

循经感传和循经肌电反应*

朱 兵** 荣培晶 李宇清 贲 卉 徐卫东 高昕妍

(中国中医研究院针灸研究所, 北京 100700)

摘要 应用电生理技术证明针刺引起循经感传现象的同时伴发有循经肌电发放, 循经感传速度和循经肌电步进速度在厘米每秒范围. 停止刺激后, 循经感传现象首先在远端消失, 并逐渐向近端推移, 与此相应, 肌电信号亦是首先在远端停止. 分别采用臂丛神经阻滞和不影响感觉系统的区域性肌肉非动化阻滞法, 循经感传和循经肌电信号一同消失, 表明这些现象有赖于感觉-运动反射活动的相互作用.

关键词 经络 循经感传 循经肌电 臂丛阻滞 孤立臂

人们普遍认为, 肌肉的活动度受皮肤、肌肉和关节传入活动的正反馈调节^[1,2], 骨骼肌感受器的传入将引起该肌运动神经元兴奋, 以维持肌肉功能的活动状态^[3,4], 肌肉的活动也能刺激这些组织的感受器和/或传入纤维^[5-8]. 这些传入-传出的活动对运动的控制和肌动觉的维持起重要作用. 经络现象, 也就是刺激某些穴位引起的沿经脉感觉发生的“循经感传”现象与这些感觉和运动的相互作用密切相关. 经络学说是中医学的核心理论之一, 它具有自身完整的结构框架和理论体系, 并能有效地指导针灸临床实践. 它是以十四经脉为主线, 构成一个复杂的人体功能联络、调控系统. 从 20 世纪 70 年代开始在大样本调查的基础上, 国内外一些学者都观察到循经感传现象^[9], 从而引起了人们对经络研究的重视. 由于循经感传是一种主观感觉现象, 没有得到确凿的实验研究的证实. 因此, 寻找一种客观指标证明循经感传现象以及探讨这种现象产生的机理显得尤为重要, 但是, 对循经感传的机理缺乏深入研究. 近些年来有些实验室开始从骨骼肌和运动神经元的反射特性探讨循经感传与肌肉-运动神经元之间的联系^[10,11]. 本研究在人体采用针刺穴位(包括穴位按压、手针和电针刺激)诱导循经感传, 同时记录在感传轨迹中的肌电反应及这种反应与循经感传的功能联系, 探讨循经感传产生的机理.

1 对象与方法

实验在 30 位无明显神经肌肉系统疾病的健康自愿受试者(男 16 名, 女 14 名; 年龄在 20~45 岁)中进行, 所有自愿受试者都了解实验的目的程序和 Helsinki 宣言内容. 共检测了 48 条经络的循经感传线与循经肌电反应(包括手部大肠经 33 条、心包经 4 条、肺经 5 条、足部胃经 5 条、膀胱经 1 条). 循经感传敏感者通过普查发现, 激发循经感传的刺激包括按压、经皮电刺激或针刺穴位. 每位受试者均先进行预实验, 记录受试者刺激引起的感觉形式和感传路线. 然后在感传带区及对照点共安放 8 对直径为 0.8 cm 的圆盘银质皮肤表面记录电极作为记录肌电之用, 肌电信号输入 RM-6000-8 道电生理记录仪和 Power-Lab

2001-03-12 收稿, 2001-05-10 收修改稿

* 国家自然科学基金(批准号: 39170894)和国家攀登计划(批准号: 95-预-19-112)资助项目

** E-mail: bingzhu@21cn.com

处理系统. 在循经感传带的内外侧旁开 3~4 cm 处各安放 1 对对照电极, 其余 6 对电极均等距离安置在循经感传带上. 实验时受试者、施术者和记录仪操作员采用双盲法, 受试者在人体图上描画出感传路线并根据笔的移行记录传导速度.

为了探讨循经感传和循经肌电与神经系统活动的反射联系, 采用臂丛麻醉实验和前臂区域性肌肉无动化实验, 以观察对循经感传和循经肌电活动的影响. 在受试者锁骨中点上 1~2 cm 处注入 2% lidocaine(10~12 mL)以阻滞臂丛神经的传导活动. 局限性神经-肌肉传导阻滞(孤立前臂)实验是在前臂用血压计充气至 37~38 kPa 的压力以阻断血流, 取 0.3 mg 非去极化肌松剂 vecuronium(溶于 20 mL 5% 葡萄糖生理盐水中), 在 90~120 s 之内注入手背静脉, 前臂肌肉无动化阻滞在注射后 30 s 之内出现^[12].

实验开始后, 刺激穴位激发循经感传, 同时监测各电极位置的循经肌电信号, 并通过 WS-682G 热敏打印机连续打印记录.

2 结果

2.1 循经感传与循经肌电活动的一般性质

30 位受试者中有 9 人(男 6 名, 女 3 名)用按压、经皮电刺激或针刺双侧合谷穴均未激发循经感传, 也未记录到明显的肌电信号. 另有 7 人(男 5 名, 女 2 名)用按压、针刺合谷等穴均可激发感传, 但肌电信号不明显, 有时仅在距离刺激穴位较近的部位记录到散在的 $<10 \mu\text{V}$ 的肌电信号. 其余 14 人(男 6 名, 女 8 名)用按压、经皮电刺激或针刺大肠经合谷穴(11 人次)、心包经中冲穴(3 人次)、肺经少商和鱼际穴(3 人次)、胃经解溪、足三里、下巨虚等穴(4 人次)、膀胱经大肠俞(1 人次)等可诱发循经感传. 感传路线基本循肢体长轴传导, 有一定的循经性但变异较大. 感传性质以麻、重、胀、痛为主, 呈带状, 边缘不清楚, 并在感传区域记录到连续发放的肌电信号, 肌电振幅在 $10\sim 150 \mu\text{V}$ 之间, 但旁开感传线 3~5 cm 处肌电不明显, 或振幅明显降低. 在上肢诸经脉中, 感传可达臂、肩胛部和前胸, 沿途记录电极大都可记录到肌电信号(图 1).

需要强调的是, 不是所有的穴位刺激都能引起循经感传. 能够引起感传和记录到稳定的肌电信号的刺激位置多位于肢体末端肌肉和肌腱部位, 这些部位的非穴位刺激有时也可引起循经感传和循经肌电活动. 在 13 位受试者中, 有 6 人电针刺激鱼际穴旁 2 cm 处亦可引起沿着类似心包经的路线感传.

2.2 循经感传速度与循经肌电的步进速度及停止刺激后循经肌电的消退

除去主诉不清和传速太快的情况, 可供分析的循经感传速度有 12 人. 从刺激手掌部穴位(如合谷、中冲、鱼际等穴)开始到感传达腕部, 该段的传导速度约为 0.6 cm/s , 这种较慢速现象可以理解为从施加刺激到产生感传需要一定的诱导时间, 从腕部至肘部平均感传速度约为 $(2.5 \pm 1.6) \text{ cm/s}$, 从肘至肩(或腋下)的平均感传速度约为 $(2.0 \pm 0.8) \text{ cm/s}$, 胃经在下肢的平均传导速度约为 $(2.7 \pm 1.00) \text{ cm/s}$.

在循经感传的同时出现循经肌电发放的受试者中, 能完整分析循经肌电反应时间的有 5 例. 经过统计学处理表明, 循经感传的平均传速为 $(2.0 \pm 0.8) \text{ cm/s}$, 循经肌电活动出现的步进速度为 $(2.3 \pm 0.8) \text{ cm/s}$, 它们之间显示完全正相关. 说明感传需要肌电对感觉神

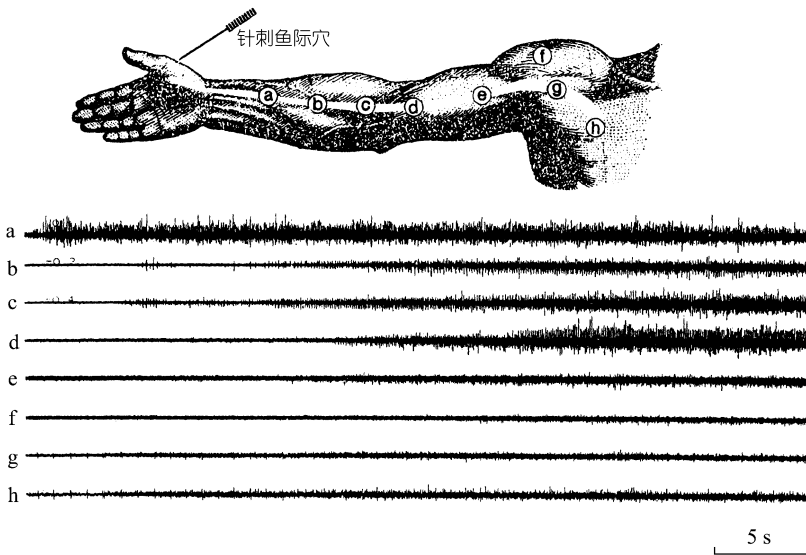


图 1 在循经感传线上记录到的机电反应

在针刺鱼际穴诱发循肺经感传线上(镂空部分)安放 8 对记录电极,可观察顺序出现的机电信号,即首先在记录电极 a 记录到机电,并逐渐向远端推移步进.记录电极的位置离刺激点越远,机电的潜伏期越长,振幅越低(f 导电极位为感传线外对照点)

经的继发性刺激,提示循经感传与循经机电发放有密切相关性.

穴位刺激停止后感传现象和机电反应逐渐消失,但循经机电则持续一段时间,有时可以看到机电消退首先出现在距离刺激部位最远的部位,并逐渐向近端推移,以至最后消失,出现一种由远至近的机电逐渐消退现象(图 2).

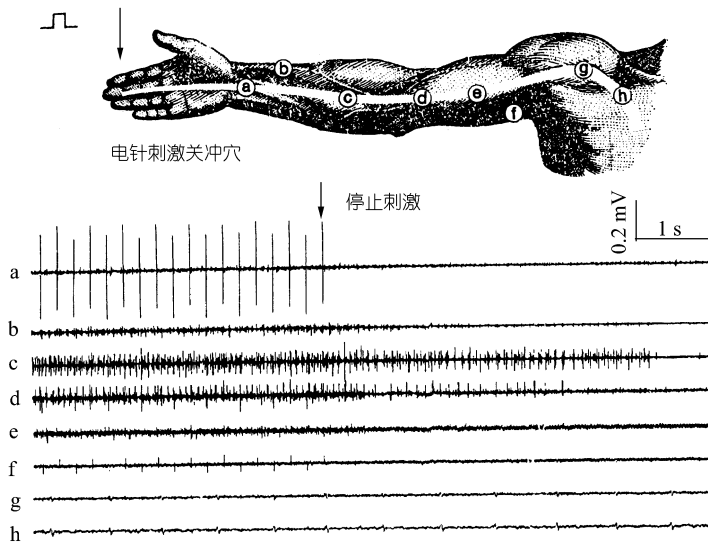


图 2 停止电针刺激与机电消退的关系

停止肺经关冲穴电针刺激后(可见电脉冲伪迹)循经机电首先在远端,最后在近端消失.如图所示,停止刺激后(e)导联的机电仅持续半秒钟左右即消失,接着是 d,c,b 导联的顺序消失,最后消失的是 a 导联(由于 a 电极安置位置是肌腱部,机电信号很弱,但仍可在记录纸右侧边缘看到机电信号),f 导联为感传线外对照点

2.3 循经肌电分布范围的分析

为了确定循经肌电的分布范围,我们对 8 例受试者进行了环肢实验,将 8 对记录电极分别围绕前臂和臂部成环形安放,观察在哪些区域可记录诱发肌电信号.在针刺合谷穴时,基本循肺-大肠经产生感传,感传呈带状,循经肌电也是呈带状分布.环肢记录结果表明仅在感传的带状区域内记录到明显的肌电信号,在其附近的电极只存在振幅小得多的肌电反应,其他电极则完全记录不到.这些结果表明,肌电信号仅在循经感传区域内出现明显,表明二者之间具有重合的循经性(图 3).

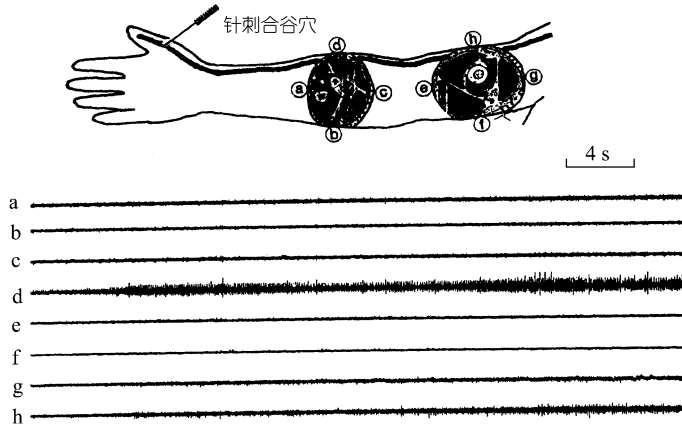


图 3 循经肌电只出现在循经感传带上

刺激合谷穴引起的感传循大肠-肺经上传,在前臂和上臂安放 8 对电极仅在感传线上记录到肌电(d, h 导联)

2.4 臂丛麻醉和局限性神经-肌肉传导阻滞对循经感传和循经肌电的影响

为了探讨这种循经肌电产生的机理,我们对 6 名自愿者(男 3 名,女 3 名)进行了臂丛阻滞麻醉实验,观察这种肌电发放是否与脊髓功能有关.合谷穴刺激能引起稳定的循经感传和循经肌电发放.在锁骨中点上 1~2 cm 处行锁骨上臂丛阻滞,受试者的痛觉、温度觉和压觉一般在 5~10 min 消失(触觉有时保留),肢体不能抬起.同时作为脊髓反射是否完整依据的 F 波消失,表明臂丛神经基本阻断.此时继续刺激穴位,既不能引起循经感传,也完全记录不到循经肌电信号,这种反应可持续 60~90 min.随着药物的降解,循经感传和循经肌电信号又重复出现,表明循经感传和循经肌电有赖于反射弧的功能完整与感觉和运动的相互作用.

对 7 名上肢循经感传阳性自愿受试者进行了 10 次孤立前臂的实验.针刺、指压或穴位电刺激(合谷、劳宫等穴)可引起循肺经、心包经感传,并在其感传轨迹上记录到沿经肌电活动,气囊压迫阻断血流时感传的分辨能力在阻滞区远端有所减弱,但仍可分辨.开始注射肌松剂后,受试者逐渐感觉到注射区有麻痛感,孤立的前臂随着药物注射量的加大逐渐出现肿胀,皮肤毛细血管被扩张而潮红.在阻滞区手指握力减弱和消失的同时,各导程肌电也逐渐减弱、消失,循经感传随之亦同步消失,仅在刺激的穴位附近仍然有感觉存在,阻滞区的远心端肌电信号和循经感传现象也随之减弱和消失(图 4).在循经感传和循经肌电消失后,立即撤去肘部压力,孤立区的静脉血迅速回流加入血液循环,肌松剂也随之运走,此时部分受试者可出现约 3~5 min 眼睑下垂、复视等反应.大部分受试者在 8~10 min 后,针刺引起的循经感传和循经肌电开始逐渐恢复,二者之间恢复的时间存在明显的同步.

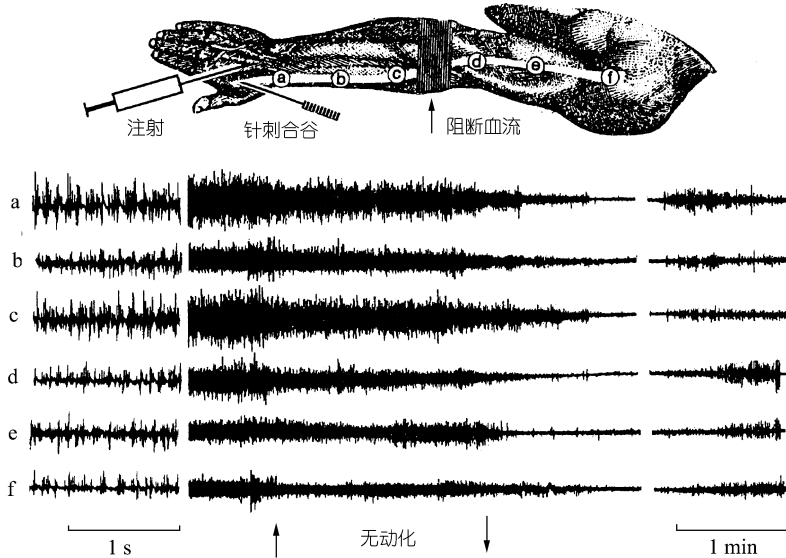


图 4 局限性神经-肌肉传导阻滞对循经感传和循经肌电的影响

上部为实验设计, 左侧为局部肌电放大. 针刺引起的循经感传(镂空部分)和循经肌电可被孤立臂实验阻断, 10 min 后, 针刺引起的循经感传和循经肌电开始逐渐恢复

3 讨论

根据我们的实验观察, 循经感传是存在的, 它不仅是一种主观的感觉迁移现象, 而且可以循经肌电为指标而客观化. 虽然还不能证实循经感传是一种普遍现象, 但它确实可以在一定的人群中出现. 循经感传不但穴位刺激可以引起, 有时非穴位刺激亦可诱发, 说明这种位移性感觉是一种生理现象. 我们进一步证实, 循经感传和循经肌电发放是一种因果关系, 在臂丛阻滞两者都消失. 肌松剂不对感觉神经产生影响, 但可阻断神经-肌肉运动终板的传递, 使骨骼肌纤维不能发生兴奋收缩, 故不能以肌纤维去极化电位形成的电流继发性刺激肌肉中的神经组织, 从而使循经感传现象消失. 一些研究表明, 感传的深度也与肌肉的位置有关, 肌肉丰满处感传位置较深, 肌肉浅薄处则感传位置较浅. 循经感传多呈带状, 其宽的地方有时与肌腹相当, 而在肌腱部位多呈条索状^[9]. 谢益宽等人^[10]也在动物实验中观察到脊髓运动神经元对穴位刺激的反应具有循经的特性. 因为有些运动神经元仅对同一经脉上穴位刺激发生反应, 而旁开的另一经脉刺激基本不发生反应. 因此, 循经感传现象是一系列与传入-传出反射有关的沿经脉出现的神经-骨骼肌兴奋耦联的继发性激活效应.

一些研究表明, 肌肉、关节和皮肤的传入活动与肌肉功能存在互为因果的关系, 这些感受装置的传入能调节相关肌肉的活动度^[3,4]. Pratt^[2]进一步证实伸肌的传入活动能兴奋其运动神经元, I b 类传入引起的反射能从一块肌肉散布到肢体的其他肌肉^[13,14]. 骨骼肌的活动也能反复激活肌肉中大量低阈值的 I ~ II 类传入纤维^[8,15,16]. 根据 Torebjörk 等人^[17]采用神经内微刺激的方法证实, 这些传入活动能够进入意识领域, 并与循经感传的感觉形式基本相同. 研究表明, 循经感传和循经肌电反应能够跨越关节, 涉及骨骼肌-骨骼肌间的“传递”性质. Pearson 等人^[18]观察到, 来自跖肌 I a, I b 和 II 类传入纤维活动可反射性引起其接续肌腓肠肌(协同完成关节活动)的运动神经元兴奋, 进而引起肌肉收缩. 根据谢益宽等人^[10]的工作, 脊髓运动神经元池

能特异募集来自同一经脉协同肌的传入活动, 这些传入活动可在运动神经元间以树-树突触的方式发生联系.

综上所述, 循经感传的机理与神经-骨骼肌系统的功能有关. 动物实验已经证明, 骨骼肌在兴奋过程中的肌动作电位形成的电流能够继发性激活穿行其间的传入背根神经和传出的腹根神经^[19], 如果这种穴位或一定部位(针)刺激引发的局部神经-肌肉组织的原发性激活和沿骨骼肌的长轴方向(也与肢体和躯干以及经脉循行的长轴方向相一致)出现的感觉和运动继发性兴奋出现在经脉循行的部位, 就有可能沿经脉出现感觉迁移(循经感传现象)和肌电反应, 经络就可能以这种形式实现局部与整体的联系.

参 考 文 献

- 1 Prochazka A, Gillard D, Bennett D J. Positive force feedback control of muscles. *J Neurophysiol*, 1997, 77: 3226~3236
- 2 Pratt C A. Evidence of positive force feedback among hindlimb extensors in the intact standing cat. *J Neurophysiol*, 1995, 73: 2578~2583
- 3 Pearson K G. Proprioceptive regulation. *Curr Opin Neurobiol*, 1993, 5: 786~791
- 4 Hiebert G W, Pearson K G. Contribution of feedback to the generation of extensor activity during walking in the decerebrate cat. *J Neurophysiol*, 1999, 81: 758~770
- 5 Millar J. Joint afferent fibers responding to muscle stretch, vibration and contraction. *Brain Res*, 1973, 63: 380~383
- 6 Grigg P, Greenspan B J. Response of primate joint afferent neurons to mechanical stimulation of knee joint. *J Neurophysiol*, 1977, 40: 1~8
- 7 Hulliger M, Nordh E, Thelin A E, et al. The responses of afferent fibres from the glabrous skin of the hand during voluntary finger movements in man. *J Physiol Lond*, 1979, 291: 233~249
- 8 Burke D, Gandevia S C, Macefield G. Responses to passive movement of receptors in joint, skin and muscle of the human hand. *J Physiol Lond*, 1988, 402: 347~361
- 9 朱 兵. 针灸的科学基础. 青岛: 青岛出版社, 1998. 523~640
- 10 谢益宽, 李惠清, 肖文华. 经络和循经感传的神经生物学研究. *中国科学, B 辑*, 1995, 25(7): 721~731
- 11 马 超, 郑 政, 谢益宽. 背最长肌反射性肌电活动的循经感传特性. *科学通报*, 2000, 45: 1982~1988
- 12 Campkin N T A, Hood J R. The isolated arm. *Anaesth Pharmacol Rev*, 1993, 1: 77~80
- 13 Bonasera S J, Nichols T R. Mechanical actions of heterogenic reflexes linking long toe flexors with ankle and knee extensors of the cat hindlimb. *J Neurophysiol*, 1994, 71: 1096~1110
- 14 Harrison P J, Jankowska E, Johannisson T. Shared reflex pathways of group I afferents of different cat hindlimb muscle. *J Physiol Lond*, 1983, 338: 113~127
- 15 Clark F J, Burgess R C. Slowly adapting receptors in knee joint: Can they signal joint angle? *J Neurophysiol*, 1975, 38: 1448~1463
- 16 Clark F J, Burgess R C, Chapinn J W. Proprioception with the proximal interphalangeal joint of the index finger. *Brain*, 1986, 109: 1195~1208
- 17 Torebjörk H E, Vallbo Å B, Ochoa J L. Intraneural microstimulation in man: its relation to specificity of tactile sensations. *Brain*, 1987, 110: 1509~1529
- 18 Pearson K G, Collins D F. Reversal of the influence of group Ib afferents from plantaris on activity in medial gastrocnemius muscle during locomotor activity. *J Neurophysiol*, 1993, 70: 1009~1017
- 19 朱 兵, 贲 卉, 徐卫东, 等. 骨骼肌电激活背根和腹根神经: “经感传” 机制研究. *中国中医基础医学杂志*, 1999, 5(6): 44~46