

经络科学对生命调节现象的理论概括及数学表达

张人骥¹, 张人骥²

(1. 北京科技大学, 北京 100083; 2. 北京大学, 北京 100871)

[摘要] 总结50年实验, 证明人体经络通路现象具有生物学客观真实性, 可能有助于进一步总结中华传统医药学宝贵经验; 概括经络科学对人体生命调节现象的理论性概念, 对与生命共存的人体经络循行给出数学表述。

[关键词] 中华自然理念; 经络科学; 对称与不对称转换调制原理; 四维经络循行图; 经络贯通效率

[中图分类号] R224.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2005)04-0042-05

1 前言

根据对《黄帝内经》中提出经络“决死生处百病调虚实”功能的理解, 为整理和发展传统中医学宝贵经验创建了自然科学基础学科——经络科学^[1]。人体中对称与不对称同时并存, 对称中包含着不对称, 不对称中包含着对称; 平衡与不平衡并存, 且可相互转换, 以维持正常生命活动。建立在四维空间的经络系统可以对人体生命活动中的对称、平衡进行调节达到最佳生理状态。

2 经络科学概念界定

1) 经络科学哲理 根据人体机能构筑的对称与不对称转换调制原理, 在四维部位分辨基础上判断与调节阴阳相称、虚实的平衡与失衡, 辨证论治。

2) 经络科学概念

经络——以构型表述针刺治疗经验总结和感知针刺效应成图, 气血沿人体3维棱柱坐标系按周期循行、决死生、处百病、调虚实的机能系统。

经络科学——根据经络的理论基础, 通过生物学实验, 为发展中华传统医药和保健文化的基础学科, 与自然科学结合。

经络的组构——已知动物体内除去成体横纹肌和血球外, 细胞间都存在缝隙连接。实验证明中华宽体金线蛭的神经元间、胶质细胞间、以及神经元与胶质细胞间均存在缝隙连接^[2-4]。由此提示: 经络的物质结构是由细胞之间的含液并置细胞膜结构连接成纳米级的‘低阻通路网络’, 经络在细胞层次的机能是通过‘低阻贯通调节’实现的^[5-7]。

人体经络通路现象——机械刺激体表引起人脑感知跨体节双向循行的神经生物学现象。

3 经络科学理论基础

1) 生以阴阳、活以环境——金木水火土, 调理脏腑; “天人合一”; 子午流注。

2) 经络—皮层—内脏相关学说^[8, 9]: 经络是与神经有联系的独特系统, 它是通过神经起作用的, 而神经作用是通过体液因素实现的。

3) 低阻经络^[10]。

4) 经络科学论^[11]: 经络科学是中华传统医学的基础学科; 通过建立生物实验模型论证人体经络现象的客观真实性。

5) 经络构筑与低阻贯通组构统一论。

4 经络科学哲理解释

中华民族的先贤依据人类对自然界环境的适

[收稿日期] 2004-06-30; **修回日期** 2004-10-19

[基金项目] 国家“八五”攀登计划资助项目(JL93018)

[作者简介] 张人骥(1933-), 男, 天津市人, 北京科技大学教授; 张人骥(1930-), 男, 天津市人, 北京大学教授

应、并能够长期存活的观察和体验，形成了指导传统医学的独特哲理和自然理念体系：阴阳五行学说；“天人合一”学说；气血运行贯通经络、调节脏腑学说以及三维棱柱坐标体系^[12, 13]和子午流注学说。

经络科学对人体主、客观的时空概念是：时间定义为“人脑感知相关两点出现次序的间隔，由此表明时间是客观的，也是可以被感知的”。空间概念是根据人体穴位分布提出的：“端点独穴、独穴连轴，构成经络子午流注—4维经络实验模型^[14]”。

选定水蛭标定神经元环路模型是因为：**a.** 神经节构造稳定；**b.** 神经元胞体较大、轴突树型稳定、对称^[15]；**c.** 机械感觉神经元胞体分布在神经节中，节内两侧各有三个轻触感觉、两个压力感觉和两个损伤性感觉神经元，轴突分布与胞体在同侧、其分支通向前、后各一个体神经节中，与相邻体神经节中的同名感觉神经元之间形成电突触连接；**d.** 机械感觉传入的第二级是前宝塔神经元（AP），在每个体神经节中的双侧各有一个；成体时，AP在相邻体神经节间没有连接，其轴突通过本节对侧前、后神经根支配体壁肌肉。由此可见，正常个体的这两级神经元结构和功能都是对称的。但是，由于第二级的机能支配是交叉的。因此，只要身体一侧的体表接受到一个单纯的刺激、或者双侧传入信息量存在差异，都可使动物表现出来的或不表现出来的行为失去对称，进而出现支配功能由对称向不对称转换，经过调节又可能恢复对称。而且，随输入刺激的复杂化，这个个体表现的行为随之多样化。

通过实验判定人体经络通路现象（经络感传）的神经生物学实质是：神经元接受来自不同感受野的传入信号后，通过突触后电位的振幅强度所表达的三维部位分辨机能，即刺激任何一种机械性感觉神经元的背部感受野引起的突触后效应强于刺激腹部感受野引起的效应，刺激对侧感受野引起的突触后电位效应强于同侧感受野激发的突触后效应。由此揭示出中华宽体金线蛭的前宝塔（AP）神经元具有从接受的传入电信号中分辨其所携带的部位信息的功能及其部位分辨的电导调制机制^[16, 17]；并且AP神经元能够对传入部位信息进行频率编码，其化学突触可增强电突触的部位分辨效应^[18]；AP神经元通过其传出轴突调制对侧肌肉细胞膜电位，

当AP神经元接受强刺激时可引起肌肉收缩。并以34~66 cm/s速率双向跨体节传播，随时间依次激活全部AP神经元的集体突触后效应，距离刺激部位越远潜伏期延长，电位振幅减小^[19, 20]，表现了与时间相关的四维部位分辨，依此可比较身体两侧传入的信息、调节生理学效应对称及不对称的机能（图1、封面）。更应提出的是，在水蛭的平滑肌中证明具有用染料标记的AP神经元的轴突末端^[21]。根据上述实验结果证实人体经络通路现象的生物学客观真实性。因此，可以考虑将水蛭AP神经元环路作为一个生物学模型探讨经络通路现象，及与其相关的次级感觉生理学机制。

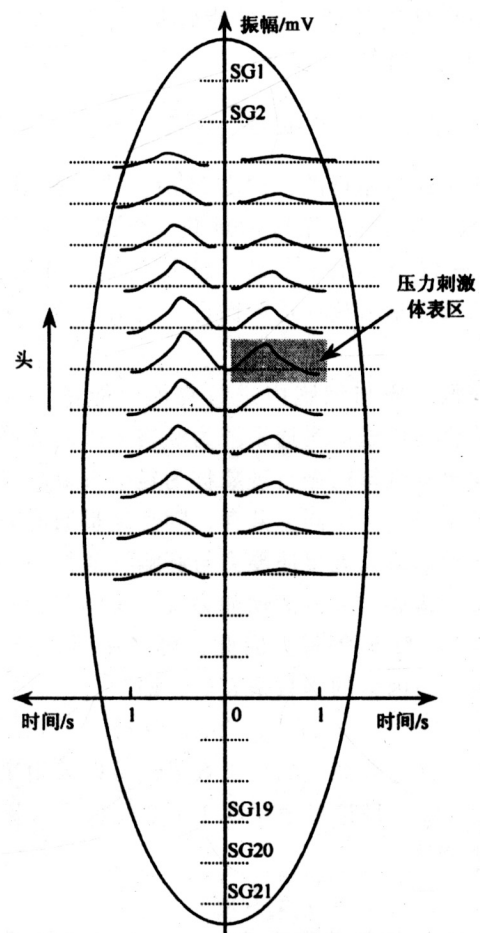


图1 水蛭AP神经元群体突触后反应图

Fig.1 A diagram of leech body with graphs of AP neurons postsynaptic response superimposed

图1中SG1, 2, 3, ..., 19, 20, 21为自上而下体节神经。横坐标为突触后反应潜伏期时间；纵坐标为突触后电位的振幅，间距为6 mV。压力刺激水蛭体表任何一个位点（斜向箭头指示点），该

刺激位点含背部或腹部感觉神经元的感受野分布部位信息、以及与 AP 二级神经元的同侧或对侧的三维部位信息。随刺激强度增加，可引起 20 个体节中的 40 个 AP 神经元集体反应。

图 1 中每个体节中 AP 神经元胞体内记录突触后电位振幅均为对侧强于同侧；随着与刺激点的距离延长 AP 反应的潜伏期延长、反应振幅降低。任何一点压力刺激在水蛭的三维躯体中引发的延时效应构成四维部位分辨模式。

据此，可以理解无论是具有正常或异常结构、功能的个体，在接受到一定形式的刺激传入，都有可能通过某种形式的对称—不对称间的相互转换，调节该机体的功能。这可能就是对“处百病调虚实”的一种理解。

5 经络科学的数学表达

四维经络循行图：14 经脉沿三维棱柱坐标系、按照子午流注时序循行示意图（见图 2）。图 2 中数码 1—12 分别沿十二经、13 沿任脉、14 沿督脉，按照箭头标示沿棱柱边缘循行。由图 2 给出循行效率的启示。

细胞间质与细胞内进行物质、能量、信息交换，整合与传送的贯通系统为经络通路的实质。其所表现出有规律的循行现象称为经络现象。经络循行贯通能力与生命同生共存，随经络贯通能力丧失生命活动结束，此贯通能力与影响贯通的一系列因素有关。诸如，生命活动能力 a 、反应阻力 b 、诱发因素 c 、变异等等。因此，可以用贯通能力 U 是影响贯通因素的函数来表达，即

$$U = f(a, b, c, \dots) \quad (1)$$

为了评定该系统的贯通效果，可以采用实际贯通程度 U_R 与理论贯通程度 U_T 之比值——贯通效率 η 来表达

$$\eta = U_R / U_T \quad (2)$$

人体 η 值的差别反映了人体对经络贯通的敏感程度， η 值为小于 1 的数值。

经络循行速度 v 为该段循行距离 l 与所经历的时间 t 之比

$$\Delta v_i = \Delta l_i / \Delta t_i \quad (\text{mm/s}) \quad (3)$$

$$\Delta l_i = [(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2 + (z_{i+1} - z_i)^2]^{1/2} \quad (4)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots,$$

式中， (x_i, y_i, z_i) 与 $(x_{i+1}, y_{i+1}, z_{i+1})$ 为该段

的循行始点和终点之坐标（见图 2、封面）。 Δl_i 为该段的循行距离， Δt_i 为相应的循行时间， Δv_i 为该计算段的循行速度。

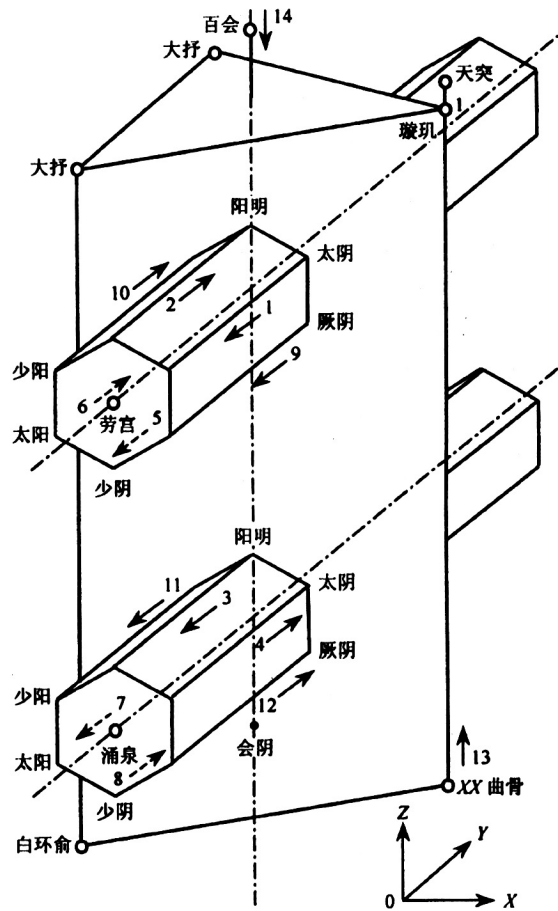


图 2 四维经络循行图

Fig.2 4D diagram of meridian circulation

每条经脉循行时的平均循行速度 v_{avg}

$$v_{avg} = l / t \quad (5)$$

该经脉循行总长度

$$l = \sum_{i=1}^n \Delta l_i (\text{mm}),$$

该经脉循行的全部时间

$$t = \sum_{i=1}^n \Delta t_i (\text{s}).$$

从以上公式可以分别得到每条经脉循行过程中的速度，及循行速度在循行过程中的变化，以及各条经脉的平均循行速度，同时还可以通过实验测定时辰（子午流注）与经络循行的关系。由于经络循行与生命共存，因此，尝试对经络过程做出数学表述。

6 前瞻

1) 经络分子生物学研究 通过对神经-内分泌-免疫网络的探索性研究,首先证明大鼠脑海马区双向调节免疫功能^[22];其后又在大鼠的免疫细胞中证明也存在神经细胞、内分泌细胞和神经内分泌细胞所共有的标志蛋白质嗜铬蛋白 A (CgA)^[23];进而,在小鼠体内敲除 CgA 的基因,发现小鼠的应激反应减弱^[24, 25]。这项研究为今后在分子生物学水平开展中医、中药的机理探索开辟新途径,尤其是可能对药物归经的探索研究有益。

2) 经络生物信息学研究 采用现代数字化表达方式对经络理论整理,针刺穴位的精确解剖学表达与针刺效果的显示,穴位间的联系方式等的四维表达,以及经络在人体内脏腑之间循行的四维显示。初步尝试建立了经络科学数据库^[26]。

3) 纳米环境生物学研究 两个细胞之间具有生理学功能意义的最窄的间隙是电学突触 2~6 nm 缝隙。构成此间隙的结构基础就是含液并置膜。为了探索纳米环境中如何调控细胞膜内、外的功能——物质、能量和信息动态变化,已经开展的缝隙连接半通道研究^[27, 28]是很有意义的研究方向。

4) 健身机理研究 传统的健身锻炼是经络学说的一个来源,是我国古代创造的一种强身健体养生的保健方法。健——机体强壮有力(晋书·郭璞传),康——平安、安乐(尚书·洪范),中华民族具有向往、追求健康的优良传统,1993年我国率先建立了《健康学》^[29]。对于强身健体锻炼的科学实验是为中华健康科学开创前景的基础。

5) 潜能机理探索 潜隐是人体经络通路感知的一种表现。生物学中探索潜能是一个有兴趣的课题。通过对动物功能表现的分析,已知狗大脑皮层的机能状态对抑制时建立的条件反射^[30]、鳖虾的个体发育对尾神经节光敏反应^[31]均可能对潜能的出现与否起作用。在生物体上进行实验探索可以揭示其机理,是否能在人体内发现不同发育阶段暂存、或潜隐的功能?

7 结语

通过实验建立经络科学作为总结和发展中华传统医药学宝贵经验的基础学科,这是从哲理、逻辑和数学表达结合东、西方文化的一个初步尝试。也是为实现中华民族走向自立于世界科学之林的向往。

参考文献

- [1] 张人骥,潘其丽. 经络科学 [M]. 北京:北京大学出版社,2003
- [2] 张人骥,朱丽霞,王丹冰,等. Positional discrimination and re-development of synapses in the leech, *Whitmania pigra* [J]. J exp Biol, 1990, 153: 47~60
- [3] 沈端文,王莉,张人骥. 中华宽体金线蛭 AP 神经元的标记电突触连接 [J]. 科学通报, 1997, 42(20): 2212~2215
- [4] 沈端文,鲁崎喆,王莉,等. Ultrastructure of electrical synapses between nociceptive and anterior pagoda neuron (AP) in the CNS of the leech, *Whitmania pigra* [J]. Invert Neurosci, 2002, (4): 193~198
- [5] 张帆,张人骥. 水蛭中枢神经元节段再支配的方位识别与低阻贯通调节 [J]. 中国科学, 1992, 37(12): 1287~1294
- [6] 张人骥. 低阻贯通是脑细胞间通讯的一种调节方式 [J]. 生物化学与生物物理进展, 1993, 20: 430~434
- [7] 张人骥. 中枢神经细胞间通讯方式假说——布线传递、容积传递与低阻贯通 [J]. 复旦神经生物学讲座, 1994, 10: 51~58
- [8] 张锡钧. 全国第一次经络座谈会上宣读(摘要)[A]. 上海中医学院编. 针灸学 [M]. 北京:人民卫生出版社, 1974. 100
- [9] 张锡钧,谢益宽,文允镒,等. Further investigation on the hypothesis of Meridian-Cortex-Viscera Interrelationship [J]. Am J Chin Med 1983, 11 (1-4): 5~13
- [10] 杨威生,张人骥. 低阻经络研究 I, II [J]. 北京大学学报, 1978, 24 (1): 128~142
- [11] 张人骥,潘其丽. 经络科学论 [J]. 北京大学学报, 2003, 39 (1): 135~143
- [12] 张人骥. 经络—皮层—内脏相关假说的初步验证 [J]. 生理通讯, 1999, 18(8): 53~56
- [13] 张人骥. 经络科学的里程碑 [J]. 科学通报, 1998, 43(2): 113~121
- [14] 张人骥. 论证经络科学体系 [J]. 科技导报, 1999, (11): 11~12
- [15] 王丹冰,张人骥. 中华宽体金线蛭神经元形态的相似性及对称性 [J]. 中国科学, 1989, 32(10): 1063~1066
- [16] 张人骥,邹东劲,郑坪,等. 中华宽体金线蛭前宝塔 (AP) 神经元突触的部位分辨机能 [J]. 中国科学, 1995, 25(8): 832~839

- [17] 张人骥, 邹东劲, 郑 坪. Correlation of receptive field position of mechano-sensory neurons and the strength of the connection to AP neurons in the CNS of the leech (*Whitmania pigra*) [J]. *Inverte Neurosci*, 1995, 1: 249~254
- [18] 单丹丹, 张人骥. Frequency coding of positional information by an identified neuron, the AP cell, in the leech *Whitmania pigra* [J]. *Brain Research Bulletin*, 2001, 56 (6): 511~515
- [19] 金文均, 张人骥. Pressure sensation by an anterior pagoda neuron population distributed in multiple ganglia in the leech, *Whitmania pigra* [J]. *J Comp Physiol*, 2002, 188: 165~171
- [20] 金文均, 张人骥. 中华宽体金线蛭 AP 神经元对压力刺激部位信息的传出调制效应 [J]. *北京大学学报*, 2002, 38 (4): 487~491
- [21] 沈端文, 张人骥. 中华宽体金线蛭神经元与神经节内平滑肌细胞间突触的超微结构 [J]. *北京大学学报*, 1998, 34(6): 750~758
- [22] 潘其丽, 龙 进. Lesions of the hippocampus enhance or depress humoral immunity in rats [J]. *Neuroreport*, 1993, 7: 864~866
- [23] 史泓洙, 王素云, 潘其丽, 等. 牛嗜铬蛋白 A 在神经内分泌系统和免疫系统中的分布 [J]. *生理通讯*, 1992, 11: 56~57
- [24] 刘晓东, 孙紫清, 张崇本, 等. 构建转 CgA 基因反向 cDNA 片断小鼠模型 [J]. *遗传学报*, 2001, 28 (6): 493~501
- [25] 孙紫清, 吴鹤龄. 嗜铬颗粒蛋白 A 基因的反义转基因小鼠模型的建立及该基因启动子的组织特异性 [J]. *遗传学报*, 2001, 28 (5): 398~404
- [26] 邹红宇, 张人骥. 经络科学数据库 [DB/OL]. 北京大学网页, 2000
- [27] 刘泰捷, 李海婴, Atkinson M M, 等. Intracellular Lucifer yellow leakage from Novikoff cells in the presence of ATP or low extracellular Ca: evidence for hemi-gap junction channels [J]. *Methods Find Exp Clin Pharmacol*, 1995, 17 (1): 23~28
- [28] 郝雪梅, 付 昱, 金 华, 等. Calcium-activated potassium current in single Novikoff cell [J]. *Methods Find Exp Clin Pharmacol*, 2001, 23 (2): 55~59
- [29] 张人骥. 健康学 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1993
- [30] 张人骥. 狗在自然睡眠时形成条件反射的一些初步资料 [J]. *北京大学学报*, 1964, 10 (1): 102~105
- [31] 阮宏宇, 张人骥. 鳌虾尾神经节光敏神经元反应的适应特性及信号通路检测 [J]. *北京大学学报*, 1999, 35 (6): 760~767

A Theoretical Summary and Mathematics Expression on the Regulation of Life in Meridian (Jing-luo) Science

Zhang Renxiang¹, Zhang Renji²

(1. *Beijing University of Science and Technology, Beijing 100083, China*;

2. *Peking University, Beijing 100871, China*)

[Abstract] The meridian (Jing-Luo) is a core principle of Chinese medicine. The meridian plays a central role in the regulation of human health and vitality. In the past 50 years, the scientific evidence has been gathered via physiological experiments to confirm the biological basis of the human meridian pathway phenomenon. Meridian Science has been established as a new branch of natural science to advance and promote the study of this important phenomenon for human life. In this paper, the authors describe the theoretical concept of the meridian and mathematics expression, its relationship to an efficient meridian circadian cycle, and its significance to human life.

[Key words] Chinese natural comprehension; meridian science; principal of bi-way transforming modulation in symmetry and asymmetry; diagram of 4D meridian circulation; efficiency of meridian linking up