

关于经络的物质属性、生理功能及相关的联想

On Physical Attribution and Physiological Function of the Jing- Luo and Its Association of Ideas

张声阁¹ 陈 静²

(现代康复杂志社, 主任医师¹; 副主任医师²)

李佩斌

(美国, 世界中华医疗学院, 教授)

沈阳 110005)

近 10 年来, 经络研究取得较明显的进展, 14 条经线的客观性, 似已不再置疑; 经络的三维定位问题, 许多讨论已倾向于认为是在人体的间隙维系统之中; 祝总骧等的实验观察, 与间隙维定位之说甚相一致。经络的物质属性及整体调节功能已势在必索。本文旨在从非线性科学自组织理论入手, 对经络的物质属性及生理功能做出探讨性阐述。

一、《分形论》与《相似学》是席卷很多学科的学术思潮

被公认的, 继爱因斯坦之后最伟大的理论物理学家英国史蒂芬·霍金教授曾说: 如果能用一种简单的方式而且不用方程式来解释制约宇宙定律方面的基本观念, 他会同别人一样感到兴奋和赞叹。所以, 他总是记着“每用一道方程式都会使书的销售数目减半”的教训, 把他的学术著作写得尽量通俗易懂, 并且认为这是使一个新的学说最终被广泛承认的必经之路。这是一条具有普遍意义的经验。

最近听说, 有一位美国科学家也有一个异曲同工的高见。大致是说, 一个科学家一定要注意炼就这样一种本领: 仅用 10 分钟, 用通俗比拟的语言, 讲一个科学大道理, 让听者一辈子不忘且能讲给别人听。我们认为当代学术思潮中两个耀眼的潮头——《分形论》和《相似学》, 都能让人们较易获得简明透彻的印象。分形理论诞生于多学科交叉、对撞, 又相互融合的 70 年代。创建人为美籍波兰人曼德勃罗特。他认为“自然界和社会活动中广泛存在的无序(无规则)是一个自相似性系统”, 分形论能让人们洞察到表面混乱无序, 而实质却为分形系统的精细结构, 使人们从局部认知整体、从有限认识无限、从表面无序认识更深一层的有序, 把看来极复杂的大千世界, 归结到最简单的分形规律上来。总之, 分形论为认识客观世界以及主观世界都提供了

新的思维方法论^[1]。

《相似学》是我国学者周美立教授首创, 1993 年出版第一本专著。相似学认为天体系统和粒子系统作用力和作用力形式是相似的, 自然界中不同物理系统之间也是相似的关系, 甚至认为, 热力学第二定律, 在自然科学中和社会科学中同样起着相似的作用, 因为自然界和社会, 都是耗散结构, 其客观规律不随任何人的主观愿望而转移。

所以我们认为, 《分形论》和《相似学》这两株学术奇葩, 可能将有助于我们认识经络系统。人体内血管系统、神经系统、淋巴系统, 特别是分形所揭示的组织间隙维系统, 都如一枚树叶的叶脉一样, 是十分典型的分形系统。分形发生的制约点, 是非线性科学的分叉点; 而分叉的发生, 总有它的激发机制, 就是说, 有它的客观规定性。这个规定性很复杂。有生物物理的, 有生物化学的; 有体内环境的, 有体外环境的, 它们都可以敏感地限制组织发育的分形走向。我们做过百人以上的随机观察, 观察手背的静脉走形, 完全相同的走形几乎没有, 特别是同时观察几个手背, 每个人都不相同, 这说明每个人的每个分叉激发点都各有具体原因。不论是间隙维系统(我们认为即经络系统), 还是神经、血管、淋巴系统, 由于都是分形结构, 也才保证了随时随地地存在侧枝循环, 而不至于由一点小阻塞、小毛病而致人于死地。所以分形, 既是自然理性选择的结果, 也是自组织的一种“智慧”。美国坎农(W. B. Cannon)就曾以《躯体的智慧》(The Wisdom of the Body)为书名, 生动地描写过很多自组织的生理功能。所以许多科学著作, 将“分形”、“相似”汇流到一起。请看英国彼德·柯文尼和罗杰·海菲尔德合著的科学名著《时间之箭》中的一段话:

“分维”这个词是 1975 年问世的。曼德勃罗特(B·Mandelbrot)创造了该词, 为的是要描述

在不同尺度上都具有同样的不规则形状的奇怪几何。奇异吸引子, 不管我们把它的某一部分放大多少倍, 它基本上仍具有该吸引子的全盘结构。花纹里面有花纹, 那里面又有花纹, 一直下去, 永无止境。这个性质叫“自相似”。同一个花纹在每一个尺度上都存在: 一片枫叶的边缘上满布着小枫叶形状, 小枫叶的边缘上又是更小枫叶形状。这叫尺度转换下的不变性。

在人身上, 脚掌、手掌、耳朵、上下肢的每块长骨, 甚至手指上的每一段骨骼, 都有与人体的头、脚、五脏六腑的相对应部位。这就是著名的全息现象, 即人体自相似体系。全息治疗, 即用针灸、电疗、磁疗刺激这些相应的部位, 即可显示出它的医学疗效。我们认为, 这些都证明了分形及自相似在动物界、植物界及像物理、化学这些知识客体中, 都存在着制约作用, 其本质都是由物质的电子行为这种最基本物理属性所决定的。在生物体内, 在酶与底物之间, 在酶与辅酶之间, 在经络的“决生死、处百病、调虚实”的运作中, 在难以计数的氧化还原之间, 都有大量的高效率的电子传递。据科学家们的观察和统计, 在每秒钟每摩尔的物质容量中, 会发生 1 000 万至 1 亿个电子转移。每摩尔单位是指不管是分子、原子或其他粒子, 当个数约为 6.02×10^{23} 个时即为 1 摩尔。在这么多数量中发生 1 000 万至 1 亿个电子转移, 转移的绝对数很大, 但亦仅是总体的 (指 1 摩尔那个小总体) 1 000 万亿分之一。这段话中的这些数字间的关系在《量子生物学》中表达为 $10^7 \sim 10^8 / M \cdot \text{sec}$ 就够了。这些电子行为是理解生命现象的一个物质的切入点。这对理解经络的物质属性及生理功能的物质内容都十分关键, 且也都在“分形论”与“相似学”的涵盖之中。

二、人体间隙维即经络系统 似应为一个超循环系统

我们已在 1996 年明确提出经络系统就是人体间隙维系统, 组织液就是经络物质。它是一个有耗散功能的自组织系统, 融信息系统、物质系统 (有静止质量的有形物质)、能量系统 (无静止质量的无形物质) 及场地系统于一身, 把人体的上下内外、四肢百骸、五脏六腑、皮肉筋脉、五官九窍、神经体液, 每个细胞及心包三焦等一切有形实物及无形空间 (心包、三焦及已知九大系统所构成的人体间隙维网络系统) 联结成一个有机的整体^[2~5], 即根据自组织生物反馈, 把解剖学中已列出的九大系统 (指运动、消化、呼吸、泌尿、生殖、循环、内分泌、感觉及神经九大系统, 见尹振国主编《正常人体解剖学》绪论, 上海科学技术出版社, 1995 年 1 版) 各自的功能状态

作为体内的生物反馈信息源, 而神经系统分两段参与, 第一段为神经系统对另八个系统的神经调节, 使这八大系统的功能尽可能保持最佳状态, 并使它们在有关诸因素相关最佳值的协同中实现超循环运转 (在多个子系统循环之上构建的整体循环); 在超循环运转中再实现神经一体液调节, 便是第二段神经调节, 即参与实现经络的“决生死、处百病、调虚实”的相对瞬间的终点功能, 使各瞬间的终点功能都争取到有关诸因素相关最佳值中的最适值, 便是一个有生命的活人的动态的最佳健康状态。由于神经元与神经元之间的三种传递, 即化学突触传递、电突触传递、非突触化学传递都发生在组织液中并利用组织液中的已知与未知的离子及其他纳米级多种物质为载体才得实现^[6], 所以可认为现代生理学只有几百字提及的神经体液调节之说, 正是对经络功能状况的朦胧论述。即只认为它是一种自在的调节能力, 却远没有认识到它是人体内最高层次的综合调节系统即经络调节的一部分; 而且, 还远没有认识到人对它的可影响性、可操作性。任何专业工作者都能重复出来的针刺麻醉就是这种可操作性的最好证明, 也是经络是一个自组织功能系统的最好证明, 也是经络作用大于神经作用的最好证明, 还是超循环可操纵子循环的最好证明。我国神经学专家张香桐教授研究过针刺麻醉的机理, 发现, 针刺后下丘脑接受到针刺信息后, 仿佛知道让它干什么, 于是就分泌内啡肽作用到神经, 起到麻醉作用。这也说明, 神经是经络的子系统。武断地认为“经络是古人对神经的无知与误解”的论者, 倒可能要涉入今人对《黄帝内经》的无知与误解之嫌了。

至此, 我们抚躬自问, 为什么许多物理学丰碑的奠基者们均是从哲学思辨开始的? 因为哲学思辨最尊重自然理性, 而任何失败者的风风火火都把自然理性上的灰尘拂去一层, 让后来的哲学思辨者的思维多增加一份清晰。思维分叉, 也总是有一道“划痕”及一粒“尘埃”在起作用。成功总是历史的、集体的。另一种可称为自然启示的, 是在中枢神经元的几种连接方式中, 有一种会聚式连接: 8 个想法汇集为 4 个, 4 个又清晰为 2 个, 2 个又孕育为 1 个。这就正是泰勒 (E. L. Taylor) 博士所说的“具有丰富知识和经验的人, 比只有一种知识和经验的人更容易产生新的联想和独到的见解”的原因。事实上认真听取反对自己意见的声音也是丰富自己知识的重要方法, 因为任何一个交叉性意见的后面, 都是有一批知识为依据的, 所以不论与自己的观点是融合还是对撞, 它们都是丰富自己知识的重要土壤, 都要认真咀嚼, 以完善自己的观点、丰富答辩的思路; 特别要习惯于利用对撞引起的火花, 悟出思维分叉, 造成更有效的思维增殖, 加深自己的学术修养; 即使最终导致自己观点的瓦解, 在科学的严谨性方

面,你也是提高了一大步,为今后的哲学思辨研究和实验研究增加了思维和业务的功底。

超循环理论是联邦德国著名生物化学家艾根在1971年提出的,他因高分子进化论的研究与另外3个人得过1967年诺贝尔化学奖。这种循环把各自催化循环联系在一起,使循环的每一个要素既能自我选择、自我复制,又能对下一步新要素的产生起助催化作用,从而引起自然界物质运动、能量转换和时空变动,促进物质运动向更高级层次发展。我们认为,这样一个多方面多层次多功能的超循环,没有一个与任务相适应的多形态的空间结构是很难完成其功能的。人体间隙维空间系统正好是充此大任的解剖部位。虽然我们对这一见解已作了深入思索并提出了假定,但这仍是有待生理学与解剖学进一步论证的自然之谜之一。用老子的哲学思想“有之以以为利,无之以以为用”来理解这种解剖定位十分精好。老子《道德经》第十一章说:“三十辐共一毂,当其无有,车之用。埴埴以为器,当其无有,器之用。凿户牖以为室,当其无有,室之用。故有之以以为利,无之以以为用。”今日正在兴起的空间学理论研究,也为把经络定位于人体间隙维这个空间结构中带来了理解上的方便。空间结构理论认为:“空间结构是指诸要素在该系统范围内有机联系的内在形式和方式。大系统下的各子系统,信息网络中的各个流经点,流水线上的各个具体工作环节,都构成了自己的空间结构。”以上这段虽不是谈经络,但胜似谈经络,穴位正是经络信息网络中的各个流经点。在这些普适性的论述中,可以加深对经络宏观整体调节人体功能的认识,认识到经络系统即人体间隙维系统,是一个以空间之“无”为“有”的,它实实在在是人体中一个最大的功能系统,开发前景巨大。它的开发利用,是人类降低医源性感染(20%左右)和药源性疾患(45%左右)的必由之路,是预防医学思想第二次物化的必由之路(第一次物化是菌苗、疫苗的发明)。经络专家祝总骥教授提出的《三一二经络锻炼法》,已经显示出自我保健的巨大潜力,这种潜力正是经络作为超循环系统的功能体现。

三、人体间隙维即经络系统是一个开放的耗散结构

前述的超循环理论,加上此节所述的耗散结构理论,再加上下面将要述及的协同学及突变论,是远离平衡态的非线性科学自组织理论的4个台柱理论。人体巨系统是开放于宇宙的,是能够与宇宙交换信息、物质和能量的。中国的祝总骥教授、美国哈佛的商成博士的研究都证明,人体穴位是低电阻点。美国商成博士的研究发现:

“生物的奇点(经络穴位就是奇点——引者注)既可存在于时间节律,也可存在于空间形态场和电场。电场奇点的低电阻性可由高密度的导电结构造成,如隙连接(Gap junction)、细胞间隙、细胞质桥和化学突触,这些点相互联系(即间隙维系统——引者注)形成振荡网络。接近体表的奇点(穴位)类似于无线电通讯中的天线,用于信号输入和输出。外界信号可经这些点有效地输入,反映内部生理动态的信号也可在这些点上检测到。病理则可能与振荡网络中的通讯不畅有关……都可引起某些穴位的阻抗变化。”

对这些极为宝贵的、关于经络穴位即人体开放于宇宙的信息、能量、物质交换通道的论述,有些经络研究者竟全然不知,令人不无遗憾。而当年,正是商成博士的论文与高歌教授关于间隙维可能导出新课题的点拨作用,则共同启发我们走上了经络研究的道路,而上述这两篇文章恰恰就刊登在《科技导报》1991年3月号的同一期上。

穴位是低电阻点,是人体与外部交换信息、物质和能量的通道,这正是构成人体这种耗散结构的主要根据。

比利时布鲁塞尔大学是学术思想极为活跃的大学。耗散结构理论创始人普列高津(I. Prigogine)创建了非平衡体系——他称之为耗散结构体系;并阐明在与外界必然有的交换过程中是如何加强这种交换,以使耗散结构体系更为有序的。这种对耗散结构理论的研究,实可充任研究如何提高生命质量的科学方法论。他终因这些方面的创造性思维及研究生命科学的有效性而获得1977年诺贝尔化学奖。他的研究成果启示我们:开放于宇宙的生命体,必须利用这个交换功能,利用外环境宏观元素与人体内环境生命微观元素相一致的特点,有意识地利用自组织功能、利用耗散结构,来加大调整生命质量的针对性力度,把因各种干扰造成的生命无序(熵增加)变成生命有序。这个调整,除了通过合理营养吃进“负熵”,就是要利用人体上365个大穴位的低电阻特性,通过经络锻炼,接受“负熵”,通过有针对性的调节活动(14条经脉线可理解为自组织调整的分工区及对五脏六腑的责任区),起到祛病健身的作用。

四、协同论和突变论在经络研究中的探索应用

自组织理论的4个子属理论——超循环论、耗散结构论、协同学及突变论,都是在非线性科学兴起,非平衡、非周期、非对称、非稳定、非连续、非结

构、非可逆等等非线性现象的研究中应用的新的科学理论和新的方法论。它们比老三论(40年代兴起的组织理论:控制论、信息论、一般系统论)体现出更多的整体观点,经常提醒人们注意:整体的功能是大于子系统之和的。单从分析子系统入手,常常会丢掉子系统间协同作用这一整体功能。这就是协同论应运而生的背景及它的核心内容。现代医学对人体的研究,是从应用解剖学开始的,9个功能系统都在解剖刀下被确识了形态和位置。从形态学的认识上,可说是从宏观到微观了,从细胞到分子、量子了,但同样是健全的9个系统组成的人,其总体的精气神状态是多么不同!再加上不同的知识输入量和大大不同的感悟程度,人与人就更千差万别了。这种差别的实质,就是无静止质量的物质——精、气、神有别的缘故。这种人的社会功能的可塑性(这是教育的基本目的之一),完全是9个可视的组织形态之外的事情。经络锻炼使人健康,已成共识;经络锻炼可使人聪明,我们现在提出,在此列案。我们认为这很可能是可行的开发项目。人体的9个可视的子系统都从属于人体间隙宏观自组织系统即经络系统。经络这两个字规定得很精确,即,纵一横一交叉,无数之交叉,即经络为网,为协同创造了最好的运作空间。它堪称为人体的“政治局”,可协同好9个子系统间的关系,规定好举足轻重的序参量。它的指导原则就是自组织理论,即一种自然理性。正如《老子》第二十五章所记:“人法地、地法天、天法道,道法自然”。此中之自然,即客观规律。自组织理论即自然规律的总结。人的最佳功能态是9个系统的协同结果。这里有一个有关诸系统相关(即彼此互相照应)“最佳”值的规定性。仅用一个系统去追求健康,比如过度吃、喝,则会形成对其他几个系统的干扰,结果会较大地偏离最佳值,对总体健康构成损害。所以广泛的知识修养也可以通过经络开发协同到9个子系统中去,参与自己的健康管理。由于经络开发是利用了自组织能力,它可调节各系统间的协同阈值范围,所以在同一个坏条件下,有人能适应,有人不能,有人很不能,这就是经络调控能力不同的集中表现。曾为卫生部中医局局长的吕炳奎先生,我们认为他是深悟中医经络真缔的少数人之一。他在为祝总骧教授《锻炼经络百岁健康——三一二经络锻炼法》一书作序时写道:

古代中医经典最早把人体(包括五脏六腑、四肢百骸、皮肤毛发、眼耳鼻口、牙齿指甲)视为一个有机的、与自然界密不可分的整体,经络系统则是主宰着全身气血运行、调节生命活动的信息反馈系统。针灸、推拿的循经取穴;气功导引的大、小周天;气血流注……无不以经络为依据,以调整平衡而祛病,以保持经络

平衡而康复为主线。我认为经络是人体中层次最高的综合系统,它甚至与意念、思维等脑功能密切相关(这句话很重要,这就是我们前述之“广泛的知识修养也可以通过经络开发协同到9个子系统中去”的原因——引者注),经络又是联系天、地、人整体系统的纽带。

这段话,特别是最后一句话,即使10年以后,大概仍是超前的论述。它对生命科学和脑科学以及脑与健康,及新近提出的“大脑的医疗力量”(语出何轶群研究员《系统医学理论刍议》,见《科技导报》1995年12期第3~6页)这些问题的深入探讨,都是一些很有分量的思路。

协同论为德国著名的理论物理学家哈肯教授60年代创立的,开始是在研究激光中发现协同现象的,以后推而广之,发现协同现象是许多事物都具备的普遍规律,越是由众多子系统组织的复杂系统,协同作用越复杂但也越明显、协同得越好,超子系统总合后的功能越大。对人体来讲,大脑的未开发部分大于已开发部分,知识分子大脑的已开发部分明显大于文盲。大脑的未开发部分则不会在协同作用中发挥作用。这说明向大脑要健康、向意识要健康、开发大脑的医疗力量,不仅是个崭新的工作领域,而且具有诱人的前景和理论魅力。美国在开发癌症人群大脑的医疗力量方面,已经做了不少尝试;许多国家心理门诊的普遍开设及受到的欢迎是一个很值得深入探讨的事物,说明心理在9个子系统的协同中,可以起到某些“激活”和“催化”作用。获诺贝尔生理学 and 医学奖的美国斯佩里(R·W·Sperry)教授的《心理物理相互作用论》的研究证明,心理可以在人体内引起生物物理和生物化学的结果,对身体造成有利或有害的影响。望梅止渴,就是典型的生物物理学行为;考场上的大学生,白血球普遍升高1~1.5倍,也是典型的生物物理行为,还会分泌血管紧张素,使血压增高,这是又一典型的生物化学变化。这些都说明“大脑的医疗力量”之说是可信的,其开发前景诱人。它堪称自然绿色医疗,不会给人本身和环境带来任何不利;同时说明自组织功能的潜力很大,它完全有可能使人少生病、不生病,生了病尽快康复,甚至延长自然寿命。

突变论是法国数学家R.托姆1972年创立的。控制变量和状态变量是突变理论中两个关键概念,比如美国近年兴起的控制进食量是长寿的重要原因的研究中,控制进食量就是控制变量,生命质量的综合状态就是状态变量。自由摄食与限量摄食,在众多的试验动物身上,都表现出自由摄食短寿、限量摄食长寿的结果。突变有渐变与质变之分,其中包涵着量变积为质变的过程,但也有偶发原因引

(下转第15页)

TINI 假说对经络现象的解释

穴位的刺激引起信息流沿经络线的细胞间通道播散,沿途依此激发感觉神经的内传,从而引起循经感传。对于细胞间通道的信息播散速度,神经的内传时间可以不计,因此循经感传的速度与细胞间通道的信息播散速度相似。GJIC 涉及化学效应和电效应,可伴随酶或酶系的催化效应,所以传递速度慢、速度不等或有停顿,因为降低温度便降低了酶活性。GJIC 信息传递受到阻抑,所以发生循经感传阻滞。压力引起感传阻滞可能与压力引起细胞间空间构型改变有关。放散性针感可能与循经感传发生的机制相似。穴位低电阻特性与 GJIC 的关系前面已经介绍。针灸按摩效应可能是穴位释放的生物活性物质通过 GJIC 作用于神经内分泌系统引发了一系列调节活动的结果。对于穴位主治的循经性与同阶段神经支配穴位有相同或相似主治的矛盾可能从这些穴位的 GJIC 联系与神经的关系找到答案。

综上所述, TINI 假说的提出是有一定事实根据的。此假说能比较好地解释经典记载的经络特性和现代多学科研究发现的一些新的特征。细胞通讯的广泛性、自组织性、自我调节性,生物进化中的原始性和能够让信息在其中流动不止并能控制信息流动的特性均与经典描述的经络非常相似。但是,目前对细胞通讯的研究还很不深入,在人身上是否形

成像在昆虫身上发现的条带状通讯区^[10]或与经络一致的通讯区还有待进一步研究。

主要参考文献

- [1] 张友时. 经络的生物学模式探讨. 全国首届新学说新观点学术讨论会论文集(生命科学). 中国科协学会工作部编, 中国科学技术出版社, 1993, 150-154
 - [2] 卢嘉锡等. 中国当代科技精华, 医学卷, 323
 - [3] 福建省医药研究所针麻原理研究组等. 中医经络学说与针刺麻醉原理研究. 全国针刺麻醉研究资料选编. 上海人民出版社, 1977, 第一版, 109-119
 - [4] 王佩, 等. 根据神经阶段支配理论探讨针灸取穴规律. 针刺研究. 1998(1): 80
 - [5] 费伦, 等. 经络物质基础及其功能性特征的实验探索和研究展望. 科学通报. 1998, 43(6): 658-672
 - [6] (美) 商成, 楼宇伟, 万三. 生物电化学振荡——一项可能对探索中医机理有重要意义的研究. 科技导报. 1991(3), 37-40
 - [7] 张人骥. 经络科学的里程碑——纪念中华经络铜人 970 年. 科学通报. 1998, 43(2): 113-121
 - [8] Fan JY, Xi SY, et al. The role of gap junctions in determining skin conductance and their possible relationship to acupuncture points and meridians. Amer J Acupun. 1990, 18(2): 163-170
 - [9] Cheng S. Singular point, organizing center & acupuncture point. Amer J Chin Med, 1989, 17(3): 119-127
 - [10] M. G. Blennerhassett & S. Caveney: Separation of developmental compartments by a cell type with reduced junctional permeability. Nature, 1984, 309: 361-4
- (责任编辑 蔡德诚)

(上接第 6 页)

发质变的。癌症患者常常表现为不同的恶化过程,但在生物身上,突变常常表现为双向性。有些癌症已确诊,但由于某些未知的控制变量的演变,使状态变量逐渐转向有序,癌变消失,这在各国均有实例。问题是缺乏周详的观察和总结,特别是没能理清控制变量的详细内容及施给量。这是今后医学研究的重要课题。

大量的经经络锻炼而恢复健康的事实证明,有明确目的性的经络锻炼,是发挥大脑医疗力量的可行途径,它可使恶向突变延缓发生或不发生;使良向突变早发生或快发生。这一点,是每个人均可参与考察的。

五、联想后的呼吁

鉴于经络系统是一个客观存在、客观事实,所以国内外的很多研究和论述,已经与我们先前的论证指向趋于一致了。经络问题,是中国最有可能获得诺贝尔奖的研究项目。因此,我们在此建议,有关

方面应该尽快组织相关单位和人员,集中力量,认真地理一理思路,定一个主攻方向,拿出一批说服力强的实验数据、论证材料。应该有些紧迫感了。

参考文献

- [1] 林鸿溢, 李映雪编者. 分形论——奇异性探索. 北京: 北京理工大学出版社, 1994, 序言
 - [2] 张声阁, 陈静. 关于经络本质和机制的探讨, 科技导报, 1996(10): 12
 - [3] 张声阁, 陈静, 李佩斌. 经络就是人体间隙维系统. 大自然探索, 1997(16) 3: 77
 - [4] 张声阁, 陈静, 李佩斌. 经络, 已有的研究及我们的思辨. 中国中医基础医学杂志, 1998(4) 1: 50
 - [5] 张声阁, 陈静, 李佩斌. 试论经络的解剖定位, 解剖科学进展, 1998(4) 4: 1
 - [6] 李志超. 关于人体无形信息通道——经络实质研究的综合思考. 科技导报 1998(7): 21
 - [7] [美] 商成, 楼宇信, 万三. 生物电化学振荡——一项可能对探索中医机理有重要意义的研究. 科技导报, 1991(3): 27
 - [8] 高歌. 对非线性科学的理解、体验与思考. 科技导报, 1991(3): 3
- (责任编辑 蔡德诚)