

实验研究

外固定器牵拉腰椎对马尾诱发电位及功能的影响

西安医科大学第二附属医院 (710004)

贺西京 陈君长 李 辉 赵龙柱 常浩胜 李国庆 李浩鹏 史明启 杨 哲

摘要 为研究马尾神经对牵拉损伤的耐受极限及其在不同强度损伤下的变化过程,作者设计了动物马尾神经牵拉损伤的模型。手术将家犬 L_{3,4} 椎骨间连接的韧带及椎间盘彻底松解,并在 L₂、L₃、L₄ 及 L₅ 椎体中各穿针一枚,连接外固定器。用外固定器撑大 L_{3,4} 椎骨间隙,于不同的牵拉强度和时间内,检测动物马尾诱发电位、下肢疼痛反射和肌力。实验发现,急性 2cm 牵拉损伤可引起马尾诱发电位波形降低和畸变;立即去除牵拉损伤力,马尾诱发电位波形迅速恢复正常,次日动物肌力和疼痛反射恢复正常。但持久的 2cm 牵拉损伤,则造成持续的马尾诱发电位降低、畸变和运动、痛觉障碍。将牵拉损伤长度增加到 3cm、4cm,则见到马尾诱发电位波形进一步降低、畸变,最后消失。由此可见椎骨间分离移位,可造成椎管内神经根牵拉损伤,使马尾诱发电位波幅降低或消失,并产生运动、痛觉障碍。轻度牵拉损伤引起的神经功能障碍是可以恢复的。但严重的牵拉损伤则引起不可逆转的神经功能障碍或丧失。

关键词 马尾诱发电位 外固定器 腰椎

The SEP and Functional Changes of Cauda Equina Effected by External Fixator Traction in Lumbar Area
The Second Teaching Hospital of Xi'an Medical University (710004) He Xijing, Chen Junchang, Li Hui, et al

In order to study the endurance and the changing process of cauda equina under tractive trauma, the animal model of tractive trauma was designed. The ligament and disc between the 3rd and 4th lumbar vertebra were loosened or incised. At same time, the nails 4mm in diameter were drilled into L₂, L₃, L₄, L₅ vertebral body respectively and the other ends of nails were fixed with the external fixator. The gap between L₃ and L₄ was enlarged by external fixator traction. In different length and duration of traction, the CESEP and the pain reflex and muscular power of the posterior limbs were examined. The experimental results were shown as follows: (1) Acute traction 2cm in length can lower the amplitude of CESEP; as the traction was removed immediately, the lowered amplitude of CESEP was recovered very quickly, and on the next day, the pain reflex and muscular power were recovered; (2) The 2cm continuous traction resulted in permanent low of CESEP and disability of movement and pain; (3) As the length of traction was increased to 3cm and 4cm, the amplitude and form of CESEP became more abnormal, and at last it vanished. The results showed that separated displacement of the lumbar vertebrae can result in the tractive trauma of cauda equina and thus the amplitude of CESEP is lowered or vanished and the pain reflex and muscular power is abnormal. As the tractive trauma is light, the nerve function can be recovered after removing tracting force; as the tractive trauma is serious, the disability of nerve function will be irreversible.

Key words CESEP External fixator Lumbar vertebra

椎管内神经在骨性椎管的保护下;不易直接受到损伤,但与外周神经相比较,椎管内神经对机械性损伤的耐受性要小得多^[1],表现出

对机械性损伤更敏感。椎管内神经根除可受压迫性损伤外,也可能受到牵拉性损伤。脊柱畸形矫正术中,或在过伸型脊柱损伤中,均可能

造成脊髓及神经根的牵拉损伤。为了进一步研究牵拉损伤对椎管内神经根功能的影响,我们应用脊髓诱发电位监测及痛觉反射进行了动物实验研究。

材料与方法

选成年家犬 6 只,雌雄不限,平均体重 15kg/只。用 2.5% 硫喷妥钠静脉滴注麻醉,取俯卧位,固定四肢,背部剪毛。在 L_1 至 L_6 右侧做纵行切口,达肌层后将竖脊肌向后推,腰大肌向前推,在二者之间分离,首先显露腰椎横突,做骨膜下钝性分离显露椎体右侧面,在 L_2 、 L_3 、 L_4 及 L_5 椎体右侧面中部经皮横行水平钻入 4.0mm 骨圆针各一枚,骨圆针从对侧皮肤穿出。4 枚骨圆针相互平行并与脊柱纵轴垂直。在 L_3 、 L_4 椎体间用咬骨钳咬除部分关节突及椎板,显露脊髓,切除 L_3 、 L_4 椎间盘,彻底松解 L_3 、 L_4 椎骨间之联接。用两个单侧外固定器在脊柱两侧将骨圆针固定;外固定器中部是可延长的螺旋杆,正对 L_3 、 L_4 椎间隙。动物术后静滴先锋霉素 V 3g/日。术后 1 周,动物行动平稳,针刺股后部,逃避反射迅速。

用丹麦产 DISA2000 型肌电诱发电位仪在屏蔽室内进行检测,室温维持在 22~24℃。动物静脉麻醉后,保持肛温 37~38℃,呼吸 22~35 次/分,心率 140~180 次/分。用双极表面电极经皮刺激,负极朝向近心端,两极相距 3cm,频率 3 次/秒,波宽 0.2ms,刺激部位在后肢外踝近端,刺激强度以足趾出现轻度抽动为度。不锈钢电极记录,上端插入 $T_{11,12}$ 棘间韧带内,深约 2.5cm,下端插入 $L_{5,6}$ 棘间韧带内。参考电极置对侧髂前上棘皮下。带通范围均为 20Hz 到 2kHz,迭加 5000~10000 次,分析时间 50ms,输入阻抗小于 5kΩ。

椎管内神经根受牵拉之前记录动物正常 CESEP (马尾诱发电位) 后,以 L_3 、 L_4 椎间隙为中心向两侧撑开外固定器,造成 L_3 、 L_4 椎间隙 2cm 的牵拉损伤,再次记录 CESEP,然后将外固定器拧回撑开前的状态,彻底去除牵拉损伤力,10 分钟后再次记录 CESEP。每一例动物重复上述实验 3 次。

上述实验完成后将动物随机分成两组, A 组 4 只动物,被彻底放松外固定器,完全去除牵拉损伤力; B 组 2 只动物,仍然保持外固定器撑开状态。次日开始连续观察动物步态及针刺股后内侧时的逃避反射。10 天后全麻下将 A 组 4 只动物外固定器再次撑开,在撑开 2、3 及 4cm 处分别检测 CESEP,保持撑开 4cm 状态 10 分钟后,放松外固定器,再次记录 CESEP。术后每天观察后肢肌力及针刺股后外侧的逃避反射,连续 10 天。

结 果

动物椎管内神经根牵拉之前所测家犬正常 CESEP 是由一个阳性波为主的四项波组成,即 $P_1-P_2-N_1-P_3$ (图 1a)。用外固定器撑开 L_3 、 L_4 椎间隙造成 L_3 、 L_4 椎间椎管内神经根 2cm 的牵拉损伤,此时记录动物 CESEP,见波形振幅降低,以 P_2 波和 N_1 波降低最明显, P_2 波幅可降至原

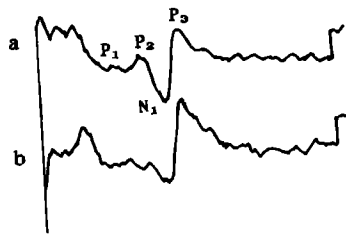


图 1. a. 正常 CESEP; b. 椎骨间牵拉开 2cm 时, P_2 波明显降低。

波幅的 50%, N_1 波峰变宽畸形 (图 1b)。家犬椎管内神经根对 2cm 的牵拉损伤表现出的神经功能障碍是可复性的。放松撑长的螺旋杆,再次记录 CESEP,其波形完全恢复至正常 (图 2)。再次撑长外固定器螺旋杆 2cm,记录 CESEP,如此反复 3 次,结果见表,秩和检验 P_2 波幅在放松和撑开外固定器时有高度显著性差异。

诱发电位检查后, A 组 4 只动物被完全放松外固定器,去除牵拉损伤力。次日动物均能自己站起,但步态不稳,针刺股后部逃避反射存在。3 日后动物步态恢复正常。B 组动物保持外固定器在撑长 2cm 状态,次日动物不能站起,针刺股后部无逃避反射,5 天后动物后肢对针刺有逃避反射,10 日后能站起但行走不稳。



图 2. a. 为正常 CESEP; b. 为立即放开 2cm 的牵拉后的 CESEP, P₂ 波重新恢复高度。

表 动物马尾神经牵拉前后 CESEP 变化

记录号	P ₂ 波幅		差数	秩次
	放松	牵开		
1	1.68	0.84	1.20	7
2	1.59	0.81	0.78	13
3	1.70	0.86	0.84	11
4	2.54	1.21	1.33	4
5	2.37	1.06	1.31	5.5
6	2.31	0.98	1.31	5.5
7	1.95	0.54	1.41	2.5
8	1.92	0.51	1.41	2.5
9	1.86	0.44	1.42	1
10	1.43	0.60	0.83	13
11	1.51	0.60	0.91	9
12	1.41	0.71	0.70	17.5
13	1.62	0.83	0.79	12
14	1.74	0.84	0.90	10
15	1.63	0.90	0.73	15
16	1.74	0.78	0.96	8
17	1.40	0.69	0.71	16
18	1.51	0.81	0.70	17.5
			0	85

($T = 0 < T_{(0.005)} = 27 \quad P < 0.005$)

A 组动物在第一次牵拉实验 10 天后,全麻下再次用外固定器造成 L_{3,4}处椎管内神经根牵拉损伤,牵拉至 2cm、3cm 及 4cm 时,所测的 CESEP 见波幅随牵拉损伤强度的增加,逐渐降低直至消失。10 分钟后放松外固定器,彻底去除牵拉损伤力,重新记录 CESEP,仅见杂乱的纤颤波(图 3)。术后 10 天动物一直未能站起,针刺股后部,无逃避反射恢复。

讨 论

椎管内神经根受牵拉后可引起下肢运动及感觉功能障碍。应用脊髓诱发电位证明电位的波幅随牵拉损伤加重而逐渐减小, P₂ 波幅降低最先出现,而且最明显。Albanese 等^[2],报告一组病例,在脊柱畸形手术矫正后,术中有半数的病例立即出现 CESEP 的 P₁、P₂ 波幅减小,但

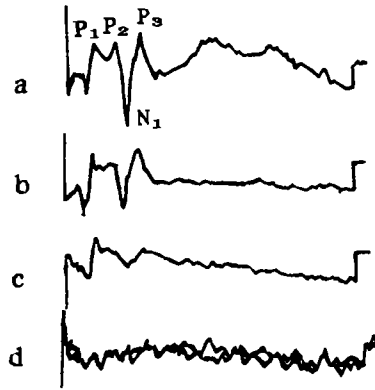


图 3. a. 家犬正常 CESEP; b. 椎骨间牵开 2cm, P₂ 波明显降低; c. 椎骨间牵开 3cm, P₂-N₁-P₃ 明显降低; d. 椎骨间牵开 4cm, 波形变成杂乱的震颤波, 完全放开牵拉 CESEP 无恢复。

可逐渐恢复正常。A 组动物的实验结果与 Albanese 的报告有些相似,即马尾受到较轻的牵拉损伤后出现相应的功能障碍,但以后逐渐恢复,反映出这种程度的牵拉损伤并没有造成神经根的器质性损害。另外,动物椎管内神经根受严重牵拉损伤后,CESEP 波形消失,即使完全去除牵拉损伤后,动物 CESEP 也不见恢复,动物清醒后一直表现明显的神经功能障碍,说明此时牵拉损伤已造成神经根不可逆的器质性损害。B 组动物虽牵拉损伤较轻,但因长时间的持续牵拉损伤引起部分神经纤维的持续缺血及坏死,使神经功能障碍难完全恢复。

神经根对压迫性损伤有类似表现。Cohen 等^[3]治疗一组神经根受压病例,手术解除神经根的压迫,术中发现监护的诱发电位波幅立即增高,术后患者痛触觉较术前改善。Rydevik 等^[4]根据动物实验报道,当给动物马尾神经施加 10kPa 的压力时,电位波幅降低 36%;去除压力后其电位很快恢复到加压前电位的波幅。但是若给马尾神经施加 27kPa 的压力,电位波幅几乎完全消失,而且去除压力后也不能恢复。

为什么马尾神经受到较轻的机械损伤后出现可逆转的神经功能障碍?一些学者认为这与神经纤维缺氧和代谢障碍有关。Olmaker 等^[1]指出,神经根受损伤后会出现营养血管的损伤及出血,神经纤维水肿。Apel 等^[5]认为,神经

一过性缺血可引起可逆转的神经功能障碍, 他提出在行胸椎前路融合术时, 应先暂时夹闭椎体节段动脉, 如术中监护的诱发电位波形突然消失, 则提示若结扎该动脉可能引起术后瘫痪, 他应用这一方法, 有效地防止了前路胸椎融合引起截瘫的恶果。这一事实证明缺血可引起神经功能障碍, 如能在短时间内恢复供血, 则可恢复神经功能, 但如持续完全阻断血供, 则神经功能障碍难以恢复。

严重的机械性损伤不仅引起神经的缺血, 而且引起神经纤维间的水肿、出血, 甚至神经纤维的断裂。表现出诱发电位波幅降低或消失, 痛触觉及肌力降低或消失。这类损伤由于引起了马尾神经器质性损伤, 难以恢复。因此即使去除损伤力, 神经功能也难以恢复。

总之, 本研究证明: (1) 椎体间的分离移位可造成椎管内神经根的牵拉损伤, CESEP 监测发现, 轻度损伤可使马尾电位波幅降低或波形畸变; 严重牵拉损伤可致使马尾电位消失。(2) 马尾神经对轻度损伤表现出的神经功能障碍在去除损伤力后可恢复正常。但如持续保留

较轻度的损伤力, 神经功能障碍不能完全恢复; 严重牵拉损伤则引起不可逆转的神经功能损伤。

参考文献

1. Olmarker J, Hoom S, Rosengvist AL, et al. Experimental nerve root compression a model of acute graded compression of the porcine cauda equina and an analysis of neural and vascular anatomy. Spine 1991; 16: 61.
2. Albanese ST, Spadaro JA, Lubiky J, et al. Somatosensory cortical evoked potential changes after deformity correction. Spine 1991; 16 (8): 371.
3. Cohen BA, Major MR, Huizenga BA. Predictability of adequacy of spinal root decompression using evoked potentials. Spine 1991; 16 (8): S379.
4. Rydevik BL, Pedowitz RA, Hargans AR, et al. Effects of acute graded compression on spinal nerve root function and structure. Spine 1991; 16 (5): 487.
5. Apel ND, Marrero G, King J, et al. Avoiding paraplegia during anterior spinal surgery—the role of somatosensory evoked potential monitoring with temporary occlusion of segmental spinal arteries. Spine 1991; 16 (8): S365.

(收稿: 1996-09-10; 修回: 1997-06-20; 再修回: 1997-07-24)

腰椎间盘突出症合并上位椎弓根骨嵴一例

空军总医院 (北京 100037) 冯 宇 陈名智

××, 男, 23 岁。腰腿痛 1 年余, 左大腿肌肉萎缩, 间歇性跛行 8 月。查体: 膝上 10cm 周径左侧较右侧小 3.5cm, 肌张力, 踝趾背伸肌力, 膝腱反射皆左侧减弱。腰椎正侧斜位片正常。椎管造影: 腰 4、5 处油柱明显狭窄, 椎管前缘发现较深弧形压迹, 双侧神经根未完全充盈, 腰 3、4 前缘亦显小弧形改变, 斜位神经根未见明显受压。手术医师阅片发现正位片上碘油柱于腰 3 椎弓根内侧有 1×0.3cm 梭形透光环, 同一水平右椎弓根内侧有 1×0.3cm 弧形透光环, 界限清楚, 其中心密度与碘油柱相同。CT 示: 腰 3、4 及腰 4、5 椎间盘向后突出, 硬膜囊受压, 腰 3~5 椎管狭窄。肌电图检查: 股四头肌及胫前肌神经原性损害。诊断: 腰椎管狭窄并腰 4、5 椎间盘突出, 腰 3 椎弓旁碘油造影透光环原因待查。手术: 行腰 4 全部椎板、腰 5 部分椎板切除减压,

腰 4、5 椎间盘髓核摘除, 腰 3 椎板开窗探查。术中见腰 4、5 椎间盘突出, 腰 3 椎弓形成骨嵴向椎弓内生长, 压迫左腰 3 神经根管和部分硬膜囊, 左侧骨嵴长约 1cm, 右侧长约 2cm。腰 3、4, 腰 4、5 间黄韧带肥厚达 0.5cm。

讨论 患者术前腰椎管狭窄, 腰 4、5 椎间盘突出诊断明确, 但此诊断不能解释左股四头肌萎缩体征。术前分析可能为腰 3 椎板椎弓增生物压迫腰 3 神经根或腰 3、4 椎间盘突出压迫椎管内走行变异的腰 3 神经根, 故术前制定腰 4、5 椎板减压, 腰 3 椎板开窗探查术。术中所见证实术前分析。随着 CT、MR 等先进检查手段应用于临床, 提高了腰椎管疾病检出率及诊断准确率。但碘油造影仍不失为一种有效的检查手段。

(收稿: 1995-10-06; 修回: 1996-04-22)