

从生物能量学的角度理解中医学理论的科学性

徐建兴¹ 吕 斌²

摘要 呼吸链电子漏旁路的发现揭示出,线粒体不仅通过呼吸链电子传递制造三磷酸腺苷(ATP),而且通过漏电旁路产生潜在有害的活泼氧自由基(reactive oxygen species, ROS)。若把呼吸链传递电子制造ATP视为“有用功”,把漏电子产生活氧自由基视为“无用功”,呼吸链就是一个分子尺度的“生命引擎”。用热机原理分析生命引擎与非生命引擎的差别,可以发现生命引擎自行修复损伤的能力是非生命引擎不具备的,这正是健康长寿的热力学理论基础。人体是一个巨大数量“生命引擎”的集合体,把人体看作是热力学的耗散结构,可以发现耗散结构的热力学基本特性与中医学理论的基本思想完全吻合,用生物能量学的原理解释中医学理论的科学性有助于中医科学的发展。

关键词 呼吸链;生命引擎;经络;气血;阴阳

Scientific Connotation of Chinese Medicine Refracted in Bioenergetics XU Jian-xing¹ and LU Bin²
1 Institute of Biophysics, CAS, Beijing (100101), China; 2 Institute of Biophysics, School of Life Sciences, Wenzhou Medical University, Zhejiang (325035), China

ABSTRACT The discovery of the electron leak pathways of mitochondrial respiratory chain reveals that the respiratory chain not only included in ATP synthesis through the electron transfer pathway but also included in reactive oxygen species (ROS) generation through the electron leak pathways. The negative effect of ROS is the reason for causing pathological event, but more important is the signaling role of ROS, which had important physiological effect. In this article we take the human body as an aggregate of a huge amount of life-engine and perceive the respiratory chain as “yin-yang” element to describe the modern life science connotation born in the “yin-yang” theory of Chinese medicine.

KEYWORDS respiratory chain; life engine; meridian (Jingluo); qi and blood; yin and yang

中医学和西医学是两种科学思想体系,起源于人类认识事物的两种思维方法。西医学采用分析和实验验证的思维方法,通过各种实验手段直接分析人体病灶部位并清除病灶,这种方法依赖于研究手段的进步,对高度复杂的体系有局限性。中医学把人体看作是复杂体系,用控制论的研究方法从外部“输入”信号,通过观察“输出”反应的相关性认识人体。方剂、针灸穴位等治疗方案即为“输入”信号,望、闻、问、切、舌苔、脉象的变化即为“输出”结果,从数千年对患者治疗效果的观察中积累了大量的医学经验,发展了中医理论和诊疗措施,成为人类与疾病斗争的重要知识宝库。

基金项目:国家重点基础研究发展计划(973 计划)基金资助项目
(No. 2013CB531700)

作者单位:1. 中国科学院生物物理研究所(北京 100101);
2. 温州医科大学Attardi 线粒体生物医学研究院生物物理研究所(浙江 325035)

通讯作者:徐建兴, Tel: 13520718240, E-mail: xujx@sun5.ibp.ac.cn

DOI: 10. 7661/CJIM. 2014. 11. 1382

由于思维方法和研究手段的不同,形成了中医学和西医学的巨大差异。两者之间如何沟通与合作,显然需要一个互通的理论。本文根据呼吸链电子漏旁路的发现,把呼吸链看作是分子尺度的“生命引擎”,把人体看作是庞大数量“生命引擎”的集合体,用热力学耗散结构的理论探讨健康问题,对中医理论中蕴含的现代生命科学内涵做了尝试性理解,希望在中西医之间搭起一座相互理解的理论桥梁。

西医学紧跟生命科学的发展,从解剖学起步按功能结构把人体划分为消化、呼吸、内分泌、泌尿、生殖、循环、神经、感觉、运动 9 大功能系统,每种功能系统都从宏观到微观深入到分子水平。然而人类染色体基因组密码的揭晓使医学家认识到人体的复杂性远远超过人们的预期,尽管查出了引起疾病的基因密码错误,也无法进行临床的纠正。中医学把人体看作是复杂体系,强调人体的整体性,强调人体与环境的统一性,这一理论的出发点和热力学耗散结构理论完全吻合。

1 “经络”是人体整体性和人体作为热力学耗散

结构的结构体现

耗散结构是比利时科学家伊里亚·普里戈金提出的非平衡热力学理论,耗散结构描述一个远离平衡态的非线性开放系统通过不断地与外界交换物质和能量,在系统内部某个参量的变化达到一定的阈值时,通过涨落,系统发生平衡相变,由原来的混沌无序状态转变为一种在时间上、空间上和功能上的有序状态。这种在远离平衡的非线性区形成的新的稳定性有序胎儿,由于需要不断与外界交换物质和能量才能维持,因此称之为“耗散结构”(dissipative structure)。因为该理论适用于多种复杂体系的研究(包括物理的、化学的、生物的、乃至社会的、经济的体系)而荣获了1977年诺贝尔化学奖。用耗散结构描述人体有两个基本的热力学要素:(1)时时刻刻向人体注入能量产生“负熵”,以维持人体结构的“有序性”;(2)不断的与外界交换物质进行新陈代谢维持人体有序性结构周而复始的更新。用“有序性”描述人体的热力学特征,可以对健康与寿命的概念给出明确的定义,健康就是维持人体作为耗散结构的“有序性”,寿命就是“有序性”结构所能维持的时间跨度。保证生命有序性的关键就是“生命引擎”,“生命引擎”是人体与环境进行物质和能量交换的枢纽,也是维护保养人体有序性的力量。

中医学强调人体的整体性,经络是把各种功能特化的细胞维系成为一个整体的结构性机制,其本质是细胞与细胞之间信息沟通的网络。胚胎的发育就是从一一个受精卵严格有序地分裂增殖,在父母双方基因杂交优势的控制下,构建起百万亿细胞群组成的高度有序性结构,这是构建热力学耗散结构的过程。经络是生物进化从单细胞到多细胞生物时出现的一种形态结构性机制,是多细胞生物体的细胞家谱。人体的整体性必然是建立在全体细胞协调一致的基础上,因此,细胞与细胞之间的相互感知和相互控制是体现人体整体性的细胞学基础。显然人们还没有从科学实验上确定经络实体的结构,但经络是中医学率先西医学而涉足的科学领域,五千年的中医实践证明经络疏通了人体就健康了,针灸、拔罐、按摩都是疏通经络的治疗手段,气功则是人体自行疏通经络的锻炼方法。对经络实质进行科学探索应当是中医科学永久的核心课题,只能与时俱进地利用一切新的科学手段和新的科学思想不断深入地进行研究,不可停歇。

2 “气血”描述了人体与环境的统一性

耗散结构存在的必要条件是不断地与外界交换物质和能量,生命引擎正是实现这种交换的枢纽。引擎是

产生驱动力的能量转换器,引擎燃烧石油是把固化在石油中的太阳能转化为机器运转的动力,生命引擎燃烧的是粮食,把粮食中储存的太阳能转化为驱动细胞生命活动的ATP。用热力学理论探讨健康问题可以把中医学古老的理论提高到现代生命科学理论的水平,有利于中医科学的发展和中西医的相互理解与沟通。

《黄帝内经》用“真气”这个词描述人体的机能,说真气是由先天的元气,后天的谷气和清气结合而成。“真气”可以被理解为是肌肉的收缩运动、神经的信号传导、大脑的学习记忆和思考、细胞的繁殖和更新、组织器官的生理功能、损伤的预防和修复等人体生理机能的总称。先天的元气就是胎儿出生时从父母基因杂交优势获得的“与生俱来的有序性”,这种“与生俱来的有序性”因人而异,是个人生理寿命的决定因素。婴儿出生从剪断脐带的一刻开始,获得营养物和氧气的途径就改为从自己的胃肠道获取营养物和从肺呼吸获取氧气,这个巨大的转变意味着寿命的起始,标志着人体开始独立地与环境中的各种有害因素进行斗争而生存。后天的谷气是指胃肠道细化的吸收的营养物,清气是指肺呼吸得到的氧气,营养物和氧气就是在生命引擎的作用下转化为人体可以利用的构建物和能量,中医学把它叫作精微。显然后天的谷气和清气是维护保养先天元气的力量,寿命就是在生命引擎的呵护下“与生俱来的有序性”所能维持的时间。

现代生命科学家所做的分子水平代谢路径和信号通路的研究其实都是属于“气血”的范畴,只不过中医学理论给出了一个概括的总称,而生命科学家在探索具体的代谢路径和信号通路的细节。探索细节是生命科学发展的必然途径,但是生命体的物质代谢如同宇宙万物互相转化一样错综复杂,要把所有细节都搞清楚是遥不可及的。

3 呼吸链作为“生命引擎”的分子热机原理及其作为阴阳元素的说明

根据热力学原理,任何“热机”都做两种“功”,即“实功”和“虚功”。实功又称“有用功”,是指“热机”消耗能量做了对使用者有用的事情。“虚功”则是“热机”做“实功”时,不可避免的要消耗一部分能量去克服机械摩擦等各种阻力,这部分能量消耗实际上做了对使用者无用的事情,所以也称“无用功”。做“虚功”是热机磨损老化的原因,也是热机做功不可避免必须做的事情,设计润滑剂减少摩擦损伤是延长热机寿命和降低老化速率的科学方法。呼吸链作为“生命引擎”也和所有的“热机”一样要做两种“功”,人们热衷研究的呼吸链电子传递制造ATP的氧化磷酸化分子

机制其实相当于“热机”做“实功”,那么呼吸链作为“生命引擎”做不做“虚功”和怎样做“虚功”呢?

本研究室数十年来用大量的实验证明,呼吸链是以漏电旁路产生活性氧(reactive oxygen species, ROS)的方式做“虚功”的,即呼吸链在传递电子制造 ATP 的同时,总要漏出部分电子通过电子漏旁路产生潜在有害的 ROS。呼吸链有两条由细胞色素 c 介导的电子漏旁路,这两条旁路本质上就是细胞色素 c 清除超氧自由基和 H_2O_2 的代谢路径($\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$)^[1-3]。基于此结果本课题研究者提出了线粒体自由基代谢的概念^[4],引进了 4 条超氧自由基反应路径连接到呼吸链的电子漏部位,定义为线粒体的自由基代谢,见图 1。中间的 4 个复合物(复合物 I、II、III 和 IV)加上辅酶 Q_{10} 和细胞色素 c 是呼吸链的主体结构。其下半部分描述的是呼吸链传递电子制造 ATP 的功能,相当于热机做“实功”和中医学理论中的“阳”。上半部分是本实验室论证并提出的 4 条电子漏旁路,它们是超氧自由基的代谢路径,相当于热机做“虚功”和中医学理论中的“阴”。如果把“生命引擎”做“实功”为“阳”,把做“虚功”为“阴”,那么“生命引擎”就是一个阴阳基本元素。

用“生命引擎”(呼吸链)作为阴阳元素可以反映出中医理论中“阴阳对立、阴阳消长、阴阳互根、和阴阳转化”的科学内涵。从热机理论的分析中看出,呼吸链漏电产生 ROS 造成“生命引擎”自损伤的过程虽然和“热机”做“虚功”克服摩擦生热引起机器老化的

过程如出一辙,但是“生命引擎”做“虚功”和非生命“引擎”做“虚功”有着本质的不同,这种不同就是蕴含在呼吸链的四条超氧自由基代谢路径中尚未被研究清楚的,启动机体抗氧化机制和损伤修复机制的科学内容,“生命引擎”的这一特征是非生命“引擎”所没有的。所以,呼吸链电子漏旁路的发现使我们可以从热机原理的角度探讨健康长寿的科学原理,以电子漏旁路的方式做“虚功”说明有一部分能量没有用来制造 ATP 而是以漏电的方式制造了 ROS,后者作为生物信号启动的细胞抗氧化机制和损伤修复机制反映了巨大数量“阴阳元素”的集合在分子水平上的阴阳转换。

4 调理阴阳的治病原理

五脏六腑是人体与环境进行物质交换的器官,脏腑的功能都是由大量功能特化了的细胞群来完成的,每个细胞中实际上是成千上万的“生命引擎”在工作,把每个“生命引擎”的阴阳状态集合起来就是脏腑整体的阴阳状态。因此用“生命引擎”做“实功”和“虚功”的热力学原理来解释中医阴阳五行相生相克理论是合乎逻辑的科学思维。阴阳平衡的失调就是呼吸链漏电脱离正常生理状态的反映,线粒体的分子热机原理与中医阴阳平衡理论之间的这种关联,反映了呼吸链微观电子水平的变化与人体宏观整体生理功能之间的关联。

望、闻、问、切是中医诊断的方法,从脉象的变化获得来自不同脏腑病理状况的信息。病理状态下五脏六腑的“生命引擎”漏电水平发生改变,这种改变导致不

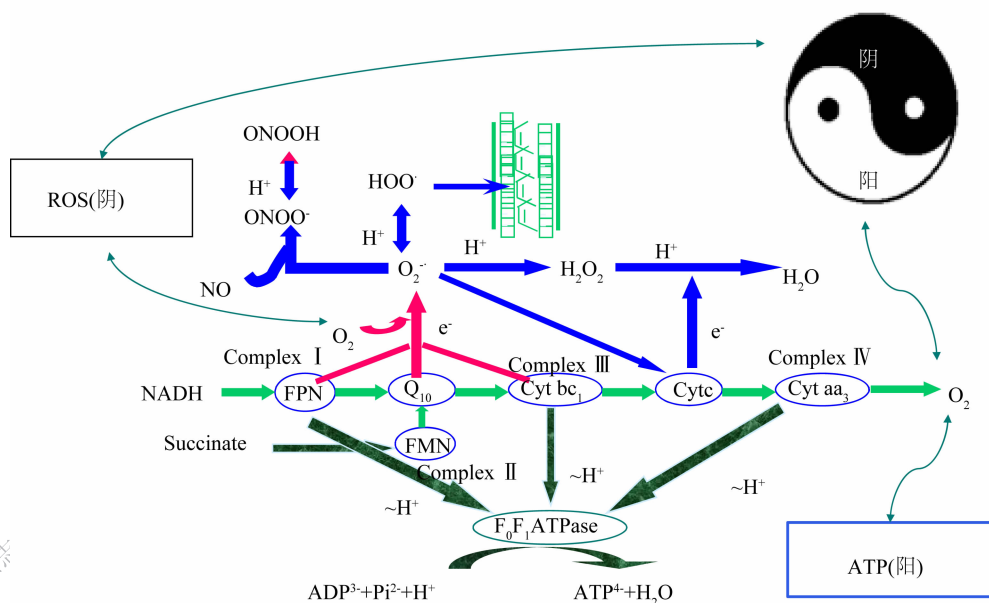


图1 呼吸链的分子热机原理和作为阴阳元素的说明

同脏腑对氧气和营养物的需求出现特征性的变化,这种变化把五脏六腑“生命引擎”的阴阳状态体现在了脉象中。如果把“生命引擎”阴阳五行相关图的平衡比作五脏六腑功能的相互适配与和谐,见图 2。当木、火、土、金、水五行的阴阳平衡时就相当于是一个正五边形,表示五脏六腑阴阳平衡的正常生理状态。阴阳失调意味着 5 个方向力量的不均衡,依据不同的失衡状态将出现各种各样的偏五边形,其对应的是各种各样的病症。中医治病就是根据相生相克的原则,用药力的作用把偏五边形调整到正五边形的过程。

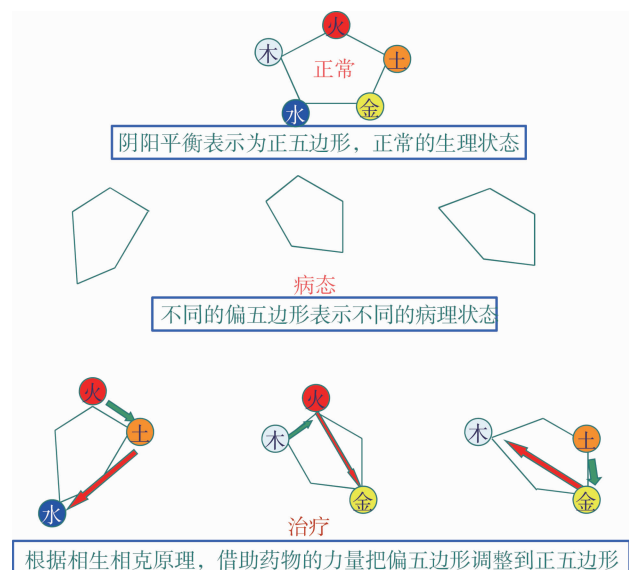


图 2 调理阴阳的治病原理

5 结束语

西医学的发展一直在紧跟遗传学的进展不断深入到分子水平,核染色体基因组的揭晓让医学家认识到

人体的复杂性远远超出预期,知道功能的密码不超过 2%,约 98% 的基因密码的功能还不知道^[5]。引起疾病的基因突变即便已经确认但依然无法精确地纠正,西医学正面临寻求新科学思维才能前进的局面。本文根据线粒体科学的最新进展提出了健康长寿的生物能量学原理,生物能量学原理与中医科学理念的吻合预示着中医科学的学术地位将很快提高到国际水平,中西医的结合将在今后的医学发展中发挥重要作用。

(致谢:对姜良铎教授、朱爱松教授、谢新才博士、徐萌博士在撰稿过程中给予的建议和帮助表示衷心的感谢。)

参 考 文 献

- [1] Zhao Y, Wang ZB, and Xu JX. Effect of cytochrome c on the generation and elimination of O_2^- and H_2O_2 in mitochondria [J]. J Biol Chem, 2003, 278(4): 2356-2360.
- [2] Wang ZB, Zhao Y, Li M, et al. Cytochrome c is a hydrogen peroxide scavenger in mitochondria [J]. Protein Peptide Lett, 2003, 10(3): 247-253.
- [3] Zhao YG, Xu JX. The operation of the alternative electron-leak pathways mediated by cytochrome c in mitochondria [J]. Biochim Biophys Res Comm, 2004, 317(4): 980-987.
- [4] Xu JX. Radical metabolism is partner to energy metabolism in mitochondria [J]. Ann N Y Acad Sci USA, 2004, 1011: 57-60.
- [5] Chance B, Sies H, Boveris A. Hydroperoxide metabolism in mammalian organs [J]. Physiol Rev, 1979, 59(3): 527-605.

(收稿:2013-03-14 修回:2014-09-08)

欢 迎 投 稿 欢 迎 订 阅