

# Electrophysiological Monitoring and Anesthesia in Neurosurgery

Jiangman Bai\*, Jingui Gao

The Second Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang Hebei  
Email: \*man15233608622@163.com

Received: Apr. 21<sup>st</sup>, 2018; accepted: May 11<sup>th</sup>, 2018; published: May 18<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

With the rapid development of neuromicrosurgical technique, the therapy of surgical team is progressing, which puts forward to the higher requirements of neuroelectrophysiological monitoring. The value of neuroelectrophysiological monitoring is not only limited to reduce the risk of post-operative nerve deficits, but also can promote the continuous improvement of surgical methods, help doctors achieve the goal of surgical treatment, thereby improve operative therapeutic efficacy, and shorten the operation time. Intraoperative neuroelectrophysiological monitoring can help the surgical team find abnormalities and avoid non-reversible. Neuroelectrophysiological monitoring techniques include evoked potentials, EEG and EMG. Anesthesiologists should not only comprehend neuroelectrophysiological monitoring, but also achieve rational anesthetic use so as to avoid the influences on neuroelectrophysiological monitoring, then avoid of drugs. Besides, the depth and duration of anesthesia and body temperature can impact neuroelectrophysiological monitoring.

## Keywords

Neurosurgery, Neuroelectrophysiological Monitoring, Evoked Potentials, EMG, EEG, Anesthetics

---

# 神经外科手术中的电生理监测与麻醉

白江曼\*, 高金贵

河北医科大学第二医院麻醉科, 河北 石家庄  
Email: \*man15233608622@163.com

收稿日期: 2018年4月21日; 录用日期: 2018年5月11日; 发布日期: 2018年5月18日

---

\*通讯作者。

## 摘要

随着神经显微外科手术技术迅速发展, 外科手术团队治疗理念不断进步, 这对术中神经电生理监测技术提出了更高要求。神经电生理监测技术的价值不仅仅限于降低术后神经缺损风险, 还可以促进手术方式的不断改进, 帮助神经外科医师达到手术治疗的目的, 改善手术治疗效果, 缩短手术所需时间。术中神经电生理监测可以帮助外科团队及时发现异常, 避免不可逆的损伤。神经电生理监测技术包括诱发电位、脑电图和肌电图。麻醉医师除了对神经电生理监测有所掌握外, 必须熟知麻醉药物对神经电生理监测的影响, 在术中避免应用对神经电生理监测影响大的药物。其次, 麻醉深度, 麻醉时间和体温等都对神经电生理监测有影响。

## 关键词

神经外科手术, 神经电生理监测, 诱发电位, 肌电图, 脑电图, 麻醉药物

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

大脑既是神经外科原发疾病、外科手术和全身麻醉药物的共同作用靶点, 也是维持生命和意识的重要器官。这一特点使得神经外科手术的麻醉比其他专科手术麻醉的风险明显增加。神经外科手术中的颅内占位、出血、水肿及手术本身会引起机体强烈应激从而引起交感神经兴奋, 导致脑水肿、颅内压增加、术野出血, 最终导致脑灌注降低, 轻者影响手术操作及造成术后认知功能障碍, 重者可引起脑疝甚至危及生命[1][2]。

随着显微外科手术及神经电生理技术的发展, 神经外科手术的手术方式不断改良和更新, 其治疗理念也在不断更新进步, 神经外科手术也需要在麻醉镇静镇痛中反应神经系统通路的完整性, 但是术后神经系统并发症也在逐渐增加[3]。在某些颅脑疾病本身可能影响病人的意识和精神状态的情况下, 麻醉医师很难准确判断麻醉药物作用和麻醉苏醒的时间, 这类手术中的神经电生理监测对麻醉医师提出了更高的挑战, 不仅要求熟练掌握中枢神经系统相关的生理、病理和药理学基础理论知识, 还要熟知神经电生理监测技术的相关知识以及影响因素[4]。神经外科手术越来越需要神经电生理的监测, 因为脑电活动是反应脑机能变化的指标, 术中神经电生理监测可以应用神经电生理信号变化的参数及变化规律发现术中神经损伤和损伤原因[5], 尽可能避免损害神经功能, 降低致残率和死亡率[6][7][8]。神经外科手术的手术时间一般较长, 对麻醉提出了更高的要求理想的神经外科手术力求诱导过程迅速平稳, 维持过程镇静、镇痛好, 无神经系统不良反应, 无呼吸抑制及残余药的副作用, 停药后清醒迅速及无其他精神症状[9]。

## 2. 神经电生理监测

神经外科手术由于涉及到重要的生命中枢以及神经核团, 手术风险较大, 致残率和致死率都较高, 所以手术团队关注的重点一直是手术的安全性。随着神经电生理监测技术的发展, 神经外科大夫和手术团队也逐渐认识到神经电生理监测在手术过程中的重要性[10]。应用神经电生理监测处于危险状态的神经系统功能, 了解神经传递过程中电生理信号的变化, 最大程度的减少神经损伤和提高手术治疗的效果,

有助于手术医师全面、及时地判断麻醉状态下患者神经功能的完整性。神经电生理监测能够监测到神经生理的变化从而防止术中神经损伤。神经电生理监测医师放置刺激电极和记录电极, 对设备进行操作并获得信号, 术中口述翻译这些信号数据, 解读信号发生改变的临床意义, 指导手术医师决定手术策略。

当前神经外科手术麻醉中采用的脑电活动监测技术是: 诱发电位、脑电图和肌电图。

诱发电位(Evoked potentials, EP): 需要对患者进行特定的刺激方可获得有用的信息, 于神经系统(包括感受器)某一特定部位给予适宜刺激, 在中枢神经系统(包括周围神经系统)相应部位检测的与刺激有锁定关系的电位变化, 即中枢神经系统在感受内在或外在刺激过程中产生的生物电活动。

体感诱发电位(Somatosensory evoked potentials, SEP): SEP 是应用于临床最早和最广泛的技术[11] [12] [13], 记录患者皮层的感觉传导通路, 能有效的评估脊髓后柱上行的感觉传导通路。

体感诱发电位的预警: 麻醉稳定并确认诱发电位反应基线后, 如果反应波幅降低 $>50\%$ 和(或)潜伏期延长 $>10\%$ 则为报警标准[14]。Huang 等[15]比较了 SEP 波幅下降超过  $50\%$ 和波幅下降超过  $60\%$ 在特发性脊柱侧凸患者矫形手术中的预警意义, 发现与脊柱暴露后的基线相比, SEP 波幅下降超过  $60\%$ 具有更准确的监测效果。这就需要我们在临床工作中进一步地证实波幅下降幅度的预警值。

体感诱发反应(Somatosensory evoked response, SER)常用潜伏期和幅度来描述, 潜伏期就是给予刺激到 SER 出现或峰出现的时间, 幅度就是所记录反应的电压。

体感诱发电位常用的监测方法是利用刺激电极经皮电刺激对侧肢体的正中神经、尺神经或胫后神经。

体感诱发电位监测的优点: 刘海雁[16]等回顾性分析了 63 例 Chiari 畸形伴脊柱侧凸患者脊柱矫形手术的神经电生理监测的资料, 发现单纯 SEP 监测成功率、特异性、敏感性都较高。波形较容易获得, 术中较容易监测, 能及时发现异常, 提醒外科团队随时停止危险的手术操作。

体感诱发电位监测的缺点: 只能监测感觉传导通路, 不能监测脊髓前索的运动功能[17], 麻醉药物对其影响较大。Hilibrand 等[18]发现 SEP 反映脊髓神经损伤的时间较运动诱发电位滞后平均约 16 min, 在脊髓慢性缺血性损害的病例中尤为明显, 这可能导致错过早期挽救脊髓功能的宝贵时间。

体感诱发电位在神经外科手术中的应用: 目前体感诱发电位的监测在神经外科中有重要价值。Epstein 等[19]在研究中将 100 例 SEP 监测的脊髓型和神经根型颈椎病的患者组与 218 例无监测组的患者, 在监测组中发现 SEP 监测对于改善患者的预后非常有价值。无监测组中发现 3.7%的患者出现瘫痪, 死亡率达到 0.5%, 在监测组中未出现死亡和瘫痪的病例。体感诱发电位监测操作简单、可行, 敏感性高, 适用范围广, 可以客观的评价手术效果。

运动诱发电位(Motor evoked potentials, MEP)

运动诱发电位能有效监测从运动中枢到末梢肌肉的整个运动传导通路。MEP 是指用电或者磁刺激中枢运动神经(脑功能区或脊髓), 在刺激点下方外周神经(神经源性运动诱发电位)或肌肉(肌源性运动诱发电位)记录反应电位。运动诱发电位监测运动传导通路的损伤。其中肌源性运动诱发电位应用最普通, 其反应最强, 但是麻醉药物对其抑制最敏感, 特别是有肌松作用的挥发性麻醉药。刺激中枢运动神经主要有经脊髓和经颅刺激两种方法, 其中经颅电刺激运动诱发电位可以及时准确地反映运动通路的完整性, 把握手术的进程与尺度, 提高手术质量[20]。

运动诱发电位的预警: 运动诱发电位的预警指标尚达到统一的指标, 临床上有三种情况作为报警标准的选择: 1) 波幅下降基线的  $50\%$ 。2) 波幅下降基线的  $80\%$ 。3) 波幅的有无, 即“全或无”标准。除此之外, 有研究表明, 波幅降低、潜伏期延长或运动诱发电位的刺激强度阈值变化都暗示有神经损伤[21]。

运动诱发电位常用波幅和潜伏期的变化来描述。波幅主要反映了所受刺激时, 同步神经元所放电数量的多少, 神经元数量越多, 同步性越高, 产生的波幅越大, 反之则下降。相关研究表明, 波幅的改变可以早期反映神经病理学的改变, 敏感性较高。基本上可以评价脊髓功能状态[13]。潜伏期则代表神经电

信号传导的速度, 潜伏期延长则表示神经传导功能变慢, 提示可能出现神经受损的可能。运动诱发电位常用的记录部位是上肢的拇短展肌和伸指总肌, 下肢的拇短展肌和胫骨前肌。

运动诱发电位的优点: MEP 能监测脊髓运动传导下行通路的完整性[22], 较 SEP 警告信息平均早 5 min [23], MEP 对脊髓局部缺血和低灌注更敏感[24] [25] [26], 当体温下降和灌注不足时不会引起减弱[27]。MEP 监测可以做到实时并且连续监测脊髓运动神经系统的完整性, 对损伤和缺血做出快速反应, 尤其对最易受损伤的脊髓前角运动神经元功能状态尤其重要。MEP 监测可以避免术者在术中由于某些器械导致机械性损伤和过度牵拉、挤压导致的持续性损伤等不恰当的操作。

运动诱发电位的缺点: 运动诱发电位最易受麻醉药的影响, 吸入麻醉药和肌松药对其影响较大, 吸入麻醉药浓度越大, 对其影响越大[27]。身体不同部位对诱发 MEP 的敏感性不同, 如上肢的敏感性会高于下肢[28]。

运动诱发电位在神经外科手术中的应用: MEP 监测在神经外科手术中得到了广泛的应用, 国内外相关文献报道, 在颅内动脉瘤手术中, 在血管临时阻断或损害穿通支血管等情况发生时, MEP 变化早于其他的监测[29]。在脑血管手术时, MEP 波幅改变可以较早发现脑缺血的证据, 有利于降低术后脑缺血卒中的发生[30]。MEP 在脊髓和脊柱手术中, 有利于术者在保护运动功能的前提下尽可能切除病灶, 对脊髓缺血有很高的敏感性[31]。

运动诱发电位联合体感诱发电位在神经外科手术中的应用: MEP 联合 SEP 广泛应用于神经外科手术中, 胡楷、熊梅等人研究神经电生理监测在经皮内窥镜下腰椎间盘突出术中, 真阳性率为 100%, 相关研究表明 MEP 联合 SEP 在颅内动脉瘤夹闭术中的应用, 可以明显改善患者的预后[32]。既往文献报道, 单纯 SEP 监测成功率约为 72%~98.5%, 敏感性约为 52%~100%, 特异性为 95%~98.2%, 单纯 MEP 监测成功率为 82.6%~100%, 敏感性约为 70.6%~100%, 特异性约为 95.9%~98%, 联合应用 SEP + MEP 监测成功率约为 100%, 敏感性约为 92.3%~100%, 特异性约为 98.5%~100% [33] [34] [35]。因此, 术中联合监测, 能提高敏感性和特异性, 降低假阳性率和假阴性率, 改善患者的预后。

### 3. 肌电图

肌电描记法(Electromyography, EMG)是通过放置针状记录电极到特定的肌肉或其附近, 持续评估脑神经和外周神经。肌电图包括自发 EMG 和诱发 EMG。EMG 是记录手术区域内的神经根所支配肌肉群的自发 EMG 活动。手术过程中当手术器械对神经系统的直接损伤或者有明显的神经根牵拉或压迫等发生时, 会在肌电图记录上出现连续的爆发性动作电位, 提示术者暂停当前操作, 做出相应的调整, 以免造成神经系统的损伤[36]。诱发 EMG 的报警标准为阈值电流  $< 5 \text{ mA}$ , 表明椎弓根螺钉已突破椎弓根壁, 阈值电流为  $5\sim 7 \text{ mA}$  提示有椎弓根壁破损的可能, 阈值电流  $> 7 \text{ mA}$  表明椎弓根螺钉位于椎弓根内[37]。肌电图常用于颅底手术、颈椎和腰椎手术。

#### 脑电图(Electroencephalogram, EEG)

EEG 是监测脑功能和脑血流最基本的方法, 是将脑自发性生物电放大记录而获得的波形图, 反映了大脑皮层锥体细胞产生的突触后电位和树突电位的整合。术中脑电图是一个非常有效评估脑功能活动的手段, 给手术团队, 神经电生理监测团队和麻醉科团队极大的帮助。清醒、焦虑、睁眼状态的脑电图通常是麻醉前记录的, 有肌肉紧张和眼球运动干扰, 在麻醉状态下, 脑电图迅速由快波形转为慢波形, 表现为维持在特定麻醉状态下的形态。

1) 脑电图记录脑组织电位随时间而变化的曲线, 通常进行双极组合记录。电极的布置和通道的数目决定了脑电图可作为局部缺血特异性的监测。

2) 脑电图根据频率及波幅的不同, 分为  $\alpha$  波(9~12 Hz 中频)、 $\beta$  (13~30 Hz 高频)、 $\theta$  波(4~8 Hz 低频)

和  $\delta$  波(0~4 Hz 频率最低)。一般兴奋时脑电波快而波幅小, 睡眠时脑电波较慢而波幅大, 正常成年人脑电波通常只有  $\alpha$  波和  $\beta$  波, 而  $\theta$  波和  $\delta$  波多为病理波形。相关文献报道, 麻醉过程中,  $\alpha$  波占主导, 随着麻醉的加深,  $\theta$  波和  $\delta$  波占主导, 麻醉进一步加深, 脑电波会呈爆发性抑制并呈低平的状态。 $\alpha$  波最敏感, 当有害刺激时会消失, 有足够的镇痛作用时会重新出现。所以麻醉时要维持  $\alpha$  波的稳定[38]。

3) 现在临床上监测脑电波多采用脑电双频指数(BIS) [39], BIS 是许多 EEG 信号通过傅立叶变换获得的, 用于监测麻醉深度而非缺血。范围为 0~100, 40~60 之间被认为是足以预防可能知晓的镇静深度, 80 以上接近麻醉苏醒[40]。由于脑电双频谱分析来源于脑电图, 其数值可能被脑缺血引起的变化发生改变。

4) 脑电图在临床上得到了广泛的应用, 可以通过脑电图来评估新生儿大脑的发育情况[41], 相关文献报道左旋多巴在治疗帕金森病中, 运动障碍的严重程度与脑电图的振幅和频率降低有紧密的联系[42]。应用脑电图在新生儿缺氧缺血性脑病中可以评估新生儿的神经系统发育的情况[43]。国外有文献报道在癫痫病灶中, 通过脑电图来支持遗传综合征的诊断[44]。由此可见, 脑电图在临床上应用越来越多, 既能帮助医疗团队明确病因所在, 又能指导手术团队在手术过程中避免神经损伤, 促进患者术后恢复。

麻醉医师除了对电生理监测技术有所掌握, 还必须熟知术中使用的麻醉药物、麻醉方法、麻醉深度对神经电生理的影响。麻醉药物对神经电生理监测有多种影响, 各种麻醉药物对其影响差异很大。

#### 1) 苯二氮卓类药物

苯二氮卓类药物轻度抑制皮层躯体感觉诱发电位(SSEP) [45], 单独使用咪达唑仑对皮层 SSEP 影响轻微或无影响, 对皮层下和外周 SSEP 影响轻微或无影响[46]。现在临床上最常用的苯二氮卓类药物为咪达唑仑, 咪达唑仑为可溶于水的 1,4-苯二氮卓类药物, 可迅速透过血脑屏障并结合苯二氮卓类受体, 促进氯离子内流使细胞膜过度去极化, 发挥神经抑制效果[45], 咪达唑仑具有镇静, 抗焦虑, 催眠, 抗惊厥及中枢性肌肉松弛等作用, 通过与惊厥终止受体特异性结合, 抑制胶质细胞谷氨酸载体的转运, 减少谷氨酸的释放, 从而消除发作间期大脑皮质等脑区的癫痫放电, 对多种脑损伤起到保护作用[47]。国内外相关文献已报道咪达唑仑在控制癫痫持续发作中发挥着重要的作用[48]。

苯二氮卓类药物不干扰肌电活动的反应, 但是一定剂量的咪达唑仑对脑电图有一定的影响。低剂量时对脑电活动抑制较小, 脑电波以快波为主; 镇静剂量时, 脑电图与嗜睡状态下相似; 中度睡眠时可见到典型的睡眠纺锤波; 深睡状态时, 脑电图以深大慢波为主。国外已有文献报道, 咪达唑仑对脑电图有爆发性抑制作用[49], 在临床工作中, 我们发现在术中为了维持患者生命体征平稳, 静脉注射镇静药物咪达唑仑, 对脑电图有爆发性抑制作用, 可能有咪达唑仑的药理机制与脑电图在大脑皮层中的活动相互作用有关。

#### 2) 阿片类药物

一般情况下, 全身应用阿片类药物会轻度降低皮层 SEP 波幅, 延长其潜伏期, 对皮层下和外周电位影响轻微[45]。持续静脉输注阿片类药物较单次剂量对 SEP 的影响较大[45]。因此静脉麻醉中阿片类药物持续输注是术中 SEP 监测时的重要组成部分。阿片类药物对 MEP 的抑制是通过作用于皮质脊髓通路上脊髓中间神经元而发挥作用, 大小依次为芬太尼 > 舒芬太尼 > 瑞芬太尼, 瑞芬太尼不仅抑制作用最轻微, 而且具有时量半衰期短, 起效快的特点, 所以持续输注对 MEP 的影响很小, 在全身静脉麻醉维持过程中, 持续输注瑞芬太尼成为不可或缺的一部分。相关文献报道, 舒芬太尼是唤醒麻醉较为理想的药物之一[50]。相继报道, 在脑功能区占位手术唤醒麻醉中, 间断给予舒芬太尼在不增加静脉麻醉药用量并保证镇痛效果的前提下, 减少镇痛药的用量和呼吸抑制等副作用的发生[51]。研究表明, 术中脑电图的监测可以预测术后阿片类药物镇痛的效果[52]。所以阿片类药物在神经电生理监测中必不可少, 既能保证手术的顺利进行, 又能防止患者在手术过程中因为痛觉出现体动。

### 3) 吸入麻醉药

卤族类吸入麻醉药剂量依赖性的降低 SEP 波幅并延长其潜伏期。与皮层下、脊髓或外周神经相比, 这种对 SEP 的抑制作用在皮层更加显著[45]。几乎所有吸入麻醉药很容易抑制 MEP 的兴奋传导, 导致波幅下降, 潜伏期延长。临床工作中, 最常用的是七氟醚。七氟醚可以使神经元超级化, 降低运动神经元的兴奋性, 抑制突触传递, 可以全面抑制运动通路的传导, 包括从皮层的大锥体细胞到脊髓前角的运动神经元。七氟醚在基础实验和临床观察中对心肌、脑保护作用都得到了广泛的认可[53][54]。七氟醚不增加颅内压、不影响脑血流自身调节、气道刺激性较小的优点, 更适合于神经外科手术[55]。有研究报道, 在神经外科手术神经电生理监测中, SEP 在七氟醚为主的静吸复合麻醉中, 变化较静脉麻醉中迅速, 再停止七氟醚吸入后, SEP 会迅速恢复[60]。相关文献报道, 在神经外科手术中, 静吸复合麻醉与全凭静脉麻醉相比, 1.5%为主的静吸复合麻醉既可减少麻醉药物的用量, 麻醉效果满意, 又不影响神经电生理监测[56]。还有文献报道, 复合 1%七氟醚在腰椎手术中并不影响神经电生理 SEP 和 MEP 的监测[57]。由此可见, 在神经外科手术中不影响神经电生理监测的情况, 吸入麻醉中七氟醚的浓度并没有统一的标准, 这就需要在临床工作中进一步证实。

### 4) 静脉麻醉药

在临床工作中, 静脉麻醉药中最常用的是异丙酚。异丙酚为短效的静脉麻醉药, 主要通过  $\gamma$ -氨基丁酸增加氯离子通道使细胞处于超极化从而对神经系统起到抑制的作用[58]。Liu EH [59]等报道了异丙酚对 SEP 的影响较小。随后的研究中报道了异丙酚对 SEP 也有一定的抑制作用[60]。异丙酚在脊髓灰质水平抑制  $\alpha$  运动神经元的活性, 对运动系统也有一定的抑制作用[61]。Kawaguchi 等人已报道了异丙酚对 MEP 的振幅呈剂量依赖性抑制, 成串刺激较单次刺激能显著提高经颅电刺激的 MEP 的反应[62]。异丙酚具有舒适度高、麻醉作用强、代谢快、半衰期短、无显著蓄积、可控制患者术中血流动力学改变、有效地抑制交感神经等优点[63], 一般认为, 异丙酚抑制诱发电位的波幅可在停止输注后迅速恢复[23]。但是长时间大剂量使用丙泊酚可能术后苏醒延迟、高脂血症、血小板功能异常以及代谢性酸中毒等并发症, 也有文献报道丙泊酚引起的过敏反应[64]。

依托咪酯会明显增加皮层 SEP 波幅并轻度延长其潜伏期[45]。依托咪酯对皮层下 SEP 波幅无影响或轻度抑制[45]。依托咪酯对 MEP 的抑制很小, 持续输注依托咪酯维持麻醉可以为运动诱发电位监测提供一个很好的条件, 有  $10 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min} \sim 30 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$  持续输注依托咪酯维持麻醉而不影响运动诱发电位监测的报道[65]。还有研究提示, 依托咪酯与异丙酚相比, 在相同的麻醉深度下, 依托咪酯对 MEP 的影响比异丙酚小[66]。

由此可见, 全凭静脉麻醉中使用异丙酚或依托咪酯在神经外科手术中的重要地位, 既能维持合适的麻醉深度, 患者不发生体动, 又不影响术中神经电生理的监测。

### 5) 肌松药

全身麻醉过程中使用神经肌肉阻滞药物通常对 MEP 的影响较大, 不会直接影响 SEP, 它能直接阻滞神经肌肉接头, 对神经兴奋产生反应的肌细胞数量减少, 导致 MEP 的波幅降低[67], 所以在进行运动诱发电位监测时避免使用肌松药。相关文献显示, 采用部分神经肌肉阻滞方法是必要的, 部分神经肌肉阻滞剂能够不影响 MEP 的监测结果, 消除的肌肉紧张更容易满足手术操作的需求, 消除肌颤反而改善 SEP 的监测质量, 也在一定程度上避免患者发生意外体动[68]。吸入麻醉药呈剂量依赖性地抑制 MEP, 吸入高浓度麻醉药, 会产生肌肉松弛作用, 影响 MEP 的监测[27]。现在临床上监测肌松程度常用四个成串刺激(TOF)值来表示。国内外相关研究显示: 外周神经肌肉阻滞程度在 25%~50%时, 可以有效监测面神经的功能[69]。徐成明等进行了无肌松药全身麻醉下进行脊柱手术的临床研究, 研究表明无肌松药全身麻醉下进行脊柱手术患者呼吸恢复早、拔管快、清醒程度好[70], 术中不用肌松药, 最大的问题是发生体动,

发生体动可能造成术后不可逆的损害。Maurtua 等对瑞芬太尼的临床研究证实, 较高剂量的瑞芬太尼(0.2  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}/\text{min}$ )单独使用即可减少病人手术刺激下的 80% 的骨骼肌运动[71]。到目前为止, 在术中电生理监测中使用部分肌松技术是否可以作为这些手术中的标准麻醉技术、维持何种肌松程度最为合适仍存在争议, 监测过程中给多大剂量肌松药不会影响神经电生理监测亦未定论。

#### 6) 右美托咪定(DEX)

右美托咪定作为一种新型高选择性  $\alpha_2$  肾上腺素能受体激动剂, 麻醉时可以作为辅助药, 特有的镇静、镇痛、催眠、抗焦虑、遗忘作用、不引起呼吸抑制等优点[72], 使手术过程中血流动力学更加平稳, 可控性好及苏醒迅速。右美托咪定这些优点使其在神经外科手术中具有显著的优势, 相关研究报道, 在脊柱肿瘤手术中, 麻醉深度相同的情况下, 右美托咪定常规剂量(负荷量 0.5  $\mu\text{g}/\text{kg}$  + 维持量 0.5  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{h}$ )对 SEP 和 MEP 监测无明显影响[73]。有人研究右美托咪定复合地氟醚和瑞芬太尼麻醉时, 维持右美托咪定血浆药物浓度 0.6  $\text{ng}/\text{ml}$  时, 不会改变 MEP 的波幅和潜伏期[74]。也有相关研究证实, 右美托咪定以 0.8  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{h}$  维持会影响 MEP 的波幅, 但是在停止输注后, 平均 47 min 内 MEP 的波幅恢复正常[75]。相继文献报道, 小剂量应用右美托咪定能够显著降低舒芬太尼导致的呛咳发生率[76]。国内有研究表明, 右美托咪定作为麻醉辅助用药, 对颅脑损伤患者有脑保护作用[77]。研究结果的不一致可能与麻醉方式选择、右美托咪定剂量或浓度以及刺激参数等多方面因素有关。由此可见, 右美托咪定在神经外科手术中应用越来越广泛, 既能达到理想的麻醉效果, 术中不影响神经电生理的监测, 又不影响术后患者的认知功能。

**麻醉深度:** 麻醉深度是伤害性刺激的激惹和麻醉药物的抑制之间相互作用的一种中枢神经系统状态, 取决于手术刺激强度与麻醉药、镇痛药效能间的平衡。MEP 波幅和潜伏期随着麻醉深度的加深会有所改变, 故在实施神经电生理监测时尽量避免麻醉深度对其影响。

**麻醉时间:** 麻醉时间越长, 麻醉药物对 MEP 监测影响越大, 导致其波幅下降, 机制可能是麻醉药物进入神经组织时间较长, 对中枢神经系统的抑制作用消除比其他药物慢。

**体温:** 体温降低可导致 MEP 波幅降低和潜伏期延长, 体温过低将明显影响 MEP 的监测, 甚至测不出[78]。

综上所述, 神经外科手术中要求应用神经电生理监测时, 既要达到理想的麻醉深度, 又不影响神经电生理监测, 这就要求麻醉医师应用合适种类、剂量的麻醉药配合手术医师及神经电生理医师完成手术和手术过程的神经电生理监测。

本综述对神经外科手术中神经电生理监测技术包括体感诱发电位、运动诱发电位、肌电图和脑电图进行了详细地阐述。在神经外科手术中保证神经电生理监测的顺利进行, 这就要求外科手术团队、神经电生理监测团队和麻醉医师团队密切配合, 其中在神经电生理监测过程中有诸多因素影响神经电生理监测, 例如麻醉药物, 麻醉深度, 麻醉时间, 手术时间和体温等, 并对诸多影响因素一一全面地阐述。在临床工作中, 本综述可以指导麻醉医师在麻醉诱导过程中如何针对性地应用麻醉药物, 在麻醉维持过程中既不影响神经电生理医师监测, 又能达到合适的麻醉深度和保证手术的顺利进行。

## 参考文献

- [1] 马思远, 乔慧, 贾桂军, 等. 经颅电刺激面神经运动诱发电位在小脑脑桥区肿瘤手术中的应用[J]. 中华神经外科杂志, 2014, 30(4): 356-359.
- [2] Farqen, K.M. and Friedman, W.A. (2014) The Science of Medical Decision Making: Neurosurgery, Errors, and Personal Cognitive Strategies for Improving Quality of Care. *World Neurosurgery*, **82**, e21-e29. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2014.03.030>
- [3] Strahm, C., Min, K., Boos, N., et al. (2003) Reliability of Perioperative SSEPs Recordings in Spine Surgery. *Spinal Cord*, **41**, 483-489. <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3101493>

- [4] 韩如泉, 李淑琴. 神经外科麻醉分册[M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2010.
- [5] 陈华永, 李丽, 张敬. 右美托咪定对患者镇静效应和血流动力学的影响[J]. 中华神经医学杂志, 2015, 14(5): 516-519.
- [6] Nuwer, M.R. (2016) Measuring Outcomes for Neurophysiological Intraoperative Monitoring. *Clinical Neurophysiology*, **127**, 3. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2015.07.005>
- [7] Chang, S.H., Park, Y.G., Kim, D.H., et al. (2016) Monitoring of Motor and Somatosensory Evoked Potentials during Spine Surgery: Intraoperative Changes and Postoperative Outcomes. *Annals of Rehabilitation Medicine*, **40**, 470-480. <https://doi.org/10.5535/arm.2016.40.3.470>
- [8] Scibilia, A., Terranova, C., Rizzo, V., et al. (2016) Intraoperative Neurophysiological Mapping and Monitoring in Spinal Tumor Surgery: Sirens or Indispensable Tool? *Neurosurgical Focus*, **41**, E18. <https://doi.org/10.3171/2016.5.FOCUS16141>
- [9] 许文强, 沈炳华, 倪淑芹, 等. 皮层体感诱发电位联合经颅电刺激运动诱发电位在颈胸椎管内占位手术中的应用[J]. 中华临床医师杂志(电子版), 2011, 5(8): 2384-2386.
- [10] Nuwer, M.R., Emerson, R.G., Galloway, G., Legatt, A.D., Lopez, J., Minahan, R., Yamada, T., Goodin, D.S., Armon, C., Chaudhry, V., Gronseth, G.S. and Harden, C.L. (2012) Evidence-Based Guideline Update: Intraoperative Spinal Monitoring with Somatosensory and Transcranial Electrical Motor Evoked Potentials—Report of the Therapeutics and Technology Assessment Subcommittee of the American Academy of Neurology and the American Clinical Neurophysiology Society. *Neurology: Official Journal of the American Academy of Neurology*, **8**, No. 8.
- [11] Croft, T.J., Brodkey, J.S. and Nulsen, F.E. (1972) Reversible Spinal Cord Trauma: A Model for Electrical Monitoring of Spinal Cord Function. *Journal of Neurosurgery*, **36**, 402-406. <https://doi.org/10.3171/jns.1972.36.4.0402>
- [12] Tamaki, T. and Kubota, S. (2007) History of the Development of Intraoperative Spinal Cord Monitoring. *European Spine Journal*, **16**, S140-S146. <https://doi.org/10.1007/s00586-007-0416-9>
- [13] Deletis, V. and Sala, F. (2008) Intraoperative Neurophysiological Monitoring of the Spinal Cord during Spinal Cord and Spine Surgery: A Review Focus on the Corticospinal Tracts. *Clinical Neurophysiology*, **119**, 248-264. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2007.09.135>
- [14] Devlin, V.J., Anderson, P.A., Schwartz, D.M., et al. (2006) Intraoperative Neurophysiologic Monitoring: Focus on Cervical Myelopathy and Related Issues. *Spine J*, **6**, 212S-224S. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2006.04.022>
- [15] Huang, S.L., Qi, H.G., Liu, J.J., et al. (2016) Alarm Value of Somatosensory Evoked Potential in Idiopathic Scoliosis Surgery J1. *World Neurosurgery*, **92**, 397-401. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2016.05.054>
- [16] 刘海雁, 朱泽章, 史本龙, 等. 体感诱发电位联合运动诱发电位在 Chiari 畸形伴脊椎侧凸后路矫形手术中的应用价值[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2016, 26(4): 299-303.
- [17] Ginsburg, H.H., Shetter, A.G. and Raudzens, P.A. (1985) Postoperative Paraplegia with Preserved Intraoperative Somatosensory Evoked Potentials: Case Report. *Journal of Neurosurgery*, **63**, 296-300. <https://doi.org/10.3171/jns.1985.63.2.0296>
- [18] Hilibrand, A.S., Schwartz, D.M., Sethuraman, V., et al. (2004) Comparison of Trans-Cranial Electric Motor and Somatosensory Evoked Potential Monitoring during Cervical Spine Surgery. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, **86**, 1248-1253. <https://doi.org/10.2106/00004623-200406000-00018>
- [19] Epstein, N.E., Danto, J. and Nardi, D. (1993) Evaluation of Intraoperative Somatosensory-Evoked Potential Monitoring during 100 Cervical Operations. *Spine*, **18**, 737-747. <https://doi.org/10.1097/00007632-199305000-00011>
- [20] 史铮莉, 周倩, 张明铭, 等. 术中经颅电刺激运动诱发电位监测评估颅内动脉瘤术后运动功能[J]. 中南大学学报(医学版), 2012, 37(3): 244-249.
- [21] Sala, F., et al. (2006) Motor Evoked Potential Monitoring Improves Outcome after Surgery for Intramedullary Spinal Cord Tumors: A Historical Control Study. *Neurosurgery*, **58**, 1129-1143.
- [22] Koht, A. and Sloan, T.B. (2016) Intraoperative Monitoring: Recent Advances in Motor Evoked Potentials. *Anesthesiology Clinics*, **34**, 525-535. <https://doi.org/10.1016/j.anclin.2016.04.006>
- [23] MacDonald, D.B., Al Zayed, Z., Khoudeir, I., et al. (2003) Monitoring Scoliosis Surgery with Combined Multiple Pulse Transcranial Electric Motor and Cortical Somatosensory-Evoked Potentials from the Lower and Upper Extremities. *Spine*, **28**, 194-203. <https://doi.org/10.1097/00007632-200301150-00018>
- [24] Costa, P., Bruno, A., Bomanino, M., et al. (2007) Somatosensory and Motor Evoked Potential Monitoring during Spine and Spinal Cord Surgery. *Spinal Cord*, **45**, 86-91. <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3101934>
- [25] Jameson Leslie, C., Sloan, T.B., et al. (2012) Neurophysiologic Monitoring in Neurosurgery. *Anesthesiology Clinics*, **30**, 311-331. <https://doi.org/10.1016/j.anclin.2012.05.005>



- [26] Shine, T.S., Harrison, B.A., De Ruyter, M.L., *et al.* (2008) Motor and Somatosensory Evoked Potentials: Their Role in Predicting Spinal Cord Ischemia in Patients Undergoing Thoracoabdominal Aortic Aneurysmrepair with Regional Lumbar Epidural Cooling. *Anesthesiology*, **108**, 580-587. <https://doi.org/10.1097/ALN.0b013e318168d921>
- [27] Tamkus, A.A., Rice, K.S. and Kim, H.L. (2014) Differential Rates of False-Positive Findings in Transcranial Electric Motor Evoked Potential Monitoring When Using Inhalational Anesthesia versus Total Intravenous Anesthesia during Spine Surgeries. *The Spine Journal*, **14**, 1440-1446. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2013.08.037>
- [28] Shida, Y., Shida, C., Hiratsuka, N., *et al.* (2012) 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. *Journal of Neurosurgical Anesthesiology*, **24**, 113-120. <https://doi.org/10.1097/ANA.0b013e318237fa41>
- [29] Neuloh, G. and Schramm, J. (2004) Monitoring of Motor Evoked Potentials Compared with Somatosensory Evoked Potentials and Microvascular Doppler Ultrasonography in Cerebral Aneurysm Surgery. *Journal of Neurosurgery*, **100**, 389-399. <https://doi.org/10.3171/jns.2004.100.3.0389>
- [30] 陶晓蓉, 乔慧, 王硕, 等. 颅内前循环动脉瘤术中诱发电位监测效果评估[J]. 中华神经外科杂志, 2010, 26: 1059-1062.
- [31] Macdonald, D.B. and Janusz, M. (2002) An Approach to Intraoperative Neurophysiologic Monitoring of Thoracoabdominal Aneurysm Surgery. *Journal of Clinical Neurophysiology*, **19**, 43-54. <https://doi.org/10.1097/00004691-200201000-00006>
- [32] 谭志彬, 陈谦学, 等. 神经电生理监测在颅内动脉瘤夹闭术中的应用研究[J]. 临床和实验医学杂志, 2016, 14(15): 1408-1411.
- [33] Hammett, T.C., Boreham, B., Quraishi, N.A., *et al.* (2013) Intraoperative Spinal Cord Monitoring during the Surgical Correction of Scoliosis Due to Cerebral Palsy and Other Neuromuscular Disorders. *European Spine Journal*, **22**, S38-S41. <https://doi.org/10.1007/s00586-012-2652-x>
- [34] Liu, H.Y., Zhu, Z.Z., Shi, B.L., *et al.* (2016) Use of Somatosensory Evoked Potentials and Transcranial Electric Motor Evoked Potentials in Surgical Correction of Scoliosis Secondary to Chiari Malformation. *Chinese Journal Spinal Cord*, **26**, 299-303.
- [35] Thirumala, P.D., Huang, J., Thiagarajan, K., *et al.* (2016) Diagnostic Accuracy of Combined Multimodality Somatosensory Evoked Potential and Transcranial Motor Evoked Potential Intraoperative Monitoring in Patients with Idiopathic Scoliosis. *Spine*, **41**, E1177-E1184. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000001678>
- [36] Eager, M., Shimer, A., Jahangiri, F.R., *et al.* (2011) Intraoperative Neurophysiological Monitoring IONM, Lessons Learned from 32 Case Events in 2069 Spine Cases. *American Journal of Electroneurodiagnostic Technology*, **51**, 247-263.
- [37] Malhotra, N.R. and Shaffrey, C.I. (2010) Intraoperative Electrophysiological Monitoring in Spine Surgery. *Spine*, **35**, 2167-2179. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181f6f0d0>
- [38] Hagihira, S. (2015) Changes in the Electroencephalogram during Anaesthesia and Their Physiological Basis. *British Journal of Anaesthesia*, **115**, i27-i31. <https://doi.org/10.1093/bja/aev212>
- [39] 临床指南. Depth of Anaesthesia Monitors-Bispectral Index (BIS). 2016.
- [40] Schetinin, V. and Jakaite, L. (2017) Extraction of Features from Sleep EEG for Bayesian Assessment of Brain Development. *PLoS ONE*, **12**, eo174027. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174027>
- [41] Askhonov, U., Gafurov, B. and Ashanov, G. (2016) EEG Features of Dyskinesias, Complicated by Levodopa Therapy in Patients with Parkinson's Disease. *Parkinsonism and Related Disorders*, **1**, e143. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2015.10.600>
- [42] Abdul Awal, M., Lai, M.M., *et al.* (2016) EEG Background Features That Predict Outcome in Term Neonates with Hypoxic Ischaemic Encephalopathy: A Structured Review. *Clinical Neurophysiology*, **127**, 285-296. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2015.05.018>
- [43] Alfei, E., Raviglione, F., Franceschetti, S., *et al.* (2014) Seizures and EEG Features in 74 Patients with Genetic-Dysmorphic Syndromes. *American Journal of Medical Genetics Part A*, **164**, 3154-3161. <https://doi.org/10.1002/ajmg.a.36746>
- [44] Banoub, M., Tetzlaff, J.E. and Schubert, A. (2003) Pharmacologic and Physiologic Influences Affecting Sensory Evoked Potentials: Implications for Perioperative Monitoring. *Anesthesiology*, **99**, 716-737. <https://doi.org/10.1097/0000542-200309000-00029>
- [45] Tolekis, J.R. (2005) Intraoperative Monitoring Using Somatosensory Evoked Potentials: A Position Statement by the American Society of Neurophysiological Monitoring. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, **19**, 241-258. <https://doi.org/10.1007/s10877-005-4397-0>

- [46] Mpimbaza, A., Ndeezi, G., Staedke, S., *et al.* (2008) Comparison of Buccal with Rectal Diazepam in the Treatment of Prolonged Seizures in Ugandan Children: A Randomized Clinical Trial. *Pediatrics*, **121**, e58-e64. <https://doi.org/10.1542/peds.2007-0930>
- [47] Riviello, J.J., Claassen, J., LaRoche, S.M., *et al.* (2013) Treatment of Status Epilepticus: An International Survey of Experts. *Neurocritical Care*, **18**, 193-200. <https://doi.org/10.1007/s12028-012-9790-1>
- [48] Momen, A.A., Azizi Malamiri, R., Nikkhah, A., *et al.* (2015) Efficacy and Safety of Intramuscular Midazolam versus Rectal Diazepam in Controlling Status Epilepticus in Children. *European Journal of Paediatric Neurology*, **19**, 149-154. <https://doi.org/10.1016/j.ejpn.2014.11.007>
- [49] Horst, H.J. and Brouwer, O.F. (2004) Burst Suppression on Amplitude-Integrated Electroencephalogram May Be Induced by Midazolam: A Report on Three Cases. *Acta Paediatrica*, **93**, 559-563.
- [50] See, J.J., Lew, T.W., Kwek, T.K., *et al.* (2007) Anaesthetic Management of Awake Craniotomy for Tumour Resection. *Annals of the Academy of Medicine, Singapore*, **36**, 319-325.
- [51] 程灏, 王德祥, 韩如泉. 脑功能区胶质瘤手术唤醒麻醉中持续或间断输注舒芬太尼的影响[J]. 中国康复理论与实践, 2009, 15(7): 679-680.
- [52] Gram, M., Erlenwein, J., Petzke, F., *et al.* (2017) Prediction of Postoperative Opioid Analgesia Using Clinical-Experimental Parameters and Electroencephalography. *European Journal of Pain*, **21**, 264-277. <https://doi.org/10.1002/ejp.921>
- [53] Fradolf, J., Huhn, R., Weber, N.C., *et al.* (2010) Sevoflurane-Induced Preconditioning: Impact of Protocol and Aprotinin Administration on Infarct Size and Endothelial Nitricoxide Synthase Phosphorylation in the Rat Heart *in Vivo*. *Anesthesiology*, **113**, 1289-1298. <https://doi.org/10.1097/ALN.0b013e3181f97fec>
- [54] Symons, J.A. and Myles, P.S. (2006) Myocardial Protection with Volatile Anaesthetic Agents during Coronary Artery Bypass Surgery, a Meta-Analysis. *British Journal of Anaesthesia*, **97**, 127-136. <https://doi.org/10.1093/bja/ael149>
- [55] Duffy, C.M. and Matta, B.F. (2000) Sevoflurane and Anesthesia for Neurosurgery: A Review. *Journal of Neurosurgical Anesthesiology*, **12**, 128-140. <https://doi.org/10.1097/00008506-200004000-00012>
- [56] 夏莉, 杨鹏举, 马祥云, 等. 全凭静脉麻醉与静-吸复合麻醉下对脑干肿瘤手术中神经电生理监测的影响[J]. 中国实用神经疾病杂志, 2016, 19(18): 33-35.
- [57] 朱娟, 朱明慧, 何帆. 全凭静脉麻醉与静-吸复合麻醉下腰椎手术中神经电生理监测的比较[J]. 临床麻醉学杂志, 2014, 30(12): 1149-1151.
- [58] Sloan, T.B. (2002) Anesthetics and the Brain. *Anesthesiology Clinics of North America*, **20**, 265-292. [https://doi.org/10.1016/S0889-8537\(01\)00002-5](https://doi.org/10.1016/S0889-8537(01)00002-5)
- [59] Liu, E.H., Wong, H.K., Chia, C.P., *et al.* (2005) Effects of Isoflurane and Propofol on Cortical Somatosensory Evoked Potentials during Comparable Depth of Anaesthesia as Guided by Bispectral Index. *British Journal of Anaesthesia*, **94**, 193-197. <https://doi.org/10.1093/bja/aei003>
- [60] Fung, N.Y., Hu, Y., Irwin, M.G., *et al.* (2008) Comparison between Sevoflurane/Remifentanyl and Propofol/Remifentanyl Anaesthesia in Providing Conditions for Somatosensory Evoked Potential Monitoring during Scoliosis Corrective Surgery. *Anaesthesia and Intensive Care*, **36**, 779-785.
- [61] Lo, Y.L., Dan, Y.F., Tan, Y.E., *et al.* (2006) Intraoperative Motor-Evoked Potential Monitoring in Scoliosis Surgery: Comparison of Desflurane/Nitrous Oxide with Propofol Total Intravenous Anesthetic Regimens. *Journal of Neurosurgical Anesthesiology*, **18**, 211-214. <https://doi.org/10.1097/01.ana.0000211007.94269.50>
- [62] Kawaguchi, M., Sakamoto, T., Inoue, S., *et al.* (2000) Low Dose Propofol as a Supplement to Ketamine-Based Anesthesia during Intraoperative Monitoring of Motor-Evoked Potentials. *Spine*, **25**, 974-979. <https://doi.org/10.1097/00007632-200004150-00013>
- [63] Malcharek, M.J., Loeffler, S., Schiefer, D., *et al.* (2015) Transcranial Motor Evoked Potentials during Anesthesia with Desflurane versus Propofol—A Prospective Randomized Trial. *Clinical Neurophysiology*, **126**, 1825-1832. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2014.11.025>
- [64] Belso, N., Kui, R., Szegedi, I., *et al.* (2011) Propofol and Fentanyl Induced Perioperative Anaphylaxis. *British Journal of Anaesthesia*, **106**, 283-284. <https://doi.org/10.1093/bja/aeq384>
- [65] Ubags, L.H., Kalkman, C.J., Been, H.D., *et al.* (1997) The Use of Ketamine or Etomidate to Supplement Sufentanil/N<sub>2</sub>O Anesthesia Does Not Disrupt Monitoring of Myogenic Transcranial Motor Evoked Responses. *Journal of Neurosurgical Anesthesiology*, **9**, 228-233. <https://doi.org/10.1097/00008506-199707000-00005>
- [66] IAU, H.Y., Zeng, H.Y., Cheng, H., *et al.* (2012) Comparison of the Effects of Etomidate and Propofol Combined with Remifentanyl and Guided by Comparable BIS on Transcranial Electrical Motor-Evoked Potentials during Spinal Surgery. *Journal of Neurosurgical Anesthesiology*, **24**, 133-138. <https://doi.org/10.1097/ANA.0b013e31823dfb2e>

- [67] Van Dongen, E.P., Ter Beek, H.T., Schepens, M.A., *et al.* (1999) Within Patient Variability of Myogenic Motorevoked Potentials to Multipulse Transcranial Electrical Stimulation during Two Levels of Partial Neuromuscular Blockade in Aortic Surgery. *Anesthesia & Analgesia*, **88**, 22-27.
- [68] Sloan, T.B. (2013) Muscle Relaxant Use during Intraoperative Neurophysiologic Monitoring. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, **27**, 35-46. <https://doi.org/10.1007/s10877-012-9399-0>
- [69] Cai, Y.R., Xu, J., Chen, L.H., *et al.* (2009) Electromyographic Monitoring of Facial Nerve under Different Levels of Neuromuscular Blockade during Middle Ear Microsurgery. *Chinese Medical Journal*, **122**, 311-314.
- [70] 徐成明, 李玉兰, 刘映龙, 等. 无肌松药全身麻醉下进行脊柱手术的临床研究[J]. 临床麻醉学杂志, 2012, 28(7): 646-648.
- [71] Maurtua, M.A., Deogaokar, A., Bakri, M.H., *et al.* (2008) Dosing of Remifentanyl to Prevent Movement during Craniotomy in the Absence of Neuromuscular Blockade. *Journal of Neurosurgical Anesthesiology*, **20**, 221-225. <https://doi.org/10.1097/ANA.0b013e3181806c4a>
- [72] Carollo, D.S., Nossaman, B.D. and Ramadhyani, U. (2008) Dexmedetomidine: A Clinical Applications. *Current Opinion in Anesthesiology*, **21**, 457-461. <https://doi.org/10.1097/ACO.0b013e328305e3ef>
- [73] Li, Y., Meng, L., Qiao, H., *et al.* (2016) Effects of Dexmedetomidine on Motor- and Somatosensory-Evoked Potentials in Patients with Thoracic Spinal Cord Tumor: A Randomized Controlled Trial. *BMC Anesthesiology*, **16**, 51. <https://doi.org/10.1186/s12871-016-0217-y>
- [74] Bala, E., Sessler, D.I., Nair, D.R., *et al.* (2008) Motor and Somatosensory Evoked Potentials Are Well Maintained in Patients Given Dexmedetomidine during Spine Surgery. *Anesthesiology*, **109**, 417-425. <https://doi.org/10.1097/ALN.0b013e318182a467>
- [75] Chen, Z., Lin, S. and Shao, W. (2015) Effects on Somatosensory and Motor Evoked Potentials of Senile Patients Using Different Doses of Dexmedetomidine during Spine Surgery. *Irish Journal of Medical Science*, **184**, 813-818.
- [76] He, L., Xu, J.M. and Dai, R.P. (2012) Dexmedetomidine Reduces the Incidence of Fentanyl-Induced Cough: A Double-Blind, Randomized, and Placebo-Controlled Study. *Uppsala Journal of Medical Sciences*, **117**, 18-21. <https://doi.org/10.3109/03009734.2011.629749>
- [77] 张蕴辉, 高金贵, 张山. 右美托咪定对颅脑损伤患者全麻下开颅术时的脑保护作用[J]. 中华麻醉学杂志, 2015, 35(1): 30-32.
- [78] Wang, A.C., Than, K.D., Etame, A.B., *et al.* (2009) Impact of Anesthesia on Transcranial Electric Motor Evoked Potential Monitoring during Spine Surgery: A Review of the Literature. *Neurosurgical Focus*, **27**, E7. <https://doi.org/10.3171/2009.8.FOCUS09145>

#### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2161-8712, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [acm@hanspub.org](mailto:acm@hanspub.org)