

不同浓度七氟烷麻醉与不同刺激电压对脊髓手术中运动诱发电位波幅和潜伏期的影响

王丽薇¹, 孟秀丽^{1△}, 郭向阳¹, 赵 薇², 王振宇²

(北京大学第三医院 1. 麻醉科, 2. 神经外科, 北京 100191)

[摘 要] **目的:**评价七氟烷在不同呼气末浓度和不同刺激电压时对脊髓手术中运动诱发电位(motor evoked potentials, MEPs)监测的影响,为临床需要进行 MEPs 监测手术的麻醉用药提供选择依据。**方法:**选择年龄 18~65 岁、ASA I~II 级、需择期行胸腰段脊髓肿瘤切除手术的患者 48 例。常规全身麻醉(全麻)诱导后,在手术重要操作步骤开始前分别测定刺激电压为 300 V、400 V、500 V、600 V 时和七氟烷呼气末浓度分别为 0.0%、0.5%、1.0%、1.5% 时的 MEPs 波幅和潜伏期。全麻期间瑞芬太尼的输注速度维持在 0.2 μg/(kg·min),适当调整丙泊酚泵注速度维持脑电双频谱指数(bispectral index, BIS)在 30~50 范围内。**结果:**七氟烷呼气末浓度和电生理监测仪的刺激电压显著影响 MEPs 的波幅,在同一刺激电压下,随七氟烷呼气末浓度的提高,MEPs 的波幅下降,呼气末浓度 1.5% 时 MEPs 波幅(左侧 20.50 μV、70.71 μV、135.97 μV、190.00 μV,右侧 14.29 μV、50.71 μV、73.10 μV、77.50 μV)明显低于呼气末浓度 0.5% 时 MEPs 波幅(左侧 100.00 μV、362.57 μV、444.05 μV、435.00 μV,右侧 115.00 μV、207.15 μV、258.34 μV、358.50 μV)以及 0.0% 时 MEPs 波幅(左侧 143.00 μV、388.10 μV、484.53 μV、500.00 μV,右侧 176.00 μV、407.60 μV、384.35 μV、451.00 μV),差异有统计学意义(左侧 $\chi^2 = 27.46, P < 0.01$, 右侧 $\chi^2 = 60.49, P < 0.01$; 左侧 $\chi^2 = 20.73, P < 0.01$, 右侧 $\chi^2 = 55.05, P < 0.01$; 左侧 $\chi^2 = 34.25, P < 0.01$, 右侧 $\chi^2 = 33.58, P < 0.01$; 左侧 $\chi^2 = 28.61, P < 0.01$, 右侧 $\chi^2 = 49.04, P < 0.01$); MEPs 的潜伏期也有延长,但结果差异无统计学意义($P = 0.26$)。同一呼气末浓度下,随刺激电压的增大,MEPs 波幅增高,电压 300 V 时 MEPs 波幅(左侧 143.00 μV、100.00 μV、61.50 μV、20.50 μV,右侧 176.00 μV、115.00 μV、41.07 μV、14.29 μV)明显低于 400 V 时 MEPs 波幅(左侧 388.10 μV、362.57 μV、198.81 μV、70.71 μV,右侧 407.60 μV、207.15 μV、89.00 μV、50.71 μV)、500 V 时 MEPs 波幅(左侧 484.53 μV、444.05 μV、216.24 μV、135.97 μV,右侧 384.35 μV、258.34 μV、187.50 μV、73.10 μV)与 600 V 时 MEPs 波幅(左侧 500.00 μV、435.00 μV、344.00 μV、190.00 μV,右侧 451.00 μV、385.50 μV、156.00 μV、77.50 μV),差异有统计学意义(左侧 $\chi^2 = 45.55, P < 0.01$, 右侧 $\chi^2 = 25.73, P < 0.01$; 左侧 $\chi^2 = 46.67, P < 0.01$, 右侧 $\chi^2 = 55.30, P < 0.01$; 左侧 $\chi^2 = 47.36, P < 0.01$, 右侧 $\chi^2 = 47.82, P < 0.01$; 左侧 $\chi^2 = 38.67, P < 0.01$, 右侧 $\chi^2 = 45.87, P < 0.01$)。同一呼气末浓度下,随刺激电压的增大,MEPs 的潜伏期逐渐缩短,电压 300 V 时 MEPs 潜伏期与 400 V、500 V、600 V MEPs 潜伏期比较差异有统计学意义(左侧 $F = 7.50, P = 0.01$; 右侧 $F = 13.33, P < 0.01$),但是这种潜伏期的变化没有临床意义。同一刺激电压下,随七氟烷呼气末浓度的提高,MEPs 的成功率下降,呼气末浓度 1.5% 时 MEPs 的成功率(左侧 43.8%、70.8%、77.1%、81.3%,右侧 37.5%、60.4%、75.0%、66.7%)明显低于呼气末浓度 0.5% 时 MEPs 的成功率(左侧 72.9%、89.6%、95.8%、95.8%,右侧 66.7%、89.6%、95.8%、97.9%)及 0.0% 时 MEPs 的成功率(左侧 79.2%、87.5%、95.8%、93.8%,右侧 75.0%、95.8%、95.8%、95.8%),而同一呼气末浓度下,增大刺激电压可以提高 MEPs 的成功率,电压 300 V 时 MEPs 的成功率(左侧 79.2%、72.9%、62.5%、43.8%,右侧 75.0%、66.7%、60.4%、37.5%)明显低于 400 V MEPs 的成功率(左侧 87.5%、89.6%、77.1%、70.8%,右侧 95.8%、89.6%、79.2%、60.4%)、500 V MEPs 的成功率(95.8%、95.8%、91.7%、77.1%,右侧 95.8%、95.8%、81.3%、75.0%)以及 600 V 时 MEPs 的成功率(左侧 93.8%、95.8%、89.6%、81.3%,右侧 95.8%、97.9%、89.6%、66.7%),刺激电压 600 V、七氟烷呼气末浓度为 1.5% 时 MEPs 的成功率与刺激电压 300 V、七氟烷呼气末浓度为 0.0% 时 MEPs 的成功率差异无统计学意义($P = 0.22$)。**结论:**七氟烷对术中 MEPs 监测具有剂量依赖性抑制作用,但通过增加刺激电压,可以增大 MEPs 的波幅,缩短 MEPs 的潜伏期,提高 MEPs 监测的成功率,扩大了七氟烷在脊髓功能监测手术中的适用范围。

[关键词] 诱发电位,运动;七氟醚;脊髓;外科手术;麻醉,吸入

[中图分类号] R614.21 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1671-167X(2016)02-0297-07

doi: 10.3969/j.issn.1671-167X.2016.02.022

△ Corresponding author's e-mail, meng_xiuli@163.com

网络出版时间:2016-3-15 9:19:44 网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4691.R.20160315.0919.012.html>

Influence of sevoflurane concentration and stimulation voltage on motor evoked potentials in intraspinal tumor surgery

WANG Li-wei¹, MENG Xiu-li^{1Δ}, GUO Xiang-yang¹, ZHAO Wei², WANG Zhen-yu²

(1. Department of Anesthesiology, 2. Department of Neurosurgery, Peking University Third Hospital, Beijing 100191, China)

ABSTRACT Objective: To evaluate the effects of increasing end-tidal concentrations of sevoflurane and increasing stimulation voltage on motor evoked potentials, so as to provide evidence in making anesthesia plan for intraspinal tumor surgery. **Methods:** In the study, 48 patients scheduled to undergo intraspinal tumor surgery [American Society of Anesthesiology, (ASA) I – II, 18 – 65 years old] were enrolled. After general anesthesia induction, the patients were assigned to receive sevoflurane anesthesia of increasing end-tidal concentration in the sequence of 0.0%, 0.5%, 1.0% and 1.5% respectively, under a background of propofol and remifentanyl. All the observations were done before the important steps of surgery. Remifentanyl infusion rate was 0.2 μg / (kg · min), while the propofol infusion rate was adjusted to maintain the bispectral index values within the range of 30 – 50. At each concentration, 4 stimulation voltages of 300 V, 400 V, 500 V and 600 V were employed to elicit motor evoked potentials (MEPs). The amplitude and latency of each MEP were compared. The success ratio was also recorded. **Results:** The concentration of sevoflurane and the stimulation voltage had impacts on the amplitude and latency of MEPs. Under each stimulation voltage, the MEPs amplitude decreased following increasing end-tidal sevoflurane concentrations, and significant differences were found in comparing 1.5% sevoflurane (left 20.50 μV, 70.71 μV, 135.97 μV, 190.00 μV, right 14.29 μV, 50.71 μV, 73.10 μV, 77.50 μV) with 0.0% sevoflurane (left 143.00 μV, 388.10 μV, 484.53 μV, 500.00 μV, right 176.00 μV, 407.60 μV, 384.35 μV, 451.00 μV) and 0.5% sevoflurane (left 100.00 μV, 362.57 μV, 444.05 μV, 435.00 μV, right 115.00 μV, 207.15 μV, 258.34 μV, 358.50 μV), left $\chi^2 = 27.46, P < 0.01$, right $\chi^2 = 60.49, P < 0.01$; left $\chi^2 = 20.73, P < 0.01$, right $\chi^2 = 55.05, P < 0.01$; left $\chi^2 = 34.25, P < 0.01$, right $\chi^2 = 33.58, P < 0.01$; left $\chi^2 = 28.61, P < 0.01$, right $\chi^2 = 49.04, P < 0.01$; while there were no statistical differences in the latency changes ($P = 0.26$). Under each end-tidal sevoflurane concentration, the MEPs amplitude increased following increasing stimulation voltages, and significant differences were found in comparing 300 V (left 143.00 μV, 100.00 μV, 61.50 μV, 20.50 μV, right 176.00 μV, 115.00 μV, 41.07 μV, 14.29 μV) with 400 V (left 388.10 μV, 362.57 μV, 198.81 μV, 70.71 μV, right 407.60 μV, 207.15 μV, 89.00 μV, 50.71 μV) and 500 V (left 484.53 μV, 444.05 μV, 216.24 μV, 135.97 μV, right 384.35 μV, 258.34 μV, 187.50 μV, 73.10 μV) and 600 V (left 500.00 μV, 435.00 μV, 344.00 μV, 190.00 μV, right 451.00 μV, 385.50 μV, 156.00 μV, 77.50 μV), left $\chi^2 = 45.55, P < 0.01$, right $\chi^2 = 25.73, P < 0.01$; left $\chi^2 = 46.67, P < 0.01$, right $\chi^2 = 55.30, P < 0.01$; left $\chi^2 = 47.36, P < 0.01$, right $\chi^2 = 47.82, P < 0.01$; left $\chi^2 = 38.67, P < 0.01$, right $\chi^2 = 45.87, P < 0.01$; while the latencies were decreased, and significant differences were found in comparing 300 V with 400 V and 500 V and 600V (left $F = 7.50, P = 0.01$, right $F = 13.33, P < 0.01$), but the differences had little clinical significance. The success ratio decreased by increasing end-tidal sevoflurane concentration, and significant differences were found in comparing 1.5% sevoflurane (left 43.8%, 70.8%, 77.1%, 81.3%, right 37.5%, 60.4%, 75.0%, 66.7%) with 0.0% sevoflurane (left 79.2%, 87.5%, 95.8%, 93.8%, right 75.0%, 95.8%, 95.8%, 95.8%) and 0.5% sevoflurane (left 72.9%, 89.6%, 95.8%, 95.8%, right 66.7%, 89.6%, 95.8%, 97.9%); the success ratio increased by increasing stimulation voltage, and significant differences were found in comparing 300 V (left 79.2%, 72.9%, 62.5%, 43.8%, right 75.0%, 66.7%, 60.4%, 37.5%) with 400 V (left 87.5%, 89.6%, 77.1%, 70.8%, right 95.8%, 89.6%, 79.2%, 60.4%) and 500 V (left 95.8%, 95.8%, 91.7%, 77.1%, right 95.8%, 95.8%, 81.3%, 75.0%) and 600 V (left 93.8%, 95.8%, 89.6%, 81.3%, right 95.8%, 97.9%, 89.6%, 66.7%), but there were no statistical differences in the success ratio of MEPs between the group with stimulation voltage of 600 V, end tidal sevoflurane concentration of 1.5% and the group with stimulation voltage of 300 V, end tidal sevoflurane concentration of 0.0% ($P = 0.22$). **Conclusion:** Sevoflurane inhibited MEPs in a dose-dependent manner. It can decrease the amplitudes and prolong the latencies. But increasing stimulation voltage will facilitate MEPs monitoring and increase the success ratio. Sevoflurane can be used in larger parts of MEPs monitoring surgery by increasing the stimulation voltage.

KEY WORDS Evoked potentials, motor; Sevoflurane; Spinal cord; Surgical procedures, operative; Anesthesia, inhalation

术中运动诱发电位 (motor evoked potentials, MEPs) 是术中神经电生理监测的重要组成部分, 主要监测运动神经传导通路的完整性。经颅电刺激产

生运动诱发电位 (transcranial electrical motor evoked potentials, TceMEPs) 并记录肌源性复合动作电位 (compound muscle action potential, CMAP) 是目前脊

髓手术中最常采用的 MEPs 监测方式,对脊髓缺血等术中改变具有较高的特异性及敏感性^[1-2]。Tce-MEPs 容易受到全身麻醉药物的抑制,在其临床应用早期,常因麻醉药物的抑制而不能被成功引出。相关研究表明,静脉麻醉药物对 MEPs 的抑制作用较吸入麻醉药物轻微,所以丙泊酚和阿片类药物为主的静脉麻醉(total intravenous anesthesia, TIVA)方式在 MEPs 监测时最常应用,而吸入麻醉药物的应用受到限制^[1-3]。

吸入麻醉药物本身有不可替代的优点,例如使用方便、麻醉术中知晓发生率低等;另一方面,高频成串电刺激 MEPs 监测已经在许多医学中心广泛开展^[4-6],电生理监测仪的技术参数不断更新完善,在很大程度上能克服全身麻醉药物的抑制作用。近年来的一些临床研究表明,通过改变电刺激的参数,即使是对 MEPs 抑制作用较强的吸入麻醉药物,在需行 MEPs 监测手术中的应用也已经成为可能^[5-6]。

目前不同的医学中心使用的电生理监测仪分属两种类型,分别为快充电模式与慢充电模式,二者在 MEPs 监测中效果有所不同^[7]。关于七氟醚麻醉与刺激参数的研究多为应用慢充电模式电生理监测仪,而快充电模式电生理监测仪在七氟烷麻醉期间的应用文献报道较少,后者能否用于吸入麻醉期间监测仍有疑虑。本研究应用快充电模式电刺激仪,观察在临床可以安全调节的不同刺激电压下,不同呼气末浓度七氟烷对 MEPs 波幅和潜伏期的影响,以期为需行 MEPs 监测的临床麻醉用药选择提供依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

本研究通过北京大学第三医院医学伦理委员会审批,所有入组患者均签署知情同意书。选取 48 例需择期行胸腰段脊髓肿瘤切除手术的患者,年龄 18~65 岁,美国麻醉医师学会(American Society of Anesthesiology, ASA)分级 I~II 级。患者术前均无严重心肺疾病、无脑血管疾病病史以及颅内肿瘤病史、无精神性疾病病史、无癫痫病史、无颅骨缺损,术中均需进行 MEPs 监测。

1.2 麻醉

患者术前严格禁食水,不给予术前用药。患者入手术室后开放静脉通路,输注乳酸林格氏液,常规监测无创血压(non-invasive blood pressure, NBP)、有创动脉压(invasive blood pressure, ABP)、心电图(electrocardiogram, ECG)、脉搏氧饱和度(pulse oxy-

gen saturation, SpO₂)、鼻咽温(temperature, T)、脑电双频指数(bispectral index, BIS)、呼气末二氧化碳分压(end-tidal carbon dioxide partial pressure, PetCO₂)及吸入麻醉气体浓度。

以芬太尼 3~5 μg/kg、丙泊酚 1.5~2.5 mg/kg、顺式阿曲库铵 0.1 mg/kg 行静脉诱导;气管插管后行机械通气,维持 PetCO₂ 值在 30~40 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa);静脉泵注瑞芬太尼和丙泊酚,麻醉深度维持 BIS 值在 30~50 范围内;术中维持鼻咽温于 36.0℃~37.0℃,维持 ABP 和心率(heart rate, HR)在诱导前基础水平 20% 以内。在术中摆放俯卧位、电生理监测电极置入以及监测仪准备就绪之后,用 4 个成串刺激(train of four, TOF)监测神经肌肉接头阻滞程度,如果出现 4 个肌肉颤搐,则认为肌松剂作用基本消失,此时测定 MEPs 基线值。在 MEPs 基线测定之后,开始吸入七氟烷,调整呼气末七氟烷浓度依次为 0.5%、1.0%、1.5%,在每一目标浓度达到后,维持浓度稳定至少 10 min^[8],测量该七氟烷浓度下 MEPs 的波幅及潜伏期。期间根据 BIS 值调整丙泊酚泵注速度,维持观察阶段 BIS 值在 30~50 范围内。术中如果血压过高或者过低(超过基础血压的 20% 以上时),根据需要使用麻黄碱 5 mg/次、尼卡地平 0.25 mg/次。MEPs 监测结束后,调整七氟醚、丙泊酚、瑞芬太尼用量,维持 BIS 在 40~60 范围内,直至手术结束。

1.3 术中电生理监测与记录

采用 32 通道 Cascade 术中神经监护系统(Cadwell 公司,美国)监测 MEPs。MEPs 监测采用经颅电刺激,使用 TCS-1000 恒压电刺激器,记录电极位置参考国际标准 10-20 系统,刺激电极放在 C3' 和 C4' 或 C1 和 C2,记录电极放在双侧颞前肌上,采用高频成串电刺激,刺激强度依次为 300 V、400 V、500 V、600 V,串刺激个数为 4,刺激间期 2 ms,刺激持续时间 50 μs。

1.4 统计学分析

采用 SPSS 20.0 软件进行分析,其中计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,计数资料以百分比表示,正态分布的计量资料数据不同时间的对比采用重复测量的方差分析,偏态分布数据以 Frideman 法分析,两两比较采用非参数检验。率的两两比较采用配对卡方检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

本研究观察了 48 例患者,其中女性 28 例,男性 20 例。ASA I 级病人 14 例,ASA II 级病人 34 例,

包括室管膜瘤 8 例, 星形细胞瘤 18 例, 神经鞘瘤 22 例。患者年龄(42 ± 16) 岁, 身高(162 ± 9) cm, 体重(61 ± 15) kg, 均呈正态分布。在整个观察过程中, HR、ABP 维持在术前基础值 ± 20% 范围内, BIS 值维持在 30 ~ 50 范围内, PetCO₂ 维持在 30 ~ 40

mmHg。丙泊酚输注速率随七氟烷呼气末浓度增加逐渐降低, 各浓度间输注速率差异有统计学意义 (P < 0.05, 表 1), 双侧 MEPs 的波幅均随着七氟烷吸入浓度的增加呈剂量依赖性的降低 (P < 0.05, 表 2、3)。

表 1 术中一般情况

Table 1 General data in the operation

Items	0.0% sevoflurane	0.5% sevoflurane	1.0% sevoflurane	1.5% sevoflurane
HR/ (beat/min)	64.0 ± 10.0	63.0 ± 10.0	62.0 ± 9.0	63.0 ± 11.0
MAP/mmHg	79.0 ± 7.0	75.0 ± 6.0	74.0 ± 6.0	74.0 ± 4.0
PetCO ₂ /mmHg	36.0 ± 3.0	36.0 ± 3.0	36.0 ± 3.0	36.0 ± 3.0
T/°C	36.7 ± 0.4	36.6 ± 0.2	36.6 ± 0.3	36.6 ± 0.2
BIS	36.0 ± 6.0	35.0 ± 8.0	40.0 ± 5.0	43.0 ± 6.0
Propofol infusion/ [mg/(kg · h)]	7.3 ± 1.3	4.7 ± 1.3 *	2.4 ± 1.3 *	0.03 ± 0.2 *

* P < 0.01, compared with 0.0%. HR, heart rate; MAP, mean arterial pressure; PetCO₂, end-tidal carbon dioxide partial pressure; T, temperature; BIS, bispectral index.

表 2 左侧下肢 MEPs 波幅

Table 2 Amplitudes of left leg MEPs

Voltage					/μV	
	0.0% sevoflurane	0.5% sevoflurane	1.0% sevoflurane	1.5% sevoflurane	χ ²	P
300 V	143.00 (0.00 - 611.00) ▲	100.00 (0.00 - 550.00) ▲	61.50 (0.00 - 590.00) ▲	20.50 (0.00 - 530.00) * ▲	27.46	<0.01
400 V	388.10 (0.00 - 601.00) △	362.57 (0.00 - 595.00)	198.81 (0.00 - 601.00) △	70.71 (0.00 - 583.33) *	20.73	<0.01
500 V	484.53 (8.57 - 614.29)	444.05 (0.00 - 606.00)	216.24 (0.00 - 601.00) #	135.97 (0.00 - 559.52) *	34.25	<0.01
600 V	500.00 (10.00 - 638.00)	435.00 (0.00 - 591.00)	344.00 (0.00 - 590.00)	190.00 (0.00 - 543.00) *	28.61	<0.01
χ ²	45.55	46.67	47.36	38.67		
P	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		

* P < 0.05, under same voltage, compared with 0.0% sevoflurane and 0.5% sevoflurane; #P < 0.05, under same voltage, compared with 0.0% sevoflurane; ▲P < 0.05, under same concentration, compared with 400V, 500 V, 600 V; △P < 0.05, under same concentration, compared with 600 V; Min, minimum; Max, maximum; MEPs, motor evoked potentials.

表 3 右侧下肢 MEPs 波幅

Table 3 Amplitudes of right leg MEPs

Voltage					/μV	
	0.0% sevoflurane	0.5% sevoflurane	1.0% sevoflurane	1.5% sevoflurane	χ ²	P
300 V	176.00 (0.00 - 619.00) ▲	115.00 (0.00 - 535.71) ▲	41.07 (0.00 - 547.62) #▲	14.29 (0.00 - 535.71) * ▲	60.49	<0.01
400 V	407.60 (0.00 - 595.24)	207.15 (0.00 - 559.52) △	89.00 (0.00 - 571.43) § ◇	50.71 (0.00 - 535.71) *	55.05	<0.01
500 V	384.35 (0.00 - 547.62)	258.34 (0.00 - 571.43)	187.50 (0.00 - 547.62) §	73.10 (0.00 - 547.62) *	33.58	<0.01
600 V	451.00 (0.00 - 571.00)	358.50 (0.00 - 571.00)	156.00 (0.00 - 548.00) §	77.50 (0.00 - 560.00) *	49.04	<0.01
χ ²	25.73	55.30	47.82	45.87		
P	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		

* P < 0.05, under same voltage, compared with 0.0% sevoflurane and 0.5% sevoflurane; # P < 0.05, under same voltage, compared with 0.0% sevoflurane and 0.5% sevoflurane; § P < 0.05, under same voltage, compared with 0.0% sevoflurane; P < 0.05, under same voltage, compared with 0.0% sevoflurane; ▲P < 0.05, under same concentration, compared with 400 V, 500 V, 600 V; △P < 0.05, under same concentration, compared with 600 V; ◇P < 0.05, under same concentration, compared with 600 V; Min, minimum; Max, maximum; MEPs, motor evoked potentials.

随着七氟烷呼气末浓度的升高,MEPs 潜伏期有所延长($P < 0.05$),随着刺激电压的逐步增大,MEPs 潜伏期逐渐缩短($P < 0.05$),结果如表 4 和表 5 所示,但是这种统计学差异没有临床意义。同

一刺激电压时,随着七氟烷呼气末浓度的增大,MEPs 监测成功率逐渐下降($P < 0.05$);同一呼气末七氟烷浓度时,随着刺激电压的增大,MEPs 成功率逐渐提高($P < 0.05$),见表 6 和表 7 所示。

表 4 左侧下肢 MEPs 的潜伏期
Table 4 Latency of left leg MEPs

Voltage					/ms	
	0.0% sevoflurane	0.5% sevoflurane	1.0% sevoflurane	1.5% sevoflurane	<i>F</i>	<i>P</i>
300 V	31.10 ± 4.26	31.91 ± 3.67	33.07 ± 4.19	33.41 ± 4.32	3.90	0.020 *
400 V	30.75 ± 3.95	31.55 ± 3.75	32.22 ± 3.91	32.94 ± 4.36	7.50	0.001 #
500 V	31.01 ± 4.61	31.80 ± 4.22	32.53 ± 4.46	32.94 ± 4.36		
600 V	30.94 ± 4.62	31.79 ± 4.22	32.33 ± 4.48	32.84 ± 4.33		

* $P < 0.05$, compared among each different concentration of sevoflurane group; # $P < 0.05$, compared among each different voltage group; MEPs, motor evoked potentials.

表 5 右侧下肢 MEPs 的潜伏期
Table 5 Latency of right leg MEPs

Voltage					/ms	
	0.0% sevoflurane	0.5% sevoflurane	1.0% sevoflurane	1.5% sevoflurane	<i>F</i>	<i>P</i>
300 V	31.95 ± 5.53	32.36 ± 4.90	31.96 ± 3.60	32.78 ± 4.01	1.45	0.260 *
400 V	31.53 ± 5.06	32.70 ± 5.08	32.69 ± 4.35	33.57 ± 4.34	13.33	<0.01 #
500 V	31.31 ± 4.72	32.39 ± 4.82	32.82 ± 4.90	33.52 ± 3.94		
600 V	31.28 ± 4.72	32.37 ± 4.64	32.93 ± 4.85	33.70 ± 4.62		

* $P > 0.05$, compared among each different concentration of sevoflurane group; # $P < 0.05$, compared among each different voltage group; MEPs, motor evoked potentials.

表 6 左侧下肢 MEPs 成功率
Table 6 Success ratio of left leg MEPs

Voltage	0.0% sevoflurane	0.5% sevoflurane	1.0% sevoflurane	1.5% sevoflurane
300 V	79.2% (38/48) ▲	72.9% (35/48) ▲△	62.5% (30/48) ▲◇	43.8% (21/48) *▲△
400 V	87.5% (42/48)	89.6% (43/48)	77.1% (37/48)	70.8% (34/48)
500 V	95.8% (46/48)	95.8% (46/48)	91.7% (41/48)	77.1% (37/48) #
600 V	93.8% (45/48)	95.8% (46/48)	89.6% (43/48)	81.3% (39/48)

* $P < 0.05$, under same voltage, compared with 0.0% sevoflurane and 0.5% sevoflurane; # $P < 0.05$, under same voltage, compared with 0.5% sevoflurane; ▲ $P < 0.05$, under same concentration, compared with 500 V; △ $P < 0.05$, under same concentration, compared with 400 V and 600 V; ◇ $P < 0.05$, under same concentration, compared with 600 V; MEPs, motor evoked potentials.

表 7 右侧下肢 MEPs 成功率
Table 7 Success ratio of right leg MEPs

Voltage	0.0% sevoflurane	0.5% sevoflurane	1.0% sevoflurane	1.5% sevoflurane
300 V	75.0% (36/48) ▲	66.7% (32/48) ▲	60.4% (29/48) ▲	37.5% (18/48) ▲*
400 V	95.8% (46/48)	89.6% (43/48)	79.2% (38/48)	60.4% (29/48) #
500 V	95.8% (46/48)	95.8% (46/48)	81.3% (39/48)	75.0% (36/48) #
600 V	95.8% (46/48)	97.9% (47/48)	89.6% (43/48)	66.7% (32/48) *

* $P < 0.05$, under same voltage, compared with 0.0% sevoflurane, 0.5% sevoflurane and 1.0% sevoflurane; # $P < 0.05$, under same voltage, compared with 0.0% sevoflurane and 0.5% sevoflurane; ▲ $P < 0.05$, under same concentration, compared with 400 V, 500 V and 600 V; MEPs, motor evoked potentials.

3 讨论

本研究结果显示,同一刺激电压下,随着七氟烷

呼气末浓度的逐渐增加,MEPs 的波幅逐渐下降,不同呼气末浓度组之间差异有统计学意义,这一结果与文献[5]报道类似;本研究进一步观察到在吸入

麻醉药导致 MEPs 波幅下降之后,逐渐增大刺激电压,MEPs 的波幅又有所恢复,不同刺激电压组之间差异有统计学意义;在呼气末浓度为 1.5% 时,刺激电压增大到 600 V 所得的波幅值与吸气末浓度为零、刺激电压为 300 V 时均值接近,上述结果表明,通过改变刺激电压,可以很大程度上纠正吸入麻醉药物对 MEPs 波幅的抑制作用。

MEPs 监测在临床的应用主要是为弥补躯体感觉诱发电位(somatosensory evoked potentials, SSEPs)监测存在的“假阴性”缺陷。SSEPs 是最早应用于术中电生理的监测手段,其在脊柱手术中的应用大大降低了脊柱手术中脊髓和神经损伤的发生率。根据欧洲脊柱协会的调查,SSEPs 应用后脊髓损伤发生率从 0.7% ~ 4.0% 降低到小于 0.55%^[1-2],但是,SSEPs 监测有“假阴性”的可能,即术中 SSEPs 监测为阴性,但术后却出现了脊髓损伤,这是因为脊髓运动神经传导通路和感觉神经传导通路有不同的血液供应,脊髓后束感觉传导通路的功能正常不能代表脊髓前束运动传导通路没有发生缺血性损伤,因此 MEPs 与 SSEPs 的联合应用兼顾感觉传导通路和运动传导通路,成为目前脊髓功能监测的主要内容。

长期以来,TIVA 被认为是最适于进行脊髓电生理监测的麻醉方式,而吸入麻醉药物则被限制在呼气末浓度小于 0.5 最低肺泡有效浓度(minimum alveolar concentration, MAC)内,肌松剂则完全不能使用,或者只能少量使用,TOF 值至少出现 2 个肌肉颤搐^[1-2,8]。但是,长时间大剂量使用丙泊酚可能存在术后患者苏醒时间延长、脂血症、血小板功能异常以及代谢性酸中毒等并发症,甚至文献中有丙泊酚导致过敏反应报道^[9-10];而吸入麻醉药物使用方便,麻醉术中知晓发生率低,对心肌有保护作用;此外,完全不用肌松剂的 TIVA 中,手术区域的操作容易导致椎旁肌收缩,干扰精细手术进程,而吸入麻醉药本身可产生神经肌肉接头部分阻滞^[11-12],可以降低椎旁肌收缩的发生率,因此吸入麻醉药物在电生理监测手术中的应用也存在优势。

目前常用的电生理监测仪有慢充电模式和快充电模式两种,前者可以加速串刺激之间直接型 MEPs 的恢复,而后者可以使阈刺激值降低 35%^[7]。现代化的电生理监测仪品牌中,Digitimer 和 Cadwell 等公司的刺激器为快充电模式,Nicolet Viking 和 EndeaVor 公司的刺激器则为慢充电模式。

MEPs 电生理测定仪刺激电压的临床安全主要涉及电刺激产生的热损伤(包括头皮和脑组织的烧

伤),以及大脑的电化学损伤和电兴奋伤害^[13-14]。Cascade 刺激仪使用说明书明确规定了刺激电压、使用的串刺激个数等安全范围。据此范围,本研究所选用串刺激恒定为 4 的情况下,最大允许电压值为 750 V,因此,研究中观察的所有电压值都在安全范围内。研究进行过程中,没有出现皮肤烧伤、电极部位皮肤异常反应以及术中癫痫发作病例。

本研究中在 MEPs 测定时间段内,全麻深度控制 BIS 值在 30 ~ 50 范围内,主要考虑到 MEPs 测定不能使用肌松剂,不能有肌松作用(TOF 显示 4 个肌肉颤搐),为了避免意外体动,也为了避免可能的术中知晓,术中的 BIS 值控制在较深的范围内,这样的选择有临床实用性,也有文献依据,有研究揭示,丙泊酚在全身麻醉中随麻醉深度的加深,可以产生镇静、意识消失乃至术中对伤害性刺激无体动反应的效应,并且,对体动反应的抑制是因为对脊髓前角运动细胞的抑制而产生^[15-16]。本研究中,患者停止 MEPs 测定后,调整 BIS 回到 40 ~ 60,参加研究的患者没有出现清醒延迟、并发症增多等异常。

本研究中观察到,在七氟烷与瑞芬太尼合用情况下,呼气末七氟烷浓度在 1.5% (MAC 约 0.75) 已经可以满足手术需要的麻醉深度,BIS 监测显示 30 ~ 50,术中血流动力学平稳。相似文献也报道吸入麻醉药物与阿片类药物联合应用有协同效应^[17]。因此,可以认为,联合应用瑞芬太尼的情况下,不用丙泊酚,单独使用七氟烷,可以提供满意的麻醉深度,并同时满足 MEPs 监测的要求。

有研究提示,既往有神经功能损害将不利于 MEPs 监测的进行;此外,也有文献指出,以上肢肌肉如拇展肌作为 MEPs 记录肌肉,相比于以下肢肌肉如胫骨前肌作为记录肌肉,具有更高的 MEPs 监测成功率^[1-2]。本研究均采用胫骨前肌作为记录肌肉,有部分患者术前神经功能评估发现存在部分神经功能受损,虽然通过术中调整刺激电压,MEPs 的波幅有所增加,但是仍然不能在高浓度七氟烷吸入时引出 MEPs,表明术前存在神经系统损伤的患者并不能完全通过增大刺激电压来克服七氟烷的抑制作用,监测成功率仍较低,这些患者已经被排除本研究。本研究所采用 MEPs 监测成功的定义为 MEPs 波幅大于 30 μ V,是参考相关文献之后选择的一个标准^[18]。

Sloan 等^[6]的研究认为,在基线值较高的患者中,即使使用吸入麻醉药物,吸入药物的抑制作用也不明显,因此,在临床麻醉中,可以根据患者情况作出个性化的选择,如果在不用吸入麻醉药的情况

下,MEPs 基线值较高,可以选择吸入麻醉药物维持麻醉,但如果基线值较低,应该避免吸入麻醉药物。

总之,对于术中需行 MEPs 监测的胸腰段脊髓肿瘤切除术患者,七氟烷对 MEPs 监测有剂量依赖性抑制作用,但通过调整刺激电压,可以增大 MEPs 波幅,提高 MEPs 监测的成功率,扩大了七氟烷在脊髓功能监测手术中的适用范围。

参考文献

- [1] Pajewski TN, Arlet V, Phillips LH. Current approach on spinal cord monitoring: The point of view of the neurologist, the anesthesiologist and the spine surgeon[J]. *Eur Spine J*, 2007, 16 (Suppl 2): S115 - S129.
- [2] Sloan T. Anesthetic effects on evoked potentials. Intraoperative monitoring of neural function[M]// Nuwer MR. *Handbook of clinical neurophysiology*. New York: Elsevier, 2008: 94 - 126.
- [3] 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.
- [4] Shida Y, Shida C, Hiratsuka N, et al. High-frequency stimulation restored motor-evoked potentials to the baseline level in the upper extremities but not in the lower extremities under sevoflurane anesthesia in spine surgery [J]. *J Neurosurg Anesthesiol*, 2012, 24 (2): 113 - 120.
- [5] Reinacher PC, Priebe HJ, Blumrich W, et al. The effects of stimulation pattern and sevoflurane concentration on intraoperative motor-evoked potentials [J]. *Anesth Analg*, 2006, 102 (3): 888 - 895.
- [6] Sloan TB, Toleikis JR, Toleikis SC, et al. Intraoperative neurophysiological monitoring during spine surgery with total intravenous anesthesia or balanced anesthesia with 3% desflurane [J]. *J Clin Monit Comput*, 2015, 29(1): 77 - 85.
- [7] Hausmann ON, Min K, Boos N, et al. Transcranial electrical stimulation: Significance of fast versus slow charge delivery for intra-operative monitoring [J]. *Clin Neurophysiol*, 2002, 113 (10): 1532 - 1535.
- [8] 孟秀丽,王丽薇,周阳,等. 两种静脉麻醉技术在需行脊髓功能监测手术中的应用[J]. *北京大学学报:医学版*, 2013, 45 (3): 474 - 475.
- [9] Belso N, Kui R, Szegedi I, et al. Propofol and fentanyl induced perioperative anaphylaxis [J]. *Br J Anaesth*, 2011, 106 (2): 283 - 284.
- [10] Murphy A, Campbell DE, Baines D, et al. Allergic reactions to propofol in egg-allergic children [J]. *Anesth Analg*, 2011, 113 (1): 140 - 144.
- [11] George L. Sevoflurane and airway anaesthesia [J]. *Anaesth Intensive Care*, 2012, 40(3): 559.
- [12] Kim SH, Hong JY, Suk EH, et al. Optimum bolus dose of propofol for tracheal intubation during sevoflurane induction without neuromuscular blockade in children [J]. *Anaesth Intensive Care*, 2011, 39(5): 899 - 903.
- [13] Macdonald DB. Intraoperative motor evoked potential monitoring: Overview and update [J]. *J Clin Monit Comput*, 2006, 20(5): 347 - 377.
- [14] Macdonald DB, Skinner S, Shils J, et al. Intraoperative motor evoked potential monitoring: a position statement by the american society of neurophysiological monitoring [J]. *Clin Neurophysiol*, 2013, 124(12): 2291 - 2316.
- [15] Rudolph U, Antkowiak B. Molecular and neuronal substrates for general anaesthetics [J]. *Nat Rev Neurosci*, 2004, 5(9): 709 - 720.
- [16] Jinks SL, Andrada J. Validation and insights of anesthetic action in an early vertebrate network: The isolated lamprey spinal cord [J]. *Anesth Analg*, 2011, 113(5): 1033 - 1042.
- [17] Heyse B, Proost JH, Schumacher PM, et al. Sevoflurane remifentanyl interaction: Comparison of different response surface models [J]. *Anesthesiology*, 2012, 116(2): 311 - 323.
- [18] Kobayashi S, Matsuyama Y, Shinomiya K, et al. A new alarm point of transcranial electrical stimulation motor evoked potentials for intraoperative spinal cord monitoring: A prospective multicenter study from the spinal cord monitoring working group of the Japanese Society for Spine Surgery and Related Research [J]. *J Neurosurg Spine*, 2014, 20(1): 102 - 107.

(2015-04-10 收稿)
(本文编辑:刘淑萍)