

参考文献

1 顾庆超主编. 新编化学用表. 江苏教育出版社, 1998
 2 陈静生主编. 水环境化学. 高等教育出版社, 1991
 3 胡盘新主编. 大学物理手册. 上海交通大学出版社, 1999
 4 赵凯华、罗蔚茵. 量子物理. 高等教育出版社, 2001

5 刘昌明、傅国斌著. 今日水世界. 暨南大学出版社, 2000
 6 陈本等. 电磁场处理水电导率提高的机理. 生物磁学. 2003; 3(3): 1-3
 7 陈本等. 人体电磁兼容系统与电磁场处理水—I. 人体电磁兼容系统. 生物磁学. 2003; 3(4): 1-5

(收稿日期 2004-10-14)

• 综述 •

2003-2004 年生物磁学研究和应用的新进展

中国科学院物理研究所 (100080) 李国栋

摘要: 本综述性论文开始写于 1979 年, 其后每年撰写。每年撰写的内容包含: ①生物磁场; ②磁场生物效应; ③生物磁技术; ④生物磁法研究; ⑤生物磁应用

关键词: 生物磁学; 生物磁场; 生物磁效应; 生物磁技术; 生物磁应用

New Progresses of Research and Application of Biomagnetism is 2003-2004

LI Gou-dong

Institute of Physics, chinese Academy of sciences

ABSTRACT: This summarized thesis began to wrice in 1994 and has been written in erery year. It consis of (1) biomagnetic field; (2) biomagnetic effect of external magnetic field; (3) biomagnetic technology; (4) biological study by magnetic method; (5) application of biomagnetism.

Key words: biomagnetism; biomagnetic field; biomagnetic effect; biomagnetic technology; biomagnetic application

生物磁场和磁性

最近利用适当的聚光束技术研究了外加干涉对于神经磁性源重建的影响。在对研究结果进行分析时, 假设外加干涉具有两种性质: 第一种性质是它是外加的, 同脑活动没有关系; 第二种性质是这种暂时行为可以用少数明晰的活性束表征具特性。这样就使干涉的时空矩阵具有少数明显的大奇异值。这就显示这种干涉可以作为低秩信号的模型。在这些假设下, 所进行的分析表明, 这种适当的聚光束技术可以应用于脑活动的分析。还提出了 4 种类型的数字例子来证明之一结论^[1]。最近利用核磁共振计算机化成像(NMR CT) 技术又取得了若干重要的新的研究成果: ①当人们试图同时做两个不同的用脑行为时, 例如同时理解话语和观看空中旋转的物体时, 用于每项任务的脑活动量将少于单独进行一项任务的脑活动量, 所以开车时不准打手机之一规定是有神经学依据的。②欣赏音乐时, 音乐家比非音乐家能更充分地利用大脑中的语言处理功能区。③具有物体识别功能的侧枕骨复合体, 对物体的整体形状而非其各组成部分做出反应^[2]。由于人体磁场远低于地球磁场, 如人体

的心磁场和脑磁场仅分别为地球磁场的约百万分之一和约 10 亿分之一, 故在测量人体磁场时, 或者应用磁屏蔽器将地球磁场在器内大量减小, 或者应用磁场梯度计以消除局部范围内均匀的地球磁场影响。最近便利用电子学均恒射频超导量子干涉仪式磁强计构成的磁场梯度计, 可以把磁场噪声降低到约 $1\text{pTHz}^{-1/2}$ (使用频率为 1Hz 时)^[3]。应用磁学方法来检查和诊断多种疾病的磁诊断法在最近获得了许多重要的应用。如检查心脏早搏、心绞痛、心脏动脉病、癫痫病、煤矿工人的肺部污染, 眼部疾病和肝脏疾病等, 还可制成磁性液体的 X 射线造影剂等^[4]。从磁共振成像来进行癌的分割在体积估计和显影上是很重要的。最后研究提出把多谱模糊成群的分割算法与结构测量互相结合起来。这样的研究表明, 在显著减少一些似是而非的结果后, 这种新的研究方法便可取得改善的新结果^[5]。

磁场生物效应

任何生物都是具有磁性的, 因此外加磁场、环境磁场和生物体内的磁场都会对生物的组织 and 生命活动产生影响, 称为磁场生物效应。这种磁场生

物效应的性质和强弱既同磁场的性质和强弱有关,也同生物的种类和受磁场的组织等有关。最近研究了外加磁场对一种小鼠的抗应激能力的影响。实验研究用的是昆明种健康雄性小鼠 45 只,体重 $22 \pm 2\text{g}$ 。将小鼠分成 3 组进行试验,对用磁场强度 0.1T 处理 30 分钟和 15 分钟及不加磁场的 3 组小鼠进行 30 天的观测试验。试验结果显示,所进行的游泳耐疲劳运动时间延长,3 组小鼠具有显著差异($P < 0.05$)。15 分钟处理组与正常对照组,在游泳耐疲劳运动时间无明显差异($P > 0.05$);但 30 分钟处理组与 15 分钟处理组却具有显著差异。试验结果表明:在 30 天内,每天给小鼠 30 分钟磁场处理明显提高了小鼠的抗应激能力,但仅处理 15 分钟却对小鼠的抗应激能力不产生影响^[6]。生物和人在其生命活动中都会产生生物磁场,又都受外加磁场源的影响。最近观测研究了由视觉引起的磁场。使用的测量仪器是含有 204 道的超导量子干涉仪的梯度磁强计,从估计等效电流偶极子而判断视觉所引起的磁场的位置^[7]。最近对小鼠荷瘤和人体的离体癌细胞作了外加磁场抑制作用的试验研究。利用 NdFeB 永磁体产生非均匀磁场,磁场的磁通密度为 0.20T,磁场梯度为 0.07T/cm。每天作用 0.5 小时,12 天后解剖检查的试验结果为:磁场对小鼠癌细胞的抑止率达 61% ($P < 0.002$);对人体的离体几种癌细胞也有显著抑制效果。试验研究表明磁场在一定的梯度范围是可以有效抑制小鼠肿瘤的生长的,对离体癌细胞也有抑制作用^[8]。为了提高生物磁场的测量分辨率,最近研究和开发了超导量子干涉仪磁强计的分辨率的提高,比以前应用的测量系统具有更高的空间分辨率^[9]。最近利用回归分析方法计算了 1950~1991 年整个期间和各个年代域中国某些急性传染病的发病率和死亡率与相应时域内的地磁活动指数 A_p ,提前一年和提前二年的 A_p 指数序列的相关系数。结果表明,在一定的年代域,某些传染病的发病率或死亡率与地磁活动存在线性相关关系,从而为这些传染病的预测提供了一定的线索^[10]。

生物磁技术

生物磁技术的迅速和多方面的发展是当前生物磁学中一个重要的特点,特别是在磁共振和磁共振成像方面。最近便在扩展快速梯度回波序列用来观测初始灌注及发展这一效应的改正方法等方面取得了重要的进展。利用带流体设备装置的人体模型实验来测定信号强度与 Gd 等浓度的关系,并测定了多种速度下的这种关系。然后又发展了对流体灵敏的校准方法。进一步研究还指出:基于静态人体模型的校准方法对于受高流体影响的图像中准确的信号-浓度转换是不适当的。这里提

出的流动改正校准方法可以用来改进其精确度等^[11]。在医学成像的研究和应用方面,最近比较了应用 X 射线平片、X 射线计算机化层析成像(CT)和核磁共振计算机化层析成像(CT)对强直性脊柱炎患者骶髂关节炎的分析诊断进行了比较,搜集了 12 例这种病患者,分别利用这三种技术进行检查和分析。检查、比较和分析结果表明,同 X 射线平片比较,虽然 X 射线 CT 和核磁共振 CT 都有助于强直性脊柱炎患者骶髂关节炎的诊断,但核磁共振 CT 却可显示 X 射线平片和 X 射线 CT 所不能显示的软骨异常和骨髓内水肿改变;骨髓内脂肪沉积可属正常变异,扭曲样中等强度信号则应视为软骨的异常征象^[12]。最近利用高超导转变温度(T_c)的超导量子干涉仪梯度计系统在无磁屏蔽的环境中测量研究了心磁图。利用 2 级或 4 矢量磁梯度计可以将噪声在 1Hz 时降低到约 $1\text{pT}\cdot\text{Hz}^{-1/2}$ 。将研究结果同现在在磁屏蔽环境中测量的数据进行了比较^[13]。最近对永磁材料、软磁材料、旋磁材料和磁性液体在医学上的多种应用作了较多的介绍,特别是磁性液体在磁性针剂、人造肌肉、治疗肿瘤或动脉血袋开刀技术更有其特点。还提出了磁场安全标准的建议,如医学上所用的磁场强度和作用的时间等^[14]。最近在生物磁性测量中利用双 D 形的高 T_c 超导体回路研制成开端的柱形磁屏蔽。所应用的高 T_c 超导回路材料为 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ 磁带线,而柱形磁屏蔽则是应用柔形的磁片,其成分为 Fe-Cu-Hb-Si-B 纳米晶磁性合金。实验表明这会显著降低轴向和横向磁噪声^[15]。

生物磁法研究

最近研究了利用最大熵和图解模型来检测生物磁源。这是利用脑磁波描记方法来测量头皮磁场,并由此检测头皮层中的活动源。这对于头皮层的检测是一种新的方法。这一疾病位置问题的解决是利用最大熵原理来解决的。这种有规律技术的主要组成部分是有关随机变量的测定。这些变量是分布在皮质表面的电流源强度。这种测量可以使所有以前测得的信息能调整相反的问题。这一方法还提供了从脑磁图数据来检测大脑的活动^[16]。胆结石是临床医学上的常见病和多发病。调查表明,随着年龄的增长,胆结石发病率也随之增加。对于结石较大、较多、症状较重的患者,临床上多采取手术取石疗法,但是结石残余率及再生率仍较大。通过研究和试验,表明非手术疗法中的磁场疗法已经取得较好的治疗效果,而且饮用磁场处理水也对预防磁石有一定的作用。已经采用测磁仪测量了 33 例胆结石的磁化率,测量和研究结果表明,多数的结石的磁化率为负值,表现为抗磁性;少数结石的磁化率为正值,表现为顺磁性。根据磁

化率值可以推测,磁化率绝对值大者,磁力治疗胆结石的效果较好,而磁化率绝对值较小者,磁疗效果较差,而且需要使用较强的磁场^[17]。最近试验研究了利用磁共振电阻层析成像方法来观测受试者的截面电导率(或电阻率)层析成像。试验时通过表面电极将注入电流输入受试者体中,再利用磁共振成像扫描器测量所感生的内部磁通密度的Z分量。最后经过仔细分析解决了磁共振电阻抗计算机化层析成像中的电导率像的重建问题^[18]。最近对人工接种肉瘤的小白鼠进行磁场诱导癌细胞凋亡的试验研究。所用脉冲磁场强度为0.6~2.0T,磁场梯度为10~100Tm⁻¹。试验结果显示,磁场会诱导鼠癌细胞凋亡,效果很显著。其机理也在研究中^[19]。最近应用高Q因数的微制平面线圈在500MHz进行生物细胞和细胞集聚体的磁共振成像研究取得了新的成果,对所研究的微观样品提高了灵敏度,在采用微机械线圈的研究中便可进行细胞级的磁共振研究^[20]。

生物磁应用

功能磁共振成像是磁共振成像技术的一项新进展,最近又提出了同模型无关的功能磁共振成像的新方法。这方法可以从功能磁共振成像的时间系列数据快速地描绘脑活动区域。这项研究可分6部分来完成:①由检测过程中产生的图像的信噪比进行检测;②在矢量空间构架中形成活动区域的检测和分节;③求出问题的分析解;④利用不活动的像元矢量和期望的时间系列图来计算加权重的矢量等;⑤把活动区的信号用来分别不同的活度;⑥把所提方法得到了拼合图像同一般方法得到的图像相比较。总之这一新的方法比一般方法能更快成像^[21]。白术是一种菊科植物,其根茎常用作药物,其中白术多糖主要含免疫活性成分,对肿瘤具有抑制作用。最近研究和试验了其消化功能的影响,及磁(场)处理这种药物的效应。用碳末法比较生理盐水、磁处理白术药液与未经磁处理白术药液对小鼠肠推进运动的影响;又用对比法,比较磁处理白术药液与正常台氏液及与未经磁处理的白术药液对离体兔小肠平滑肌收缩运动的影响。实验研究的结果显示:小鼠肠炭末推进率,磁处理白术药液有促进作用;对离体兔小肠平滑肌收缩运动,热处理白术药液也有促进作用^[22]。最近研究了心磁图中解逆问题的分析方法。利用傅里叶(Fourier)变换和本征值及矢量方法以确定空间定位和单个磁偶极子的磁矩分量。认为单个磁偶极子是人体心脏所产生的弱磁场源。提出了逆问题数字解的结果。这样发展的分析方法和软件对于人体心脏和脑的医学研究都是很重要的^[23]。磁共振计算机化层析成像,常简称磁共振成像是现代医

学的新领域,因其可提供病变组织在形态改变和生理功能方面的重要信息,因而成为疾病诊断和鉴别诊断的重要工具。其临床应用有5个方面:磁共振水成像、磁共振血管成像、磁共振功能成像、磁共振波谱和磁共振造影介入技术,都有其重要应用^[24]。最近采用脑磁照相测量来定位脑活动源,这是记录头外面的磁场来测定的。在这一方法中采用了带线性基函数的 Galerkin 方法和边界元方法^[25]。

参考文献

- 1 Sekihara, K, et al. IEEE Trans. Biomed. Eng, 2004; 51 (1): 90
- 2 梁元. 生物磁学, 2003; 3(3): 43
- 3 Liao, S. H., et al. Supercond. Sci. Technol, 2003; 16(12): 1426
- 4 常汉英. 生物磁学, 2003; 3(2): 6
- 5 Zhou, J, et al. Opt. Rev, 2003; 10(5): 405
- 6 郭红梅等. 生物磁学, 2004; 4(2): 10
- 7 Huang, S, et al. Digest of INTERMAG 2003. International Magnetic Conference. Boston, USA. p. BG10
- 8 杨逢瑜. 生物磁学, 2004; 4(1): 1
- 9 Kobayachi, K, et al. Digest of INTERMAG 2003. International Magnetic Conference. Boston, USA, P. FR- 01
- 10 曾治权. 生物磁学, 2003; 3(4): 11
- 11 Ivncevic, M. K, et al. Magn. Reson. Med, 2003; 50(5): 885
- 12 陈旭等. 生物磁学, 2004; 4(2): 15
- 13 Liao, S. H., et al. Supercond. Sci. Technol, 2003; 16(12): 1426
- 14 李士根. 生物磁学, 2003; 3(4): 22
- 15 Seki, Y, et al. Rev. Sci. Instrum, 2004; 75(4): 896
- 16 Amblard, C, et al. IEEE Trans. Biomed. Eng, 2004; 51 (3): 427
- 17 刘刚等. 生物磁学, 2004; 4(2): 25
- 18 Park, C, et al. IEEE Trans. med. Imaging, 2004; 23(3): 388
- 19 张沪生. 生物磁学, 2004; 4(1): 14
- 20 Massin, C. et al. TRANS DUCERS 03. 12th International Conference on Solid - State Sensors, Actuators and Microsystems. Digest of Technical Papers. vol. 2. p967
- 21 Soltanian-Zaden, H, et al. IEEE Trans. Med. Imaging, 2004; 23(3): 285
- 22 高丽松等. 生物磁学, 2004; 4(2): 4
- 23 Shulga, S. N, et al. 4th International conference on Antenna Theory and Techniques, Ukraine, 2003; p830- 3 vol. 2
- 24 金桂云等. 生物磁学, 2003; 3(4): 25
- 25 Tissari, S, et al. Comput. Methods programs Biomed, 2003; 72(3): 209

(收稿日期 2004- 12- 15)