

· 论 著 ·

大脑皮层与针刺抑制内脏痛的关系

I. 电针对内脏大神经—皮层诱发电位的影响

生理学教研组 陈助华 翁纪伟 任惠芳 赵雅英 陈培熹

近年来,大量临床针麻资料表明,针麻效果与大脑皮层的机能状态有密切的关系^①,一些实验资料也认为大脑皮层与针刺镇痛有关,但意见不一^{②~④}。本文刺激猫的内脏大神经,模拟腹腔内脏痛,记录大脑皮层诱发电位,以探讨皮层诱发电位与内脏痛的关系,并观察电针对其影响。

实验方法

实验用猫49只,体重1.5~2.5公斤,在氯醛糖(40毫克/公斤)和尿酯(400毫克/公斤)浅麻醉下进行手术,将头部固定在立体定位仪上,暴露右侧大脑皮层,放置银球电极,用以引导皮层诱发电位(参照电极放在头皮下)。暴露左侧胸腔,分离左侧内脏大神经,并在靠近腹腔神经节处将之切断,在其近中段分别放置铂丝刺激电极和引导电极,用以刺激内脏大神经和引导其动作电位。实验观察时用三碘季铵酚使动物无动化,并进行人工呼吸。动物体温维持在37°~39°C,股动脉血压维持在90毫米汞柱以上。

刺激内脏大神经用矩形电脉冲,波宽0.1~0.5毫秒,频率每秒1次(检查血压反应时每秒50次),强度0.02~25伏,以不同强度引起不同纤维兴奋。用阴极射线示波器监视神经动作电位,以鉴别兴奋纤维的类型和数量。

电针用矩形电脉冲,波宽0.5毫秒,强度6~10伏,频率每秒50次,串长5秒,周期10秒,左右交替刺激两侧内关穴或正中神经。

大脑皮层诱发电位:通过银球电极引出,经生物电放大器放大,送入TQ19型医用数据处理机,进行100次叠加处理,最后用X-Y记录仪记录。在一些实验中,同时记录股动脉血压反应和耳血管容积反应。

实验结果

一、刺激内脏大神经的强度与纤维兴奋的关系:

在15例实验中,用不同强度的电脉冲刺激内脏大神经,按其复合动作电位中阈强度的大小和传导速度的快慢,分析神经纤维兴奋的类型。

结果表明,在内脏大神经中经常观察到5~6类阈值不同的纤维,传导速度亦不同。弱刺激只引起短潜伏期的动作电位,为第①类纤维兴奋,其峰电位大,持续时间短,传导速度最快(图1a);当刺激强度增大时,在第①类峰电位之后出现另一较小

的电位,为第②类纤维兴奋,其峰电位小,持续时间短,传导速度较慢(图1b);刺激强度再增大,在第②类电位后,相继出现两个电位,为第③和第④类纤维兴奋,峰电位中等,持续时间较长,传导速度更慢(图1c~e);刺激强度继续增大,在第④类电位之后又出现小电位,为第⑤类纤维兴奋,其峰电位最小,持续时间最长,传导速度最慢(图1f);有时还看到一类阈值低(接近第②类)而传导速度慢(每秒4.1米)的第⑥类纤维兴奋,其峰电位小而持续时间较长。

第①类纤维的平均阈值(\pm 标准差)为 0.28 ± 0.20 伏,平均传导速度(\pm 标准差)为 53.1 ± 0.16 米/秒;第②类纤维为 0.60 ± 0.23 伏, 22.5 ± 1.72 米/秒;第③类纤维为 0.96 ± 0.44 伏, 12.7 ± 1.87 米/秒;第④类纤维为 1.36 ± 0.89 伏, 8.6 ± 1.58 米/秒;第⑤类纤维为 5.90 ± 5.13 伏, 1.3 ± 0.11 米/秒。

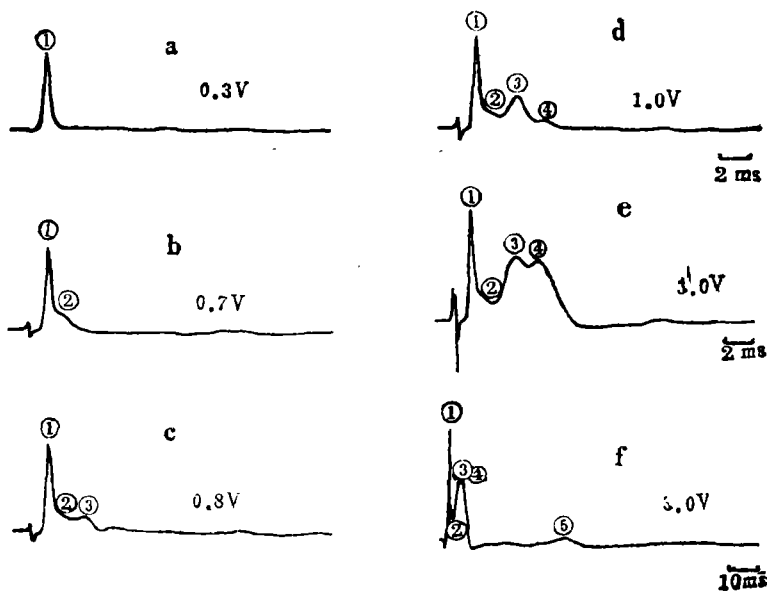


图1 猫内脏大神经的复合动作电位
(曲线上数字为刺激强度,各波数字表示纤维类型)

二、内脏大神经兴奋与大脑皮层诱发电位的关系:

在10例实验中,用不同强度电流刺激内脏大神经,引起不同类型纤维兴奋,观察大脑皮层后乙状回诱发电位的变化,以确定内脏大神经中各类纤维兴奋与皮层诱发电位各个成分的关系。结果见图2。当用弱电流刺激内脏大神经,只引起第①类纤维兴奋时(图2A),在对侧皮层后乙状回表面,出现很微弱的电位变化,血压反应和血管容积反应不明显。当刺激强度增大,引起第①②类纤维同时兴奋时,出现较明显的诱发电位,并有明显的升血压反应和血管容积反应(图2B)。当刺激强度再增大,引起第①②③④类纤维同时兴奋时(图2C),升血压反应增大,血管容积反应明显,皮层诱发电位明显增大,呈多相波形,可分为早反应和晚反应两个成分;早反应电位的潜伏期为8~12毫秒,是负(N_1)-正(P_1)-负(N_2)-正(P_2)复合电位。 N_1 波幅最小, P_1 和

N_2 波幅较大。 N_1 和 P_1 波持续时间较短, N_2 和 P_2 波持续时间较长。晚反应电位出现时间为150~350毫秒,是负(或正)电位,波幅50~100微伏,持续时间80~160毫秒。晚反应电位的变异较大,常随动物的机能状态、刺激强度及记录部位而变。当第①②③④⑤类纤维同时兴奋时(图2D),皮层诱发电位和耳血管容积反应基本同前,但升血压反应更大。

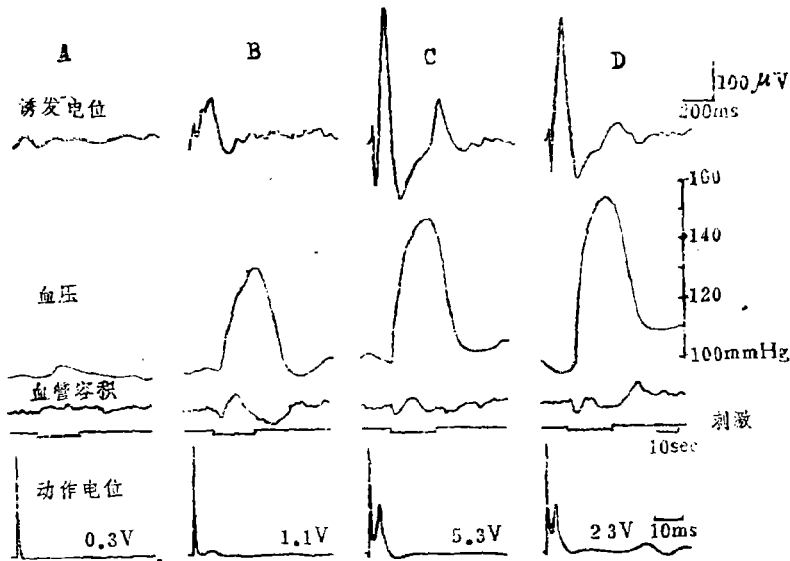


图2 不同强度刺激内脏大神经引起的神经动作电位、皮层诱发电位(向上为负)、血压及血管容积的变化(动作电位上数字为刺激强度)

三、内脏大神经-皮层诱发电位的分布情况:

在17例实验中,刺激内脏大神经,如图3探查大脑皮层表面16个点的诱发电位,观察其分布情况,以确定内脏大神经的皮层投射区。图3为强刺激引起皮层各点的诱发电位。最大诱发电位在后乙状回中部(即钩状沟前),早成分与晚成分的最大值不在同一点,但接近。用氯醛糖麻醉时,诱发电位的分布范围较大,而用尿酯麻醉时,分布范围较小。

四、度冷丁对内脏大神经-皮层诱发电位的影响:

为了探讨内脏大神经-皮层诱发电位与疼痛的关系,静脉注射镇痛剂度冷丁后,观察诱发电位的幅值与潜伏期的变化。在12例实验中,注射度冷丁(5毫克/公斤)后,12例均出现不同程度的抑制,表现为诱发电位的幅值降低和潜伏期延长,血压反应和血管容积反应亦随之而变小。1小时后大部分例逐渐恢复(图4)。度冷丁对诱发电位各个成分的抑制程度不同(见表)。

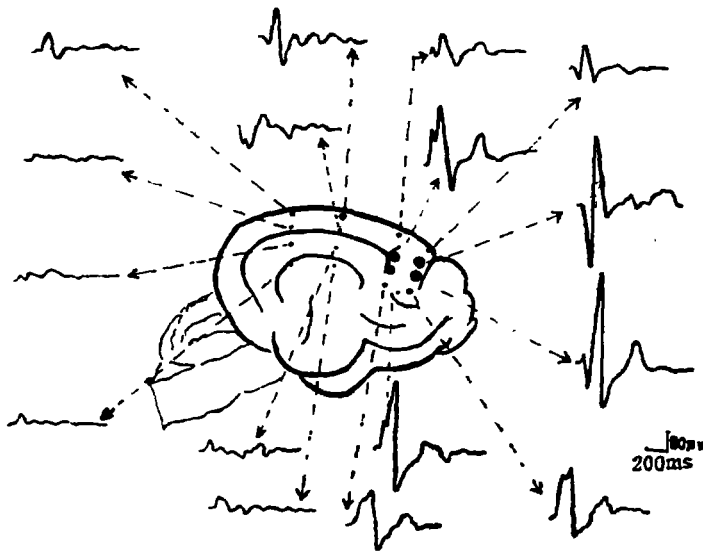


图3 内脏大神经-皮层诱发电位的分布

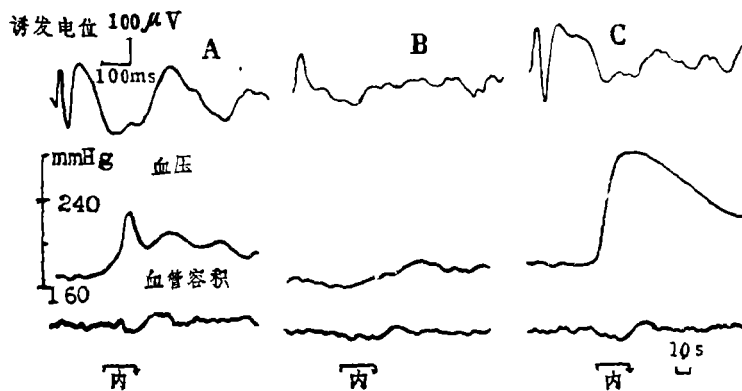


图4 度冷丁对内脏大神经-皮层诱发电位、动脉血压和血管容积反应的影响

内↓表示刺激内脏大神经(检查血压和血管容积反应)

A为注射前, B、C 分别为注射度冷丁后20、80分钟

表 度冷丁对皮层诱发电位各个成分的影响

| 诱发电位成分 | 总例数 | 完全抑制 (例数) | 抑制50%以上 (例数) | 抑制50%以下 (例数) | 不抑制 (例数) |
|----------------------------------|-----|--------------|-----------------|-----------------|-------------|
| N ₁ 波 | 12 | 2 | 0 | 1 | 9 |
| 早反应 P ₁ 波 | 12 | 4 | 4 | 3 | 1 |
| N ₂ 和P ₂ 波 | 12 | 3 | 2 | 5 | 2 |
| 晚反应 | 10 | 8 | 1 | 1 | 0 |

从表可见, 度冷丁对诱发电位的晚成分抑制特别明显, 其次是对早成分的P₁抑制, 对N₁波的抑制很小。但用大剂量度冷丁后, 诱发电位的两个成分均被抑制。

五、电针对内脏大神经-皮层诱发电位的影响:

电针两侧内关穴或正中神经10~30分钟, 在电针前、后每隔10分钟检查诱发电位 1

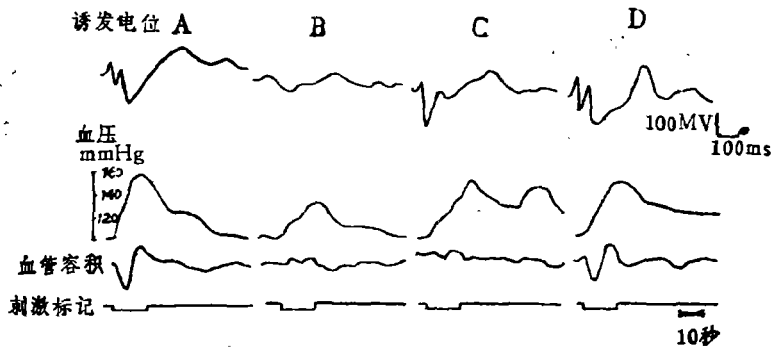


图5 电针对内脏大神经-皮层诱发电位、血压反应和血管容积反应的影响
A为电针前, B、C、D分别为停止电针后10、30、90分钟

次, 部分实验检查血压反应和血管容积反应, 以观察电针效应。在10例电针实验中, 7例电针明显抑制诱发电位, 表现为幅值减小, 血压反应和血管反应同时减弱。电针对诱发电位的晚反应抑制特别明显, 对早反应P₁波抑制亦明显, 但对N₁波抑制不明显。电针开始后10~30分钟出现抑制效应, 电针停止后仍有抑制作用, 经一段时间后逐渐恢复。图5示1例电针效应, 电针25分钟后抑制明显。停止电针后10分钟, 诱发电位仍明显抑制, 血压反应减弱, 血管反应明显减弱; 30分钟后逐渐恢复, 90分钟后完全恢复。在恢复过程中常出现一定程度的波动。图6示另1例电针效应, 电针15分钟时, 诱发电位的晚成份和P₁波已完全被抑制, 但N₁不被抑制。停电针后7分钟已开始恢复。

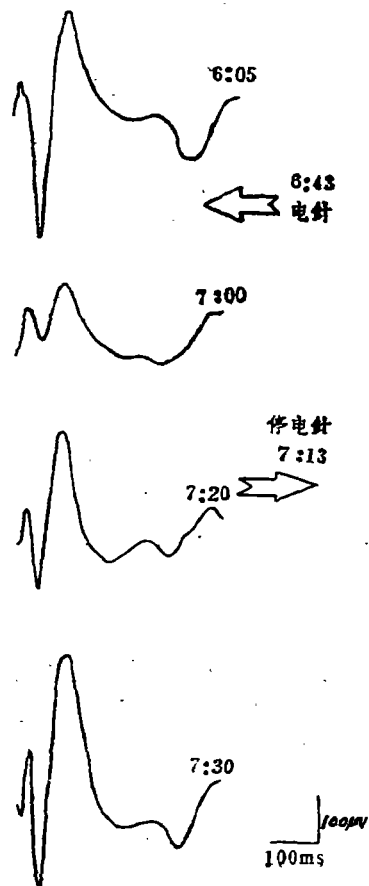


图6 电针对内脏大神经-皮层诱发电位的影响

讨 论

一、内脏大神经中纤维的分析及其与腹腔内脏痛的关系：

内脏大神经含有支配腹腔内脏的感觉纤维和运动纤维。按动作电位的成分分析，猫的内脏大神经有A β 、A $\gamma\delta$ 、B和C等类纤维^{⑨⑩}。根据本文测定的动作电位，可将内脏大神经的纤维分为5~6类，各类的阈值和传导速度不同。第①类阈值最低，传导速度最快，每秒53米，相当于A β ；第②类阈值较高，传导速度每秒23米，相当于A $\gamma\delta$ 类；第③类和第④类阈值更高，速度更慢，可能属于A δ 和B类；第⑤类阈值最高，传导速度最慢，每秒1米，相当于C类；有时还出现第⑥类，低阈慢速。不少资料证明，传导痛觉的纤维属A δ 和C类^{⑨~⑫}，传导腹腔内脏痛觉的传入纤维主要在内脏大神经^{⑬~⑭}。因此，用强电流刺激内脏大神经，引起第⑤类纤维兴奋，可模拟腹腔内脏痛刺激。我们观察到，这种刺激还引起血压升高、血管收缩和瞳孔散大等疼痛反应，也说明它与内脏痛有关。

二、内脏大神经-皮层诱发电位与内脏痛的关系：

疼痛感觉与大脑皮层的关系比较复杂。关于疼痛能否引起皮层诱发电位，目前意见不一。有的认为，大脑皮层与疼痛有关，刺激牙髓或伤害性刺激皮肤所引起的皮层诱发电位能反映疼痛，强刺激皮神经或内脏大神经所引起的诱发电位也能反映疼痛；有的认为，大脑皮层与疼痛的关系不大，皮层诱发电位不一定能反映疼痛^{⑮~⑳㉑㉒㉓}。我们的实验看到，用强电流刺激猫的内脏大神经，引起A δ 和C类纤维兴奋时，在对侧皮层后乙状回（体感I区）出现恒定的多相诱发电位，其晚成分（和早成分中P₁波）与疼痛有关。因为，①当A δ 和C类纤维兴奋时，晚成分才出现；②晚成分出现时常伴随明显的血压升高、血管收缩和瞳孔散大等疼痛反应。③晚成分易被镇痛剂度冷丁所抑制。因此，我们认为，内脏大神经~皮层诱发电位的晚成分（和早成分中的P₁波）可以反映上腹腔内脏痛。早成分中的N₁波在只有A β 纤维兴奋时出现，可能与内脏痛无关。

内脏大神经-皮层诱发电位按一定规律分布。我们的实验看到，在对侧大脑皮层，诱发电位主要分布在后乙状回（体感I区），以体感I区中部的诱发电位最大，类似过去一些报道^{⑳㉑}。由此可见，体感I区的中部为躯干感觉投射区，也属内脏大神经的投射区。提示内脏伤害性传入冲动可以投射到大脑皮层体感区。诱发电位早成分的最大值和晚成分的最大值不在同一皮层点，提示不同类的纤维可能投射到皮层的不同点。

三、大脑皮层和针刺抑制内脏痛的关系：

在临床针麻手术中，病人的精神状态常影响针麻效果，表明大脑皮层在针麻过程中起着重要的作用^①。一些实验报道，电针可以抑制由伤害性刺激所引起的皮层诱发电位，认为大脑皮层与针刺镇痛有关^{②~④}。另一些报道，切除大脑皮层后电针仍能镇痛，认为针刺镇痛可以不通过大脑皮层^{⑤~⑧}。从我们的实验结果来看，内脏大神经-皮层诱发电位的晚成分和早成分中的P₁波能反映内脏痛，电针穴位可以抑制这些成分，提示其间有一定的关系。这种抑制作用可能发生在皮层下，也可能在皮层内，有待进一步探讨。

小 结

一、按照猫的内脏大神经的动作电位, 可将其纤维分为 5~6 类, 各类纤维的阈值和传导速度不同。

二、用强电脉冲刺激猫的内脏大神经, 引起 A δ 和 C 类纤维兴奋时, 在对侧大脑皮层体感 I 区可记录到多相诱发电位, 包括早反应和晚反应两个成分: 早反应电位的潜伏期短, 为负-正-负波; 晚反应电位的潜伏期长, 为负或正相波。晚成分和早成分的 P₁ 波与疼痛有关, 可以反应内脏痛。

三、内脏大神经-皮层诱发电位主要分布在体感 I 区中部 (内脏大神经投射区)。

四、电针内关穴或正中神经, 能抑制内脏大神经-皮层诱发电位, 抑制晚成分特别明显, 抑制早成分 P₁ 波亦明显, 提示其间有一定的关系。

参 考 文 献

- ① 中国科学院心理研究所: 针麻资料汇编, 1977, 5
- ② 北京医学院针麻组: 针刺麻醉原理研究资料 (一), 24 页, 北京, 1971
- ③ 上海第一医学院生理学教研组: 针刺麻醉汇编第一册, 89 页, 上海, 1972
- ④ 北京市针麻理论研究组: 针刺麻醉理论研究资料选编, 130 页, 上海人民出版社, 1973
- ⑤ 吉林医科大学生理教研组: 同 (4), 158 页
- ⑥ 中国医学科学院分院针麻组: 针刺麻醉原理的探讨, 337 页, 人民卫生出版社, 1974
- ⑦ 中山医学院生理学教研组: 新医学 5 (2): 35, 1974
- ⑧ 四川医学院生理学教研组: 全国针刺麻醉研究资料选编, 456 页, 上海人民出版社, 1977
- ⑨ 河北新医大学病理教研组: 同 (6), 158 页
- ⑩ 重庆医学院针麻原理研究组: 重庆医药 (2~3): 42, 1975
- ⑪ 中医研究院针灸经络研究所生理组: 新医药学杂志 (6): 28, 1976
- ⑫ 上海生理研究所针麻组: 同 (6), 344 页
- ⑬ 同 (6), 347 页
- ⑭ 同 (4), 198 页
- ⑮ Amassian V E; Fiber groups and spinal pathway of cortically represented visceral afferents. J Neurophysiol 14: 445, 1951
- ⑯ Mcleod J G; J Physiol 140: The representation of the splanchnic afferent pathways in the thalamus of the cat. J Physiol 140:464, 1958
- ⑰ Langhof H & Rubia F J; Splanchnic afferents on the cerebral cortex of the cat. Pflugers Arch 312: 18, 1969
- ⑱ Li C L, et al; Action potential of somatic and autonomic nerves. Exp Neurol 56: 527, 1977

- ⑲ Zottermann Y: Touch pain and tickling. *J Physiol* 95 : 1, 1939
- ⑳ Burgess P R & Perl E R: Myelinated afferent fibers responding specifically noxious stimulation of the skin. *J Physiol* 190 : 541, 1967
- ㉑ Cannon B: A method of stimulating autonomic nerves in the unanesthetized cat with observations on the motor and sensory effects. *Am J Physiol* 105 : 366, 1933
- ㉒ Ray B S & Neill C L: Abdominal visceral sensation in man. *Ann Surg* 126 : 709, 1947
- ㉓ White J C & Sweet W H: Pain and Neurosurgeon, 1969
- ㉔ Moore R M: Some experimental observations relating to visceral pain. *Surgery* 3 : 534, 1938
- ㉕ Vyklicky L, et al: Cortical potentials evoked by stimulation of tooth pulp afferents in the cat. *Bain Res* 41 : 211, 1972
- ㉖ Melzack R, et al: Responses evoked at the cortex by tooth stimulation. *Am J Physiol* 190 : 570, 1957
- ㉗ Downman C B B: Cerebral destination of splanchnic afferent impulses. *J Physiol* 113 : 434, 1951
- ㉘ Amassian V E: Cortical representation of visceral afferents. *J Neurophysiol* 14 : 433, 1951