

· 基础研究 ·

颈脊髓急性压迫性损伤实验模型的神经电生理学分析

刘峰 朱海涛 范新成 靳明萍 杨丽

【摘要】目的 利用能够理想模拟脊髓受压的动物模型,分析脊髓在受压过程中的病理特点及神经电生理变化,研究脊髓损伤与神经功能异常的相关性。**方法** 选用新西兰大耳白兔 32 只,随机分为对照组、轻度压迫组、中度压迫组和重度压迫组,每组 8 只。轻度压迫组、中度压迫组和重度压迫组为实验组,分别选用直径为 1.0 mm、2.0 mm 和 3.0 mm 的球囊导入至 C₆₋₇ 平面,造成轻、中、重三种程度的脊髓压迫性损伤。记录不同时间的皮层体感诱发电位 (CSEP) 和运动诱发电位 (MEP) 波形,观察动物后肢运动功能;切取损伤节段的脊髓标本行组织病理学观察。**结果** 脊髓损伤的病理组织学改变、后肢的运动功能与诱发电位具有明显的相关性,神经元细胞损伤数目越多,白质纤维脱髓鞘越重,则 CSEP 的潜伏期延长和波幅降低越明显。动物脊髓压迫后,即刻进行诱发电位测试,中度压迫组 CSEP 波幅从 4.2 μ V 下降至 2.2 μ V,而 MEP 波幅则从 24.7 μ V 下降至 5.3 μ V,提示在监测脊髓运动功能时,MEP 比 CSEP 更加敏感。**结论** 选用带球囊的导管作为实验性动物颈脊髓急性压迫模型的压迫物,可使脊髓压迫实验模型简单化、标准化。在不完全脊髓损伤中,诱发电位的变化和病理损伤有明显的相关性。

【关键词】 皮层体感诱发电位; 运动诱发电位; 脊髓压迫; 动物模型

Experimental study of the neurophysiological features of the animal model of acute cervical spinal cord compression LIU Feng, ZHU Hai-tao, FAN Xin-cheng, JIN Ming-ping, YANG Li. Department of Orthopedic, Tai-an Central Hospital, Taian 271000, China

【Abstract】 Objective To study the characteristics of its pathologic and neurophysiologic changes of a animal model of cervical spinal cord compression, and to explore the relationship between the severity of spinal cord injury and its functions. **Methods** Thirty-two rabbits were divided into 4 groups randomly. A catheter was inserted into the vertebral canal and a balloon was inflated to compress spinal cord in epidural space. According to the diameter of balloon, the animals were divided into 4 groups (A, B, C, D group). Each group consisted of 8 rabbits. The cortical somatosensory evoked potential (CSEP) and motor evoked potential (MEP) were used to assess neurological function. Motor function behavior was scored before and on 1, 3, 7 and 14 days after surgery. Histological observations were performed, pathological changes were observed by light and electron microscope. **Results** Spinal cord compression resulted in a gradual increase of the peak latency and significant decrease of the peak amplitude. The latency and amplitude of MEP were changed more dramatically than those of CSEP. The result indicated that MEP was more sensitive than CSEP to the compression. Analysis also revealed that the severer the pathologic changes, the longer the latency and the lower the amplitude of the evoked potentials. **Conclusion** The animal model presented in this paper was simple and standardized. Evoked potentials as a noninvasive technique have great value in monitoring spinal cord function. The variance of amplitude and the latency in significantly correlate with the degree of compression of the spinal cord.

【Key words】 Cortical somatosensory evoked potential; Motor evoked potential; Spinal cord compression; Animal model

本实验通过建立兔急性压迫性颈髓损伤模型,研究颈脊髓损伤后的病理变化、临床神经功能与神经电生理学表现三者之间的关系,探索皮层体感诱发电位 (cortical somatosensory evoked potential, CSEP) 及运动诱发电位 (motor evoked potential, MEP) 对脊髓损伤时

神经功能的评价及监测作用。旨在建立可模拟实际损伤状态、具有高度可重复性的颈脊髓急性压迫动物模型,并以此进行神经电生理学分析,探讨脊髓损伤与神经功能异常的相关性。

材料与方法

一、实验动物及材料

8~12 周龄的新西兰大耳白兔 32 只,由山东大学

基金项目:泰安市科研立项项目 (No. 20074026)

作者单位:271000 泰安,泰安市中心医院骨一科

医学院实验动物中心提供,体重 2.0~2.5 kg,选健康、无神经功能障碍者作为实验对象。首先对兔颈椎标本进行解剖测量,测得兔颈 6 椎管、颈髓的矢状径分别为 (4.59 ± 0.21) mm 和 (4.02 ± 0.14) mm,颈髓在椎管内的矢状径缓冲空间为 (0.57 ± 0.04) mm(矢状径缓冲空间 = 椎管矢状径 - 相应阶段颈髓矢状径)。以此数据判断椎管狭窄率和脊髓压迫率。

选用球囊直径为 1.0、2.0 和 3.0 mm 的导管,非加压充气时导管直径为 0.5 mm。

二、动物分组及造模

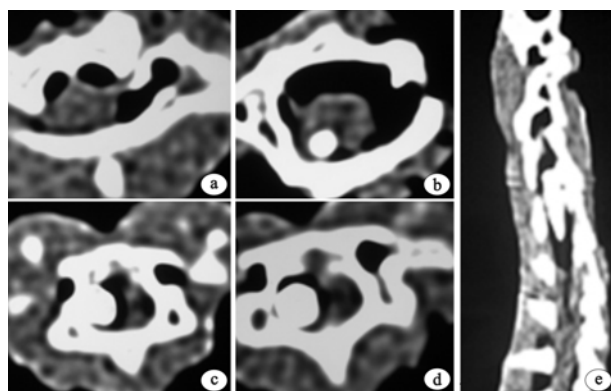
将实验动物分为对照组、轻度压迫组、中度压迫组和重度压迫组,每组 8 只。对照组仅置入导管;轻度压迫组、中度压迫组和重度压迫组为实验组,根据球囊型号,轻度压迫组置入球囊直径为 1.0 mm 的导管;中度压迫组置入球囊直径为 2.0 mm 的导管;重度压迫组置入球囊直径为 3.0 mm 的导管(表 1)。

采用 3% 戊巴比妥钠按 1 ml/kg 体重经耳缘静脉注射麻醉白兔。以 C_7 棘突为中心暴露 C_7/T_1 椎板间隙,按照分组导入不同规格的导管。缓慢进入至 $C_6\sim_7$ 平面,轻度压迫组、中度压迫组和重度压迫组导管注入泛影普胺造影剂,压力为 5 kPa,压迫时间为 30 min,造成轻、中、重三种程度的脊髓压迫损伤。CT 扫描可提供明确的影像资料(图 1)。操作结束后,各组动物随机各取 3 只,行损伤段脊髓病理学检查,余动物饲养观测。

表 1 各组球囊所致的椎管狭窄率和脊髓压迫率($n=8, \bar{x} \pm s$)

组别	球囊直径(mm)	椎管狭窄率(%)		脊髓压迫率(%)	
		C_6	C_7	C_6	C_7
对照组	0.5	10.89 ± 1.12	10.82 ± 1.14	—	—
轻度压迫组	1.0	21.79 ± 1.23	21.65 ± 1.42	10.70 ± 1.07	11.70 ± 1.12
中度压迫组	2.0	43.57 ± 1.69	43.29 ± 1.72	35.57 ± 1.52	36.10 ± 1.49
重度压迫组	3.0	54.47 ± 2.12	54.11 ± 1.98	60.45 ± 1.92	60.49 ± 2.07

注:椎管狭窄率(%) = 球囊直径/椎管矢状径 $\times 100\%$;脊髓压迫率(%) = (球囊直径 - 矢状径缓冲空间)/脊髓矢状径 $\times 100\%$



a. 对照组; b. 轻度压迫组; c. 中度压迫组; d. 重度压迫组; e. 球囊在椎管内(CT正中矢状位片)

图 1 白兔经不同程度压迫后的 CT 表现

三、CSEP 的检测

采用美国 Axon System 公司产 Epoch Lite 3.5 型肌电图诱发电位仪。将针式刺激电极分别插入兔左、右侧后肢跟腱内后方,针式记录电极(黑)插入颅顶两耳连线中点,参考电极(红)安放于额部皮下。以电压脉冲方式刺激胫后神经,刺激频率为 2 Hz,时段为 0.2 ms,强度为 1~5 mA,以后肢轻微抖动为宜,平均刺激 100~200 次。

四、经颅磁刺激 MEP 的检测

刺激电极采用直径为 90 mm 的圆形扁线圈,峰磁场强度为 2 T,根据动物对刺激的反应调整线圈位置以达最佳效果。记录电极置于动物右侧后肢腓肠肌,记录复合肌肉动作电位,参考电极位于其下方的跟腱附近。分析时间为 40 ms,滤波带通为 2 Hz~5 kHz,结果重复 3 次,以潜伏期短、波幅高者为准。

分别记录加压前、压迫后即刻、手术后第 3 天、手术后第 7 天、手术后第 2 周的 CSEP 波形和 MEP 波形,分析潜伏期和峰波幅。诱发电位的电生理检测数据均在动物麻醉后采集。

五、术后动物运动功能的评估

测定倾斜平面临界角:采用改良 Rivlin 法^[1],以免能够在斜坡上停留 5 s 而不滑下的最大角度为评价标准,重复 3 次取平均值。

六、脊髓标本的组织病理学切片观察

采用空气栓塞法处死动物,切取以损伤节段为中心,长约 0.3 cm 的脊髓标本,放入 10% 福尔马林液中固定,石蜡包埋,HE 染色,Leica DMLA 型光学显微镜下观察神经元的形态以及神经纤维、胶质细胞和血管的病理改变,并应用相应软件采集图像。

七、脊髓标本的电镜观察

采用空气栓塞法处死动物,在损伤节段切取标本,进行相应处理后用 JEM-1200EX 型电子显微镜观察。

八、统计学分析

应用 SPSS12.0 版统计学软件,定量资料以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示,组间比较采用单因素方差分析,进行多个均数间的比较;组间比较采用 Q 检验(Newman-Keuls Test)进行分析。

结 果

一、各组 CSEP 和 MEP 检测值比较

各组 CSEP、MEP 诸时间段检测值见表 2 和 3。各组间压迫前潜伏期和波幅比较,差异无统计学意义($P > 0.05$);轻度压迫组术后第 3 天与对照组比较,潜伏期和波幅差异均有统计学意义($P < 0.01$),术后第 7 天和第 2 周与对照组比较,潜伏期和波幅差异均无统计学意义($P > 0.05$);中、重度压迫组与对照组压迫后

表 2 脊髓球囊压迫损伤前、后各组 CSEP 潜伏期和波幅的变化 ($\bar{x} \pm s$)

组 别	n	压迫前		压迫后即刻		术后第 3 天		术后第 7 天		术后第 2 周	
		潜伏期(ms)	波幅(μ V)	潜伏期(ms)	波幅(μ V)	潜伏期(ms)	波幅(μ V)	潜伏期(ms)	波幅(μ V)	潜伏期(ms)	波幅(μ V)
对照组	5	11.2 $\pm$ 1.4	4.3 $\pm$ 0.4	11.5 $\pm$ 1.7	4.2 $\pm$ 0.7	12.2 $\pm$ 1.4	4.2 $\pm$ 0.3	11.4 $\pm$ 1.5	4.2 $\pm$ 0.6	11.5 $\pm$ 1.8	4.3 $\pm$ 0.3
轻度压迫组	5	12.0 $\pm$ 1.6	4.1 $\pm$ 0.6	15.2 $\pm$ 2.2	3.5 $\pm$ 0.5	15.6 $\pm$ 1.4 ^a	3.6 $\pm$ 0.4 ^a	12.4 $\pm$ 2.4	4.0 $\pm$ 0.7	12.5 $\pm$ 1.8	4.2 $\pm$ 0.5
中度压迫组	5	11.7 $\pm$ 1.7	4.2 $\pm$ 0.7	17.5 $\pm$ 1.6 ^a	2.2 $\pm$ 0.6 ^a	17.6 $\pm$ 1.3 ^a	2.4 $\pm$ 0.4 ^a	15.4 $\pm$ 1.7 ^a	3.5 $\pm$ 0.6 ^a	14.5 $\pm$ 1.9 ^a	3.5 $\pm$ 0.8 ^a
重度压迫组	5	12.1 $\pm$ 2.0	4.2 $\pm$ 0.6	—	—	19.6 $\pm$ 1.2 ^a	1.3 $\pm$ 0.4 ^a	19.4 $\pm$ 2.1 ^a	1.4 $\pm$ 0.8 ^a	18.8 $\pm$ 1.8 ^a	1.9 $\pm$ 0.7 ^a

注:与对照组相应指标比较,^a $P < 0.01$

表 3 脊髓球囊压迫损伤前、后各组 MEP 潜伏期和波幅的变化 ($\bar{x} \pm s$)

组 别	n	压迫前		压迫后即刻		术后第 3 天		术后第 7 天		术后第 2 周	
		潜伏期(ms)	波幅(μ V)	潜伏期(ms)	波幅(μ V)	潜伏期(ms)	波幅(μ V)	潜伏期(ms)	波幅(μ V)	潜伏期(ms)	波幅(μ V)
对照组	5	9.3 $\pm$ 1.5	24.6 $\pm$ 2.4	9.2 $\pm$ 2.1	24.1 $\pm$ 2.7	9.8 $\pm$ 1.7	25.4 $\pm$ 2.4	9.5 $\pm$ 1.5	24.8 $\pm$ 2.6	9.9 $\pm$ 1.9	24.2 $\pm$ 2.3
轻度压迫组	5	9.1 $\pm$ 1.7	25.7 $\pm$ 2.6	13.5 $\pm$ 2.2	17.4 $\pm$ 2.5	13.4 $\pm$ 1.5 ^a	16.6 $\pm$ 2.3 ^a	10.4 $\pm$ 2.4	23.8 $\pm$ 2.4	9.5 $\pm$ 1.5	24.1 $\pm$ 2.4
中度压迫组	5	9.7 $\pm$ 1.9	24.7 $\pm$ 2.7	18.8 $\pm$ 1.7 ^a	5.3 $\pm$ 1.2 ^a	18.0 $\pm$ 1.7 ^a	5.4 $\pm$ 0.9 ^a	15.6 $\pm$ 1.9 ^a	8.5 $\pm$ 1.6 ^a	16.2 $\pm$ 2.0 ^a	9.5 $\pm$ 1.8 ^a
重度压迫组	5	9.2 $\pm$ 2.0	24.1 $\pm$ 2.8	—	—	24.7 $\pm$ 2.7 ^a	3.3 $\pm$ 0.4 ^a	23.7 $\pm$ 2.8 ^a	3.4 $\pm$ 0.7 ^a	23.8 $\pm$ 1.8 ^a	4.9 $\pm$ 0.8 ^a

注:与对照组相应指标比较,^a $P < 0.01$

诸时间段潜伏期、波幅之间进行方差分析,差异均有统计学意义($P < 0.01$)。

二、手术前、后动物后肢运动功能比较

对照组兔斜板试验平均临界角为(73.2 ± 1.9)°。各实验组在伤后 1~3 d 临界角最低,随着时间的推移逐渐恢复,轻度压迫组恢复最快,1 周完全恢复;中度压迫组恢复较慢,且在观察期内未能完全恢复,2 周后在功能上遗留一定的缺陷;重度压迫组损伤最重,部分动物发生截瘫,2 周后功能恢复很差,肌力 1~2 级,大多数有感觉存在,对针刺有保护反应。3 个实验组损伤后 2 周神经功能评分经组间方差分析,差异有统计学意义($P < 0.01$)。组内各动物之间功能也存在个体差异,肌力相差 1 级左右。

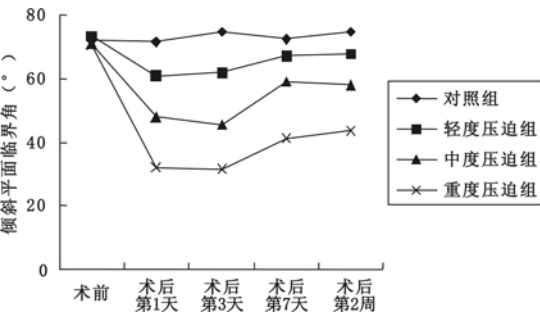


图 2 各组动物脊髓损伤后倾斜平面临界角变化图

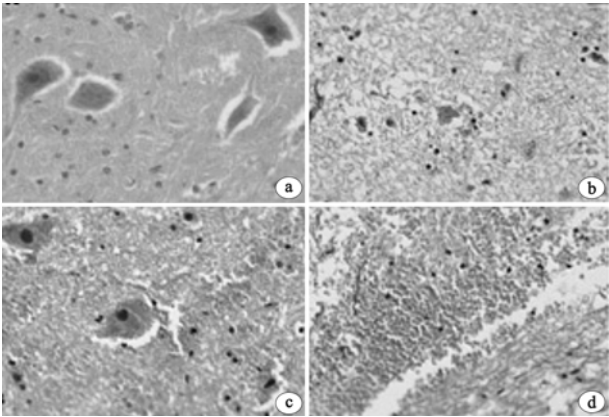
三、组织病理学切片观察

对照组光镜下未见明显出血、水肿等;电镜下见神经纤维髓鞘板层致密,轴索结构正常,神经元细胞核染色质均匀清晰。轻度压迫组光镜下脊髓结构基本正常,灰质中央管周围少量灶性出血,灰白质轻度水肿;电镜下见神经纤维髓鞘板层轻度紊乱,轴索与髓鞘间隙轻度增大,轴索结构基本正常,微血管内红细胞聚集,神经元细胞核染色质仍较均匀清晰。中度压迫组光镜下灰质内有较多灶性出血,灰白质水肿;电镜下见

神经纤维髓鞘板层散乱,分层加重,轴索与髓鞘间隙因水肿而增大,轴索结构破坏,神经元细胞核染色质边集。重度压迫组光镜下灰质内有大面积出血灶,灰白质水肿;电镜下见神经纤维髓鞘板层散乱分层,轴索结构破坏,残存神经元内粗面内质网扩张,胞核染色质边集、淡染。见图 3,4。

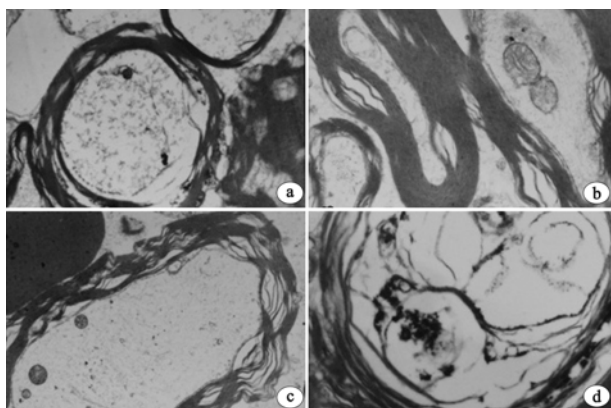
讨 论

对急性、亚急性、慢性脊髓压迫模型的研究已经较广泛和深入^[2,3]。理想的压迫性脊髓损伤动物模型应具备再现性好、重复性好的特点,可自由控制压迫力度和压迫时间,且操作简单。对于制作脊髓急性压迫模型的致压方法多采用气囊、重物冲击、牵拉等^[4-6]。本研究选用水囊作压迫物,因其柔软、不易刺伤脊髓,不会造成急性瞬间暴力损伤,有利于研究脊髓损害与椎管容积变化的关系,可重复的准确性提高;且只需稍微



注:a. 对照组,术后灰质与白质结构清晰,未见出血、水肿及坏死;b. 轻度压迫组,见灰质轻度水肿,髓内有少量灶性出血,脊髓结构基本正常;c. 中度压迫组,髓内有较多的出血灶,神经元细胞周围水肿,核仁淡染;d. 重度压迫组,髓内弥漫性出血灶,神经元细胞水肿,结构紊乱

图 3 损伤节段脊髓的光镜观察(HE 染色, $\times 200$)



注:a. 对照组,鞘内纤维清晰可见,圆点是线粒体($\times 7500$);b. 轻度压迫组,出现轻度脱髓鞘($\times 20000$);c. 中度压迫组,可见中度的脱髓鞘现象($\times 10000$);d. 重度压迫组,髓鞘内轴索纤维重度破坏($\times 7500$)

图4 损伤节段脊髓的电镜观察

暴露椎板间隙,用硬膜外穿刺针做一进入通道,即可顺行置入球囊,降低了手术操作难度,使脊髓压迫实验模型大大简化。另外,我们在选用不同型号球囊之前,首先对兔的颈椎管作了细致的解剖学研究,为兔颈椎实验提供了资料。以前的球囊压迫实验大多是渐进性注入造影剂,再拍X线片来判断压迫球囊与椎管的截面积比,计算椎管狭窄率。本研究在实验前就可较准确地选择不同型号的球囊,不但提高了颈髓压迫的准确性,而且使实验更简单化、标准化。

动物实验证明,脊髓损伤的基本病理变化过程是损伤部位的脊髓灰质持续性缺血改变,导致创伤性脊髓微循环衰竭,使脊髓液化坏死。在大鼠脊髓腹侧急性压迫性模型的组织学检查中发现,脊髓的病理改变随伤后时间延长明显加重,伤后30 min脊髓中央管周围和灰白质交界处出血,脊髓腹侧可见血管扭曲;1 h出血成片状,灰质中神经元皱缩,尼氏小体浓聚,胞浆内可见空泡形成;4 h出血更加严重,白质中神经纤维明显肿胀;24 h损伤最严重,神经元几乎全部消失^[7]。颈脊髓慢性受压后,灰质主要表现为神经元萎缩,晚期出现神经元脱失,白质损害以脱髓鞘改变为主^[8]。但蔡依林等^[9]发现,白质内除脱髓鞘损害以外,同时存在比较明显的轴索变性,慢性压迫所致的脊髓病理变化是一个从可逆性损害到不可逆损害的过程,这对脊髓损伤的治疗和预后评价有指导作用^[10]。

本实验研究结果显示,轻度压迫组病变为灰质内少量出血、轻度水肿,神经元的数量及形态结构无明显改变。压迫解除后各时间段诱发电位的检测数据显示,CSEP和MEP的波幅及潜伏期都有不同程度改变,但术后第7天左右基本复原,且其脊髓神经电生理的变化与动物后肢功能测试所反映的临床神经功能变化一致。中度压迫组脊髓内出血灶明显增多,病变神经

元部分变性,白质水肿,少数神经元固缩坏死。术后即刻检测到的CSEP潜伏期是术前的1.4倍,波幅降为术前的51%;MEP潜伏期延长为术前的2倍,波幅降为术前的21%。术后第7天,诱发电位的波幅和潜伏期有所恢复,2周后仍未完全复原,动物的后肢评分降低近1级。重度压迫组脊髓从灰质中央管开始弥漫性出血坏死并波及白质,毛细血管内外有出血;神经元损伤严重,核膜水肿,异染色质边集,出现凋亡细胞,细胞器模糊不清,不易辨认;髓鞘内轴索纤维重度破坏。CSEP和MEP在压迫结束即刻的测试数据显示,波形模糊或消失,不能辨认;其后肢也处于完全瘫痪状态,术后第7天和第2周的诱发电位检测出波形,但CSEP潜伏期是术前的1.5倍,波幅降为术前的44%;MEP潜伏期是术前的2.6倍,波幅降为术前的20%;后肢肌力也仅是2级。

实验结果还显示:对照组无脊髓损伤,CSEP、MEP检测结果正常,在脊髓受到轻、中度压迫时,则出现潜伏期延长、波幅降低,在脊髓受到重度压迫时,潜伏期明显延长、波幅显著降低,波形变异、模糊甚至不能辨认。利用直线相关分析检验伤后1 h的CSEP和MEP的潜伏期和波幅与脊髓损伤程度的相关性,结果证明二者有良好的相关性($P < 0.05$)。所以我们认为通过诱发电位检查,可较准确地判断脊髓损伤的程度,对于不完全性脊髓损伤,CSEP和MEP的潜伏期越长,波幅越低,损伤就越严重。

对于诱发电位潜伏期和波幅在评价脊髓损伤中的敏感性,Brown等^[11]和Laschinger等^[12]认为,急性损伤时,波幅变化比潜伏期更加敏感,能更及时、准确地提示脊髓损伤。特别是在MEP的检测中,本实验的中度压迫组波幅从 $24.7 \mu V$ 下降为 $5.3 \mu V$ 时,潜伏期只延长了1倍。其理论基础可能为脊髓损伤的急性期病理改变以灰、白质的出血、坏死为主,髓鞘对缺血的耐受性强于胞体,而残存轴索还未来得及完成脱髓鞘等退行性病理变化过程,因此神经冲动仍能以近似正常的速度向远端传递。残存轴索数量越少,神经传导功能的下降越明显^[13]。但因为髓鞘的耐受性较强,损伤程度轻于神经元细胞,病理学观察也证实脊髓损伤后灰质首先出现出血、水肿,灰质损伤重于白质,因此髓鞘的恢复速度早于胞体,潜伏期的恢复快于波幅。

对于CSEP和MEP在评价脊髓损伤的敏感性方面,Mustain等^[14]认为,MEP比SEP更加敏感和可靠。CSEP和MEP分别反映脊髓薄束、楔束和锥体束的传导功能,薄束、楔束位于脊髓后索,而锥体束位于脊髓前索和前外侧索,二者血供来源不同,这正是用CSEP监测肢体运动时出现假阴性结果的解剖学基础。我们在实验中也发现,动物脊髓受到压迫后,即刻诱发电位

测试结果显示,中度压迫组 CSEP 的波幅从 4.2 μV 下降为 2.2 μV ,而 MEP 波幅则从 24.7 μV 下降为 5.3 μV ,这也进一步提示在监测脊髓运动功能时,MEP 比 CSEP 更加敏感。也有研究表明,SEP 在脊髓型颈椎病的检测中对脊髓损伤的评估及定位不够精确^[15]。因此,全面而准确地监测脊髓功能,特别是脊髓运动功能时,应尽量同时使用 CSEP 和 MEP 两种检测方法,提高诱发电位监测的准确性。由于运动传导束较感觉传导束对损伤刺激更为敏感,且损伤程度往往更重,因此 SEP 的恢复常早于 MEP。

参 考 文 献

[1] Rivlin AS, Tator CH. Effect of duration of acute spinal cord compression in a new acute injury cord model in the cat. *Surg Neural*, 1978, 10:38-43.

[2] Takahashi N, Yabuki S, Aoki Y, et al. Pathomechanisms of nerve root injury caused by disc herniation; an experimental study of mechanical compression and chemical irritation. *Spine*, 2003, 28:435-441.

[3] 过邦辅, 汤华丰, 陆宸照, 等. 实验性外伤性截瘫的研究. 第一部分: 脊髓腹侧撞击器及实验方法. *中华骨科杂志*, 1984, 4:50-53.

[4] 何海龙, 贾连顺, 李家顺, 等. 颈脊髓模型压迫症实验模型的初步研究. *颈腰痛杂志*, 2002, 23:96-99.

[5] Pinazo Seron MJ, Benet i Catala A, Ferrer i Santaularia J, et al. Spinal cord compression caused by metastasis of soft tissue hepatocarcinoma. *An Med Interna*, 1999, 16:587-589.

[6] Cornefjord M, Sato K, Olmarker K, et al. A model for chronic nerve root compression studies. Presentation of a porcine model for controlled, slow-onset compression with analyses of anatomic aspects, compression onset rate, and morphologic and neurophysiologic effects. *Spine*, 1997, 22:946-957.

[7] 张秋林, 赵定麟, 邱广义. 大鼠脊髓腹侧压迫损伤模型的研制. *中国矫形外科杂志*, 1999, 11:833-836.

[8] Fujiwara K, Yonenobu K, Hiroshima K, et al. Morphometry of the cervical spinal cord and its relation to pathology in cases with compressive myelopathy. *Spine*, 1988, 13:1212-1216.

[9] 蔡依林, 黄云钟, 杨文, 等. 慢性压迫性颈脊髓病超微病理变化的实验研究. *中国脊柱脊髓杂志*, 1996, 6:254-257.

[10] Fukui K, Kataoka O, Sho T, et al. Pathomechanism, pathogenesis and results of treatment in cervical spondylotic myelopathy caused by dynamic stenosis. *Spine*, 1990, 15:1148-1152.

[11] Brown RH, Nash CL Jr, Berlin JA, et al. Cortical evoked potential monitoring; a system for intraoperative monitoring of spinal cord function. *Spine*, 1984, 9:256-258.

[12] Laschinger JC, Jzimoto H, Kouckoukos NT. Evolving concepts in prevention of spinal cord injury during operations on the descending thoracic and thoracoabdominal aorta. *Ann Thoracic Surg*, 1987, 44:667-674.

[13] 余科伟, 李家顺, 戎伟芳, 等. 大鼠脊髓损伤后运动诱发电位的变化及与病理改变之比较. *中国临床神经外科杂志*, 2001, 6:170-172.

[14] Mustain W, Kending R. Dissociation of neurogenic motor and somatosensory evoked potentials. A case report. *Spine*, 1991, 16:851-853.

[15] 刘峰, 张佐伦, 孙建民, 等. 皮层体感诱发电位对脊髓型颈椎病脊髓功能及预后的评价. *中华物理医学与康复杂志*, 2005, 27:673-676.

(收稿日期:2008-01-18)
(本文编辑:吴 倩)

· 个案报道 ·

超短波辅助治疗乳糜样胸腔积液术后急性肾衰竭无尿 1 例

李忠

一、病例介绍
患者,男,35 岁,2007 年 8 月 31 日因咳嗽与咽痛 1 个月、胸闷 20 d 入院。入院前 1 个月无明显诱因出现咳嗽,为干咳,伴咽痛,无发热盗汗,当时未行任何治疗,入院前 20 d 患者渐觉胸闷,伴活动后气促,遂到某医院就诊,诊断为左侧乳糜样胸腔积液,予以胸穿抽液、禁食、静脉营养等治疗。患者症状改善不明显,行胸腔 B 超检查显示左侧胸腔大量积液,以左侧胸腔积液收治。于 2007 年 9 月 5 日行胸导管结扎术,术后患者无尿 10 余日,诊断为术后并发症急性肾衰竭(acute renal

failure, ARF),经腹膜透析和药物治疗 1 周仍无尿,转来康复医学科治疗。治疗方法:采用上海 CDB-1 型超短波电疗机,输出最大功率 200 W,频率 40.68 MHz,波长 7.3 m,电极面积 27 cm $\times$ 18.5 cm,皮肤间隙 2~3 cm,两肾区并置,微热量,每日 1 次,每次 20 min,共 15 次,超短波治疗期间加用药物保肾治疗,控制饮水量。
二、结果
经超短波治疗 1 周后,患者尿量显著增加,尿量详见表 1,治疗前、后肾功能检查详见表 2。

表 1 超短波治疗期间尿量(ml/d)

时间 (d)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
尿量 (ml)	180	150	230	200	400	550	450	700	880	1000	650	1350	1370	950	1000	1250	1100	1250	1300

作者单位:430022 武汉,华中科技大学同济医学院附属协和医院康复医学科