

磁场的生物学效应

包头医学院

杨煜荣 李成林 编
陈茂林 王 勇

内蒙古自治区卫生局
一九八〇年六月

前 言

关于磁场对生物体的作用，虽然在古代就有过朴素的猜测，在我国西汉时代（公元前二世纪前后）并有过服用磁石治疗疾病的记载，但是对这一课题，进行科学研究，还是到了十九世纪后期才开始的，特别是到了本世纪六十年代以后，一方面由于现代工农业生产、医药卫生、环境保护和宇宙航行的需要，一方面由于磁学、生物物理学、生物化学、分子生物学的迅速发展，以及各种新技术的应用，一门新兴的边缘学科——生物磁学或磁生物学才发展起来。而磁场对生物体的作用（或称磁场的生物学效应）正是磁生物学的重要组成部分。

最近十余年来，有关磁场的生物学效应方面的科研论文数目显著增加，并召开过多次与磁生物学有关的国际会议，一些国家如美国、苏联、罗马尼亚等也都召开过全国性的会议，我国于一九七八年一月在徐州召开了第一次全国性的磁疗科研协作会议，会上也交流了一部分有关磁场的生物学效应方面的文章。

近年来磁场疗法在我国已得到迅速发展和推广，但对于磁疗基本理论的研究还远远落后于临床实践的要求。为了加强磁疗基本理论的研究，更好地推动磁疗的发展，也是为了其它相关学科提供参考资料。我们认为有必要进一步了解有关磁生物学特别是磁场的生物学效应方面的国内外进展。为此目的我们曾

重点收集过近十年来的部分国内外文献，先后写成《磁场对生物体的作用》及《磁场的生物学效应》两篇文献综述，分别在徐州全国磁疗科研协作会议（1978.1）及重庆磁疗鉴定会（1978.12）上宣读过，引起与会同志的兴趣，受到同志们的鼓励和鞭策。会后我们又在这两篇文献综述的基础上进行充实整理写成本书。由于我们的能力水平以及客观条件所限，缺点错误肯定不少，还望读者同志们提出批评指正。

在本书的写作和出版过程中得到内蒙古自治区卫生局，包头市科委，包头市卫生局及本院领导的关怀和支持，得到院内许多同志的热情协助，杨龙飞同志曾为本书拍摄照片，韩朝祥同志代为绘图并设计封面，范惠、周卫平等同志协助抄写，当此书出版之际，谨致以衷心的感谢。

编 者

1980年1月于包头

目 录

第 一 章	磁场对中枢神经系统的作用 (杨煜荣编)	(1)
第 二 章	磁场对植物神经系统的作用 (杨煜荣编)	(43)
第 三 章	磁场对心血管系统的作用 (王 勇编)	(63)
第 四 章	磁场对血液系统的作用 (李成林编)	(80)
第 五 章	磁场对内分泌系统的作用 (李成林编)	(94)
第 六 章	磁场对代谢过程的影响 (杨煜荣编)	(103)
第 七 章	磁场对微生物的作用 (陈茂林编)	(127)
第 八 章	磁场对组织细胞的作用 (李成林编)	(143)
第 九 章	磁场对肿瘤的作用 (杨煜荣编)	(158)
第 十 章	磁场对某些病理过程的影响 (杨煜荣编)	(175)
第十一章	磁场对胚胎发育及遗传变异的影响 (李成林编)	(201)
第十二章	磁化水的生物学效应 (杨煜荣编)	(211)

第一章磁场对中枢神经系统的作用

一、磁场对中枢神经系统一般活动的影响

1. 磁场对主观感觉的影响(1)69~71页

磁场接触人体后能引起哪些主观感觉,这方面的研究资料还比较零散且为数不多。

Холодов氏将有关这方面的研究资料总结如下表。

表 1—1, 各种电磁场引起的主观感觉

感觉种类	引起的感觉	电磁场的种类	文献来源
视觉	闪光, 幻觉	交变磁场, 微波	Darsonval 1893 Данилевский 1901 Соловьев 1963 Jacki 1960
听觉	嗡嗡声, 响 口哨声	微波, 低频电磁 场	Frey 1963, 1973
嗅觉	鼻塞感	低频电磁场	Kolin et al 1957
触觉	吹气, 压力 震动, 刺痒 等感觉	恒定磁场 低频电磁场, 微 波	Бине и Фере 1890 Frey 1963
味觉	硷味	恒定磁场	Beisher 1965
其它感觉	嗜睡, 面部 潮红感	恒定磁场, 微波	Григорьев 1881 Турлыгин 1937

从表 1—1 可以看出, 电磁场可影响五官觉中的各种感觉, 虽然目前尚无定量资料, 但根据生理学基础, Холодов 氏认为电磁场最易进入视觉分析器, 其次是触觉及听觉分析器, 再次是嗅觉及味觉分析器。由于电磁场引起的感觉的多样性, 还可以认为电磁场对所有的各种分析器, 具有非特异性刺激作用。在这方面电磁场可与电流相比拟。电流由于放置部位的不同可引起这种或那种感觉。

根据上述资料还证明, 在人身上可能没有感受电磁场的特殊感觉器官, 因为电磁场并未引起特殊的感觉。

2. 磁场对精神运动活动的影响^{(1)71~73页}

Магенович 等氏 (1957) 在 9 名受试者身上进行实验, 测定视力反应时, 即从给他们看一带裂口的指环开始到看清楚裂口为止的时间。先测定正常值以后, 使受试者头部放于电磁体磁极之间, 接受交变磁场作用 15 分, 再测定此指标, 实验结果表明, 在交变磁场作用后, 在 74 次实验中, 有 67 次 (占总实验次数之 82%) 此指标降低 (即反应时延长)

Friedman 等氏 (1967) 研究了人的脑部在 5—11 奥斯特的磁场作用下, 反应时的变化。反应时的测定方法是: 当出现光的信号时, 受试者立即按电键, 记录这段时间即为反应时, 一组实验是在精神分裂症病人身上进行的, 实验结果证明, 恒定磁场对反应时无影响, 另一组实验研究了频率为 0.1 及 0.2 赫茨的交变磁场对正常人反应时的影响, 结果表明 0.2 赫茨的交变磁场可使反应时延长。

Ананьев 等氏 (1971); Рябчук 等氏 (1973) 也研究了弱的恒定磁场作用于受试者头部对精神运动活动的影响, 测定的反应时有: 对光的、声的及触觉刺激的简单的运动反应时

〔即记录从提出信号到受试者做应答（按电钮以停止刺激的作用）为止所需的时间〕以及辨别形象，做最简单的运算的较复杂的反应时。

整个实验共进行40分，(1)磁场作用前——12分，(2)磁场由0逐渐增至50奥斯特——2分，(3)在磁场中作用——12分，(4)磁场逐渐减退至0——2分，(5)磁场作用后——12分。在上述各阶段均测定反应时，实验结果见表1—2。

表1—2 50奥斯特恒定磁场对三种反应时的影响

反应时的种类	反应时的平均值±标准误（秒）			
	磁场作用前	磁场逐渐增至50奥斯特	磁场作用中	磁场减至0
简单的运动反应时	0.35 ± 0.017	0.46 ± 0.018	0.39 ± 0.015	0.41 ± 0.021
辨别形象反应时	0.84 ± 0.025	0.91 ± 0.020	0.91 ± 0.017	0.91 ± 0.022
最简单运算的反应时	0.94 ± 0.027	1.02 ± 0.044	1.04 ± 0.025	0.98 ± 0.038
				0.82 ± 0.019
				0.32 ± 0.019
				2.86 ± 0.023

通过表 1—2 可以看出 50 奥斯特恒定磁场可以延长上述三种反应时，抑制神经过程，不但在磁场作用期间反应时延长，在前两种反应时的实验上，当磁场逐渐增加及减退时，反应时的延长更为明显。

3. 磁场对运动活动的影响

有关磁场对运动活动的影响，研究资料较多，所研究对象也比较广泛，从无脊椎动物的昆虫到脊椎动物的鱼类、两栖类、鸟类、哺乳类等都有过研究。在研究方法上主要有两种，一种是观察磁场本身对于处于自然状态的动物活动的影响，一种是观察磁场对于其它刺激物引起的动物活动变化的影响。

(1) 在涡虫上的实验^{(1)86页}

Черкашин 等氏 (1965、1967) 在涡虫上进行实验，发现磁场对涡虫运动有抑制作用。

有人发现在 200 奥斯特恒定磁场作用下涡虫对电流的敏感性降低。

(2) 在鱼类及两栖类上的实验^{(1)83~85页}

Холодов 氏将棘鱼放在鱼缸中，鱼缸外套上螺线管，螺线管通电时可产生 50——150 奥斯特的恒定磁场。将系在鱼背鳍上的线固定杠杆上，籍杠杆的活动将鱼的运动记录在记纹鼓上，共进行 85 次实验，结果发现在恒定磁场作用 1 小时的过程中，在大多数的情况 (64%) 下，棘鱼的运动活动增加，23% 的情况下无作用，13% 的情况下运动活动减少。

Глеизер 氏 (1972) 在鳗的幼鱼上，Маршуков 氏 (1973) 在鲢的成鱼上进行实验亦证明恒定磁场可增加鱼类的运动活动。

Холодов 等氏 (1959、1966) 在各种鱼类及幼体美西螈上研

究了恒定磁场对电流感受阈值的影响。发现磁场可使该阈值增加，对电流引起的运动反应呈现抑制作用。该氏等在鱼缸的壁上，装置电极，通入直流电，逐渐增加电流强度，求出引起震颤反应的阈值（以伏特表示）以后，使动物接受50—200奥斯特的恒定磁场的作用，磁场是由套在鱼缸外面的螺线管通直流电而产生的。在磁场作用期间及作用停止后，再测定对电流的感受阈值。兹举例如下：在海鱼（棘鱼）上的研究结果是：在恒定磁场作用前，平均阈值为5.0伏，磁场作用期间的平均阈值为6.5伏，磁场作用后经过5分时其阈值为5.2伏。

在淡水鱼上共进行了46次实验中，敏感性降低（即阈值增高）者30次，敏感性增加者10次，无作用者6次。

（3）在鸟类上的实验^{(1)76—79页}

Холодов氏用动作描记法研究恒定磁场对雀科鸟类运动活动的影响，比较在恒定磁场作用期间及未作用期间鸟的运动数，来判断磁场的作用。所用的恒定磁场场强为0.7—1.7奥斯特。分析48次的实验结果，得出结论：恒定磁场作用2小时或9小时，在大多数情况（88%）下可使运动活动增加，在12%的情况下运动活动减少或无作用。

以后又以鸚鵡为对象，进行了研究，在鸚鵡笼内装设六根不同高度的竿，当鸚鵡飞到竿上时则接通电路，通过计量器系统记录下来，实验共进行四小时，第一小时为基础值，以后之二小时用特高频电磁场连续照射，第四小时表示照射的后作用。同时记录对照动物的运动活动，每日进行实验。

研究结果表明当特高频电磁场的功率通量密度低（2微瓦/厘米²及10微瓦/厘米²）时，常常引起兴奋而功率通量密度高（1000微瓦/厘米²及250微瓦/厘米²）时，则引起鸚鵡运动活动的

抑制。如在功率通量密度为250微瓦/厘米²的特高频电磁场照射下，在实验第3——4日与对照组相比未发现有何异常，而在实验第5——6日则出现抑制。当功率通量密度为1000微瓦/厘米²时，则从实验第二天起即出现抑制现象以后则变成萎靡不振，翼下垂，甚至几乎停止运动。

(4)在哺乳类动物上的实验

J. M. Earnothy (1960) 报导引自(2) 将70日龄雌性小白鼠在4200奥斯特磁场中放置4周，离开磁场后继续观察，发现磁处理组小鼠的平均活动比对照组高 $36.3 \pm 4.5\%$ ，而摄食量则比对照组低 $26 \pm 1\%$ 。

又据Jening氏(1963)的报导引自(2)：将小鼠放在200——3500奥斯特磁场中，小鼠的活动与对照鼠无显著差异。

D. R. Russell等(1969)专门设计了一种T形笼，观察由永磁体产生的1100奥的磁场，对12月龄雌性小鼠的活动及摄食饮水量的影响(2)。T形笼的两横端均放置食物及水的容器，两端的外边分别安设磁体或假磁体，竖端为鼠的入口。小鼠无论走向T形笼哪侧横端，均可由光电池系统记录出走动次数及停留时间。实验结果表明4只小鼠在88小时内走向磁体端的总次数为20,241次，走向假磁体端的总次数为17,044次，在磁体端每来一次的平均停留时间为5.5秒，在假磁体端为7.5秒，说明小鼠在磁场中的活动有增加的趋势，并发现11只小鼠88小时内磁体端的平均摄食量比假磁体端多1.040克，在磁体端的平均饮水量比假磁体端多3.57毫升，差异均显著。

其它学者(Горшенина 1965; Холодов 1966; Рысканов 等 1974) (1) 80页也证实将小白鼠放在恒定磁场或交变磁场中时运动活动增加。

Яшина (1972) ⁽¹⁾⁸⁰页发现在脉动磁场作用的开始几分钟内大白鼠的运动活动增加,但在脉动磁场中放置三日后,动物的活动受到抑制。

Л. А. Андрианова等氏 (1977) 研究了不同场强的磁场对小白鼠运动活动的影响⁽³⁾。她们用光电法根据每10分钟内的运动量来评价运动活动,将鼠放在有机玻璃盒内,盒壁上装有光电池,将鼠盒放在电磁体磁极间隙中或放在假磁极间隙中(对照组) 10—30分,所用的恒定磁场场强为250—4000奥斯特,基本上为匀强磁场,由于此电磁体产生的场强有1.8%的波动,也研究了场强为100奥斯特,频率为100赫茨的交变磁场的作用,此种磁场约相当于所用的最强的恒定磁场(4000奥斯特)的波动部分,实验中均记录原来的运动量,每作用10分钟的运动量及作用后30分内的运动量。

研究结果表明:对照组小鼠放在盒中30—60分,运动活动逐渐降低,在250奥斯特的恒定磁场作用下与对照组相比未引起明显的变化,在500奥斯特恒定磁场作用下,部分动物的运动活动增加。在1000奥斯特恒定磁场作用下,作用性质发生变化,与对照组相比运动量显著降低,但断磁后则恢复,恒定磁场场强增至2000奥斯特时,无论在磁场作用期间或作用后,运动量均降低,增至4000奥斯特时所有小鼠在最初数分内已出现运动活动显著下降,许多鼠完全停止活动,断磁后运动量相当增加,并显著超过对照组数值(见表1—3)。当接受100奥斯特,100赫茨的交变磁场作用时,在作用期间运动活动与对照组相比无明显变化,但断磁后小鼠的运动量比对照组显著为高(见表1—4)

总结上述结果可以看出在恒定磁场的250—4000奥斯特范围内500奥斯特为最小有效场强，而磁场的性质及程度与场强有关（见图1—1）：500奥斯特可使运动活动有某种程度增加，1000—2000奥斯特时则使之受到抑制，而在4000奥斯特作用下则出现双相反应，即在磁场作用时期运动活动显著降低，而在作用后的时期内则活动增加（均指与对照组相比）。

对比4000奥斯特恒定磁场及相当其场强波动部分的100奥斯特100赫茨的交变磁场的作用，发现后者在4000奥斯特恒定磁场作用期间对小鼠呈现的抑制效应中并不起作用，而在4000奥斯特磁场作用后的期间内的小鼠运动活动的恢复，可能有其参与。

表1—3 4000奥斯的恒定磁场对小白鼠运动量的影响（平均值±标准差）

原来水平	4000奥斯特恒定磁场作用期间			恒定磁场终断后		
	1—10分	11—20分	21—30分	1—10分	11—20	21—30分
实验动物 (n=16)						
50.6±7.6	7.2±1.9	2.7±0.9	0.6±0.2	7.7±2.6	13.5±2.8	13.3±5.5
	※	※	※	※	※	※
对 照						
46.5±6.2	39.2±5.4	20.0±3.4	16.2±2.8	6.1±1.7	5.2±1.3	5.0±2.8

※ P<0.001（与对照组相比）

※※ P<0.01（与对照组相比）

表1-4 100奥斯特, 100赫兹的交变磁场对小白鼠运动量的影响 (平均值 $\pm$ 标准差)

来原水平	100奥斯特交变磁场作用期间			交 变 磁 场 作 用 后		
	1-10分	11-20分	21-30分	1-10分	11-20分	21-30分
实验动物 (n = 20)						
38.0 $\pm$ 4.1	16.63 $\pm$ 5.21	9.47 $\pm$ 2.70	8.1 $\pm$ 2.94	9.63 $\pm$ 2.73	4.63 $\pm$ 0.68	※3.31 $\pm$ 1.10
对 照						
40.4 $\pm$ 4.2	18.7 $\pm$ 4.0	10.3 $\pm$ 3.25	5.8 $\pm$ 3.25	6.75 $\pm$ 2.95	2.35 $\pm$ 0.80	1.4 $\pm$ 0.65

※P<0.05 (与对照组相比)

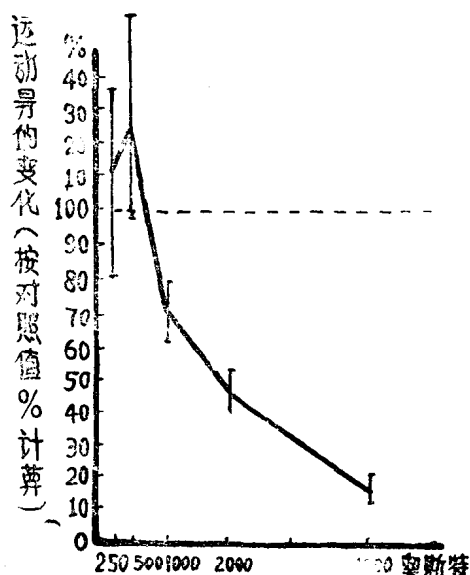


图 1—1 小鼠运动量的变化与恒定磁场场强的关系
每点为20只小鼠的平均值

Ананьев 及 Климентьева氏 (1972) (1)86页 研究了恒定磁场对于运动负荷引起的动物疲劳的影响,发现小白鼠在10小时内,接受70奥斯特恒定磁场作用5次,它们自由游泳的持续时间由正常的1小时30分,缩短到43分。

我们也观察了匀强恒定电磁场对小白鼠疲劳时间的影响⁽⁴⁾,所用场强为3500奥斯特。测定疲劳时间的方法是:将小鼠放在铁架横杆上系着的绳索上,下放一水槽,记录自小鼠握住绳索起至因疲劳而落入水中为止的时间,做为疲劳时间。结果表明受上述磁场作用30分的小鼠与对照鼠相比,疲劳时间

并无明显差异, 实验组与对照组的疲劳时间分别为 215.3 ± 15.00 秒及 198.3 ± 27.63 秒, 两组间差异并不显著 ($P > 0.05$)

M. A. Persinger等氏 (1972) 研究了极低频旋转磁场, 对大白鼠活动的影响⁽⁵⁾。该磁场是由两个对置的旋转着的马蹄铁 (延主轴旋转方向相反) 所产生, 转速为30转/分 (0.5赫茨), 场强: 实验 I 及实验 II 所用者为 3—50 高斯 (平均约 20 高斯), 实验 III 所用者为 3—30 高斯 (平均约 10 高斯), 实验共进行三次, 每次将鼠分为实验组 (曝磁组) 及对照组, 分别放在两个鼠盒中, 实验组鼠盒放在磁场中, 对照组鼠盒放在磁场外, 实验 I 及实验 II 在放置 21 天、25 天及 30 天后, 实验 III 在放置 30 天、40 天、45 天及 50 天后, 取出每只鼠放在等分为 16 个方格的木板上的一个角的方格中, 记录在 30 秒 (实验 I 及实验 II) 或 120 秒 (实验 III) 中大鼠通过的方格数, 结果见表 1—5 及表 1—6。

表1—5 旋转磁场对大白鼠活动的影响

实验序号	组 别	30 秒 内 通 过 的 方 格 数 (平 均 值 $\pm$ 标 准 差)			变异数 分 析
		作用21天后	作用25天后	作用30天后	
实 验 I	曝磁组	10.3 ± 2.4	11.1 ± 3.8	12.3 ± 3.5	$F = 5.68$
	对照组	11.5 ± 2.4	7.9 ± 3.2	6.8 ± 9.1	$P < 0.05$
实 验 II	曝磁组	11.0 ± 3.6	15.2 ± 4.9	14.9 ± 3.3	$F = 387$
	对照组	11.8 ± 5.6	6.1 ± 3.9	5.0 ± 4.7	$P < 0.01$

表1—6 旋转磁场对大白鼠活动的影响

实验序号	组 别	120 秒 内 通 过 的 方 格 数 (平 均 值 $\pm$ 标 准 差)					变 异 数 分 析
		作 用 30天后	作 用 35天后	作 用 40天后	作 用 45天后	作 用 50天后	
实 验 I	曝磁组	36.0 $\pm$ 8.9	32.5 $\pm$ 13.4	24.7 $\pm$ 13.3	19.2 $\pm$ 12.0	13.4 $\pm$ 8.6	F = 4.27
	对照组	29.1 $\pm$ 13.8	25.1 $\pm$ 15.0	11.6 $\pm$ 10.2	4.4 $\pm$ 6.3	4.0 $\pm$ 5.4	P < 0.10

通过表 1—5 及表 1—6 可以看出三次实验均证明受极低频旋转磁场作用 21—50 天的大鼠，当离开磁场时爬行活动增加。

上述结果与 Altman 氏 (1967) 引自 (5) 及 Ludwig 等氏 (1968) 引自 (5) 的实验结果相似，他们发现在极低频磁场中动物活动减少，离开磁场后产生代偿性活动增加。

Асабаев 氏 (1971) (1)80—81 页 研究了特高频电磁场对家兔活动的影响。发现在功率通量密度为 250 微瓦/厘米²的特高频电磁场作用的第 1 小时 4 只家兔运动数有不同程度增加，但当继续作用时，在第 2 小时运动数恢复至原来水平，停止作用后也未发现有显著变化。在功率通量密度为 1000 微瓦/厘米²的特高频电磁场作用下，6 只家兔中 3 只运动活动减少，2 只增加，1 只与对照组无区别。

Холдов 氏在家兔上进行实验 (1)86 页，以光照射家兔对侧眼睛，记录本侧后肢运动，发现用光照射 5 秒可引起定向运动。当用 400 奥斯特的交变磁场，功率通量密度为 30 毫瓦/厘米²的特高频磁场作用时，此种定向运动反应降低。

总结上述各家有关磁场对运动活动的影响，可以看出结果常常不一致，这除了由于所用的实验方法的不同外，可能还与

所用之实验动物的种类的不同，所用的磁场的种类及场强的不同以及实验动物神经系统所处的机能状态的不同有关，似乎可总结出下列规律。

(1) 根据引起各种动物运动活动变化所需之的最小磁场强度，可以看出昆虫，鱼类，鸟类对磁场的作用比哺乳类动物有更高的敏感性。

(2) 引起动物运动活动变化所需之恒定磁场的场强，常较所需之交变磁场及旋转磁场的场强为高。换言之动物对后两种磁场比恒定磁场更为敏感。

(3) 从场强与作用的关系来看，常常看到低场强引起动物运动活动增加，而高场强则引起抑制。

(4) 磁场常常使处于自然状态的动物的运动活动增加，而对于由于其它刺激物引起的动物活动的变化，磁场又常常引起抑制作用。

二、用磁场做为条件刺激形成的条件反射及磁场对条件反射的影响

1. 用磁场做为条件刺激形成的条件反射

(1) 在人身上对磁场形成的条件反射^{(1)88页}

不少学者用磁场作为条件刺激在人身形成各种条件反射。如有人用场强为0.1—0.2奥斯特，频率为0.01—0.3赫茨的弱的交变磁场做为条件刺激形成二级条件反射性睡眠（声音为一级条件刺激）。Петров(1952)用低频（200赫茨）的交变电磁场做为条件刺激在人身形成了不稳定的电防御条件反射。

Плеханов氏（1965，1966，1967）以735赫茨的交变电