

华山医院术中神经电生理监测临床实践规范介绍

吴劲松 许耿 毛颖 梁伟民 潘力 周良辅

【摘要】 神经电生理监测技术是术中脑功能区定位技术的金标准。综合唤醒手术、术中感觉运动诱发电位监测、术中皮质电刺激与皮质下电刺激等电生理学技术,可实现术中脑功能区皮质及皮质下功能通路的精确定位和实时保护。复旦大学附属华山医院根据既往多年临床实践,制定了适用于本单位的《术中神经电生理监测临床实践规范》,其内容涵盖各类常见神经外科疾病的术中神经电生理监测技术标准 and 操作规范,已经在本院临床应用,切实提高了手术疗效。

【关键词】 电生理学; 监测,手术中; 脑疾病; 神经外科手术; 参考标准

DOI:10.3969/j.issn.1672-6731.2012.06.007

The clinical practice of intraoperative neurophysiological monitoring in Shanghai Huashan Hospital

WU Jin-song¹, XU Geng¹, MAO Ying¹, LIANG Wei-min², PAN Li¹, ZHOU Liang-fu¹

¹Department of Neurosurgery, ²Department of Anesthesiology, Huashan Hospital, Fudan University, Shanghai 200040, China

Corresponding author: ZHOU Liang-fu (Email: lfzhouc@126.com)

【Abstract】 Intraoperative neurophysiological monitoring (IONM) is the gold standard of the intraoperative functional brain mapping. It employs various electrophysiological methods such as awake craniotomy, intraoperative somatosensory and motor evoked potentials monitoring, intraoperative cortical stimulation and sub-cortical stimulation to accurately map the cortical and sub-cortical nervous pathways so that the continuous assessment and real-time protection of the functional integrity of certain neural structures can be achieved during surgery. Based on decades of clinical practice, the Department of Neurosurgery of Shanghai Huashan Hospital has set up an "IONM clinical practice guideline" used in the institute. The clinical practice guideline covers technical and operation standards of IONM in all kinds of common neurosurgery diseases and does improve the clinical efficacy in neurosurgical procedures.

【Key words】 Electrophysiology; Monitoring, intraoperative; Brain diseases; Neurosurgical procedures; Reference standards

Fund Project: Grant Awarded 2010–2012 from Ministry of Health Foundation of China; Grant Awarded 2011–2013 from Shanghai Government (No. XBR2011022)

序

脑功能区定位对于头部疾患围手术期运动、语言、视觉和认知功能的保护至关重要。神经电生理监测技术是术中脑功能区定位技术的金标准。综合唤醒开颅、术中感觉运动诱发电位监测、术中皮质电刺激与皮质下电刺激等电生理学技术,可实现

术中脑功能区皮质及皮质下功能通路的精确定位和实时保护。目前我国主要的神经外科中心均已开展神经电生理监测的临床工作,但各医疗中心所采用的技术标准并不统一,使这项监测技术的临床操作有失规范之处,因此有必要在循证医学研究的基础上,制定行业内可应用推广的技术规范标准。复旦大学附属华山医院脑胶质瘤中心根据既往多年临床实践,制定了本单位适用的《华山医院术中神经电生理监测临床实践规范》,借助《中国现代神经疾病杂志》发表,以期得到国内神经外科同道批评斧正。今后工作设想是在中华医学会神经外科分会和中国医师协会神经外科医师分会的领导下,联合神经外科领域的专家,共同制定适用于我国的

基金项目:2010–2012年度卫生部部属(管)医院临床学科重点项目;上海市卫生系统优秀人才培养计划项目(项目编号:XBR2011022)

作者单位:200040 上海,复旦大学附属华山医院神经外科(吴劲松、许耿、毛颖、潘力、周良辅),麻醉科(梁伟民)

通讯作者:周良辅(Email:lfzhouc@126.com)

表 1 术中神经电生理监测及麻醉方案的选择

Table 1. Options of IONM and anesthesia method

手术种类	手术风险		术中监测		麻醉方案
	手术部位	并发症	功能区	监测方法	
脑肿瘤	幕上	功能区皮质、皮质下神经传导通路损伤、脑缺血	中央区	运动诱发电位、躯体感觉诱发电位(利用诱发电位之位相倒置鉴别中央沟)、皮质或皮质下刺激	经静脉麻醉
	幕下	脑干损伤、脑神经损伤、脑缺血(如小脑前下动脉)	脑室旁、丘脑	躯体感觉诱发电位、运动诱发电位、皮质下刺激	经静脉麻醉(听神经瘤手术可采用吸入麻醉)
颅后窝微血管减压	—	听觉通路损伤	—	脑干听觉诱发电位、肌电图	
颅内动脉瘤、动-静脉畸形	颈内动脉系	脑缺血(如夹闭动脉瘤时误伤穿支血管)	—	脑电图、躯体感觉诱发电位、经颅多普勒超声、经颅电刺激运动诱发电位	经静脉麻醉
	椎-基底动脉系	脑干牵拉、脑缺血	—	脑干听觉诱发电位、躯体感觉诱发电位、经颅电刺激运动诱发电位	—
颈内动脉内膜及粥样斑块切除术	—	脑缺血	—	脑干听觉诱发电位、躯体感觉诱发电位、脑电图、经颅电刺激运动诱发电位	经静脉麻醉
脊柱脊髓手术	C ₁₋₂	脊髓损伤*、脑干损伤*	正中神经、胫后神经	躯体感觉诱发电位、酌用运动诱发电位,必要时可行脑干听觉诱发电位,自由描记肌电图	经静脉麻醉
	C ₃ ~T ₁	神经根损伤、脊髓损伤	正中神经、尺神经、胫后神经	躯体感觉诱发电位、运动诱发电位、肌电图	经静脉麻醉
	胸、腰椎	神经根损伤、脊髓损伤	胫后神经	躯体感觉诱发电位、经颅电刺激运动诱发电位、肌电图(脊髓栓系综合征、下胸段及腰段加监测肛门括约肌)	经静脉麻醉(腰椎手术可采用吸入麻醉)
髋、膝、肩关节矫形	—	略 [△]	—	躯体感觉诱发电位、肌电图	吸入麻醉

注: *脊髓损伤可由外伤或肿瘤引起; *脑干损伤可由肿瘤引起; [△]骨科手术监测,不在神经外科领域讨论; —,无特定手术部位或术中监测脑功能区

《术中神经电生理监测指南》,并在临床应用推广,切实提高我国神经外科脑功能区病变的手术疗效。

吴劲松 周良辅

总 论

一、术中神经电生理监测的目的

对脑功能区病变外科手术实施术中神经电生理监测的临床意义在于:(1)协助手术医师定位脑皮质功能区和鉴别不明确的组织。(2)向手术医师提供神经电生理监测的即时结果,使术者明确正在进行的操作是否会造成神经损伤。(3)协助手术医师鉴别神经受损害的部位、节段,并检查其是否还具有功能。(4)及早发现和辨明由于手术造成的神经损害,并迅速纠正损害原因,避免造成永久性的神经损害。(5)及早发现患者在术中的系统性变化如缺氧或低血压等变化。(6)在心理上给患者和家属一种安全感。

二、术中神经电生理监测方法的选择原则

应根据手术计划确定具体的手术部位及手术

入路和方式,针对术中易损神经或神经通路,选择监测模式和合理的神经电生理监测方案。并通过麻醉医师和术者的共同讨论,确定最佳麻醉方法及监测技术。不同术中电生理监测方法及麻醉方案的选择请参见表 1。

三、刺激电极的通用法则

对外周神经的刺激,阴极是有效电极,即刺激电极,阳极为参考电极;对皮质的刺激,阳极为刺激电极,阴极为参考电极。

四、适应证

对脑功能区病变外科手术实施术中神经电生理监测的适应证包括:(1)涉及运动或感觉皮质区的颅脑手术。(2)视神经、视通路和视觉皮质区手术。(3)语言皮质区手术。(4)脑深部涉及锥体束的手术。(5)颅底肿瘤手术。(6)微血管神经减压手术。(7)脑干及其周围区域的手术。(8)髓内肿瘤手术。(9)癫痫病灶切除和脑深部电刺激术(DBS)的刺激电极放置,以及脑损毁手术。(10)颈动脉狭窄的内膜切除手术。(11)颅内动脉瘤、动-静脉畸形等颅

内血管瘤手术。(12)选择性根性切除、脊髓粘连和腰骶脊髓肿瘤分离。(13)脊柱侧弯矫形手术,脊柱器械固定手术。(14)心脏外科手术。(15)耳鼻咽喉头颈外科手术等。

五、禁忌证

对脑功能区病变外科手术实施术中神经电生理监测的禁忌证有:(1)监测局部存在感染病灶。(2)患者及家属拒绝实施监测。(3)对麻醉药物有严重过敏反应。(4)患者体内有相关电子装置植入物,如心脏起搏器等。

六、术前准备

对脑功能区病变外科手术实施术中神经电生理监测的术前准备如下:(1)完善知情同意制度。术前 1~3 d 评估患者肢体和语言功能,告知监测模式和可能的风险。语言功能区手术须对患者进行唤醒训练,以及语言、图片识别及命名等训练;进行术中听觉诱发电位监测的患者术前应进行听力测定和脑干听觉诱发电位(BAEP)测定;进行运动和躯体感觉诱发电位(SEP)监测的患者术前则需进行运动和躯体感觉诱发电位的测定。(2)抗癫痫药物准备。注射用苯妥英钠、注射用丙戊酸钠(德巴金)。(3)相关物品准备。灭菌刺激电极、灭菌记录电极、灭菌标签、监测仪器、摄像装置及图像放映装置(语言功能区清醒麻醉)。

七、术中基本要求

对脑功能区病变外科手术实施术中神经电生理监测的基本要求有:(1)合理放置监测仪器并进行性能检测。(2)神经外科医师、电生理监测医师与技术人员、麻醉医师和护士等密切沟通配合。(3)清醒麻醉手术的体位放置以患者舒适、便于术中阅读图片及交流、方便手术操作为基本原则。使用空心枕固定头部,也可使用带钉头架;消毒巾单用头皮钉固定在手术周围区域头皮表面;在头架固定和头皮切开处采用局部神经阻滞麻醉(如眶上神经、耳颞神经等),或应用 0.25% 盐酸布比卡因局部浸润麻醉;4℃冷生理盐水备用;神经心理学医师对患者语言和认知功能进行即时评估。

八、术中麻醉的基本要求

对脑功能区病变外科手术实施术中神经电生理监测术中麻醉的基本要求包括:(1)非麻醉因

表 2 吸入和静脉麻醉药对诱发电位的影响

Table 2. Effect of inhalation anesthetics and intravenous anesthetics on evoked potentials

麻醉药物	脑干听觉诱发电位		躯体感觉诱发电位		运动诱发电位	
	波幅	潜伏期	波幅	潜伏期	波幅	潜伏期
吸入药						
地氟烷	0	↑	↓	↑	↓	↑
恩氟烷	0	↑	↓	↑	↓	↑
氟烷	0	↑	↓	↑	↓	↑
异氟烷	0	↑	↓	↑	↓	↑
七氟烷	0	↑	↓	↑	↓	↑
笑气	↓	0	↓	0	↓	↑
静脉药						
巴比妥类	↓	↑	↓	↑	↓	↑
苯二氮草类	0	0	↓	↑	↓	↑
阿片类	0	0	↓	↑	0	0
依托咪酯	0	0	↑	↑	0	0
丙泊酚	0	↑	↓	↑	↓	↑
氯胺酮	0	↑	↑	↑	0	0

注:0 无变化;↑ 延长;↓ 缩短

素。体温最好不低于 36℃;防止低灌注(低血压);血红蛋白(Hb) > 80 g/L。(2)麻醉因素。尽可能用较少的麻醉药以使影响患者认知和疼痛的可能性降到最低(清醒麻醉);尽可能维持稳定的麻醉深度[全凭静脉麻醉(TIVA)];使用不干扰电生理监测的麻醉药物。(3)选用麻醉药的基本考虑。很少受干扰,如脑干听觉诱发电位;对肌松药敏感,需要诱发肌肉动作电位的监测方法,如运动诱发电位(MEP)和肌电图(EMG);对麻醉药敏感,吸入麻醉药对躯体感觉诱发电位的影响与使用剂量(浓度)有关。静脉麻醉(如丙泊酚)可以不影响躯体感觉诱发电位的波幅,但潜伏期可能有 8%~20% 的延长。运动诱发电位对各种麻醉药更敏感。

九、综合分析

解释电生理监测结果的变化需综合考虑以下因素的影响:麻醉因素(静脉药物、吸入药、肌松药);生理因素(体温、血压、氧含量、血液稀释);技术因素(来自于电、声音等的干扰);手术因素(直接损伤或是继发手术操作造成的神经通路损伤)。其中分析麻醉药对诱发电位变化的影响请参考表 2。

运动诱发电位

一、适应证

对脑功能区病变外科手术实施术中运动诱发

电位监测的适应证包括:(1)术中监测运动神经通路的完整性和预测术后运动功能状况,常与躯体感觉诱发电位联合用于脊柱脊髓手术。(2)邻近运动皮质和皮质下运动通路的颅内占位(肿瘤或血管畸形等)手术中运动功能的监测。(3)术中定位大脑运动皮质和皮质下运动通路——锥体束。(4)监测颈动脉内膜剥脱或颅内动脉瘤手术时的皮质及皮质下缺血。

二、报警标准

运动诱发电位的报警标准目前尚无定论,有研究者用波幅下降 80% 作为报警标志,有的用刺激阈值提高作为报警标准。主流观点认为当复合肌肉动作电位(CMAP)波幅下降 20%~30% 应密切关注,当有持续性改变时应通知医师,必要时暂停手术,查找原因;当波幅下降 50% 以上,或潜伏期延长 10% 以上应立即报警。如果在术中多次调整刺激参数后复合肌肉动作电位仍消失,则提示阳性,即运动神经通路的完整性受损。

三、参数

1. 经颅电刺激运动诱发电位 (1)刺激参数:刺激电极分别固定于头皮 C1、C2 或 C3、C4 前方 2~2.50 cm,即手和上肢代表区的头皮简易定位;刺激波为单相方波;刺激强度(SI)为 100~800 V;刺激间歇时间(ISI)为 2 ms(1~10 ms);刺激间期(duration)为 0.10 ms(0.10~0.50 ms);串刺激(train stimulation)2~10 个/次。(2)记录参数:皮下针电极以肌腱、肌腹的方式置于对侧面部肌肉或上肢前臂屈肌群、拇短展肌、小指展肌,以及下肢肌群,如股四头肌、腓肠肌和胫前肌等,记录所获复合肌肉动作电位的波幅和潜伏期;带通滤波范围(band pass filters)30~1500 Hz;50 或 60 Hz 陷波滤波器(notch filter)关闭;信号平均次数(signal average)1 次;信号分析时间(analysis time)100 ms。(3)监测指标:根据手术部位不同选择不同肌肉组接收复合肌肉动作电位反应,并观察肌肉收缩运动,记录肌电图波形变化。复合肌肉动作电位的判定标准为波形清晰;波幅 $\geq 10 \mu\text{V}$;能辨别潜伏期,拇短展肌和小指展肌的潜伏期范围为 15~35 ms;伪迹干扰小。

2. 直接电刺激定位运动皮质 (1)刺激参数:刺激波为双相方波脉冲,脉冲频率 60 Hz,刺激持续时间 1 ms。刺激强度及阳性标准,刺激强度 2~6 mA,电流自 2 mA 开始,以 1 mA 递增;通过脑电图记录有无后放电(after discharge),一旦出现,则表示电流强

度已达标,在整个监测过程中,保持该电流强度即可。阳性标准,运动皮质直接电刺激主要表现为阳性激活,即可引出患者对侧肢体指(趾)、腕(踝)关节或前臂收缩,或以记录到相应的复合肌肉动作电位为阳性。由于不同个体敏感性、电传导及电流溢出的不同,因此引起脑电图后发放的电流强度变异亦较大,为了避免诱发癫痫,电流强度最大可至 8~10 mA,以不引起癫痫发作、脑电图记录到后放电、肌电图记录到肌肉活动为准。(2)记录参数:采用一对针式电极插于需要监测的相应肌肉处,头面部监测眼轮匝肌、颞肌、口轮匝肌、咀嚼肌;上肢监测三角肌、肱二头肌、肱三头肌、前臂屈肌群、拇短展肌、小指展肌;下肢监测股四头肌、胫骨前肌、腓肠肌、趾短屈肌、踇收肌。(3)监测指标:观察相关肌群的肌肉收缩运动或肌电图活动,复合肌肉动作电位的判定标准同上。(4)病灶显露:采用大骨瓣开颅,显露病灶及与病灶相毗邻的脑功能区。(5)癫痫防治:刺激频率不能过快,刺激持续时间不能过长(一般 < 5 s),刺激电流不宜过大,避免同一部位连续刺激多次。于手术开始时,静脉注射 750 mg 苯妥英钠或 400 mg 丙戊酸钠预防癫痫发作;连续术中脑电图、自由肌电图监测。局部电刺激诱发癫痫发作时,终止刺激,4 ℃冷生理盐水冲洗,应用抗癫痫药,必要时应用肌松药。(6)注意事项:用躯体感觉诱发电位定位运动-感觉区,然后再行直接皮质电刺激;按照 5 mm×5 mm(双极刺激器间距)逐一刺激功能区;同一部位不可持续刺激 2 次以上。

3. 直接电刺激定位语言皮质 (1)刺激参数:与运动皮质直接电刺激方法相同。(2)语言任务模式:包括自发语言(spontaneous speech)、命名(picture naming)、计数(number counting)、书写(writing)、理解(comprehension)和转换任务(transcoding tasks),以及 Token 试验(Token test)等。(3)阳性标准判断:语言皮质直接电刺激主要表现为阴性抑制,即刺激中出现命名中断、延迟或混乱(例如,这是……),言语或计数中断、构音障碍、发音错误、理解障碍、表达错误、机械重复、断续言语等均提示阳性。(4)注意事项:在执行图片命名任务中,至少 2 次出现同一幅图片中有一次不刺激;同一部位间隔刺激 3 次,判断刺激结果;注意让患者休息及恢复,避免假阴性及刺激疲劳(注)。

4. 持续的经皮质电刺激运动诱发电位 (1)刺激参数:刺激波为双相方波脉冲;脉冲频率 60 Hz;

注:对于语言皮质电刺激,必须采用唤醒麻醉。引出刺激部位附近出现后放电的刺激强度阈值,或以引出运动反应的最小强度为刺激阈值,并以此阈值下 1 mA 为标准刺激强度。一般为 2~6 mA。刺激过程中,患者出现中断计数或计数错误时,标记此处为运动性语言中枢。病变切除后再次行皮质及皮质下电刺激确认运动区及语言区。

刺激持续时间 1 ms。(2)刺激强度及阳性标准:刺激强度 50~100 V,电压自 50 V 开始,以 5 V 递增。在手术区域邻近的功能皮质表面贴敷固定条形硬膜下电极,或直接应用躯体感觉诱发电位定位中央沟的条形硬膜下电极。以直接接触功能皮质表面的两点盘形电极为刺激阴、阳极,以引出患者对侧肢体肌肉稳定的复合肌肉动作电位为基线,在病灶切除过程中持续行经皮质电刺激,频率为 1 次/min,所获得的复合肌肉动作电位(CMAP)与基线比较。在颅内深部邻近脑干及接近锥体束手术操作时,可增加刺激频率至 5~10 次/min。当复合肌肉动作电位波幅有持续明显下降趋势,或波幅下降至 50% 以上甚至波形消失时为阳性。(3)记录参数:记录采用一对针式电极插于需要监测的相应肌肉处,头面部监测眼轮匝肌、颞肌、口轮匝肌、咀嚼肌;上肢监测三角肌、肱二头肌、肱三头肌、前臂屈肌群、拇短展肌、小指展肌;下肢监测股四头肌、胫骨前肌、腓肠肌、趾短屈肌、踇收肌。(4)监测指标:观察相关肌群的肌肉收缩运动或肌电图活动,复合肌肉动作电位的判定标准同上。(5)病灶显露:采用大骨瓣开颅,显露病灶及与病灶相毗邻的脑功能区。(6)癫痫防治:刺激频率不能过快(≤ 20 次/min),刺激电压不宜过高(≤ 150 V);手术开始时,静脉注射 750 mg 苯妥英钠或 400 mg 丙戊酸钠预防癫痫发作;连续术中皮质脑电图、自由肌电图监测;局部电刺激诱发癫痫发作时,终止刺激,4℃冷生理盐水冲洗,应用抗癫痫药,必要时应用肌松药。(7)注意事项:推荐用条形硬膜下电极作为记录电极定位运动-感觉区(躯体感觉诱发电位),然后再利用原电极片作为刺激电极施行持续的经皮质电刺激运动诱发电位;双极电凝使用时会影响复合肌肉动作电位的波形,可设置 FSI/artifact 以排除干扰波形或在叠加图形中直接删除干扰波;建议在接近锥体束的手术操作中使用超声刀(CUSA),以方便行 5~10 次/min 的复合肌肉动作电位叠加,超声刀对监测无任何干扰因素,便于

即时记录;当监测出现阳性结果时可暂停手术,观察是否有导致假阳性的因素(电极片移位、接触不良或刺激电极接头脱落等);当监测出现阳性结果时,可配合皮质下电刺激进行验证;以两个盘形电极作为刺激回路,对激发兴奋的皮质范围有所限定。建议根据手术切除范围调整电极位置(脚、手、口相对应的某个皮质位点),大多以对侧手臂肌肉能够获得稳定的复合肌肉动作电位为基线。

5. 直接皮质下电刺激定位运动通路 (1)刺激参数:刺激波为双相方波脉冲;脉冲频率 60 Hz;刺激持续时间 1 ms。(2)刺激强度及阳性标准:刺激强度 10~20 mA,电流自 10 mA 开始,以 1 mA 递增,并通过皮质脑电图记录有无后放电。以引出患者对侧肢体指(趾)、腕(踝)关节或前臂收缩,或以记录到相应的复合肌肉动作电位为阳性标准。(3)记录参数:记录采用一对针式电极插于需要监测的相应肌肉处,头面部监测眼轮匝肌、颞肌、口轮匝肌、咀嚼肌;上肢监测三角肌、肱二头肌、肱三头肌、前臂屈肌群、拇短展肌、小指展肌;下肢监测股四头肌、胫骨前肌、腓肠肌、趾短屈肌、踇收肌。(4)监测指标:观察相关肌群的肌肉收缩运动或肌电图活动。复合肌肉动作电位的判定标准同上。(5)癫痫防治:刺激频率不能过快,刺激持续时间不能过长(一般 < 5 s),刺激电流不宜过大,且避免同一部位连续刺激多次;在手术开始时,静脉注射 750 mg 苯妥英钠或 400 mg 丙戊酸钠,以预防癫痫发作;连续术中皮质脑电图、自由肌电图监测;局部电刺激诱发癫痫发作时,终止刺激,4℃冷生理盐水冲洗,应用抗癫痫药,必要时应用肌松药。(6)注意事项:在合理控制刺激持续时间和频率的前提下,皮质下电刺激不易导致患者术中癫痫发作,甚至应用 16~20 mA 的高电流也不易导致患者癫痫发作,高电流皮质下电刺激在一定程度上提高了发现阳性点的概率,可为术者及时提供相应脑锥体束空间位置的信息;皮质下电刺激的脑组织应避免过多血液和其他液体蓄积周围,导致电流分流或短路,使得监测获得假阴性结果(注)。

6. 影像导航辅助术中神经电生理监测 (1)功能神经导航辅助皮质及皮质下直接电刺激(语言监测需唤醒麻醉):首先根据影像导航[或术中磁共振成像(iMRI)导航]设计手术切口。开颅后显露脑皮质,以体感诱发电位位相倒置技术定位中央沟及相应的感觉-运动皮质。在功能神经导航下,功能磁共

注:皮质下电刺激需联合扩散张量成像(DTI)纤维束示踪成像导航,可大大提高监测效率;涉及语言区的病例也需唤醒麻醉,术中监测语言通路(同语言皮质电刺激);电刺激病灶切除后边缘和邻近白质区域以确定肿瘤与运动通路的关系和切除范围,定位运动通路边界(常用于脑深部肿瘤如胶质瘤等手术的监测)。
刺激电流溢出范围:一般以2~3 mm为宜。

振成像(fMRI)皮质激活区应作为直接皮质电刺激排查脑功能的重点区域。逐一定位相关功能皮质后,以消毒标签标识,然后使患者处于麻醉状态。距阳性刺激区域至少1 cm处切开皮质,导航辅助下行手术操作。随着手术进展,当DTI Fiber Tracking导航显示手术切缘距离相应功能传导束2 cm范围内时唤醒患者,重复执行皮质下电刺激,以监测传导通路的完整性。当诱发出靶肌群复合肌肉动作电位、相应肌群收缩(运动)或诱发言语中断、计数错误(语言)时,终止进一步切除,加深麻醉,止血、终止手术。(2) iMRI辅助术中神经电生理监测:iMRI与术中神经电生理监测联合应用存在产生MRI伪影、影像畸变、监测不成功、顺磁性材料电极移位,以及医疗器械损坏等潜在风险。(3) 注意事项:进行iMRI扫描时,拆除刺激器及前置放大器,切断导线与控制器的电流通路;不扫描时,磁体应放置在床头下(低场强iMRI)或者移出手术区域(高场强iMRI);刺激器、前置放大器尽可能地远离iMRI磁体;避免电线缠绕成弧形,根据手术部位选择监测模式,尽可能减少头部电极放置数量;当局部“伪影”影响观察区域时,需移动电极位置、拆除电极或者更换线圈;如有条件,可选择铂金等磁安全性(MRI safe)电极。

7. 硬膜下(外)直接刺激脊髓 刺激电极可用16号脊髓穿刺针导入式或椎板切除后置于硬膜外的表面式等,在脊髓下端行硬膜下(外)记录脊髓诱发电位(SCEP),因在术野,已少用。

8. 经棘间韧带或椎间盘间接刺激脊髓 (1)刺激部位:针形刺激电极,上正下负。后入路手术时,刺入相邻的两个棘间韧带,接近黄韧带;经前方或侧入路手术时,刺入相邻的两个椎间盘,接近后纵韧带。(2)记录部位:双侧腓窝胫神经下行神经源性诱发电位(DNEP);上、下肢复合肌肉动作电位(不常用)。(3)刺激、记录参数:电流强度为20~40 mA;刺激频率0.30~0.50 Hz;刺激间期0.50~1 ms;带通

滤波范围30~2000 Hz,当50或60 Hz时,陷波滤波器关闭;重复信号平均次数,神经记录平均为10~30次、肌肉记录无需平均;信号分析时间100 ms。

9. 经椎板或棘突间接刺激脊髓 (1)刺激部位:针尖裸露式刺激电极,上正下负;经椎板,经颈部皮肤刺至相邻的两个椎板;经棘突,刺入相邻的已部分切除的棘突(如J05,长1.20~1.50 cm)。(2)记录部位:双侧胫神经下行神经源性诱发电位;上、下肢肌肉复合肌肉动作电位(不常用)。(3)刺激、记录参数:电流强度为50~100 mA或刺激电压<400 V;刺激频率为0.30~0.50 Hz;刺激间期为0.50~1 ms;带通滤波范围30~2000 Hz,当带通滤波在50或60 Hz时将陷波滤波器关闭;重复信号平均次数,神经记录平均为10~30次、肌肉记录无需平均;信号分析时间为100 ms。

四、监测指标

根据手术部位选择不同的肌肉组接收复合肌肉动作电位反应,观察面部、肢体肌肉收缩活动情况,记录肌电图或外周神经动作电位。

五、麻醉要求

经颅刺激、皮质刺激,以及皮质下刺激运动诱发电位主张采用全凭静脉麻醉,选用氯胺酮、丙泊酚、依托咪酯等,可复合阿片类镇痛药。吸入麻醉药如异氟烷、七氟烷、地氟烷、笑气对其有较强的抑制作用,应用浓度不超过0.50 MAC,一般不推荐应用,禁用肌松药或应在严格四个成串刺激(TOF)肌松监测下应用。而刺激脊髓所产生的诱发电位受麻醉影响较小。TOF肌松监测仪:将TOF肌松监测仪固定于患者腕部和拇指近端,以一串四个刺激波的方式刺激尺神经(电流强度50 mA、波宽0.20 ms、频率2 Hz),术中维持TOF=4(T4/T1为0.25),并根据此值调整患者肌松药输注量及速度,以保证每例患者术中肌松程度基本一致。术中连续监测患者心电图(ECG)、平均动脉压(MAP)、脉搏血氧饱和度(SpO₂)、呼气末二氧化碳分压(PetCO₂)和呼气末吸入麻醉药浓度(ET_AA);维持呼吸循环相对稳定,脉搏血氧饱和度98%~100%,呼气末二氧化碳分压30~35 mm Hg(1 mm Hg=0.133 kPa)。

躯体感觉诱发电位

一、适应证

对脑功能区病变外科手术实施术中躯体感觉诱发电位监测的适应证包括:(1)术中监测感觉通

路的完整性。(2)监测经过脑干(如颅后窝手术)和大脑皮质的感觉神经通路的活性。(3)利用诱发电位的位相倒置确定中央沟,鉴别大脑半球功能区。躯体感觉诱发电位广泛用于动脉瘤、动-静脉畸形等脑血管病及幕上、幕下肿瘤的术中监测;也常用于脊柱如脊柱矫形、脊柱退行性疾病等的手术治疗。

二、报警标准

经典 50/10 法则:常用预警标准为波幅降低 50%或潜伏期延长 > 10%。

三、参数

1. 刺激参数 刺激部位,上肢腕部正中神经(腕横纹正中上 2 cm),或尺神经(尺侧腕屈肌腕横纹处),下肢内踝部胫后神经(内踝后 2 cm);刺激波为恒流单相脉冲;刺激强度 15~25 mA(下肢胫后神经刺激可适当增加);刺激间期 0.10~0.30 ms;刺激频率 2.10~4.70 Hz。

2. 记录参数 记录部位,上肢于锁骨上窝处 Erbs 点、颈₂₋₅(C₂₋₅)椎体水平放置颈部电极,头皮电极记录点为 C3'、C4',下肢为腓窝电极,腰部位于 T₁₂或 L₁水平,C₂₋₅椎体水平放置颈部电极和头皮电极 Cz;带通滤波范围 30~3000 Hz,至 50 或 60 Hz 时陷波滤波器关闭;重复信号平均次数 300~500 次;信号分析时间上肢为 50 ms、下肢 100 ms。

四、监测指标

术中躯体感觉诱发电位的变化,主要观察波幅和潜伏期变化。

五、麻醉要求

麻醉要求较高,静脉麻醉药对躯体感觉诱发电位影响较小,常用丙泊酚全凭静脉麻醉,剂量为 1.50~2.50 mg/(kg·min)。吸入麻醉药少用,可将单一使用的挥发性麻醉药如异氟烷的吸入浓度控制在 0.50~1.00 MAC,不加用笑气。

听觉诱发电位

一、脑干听觉诱发电位

1. 适应证 监测听神经和脑干功能,可用在脑桥小脑角手术及其他颅后窝手术中,如听神经瘤、斜坡肿瘤、三叉神经微血管减压术。后循环动脉瘤、动-静脉畸形等手术中经常联合脑干听觉诱发电位和躯体感觉诱发电位监测。

2. 报警标准 经典预警标准是第 V 波波幅下降 > 50%,潜伏期延长 > 0.80 ms。也有研究者将第

III 波作为耳蜗神经损伤的早期和敏感指标,但其特异性可能不高。

3. 参数 (1)刺激参数:刺激类型,刺激声音为宽带咔嗒音;刺激频率 5~12 次/min,常用 11.90 次减少伪差,为快速得到结果可使用 50 次/min;刺激极性(polarity)一般使用交替性咔嗒音,但对于严重高频听力丧失的患者,使用稀疏或压缩咔嗒音的效果较好;刺激强度(intensity)为 100 dB pe SPL(声压水平),60~70 dB HL(听力水平),非声音刺激侧为 60 dB pe SPL(30~35 dB HL)空白干扰音。(2)记录参数:记录部位共 3 个记录电极,即头顶阳性电极(Cz)、两侧乳突(M1、M2)或耳垂(A1、A2)阴性电极;系统带通为低通 10~30 Hz、高通 2500~3000 Hz;信号分析时间 10~15 ms;重复信号平均次数 1000~4000 次。

4. 监测指标 观察记录诱发电位变化。潜伏期延长、波幅降低具有重要意义。

5. 麻醉要求 很少受到吸入麻醉药的影响,除非在高剂量时。因此,麻醉方式可采用静脉麻醉药、吸入麻醉药、止痛药和肌松药。

二、耳蜗电图

在听神经瘤手术中当脑干听觉诱发电位难以鉴别时,耳蜗电图(ECochG)可以作为脑干听觉诱发电位监测的替代方法。耳蜗电图采用一个从骨膜插入到覆盖在中耳岬骨部软组织上的针电极进行记录,参考电极置于同侧乳突。N1 代表产生于听神经外侧部分的电活动,术末保留 N1 的电位可预测至少最低听力的保留。

三、听觉神经动作电位

听觉神经动作电位(NAP)由直接放在听神经上或脑干附近的电极记录(使用棉芯电极 wick electrode)。当记录电极置于内耳道附近时,代表产生于听神经外侧部分的电活动;当电极放在内侧脑干附近时,代表产生于内侧听神经和耳蜗神经核的电活动,可提供对听神经功能敏感的实时监测。

肌电图

一、适应证

通过记录肌电图的情况了解支配肌肉的神经功能状态,并可在术中有目的地刺激神经,以评价运动神经通路的完整性或在术野确定神经的位置。肌电图分为自由描记肌电图和激发肌电图。

理论上肌电图记录可以用于监测任何带有运动成分的神经,最常用于脑桥小脑角手术中监测面神经功能和微血管减压手术。也用于脊柱、脊髓手术及其他可能造成运动神经损伤的手术。

二、报警标准

自由描记肌电图出现任何形式的肌电反应都说明神经受到一定程度的激惹或损伤。单个爆发的肌肉收缩反应通常与直接的神经受激惹有关,连续爆发的肌肉收缩反应通常与持续牵拉、压迫有关,当手术中出现这两种肌肉收缩反应时,特别是后者时要及时查找原因。激发肌电图为直接刺激运动神经元轴突产生的肌电反应。

三、激发肌电图刺激参数

对脑功能区病变外科手术实施术中肌电图监测。(1)刺激方式:采用恒流刺激,刺激间期为 0.10~0.20 ms,刺激频率 1~6 Hz,正常神经刺激反应阈值 0.05~0.50 mA。(2)记录部位:导联设置在目标神经支配的肌肉,如术侧的眼轮匝肌和口轮匝肌等。

四、监测指标

肌群收缩反应、复合肌肉动作电位、自由描记肌电图。

五、麻醉要求

与运动诱发电位相同,禁用肌松药或应在严格的 TOF 肌松监测下应用。

六、半侧面肌痉挛微血管减压术

刺激面神经颞支或颧支的同时从颞肌记录肌电图,即可得到异常肌肉反应,也可在刺激下颌缘支的同时在眼轮匝肌记录肌电图。出现异常肌肉反应时,于面神经和责任血管之间置入绝缘片(teflon)之后即可消失。

1. 刺激参数 刺激波为方波脉冲;脉冲频率 1~2 Hz;刺激持续时间 100~150 μ s。

2. 刺激强度及阳性标准 刺激电极置于面神经颞支(外耳道与眼角连线的中点),用 5~10 Hz 的刺激频率,5 mA 的刺激强度,同时观察面肌的抽搐,这样可以确定刺激电极的位置是否合适。在所有电极放置好后,刺激强度可调低以确定激发异常肌肉反应的最低阈值,通常为 1.50 mA,也可能更低。在异常肌肉反应的监测过程中,以 1~2 Hz 的频率和高于阈值 20%~30% 的强度重复刺激可产生稳定的异常肌肉反应。如果第一次刺激开始时异常肌肉反应不存在,可增加刺激频率值至 50 Hz 并持续数秒,之后使用常规频率 1~5 Hz,可以激发异常肌肉

反应。若仍不能出现异常肌肉反应,可用 TOF 监测肌松水平。

3. 记录参数 记录采用两对针式电极分别插于眼轮匝肌和颞肌,滤波设置为 10~3000 Hz。

4. 注意事项 在确认异常肌肉反应消失之前,必须使用足够强度(5 mA)的电流刺激和足够高的刺激频率(50 Hz),之后可判断异常肌肉反应是否确实消失;如果异常肌肉反应在硬膜或蛛网膜切开时即完全消失,且通过应用短时间 50 Hz 的刺激不能重新激发异常肌肉反应,则责任血管往往是一个宽松的动脉襻;如果从面神经表面游离可疑血管并不能终止异常肌肉反应,则应继续探查面神经根部至脑干发出端。

脑神经监测(面神经、听神经、三叉神经、舌咽神经、副神经)

一、适应证

常用于幕下肿瘤及其他涉及到脑神经操作的监测,如较大的听神经瘤、颅底后外侧肿瘤及第 IX、X、XI 对脑神经神经鞘瘤,常累及后组脑神经。根据具体手术入路及手术部位选择监测。

二、参数

脑神经监测的刺激参数为恒流刺激/恒压刺激;刺激间期为 0.10~0.20 ms/0.20 ms;刺激频率为 1~6 Hz/5~10 Hz;正常神经刺激的反应阈值为 0.05~0.50 mA/0.05~0.20 V。

三、监测指标

自发或诱发的肌群收缩反应,或出现复合肌肉动作电位。

四、麻醉要求

除肌松药外,很少受到麻醉药的影响。因此术中禁用肌松药或应在严格的 TOF 肌松监测下应用。

五、面神经监测

利用肌电图监测面神经功能完整性。鉴别面神经与其他脑神经、组织或肿瘤间的关系;评价病灶切除后的面神经功能。记录导联设置在术侧的眼轮匝肌和口轮匝肌或额肌。病灶切除后,若在脑干端以 0.05~0.20 mA 刺激面神经得到诱发电位,则提示面神经功能保护良好。

六、听神经监测

脑干听觉诱发电位、耳蜗电图及直接从听神经记录的神经动作电位均可用于术中监测听神经功能(见前述)。

七、三叉神经监测

记录电极放在同侧咀嚼肌上,观察肌肉收缩并记录肌肉动作电位。在手术监测中,口轮匝肌和咬肌有时会出现相互干扰的情况,鉴别方法主要根据刺激神经后出现肌肉收缩的反应潜伏期决定,面神经反应潜伏期约为 7 ms,三叉神经一般 < 5 ms。

八、舌咽神经监测

持一对针电极插入手术侧的软腭上,间接记录颈突咽肌的肌电活动。

九、副神经监测

记录电极放在同侧斜方肌或胸锁乳突肌上。

闪光刺激视觉诱发电位

一、适应证

应用于鞍区手术、视神经管减压手术、枕叶皮

质区手术等,术中监测视网膜、视神经、视交叉、视束到视皮质的视觉通路完整性。

二、刺激器

一般采用发光二极管眼罩,红色高频闪光透过眼睑刺激患者眼睛。

三、记录

Fz 或 Cz(参考电极),Oz 或 O1、O2(记录电极)。滤波范围:低通(滤波器)为 5 Hz、高通(滤波器)为 500 Hz, P100;分析时间:200 ~ 500 ms;重复信号平均次数:100 ~ 500 次。

四、麻醉要求

吸入麻醉药对视觉诱发电位有影响,全凭静脉麻醉也并不能增加视觉诱发电位的稳定性。

(收稿日期:2012-10-23)

· 小词典 ·

中英文对照名词词汇(三)

快速自旋回波序列 turbo spin echo(TSE)

扩散张量成像 diffusion tensor imaging(DTI)

扩散张量纤维束成像 diffusion tensor tractography(DTT)

鳞状细胞癌抗原 squamous cell carcinoma antigen(SCCAg)

颅咽管瘤 craniopharyngioma(CP)

麻醉-唤醒-麻醉 anesthesia-awake-anesthesia(AAA)

脉搏血氧饱和度 pulse oxygen saturation(SpO₂)

梅毒螺旋体 treponema pallidum(TP)

每分静息通气量 minute ventilation(VE)

美国波士顿健康研究所

Boston Health Research Institute(BHRI)

美国国立综合癌症网络

National Comprehensive Cancer Network(NCCN)

美国麻醉医师协会

American Society of Anesthesiologists(ASA)

美国模式培养物集存库

American type culture collection(ATCC)

美国食品与药品管理局

Food and Drug Administration(FDA)

美国心脏协会 American Heart Association(AHA)

脑电双频指数 bispectral index(BIS)

脑电图 electroencephalogram(EEG)

脑干听觉诱发电位

brainstem auditory evoked potential(BAEP)

脑桥小脑角 cerebellar pontine angle(CPA)

脑深部电刺激术 deep brain stimulation(DBS)

脑血流量 cerebral blood flow(CBF)

脑组织氧分压 brain tissue oxygen pressure(PbrO₂)

尼莫司汀 nimustine(ACNU)

黏液瘤病毒 myxoma virus(MYXV)

欧洲癌症研究与治疗组织

European Organization for Research and Treatment of Cancer(EORTC)

皮质脑电图 electrocorticography(ECoG)

平均动脉压 mean arterial pressure(MAP)

前额叶皮质 prefrontal cortex(PFC)

情感职能 role-emotional(RE)

躯体感觉诱发电位 somatosensory evoked potential(SEP)

躯体疼痛 bodily pain(BP)

全凭静脉麻醉 total intravenous anesthesia(TIVA)

人类免疫缺陷病毒 human immunodeficiency virus(HIV)

人脂肪源性间充质干细胞

human adipose tissue-derived mesenchymal stem cells (hAT-MSCs)

日常生活活动能力 activities of daily living(ADL)

乳酸 lactic acid(Lac)

三叉神经痛 trigeminal neuralgia(TN)

三维快速小角度激励序列

three-dimensional fast low-angle shot(3D-FLASH)

上皮膜抗原 epithelial membrane antigen(EMA)

社会职能 social functioning(SF)

神经系统监测 intraoperative neuromonitoring(IONM)

神经元核抗原 neuronal nuclei(Neu-N)

神经元特异性烯醇化酶 neuron-specific enolase(NSE)