压迫或针刺跟腱引起的腓肠神经传入放电

张淑浩　魏仁榆　毛建萍

（中国科学院上海生理研究所）

已有动物实验证明，夹挤跟腱可以抑制丘脑中央外侧核单细胞的诱发"痛"放电和束旁核与痛有关的细胞自发节律放电[1,2]．我们也曾观察到电针跟腱可缓解人流术引起的不良感觉和反应[3]．有趣的是，捏跟腱引起的主观感觉和针刺某些穴位引起的"针感"非常相似．而且已有临床总结显示这种"针感"是与镇痛效果有关[4]．它是通过神经传入的[5,6]．现有的形态学研究表明跟腱的神经支配有两种来源，其一是肌神经，另一是与它相邻近的皮肤神经（腓肠神经）的深支[7]．对于前一种支配已有许多研究报告[8-11]，而后一种至今只有形态学的报道[7]．

针刺或夹挤跟腱引起的传入信号，除通过肌肉神经外，是否也可通过支配深层组织的皮肤神经分支向中枢传送？本项工作的目的是在猫的腓肠神经上，用剥离纤维细束的方法研究这种可能性，并对所观察到的结果在针刺镇痛中的可能作用进行讨论．

方　　法

实验动物为体重 2.5 公斤左右的成年猫，用戊巴比妥钠（40mg/kg）腹腔注射麻醉．在后肢腘窝上端分离出腓肠神经．小心地切开小腿后面的皮肤，暴露跟腱和腓肠肌并将腓肠神经的皮肤支全部切断．刺激电极为直径 0.5 毫米的银丝，放在位于腘窝的腓肠神经上．用波宽为 0.1—0.3 毫秒的方波作为电刺激，在腘窝上部把腓肠神经分成细束，置放在直径为 30 微米的两根白金丝电极上作双极引导．采用"逆向碰撞"的方法测定各单位传导速度[8]．记到的电位，经放大后用 SBR-1 型双线示波器显示，作照像记录．或先用 L-323 型磁带录音机记录，然后用 JSY-1 或 TQ-19 生物医用电子计算机处理．施于跟腱的自然刺激包括：用毫针针刺、用玻璃棒或弹簧压力棒压迫、用夹子式测痛器夹挤以及用力牵拉等四种．仔细地标定感受野范围，然后分层剪下深层组织直到最后再刺激该区不能引起传入放电为止．

结　　果

实验资料来自 15 只猫，共观察 37 个单位的电活动，其中 32 个单位做了传导速度的测定，5 个未测传导速度的单位中有 3 个明显的属于 c 类，传导速度的分布如图 1 所示．根据传统的分类方法[12]，将传导速度为 40—85 米/秒的神经纤维称之为 $A\alpha$ 纤维，低于 30 米/秒的称之为 $A\delta$ 纤维．传导速度在 2.5 米/秒以下的归为 c 类纤维[11]．在 32 个单位中，有 5 个为 $A\alpha$，13 个为 $A\delta$，14 个为 c 类单位．细纤维（包括 $A\delta$ 和 c 纤维）与粗纤维（$A\alpha$）之比，约为 4:1．这一结果和前人形态学的观察结果是一致的[7]．除一个 $A\alpha$ 单位和牵张感受器的放电特性相似外，其余单位都和以前我们所观察的压力感受器一样，对牵拉肌肉不敏感，但压迫感受野时却能在

本文 1977 年 10 月 5 日收到．

其传入纤维上记录到大量传入放电[13]. 在本实验中所观察到的单位动作电位幅度通常为100—200微伏.

（一）自发放电

在35个单位中,有自发放电的单位共8个,其中4个属于c类,3个属于$A\delta$. c纤维的自发放电频率较低,通常为1—4次/秒. $A\delta$纤维5—14次/秒. $A\alpha$只有一个单位有自发放电,其频率最高为24次/秒,此单位和肌肉神经中的牵张感受器的传入纤维一样,对牵拉很敏感.

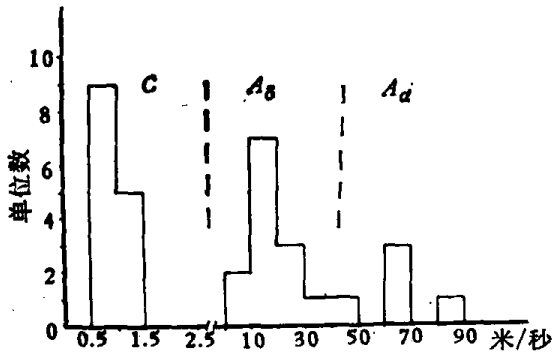

图1 $A\alpha$、$A\delta$和c纤维各单位动作电位传导速度分布图

纵坐标: 纤维数目;
横坐标: 未经温度校正的传导速度

（二）对机械刺激的反应

在35个单位中,除有一个$A\alpha$单位如上面所述具有类似牵张感受器的特点之外,其余的单位一般都对牵拉不起反应. 我们曾对8个单位进行比较仔细的观察. 当用500—700克的拉力牵拉跟腱时只有2个$A\delta$单位在牵拉期间发放1—2个冲动,其余6个单位都没有反应,说明牵拉不是它们的适宜刺激. 与此相反,这些单位对压迫刺激都有不同程度的反应. 这一点和以前在胫前肌神经所观察的压力感受器很相似[13].

对压迫刺激的反应的瞬时频率一般是10—30次/秒,最高可达80次/秒. 放电型式大致可分为三类: 一类在持续压迫时有持续的大量放电,如图2所示. 35个单位中有26个单位是这种放电形式,其中$A\alpha$ 3个,c类10个,有13个$A\delta$单位都属于这一类. 第二种类型有8个单位,其中$A\alpha$ 2个,c类6个,它们对压迫有短串放电. 另外有一个单位在压迫时有少量放电,是属于c类为第三种类. 不同类型的单位对压迫刺激的反应阈值不同. 若将压迫刺激分为轻压、中压和重压三个等级,c单位中只有三个对轻压起反应,大多数对中压或重压起反应. 与此相反,多数$A\alpha$和$A\delta$单位只要用轻压或中压就能起反应. A和c纤维的这种差异和以前在胫前肌神经所观察的结果很相似[13,14]. 有6个单位用弹簧压力棒(截面积为1.8毫米^2)或夹子式测痛器仔细地测量其阈值,最高为500—700克,是属于c纤维. 最低10克,是$A\alpha$纤维. 此外,有的单位只对压力变化敏感,对持续的压力很快就适应,因此,只在施加或撤除压

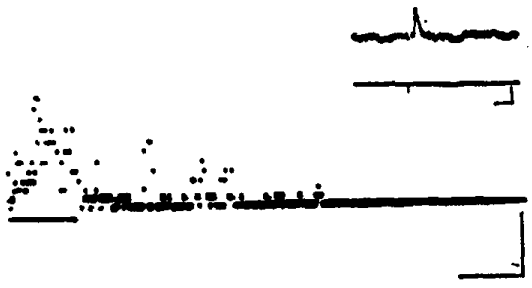

图2 持续压迫感受野时感受器的放电及后放电

右上角: 上线为单位动作电位,传导速度30米/秒. 校正电压: 100μv, 时标: 5ms; 下线为刺激标记(下同). 正图: 用TQ-19计算机处理的感受器传入放电密度序列图. y向为脉冲数; x向为时间顺序(下同).——为表示压迫刺激标记. y校正: 5.3个脉冲;时标: 28.5秒

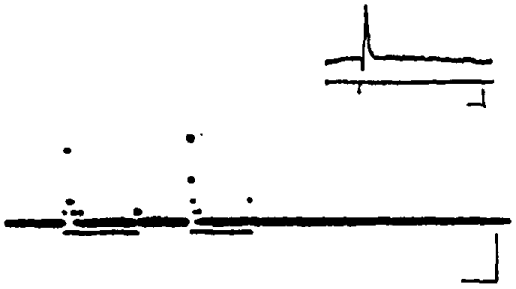

图3 在感受野施加和撤除压迫刺激时引起的两个短串放电

右上角: 上线为单位动作电位,传导速度60米/秒. 校正电压: 100μv,时标: 2ms;下线(同前).正图: 用JSY-1型计算机处理的密度序列图(说明同前) y校正: 4个脉冲;时标: 16秒

力刺激时有二个短串的电反应，如图 3 所示.

（三）对针刺刺激的反应

有 20 个单位用玻璃棒找到明确的感受野后，再用毫针刺入最敏感点，除一个单位外，其余的单位对针刺都有反应（图 4）. 它们放电频率的变化范围从 1 次/秒—80 次/秒. 其中有 11 个单位的放电频率在 10—30 次/秒之间. 按其放电型式也可大致分为持续、短串、少量三类. 值得提起的是仅有的 2 个 $A\alpha$ 单位都是短串反应，而 $A\delta$ 和 c 单位的电反应多数是持续的.

（四）后放电

有 15 个单位，它们都属于 $A\delta$ 或 c 纤维，在停止压迫或针刺刺激之后有持续时间长短不等的后放电（图 2、4）. 其中有 4 个单位原来就有低频自发放电，而后频率显著增加. 有二个单位最长可达半小时以上. 这种后放电和以前在肌肉神经 c 纤维所观察到的现象很相似[14]，它是一种低频的不规则间歇型放电，频率在 2—24 次/秒之间，多数在 10 次/秒以下.



图 4　在感受野施针时感受器的放电及后放电

右上角：上线为单位动作电位，传导速度0.52米/秒. 校正电压：100μv，时标：10ms. 下线（同前）. 正图：用 TQ-19 计算机处理的感受器放电密度序列图（说明同前）. ↑进针；——提插捻转；……留针；↓起针. y 校正：5.3 个脉冲；时标：28.5 秒

（五）感受野

神经解剖学研究[7]表明，腓肠神经的深支是从肌腱与肌肉的交界处进入跟腱区，然后分布在肌腱和腱膜上的. 我们用电生理学方法，除证明确有许多单位的感受野位于跟腱浅表外，还观察到许多感受野位于跟腱的深部，甚至在肌肉中.

在我们所观察的 37 个单位中，感受野在跟腱相当于人体昆仑穴周围及后沿或在跟腱与肌肉交界处相当于人体承山穴附近的有 16 个单位，在腓肠外侧肌上有 11 个单位，在外踝相当于人体的申脉穴附近的有 6 个单位. 另外，在腓肠内侧肌上和跟腱内侧各有一个单位，还有两个单位感受野在腓肠神经干的结缔组织上.

讨　论

最近，有人在鼠身上所做的实验证明，腓肠神经除了皮肤传入和交感传出外，还有躯体传出纤维，它们支配小趾短屈肌、小趾伸肌和蚓状肌[15]. 形态学观察表明，该神经也有支配跟腱表层的传入纤维[7]，我们在本实验中用剥离纤维细束的方法，观察到针刺或压挤跟腱可引起腓肠神经深支的各类纤维兴奋. 它们的末梢不仅分布在跟腱的浅表，而且也有分布在肌层中的，在这些传入纤维中细的与粗的纤维的比值大约为 4:1，这和形态学的观察结果是一致的[7]. 从它们的放电特性来看，绝大多数单位都和肌神经中的压力感受器传入纤维一样[13]，对牵拉肌肉不敏感，而对于压迫或针刺其感受野则可产生大量的传入放电.

上述实验结果表明，针刺或夹挤跟腱引起的深部压力感受器传入放电，除主要通过肌肉神经外，有一部分可经由邻近的皮肤神经深支向各级中枢传递，在那里与痛源来的传入讯号发生整合作用以达到镇痛的作用. 此外，上述结果还说明为什么只刺激皮肤神经也可部分地缓解该神经支配区的深部痛这一临床现象[16].

[下转 549 页]