

生命世界中的磁

——介绍生物磁学及其应用

—— 李 国 栋 ——

在“磁在天上、地下和人间”一文中曾阐明磁性是一切物体都具有的,磁场是任何空间都存在的,只不过有磁性强弱和磁场高低之分而已。那么,我们人类和各种生物也会有磁性、也会产生磁场吗?回答是完全肯定的。现在我们就来介绍包括人在内的生物的磁性和磁场,外加的和环境的磁场对生物的影响和效应,各层次生物系统的磁学研究方法,生物磁学在工业、农业、医药和环境保护等方面的应用。

生物体是有磁性的,这就是说生物体同其它物体一样在不均匀的磁场中会受到力(磁力)的作用。不过绝大多数生物的磁性和受到的磁力都是非常微弱的,其强度只有一般磁铁的几百万分之一甚至几十亿分之一。但这微弱的磁性却是可测出的,而且生物磁性的变化常常反映出生命活动的种种信息。绝大多数生物组织在不均匀磁场中是朝磁场减弱的方向受力,称为抗磁性(对抗磁场的意思)。例如水就具有抗磁性。少数生物组织如血红蛋白、肌红蛋白等含铁生物分子在不均匀磁场中是朝磁场增强的方向受力,称为顺磁性(顺着磁场的意思)。如果生物组织产生病变(如癌变),则其磁性将显著变化,因而可利用生物组织的磁性变化来检测癌变等病变。最近还在一些水生细菌、蜜蜂、鸽子、蝴蝶、海豚、鲸鱼等生物中观测到微量的强磁性物质四氧化三铁(Fe_3O_4)。细菌中含有10多颗直径约500埃($10^{-8}cm$)的 Fe_3O_4 微粒,便能在水中顺着磁场方向游动,因此被称为“细菌罗盘”。这种细菌若不含这种微粒便失去辨别方向的能力。鸽子具有在成百上千公里外飞回鸽巢的“导航”本领,也被认为与鸽头部分含有这种强磁性物质有关。

人和生物的器官和组织在其活动中也不断地产生极微弱的磁场。例如心脏跳动会产生心磁场,脑神经活动会产生脑磁场,肌肉伸缩会产生肌磁场,眼球运动会产生眼磁场等等。这些人体磁场随时间的变化被显示出来后称为人体磁图,其强度仅为地磁场的百万分之一到十亿分之一。因此人体磁场的测量需要极灵敏

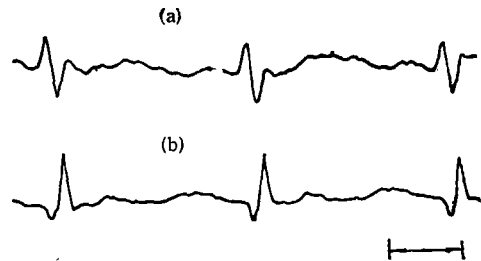


图1 人的心磁图(a)和心电图(b)。

的磁强计,如量子超导干涉式磁强计(SQUID)和高性能的磁屏蔽室,或者单独采用梯度式SQUID磁强计,以消除地磁场和其他杂散磁场的干扰。人体磁图和相应的心电图等相比(见图1),具有下列的优点:(1)无接触电极干扰,(2)交直流磁场均能测量(心电图只能测量交变电场),(3)能作三维测量(心电图只能作二维测量),(4)分辨率比心电图高。故各种人体磁图正在发展成为高效能的医学诊断工具,以补充和扩大心电图的应用。这种人体和生物磁场的来源主要来自体内的生物电流和强磁物质的剩磁,后者常是由于环境强磁物的污染或是采用磁示踪剂的结果。

生物磁性和生物磁场是生物的内禀性质,可反映生命活动的信息。而外加磁场和环境磁场(如地球磁场)则可以影响生命活动,称为磁场的生物效应。例如,不均匀的强磁场可以抑制小白鼠的肿瘤生长,使果蝇体态畸变甚至死亡,阻碍青蛙胚胎的早期发育。远低于地磁场的极弱磁场可使小白鼠缩短寿命和不能生育,抑制白葡萄球菌的生长和繁殖。眼虫藻、绿藻和纤毛虫在极弱磁场中会加快生长繁殖,但在强磁场中却受到强烈抑制。一些肿瘤细胞在脉冲强磁场作用下发生破裂。大麦种子经过较强磁场处理后,会引起染色体畸变和同功酶的变化,而影响遗传。水稻种子在磁场中培养后,其成熟胚的愈伤组织诱发率、胚鲜重和三磷酸腺苷有明显的甚至数倍的增长。人眼闭合时在交变磁场作用下会出现闪光感觉,称为磁闪光效应。许

多实验表明,不同生物和不同生物层次在强度和均匀度不同的磁场作用下会出现各种的生物效应,但这些效应的机制目前尚不清楚,目前尚处于积累经验结果和探索研究阶段。

地球磁场是弱的,约为百分之五毫特斯拉(或零点五高斯),但在一些情况下仍显示出对生物的影响,如磁性细菌的定向和鸽子成百上千公里的导航曾被许多实验表明与地磁场有关。曾观测到:果蝇染色体的倒

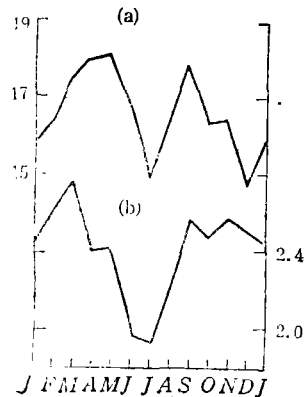


图2 印度某城市一年中各月急性心脏病入医院人数(a)与地磁指数的相关性

位频率和位置变化与地磁场水平分量有明显的相关性;人皮肤癌细胞的有丝分裂也与地磁偏角昼夜变化有关。印度某城市的急性心脏病入医院人数一年中与地磁指数变化呈现相关性(见图2)。在古地磁和古生物学研究中,曾发现几种低等生物化石在几次地磁场反向时期消失,由磁性细菌遗骸形成的海底磁铁矿也在几次地磁场反向期间急剧减少。一些科学家认为,这是由于地磁场强度在反向期间大幅度降低,因而使到达地面的宇宙线激增,或因此影响气候剧烈变化,使一些生物不能适应而灭绝或繁殖剧减所致。这种种现象说明,作为环境因素的地磁场对生物是有不可忽视的影响的。

利用各种磁学方法,特别是用磁共振方法研究离体的生物分子和组织甚至活体生物,可得许多有关生物结构、功能和行为等的信息,有些结果是其他方法所难以得到的。如通过对生物正常组织和癌变组织的磁化率和核磁共振弛豫时间的测量,发现癌变组织与正常组织相比,磁化率增加约5%到10%,而弛豫时间则增加百分之几十甚至成倍增长。利用核磁共振谱的测量和分析,可以快速和无损坏地辨认出胰岛素所含16种氨基酸中的8种。这方法可及时辨认外界因素如温度、酸碱度等对生物高分子所引起的微结构变化,也能迅速地辨认出在生物体中输送氧气和二氧化碳气的血红蛋白在与氧结合的状态和不与氧结合的状态,其差别仅为后者的谱中多出一条相应于6个氢离子强度的特征谱线而已。又如,利用顺磁共振(又称电子自旋共振)可以研究植物光合作用过程中的自由基变化,也可以研究含顺磁性离子(如铁离子)的生物材料(如含铁的蛋白质)的结构与功能的关系。还可以利用高梯度磁分离方法对磁性不同的生物材料(如血液中的红血球与白血球)进行分离,利用嵌入眼球的小粒

永磁体的电磁感应效应来测量微米级的眼球运动。

目前生物磁学应用是种类繁多和领域广阔的。

在工业方面,用磁场处理白酒可显著地将陈化期缩短一半,使新生产的白酒减少辛辣味,增强绵柔醇和感而不改原酒风味,也不损失酒的度数,明显地提高了经济效益。在石油开采方面,在原油喷出前进行磁场处理和注入水,可防止石蜡堵塞喷油管,降低石油粘度,增加注入井下水量和去降水垢;有利于提高石油产量。

在农业方面,利用磁场和磁场处理水(简称磁水)处理农作物种子如小麦和大豆等,可以提高种子发芽率,促进幼苗长势,增加作物产量。利用磁水灌溉多种蔬菜(如西红柿、黄瓜、白菜等),培育黑白木耳,都可取得明显的增产效果。利用不同磁场强度和梯度处理的磁水养殖鱼、虾、贝、藻等水生生物时,也可获得显著成效。如可以提高尼罗罗非鱼的耐寒冷、耐窒息和耐饥饿的能力,提高存活率,可以使中华鸟塘鳢鱼、鲈鱼、罗氏沼虾,金藻和小球藻等增加产量。还可以提高虾、沼虾和鲈鱼的孵化率。利用强磁场处理柞蚕卵,可以提高收茧量和茧层量。

在医药方面,利用磁石作中药磁珠丸、紫雪散和耳聋左慈丸等的重要原料已有很久的历史,并已收入《中华人民共和国药典》中。利用磁场治疗疾病简称磁疗,磁疗可用来消炎消肿,并对治疗扭挫伤、腰肌劳损和功能性腹泻等疾病有明显疗效。磁水对治疗各种结石病也有显示效果。用脉冲强磁场提高痛阈的效应称为磁场镇痛效应,在腹部外科手术(如切除阑尾和卵巢囊肿、氩修补和结扎输卵管等)和拔牙手术上都取得明显成效。用强永磁体小块间的吸力、斥力或扭力,可以矫正牙齿的错位。核磁共振成像应用于医学诊断具有无电离辐射损伤、能探测活体组织的成分或结构状态的细微病变等优点,已成为早期肿瘤检测的重要方法。最近,有人对人头发的顺磁共振谱进行测量,发现它所测的自由基特征量与肿瘤病呈显著相关性。还有注入载药磁性流体到肿瘤病灶处再利用铁磁共振方法控制加热以杀死癌细胞的试验已引起医学界的高度重视。

在环境保护方面,采用高梯度磁分离技术可以有效地除去煤粉或煤浆中的硫化物,也可以除去核废料中的放射性有害物质。采用一般磁分离技术与磁粉相结合的方法,可以有效地除去水中的细菌和病毒,也可以除去工业废水中的水银和镉等有害残留物,还可以除去水面的石油污染。

从上介绍可以看出,生命世界中的磁是普遍存在的,它提供了人体和生物的生命活动的信息,外加磁场和环境地磁场也对人体和生物的生命活动产生影响,利用磁学方法还可研究离体和活体生物组织的结构与功能行为的关系。这些生物磁学的原理和方法已在工业、农业、医药和环境保护等方面得到许多重要的应用,并将获得更大发展。