

经络——特化的细胞间隙连结 直接通讯系统

八七级研究生 郭 义 任丽萍**

指导老师 徐汤苹 陈进生* 张春煦* 姜 萍*

〔摘要〕本文从细胞生物学角度,提出经络的间隙连结细胞直接通讯系统学说。认为经络是由一系列间隙连结细胞组成的,经气的实质就是动作电位沿经络线上间隙连结细胞的传导。穴位是经线上易受刺激而产生动作电位的敏感的间隙连结细胞。并用此学说对常见的经络现象及针灸治病原理进行了阐释。

〔关键词〕经络 细胞通讯 间隙连结

根据国内外多年对经络研究的结果,不论是直接的或间接的指标,都已经证明经络是客观存在的。循经感传等经络现象

的发现和广泛的调查研究,经穴——脏腑相关理论的临床观察和实验研究等,都是令人鼓舞的成就。只要坚持不懈,最终将攀上揭示经络实质这一科学高峰。

正如Rudolf Virchow所说,细胞是生命活动的基本单位。人体生命活动,归根到底就是细胞的活动,针刺、艾灸等都是对细胞进行刺激,所以从细胞水平探讨经络实质,是经络研究的一个重要方向。从这种观点出发,我们从细胞生物学角度,更具体地说,就是从细胞间隙连结角度,探讨经络实质,提出经络的细胞间隙连结直接通讯系统学说,可以较完整地解释各种经络传导现象。

劣影响一直蔓延于其后二千年来的中国封建社会,但是《内经》在吸收董仲舒学说在方法论方面的合理成分的同时,却能够在认识论方面尽量避免其唯心主义影响,坚持自身学说的唯物主义观点,而二千年来中医学术发展过程中,亦能从根本上排除谶纬神学的侵蚀,这可以说是学术史上的一个奇特现象。如何解释这一现象?笔者认为:一方面可能是《内经》的作者由于受古代道家精气学说的深刻影响,具有比较鲜明的朴素唯物主义思想。更重要的另一方面是:医学是一门实践科学,所面对的是具体的人和客观存在于人身上的疾病现象。它要求人们尊重客观现实,所引用或创立的理论都必须符合医

学实践中的客观规律,能够有效地解决医学实际问题,任何背离客观实际的唯心主义主观思想,既不能解决医学实际问题,而且亦经受不起医学实践的检验,因而免不了被扬弃或淘汰。亦就是说,医学本身的规律与唯心主义神学目的论是不相容的。这就是《内经》以及整个中医学术能够自觉抵制唯心主义神学目的论,坚持唯物主义无神论的根本原因所在。而哲学上的阴阳五行学说和“天人相应”自然观亦由于《内经》的正确引用,从而通过医学的道路朝向唯物主义方向健康发展,近代哲学史家高度评价《内经》在哲学史上的作用,原因亦正在此。

*南开大学化学系

**南开大学医学研究中心

一、细胞通讯与间隙连结

细胞通信是指一个细胞发出的信息，通过介质的传递而到达另一细胞，产生相应的反应。在机体中，细胞通讯约有三种方式，长程通讯：激素、生长因子是信息的传递者；短程通讯：包括神经突触及神经—肌肉接头，神经递质释放到间隙中，再作用于效应细胞；直接通讯：细胞中的物质不经过细胞间液而直接从细胞间隙连结处传递给另一细胞。现有事实证明，间隙连结是细胞间直接通讯的基础。

间隙连结是指相邻接触的细胞之间，细胞膜所形成的通道结构。间隙连结的结合物质是有通道作用的嵌入蛋白质，传递信息的物质可由此结构由一个细胞进入到另一细胞，而不经细胞间液。其传递信息的物质，主要是离子和代谢物分子，故间隙连结又分为离子偶联与代谢物偶联两类。实验证明：间隙连结通道可允许带不同电荷的分子向不同方向流动，这种流动是依赖于分子的化学浓度梯度差的扩散方式[1]。

二、细胞间隙连结与经络

中医理论认为：经络内属于脏腑，外络于肢节，沟通内外，贯穿上下，将人体各部的组织器官联系成一个有机的整体，并藉以运行气血，营养全身，使人体各部的功能活动得以保持协调和相对平衡。可见经络是人体内的信息传递调节平衡系统，具有“传导性”、“平衡性”、“兴奋性”等整合机能。从人体内细胞信息传递的三种方式来看，长程通讯通过体液系统来实现，其活动速度要以分钟计算，与经络的传导速度不符。短程通讯实际上就是神经系统的通讯方式，根据多年对经络研究的结果，经络与神经系统有关，但不是神经系统，许多经络现象用神经的观点是解释不通的。那么用直接通讯系统是否可解释经络呢？我们认为可

以的，并且提出：

(1) 经络是特化的细胞间隙连结直接通讯系统。此系统不同于神经系统与体液系统，但与二者具有密切的关系。共同协调维持机体的正常生命活动。

(2) 经络是由一系列间隙连结细胞群组成的。在经络线上，同类或不同类的细胞以间隙连结的方式相连接。间隙连结的结构是连结子(connexon)。其在电镜下是膜上的六角形小颗粒，是由六个哑铃型贯穿细胞膜的蛋白质亚单位构成，中心是直径约 $15\text{\AA}$ 的亲水性通道。

(3) 经气的实质就是动作电位在构成经络的间隙连结细胞中的传导。

(4) 穴位就是经线上易受外来刺激而产生动作电位的敏感的间隙连接细胞，其处离子活动比较活跃，神经分布比较丰富。我们以前曾提出过此观点²，现进一步强调之。

(5) 经络对机体具有调节平衡作用。此作用包括间隙连结细胞之间的彼此调节平衡，也包括间隙连结细胞与中枢、内脏之间的作用。

“一种学说的价值就在于其是否能最合理地解释现有的事实材料”(《自然辩证法原理》413页)，下面我们就用此学说对最常见的经络传导现象做一解释。

(一) 循经感传 此是一种最常见的经络现象。系指以各种方式刺激穴位时产生的酸麻胀重等得气感觉，从刺激穴位开始沿古典型经脉传导的现象。感传的速度，最快者为 9.09cm/秒 ，慢者仅为 1.39cm/秒 ，比神经系统慢而比体液系统要快。孟昭威依此提出经络第三平衡论，认为经络是有别于神经系统与体液系统的第三平衡系统，经络是有特异组织结构的。我们把这种特异的组织结构看成是间隙连结细胞，是可解释循经感传的。早在1959年，Furshpan等研究螯虾运动神经元时，就发现进入一个神经元的电

流能直接扩散到相邻的神经元。这是由于间隙连结的存在,神经冲动可以毫不延迟地在神经元间传递〔3〕。当某一间隙连结细胞受到刺激,使其产生动作电位,细胞内外的离子浓度发生变化,由于间隙连结通道的存在,此细胞离子浓度的变化也必然影响到其它相邻的间隙连结细胞,使其细胞膜内外离子浓度亦发生变化,产生动作电位,这样就可引起动作电位在间隙连结细胞中的依次传导,依次刺激周围的相应神经,依次传到中枢,从而引起循经感传。也就是说,循经感传的实质就是动作电位在经络线上间隙连结细胞中的传导。实验证明,动作电位在间隙连结细胞中的传导速度平均约为 $3.08\text{cm}/\text{秒}$,恰好与循经感传速度一致。另外,关于感传的实质,胡氏提出的以外周循经过程为主的中枢外周统一说,也与动作电位在间隙连结细胞中传导机理一致。机械压迫、冷冻,手术破坏等可阻滞感传的产生,这是由于破坏了经络结构与功能的完整性,或阻滞了外周刺激传入中枢的缘故。

值得注意的是:局部麻醉药普鲁卡因可阻滞感传的发生而影响针刺效应。这是由于普鲁卡因作用的机理是由于使细胞膜上的钠通道失活,使细胞失去兴奋性而不再产生动作电位的缘故。这样就无动作电位在间隙连结细胞中传导,当然也就无感传发生了。

(二) 经络具有低电阻高电位特性,即“良导络”特性。而间隙连结细胞,不论是离子偶联还是代谢物偶联,都具有低电阻特性。如用微电极插入间隙连结的相邻的两个细胞,测量其电阻,发现其值远小于一般细胞内外的电阻,一般细胞内外的电阻是 $500-10,000\Omega\text{cm}^2$,而间隙连结细胞为 $100\Omega\text{cm}^2$ 以下,故又将其称为低阻偶联〔4〕。

(三) 循经声信息的发现是近年来对经络研究的又一大成果,即声信息的传导具有循经性,经络具有导音性。导师南开大学陈进生教授在海洋离子浓度测定中发现,声

波在离子浓度高的地方传播最强。可以想象,间隙连结细胞群,特别是离子偶联型的,以离子的游动为信息的传递途径,其处离子浓度比它处要高,故亦可具有导音性。

(四) 法国科学家在特定穴位注入放射性物质 T^{99}m —— MTc ,拍得 Tc 的走行路线,结果发现 Tc 的走行线与传统经络的走行性极为相似, Tc 只在经线上扩散而它处则无⁵。近年来我国亦发现经络具有此特征。而间隙连结细胞早就发现有此特征。如能将荧光素注入间隙连结细胞中可传导,而它处则无。更支持我们观点的是Takase·K所作的实验⁶,作者用放射性同位素 $^{24}\text{NaOH}$, 100uci , CaCl_2 , 50uci 作示踪剂注入足阳明胃经足三里穴,结果是经线上只允许 Na^+ 而不允许 Ca^{2+} 通过。这是非常费解的事实。而间隙连结细胞正好具有此特征,这是由于细胞内 Ca^{2+} 浓度升高,可切断间隙连结通道⁷。如显微注射 Ca^{2+} 到细胞内,或细胞培养在高 Ca^{2+} 浓度的基质内,或以诱导 Ca^{2+} 水平升高的物质如 Ca^{2+} 载体 A_{23187} ,促生长因子或佛波酯(TPA)等处理细胞,间隙连结通讯都会减弱或消失^{8,9}。

(五) 祝总骧发现,截肢肢体严密保存24小时以内,经络线上的低阻抗特性还存在。根据我们的学说,此亦不难理解,离体肢体虽然与整体相脱离,但由于严密保存,其细胞尚未真正死亡,其生理功能还存在,故通过间隙连结传导动作电位的功能尚存在,故其低阻抗特性也存在。当然,如果脱离肢体时间太长,细胞逐渐死亡,其低阻抗特性也就不复存在了。

(六) 循经皮肤病的发现被认为是最能说明经络存在的“直接的经络现象”,自五十年代开始,不仅在我国,而且在苏联、西德、匈牙利等国,都陆续有这方面的报道。间隙连结细胞由于离子和代谢物在细胞间游动,使这些细胞的活动具有协调性、一致性。一个细胞由于某种原因发生某种病

变, 其代谢物或异物(如抗原抗体、病毒等)可通过间隙连结而扩散到相邻的其它细胞, 使其亦发生病变, 这样依次影响, 使整个经络线上的间隙连结细胞发生病变, 从而形成循经皮肤病。以前我们曾提出经络的同代谢频率细胞学说^{10, 2}, 若进一步从细胞间隙连结角度来考虑, 这些现象就更好理解了。

三、针灸治病原理

有机体细胞之间间隙连结的存在说明机体统一使用着它们的某些或全部低分子量的代谢产物, 使间隙连结细胞的各部分活动得以协调、一致。Loewenstein认为^{11, 12}, 细胞与细胞之间间隙连结通道也是传输生长调控信号的结构。他用两种模式说明间隙连结的作用。一种是传输生长抑制信号的模式, 间隙连结把生长抑制信号从生长静止的细胞送入生长活跃的细胞, 达到一定的阈值, 后者生长停止。第二种是传输生长刺激信号的模式, 间隙连结生长刺激信号从生长活跃的细胞内传到周围细胞, 生长刺激信号分布在更大的细胞群内, 受到稀释, 当水平低于阈值时, 生长停止。明白以上理论, 就好理解针灸治病原理了。如果某处细胞功能活动发生异常(过强或过弱)或其生长发生异常, 通过针灸等方法刺激与其同一条经络的间隙连结细胞, 引起动作电位, 可以促使信号物质沿间隙连结通道传到该部位; 同时也引起了间隙连结细胞周围的神经、以及体液系统的功能活动, 共同发挥调节作用, 使该细胞重新与整条经络协调一致, 达到治疗目的。

以上就最常见的经络现象及针灸治病原理进行了阐释。此外, 用此学说还可以解释许多其它的经络问题。由于间隙连结几乎存在于所有类型的动物组织中, 故在许多动物身上亦发现了经络。不论是兴奋性组织, 还是非兴奋性组织, 是成体组织还是非成体组

织, 都有间隙连结的存在。间隙连结的细胞, 既可是同类细胞, 也可以是异类细胞, 故经络亦网络全身, 无处不到。还有, 有人研究组织分化与间隙连结的关系, 从昆虫的研究发育中, 提出了发育区的假说, 认为随着发育的进行, 胚胎中形成一系列发育区(每个发育区是一间隙连结细胞的起点, 可以看成是一条经络的雏型), 这些区由明显的界限所分隔, 一旦一个发育区的区界被确立, 这个区的细胞命运就受到限制。这些细胞将按照不同于相邻区细胞的命运的方向发育。关于果蝇翅芽发育区已绘出了发育区界图, 值得注意的是, 在区界线处, 荧光标记物从一个细胞跨越这条线到另一细胞的通透性明显受抑¹³(这就是经络同位素显示的根本原因)。近期研究证明, 至少有九条这样的线存在(故有十二正经之称)这种通讯区与发育区的范围是一致的¹⁴。更进一步的工作指出, 染料穿越体节或翅芽区界转运受到阻抑, 是因为存在“界细胞”(border cell), 这些细胞在区界处形成1—3个细胞宽的带(故经络亦呈宽窄不同的带状)。

总之, 以直接通讯系统是可以比较完满地解释各种现象的, 我们正在进行实验证明之。

参考文献

- [1], Loewenstein, W. R., 1979, Biochim. Biophys. Acta, 590, 1—95
- [2], 郭义等: 经络实质探讨, 云南中医学院学报, 1986, 9 (3): 14
- [3], Furshpan, E. T., et al., 1959, T. phisiol. 145, 289—325.
- [4], 程极济等编: 生物物理学: 高等教育出版社, 1985年10月第1版, 185
- [5], 中医药信息报, 1986年12月3日
- [6], Takase K Am J Acupuncture 11 (4), 305, 1983

督脉分支疑析

安徽中医学院 张载义

督脉的循行,除主干外,有关分支的记载均出自《素问·骨空论》。督脉的分支应为几条,近来,有关经络学的论述,如《经络学》、《论经络学说的理论及临床运用》等书均认为,督脉除了一条直行的主干外,尚有三条分支:

一、起于少腹脘中,出于会阴部,在尾骶骨端与足少阴肾经在大腿内侧的主干以及足太阳膀胱经的脉相会合,一起贯通脊内,出来属于肾脏

二、与足太阳经脉起于目内眦,上额交于巅,入络于脑,再别出下项,沿脊柱两旁下行到腰中,进入脊柱两侧的肌肉,与肾脏联系。

三、从少腹内直上贯脐,贯心,进入喉部,向上到下颌部,环唇,至两目下中央,

笔者认为,以上所述三条分支过于繁复,令人费解,现据有关资料,略抒管见,与同道商榷。

《素问·骨空论》云:“督脉者,起于少腹以下骨中央……合篡间,绕篡后,别绕臀

至少阴与巨阳中络者,合少阴上股内后廉,贯脊属肾”这一段话,《奇经八脉考》解释为“至少阳与太阳中络者合少阴上股内后廉,由会阳贯脊,会于长强穴”,将“太阳中络”理解为足太阳经还出别下项,沿背脊下行的第一旁侧线,这条线的终末穴位是会阳,《十四经发挥》亦赞同会阳为会穴。可是会阳并不是督脉与足少阴的会穴,所以,这种说法还是不能清楚地说明督脉是怎样同时与太阳、少阴相联系的。有人认为,长强在尾骶骨端,紧靠肛门,足太阳经别入于肛,当为太阳中络,但督脉在肛门处与太阳经别相交后,与下句“少阴上股内后廉,贯脊属肾”不好连贯。

“少阴上股内后廉,贯脊属肾”应是对“别绕臀至少阴”的解释,即督脉别行绕至臀部至少阴。考其交会穴,长强为督脉、足少阴之会穴,也就是说,督脉的这一分支是从会阴部向后上绕至臀后,在长强穴处与从“股内后廉”上来的肾经交会后,再“贯脊”并行至“属肾”。

[7]: Rose, B. et al., 1977, Nature, 267, 625—627

[8]: Spray, D. C. and M. V. L. Bennett, 1985, Ann. Rev. Physiol. 47, 281—303.

[9]: Trosko, J. E. et al., 1987. Abs. Intl. Congr. Gap Junction pp. 32. Asilomar

[10]: 郭义等:从量子学角度再探经络实质, 云南中医学院学报, 1988; 11.

(3) 11

[11]: Loewen, W. R., 1979. Biochim. Biophys. Acta. 560, 1—95.

[12]: Mehta, P. P. et al., 1986, Cell. 44, 187—196.

[13]: Weir, M. P., et al., 1982, Pro. Natl. Acad. Sci. USA. 79, 3232—3235.

[14]: Weir, M. P., et al., 1984, Der. Biol. 103, 102—149.