

# 大脑皮层在针刺镇痛中作用的研究

## Ⅰ. 电针对黄牛大脑皮层诱发电位慢成分影响的初步观察·

吴 剑 新

(牧医系针麻研究组)

### 提 要

本实验用伤害性刺激作用于黄牛胫神经以模拟后肢疼痛性刺激，并寻找大脑皮层诱发电位的投射区，以此诱发电位的慢成分作为疼痛的指标，观察电针对该诱发电位的影响。并比较镇痛剂度冷丁对该电位的作用。15头成年黄牛实验结果表明：黄牛胫神经皮层诱发电位的投射区在薛氏裂中支上前方的中薛氏回 (Middle Sylvian Gyrus) 上。最大诱发电位的范围为 $5 \times 8$  毫米，边缘不规则。用伤害性刺激作用于胫神经可在对侧大脑皮层投射区记录到一个含有快、慢成分的诱发电位。快成分潜伏期为20~40毫秒，慢成分的潜伏期为250~300毫秒。在“百会”、“肾门”穴组电针可完全抑制胫神经皮层诱发电位的快、慢成分。在前肢的“抡风”、“三阳络”穴组电针则不能或只能部分抑制胫神经皮层诱发电位的快、慢成分。镇痛剂度冷丁可完全抑制胫神经皮层诱发电位的慢成分，对快成分无明显的抑制作用。最后本文就电针、度冷丁对皮层诱发电位的慢成分的影响讨论了大脑皮层在镇痛过程中的作用。

### 前 言

近年来在针麻原理的电生理学研究中，人们进行了大量的工作，但这些工作绝大多数都是在实验室小动物体上进行的，对于大动物的研究较少，仅有的一些资料也只限于研究皮层诱发电位的快成分。根据传统的经络记载，人畜之间，不同畜种之间，其经络的走向、穴位的分布是不同的。因此按人体穴位的位置在小动物体上相应的部位进行电针，研究其镇痛原理，其结果的代表性是受到一定限制的。鉴于临幊上在牛的“百会”、“肾门”穴组电针，对腹部和后躯的手术效果较好，本实验试图在黄牛体上直接进行试验，用电刺激作用于胫神经，寻找大脑皮层诱发电位的体感区，并观察电针和镇痛剂度冷丁对皮层诱发电位慢成分的影响，以研究黄牛电针镇痛原理。

### 实 验 方 法

实验用黄牛15头，体重70~200公斤，年龄2~3岁，在戊巴比妥钠浅麻醉下进行

\*本文是在导师叶浩教授指导下完成的，曾得到王树诚副教授、谭卫国讲师、卓煊讲师的指导，古瑜春同志的协助，特表示谢意。

手术，将头部固定在自制的固定架上，暴露一侧大脑皮层，放置银质球头电极，引导皮层诱发电位。参考电极夹于头部切口皮肤上。暴露对侧后肢胫神经，放置刺激电极。实验观察过程中注射氯化琥珀胆碱使动物无动化，并用改装的密闭式人工麻醉机进行人工呼吸，正压给氧。

用强度10~25伏、波宽0.1~0.3毫秒，频率每秒一次的矩形单脉冲波作用于胫神经，通过引导电极引出皮层诱发电位，经生物电放大器放大，输送到阴极双线示波器进行观察。然后在“百会”、“肾门”穴组进行电针，观察该穴组电针对诱发电位的快、慢成分的影响。并比较在“抡风”、“三阳络”穴组电针对该诱发电位的抑制情况。有10例动物在上述实验后待皮层诱发电位恢复到原来的峰值，然后静注镇痛剂度冷丁以观察它对皮层诱发电位的影响。整个实验过程的各个不同步骤都用示波照相机进行摄影。然后把胶卷冲洗保存。

整个实验观察过程在屏蔽室内进行，室内温度维持在28°C左右。

## 实 验 结 果

### （一）黄牛胫神经在大脑皮层的投射区

用10~25伏、波宽0.1~0.3毫秒，每秒一次的电刺激作用于黄牛后肢胫神经，可在对侧大脑皮层薛氏裂中支上方的中薛氏回(Middle Sylvian Gyrus)<sup>10</sup>上记录到一个稳定的胫神经大脑皮层诱发电位，该诱发电位为双侧性，最大诱发电位范围为5×8毫米，边缘不规则(图1)。该诱发电位主要有2个成分组成。快成分潜伏期短，为20~40毫秒，最大振幅400~800微伏，持续时间20~30毫秒。慢成分潜伏期长，为200~350毫秒，最大振幅100~400微伏，持续时间40~60毫秒(图2、3)。

### （二）电针“百会”、“肾门”穴组对胫神经皮层诱发电位的影响

实验用广东南海电子医疗仪器厂出产的73~10型兽用综合电疗针麻机，频率40~50赫芝，振幅10~40伏(空载值双峰波)，电针“百会”、“肾门”穴组可完全抑制胫神经皮层诱发电位的快、慢成分，使其振幅完全消失或减少(图4)，停止电针后此诱发电位恢复(图5)。

### （三）不同穴组电针对胫神经皮层诱发电位的影响

在“百会”、“肾门”穴组电针可完全抑制胫神经皮层诱发电位的快、慢成分(图4)，用同样的电针参数在“抡风”、“三阳络”穴组电针不能抑制胫神经皮层诱发电位(图6)，增加电针强度个别动物可部分抑制胫神经皮层诱发电位，表现为该电位的振幅减小，一般难以获得“百会”、“肾门”穴组电针的抑制作用。

### （四）度冷丁对胫神经皮层诱发电位的影响

有10例动物在完成上述实验后待皮层诱发电位恢复正常后(图7)，静注度冷丁，每公斤体重10毫克，注射后3~5分钟则可见到胫神经皮层诱发电位的慢成分被抑制，波幅完全消失(图8)。静注后5~20分钟作用最强，25~30分钟后抑制作用消失(图9)，对短潜伏期的诱发电位的作用，有的表现为兴奋，有的抑制。

## 讨 论

### (一) 中枢神经系统在电针镇痛中的作用

曾有假说认为针刺镇痛是这样一种脑功能，即不同感觉传入中枢神经系统内相互作用并进行整合的结果，换言之，疼痛的缓解是由于来自痛源部位的神经冲动和来自穴位的神经冲动在中枢神经系统内相互作用而产生的<sup>[7]</sup>。众所周知，大脑皮层是各种感觉信号进入意识领域形成感觉的重要部位，感觉的性质和程度最后由它来反映，在感觉的形成过程中大脑皮层起着重要的作用。在电针镇痛过程中大脑的作用如何？大量的报道表明，通过观察单个神经原的活动，看到强烈的痛刺激能使脑细胞产生放电现象，此时如在肢体上的穴位给予电针刺激，就会发现这种非痛刺激可以影响上述电反应。说明针刺能影响机体对痛刺激的电反应，而这种针刺效应是针刺反应和痛反应在脑内进行相互作用的结果。在大脑、中脑、丘脑和延脑水平以上都可以看到这种相互作用而产生的抑制现象，因此认为这些部位与针刺镇痛有关<sup>[1]</sup>。本实验用强的伤害性刺激作用于黄牛的胫神经，在大脑皮层薛氏裂中支上前方的中薛氏回上可引导出一个含有快、慢成分的诱发电位，当在“百会”、“肾门”穴组电针时可抑制这些成分，说明电针具有镇痛作用，其可能机制是电针的信号和疼痛信号在中枢神经系统内相互作用（发生了整合），电针的信号抑制了疼痛信号，从而产生镇痛过程。

### (二) 神经纤维与皮层诱发电位的关系

哺乳类动物的胫神经为混合神经，含有各种类型的神经纤维，包括有髓的A<sub>δ</sub>和无髓的C类纤维，一般相信A<sub>δ</sub>和C类纤维传递痛觉冲动<sup>[8][11][12]</sup>。这种纤维的兴奋阈高，传递速度慢，要较强的刺激才能引起其兴奋，一般要4~6伏以上<sup>[3]</sup>。在进行皮层诱发电位引导的同时，进行神经纤维分类实验表明，当动作电位的A<sub>δ</sub>和C波出现时，也即引起A<sub>δ</sub>和C类纤维兴奋，皮层诱发电位慢成分出现，这时伴有血压升高，血管收缩，瞳孔放大等疼痛反应，因此认为皮层诱发电位的慢成分为疼痛刺激所引起，能反映疼痛<sup>[2][3]</sup>。本实验没有进行神经纤维的分类工作，但根据前人的实验结果，采用10~25伏、波宽0.1~0.3毫秒的强刺激，足以使这两类神经纤维兴奋，在本实验中观察到，当刺激量较低时，皮层诱发电位只出现短期潜伏期的快成分，当刺激量增加到一定程度时慢成分才出现，因此认为慢成分的出现与疼痛刺激有关，只有达到引起疼痛的刺激阈时它才出现。

### (三) 疼痛刺激所引起的皮层诱发电位慢成分的特点

在进行本实验时如何确定疼痛刺激引起的慢成分是相当重要的，整个实验是在动物处于肌松的半清醒状态下进行的，实验中动物保持各种感觉，皮层诱发电位的记录是在自发脑电的基础上进行的，受自发脑电的影响和干扰，而且诱发电位中含有各种不同潜伏期的成分，如何确定哪些成分与疼痛有关呢？它具有哪些特点呢？这是本实验的重点所在。通过本实验发现皮层诱发电位的慢成分有如下特点，可根据这些特点与非痛刺激所引起的成分区别。第一个特点是疼痛刺激所引起的皮层诱发电位潜伏期长。皮层诱发

电位的一个特点是有一个恒定的潜伏期。潜伏期的长短反映了刺激的性质，非疼痛刺激如触、压、弱电流刺激感觉神经反应的潜伏期往往较短，而疼痛刺激所引起的潜伏期往往较长，有时可数倍甚至数十倍于非疼痛刺激所引起的电反应。我们知道潜伏期是从刺激伪迹到诱发电位起点的距离，它的长短与四个因素有关。一是刺激所引起的冲动沿神经传递的速度；二是刺激点与记录点之间的距离；三是传导路径中所经历的突触数目的多少；四是突触延搁的时间。在上述因素中，在同一个体的相同时期内，神经的兴奋性是基本相同的，但是不同的感觉有不同的神经纤维传递，而不同的神经纤维其传递速度不同。非疼痛性刺激有A类等神经纤维传递，这类纤维有髓鞘，直径大，传递速度快，故潜伏期短；疼痛刺激有A<sub>B</sub>和C类纤维传递，这些纤维直径小，传递速度慢，故潜伏期长。本实验中所记录到的皮层诱发电位的慢成分的潜伏期是在200～350毫秒范围内。

皮层诱发电位慢成分的第二个特点是对重复的伤害性刺激缺乏适应性。据报道，痛敏细胞放电的特征为1. 潜伏期长；2. 后放电长达数秒；3. 重复给予伤害性刺激反应不显减弱<sup>[4]</sup>，即认为痛与非痛刺激的区别在于痛刺激引起的细胞放电不会适应，而非痛刺激引起的细胞放电会因刺激的重复而出现放电的频率和时程下降现象。我们知道诱发电位是慢的电变化，它不是单细胞的放电，而是由许多突触后电位总和而成，也就是说它由位于皮层某一区域内的一大群细胞同时放电所形成。我们在实验中观察到的诱发电位的慢成分对疼痛刺激缺乏适应性，本实验的持续时间较长，一般观察2～3小时，在这样长时间连续刺激下并没有产生适应的现象，因此认为该诱发电位的慢成分是反映疼痛的。

皮层诱发电位慢成分的第三个特点是要强的刺激才能引起。在实验中如果使用刺激量较小，皮层诱发电位仅出现快成分。当刺激量增加到一定强度时慢成分才出现，这与生理学上痛刺激的阈值比非痛刺激高相一致。

皮层诱发电位慢成分的第四个特点是對镇痛剂较敏感，容易为度冷丁等镇痛剂所抑制。据报道虽然使用强的伤害性刺激作用于神经才能引起皮层诱发电位慢成分出现，而且它出现时伴随有各种疼痛的征象，但是我们还不能肯定地说这种反应就是疼痛刺激所引起，毫无疑问地把它作为真正的痛指标，除非我们能够证明这种反应可以被镇痛药取消或减弱。按定义来说镇痛药物是这样的一种物质，它通过对中枢神经系统的作用，可以消除或缓解疼痛而不产生意识的丧失，吗啡和度冷丁都是这样的物质。本实验有10例动物进行了这种镇痛比较试验，发现在静注度冷丁5～10分钟后都能完全抑制皮层诱发电位的慢成分，因此认为皮层诱发电位的慢成分与疼痛有关可作为疼痛性指标。

#### （四）不同穴组电针对胫神经皮层诱发电位的影响

本实验观察到在“百会”、“肾门”穴组电针可完全抑制刺激胫神经引起的皮层诱发电位；电针前肢的“抡风”、“三阳络”穴组对胫神经皮层诱发电位的抑制作用较差，因此认为电针镇痛作用具有节段性。

脊髓是中枢神经系统的低级部分，它参与躯体和内脏的基本活动，在周围神经和脑之间起联系作用，它的一个很重要的特点是分节现象，亦称为节段性。在动物的进化过程中，其身体分为许多体节，每一体节所包含的皮肤、肌肉和脏器是由同一节的神经支配。但是每一对脊神经实际上不是单独地支配它所属的那个体节的，每一根周围神经中

常含有来自2~5个节段的神经纤维，除胸部外身体的某一块皮肤、肌肉或某一部分脏器，往往兼受数个节段的神经支配；同样，相邻的皮肤区、肌肉或脏器也可能受到同一个节段的神经支配。我们知道，整个中枢神经系统在电针镇痛过程中都有一定的整合作用，而脊髓重要的作用之一是对疼痛的感觉产生整合作用，使痛觉的传入受到抑制而减弱<sup>[8]</sup>。由此可见，当疼痛讯号和电针讯号在相同或相邻节段时，疼痛的感觉受电针的抑制减弱作用就强。因此镇痛作用相对强；而远节段的镇痛作用相对地弱，故镇痛作用较差，这与我们在临幊上所观察到的现象是相符合的。

#### (五) 不同的电针参数对胫神经皮层诱发电位的影响

据有关资料报道，高频脉冲波对肌肉松弛作用效果好，低频脉冲波对镇痛作用较强<sup>[8]</sup>，本实验发现，电针的参数对皮层诱发电位的影响很大，要求有一定的范围，频率过高过低都不能完全抑制皮层诱发电位；对电针的强度也要求有一定的范围，频率过高对皮层诱发电位的抑制作用不完全，强度过低也不能抑制皮层诱发电位。从本实验中15头动物所使用的电针参数来看，最好的频率范围在45~50赫芝之间，电压在10~50伏（空载值双峰波）范围内。个体不同对电针的参数要求差异很大，如第3号动物所用的频率为45赫芝，电压40伏（空载值双峰波）。而第15号动物所用的频率为45赫芝，电压为15伏（空载值双峰波）。因此在临幊上使用电针时应灵活掌握，调节选择适当的参数以获得较好的针麻效果。

## 结 论

(一) 刺激黄牛一侧胫神经可在对侧大脑皮层薛氏裂中支(Middle Branch of the Sylvian Fissure) 上前方的中薛氏回(Middle Sylvian Gyrus) 上(1号照片) 引导出一个稳定的诱发电位，该诱发电位主要有二个成分组成。快成分潜伏期短20~40毫秒，慢成分潜伏期长200~350毫秒。

(二) 电针“百会”、“肾门”穴组能完全抑制胫神经皮层诱发电位的快、慢成分，电针前肢的“抡风”、“三阳络”穴组对胫神经皮层诱发电位的抑制作用较差或不明显。据此作者认为电针穴位的镇痛作用可能与脊神经的节段性分布原理有关。

(三) 伤害性刺激胫神经皮层诱发电位的慢成分容易为静注镇痛剂度冷丁所抑制，这提示胫神经皮层诱发电位的慢成分能反映疼痛，也说明了电针具有镇痛作用。

(四) 根据上述实验结果，作者认为黄牛胫神经皮层诱发电位的慢成分可作为疼痛性指标，为针麻研究工作中进一步选择较佳电针参数和穴组提供客观的依据，为开展大家畜镇痛原理的研究和镇痛药物的试验打下基础。

## 参考文献

- [1] 于船主编：《中国兽医针灸学》，农业出版社出版，1984年。
- [2] 中山医学院针麻原理研究室：大脑皮层与针刺抑制内脏痛的关系，《中山医学院学报》，(1) 1980, 1~8。
- [3] 中医研究院针灸经络针麻组：电针刺激穴位时刺激颈部皮神经引起的大脑皮层诱发电位的影响，《针刺麻醉理论研究资料选编》，203~209，上海人民出版社出版，1973年。
- [4] 杜焕基等：猫的针刺镇痛作用观察，《科学通报》，19 (6) 1974, 277~280。
- [5] 沈锷：痛觉和痛觉的调制，《生理科学进展》，10 (3) 1979, 193~199。
- [6] 陈宜张：《神经系统电生理学》，人民卫生出版社，1981年。
- [7] 张香桐：针麻镇痛的神经生理学基础，《中国科学》，(4) 1978, 456~473。
- [8] Burgess P. B. & Perl E. R., 1967 Myelinated afferent fibres responding specifically noxious stimulation of the skin. *J. Physiol.* (1) 90: 541.
- [9] Handwerker, H. O. & zimmermann, H; 1972 *Brain Res.* 36: 537.
- [10] Sisson and Grossman's, 1975 *Anatomy of the domestic animals*. 5th edition 678~680.
- [11] Venes, J. L. et al: 1972. E E G, *Clin Neurophysiol.* 33: 207.
- [12] zottermann Y, 1939, Touch, pain and tickling. *J. Physiol.* 95: 1.

STUDIES ON THE ROLE OF THE CEREBRAL COTREX  
IN ACUPUNCTURE ANALGESIA

III. Preliminary Observations on the Effect of Electro-Acupuncture on the Slow Component of Cortical Evoked Potentials (Cep) in Cattle

Wu Jianxin

(Department of Animal Husbandry and Veterinary Medicine)

ABSTRACT

The Present work was carried out on 15 head of cattle each weighing 70~200 kg. The purpose of the experiment is to study the effects of acu-puncture in cattle on the electrical activity of the cerebral cortex.

The tracheal intubation, craniotomy and exposure of tibial nerve were performed under pentobarbital sodium anaesthesia at the beginning of surgical preparation. The surgical sites on the head and the neck were also anaesthetized by line blocks. In addition, a cornual nerve block was performed. The animals were immobilized with flaxedil and were subsequently maintained on artificial respiration. For each

experiment, the cortex was exposed unilaterally and the opposite tibial nerve was isolated. The tibial nerve was stimulated with the rectangular wave pulses. The amplitude was 10-25 v. The CEP were recorded in the contralateral cortical tibial nerve projection area with a silver ball electrode. The effects of electro-acupuncture analgesia were then observed and compared with anodyne dolantin. The main results obtained were as follows,

(1) The maximal cortical potentials evoked by stimulating contralateral tibial nerve in cattle were recorded in the middle Sylvian gyrus just in front of the middle branch of Sylvian Fissure, which might be called the tibial nerve projection area. This CEP expressed a rapid component with short latency and a slow component with a long latency. The rapid component was a biphasic positive-negative wave. Its latency was short (30-50 msec). The positive phase was larger than the negative. The amplitude was 400-800  $\mu$ v. Its duration was 30-50 msec. The slow component was a positive wave with a long latency (250-350 msec). Its amplitude was 100-200  $\mu$ v. The duration was 30-40 msec.

(2) When "bajhui" "shenmen" group of points were stimulated by electro-acupuncture, the two components of the cortical tibial nerve evoked potentials were both completely inhibited, and the slow component was more facile to be inhibited.

(3) When the "chjang-feng" "sanyanglo" group of points were stimulated by electro-acupuncture, the cortical tibial nerve evoked potentials could not or could only be partially inhibited.

(4) After administration of dolantin (10mg/kg i. v.), the tibial nerve was stimulated with intense pulse current (10-25 v). The CEP expressed only the rapid component, the slow component was absent, and then recovered after 20-30 minutes indicating that the slow component might be most possibly concerned in pain.

The above results showed that the mechanism of analgesic effect of electro acupuncture might be concerned with segment innervation of the nerve system and that the slow component of the CEP could be taken as an objective indicator of pain reactions in the study of acupuncture analgesia. It might also be used for finding out more effective points and appropriate parameters for electro-acupuncture.

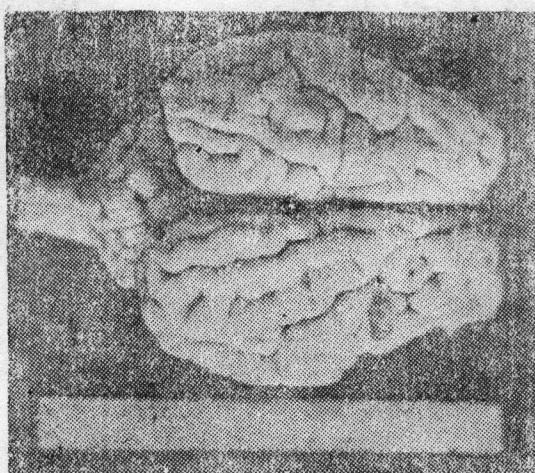


图1 黑色标记为胫神经大脑皮层投射区的部位。照片来自第15号黄牛，年龄2岁，体重100公斤。

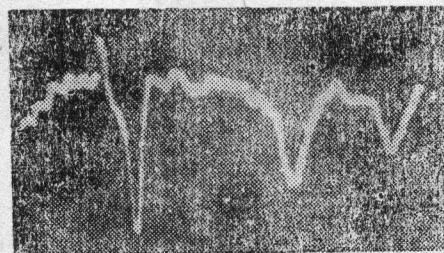


图2 单个诱发电位，背景中可见到一个个的小方格，为示波器上标尺的刻度，每小格一厘米，扫描速度50毫秒/厘米，振幅20毫伏/厘米，快成分潜伏期20毫秒，振幅72毫伏。慢成分潜伏期220毫秒，振幅80毫伏（该照片来源与图1相同）。

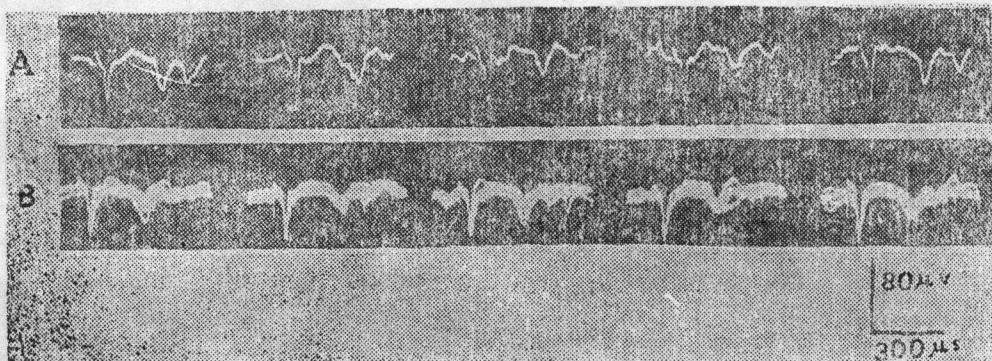


图3 电针前记录到的黄牛胫神经皮层诱发电位，A为单张摄影连续5张，B为扫描5次/张，连续5张。（照片来源与图1同）。右方为标准校正信号，纵坐标表示峰波值为80毫伏，横坐标为时间30毫秒。以下各图校正信号相同。

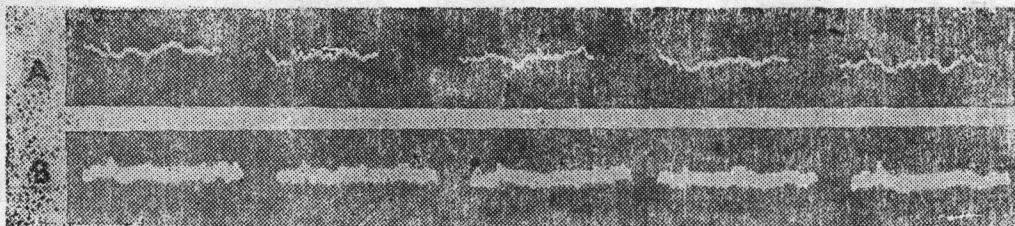


图4 “百会”、“肾门”穴组电针时完全抑制皮层诱发电位的快、慢成分，其它条件与图3同。

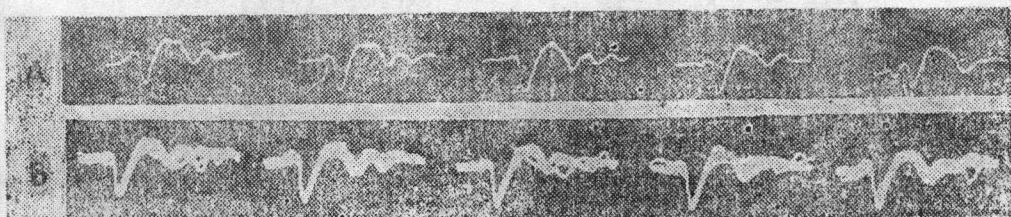


图5 停止电针“百会”、“肾门”穴组后诱发电位恢复，其它条件与图3同。

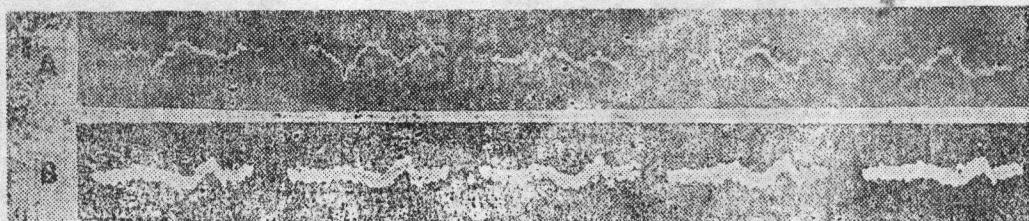


图6 为电针“抡风”、“三阳络”穴组时对胫神经皮层诱发电位的抑制情况，仅部分抑制，其它条件与图3同。

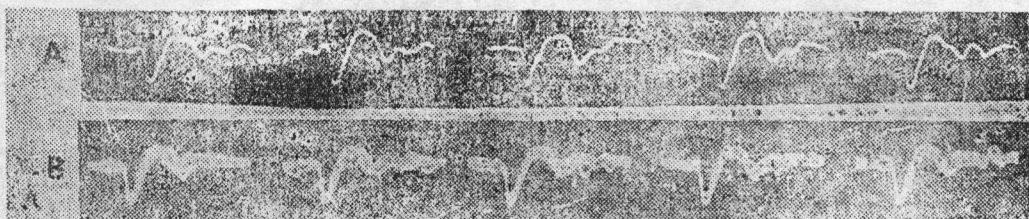


图7 停止电针“抡风”、“三阳络”穴组后诱发电位快、慢成分均恢复，其它条件与图3同。

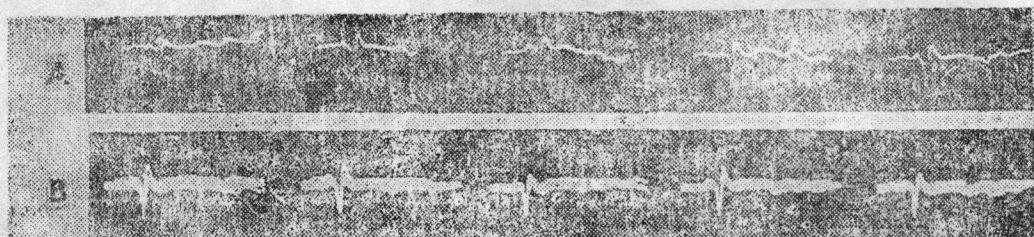


图8 静注度冷丁5分钟后，胫神经皮层诱发电位的慢成分被抑制，快成分仍存在，其它条件与图3同。

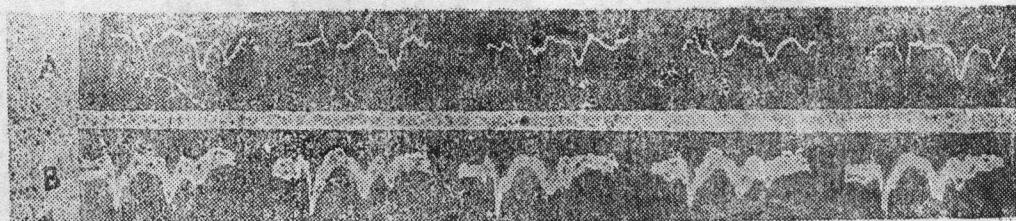


图9 静注度冷丁30分钟后，皮层诱发电位的慢成分重新出现，其它条件与图3同。