



金雯俐 / 摄

## 看见经络

中国的传统医学实践，大多基于经络理论。但是在现代解剖学研究中，经络却一直看不见摸不着。近日，复旦大学团队首次公布了符合人体经络传统描述的系统性影像，让人们得以“看见经络”。

— 李辉

经络,是中医理论中既核心又神秘的事物。中国的传统医学实践,大多基于经络理论。但是在现代解剖学研究中,经络却一直看不见摸不着。所以许多科学家不认可经络是客观存在的结构,甚至因此否定中医疗效的客观性。

近日,复旦大学团队首次公布了符合人体经络传统描述的系统性影像,让人们得以“看见经络”。相关论文《茶叶激发的人体红外影像显现经络系统》发表在3月份的Quantitative Biology(《定量生物学》)期刊上。

## 上下求索

最早记载经络的《黄帝内经》重点描述了人体内分布的六条正脉的位置和功能,每一条正脉的两端又连接手或足,划分为手经和足经,这样经络就划分成了十二条。中医实践发现十二条经络在一昼夜内依次活跃流动,每两小时轮换一条经络,并将这一规律称为“子午流注”。

经络的医疗实践主要有两个方面:对经络穴位的针灸,和根据经络对应的属性配备药剂。在中药学里,归经是指药物对于人体某部分的选择性作用,即某种药物对某经或某几经发生明显的作用,而对其他经作用较小,如黄芪归肝经,黄精归肾经。用现代科学的各种实验和分析证实,这两方面的各种实践都有显著效果。对各种穴位的针灸方案有显著治疗相关疾病的功效。而草本药物所含化合物成分对应的经络归属,也符合特定的数学模型,因此归经属性是可以通过化学分析来预测的。基于各种实践经验和科学研究,国内外一直有很多人相信经络的存在。

可是,在解剖学研究中,却从来没有发现符合经络模型的结构。这说明经络如果有解剖结构,也肯定不是血管或神经那样肉眼可见的管状结构。国内外很多团队试图通过各种物理和化学的方式找到经络

经络的医疗实践主要有两个方面:对经络穴位的针灸,和根据经络对应的属性配备药剂。

存在的证据,但均未取得可信结果。

1980年代的大量实验研究揭示,经络穴位部位的各种性质与其他部位不同,特别是导电性和热导性。因此,中国在“八五”“九五”计划中设立了国家攀登计划来研究经络。复旦大学化学系教授费伦、力学系教授丁光宏联合一大批相关专家,从物理化学的角度,深入研究了经络和穴位部位的组织特异性。

1998年,费伦等教授在《科学通报》上公布了课题组的三大成果:第一,经络穴位是有物质基础的,是结缔组织中的胶原纤维。具体结构是由三条胶原纤维构成纤维条,再由五条纤维条卷成一束,数量繁多的这种线束结成片状。分子层面是由数种不同蛋白质分子构成的一种生物液晶态的物质。胶原纤维连带其中的血管、神经丛和淋巴管等交织成经络的复杂体系,称为结缔组织结构。第二,穴位对应的深层结缔组织结构中,富集有钙、磷、钾、铁、锌、锰、铬元素。特别是钙,较经络之外区域高100-200倍。第三,经络结构中的液晶态胶原纤维具有高效率传输红外光的特征波段。实验证明此种胶原纤维对9-20微米的远红外线在径向方面具有近100%的透光率,横向方面则几乎完全不透光,具有光纤的物理特性。

2000年,丁光宏等教授又发表论文展示了人体穴位的红外辐射有稳定而特异的频谱特性,并不仅仅是热量导致的。这一系列重大项目进展,为经络的物质基础研究打下了坚实的基础。

在这些基础上,中医科学的研究者提出了各种经络结构的假说,除了最早提出的神经传导说以外,还有体液循环说、生物电场说,甚至综合各种组织形成的结缔组织间隙说。实际上,后三种假说并不是相

互排斥的观点。以胶原纤维束为基础,其间隙中会流动大量的体液,带动大量的大分子物质和带电离子,必然会产生生物电场,产生热辐射和特殊的红外辐射。所以,经络活动所产生的多种多样的反应,是经络活动的结果,并不是经络本身。经络本身可能就是费伦教授提出的胶原纤维束。

2018年,纽约西奈山医学院的团队在《科学报道》上发表显微核磁共振观察细胞间质的结果,发现身体各个部位都存在这种结构,在胶原纤维束的外围还包裹着特殊的细胞层,就像光纤外面的塑料皮层一样。这些间质通道也并不是整体连通的,而是分段链接的。

不过,到此为止还是不能完全证明细胞间质通道就是经络。虽然人体内存在这些体液和大分子通道,但是目前的研究都是看到局部的显微结构,无法确定这就是经络。只有宏观地看到人体中这些通道的整体分布规律,证明这些通道的分布规律与中医经络的线路完全吻合,才可能确认这些是经络。因此,复旦大学的研究团队一直在努力探索,不见经络不甘心。

## 让经络自己显形

在细胞间质通道的具体结构被公布以后,中国针灸研究所的张维波团队立即跟进做了非常重要的实验。以往通过针灸的方法,因为经络中并没有特殊的成分流动,是无法让经络显形的。于是他们在鼠和猪的身上做实验,在特定的穴位上注射荧光素钠,再扫描荧光信号的分布,果然发现这些液体顺着细胞间质流动了起来,看到了一段段平行的线条。这就向经络的宏观可视化又迈进了一大步。

可惜的是,这些线条在下一个穴位的位置就停止了,只能显示一小段,距离显示整条经络非常遥远,更不能证明经络穿过了相应的脏腑。而显示整条经络以及贯穿脏腑,是证明经络系统结构的关键。如果

能把十二条经络全都显影出来，就更完美了。

如何才能让整条经络活跃起来，让经络自己显形呢？针灸或推拿只能促进施治部位的经络的流动，很难让整条经络活跃起来。而经络的活动，根据中医原理有两种促因：一是按照“子午流注”（中医认为十二条经脉对应每日十二时辰，时辰的变化会导致不同经脉的气血产生变化）自动开放，效应比较微弱；二是服用归经的药食，效应有时候会很强。所以改变思路，通过有效的药食归经来让经络自己显形，应该是可以尝试的方案。

复旦大学的研究团队一直尝试从无数的本草中选择最有效最安全的归经药食。很多草本药食，服用以后相应的经络和脏腑部位会有明显的内源性发热或酥麻感，但一般感觉不明显，也很难拍摄出影像。

2012年，在试验了几百种药食以后，研究团队发现归经感受最强的是茶叶。喝了不同的茶

以后，身体的不同部位会迅速发热，甚至大量流汗。为了证明这种归经感受是客观、可重复的，研究团队不仅在初步测试中让个体双盲重复喝茶来报告感受，还召集了24位体感通透的志愿者来参与试验。志愿者在不被告知茶的种类的情况下，一同饮用同种茶，并各自记录下自己发热的部位。在饮用68种茶以后，研究团队做了一个结果统计，所有志愿者报告的一致性达到了96%。不同茶叶对应的归经有着极其明显的规律，绿茶对应太阳脉，青茶对应阳明脉，红茶对应少阳脉，白茶对应太阴脉，黑茶对应厥阴脉，只有黄茶并不清晰。

2017年，研究人员在贵州梵净山一带找到了含黄酮醇高的茶树，并发现以此生产出的黄茶对应少阴脉。

此后，研究团队从中国南方各省份以及印度、斯



李辉 / 供图

实验中选出的归经效应最强的六大类十二种茶叶



扫描二维码  
阅读移动(环球)

经络的活动，根据中医原理有两种促因：一是“子午流注”的自动开放，效应比较微弱；二是服用归经的药食，效应有时候会很强。

里兰卡、日本、美国、新西兰等国收集了512种茶，让人饮用之后，拍摄其身体的红外影像，观察红外辐射发生的时间和方式。其中一些茶喝了以后有强烈的经络流动感，仪器检测发现红外辐射会使体表产生5-8摄氏度的温差，核磁共振也看到细胞间质中大量液体流动。研究团队总结出最有效的茶叶激发的身体红外辐射影像，结果与2012年志愿者双盲测试的结果完全一样。

这种红外辐射在喝茶后的几秒钟内就会激发，但往往不会整条经络同时激发，而是分段地显现。只有极其特殊的情况下，归经效应特别强的茶种才能让整条经络几乎同时发出红外辐射。

2018年，研究团队又组织了42名来自全国各地的志愿者到大姥山上参与重复试验。志愿者调节饮食，排除其他食物对经络的干扰，每天都只喝一种茶来激发特定经络。多样

本重复试验也证明了茶叶与经络激发的对应关系。

研究人员还尝试拍摄“子午流注”的效应，曾在一周内重复试验3次，发现每个时辰的身体红外辐射基本符合“子午流注”规则。每进入下一个时辰，身体的影像会迅速转变，误差不会超过8分钟。

人类遗传学家、中国科学院院士金力曾发起国际大科学计划人类表型组计划，把中医表型列为其中的重要部分，而经络是人体表型组研究中不可缺的一部分。在“看见经络”之后，复旦大学的研究团队还将进一步通过实验去推进有关经络的知识，打开经络的相关奥秘。

（作者系复旦大学生命科学学院教授，现代人类学教育部重点实验室主任；本文研究得到国家重点研发计划(2020YFB0201600)和上海自然而然中医药发展基金的支持)