

经络系统的假说

Hypothesis on the Jing - Luo System

陈进生

(南开大学化学系 天津 300071)

经络理论是我国医学宝库中的重要理论,对治病健身起着指导作用,是中华民族对世界、人类的伟大贡献。这一重要理论,相传已有 2000 多年,但至今仍是生命科学之谜;然而广大科学工作者经数十年努力,已为揭开经络之谜奠定了基础。取得的成果归纳如下:(1) 经络是客观存在的生命现象;(2) 用皮肤电、声学法等生理物理方法,明确肯定了经络的位置与古籍所标一致;(3) 经络非神经,也非淋巴和血管系统,是一个独立系统,但它与上述系统有密切联系;(4) 经络线上存在着电、热、声、光的生物物理特性;(5) 实验方法已证明经络与脏腑的关系;(6) 经络的循经感传作用可被压力、降温所阻滞;(7) 经络存在的组织形态迄今没有发现。

经络研究工作者根据实验结果,前后提出了十几种对经络的假说(详见参考文献 1~4),但还没有一种假说能全面地解释经络的各种特性、治疗方法以及治疗机理。本文提出的新假说——经络是一种具有特殊液晶相状态的细胞膜,在其表面上水分子是有序排列的——试图解释各种经络现象。

一、假说的理论根据

1. 经络概念与细胞膜功能

在现代《中医学》书中指出:“经络是人体运行气血,联络脏腑,沟通内外,贯串上下的径路……沟通脏腑体表之间,把人体的五脏六腑,四肢百骸,五官九窍,皮肉筋脉等组织器官联结成一个有机的整体,使人体各部分的功能活动保持相对的协调和平衡。”从上述经络功能的文字理解,它包含着现代生命科学所概括的生命活动中 3 大功能:物质传输、信息传递、能量的交换。从现代生理来看,人体中没有一个组织或系统能够同时担任此 3 大功能的。能集 3 大功能在一体的,是活细胞的生物膜。它是由液晶性能的磷脂类化合物构成。生物膜通过它实现相变,即实现有序性与流动性的变化,以吸收和传递系统内外信息量变化,并依从这些信息量来改变系统内外在物质和能量交换同过程中熵的增加。物质和能量的交换又赖于生物膜的相变来进行调节

或控制。^[5]

《灵枢·经脉》篇云“经脉者,所决死生,处百病,调虚实,不可不通。”这段阐述明确指出了经络对生命的重要性。目前认识到生命的最小单位是细胞。生物大分子磷酸脂形成细胞膜是细胞的诞生,也即是生命的开始。细胞膜是决生死的,当细胞膜呈液晶状态时,允许细胞的分裂、融合。这样才能保障人体细胞的更新换代。生物膜相变是生物体作为活的有生命的特征标志和特有功能。生命机体的部分或全部功能产生障碍或破坏,实质上就是生物液晶物质发生了局部或全部的不可逆物理型相变。生化反应既受生物膜相变的调控,而当生化反应失调和紊乱时又反过来影响生物液晶的组成并致使其功能异化。例如有人观察到在肿瘤恶变中细胞之间出现间隙、细胞粘附性减少。这是与生化成分和糖原蛋白堵塞而影响膜的液晶性质有关;其次观察到恶性肿瘤的生长伴随有液晶及特征性的生物聚合体结晶过程(全一平,金有根,1988)。从上所述,细胞膜液晶的相(构型)及相变符合“决死生,处百病、不可不通”的论断。综观经典的经络概念,并与细胞膜功能、生物液晶特性相比较,应该得出细胞膜是经络的基本物质这一论断。

2. 骨骼肌细胞传递信息的可能性

针刺经络穴位时,可产生循经感传现象。这种经络感传现象发生在骨骼肌上。此种骨骼肌细胞,在原有医学观点看来,不可能由接触产生感传作用。因而引起了不少学者用各种手段研究经络组织中可能存在的神经、微血管、淋巴组织等,目的就是为了解释循经感传现象的机理,可是直到现在仍无企望的结果。

信息传递是细胞的重要生理功能之一,它与生物膜密切相关。然而信号的转导发生在生物膜的什么部位,一直是大家关注的问题。细胞质膜微囊(Caveolae)的发现为研究信号转导提供了一个重要线索(黄芬,1997),同时为经络的感传、治病机制的认识指出了新的研究方向。

50~100nm 的小囊泡,可称为细胞质膜微囊,它们在细胞质膜上形成一个微区,并广泛存在于各种

类型的细胞中,而在内皮细胞、平滑肌细胞以及成纤维细胞质膜上尤为丰富。骨骼肌细胞质膜上也存在 Caveolae 组织,不过较少而已。

Caveolae 的生理功能是多方面的,它参与大分子或小分子的物质在细胞中的跨膜运送。Caveolae 体中发现两种含量很高的蛋白质,即 CaATP 酶和肌醇三磷酸受体 (IP₃R),此二者对在细胞中转运 Ca²⁺,并调节胞质中的 Ca²⁺ 浓度起作用。有的学者认为 Caveolae 是信号转导的主要位点。它把激素、生长因子以及胞外调节分子所带的信号输入细胞,而细胞表面大部分的受体可能均分布在 Caveolae 上。另外一些学者发现在 Caveolae 上存在 GPI—锚激素受体、蛋白激酶 C 脂质第二信使分子。

从骨骼肌细胞质膜上存在 Caveolae 组织,可提示位于骨骼肌上的经络细胞群亦能感传刺激信息。可能也正因经络细胞群质膜上存在的 Caveolae 较少,所以循经感传的速度比纤维状的神细胞慢得多。在细胞膜上发现 Caveolae 组织,可更进一步证明经络的物质基础是细胞膜。

3. 刺激非兴奋型细胞,可诱导细胞内 Ca²⁺ 振荡
肌肉细胞群组成的经络线,因它的质膜上存在 Caveolae 组织,说明循经感传可能有物质基础。若肌肉细胞不能被激发,并产生细胞应答反应,那么循经具有感传就不能被解释了。

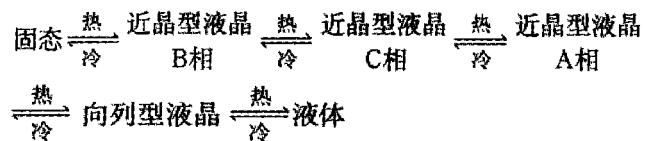
非兴奋型细胞能否激发产生细胞内 Ca²⁺ 振荡的问题,已被杨小毅等人 (1997),用非兴奋型的巨噬细胞能被 K⁺ 诱发产生细胞内 Ca²⁺ 振荡的实例解决了,证明非兴奋型细胞能被激发。虽然所激发的细胞不是骨骼肌细胞,但非兴奋型细胞能诱发 Ca²⁺ 振荡,说明骨骼肌细胞被激发的可能性是存在的。

4. 生物膜的流动性与液晶化合物的性质

维持生命活动的 3 大功能 (物质传输,信息传递,能量交换) 都与膜的流动性密切相关 (杨福愉, 1981)。合适程度的流动性对膜功能的正常表现是一个极为重要的条件。欲了解膜流动性,必须充分了解组成膜的化合物——磷脂脂类的液晶态的性质。

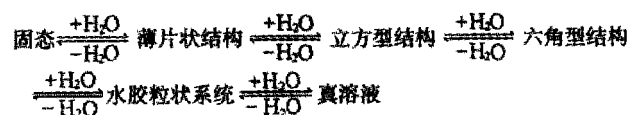
液晶既像液体一样有流动性,又像晶体一样保持一定程度的有序结构。液晶按其性质可分热致液晶和溶致液晶 (郑正炯, 1973)。

热致液晶化合物在一定热的作用下显示液晶态。它们受热后从一种到另一种相 (构型) 的改变,是有热力学次序的,而且过程一般是可逆的。如:



溶致液晶化合物,用极性溶剂处理时,不形成各向同性系统,而成为一个具有液晶结构的系统。

溶致液晶化合物的排列结构随溶剂的多少而不同,而且过程是可逆的,如:



与细胞膜有密切关系的多种磷脂,既是热致液晶,又是溶致液晶。它们随着温度和水量而变化。细胞膜不是单一成分,其相变结构比单组分复杂得多。膜相的构型直接影响着膜的流动性,也即膜构型影响着细胞的生理功能。经络线上细胞群表现出特殊的生理和生物物理特性,充分说明经络线上的细胞群的膜相构型有别于非经络线上的细胞。

细胞膜的流动性除决定于膜组成外,同时受温度、酸碱度、压力、盐类等因素影响 (黄平、黄智, 1977)。这些环境因素导致了膜相的构型变化。

引起液晶相变的因素,除了上述因素外,电场和磁场亦能起强烈的影响作用。有意识地利用前面所讲的影响膜结构的各种因素,来调节经络线上细胞群的膜流动性,可达到经络治疗的目的。例如利用磁场或交变电磁场的作用,制造出了各种经络治疗仪;利用压力作用的方法称谓按摩疗法;利用化学作用的有离子渗透如贴药膏;利用温度效应的治疗方法为灸、远红外线激光治疗等。

5. 从非平衡热力学看经络特殊性

本假说认为经络线上的细胞膜的液晶相的构型有别于经外细胞,经络线上细胞膜表面上水分子是有序排列的。从非平衡热力学观点,这样的假定是可以成立的。生命体是开放系统,它和外界之间有物质和能量的交换。在远离平衡时,出现新的状态时,可从无序分子中形成惊异的有序化。这种现象称为耗散结构的自组织。例如一个从底部被加热的平面液层可能呈现的六角形元胞的结构,就是最早为人们熟知的从无序中产生有序的典型。在一定条件下,无序的混沌和高度有序的时空结构,它们可以共存于同一类非线性系统中,互相依存。经络线上细胞膜的特殊构型和它表面上水分子的有序化,就是耗散结构组织的必然结果。

经络线上的细胞膜构型有别于经外细胞,这可能由遗传因素所决定;亦有可能因膜外水分子的定向有序排列,引起质膜构型的特殊性;亦有可能因特殊构型的质膜,引起膜外水分子的有序排列。它们间互为因果的关系尚待进一步发现和证明。

二、事实根据

1. 经络线的高振声和声信号传播的循经性

80年代祝总驥用叩击锤的方法,发现大肠经等6

条经络线上全程都具有能发出高振动声的特性^[1]。

经络高振声的形成,说明在经线皮下面分子排列高度有序。由它产生了共振,发出高振声。为了说明这现象,用金属壶煮水为例。当水未沸腾前,用棒叩击壶壁,壶壁发出响亮的声音。水煮至沸腾,同样叩击,响声很小,犹如叩击实心木墩。沸腾前后声响的差别,主要是由水煮沸后,水分子的热运动变得高度无序所引起。而经络线的高振声现象系同一道理。肌肉内含很多水,经线下方有序排列的水分子是产生高振声的共振源。

王品山(1980)、孙平生(1988)等发现,经络线上可以传播频率为 30~40 赫的声波,与对照点有显著差异,传播速度很慢(每秒 10 米左右),而且距离激发的穴位越远,声波的频率和幅度也越减小。

众所周知,声在介质中传播的速度,同介质的性质与状态有关。经线与非经线上传声有显著差别,这充分说明它们之间的状态不同。声波在肌肉内传播必须依靠粒子的振动进行。肌肉内振动的粒子是水分子。当激发声波波长大于物质组成粒子(原子或分子)之间的距离时,声波传播速度与物质组成有序度有关(杨揆一,1997)。低频声波在经线上传播的检出率可达 100%,而非经线只有 10%左右。这说明经线上的水分子是有序排列的。

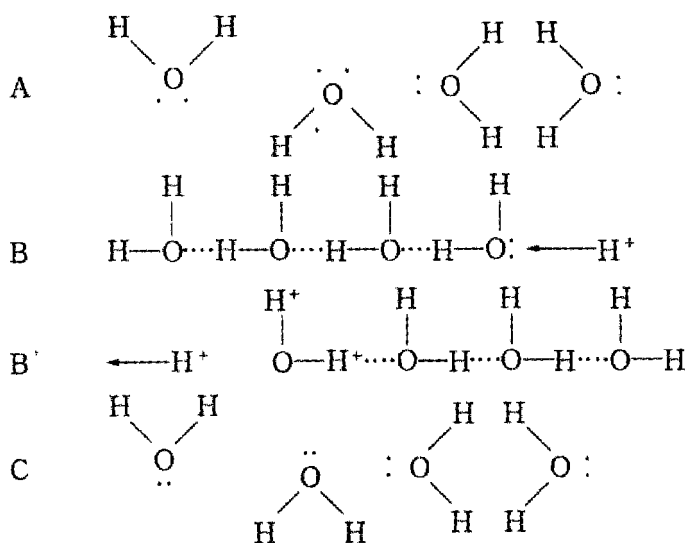
研究经络线上传播声信号的频率和振幅随着传播距离而减少的现象时,必须讨论声波对介质的作用。当声波通过固体或液体进行传播时涉及到原子或分子,在声能作用下,它们在稳定位置附近作周期性位移。当声波通过物质时,各个粒子时而拥挤得靠近,时而又互相远离,粒子振荡使声波在物质内传播。水分子是肌肉内传声的粒子,有很强的极性,分子中的氢原子很易与其它分子形成氢键。由于水分子有这样的特性,它与膜成分的磷酸脂形成了超分子化合物。经络线上的高振声说明,水分子在经线上与膜形成的超分子化合物是有序的。当声波通过肌肉时,水分子必然从膜结合位置上产生位移,即是超分子化合物的解离与结合过程。这种过程需要消耗声能,这种现象称谓化学弛豫。经线上传声过程中声波的频率和振幅的减小是化学弛豫的结果。经络线传声特性,只有低频声波才显出差异,这特征是水分子与膜形成不牢固的超分子化合物的显现。在肌肉上所加的声能足够大,化学弛豫所消耗的能量同声能相比可以忽略时,高能声波在肌肉内传播则非常迅速。如频率为 1 兆赫的声波,肌肉内传速为 1 552 米/秒。因此,用较高频率声波作经络传声特性试验时,经线内外则无差别。

2. 经络线的低阻抗

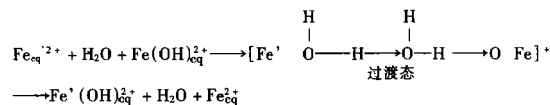
生物体的导电是很复杂的,就双脂膜来说阻抗高达 $10^7 \sim 10^9 \Omega \text{cm}^2$ 范围。实测阻抗,在经络线上为 78 K Ω 左右,非经线为 507 K Ω 左右。这个值比双脂膜

阻抗小得多。事实上,细胞膜是不能通过电子的。生物体内电子的移动总是伴随体内氧化还原进行的。生物体内的电子转移,大致分为两种^[6]。一种是酶反应时,酶与底物之间,或酶-辅酶之间的电子转移等为代表,是所谓电子的非定域化。它是通过电子轨道的重叠而转移,所以均在比较近距离内发生。另一种是生物体内氧化还原反应,电子通过一些中间的介质,顺序地传递,最后交给受体。肌肉内电子的转递可能属于后者。经络线上的低阻抗,必定与电子容易转移有关。经络线上电子转移情况可用以下水媒介机制说明。

生物体内通过水媒介的电子转移机制,是 Grotthuss^[6]提出的。此机制的特点是 H^+ 离子在水分子形成氢键过程中发生迁移。具体步骤如下图说明。A 状态第一阶段水分子于附近的 H^+ 有形成氢键的倾向,形成一个水分子间的氢键系统(A $\rightarrow$ B 状态);在生成了氢键系统之后,在系统右侧有 H^+ 配位(B 状态);其结果系统左侧游离出 H^+ 如 B' 状态;最后水回到原来形态(C 状态)。



H^+ 从水氢键系统向左侧转移的同时,电子从系统的相反方面转移。Raynolds 等人用上述机制解释细胞色素的铁离子之间的电子转移。开始时,存在于 $\text{Fe}(\text{OH})^{2+}$ ($\text{Fe}_{\text{eq}}^{3+}$ 与水的 OH^- 配位) 的 H^+ , 通过水的氢键迁移至 $\text{Fe}_{\text{eq}}^{2+}$ 上。他们认为中间的水,使相隔 100 Å 的距离也容易发生电子转移。反应方程如下:



经络线上的低阻抗,说明经络线上细胞群的膜表面存在有序排列的水分子。这是因为,在介质中的电子在两电极之间作迁移时,必然是以直线进行。据此,推断经络线内的电子在形成氢键的有序

水分子媒体中进行迁移,所以经络线形成低阻抗。肌肉导电机理不同于金属或半导体,它在导电的同时,必然伴随着肌肉内发生化合物的氧化还原反应。经络线上存在有序排列的水分子和能氧化还原的化合物,即便是离体的肢体,亦能在经络线上测得低阻抗。

3. 能量场摄影法显示经络线

国内外都有人报道^[2]在高频高压电场下,拍摄到手、足部位十二经的电晕照片。发光亮线的位置与该部位经络的循行路线基本一致。他们认为是皮肤导电的放电现象。但未见报道肌肉内外有放电灼伤的痕迹,说明他们的解释不符合实际。笔者认为,发光线的产生,是细胞膜液晶在高频高压电场下,激发产生的荧光。能否产生荧光,是由液晶材料的性质和构型决定的。经络线上能产生荧光,正是一个无可辩驳的事实,说明经络线上细胞膜的液晶相构型的特殊,与非经线细胞膜不一样。

4. 循经感传的可阻滞性^[2]

在针效循经感传线上,冷冻降温可以阻滞感传。这一现象也可以证明经络线上的细胞膜的相变作用。细胞膜中的磷脂是热致性液晶。当冷冻时,随着温度降低,液晶向晶态相变,结果使细胞膜的流动性降低,相应的细胞的生理活动被阻滞。冷冻降温对感传阻滞的发展和解除阻滞后感传的恢复都是需要经过一段时间的。

在感传路线上的任何一点施加 500~1 000 克/平方厘米的压力,感传即在该处被阻断^[7]。机械压迫的主要特点是其即效性。施加压迫,感传立即被阻断;解除压迫,感传又立即恢复。这现象说明细胞膜接受了压力,引起膜相构型的变化,也即改变了细胞膜的流动性,影响了生理活动。

机械压迫亦可阻滞声波的循经传播,这是由于经络线上的有序排列的水分子被压力搅乱,阻碍了声的传播^[7]。磁场亦能阻滞声波的传播,这是因为磁场强烈地吸引极性水分子和影响细胞膜的液晶构型,即使次声频率的声波也不能通过。这些现象也证明经络线上水分子是有序排列的。

5. 生理解剖未曾发现经络组织

现代解剖方法和最新的显微观察仪器,仍未观察到经络的组织,经络成为不解之谜,同此情况和分析有关。若经络组织像本假说那样,经络是同细胞膜液晶相状态有关的组织,则因解剖时所用的标本是尸体,或是离体的肌肉,这样的标本就已经不能代表生命活着的组织了。这是因为经络线上的细胞膜早已发生相变,与非经线细胞相比已显不出差别。再者,经络线上有序排列的水分子,在取样和切片等操作中早已破坏。经络是活着的整体的生理现象,离开活的生命整体,就不能了解经络。

三、针刺作用探讨

针刺肌肉时对肌肉细胞膜产生两种刺激:一是针刺对经络线上的细胞膜产生机械压力;二是在针刺入和提插过程中,必将损伤很多细胞,结果在针刺部位产生很多组织液,其中大量的水。压力和水的增加,必将引起溶致液晶的相变,使细胞膜的流动性发生变化。经线上细胞群的脂膜的构型和膜外水分子的排列,皆与非经线不同,这两个特点可能使经线细胞膜上的 Caveolae 组织的活性较高。经线上的细胞膜的流动性变化,激活了 Caveolae 组织中的 Ca^{2+} -ATP 酶和肌醇三磷酸受体 (IP₃R)。这两种蛋白质都在细胞中转运 Ca^{2+} ,并调节胞质中 Ca^{2+} 浓度。研究发现^[8],针刺时,穴位处 Ca^{2+} 浓度高于旁开的对照点,说明针刺增大了跨膜 Ca^{2+} 浓度梯度,也同时引起骨骼肌细胞产生 Ca^{2+} 离子振荡。这种作用可能是针刺调节生理和治疗疾病的机制。

四、对经络研究的下一步设想

经络表征于活着的生命体内,是同状态有关的系统。尽管它已显示出各种各样的经络现象,但对它的真正了解仍是一个谜。相信随着细胞膜结构、功能以及生物体内水的结构、功能的深入研究,经络之谜将被揭开。

近半个世纪的经络研究,已取得了丰富的成果。许多研究工作者,根据各自的实验和认识,提出了十几个经络假说。目前有必要在对各种经络假说进行认真讨论的基础上,确定几个较合理的假说进行验证。在验证过程中修正或推翻假说,在新的基础上再提出新的假说,再验证,再修正,直至对经络得出一个本质性的认识。本文对经络提出的新假说仅供大家参考。

参考文献

- [1] 祝总驷,郝金主编. 针灸经络生物物理学. 北京出版社,1989
- [2] 胡翔龙,包景珍,马廷芳. 中医经络现代研究. 人民卫生出版社,1990
- [3] 张声闻,陈静. 科技导报,1996(10)
- [4] 焦玄,李志超. 科技导报,1997(9)
- [5] 姚松年. 信息论基本概念,初探生物液晶相变对生命的作用. 液晶发现一百周年纪念会议学术论文摘要, P155. 北京,1988
- [6] (日)永田亲义. 陶宗晋,江寿平译. 第12章,生物体内电子转移和质子转移. 量子生物学入门, P163. 上海科技出版社,1979年
- [7] 陈谟训等. 经络感传的声发射实验研究. 辽宁中医杂志,1984(1)
- [8] 郭义,陈进生等. 家兔经穴钙离子浓度特异性研究. 针刺研究,1991,16(1):66 (责任编辑 蔡德诚)