50 \pm 20.80
<i>P</i>	0.946	0.905	0.844

RBC, red blood cell. TCI, target-controlled infusion; MCI, group of manually-controlled infusion.

表 7 两组 SSEP 和 MEP 监测成功率和手术中意外体动的发生率

Table 7 Success rate of SSEP and MEP, and number of accident body move

	Rate of success, <i>n</i> (%)			Accident body move
	SSEP	MEP	EMG	
TCI	80 (100)	68 (85)	77 (96)	0
MCI	80 (100)	68 (85)	78 (98)	0
<i>P</i>		0.822	0.650	

TCI, target-controlled infusion; MCI, group of manually-controlled infusion; SSEP, somatosensory evoked potentials; MEP, motor evoked potentials; EMG, electromyography.

3 讨论

在脊柱畸形矫正手术中,术中操作可能导致医源性脊髓和神经损伤,严重时可能造成截瘫等灾难性后果。术中脊髓功能监测可以及时提醒术者在高危操作时警惕神经损伤,从而受到术者的欢迎。随着电生理监测技术的不断进步,SSEPs、MEPs 和 EMG 等技术联合应用^[1],能够同时监测脊髓感觉和运动系统的完整性,最大程度提高临床安全。SSEPs 是最早应用于术中的脊髓电生理监测手段,它的应用使术中医源性神经损伤的发生率从 0.7% ~ 4.0% 降到 0.55% 以下。但是 SSEPs 仍有“假阴性”的缺陷,因为脊髓后角与脊髓前角血液供应不同,所以 SSEPs 正常不能排除感觉功能正常而运动功能受损的情况,MEPs 作为脊髓运动功能的监测手段日益受到重视。MEPs 监测相对于 SSEPs 监测难度增大,主要是因为其对全身麻醉药物更为敏感;常用的 MEPs 监测是肌源性的复合动作电位监测,神经肌肉接头处的影响也影响 MEPs 的成功率;此外,下腰段因为接近脊髓圆锥部位,皮质脊髓束数量减少,其监测成功率也较低^[1-2]。但是,术中脊髓神经电生理监测受到全身麻醉药物不同程度的影响,常用吸入全身麻醉药物均显著抑制 SSEPs 和 MEPs 监测^[1-2];在静脉麻醉药物中,丙泊酚也对 SSEPs 和 MEPs 监测有抑制作用,但在临床麻醉深度下,其抑制作用随着剂量的增加而只表现为微弱增强^[3];阿

片类药物对术中神经电生理监测影响很小,并且在常用阿片类药物中,瑞芬太尼抑制作用最轻微^[4];肌肉松弛剂影响 MEPs 和 EMG 监测^[7],在脊柱矫形手术中的重要步骤,肌松剂要避免使用。综上,适合需要行术中神经电生理监测手术的主要麻醉方法以丙泊酚和瑞芬太尼为主,手术重要步骤应避免使用肌松剂。为尽量避免中枢神经系统兴奋性改变对 IOM 监测的干扰,全身麻醉深度应尽可能恒定平稳。在避免使用肌松剂的情况下,为了确保手术患者不发生体动反应,BIS 监测指导下全身麻醉深度应维持在 30 ~ 40 范围内。

本研究在 BIS 监测下进行 TCI 和 MCI 的对比观察,在两组患者维持相近麻醉深度的情况下,比较 TCI 和 MCI 时的丙泊酚和瑞芬太尼用药剂量、对血流动力学的影响、以及脊髓电生理监测的成功率。TCI 组的丙泊酚和瑞芬太尼初始血浆设定浓度参考杨璐等^[8]的研究,MCI 组药物初始输注速度根据临床经验设定,两组麻醉维持量均以 BIS 为指导进行调节。结果显示,在较严密的 BIS 调控下,TCI 组和 MCI 组都可以成功进行脊髓电生理监测,两组成功率差异无统计学意义;在麻醉药物用量方面,丙泊酚和瑞芬太尼在 TCI 组用药剂量稍大于 MCI 组,尤其在需要不断调控麻醉药量的重要步骤(如诱导插管、切皮、螺钉内固定)时,但是当较长时间维持相同麻醉深度时,TCI 组用药量又小于 MCI 组,因此全手术过程用药量差异无统计学意义。TCI 组对丙泊酚和瑞芬太尼的输注速度调整次数小于 MCI 组且差异有统计学意义,这与计算机调控和人工调控精细程度的差别有关,显示 TCI 在麻醉深度调控方面具有优势。此外,本研究记录的丙泊酚和瑞芬太尼 TCI 血浆浓度以及 MCI 的输注速度均为手术刺激较大时的值,但整个手术过程中,血浆浓度和给药速度将根据创伤刺激大小和术中 BIS、血压、心率不断调整,所以前述血浆浓度和输注速度并不能反映总体用药情况。

尽管两组均以 BIS 为麻醉深度监测指标,并根据 BIS 值调控麻醉药物用量,但手术过程由神经损伤风险的关键步骤中 TCI 组 BIS 波动范围小于 MCI 组且差异有统计学意义,表明 TCI 在维持麻醉深度稳定方面比 MCI 更有优势。此外,无论 TCI 和 MCI,都还不能完全排除麻醉医师的主观管理因素,本研究并非双盲研究,在手术的关键步骤,如螺钉内固定和截骨矫形时,因为没有肌松剂的作用,麻醉医师会选择较深的麻醉深度,以尽可能避免术中因为碰到神经根所导致的意外体动,因此,此时的静脉麻醉药

物用量,是维持较深麻醉时所需的剂量。需要特别提出的是,此时也正是手术出血相对集中的步骤,在不能降低全身麻醉深度的情况下,必须密切监测血气指标,及时进行自体血液回收,适当补充浓缩红细胞,必要时静脉输注苯肾上腺素维持血压平稳。本研究中,两组患者术中平均动脉压和心率都能维持平稳,术中输注悬浮红细胞数量和自体血红细胞量差异无统计学意义,手术过程中需要的血管活性药物用量差异无统计学意义。

在脊柱畸形矫正手术中,俯卧位进行螺钉内固定以及截骨操作时,可能伤及脊髓和脊神经,而确切可靠的 MEPs 和 EMG 监测,可以充分发挥预警作用,提醒手术医师避免危险操作。要确保 MEPs 和 EMG 监测有效,就不能使用肌松剂,但在不能使用肌松剂的情况下,又要避免术中意外体动而影响精细的手术操作,需要有特异反映全身麻醉体动反应的麻醉深度监测指标。全身麻醉包括意识消失、满意镇痛、无意外体动反应和适度应激控制等要素,每一要素都需要特异性的评价参数,如用 BIS 可以评价意识状态,心率变异性评价镇痛强度^[9-10]。但是,对于体动反应的预测尚无公认的指标。有研究提示,体动反应的中枢控制部位在脊髓^[9-11],所以,较深的全身麻醉状态抑制了脊髓前角时,才可能抑制体动反应。吸入麻醉时最小肺泡吸入浓度是预测体动反应的指标,但全静脉麻醉下不再使用。有研究认为,面神经肌电图描记可以预测体动反应^[12],适用于耳鼻喉科面神经监测手术的麻醉,但在脊柱手术中应用不现实。也有研究认为,BIS 值的波动范围可以间接反映瑞芬太尼的镇痛效应,从而间接预测体动反应^[12-14]。本研究在没有肌松作用的螺钉内固定和截骨矫形阶段,严密调控 BIS 值于较低值,尽可能减小其波动幅度,TCI 组和 MCI 组均可满足此阶段要求,而无意外体动发生。本研究结果还表明,TCI 组对 BIS 的调控能力明显优于 MCI 组,BIS 值波动幅度小于 MCI 组。

综上所述,丙泊酚和瑞芬太尼靶控输注和静脉持续输注两种麻醉技术都能安全运用于术中需行脊

髓功能监测手术病人的麻醉,但 TCI 对维持全身麻醉深度稳定更有优势。

参考文献

- [1] Sloan T. Anesthetic effects on evoked potentials. Intraoperative monitoring of neural function//Handbook of clinical neurophysiology. New York: Elsevier B. V., 2008; 94-126.
- [2] Sloan TB, Janik D, Jameson L. Multimodality monitoring of the central nervous system using motor-evoked potentials [J]. *Curr Opin Anaesthesiol*, 2008, 21(5): 560-564.
- [3] Logginidou HG, Li BH, Li DP, et al. Propofol suppresses the cortical somatosensory evoked potential in rats [J]. *Anesth Analg*, 2003, 97(6): 1784-1788.
- [4] Scheufler KM, Zentner J. Total intravenous anesthesia for intraoperative monitoring of the motor pathways: an integral view combining clinical and experimental data [J]. *J Neurosurg*, 2002, 96(3): 571-579.
- [5] Leslie K, Clavisi O, Hargrove J. Target-controlled infusion versus manually-controlled infusion of propofol for general anaesthesia or sedation in adults [J]. *Cochrane Database Syst Rev*. 2008, 16(3): CD006059.
- [6] Yeganeh N, Roshani B, Yari M, et al. Target-controlled infusion anesthesia with propofol and remifentanyl compared with manually controlled infusion anesthesia in mastoidectomy surgeries [J]. *Middle East J Anesthesiol*, 2010, 20(6): 785-793.
- [7] Yamamoto Y, Kawaguchi M, Hayashi H. The effects of the neuromuscular blockade levels on amplitudes of posttetanic motor-evoked potentials and movement in response to transcranial stimulation in patients receiving propofol and fentanyl anesthesia [J]. *Anesth Analg*, 2008, 106(3): 930-934.
- [8] 杨璐,魏滨,张利萍,等. 丙泊酚和瑞芬太尼在抑制强直电刺激中的药理学相互作用 [J]. *北京大学学报:医学版*, 2010, 42(5): 547-553.
- [9] Grasshoff C, Rudolph U, Antkowiak B. Molecular and systemic mechanisms of general anaesthesia: the 'multi-site and multiple mechanisms' concept [J]. *Curr Opin Anaesthesiol*, 2005, 18(4): 386-391.
- [10] Kissin I. Depth of anesthesia and bispectral index monitoring [J]. *Anesth Analg*, 2000, 90(5): 114-117.
- [11] Kammer T, Rehberg B, Menne D. Propofol and sevoflurane in subanesthetic concentrations act preferentially on the spinal cord. Evidence from multimodal electrophysiological assessment [J]. *Anesthesiology*, 2002, 97(6): 1416-1425.
- [12] Jellish WS, Leonetti JP, Buoy CM, et al. Facial nerve electromyographic monitoring to predict movement in patients titrated to a standard anesthetic depth [J]. *Anesth Analg*, 2009, 109(2): 551-558.
- [13] Sebel PS, Lang E, Rampil IJ, et al. A multicenter study of bispectral electroencephalogram analysis for monitoring anesthetic effect [J]. *Anesth Analg*, 1997, 84(4): 891-899.
- [14] Vernon JM, Lang E, Sebel PS, et al. Prediction of movement using bispectral electroencephalographic analysis during propofol/alfentanil or isoflurane/alfentanil anesthesia [J]. *Anesth Analg*, 1995, 80(4): 780-785.

(2012-05-08 收稿)

(本文编辑:王 蕾)