

针刺麻醉原理的初步探讨

中国医学科学院分院针麻组

针刺麻醉是从祖国医学针灸疗法的基础上发展起来的。针灸疗法的理论基础是经络学说。因此在针麻原理研究中必须要考虑经络问题，并希望能通过研究针麻来探讨经络实质。在针灸治疗中不同穴位对不同部位或不同脏器的特殊作用表现得比较突出，这种穴位相对特异性有它的生理学基础，通过对穴位相对特异性的研究来进一步认识经络是一个值得考虑的途径。

在针麻临床实践中，内脏牵扯反应是当前没有完全解决的一个主要问题。它是通过迷走神经和内脏神经传入的综合性反应。我们拟从分析针刺有关穴位对迷走神经和内脏神经传入性冲动的作用来探讨针麻原理并为克服内脏牵扯反应提供线索，同时比较不同穴位的作用，借以探讨穴位的相对特异性。

神经系统和包括神经介质、激素等在内的体液因素是生理机能调节中两个不可分割的组成部分。因此针刺镇痛作用中既有神经也有体液因素参与。但这些体液因素包括哪些方面？它们是如何起作用的？是一个值得研究的课题。

基于以上想法，我们在针麻原理的研究中，初步从两方面进行探索：一方面从分析针刺有关穴位对迷走和内脏神经传入性冲动的作用来研究针麻原理，并比较不同穴位的作用借以探讨穴位的相对特异性；另一方面研究针刺镇痛作用中是否有体液因素参与？

针对第一个问题，通过动物实验初步看到针刺动物“足三里”穴不但能抑制腹部迷走神经传入冲动在延脑中枢引起的电活动，而且能引起胃壁单胺氧化酶和胆碱酯酶的组织化学变化。同时还观察到针刺不同穴位对刺激动物内脏大神经引起的皮层及皮层下诱发电位的抑制效应也有差别，其抑制效果与这些穴位在针灸治疗腹部疾患和腹部针麻手术的效果一致，说明穴位有相对特异性。

关于体液因素，临床皮疱试验结果提示针刺作用有可能引起外周血液中致痛化学因子的变化。而应用动物肢体灌流和交叉循环的实验表明：针刺可以使体液因素发生变化通过血液作用于中枢和外周。从动物大脑皮层神经介质的分析，也看到刺激动物内脏大神经引起皮层乙酰胆碱活性增高，而针刺穴位又可使之减少。说明针刺镇痛作用有中枢介质参与。

以上仅从穴位的相对特异性和体液因素两方面对针刺的作用进行了初步探讨。实验证明：针刺对两种植物性神经的传入冲动在不同中枢水平都有作用。而且穴位的相对特异性无论在中枢或效应器官的神经机能变化中都能显示出来，并与临床效果一致。从实验中所应用的穴位的解剖部位来看，这种特异性似乎不能完全用神经的节段分布来解释。然则这种现象在神经解剖和生理学中意味着什么？是否在穴位与所作用的器官或部位之间还有其他未知的功能联系，这为我们提供了一系列值得注意的问题，这些问题的研究对阐明经络实质可能有所帮助。

实验也初步证明针刺镇痛作用中无论在中枢或外周确有体液因素参与。因而其成分

及来源并非单一的，可能神经介质、激素和外周其他体液因素或多或少都参与作用。这些体液因素与神经机能之间以及多种体液因素之间的相互关系在针刺镇痛作用中可能占有重要地位，值得重视。

我们的工作还不够深入，只是为今后研究提供了一些线索，针对所提出的问题，还需要进行大量的临床和实验研究(实验研究资料见本汇篇 39、50、61、68、69、70、71 等篇)。

针麻原理的探讨

江苏新医学院，江苏新医学院第二附属医院

在临床实践和动物实验中，针麻都表现了下述的共同特点：

1. 针刺局部穴位能够引起全身痛阈一定程度的提高。2. 去针后痛阈迅速下降或逐渐恢复到原有水平。3. 进针时有针刺感应现象。为了阐明针麻作用的原理，根据上述特点，我们设计了一组破坏针刺局部神经功能和结构的实验以了解神经系统与针麻效果的相互关系。

一、普鲁卡因封闭家兔“足三里”、“上巨虚”穴

对针麻效果的影响

方法

家兔缚于兔台，在一侧下肢按装刺激电极和记录装置（测痛和针麻的方法均同“体针、鼻针对家兔疼痛反应的影响”一文）。待兔对痛刺激反应稳定后连测三次痛反应强度，每次间隔五分钟，取其平均数作为对照值。然后在对侧下肢“足三里”、“上巨虚”二穴进针，连接电麻仪进行电针麻醉。对于针麻有效的家兔（即有连续三次疼痛反应下降超过对照值50%以上），在继续针麻情况下，用1%普鲁卡因沿毫针注入“足三里”、“上巨虚”穴中，每穴各注入2毫升以上。此时电针仍在通电，继续观察。

结果

12只家兔进行12次实验，有10只兔在针麻有效的基础上（痛反应下降）于穴位封闭后痛反应有不同程度的恢复，占84%，2只兔不恢复，占16%。且疼痛反应恢复时间亦有不同。10只兔中有6只兔在10分钟内恢复，其余4只兔在20~30分钟恢复。

讨论

本组实验是在针麻有效并继续针麻的条件下进行穴位封闭，封闭后绝大部分实验动物的疼痛反应均有不同程度的恢复。也就是说针麻的镇痛作用受到影响或完全无效。这是由于普鲁卡因阻滞了针刺部位的神经传导还是破坏了穴位的其他物质结构，从而影响其功能作用？则有待于进一步探讨。

二、切断家兔坐骨神经、股神经后

对针麻效果的影响

方法

取体重2公斤左右的家兔雌雄不拘。切开一侧下肢皮肤，在股三角处切断股神经，在大腿后侧下方处切断坐骨神经。缝好创口皮肤，立即进行针麻实验。在对侧下肢安装刺激电极和记录系统（同前）待疼痛反应稳定后，记录三次疼痛反应作为对照值，然

后在切断神经之肢体上针刺“足三里”、“上巨虚”穴进行电针麻醉。

结果

对切断一侧坐骨神经、股神经的兔子 15 只进行 15 次针麻实验，其中有 12 只家兔电针后疼痛反应不下降，占 80%，仅有 3 只兔电针后疼痛反应下降，占 20%。

讨论

本实验中仍然有 3 只家兔的疼痛反应下降超过对照值的 50% 以上，而且有少数家兔在针刺腧穴时仍有针感现象，我们就针刺的神经作用考虑有两种可能：①家兔对疼痛刺激的适应现象。②由于坐骨神经切断部位偏低，尚有少量神经纤维未能切除完全，同时还有分布于血管壁上的神经纤维是否也参与针麻作用？这些考虑将在下面实验中探讨。

三、切断家兔下肢体神经和破坏血管神经

对针麻效果的影响

方法

(一) 选健康家兔进行针麻实验（方法同前文），对确有针麻效果的家兔共 21 只全部进行下列手术：

1. 切断股神经和股外侧皮神经：对兔一侧下肢沿腹股沟切开皮肤，在腹股沟韧带下缘分离出股动、静脉和股神经，尽量在股神经尚未分支的高度切断之。并在腹股沟韧带的外上方分离股外侧皮神经切断之。

2. 腐蚀血管壁神经：用饱浸 5% 石炭酸溶液的薄棉片包裹在股动、静脉周围，保证血管四周均受石炭酸的腐蚀，10 分钟后除去棉片，缝合皮肤。

3. 切断坐骨神经：在兔同一侧下肢后面坐骨结节与髂前上棘联线的下 1/4 处切开皮肤，找到梨状肌下孔坐骨神经的出口处切断坐骨神经。

(二) 进行手术的 21 只兔分为二组：实验组，共 11 只兔，每兔均于手术后的当天、第二天、第三天各进行一次针麻实验，每兔术后均做了三次。实验方法同前，即待痛反应稳定后连续记录三次，每次间隔五分钟取其平均数作为对照值，然后针刺切断神经一侧的“足三里”、“上巨虚”穴，通以电针，连续观察 60 分钟，进针期间若疼痛反应变化不大，则去针后不再观察，反之，进针期间疼痛反应下降为对照值的 50% 以上且连续三次以上者，则去针后继续观察 30 分钟左右以了解疼痛反应的恢复情况。

对照组：共 10 只兔，每兔均于手术当天、第二天、第三天各进行一次对照实验，每次只给疼痛刺激和记录痛反应，不进行针麻，观察二小时，以了解其痛反应的变化。

结果

1. 对照组 10 只兔，手术后共做了对照观察 30 次，每次观察二小时，不进针。30 次实验中疼痛反应不下降的有 26 次，占对照组实验次数的 86.6%，疼痛反应下降超过对照值 50% 以上的有 4 次占 13.4%。实验组共 11 只兔，手术后共做针麻实验 33 次，在电针“足三里”、“上巨虚”穴后疼痛反应不下降的有 27 次占实验次数的 81.6%，反应下降超过对照值的 50% 以上的有 6 次，占 18.4%。

2. 术后针麻实验 33 次中，无任何针刺感应现象。

讨论和小结：

1. 为了探讨针麻原理, 我们的实验研究主要围绕着与针刺部位有关的外周神经系统和分布在血管壁上的交感神经纤维是否参与针麻作用的问题。每一组的样本虽然不大, 但三组的结果基本一致。第一组(普鲁卡因封闭组)于针麻有效时, 在穴位注入1%普鲁卡因之后, 针麻作用即行消失的达84%, 第二组破坏外周神经系统后针麻无效达80%, 第三组破坏外周神经系统和血管壁交感神经纤维后针麻无效的达81.6%, 三组间结果差别很小, 从动物实验来说由于条件不易稳定, 个体的差异较大, 这种差别很难避免。所以我们认为三组结果基本一致。

2. 第三组实验设有对照组, 在切断一侧下肢体神经和破坏血管神经后, 不进针的条件下观察动物疼痛反应的变化, 发现有部分动物对疼痛反应自然下降, 类似针麻的镇痛状态, 占对照组实验次数的13.4%, 对此我们在“体针、鼻针对家兔疼痛反应的影响”一文中对照组家兔的疼痛反应下降率达38%, 二者的差别甚大, 这是因为破坏外周神经及血管壁神经纤维组的家兔都是在手术前经过挑选, 神经类型和其他条件比较稳定, 因而自然下降率较低。总的说来, 兔子被束缚之后, 其中一部分对疼痛的反应有自然下降的情况, 这需要同针麻的镇痛作用区别开来, 以免混淆不清, 造成认识上的错误。

3. 根据实验组与对照组总的结果进行分析, 并参照“体针、鼻针对家兔疼痛反应的影响”一文中, 体针组与鼻针组在神经系统完整情况下, 针麻成功率分别为66.7%与75%。因此, 我们认为体针的镇痛作用主要是针刺穴位通过躯体外周神经向中枢传导的结果。如果切断了与针刺部位有关的外周神经, 则针麻的作用基本上不能发生。血管壁的交感神经纤维是否参与针麻作用问题, 在本实验中似无明显影响。

4. 针刺感应现象与神经系统密切相关, 当完全破坏局部神经之后, 针刺感应完全消失。

5. 从体针、鼻针、发生镇痛作用的时间以及去针后的恢复过程也有快慢不同的情况来看, 针麻作用是否还有体液因素的参与, 有待进一步的研究。

四、鼻麻与三叉神经的关系

当前鼻针麻醉正在临床上推广应用, 并获得一定效果。为了进一步认识鼻针镇痛作用的原理, 我们采取切断家兔两侧眶下神经, 以疼痛刺激引起屈趾反应为指标, 比较切断该神经前后鼻针麻醉效果, 观察鼻针与三叉神经的关系。

方法

取健康家兔, 雌雄不拘, 体重约2公斤, 固定在兔台上, 剪去一侧下肢小腿外侧兔毛, 酒精揩拭皮肤去脂。将二个直径约0.5公分的银片电极, 相距2公分, 以导电糊粘贴在胫前肌表面皮肤, 外加胶布固定。刺激电极借导线与输出尖形电脉冲的电子刺激器相连。在同侧踝关节表面, 绑以气囊, 并与玛琍氏气鼓相通。当疼痛刺激时, 兔足屈曲反应, 借气导而描记在记纹鼓上, 测量其反应高度, 做为疼痛反应指标。待兔子安静后, 以适宜强度的单个脉冲, 每隔5分钟刺激一次, 反复刺激4~5次, 若反应比较稳定, 即以几次反应高度的平均数为该次实验疼痛反应的对照值。再于两侧鼻翼针刺(相当于鼻针膝胫穴), 毫针借导线连接在BT701型电麻仪上, 频率为240次/分, 强度为0.5毫安, 持续电鼻针刺刺激, 使鼻部出现有节奏的颤动。自进针开始, 每隔5分钟刺激

一次，测量疼痛反应高度，与针刺前对照值比较，算出百分比。凡 60 分钟内疼痛反应高度减低，其百分比下降，表示痛阈上升，针刺有镇痛作用。若疼痛反应高度增高，百分比上升，表示痛阈下降，针刺无镇痛作用。

实验结果

我们选择对两侧“膝胫”穴电针有镇痛作用的家兔 26 只，观察两侧眶下神经切断后鼻针对镇痛作用的影响。每只家兔于术后当天、第二天、第三天各进行一次试验。其中 15 只（鼻针组）均插电鼻针试验，共做 45 次。其余 11 只（对照组），一律不插针试验（其他条件与鼻针组完全相同），共做 32 次。

实验结果表明鼻针组 45 次中，鼻针对疼痛刺激无反应者有 36 次，说明眶下神经切断后，大部分（80%）家兔对针刺不再有镇痛作用。但小部分（20%），仍对鼻针有镇痛作用。这一现象引起了我们的注意，也是我们采取对照组的原因之一。我们发现：在对照组实验中，切断眶下神经后虽不进针，也有一小部分有疼痛反应自然下降的情况（表一），而且其出现的机率，基本上与鼻针组一致。

表 1 两侧眶下神经切断后鼻针组与对照组疼痛反应比较
(表中数字均为实验次数)

疼痛反应 情况 组 别	疼痛反应无变化		疼痛反应下降		共 计
	实 验 次 数	%	实 验 次 数	%	
鼻 针 组	36	80%	9	20%	45
对 照 组	24	75%	8	25%	32

对比鼻针组和对照组可见，在二侧眶下神经切断后，鼻针组所出现的疼痛反应下降，与鼻针刺激无关。

小 结

1. 本组 26 只家兔，于术前均对针刺有不同程度的镇痛作用，说明鼻针用于临床麻醉是有一定成效的。

2. 鼻部感觉神经分布，是三叉神经第一、二支，其鼻翼部皮肤是三叉神经第二支的眶下神经支配的。本组 26 只家兔实验证明，鼻针确有镇痛作用，当该神经切断后，大部分（80%）就失去镇痛作用。因此我们认为鼻针的镇痛作用是通过三叉神经传导来完成的，为针麻原理研究提供线索。

3. 本组实验中，鼻针组和对照组于眶下神经切断后，仍有小部分实验兔出现疼痛反应下降，并且镇痛出现时间多数往后推延，我们认为这种现象，可能与家兔四肢和头部较长时间的捆绑、眶下神经切断后未待手术创伤治愈即进行实验，以及肢体对疼痛刺激的适应等因素有关。而并非真正的镇痛作用。

关于针麻原理和经络实质的一些 研究探讨(摘要)

兰州医学院生理学教研组

伟大领袖毛主席教导我们：“中国医药学是一个伟大的宝库，应当努力发掘，加以提高。”针刺麻醉就是实践这个指示所获得的一项新成就，为医学科学提出了新的研究课题。在针刺麻醉的医疗实践中，医务工作者积累了不少宝贵的经验。但针刺麻醉作用的原理，还有待进一步认识。在大多数针麻实践中，表现有明确的穴位特异性和经络的特征，我们对针刺麻醉的作用原理进行了一些研究，并结合其他一些实验，借以探讨经络的实质问题。我们选用胃经为代表，用兔子进行实验，观察针刺其原穴“内庭”后，皮肤、粘膜痛觉的改变情况。痛觉改变——即针麻的指标，为给动物以电刺激时引起防御反射的电流强度。为了观察大脑皮层中有无经络现象的固有联系，还用狗进行了针刺与条件反射的研究，主要实验结果如下：

(一) 针刺狗的“足三里”穴与进食结合，建立以唾液分泌滴数为指标的条件反射。在条件反射建立稳固后，发现不仅针刺“足三里”穴能引起条件反射性的唾液分泌，胃经的其他穴位针刺，虽然从未与进食结合过，但针刺时亦引起了条件反射性的唾液分泌。而其他经(如膀胱经)穴位的针刺时，这种条件反射性的唾液分泌，或不出现，或则表现的甚不明显，其结果如下表：

表 1 (1号狗)

同 经 (胃)				异 经 (膀胱经)			
针刺穴位	实验次数	平均潜伏期 (秒)	平均分泌量 (滴)	针刺穴位	实验次数	平均潜伏期 (秒)	平均分泌量 (滴)
“足三里”*	6	24	15				
“伏 兔”	10	22	18	“委 中”	7	5	6
“脾 关”	10	29	19	“脾 俞”	7	15	7
“乳 根”	18	18	13	“肾 俞”	16	41	9

*“足三里”建立阳性条件反射的穴位

从这一实验结果分析，可以认为经络现象在大脑皮层各部位之间，具有固有的非条件反射性质的特有机能联系。因此针刺一个穴位引起大脑皮层相应点的兴奋后，这一兴奋就按其特有机能联系，有规律地扩散到同经有关穴位的相应点，引起该经系统的兴奋，这就使得同经的一些穴位，虽未进行过条件反射的建立，但亦发生条件反射性的唾液分泌。针刺一个穴位引起兴奋在大脑皮层中这种有规律的扩散，就是产生主观感觉上在针刺时针感沿经窜行的物质基础。这是因为任何主观感觉，都是大脑皮层相应神经细

胞兴奋的表现。大脑皮层功能丧失，人们的主观感觉即不复存在。

(二) 针刺“内庭”穴后止痛作用的观察：选用相当于足三里、气冲、天枢、不容、乳根五穴位和鼻中隔部位六处作为整个胃经的代表。观察到在针刺“内庭”穴后，70%左右的动物，表现出明显的止痛作用。为了便于进一步分析，以后的研究中，多半以鼻中隔部位的止痛为代表。针刺“合谷”穴，亦能在鼻中隔部位引起明显的止痛效果。

(三) 在胸椎10~12节之间横断脊髓后，针刺“内庭”穴在鼻中隔部位即引起的止痛作用消失，普鲁卡因腰麻后，亦具有同样结果。在颈椎五、六节之间横断脊髓后，针刺“合谷”穴在鼻中隔部位引起的止痛作用亦消失。

在胸椎10~12节之间，进行脊髓半横切以后，针刺横切侧“内庭”穴位，就不能引起鼻中隔部位的止痛效果。但对侧“内庭”穴位针刺，仍具有明显的止痛效应。

用马钱子素提高脊髓兴奋性后，针刺“内庭”穴引起的止痛效应加强，用少量普鲁卡因降低脊髓下部位的兴奋性后，针刺“内庭”穴引起的止痛效应减弱。同时还证明，针刺“内庭”穴后，脊髓电活动增强。

从上述结果分析，针刺“内庭”穴的止痛效应，必须同侧脊髓完整，且脊髓机能状态的水平，同针刺“内庭”穴引起止痛效应的作用，具有明显的相应关系。

(四) 切断坐骨神经与股神经后，针刺“内庭”穴后引起的止痛效应消失，故这两神经为针刺“内庭”穴引起效应的传入神经。但在针刺“内关”穴对心脏机能调整的研究中，证明其传入神经还包括沿血管壁行走的植物性神经纤维。故可以推测针刺引起的效应，因穴位不同，作用的器官不同，其传入神经亦不同。

(五) 切断颈部两侧交感神经以后，针刺“内庭”穴引起鼻中隔部位的止痛效应消失。静脉注入肾上腺素后，亦具有止痛的效应。故针刺引起的这一效果，同交感神经系统的兴奋有关。但在针刺对心脏机能的影响和针刺引起血沉速度改变的研究中，则证明其是通过迷走神经完成的。象传入神经一样，由于针刺的穴位和所作用的器官不同，完成其作用的传出神经也就不同。

(六) 破坏丘脑下部以后，针刺“内庭”穴引起的止痛效应消失，用电流刺激丘脑下部，亦能引起止痛的效应。

注射吗啡引起大脑皮层抑制时，针刺引起的止痛效应增强，但在用咖啡因引起大脑皮层兴奋性增高时，针刺的止痛效应减弱。在针刺时小白鼠自由活动及条件反射建立速度的研究中，也曾证明，针刺能引起大脑皮层机能的明显抑制。

从以上全部实验结果分析，针刺引起的止痛效应，具有明显的经络特征，与神经系统的关系甚为密切，脊髓、丘脑下部与大脑皮层，都参与这一活动，躯体神经和植物神经系统以及一些体液因素，也同这一活动密切相关。结合其他研究，可以认为经络的实质，应该是机体在种族进化过程中，在中枢神经内（包括大脑皮层）形成和固定下来的非条件反射性质的主要机能性联系，通过神经和体液途径，在机体各部位中的反映，是一种特殊的，具有经络特征的非条件反射，存在于人类和一切高等动物的机体。

从控制论观点探讨针麻原理 与经络实质

中国科学院自动化研究所

中国医学科学院 首都医院
基础医学组

针麻协作组

北京 朝阳 医院

中国医学科学院首都医院、基础医学组，北京朝阳医院与中国科学院自动化研究所组成了针麻协作组，运用控制论探讨针麻原理与经络实质，下面将我们的初步工作作一汇报：

一、为什么要从控制论观点探讨针麻原理与经络实质？

在针麻下开刀，小小的毫针能控制巨大手术创伤的疼痛，给我们第一个印象就是：针麻过程有“放大”作用，而“放大”正是各种控制系统的共同特征。临床实践表明：各种不同的刺激方法，如针刺、艾灸、电针、水针、穴位按摩等等都可用来进行针麻或治病。但是，从物质或能量的观点来看它们都不相同，那末，它们的共同点是什么呢？我们认为，其共同点是向人体输入了“讯息”。因为，“讯息”是可以用各种不同的物质或能量作为“载体”的。比如，同一消息可以用广播、电话、电报、书信等各种方法传递。同时，在针灸治疗中，使我们体会到，经络是人体的控制系统，测定经络的平衡状态可以诊断疾病，调节经络的平衡可以治疗疾病，经络学说与控制论有许多不谋而合之处，在临床中运用控制论的观点，对分析病情，决定治疗方案也有一定帮助。人体广泛存在着各种调节与控制过程，是一个复杂的自动控制系统，比如体温、血压、血糖……等生理参数的调节与稳定，从单个的细胞（如白细胞）到复杂的器官系统（如神经系统），都具有自动控制特性，这是现代生理学已知的事实。因此，我们认为：针麻与针灸治病都是在特定条件下的生物控制过程。毛主席指出：“**在同一性中存在着斗争性，在特殊性中存在着普遍性，在个性中存在着共性。**”控制论是研究各种控制系统“共性”的一门现代科学，它的基本观点就是认为：生物（特别是人）与机器（主要指各种自动化机器）中的控制过程具有某些共同的规律。比如，“全或无”定律既是现代电子计算机的基础（二进位制），也是神经系统活动的规律之一。“反馈”既是各种自动化装置的基本原理，也是人体维持正常生命活动的基本条件。各种控制系统都具有讯息的传递、变换与加工的过程。

目前关于针麻原理的讨论，存在着神经观点与经络观点，我们认为：针麻是针灸治病的继承与发展，它们在原理上可能有某些共同的规律。经络学说是祖国医学长期的丰富临床实践经验的总结，神经学说具有现代科学的实验依据，应当取长补短，在毛主席关于“中西医结合”的方针指引下，使中、西医在理论体系上真正结合起来。我们从控

制论观点探讨针麻原理与经络实质,一方面是为了应用现代科学技术方法,为针麻与经络的研究工作及提高临床效果服务,为经络与神经观点的统一,提供一条思路,另一方面,对我们搞自动化工作的同志来说,也是为了向医学、生物科学方面工作的同志们学习,以便从“仿生学”的角度,使我们在工程控制方面得到一些新的启示。

二、针麻——“多级协调控制”

我们认为:针麻手术是利用针刺向人体输入控制讯息,通过人体的多级控制系统,对手术创伤引起的“扰动”进行“多级协调控制”的过程。由于针刺对手术扰动在多级水平上的控制作用,产生针麻的镇痛及整体性的生理调节功能。控制作用的方式,可能有以下三种:

I. 扰动补偿 “扰动补偿”是“开环”控制的基本原理。即利用控制讯号产生的输出反应抵消或改变由扰动讯号产生输出反应。扰动补偿的概念如图1所示:

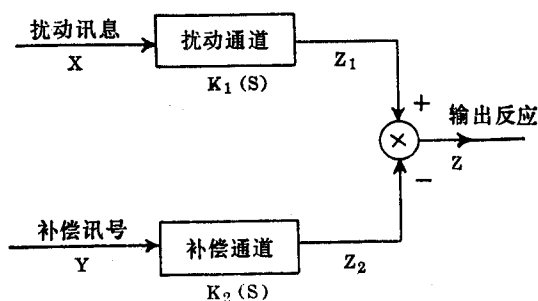


图1 “扰动补偿”的概念

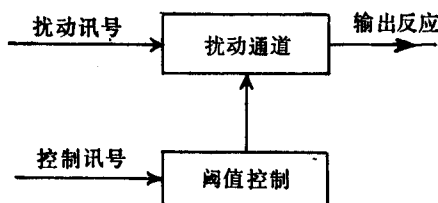


图2 “阈值控制”的概念

实现扰动补偿的方法很多,可分成二类:

1. 完全补偿 完全补偿,就是由针刺产生的输出抗痛讯息与手术引起的致痛讯息相互抵销,这是一种理想的情形:无痛

2. 部分补偿 部分补偿是由针刺产生的控制讯息的作用如部分抵消或干扰、混频作用,改变了手术引起的致痛讯息。因而镇痛不全或产生其他非痛的感觉。

从扰动补偿的观点,我们知道:

(1) 为了达到理想的镇痛效果,需要实现完全补偿条件,对人体来说因素是多方面的,情况是很复杂的,但至少要求四方面因素:手术操作;手术部位;针刺穴位和刺激讯号,密切地相互配合。应对不同的手术,选取相应的针麻处方,穴位的特异性与刺激讯号的选择不能孤立地考虑,应当从穴位特性与刺激讯号最佳配合的观点,去探讨针麻的新穴位与刺激参数(捻针手法,电针频率,强度,波形等)。同时,由于在手术过程中,随着手术的进行,扰动性质在不断变化,为了满足完全补偿条件,还需要相应地改变刺激参数或穴位,以获得优良的镇痛效果,这是符合中医辨证施治原则的。

(2) 目前临床上存在着镇痛不全,可能是部分补偿的情形。

此外,由于针刺穴位,手术操作涉及的组织较多,补偿讯号,补偿通道与扰动讯号、扰动通道都不止一个,补偿条件中有多个可变因素,所以一般都有可能实现部分补偿。这也许就是临床上“一组针麻处方可进行多种手术,一种手术可采用多种针麻处方”的原因之一。

(3) 从“扰动补偿”的思路出发,探讨“抑制扰动通道,兴奋补偿通道”的方法,可能对提高针麻疗效有一定的意义。比如寻找与针麻有协同作用的药物。有些麻醉和催眠的药物,不但不能增强针麻效果,反而出现对抗作用,这可能是因为抑制了补偿通道或兴奋了扰动通道的缘故。相反地,有些药物能增强针麻效果,可能是兴奋了补偿通道或抑制了扰动通道的缘故。

Ⅱ. 阈值控制 所谓“阈值控制”,是用控制讯息去改变扰动通道的传递特性。其概念如图 2 所示:

比如,改变扰动通道的动作“门限”,改变其“通频带”或“放大倍数”,乃至至于阻断扰动讯息通道,即“开关”控制方式,例如闸门开关控制。

1. “开关”控制 这是一种广泛采用而比较简单的控制方式,即由于针刺控制讯息的作用,关闭了扰动通道,使手术创伤的扰动讯息不能通过,因而不引起疼痛。

考虑到神经活动与开关逻辑电路都满足“全或无”定律,我们设想针麻过程的一种“开关控制”的简化模型如图 3A 所示:

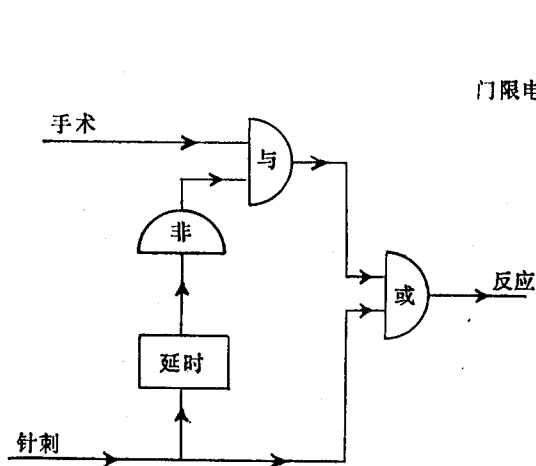


图 3 A 针麻的“开关控制”模型

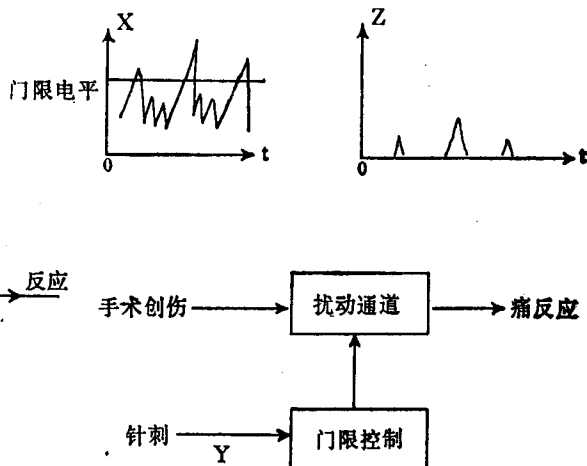


图 3 B “门限控制”的概念

如果没有针刺讯号,则“与”门开启,手术创伤的扰动讯息可通过“与”门“或”门而输出,引起疼痛。

当有针刺讯号时,它一方面由“或”门输出,产生针感;另一方面,经过一定的诱导期“延时”,由“非”门输出,使“与”门关闭,因而手术扰动讯息不能通过,不引起疼痛。

当然,这是一种理想的开关控制情形,实际上,由于人体的复杂,影响针麻的因素甚多,实际的开关也有“泄漏”关闭不严的情形,所以还有镇痛不全的问题。

2. “门限”控制 所谓“门限”控制,就是改变扰动通道对输入扰动讯号的动作“门限”,类似于电子学中常见的改变“门限”电平的控制方式。关于针麻过程的“门限”控制概念如图 3B 所示。

由于针刺作用提高了扰动通道的“门限”,如果手术创伤的扰动讯号低于“门限”,就不能通过,只有当扰动讯号的某些“尖峰”超过“门限”时,才引起疼痛,这与针麻

临床的实际情况比较一致,在手术过程中,一般病人不是自始至终都同样痛,而是在“切皮”,“牵拉内脏”,“缝皮”等强刺激下,才感到疼痛难受。“门限”越高,痛阈越高,扰动通道的“门限”控制,有可能在外周神经或神经中枢各节段内发生。

实现阈值控制的具体方式还很多,例如,“滤波”“锁相”“频率跟踪”“增益控制”……等。可以通过对针刺及手术创伤诱发的生物电的观察,从扰动补偿、阈值控制的观点进一步分析控制讯息与扰动讯息的相互作用。

Ⅲ. 反馈适应 “反馈”是闭环控制的基本原理。利用输出讯息的反馈作用,可以构成各种自动调节及具有自适应、自学习、自组织特性的控制系统,反馈适应的概念如图4所示:

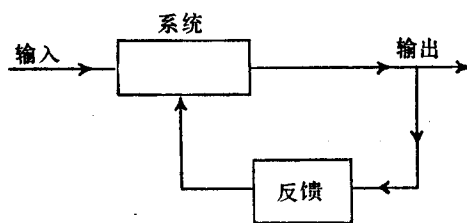


图4 “反馈适应”的概念

“反馈适应”就是利用输出讯息反馈的作用,改变控制系统的特性,以适应外界环境及内部条件的变化。比如雷达、电视、收音机中常用的“自动增益控制”就是反馈适应的例子。

人类由于长期进化的结果,人体具备各种反馈适应的特性,比如天热出汗,天冷发抖,应激反应,学习能力都是反馈适应特性的表现。

外因通过内因而起作用,我们认为,针麻的效果,特别是针麻的生理调节功能,主要是由于针刺激发了人体内部的反馈适应性能的缘故。比如,由于针刺激发了的中枢下行控制作用,促进了肾上腺皮质激素的分泌,从而使血液中白血球增多;同时,由于反馈适应作用可以改变扰动讯息通道及控制讯息通道的特性,因而影响“扰动补偿”、“阈值控制”的效果,产生针麻的镇痛作用。

但是,反馈有“正”反馈与“负”反馈,有的起好作用,也有的起坏作用。比如,在临床中有的手术时间较长,由于病人对针感逐渐适应,单纯增大刺激强度也往往没有什么效果。

为了进一步提高临床疗效,应探讨加强反馈适应的好作用,减少其坏作用的方法。我们认为,采用噪音电讯号(杂乱波)进行针麻,可能对克服病人对针感的适应现象有一定的效果。

综上所述,由于人体的控制系统是多级多路的,经络是人体的多级控制系统,神经、体液都具有“多级”的控制作用。因此,我们认为,实际的针麻过程可能是上述“扰动补偿”、“阈值控制”、“反馈适应”等方式协调配合的“多级控制”过程。

三、经络——人体控制系统

经络功能及经络现象是客观存在的,但是,至今尚未发现经络特异的实体结构。经络的实质是什么?经络与神经、体液的关系如何?在探讨针麻原理中,是大家所关心的问题。我们从控制论观点有以下看法:

I. 经络是整个人的控制系统。“气血”类似于“讯息及其载体”,经脉、络脉相当于讯息通道,穴位是讯息的输入或输出端。因为:

1. 根据内经的论述,经络“内属于脏腑,外络于肢节”,将人体的五脏六腑,四肢

百骸联系起来,使上下、左右、前后、内外相互沟通,以构成一个具有生命活动的有机整体。经络具有“运行气血,沟通表里,协调阴阳,平衡虚实”“决生死,处百病”等全面的功能。可见,祖国医学所指的经络,不是个别的器官、组织,而是涉及全身,控制生命活动的整体性的功能系统。

2. 经络是“运行气血”的通道。那末,“气血”是什么呢?我们认为:经络学说所谓的“气血”,并不是仅指某一种具体气体或血液,它与控制论中关于“讯息”及其“载体”的概念十分相似。“讯息”必须以某种能量或物质为“载体”,“载体”的变化规律取决于“讯息”,任何控制过程都具有“讯息”的传递、变换与加工,并伴随着相应的“载体”的能量或物质变化。这与经络学说中关于“气为血之帅,血为气之母”,“血随气行”等论述是一致的。在人体的控制过程中,神经电脉冲及各种体液因素都可作为“讯息”的“载体”。既然,“气血”类似于“讯息及载体”,那末,作为运行气血的通道,经脉、络脉就相当于人体控制系统的“讯息通道”。

3. 关于针刺穴位的作用,经络学说认为是“通其经脉,调其气血”,并指出“用针之类,在于调气”,从控制论观点看来,在针麻、针灸临床中,各种刺激方式如针刺、艾灸、电针、水针、穴位按摩……等,虽然,从物质或能量看来各不相同,但是,它们的共同点都是向人体输入了“讯息”,通过人体的控制系统,产生一定的疗效。由此可见,“气”类似于“讯息”,而经络之“气”在体表“输注聚结”之处,即“穴位”,就是讯息输入端(感受器)或输出端(显示器,效应器)。比如在耳针中,穴位既是“针刺点”也是“反应点”。

Ⅱ. 经络可能是以神经,体液为主要物质基础的特定功能系统。经络的物质基础可能不具有特异的管道结构形式。建议在分子生物学水平上,进一步探讨经络的新的结构形式。因为:

1. 神经系统在控制人体生命活动中起着主导的作用,因此,作为整个人体的控制系统,经络主要通过神经系统来实现其控制功能,从讯息传递的观点,以“电脉冲”作讯息的载体,是快速而高效的方式,这已为工程控制的大量实践所证明,在人体控制系统中,以神经“电脉冲”作为讯息的主要载体,是生物长期进化自然选择的结果,神经传导功能的正常,是针刺讯息传递的重要条件,经络与神经都是“多级”系统,考虑到穴位下神经末梢丰富,经络的“表经”与“里经”和神经分布有关,经络“气街”与神经节段有某些一致性,以及“头为诸阳之会”,“诸脉皆通于脑”的论述,我们认为,作为人体“控制中心”的“神经中枢”,与经络有着密切的联系。

2. 除了神经之外,体液系统在控制人体生命活动中也有重要的作用,各种体液因素都可以作为“讯息”的载体。从交叉灌流的动物试验,针麻术前诱导期及术后的持续镇痛作用等看来,针麻过程与体液因素有密切关系。同时,从经络传感现象,传导路线及速度均与神经走向及传导速度有所不同,以及沿经出现“皮丘带”等情况看来,我们认为,经络的物质基础不只是与神经有关,还与各种体液有关,并涉及到其他的有关组织。

3. 各种控制系统都由元件、部件、线路组成,并通过它们实现其控制功能。一般说来,元件、部件、线路的构造是不同的,作为讯息载体的物质或能量形态也可不同。比如,电的、磁的、机械的、化学的……等。因此,控制系统的“讯息通道”,并不一

定具有特异的实体结构,但却有一定的循行路线,它是由各种元件、部件、线路,以控制系统特定的关系组合起来,所形成的“传递讯息”的功能路线,它的走向不一定与具体线路完全相同,比如:电子计算机的逻辑图与电子线路图。而且“讯息”沿通道的传递速度与载体性质有关,取决于讯息通道所涉及的元件、部件、线路的动态特性,通常,所谓系统的响应速度比电子线路中电讯号传递速度要慢得多,这在工程控制中是常见的事实。因此,我们认为,对人体控制系统而言,经脉、络脉作为“讯息通道”,可能不具有特异的管道结构形式,如小管、小体等,经络传感路线与神经走向不同,传感速度比神经电脉冲传导速度慢得多,是可以理解的现象。

当然,上述关于经络物质基础的观点,并不排斥在更高的水平上,例如,分子生物学水平,进一步发现经络的新的结构形式的可能性。比如,从现在已知的各种组织的“交界面”上,去探讨类似于半导体的“PN”结的经络新结构。

我们感到:祖国医学的经络学说与现代控制理论,在概念上、方法上都有许多不谋而合之处,例如,经络“协调阴阳,平衡虚实”与工程上“协调控制”概念的类似性,“虚补实泻”的针灸原则与“扰动补偿”控制原理的一致性等等。因此,我们认为:我国2000多年前的“内经”可以说是最早谈到了生物控制论。在当时的历史条件下,能对人体控制系统进行直观而概括的研究,充分证明了我们祖先的勤劳与智慧。我们应当遵照毛主席关于“古为今用,洋为中用”的教导,运用现代科学技术,为发掘祖国医药学的伟大宝库而共同努力。

四、关于今后工作的几点建议

从上述关于针麻原理及经络实质的控制论观点出发,我们对今后工作有几点建议:

(1) 探讨经络的控制特性,改进测量方法,研制“经络电子模型”。

经络的控制特性与预测疗效、设计处方及术后治疗都有密切的关系,从最近我们的临床实验看来,初步印象是:经络控制灵敏度高的人,针麻疗效较好;从调节经络的协调平衡状态的观点,可以设计针麻处方做手术;术后的经络调整对于保持镇痛作用,减少用药有一定的效果。

目前,我们是采用KZ型“经络控制诊疗仪”,以经络对热脉冲的反应时间为指标,测量经络的平衡特性的方法。今后需要进一步研究经络动态特性与穴位特异性的电测定方法及仪器。

研制经络电子模型对于临床处方设计,经络动态特性的模拟,中医的示范教学,以及进一步研制中医的“电子诊疗机”都有重要的意义。

(2) 从控制论观点,进一步观察分析针麻中由手术创伤及针刺引起的两种生物电的相互作用。

从扰动补偿、阈值控制的观点,在脊髓、脑干网状结构、丘脑、皮层等各节段,用多线示波记录仪、频谱分析仪、电子累加器等,对手术及针刺的诱发电进行分析比较,以便进一步了解两种生物电的相互作用方式,为针麻处方设计,针麻仪的研制提出新的思路。

我们从克服病人对针感的适应性及部分扰动补偿的观点出发,研制了KZ型“噪音针麻仪”。它与目前常用的针麻仪不同,其输出为噪音(杂乱波)电讯号。经过试用的

初步印象是：动物试验提高痛阈较显著；电针治疗中病人反映针感持续性较好；现正在针麻临床手术中试用。

(3) 应用控制论的概念，探讨体液因素中抗痛物质与致痛物质的相互作用，体液系统与神经系统的配合关系。

由于体液因素的变化可以传递讯息。因此，可以从控制论观点，在分子生物学的水平上，探讨运载手术扰动讯息的致痛物质与运载针刺控制讯息的抗痛物质的相互作用。例如，用质谱法分析酶对徐缓激肽中的分子序列的影响。应用扰动补偿，阈值控制或其他控制论的概念，研究针刺讯息与扰动讯息的相互作用方式。同时，考虑到“快速”控制与“慢速”控制相互配合可提高控制性能，而神经电脉冲传递讯息较快，体液的物质变化可能较慢，因此可以从“快速”控制与“慢速”控制的协同工作的观点，研究针麻过程中神经与体液的相互关系。例如神经介质的研究等。这对于探讨针麻术前诱导期的问题，术后的持续镇痛作用，以及研究经络传感与沿经出现皮丘带的现象，都具有一定的意义。

(4) 结合经络传感现象，注意“交界面”的组织，从分子生物学水平进一步探讨经络的物质基础。

因为功能上的发现常常是新结构发现的响导。比如由于半导体的“单向导电”功能的启示，帮助人们发现了半导体现象的物质结构——两种材料“交界面”上的“PN”结，这二种材料，如硅与锑，它们本身的结晶体，如纯硅材料，并不具有“单向导电”功能，只有当它们二者以“PN”结的特有方式相互结合，改变了晶体的结构，才会在“交界面”上出现具有新功能——“单向导电性”的新结构——“PN”结。在“PN”结的基础上，进一步研制成了现代电子学中广泛采用的各种晶体管及新型的半导体集成电路。无机界存在的这种功能和结构的特殊关系，对我们研究有机体复杂的功能和结构具有很大的启示。从针感沿经“定向”传导的功能看来，是否意味着经络的物质基础可能是一种“有序”的结构呢？比如：“液晶”的形式等等。

另一方面，作为人体控制系统的讯息通道，经络具有“运行气血，沟通表里”的功能，将脏腑体表各种组织结构“联系”起来，那末，经络的新结构是否存在于“联系”现已知的各种组织的“交界面”上呢？比如肌膜、腱膜、腹膜、肠系膜……以及神经、血管、淋巴等之间的“交界面”组织等，从讯息传递、变换、加工的观点，在“交界面”上应发生讯息变换，必然伴有其“载体”的物质或能量的变化，这将有助于我们从生物物理，生物化学方面入手，进行观察分析。

因此，结合经络传感现象，注意“交界面”的组织，对进一步探讨经络的物质基础具有重要的意义。

(5) 应用控制论、讯息论方法，开展针麻原理及经络特性的“定量”研究工作。

目前，关于针麻原理及经络特性的研究主要还是“定性”方面的工作。从控制论观点出发，使我们可以应用控制论、讯息论的方法，开展“定量”的理论研究工作。例如，针麻“讯息量”的研究；针刺讯息的最佳编码问题，经络穴位的传递特性的分析以及神经系统、体液系统动态特性的分析等等。

“讯息量”与目前针麻研究中常说的“刺激量”不同，“讯息量”不同于“刺激量”。比如，收音机的“音量”大小不同，并不改变所收听到的“消息”内容。讯息量的大小

与捻针的手法，电针的频率，强度，波形的变化规律有关，而“刺激量”只是与刺激强度大小与刺激时间长短相关，讯息还有最佳编码，及通道讯息容量等许多问题，从针麻临床上，刺激量过大，有时反而效果不好的情况看来，用“刺激量”概念来阐明针麻的控制过程，可能是不全面的。应进一步考虑针麻有关的讯息量及讯息编码问题。关于针刺讯息的编码方式，我们认为有可能是类似于电子计算机中的“并行码”或多路通讯中的“多路频分制”的方式，需要结合经络，神经，体液系统的控制特性的研究，作进一步的探讨。

(6) 测量临床的实际刺激参数，总结针麻处方的规律，研究疼痛的讯息反馈方法，探讨实现“针麻自动化”的可能性。

目前的针麻方法，从控制论观点看来，还只是“开环”控制的情形，如图 5A 所示，将病体看成被控制对象，在人体外部没有疼痛的讯息反馈。所以，病人的个体差异，外科大夫、针麻大夫的操作与配合，环境条件的各种变化等，对针麻手术效果都有很大影响。如果能在人体外部建立疼痛的讯息反馈，进行“闭环”控制，实现“针麻自动化”，那末，将给上述“个体差异”等困难问题的解决带来新的前景。

我们设想的一种“针麻自动化”的方案，如图 5B 所示，通过“测痛仪”输出反映疼痛的电讯号，利用“自寻最佳控制器”，通过“可控针麻仪”，自动快速选择最佳的针麻处方，调节刺激参数，在针麻手术过程中，自动保持病人的疼痛最小，为了解决“超前”控制的问题，可在控制器中引入关于手术创伤的“前馈”讯号，以构成“开环”与“闭环”相结合的复合控制系统。为了实现“针麻自动化”，需要测量临床的实际刺激参数，总结针麻处方的规律；研究疼痛讯息反馈的方法，以及开展研制可控针麻仪及最佳控制器的工作。我们最近研制了二种仪器：KZ 型测频仪及脉冲峰值电压测量仪，经过临床试用，可以在针麻手术过程中测量常用电麻仪的实际参数。

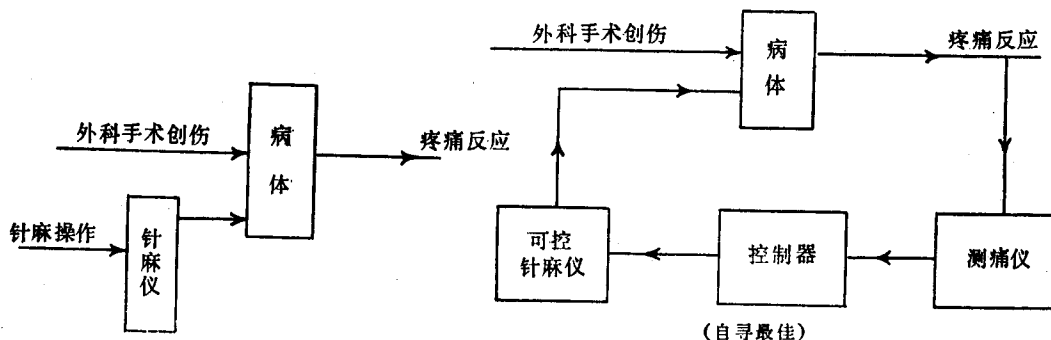


图 5 A 手动针麻(“开环”控制)

图 5 B 自动针麻(“闭环”控制)

经络传导现象普查 1000 例统计分析

中国人民解放军三〇九医院

中国科学院生物物理研究所

北京大学生物学系

保定地区中医院

经络研究协作组

近廿几年来国内外对由于刺激穴位所引起的经络传感现象和经络敏感人的观察报导有文字资料的已达上百例（参阅中医研究院内部资料）。保定地区中医院已发现 22 名经络敏感人，中国人民解放军 309 医院自 1971 年 11 月以来也连续发现了六名经络敏感人，并对其传感现象作了较系统的观察。我们协作组在从事这方面工作中初步体会到经络学说是祖国医学的基础理论。弄清它的实质为发掘祖国医学宝库、提高对临床实践的指导作用具有重要意义。为了了解经络传感现象与经络敏感人在人群总体中的分布及其统计规律，为进一步揭示经络实质提供实践基础，在毛主席注重调查研究的伟大思想指导下，我们在 1972 年 8 至 9 月间开展了经络传感现象的普查工作。

普查方法

对象选择：从北京、保定两地四个单位内任意选 1000 人。年龄在 15~60 岁之间，智力发育正常。为使普查对象具有代表性，1000 人中有工人、解放军、学生、干部，包括男 660 名、女 340 名、病人（指重要脏器有疾患者）305 名、健康人 695 名。

刺激方法：为便于普查对象接受，采用电刺激。所用仪器为自制的频率 4~5 次/秒，波宽 2 毫秒，幅值可调的低频脉冲电刺激器。

测量方法：对每名普查对象选其十二正经中的手太阴肺经，手阳明大肠经，手厥阴心包经，手少阳三焦经，足太阴脾经，足太阳膀胱经六条经进行初测；探测电极按放在所测经之井穴上，参考电极固定在一侧小腿上。刺激强度调至被测者主诉有较强麻感但又可以忍受时为限。如刺激井穴无刺激感沿经传导现象，则在该同一条经的原穴上再放一电极，两穴同时给以刺激，视其有无感传。如感传能超过肘（指手上的经），膝（指脚上的经）关节，但不能传至该经的终点，则在感传终止之处或其邻近穴位上再放一电极刺激之，即采用“接力法”，视其感传线路能否加长。凡被初测者主诉有两条经以上能沿经传完整经或三条经以上能沿经传导超过肘膝关节者则定为复测对象。复测时以与初测相同的方法测定全部十二正经，并详细记录其主诉沿经传导的情况。若复测时与初测结果不符，则一律按复测结果为准。

结果分析

普查中被测者在有经络刺激感传导的人中，其主诉的沿经传导情况大致与古书描述的经络体表循行路线相符。

为便于作统计分析，我们将所测结果按沿经传导远近程度划分为四种敏感类型。