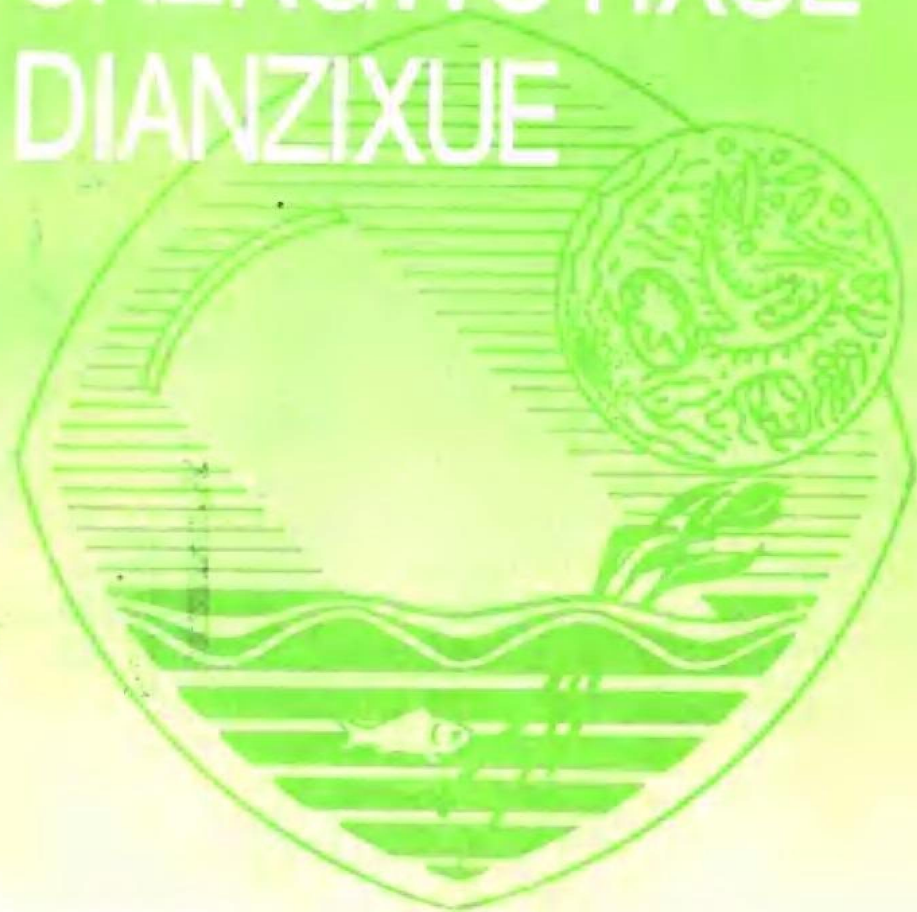


张富鑫 林崇文

JIGAOPIN
SHENGWUYIXUE
DIANZIXUE

极高频生物医学电子学



12

电子科技大学出版社

(川) 新登字 016

极高频生物医学电子学

张富鑫 林崇文 译校

*

电子科技大学出版社出版

(中国成都建设北路二段四号)

电子科技大学科技开发部一分部激光照排

四川省自然资源研究所印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 8.625 字数 220 千字

版次 1993 年 3 月第一版 印次 1993 年 3 月第一次印刷

印数 1—1000 册

中国标准书号 ISBN 7-81016-507-0/TN·134

定价: 6.50 元

前 言

生命的奥秘，人体巨系统，是现代自然科学技术研究的一个最奇妙、最活跃、最广阔的领域。近半个多世纪以来，由于各具特长的多门学科的众多学者积极参加了生命科学技术的研究，发现了在生物学中都可以找到各自的“结合”部分，并形成了跨门类的新兴科学技术。诸如生物物理、生物化学、生物数学、生物电子学、生物医学工程学、生物医学电子学，以及地球生物学和本书所取名的极高频生物医学电子学等多门分支学科。在研究层次上不断深化，现已到达细胞生物学和分子生物学水平。最近，分子医学、分子生物学、分子生物电子学、分子生物医学工程学等新兴学科的发展，标志着当前的生命科学技术已跨进了分子时代。照此推进，纵向深化、横向渗透、立体交叉、综合发展迎来的 21 世纪，必将是生命科学技术兴盛的世纪，同时也是促进其他科学技术飞跃发展的世纪。近 20 年来，笔者从微波电子学角度，跟踪科学技术的综合发展方向，收集、整理、翻译了大量文献。现根据需要有关的译文选择部分汇编成册，分为四个部分：信息科学与生物医学；毫米波生物信息效应；毫米波生物电子学；电磁波与生物系统的相互作用。主要介绍在国际上属领先水平的开创性研究工作。

微波电子学向生物医学渗透，由原来研究“波与电子”相互作用的基本问题，发展到研究“波与细胞、大分子、极性分子、离子”相互作用的复杂问题。在应用方面，微波电子学除继续沿着传统方向，进一步开发微波能武器和微波发电以外，还拓展到了非传统方向，开创在生物学和医学领域的应用研究。这是 60 年代中期以来，在前苏联科学院院士、微波电子学专家 H. Д. 捷雅特科夫领导下，M. Б. 郭兰特教授等众多学者开创的一个新的研究方向。他们采用自己研制成功的小功率毫米波返波管作辐射源，在生物学和医学领域里做了大量基础研究工作；并总结出了基本实验规律，分析确认所观测到的神奇的非热生物学效应是一种信息控制作用。于是，80 年代初他们明确提出了低强度毫米波生物学效应机制的“信息作用”概念；并产生了利用外同步的毫米波弱电磁场作用，来调控人体各种功能的新颖构想。80 年代中期，他们又进一步提出了“波与细胞”作用的“声—电”波理论模型。这种新理论同 60 年代末 70 年代初，前苏联学者 Ю. И. 胡尔吉内等学者提出的“蛋白机器”模型，和著名英国物理学家 H. 佛洛里赫提出的“相干激励”模型，以及前苏联学者 A. C. 达维多夫提出的“孤立子”模型等多种各具特色的理论观点相比较，有了新的发展和新的特色。这里的“声—电”概念是专指细胞形态扰动与膜电扰动的相互转换，是一个重要的新概念，并非现代理疗学中已使用的所谓“声—电”技术。在此基础上，他们于 80 年代末提出了免疫学机制的“声—电”波理论。

但是，我们应该清醒地看到，现在虽然人们对自然界的和人工产生的振荡与波的特性及其应用有了很多知识，但对生物系统的结构、振荡与波及其功能却知之甚少，尤其是有关电磁波，特别是极高频电磁波与生物系统的相互作用的一系列问题的统一理论，至今尚不存在。在强、中、弱三类相互作用中，人们对弱作用即非热作用，过去往往不被重视。甚至，过去对是否存在有非热作用，都曾争论不休。到70年代以后，虽然承认非热作用的存在，但其作用机理是什么？直到今天某些专业书籍中都还说“待研究”。为此吸引了众多学者从不同角度进行探索，我们也感兴趣的参加了探讨。我们认为，相干与不相干的波、频率不同、强度不同的波与生物系统作用都各具自己的特殊性，作用的目标也在于生物系统的不同层次上，其作用效应在生物学和医学领域的应用目的和价值也各不相同。其中，极高频段（20GHz—2THz）相干弱电磁场对生物系统作用产生的非热效应，用作生物系统的信息调控，具有很高的价值。相对而言，非相干波的信息作用价值最小。这是当前已被生物实验研究、机制理论分析和实际应用事例所证明了的结论。现在国际国内都已开始在医学上采用极高频相干弱电磁波来诊治多种疾病，并在生物工艺学上可望用来提高某些生物制品的生产效率，或某些作物的产量，今后并将愈来愈普及。

生物系统对极高频弱电磁波如此独特敏感，能产生如此神奇的效应，具有如此高的实用价值。其内因是：①生物系统含有大量的液体，其中主要是能吸收极高频电磁波的水及水溶液，水分子的旋转频谱主要分布在极高频频段；②生物系统是由细胞组成。按微波电子学观点，在活细胞“谐振腔”中能激励起边廓模“声—电”振荡与波，这种振荡模式及其频谱可以很多，分别代表不同的生理功能状态，其振荡频率分布在极高频段，是生物信息系统的控制信号，具有巨大的通讯容量，受干扰小；③细胞膜具有极大的比表面积，即 $\lim_{t \rightarrow 0} (s/t) \rightarrow \infty$ （ t 是膜厚度， s 是膜表面积），因此具有极强的活性。按分子生物电子学观点，细胞膜把多种生物分子器件有序地组合在一起，并在调控中心“微脑”——细胞核的控制下，进行信息传送与质能转换过程。另外，膜也可视为半导体的PN结，并具有极强的恒定电场。膜能传送“声—电”波，也能接收极高频波而建立起微弱的交变场强，从而影响细胞内外离子的通透性乃至启闭离子通道；④生物系统内含有复杂的生物电动力学系统，诸如神经系统、脉管系统、免疫功能系统，以及中医的经络系统等，可以实现极高频波的远距离传送与转换；⑤生物大分子，例如蛋白质，其固有振荡频谱分布在极高频段，并具有束缚电荷，可以受极高频波的影响，在分子内及分子间发生电子的转移；极高频波通过对氢键的激励而改变蛋白酶的活性和构象，增加酶反应速度，并进而由一系列生化反应，获得宝贵产物腺苷三磷酸（ATP）。而且，在极高频波弱电磁场的作用下，在生物系统功能链中所产生的反应是不可逆的，这就构成了能将它用作治疗手段的基础。外因则是：生物系统所处的外环境中，基本上不存在极高频波成分，因为它极易被大气中的水与氧气等所吸收（见图1）。因此，生物系统对极高频波非常敏感。

在实际应用上，是以正确地利用外因通过内因起作用的构想为基础。例如对于治疗方

法, 就可根据“信息仿生技术”和“生物反馈”原理, 模拟产生与生物体细胞“声—电”波的频率或频带相同的极高频相干弱电磁波信号, 馈送到皮肤上的活性点或活性区或穴位, 同细胞(生命的微观世界)产生“同步”作用, 或“谐振”作用, 在一定条件下, 即可产生一系列生化反应和实现对“系统平衡”的调控。这种极高频仿生信息调控论, 从信息调控观点来看, 是与祖国医学的中医控制论具有一定的类似性, 临床治疗的本质主要是对生物体内子系统的调控。因为从低等植物到高等动物, 乃至人体, 在正常状况下, 都是处在内外环境的动态平衡状态。而细胞亦是处在胞内外环境的动态平衡状态。一旦动态平衡失调, 便导致病理状态。另一方面, 在整个生命活动过程中, 正常机体各组织、各器官, 只需消耗极小的能量便可非常灵活, 十分协调一致地实现对内对外的信息传送和质能转换等各种功能。显然, 这些都是由于机体“巨系统”内普遍存在有各种不同层次的信息自动控制的“子系统”(见表1)在“大脑”和“微脑”的调控下, 协调工作的结果。采用药物治疗或针灸等都是对细胞及其分子系统的功能过程进行调控而改变其输出。采用极高频仿生信息治疗也是如此, 只是调控所采取的措施不一样, 而最终结果, 也都是使其由动态不平衡的病理状态回复到动态平衡的生理水平。不过后者有一个优点, 即治病不用“打针、吃药”, 具有无创伤、不用药、无病菌、又安全的特点。而且还能挖潜强身。

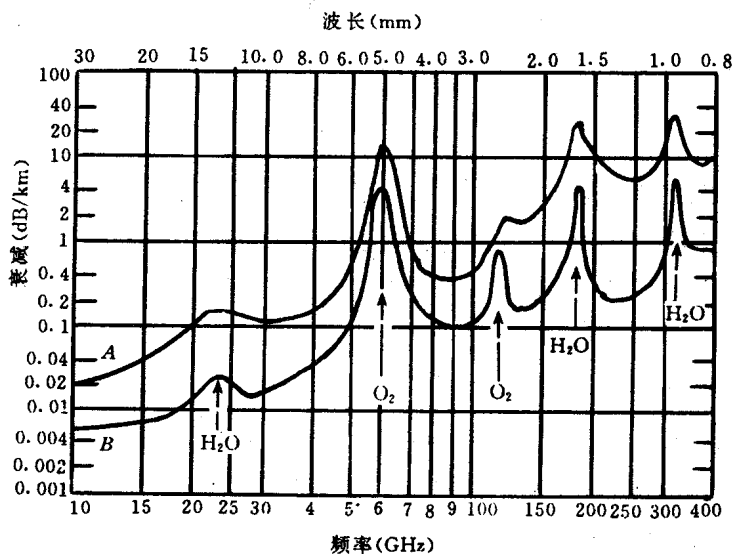


图1 毫米波的平均大气吸收值

A: 海平面; $T=20^{\circ}\text{C}$; $P=760\text{mm}$, $P_{\text{H}_2\text{O}}=7.5\text{g}/\text{m}^3$ 。B: 4km;

$T=0^{\circ}\text{C}$; $P_{\text{H}_2\text{O}}=1\text{g}/\text{m}^3$ 。

前苏联的领先开发研究工作, 在各国得到了广泛发展。近些年来, 美国、英国、法国、德国、日本、波兰、意大利等国家都在积极开展研究; 在国内, 我校和众多单位的学者也积极开展了这方面的研究工作。这是由于极高频弱电磁波作用的非热生物学效应具有重大的信息科学意义和极高的技术实用价值, 并有助于搞清楚现行理疗学中尚存在的非热

作用机制不清楚的问题，以及免疫学的机制分析问题。另一方面是出于环保的要求，以便为科学拟定有关防止微波（毫米波）辐射对人身伤害的劳动卫生标准提供准确的依据。而目前各国的有关安全标准相差极大，例如前苏联规定的安全值为 $\leq 10\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ；而美、英等国家的通行标准是 $\leq 10\text{mW}/\text{cm}^2$ 。这已引起现代化生活中人们的疑问和不安。

表1 巨系统及其各层次的部分子系统*

组成 系统	执行器	传感器	控制器
自动机 (abc)	a	b	c
人体 (abc)	手足 (a)	五官 (b)	大脑 (c)
细胞 (mno)	细胞器 (o)	细胞膜 (m)	细胞核 (n)
分子 (rge)	酶 (e)	受体 (r)	基因 (g)
细胞膜 (abc)	膜沟道口 (a)	膜受体 (b)	G-蛋白等 (c)
细胞核 (abc)	RNA聚合酶 (a)	核膜 (b)	基因 (c)
细胞器 (线粒体) (abc)	酶 (内膜) (a)	外膜 (b)	DNA (c)
叶绿体 (abc)	酶 (a)	叶绿素等 (b)	DNA (c)
酶分子 (abc)	其复合物 (a)	其识别部分 (b)	其空间电子结构 (c)
G-蛋白 (abc)	其 $\beta\gamma$ (与酶结合) (a)	其COOH一端 (b)	其NH ₂ 一端 (c)

因此，从新学科和新技术的发展出发，深信国内广大读者对《极高频生物医学电子学》的问世是感兴趣的。本书可供从事生物医学、生物物理、生物化学、微波电子学等领域的科技工作者、教师、研究生参阅。亦可供广大感兴趣的读者阅读。

本项科学研究工作**和本书成文过程中得到了学部委员刘盛纲教授的鼓励，学校科技处、开发部和高能电子学研究所等有关领导的支持，李树刚、沈凤鸣、顾传英等同志的大力帮助。张玲人、黎淑珍和于秀云等同志参加了部分文稿整理，特此一并致谢。最后，感谢电子科技大学出版社的大力支持与帮助，使本书能正式出版，以饕同行读者。

限于水平与时间，加之内容涉及多门学科，书中错误与不妥之处在所难免，欢迎指正。

电子科技大学：张富鑫 林崇文

1993.1

* 康振黄主编，任恕著《分子生物医学工程》，四川教育出版社，成都，1991年。

** 本项科学研究得到四川省科学基金资助。

目 录

前言

第一部分 信息科学与生物医学

无线电电子学与医学	(1)
用无线电电子学的观点探讨免疫学机理	(7)
研究生物体的绕射辐射振荡自差法	(18)

第二部分 毫米波生物信息效应

毫米波段的电磁辐射对生物体的影响	(23)
关于超高频辐射对微生物和动物作用的实验研究方法和结果的某些问题	(26)
毫米波对老鼠骨髓影响的研究	(28)
毫米波电磁辐射对细菌细胞某些遗传因素的功能性影响	(31)
毫米波对细菌的某些性质的影响	(34)
毫米波段的电磁辐射对蛋白质新陈代谢某些方面的影响	(36)
生命机体对毫米波作用的反应	(39)
毫米波对细胞和某些细胞结构元件的影响	(43)
毫米波与亚毫米波对生物活性化合物非热作用机理研究的前景	(46)
评超高频辐射对血红蛋白作用的两种可能性机理	(51)
毫米波照射的生物学效应	(53)

第三部分 毫米波生物电子学

生物学中的毫米波	(63)
1. 引言	(63)
2. 为什么正是毫米波	(65)
3. 毫米波辐射与不同物体相互作用的基本实验规律	(66)
4. 水与毫米波辐射	(70)
5. 从实验工作中能够作出些什么结论	(72)
6. 辐射与生物体相互作用的基本效应	(74)
7. 毫米波辐射在生物机体生命活动中的作用与机理	(78)
辐射对生命机体的信息作用	(79)
毫米波辐射信息作用的能量供应	(80)

细胞产生的毫米波振荡的实验探测	(83)
活细胞内毫米波振荡激励的机理分析	(89)
细胞内外超高频振荡的耦合机理	(92)
多细胞机体中的超高频信息过程	(95)

第四部分 电磁波与生物系统的相互作用

波与细胞	(99)
1. 前言	(99)
2. 关于波、振荡和细胞	(101)
3. 人工物理场及其与生物体的相互作用	(116)
4. 电磁场与生物分子结构的相互作用	(121)
5. 结束语	(129)

第一部分 信息科学与生物医学

无线电电子学与医学 (某些可能应用的类似性)

(苏) H. И. 捷雅特柯夫 M. Б. 郭兰特 T. Б. 列布罗娃

【摘要】大量的无线电系统和生物机体都是复杂系统(虽然其复杂程度很不相同)。要保证它们能长期不停地工作,信息起着重要的作用。由于无线电系统比生物机体简单得多,因此大家都已经熟悉了无线电系统的研究方法和保证它可靠工作的措施。本文提出这样的设想:在某些情况下可以将无线电系统与生物机体的类似性作为基础,来简化求解某些生物—医学问题的方法。

无线电电子学和控制论的广泛应用已有可能建立起这样的一种设备,这种设备在近代医学和生物学的发展中将起着革命性的作用。该新设备的应用范围将会如此之广泛,以致于在此领域中的任何一篇评述文章都未必能将其一一例举。但是,在这些学科之间有着一条才开始发展的相互联系的纽带。然而,今后它可能会是极有成效的。这里所指的就是可以把无线电电子学和控制论的某些普遍思想应用于医学和生物学中,并以类比为基础拟就一条求解生物—医学问题的途径。

但是应该立即指出,这一课题内容极其广泛,涉及多方面,因此我们只能对问题的某些方面进行讨论。

当前,无线电电子学涉及的是建立一些能长期不停地工作的多元件复杂系统。活机体(首先就是人)乃是一些更为复杂得多的系统,而大多数活机体的寿命又是非常长的。

从物理学的观点来看,这意味着依靠与外部环境的联系,这些系统的规整性和布置应能保持和恢复,系统熵(不规整程度)的增长应该是非常缓慢的 [1]。

能长期保持庞大系统规整性的基本条件是什么*?

-
- *原则上,下面将简要说明的条件不仅仅只是关系到无线电系统或活机体,而且也关系到任何大型的稳定工作的系统,例如与外部有联系的企事业单位。

1) 系统要能从外面获得为补充能量消耗和替换不再能完成自己功能的元件所必需的物质保障和能量保障；

2) 系统要有这样的潜力存在，这就是一方面能够保证在系统中元件的工作能力（当其部份损坏时）具有保持系统能基本工作所要求的水平，另一方面，可以利用一些元件的潜力来补偿另外一些元件工作能力的不足；

3) 系统要存在有这样一些能够获取和传递自己内部和外部全部变化信息的发达系统，以便保证对这些变化作出积极的反应；

4) 系统要存在有中心控制系统和外围控制系统，以及自动反馈功能，这种反馈能调整系统对内部和外部发生的一切变化所产生的反应；

5) 系统要存在有一种灵敏的指示系统，这种系统可以把对系统不利的的作用过程，在其发展的最初阶段就将它显示出来，并根据以此系统所获得的数据来调整系统，以便中过程的发展，或者是让此系统适应在新条件下的工作。

在解决医学和生物学问题时，对活机体的认识就像对待一个统一的、由信息联系在一起，并根据信息来控制的系统一样，最重要的就是确定信息的输出。

原则上，以上所述是很显然的。但是，与无线电系统不一样，在无线电系统中从普遍原理过渡到实际现实的途径是很清楚的，而对于医学和生物学来说，这种过渡将不断要求弄清楚许多现在还没有被研究过的，或者是还研究得不够完善的问题。

活机体的信息系统是怎样工作的？它们可能产生那些信息？医疗措施是怎样帮助信息系统工作的？等等。

当在活机体中的信息信号是电信号^{*}的情况下，问题所涉及的就是活机体的“无线电”性质，其研究方法也应该是“无线电电子学的”方法，即涉及信号的频谱特性研究[•]以及非线性特性和调制特性……等的研究。

在研究这些问题中的最重要一步，就是要（在分析大量实验数据的基础上）弄清楚小功率电磁振荡与活机体相互作用的许多基本规律。

在这些规律中最主要的是：

1) 从某个阈值开始（通常是一个很微小的量）到某一个电平止（在此电平下与照射体的发热相联系的效应开始起重要的作用），外部（与照射有关的）信息作用的生物效应与电磁振荡功率流的关系微弱；

2) 在小功率电磁振荡照射下活机体反应的敏感谐振特性^{**}：在一定的相对频带宽度内，在大多数情况下带宽不超过百分之十，观察照射下活机体的反应，常常观察到许多彼此位移的频带，在这些频带内，照射下的活机体发生同样的反应。

许多国内外文献都讨论过这些规律的本质，其中我们要提出的是文献 [3, 4, 5] 特

-
- 信息系统所指的不仅仅只是电磁信号，例如生理体液因子信息的传递也要起重大的作用。但是本文涉及的问题仅限于对电磁振荡而言。
 - 这里的问题仅涉及信号的这样一些频率，在这些频率下量子能量不足以使分子链破坏（断裂）。

别是文献 [3, 5], 根据与工业控制论系统工作特征的比较, 提出了这样的假设: 上面所述的第一条规律是与被研究的微弱电磁振荡信号对活机体作用的信息特性相联系的, 并由机体信息系统工作的可靠性所决定。

机体的各种器官和系统的状态以及工作的信息都包含在机体产生的电信号频谱中。同时, 一定的频谱变化与状态或功能特性的每一种改变相对应。这个频谱从极低频 (至少在某些情况下) 一直延伸到紫外线 [11]。同时, 位于频谱的红外部份, 即在机体温度下的热辐射极值附近的谱线, 有着特殊的作用。这一点已被文献 [6, 7] 中对活机体 (再次强调的是“有生命的”) 的频谱进行的测定和分析结果所证实。在频谱的红外部份已含有多条鲜明的谱线, 谐波和组合频率。在收集有作者多年的理论研究总结的文献 [4] 中详细地论证了这样一种假定, 即小功率电磁振荡对活机体的直接作用是与机体一定的结构元件受到集体的刺激有关*, 同时表征这种激励的准粒子属于玻色子 (即它服从玻色统计)。

机体被照射时产生反应所必需的功率门槛值, 由噪声振荡激励过渡到某一集体激励模式出现大振幅相干振荡激励时的值所决定。由于物质的代谢和能量的转换, 可以补偿系统中信息的传递和信息信号的形成在一定频率附近造成的能量损失, 所以在活机体中远离绝对零度时可以存在激励的这种属性。在能源损失得到补偿的条件下, 正如文献 [1] 所指出的那样, 任何系统都与在绝对零度附近工作的系统相类似。

我们还要指出, 正如在文献 [9] 中所证明的那样, 根据在频率调制状态下的小功率电磁振荡对生物机体作用的研究发现, 在弱信号照射下能观察到机体反应的频率随着物体被照射区域的不同而有轻微的差别 (其量值约为 0.001 倍基频)。此外, 在这工作中还证明了机体被照射时发生反应的频带宽度 (同样约为 0.001 倍基频) 由一些频率偏移的若干振子所决定。因此在频率调制状态下, 小幅值的照射可能导致被照射机体的反应产生某些放大。

上面所提到的和其它的某些实验和理论研究, 使人们对机体信息系统工作的诊断处理的可能途径的问题有所了解。

通常就把借助于弱电平 (小功率) 信号通过机体的信号系统来实现的作用称为信息作用 [3, 5]。提出这样的问题是很自然的: 人们从这类作用可能期待些什么? 看来, 一般的回答会是这样的: 机体潜力 (在一定条件下能实现) 的调动, 在一般条件下, 由于某种原因, 机体正常作用的信息系统是不可能胜任的**。这在某种程度上, 类似于无线电系统为了更好调动存在于系统中的潜力, 而需对反馈系统进行调谐。

对于医学来说,乍看起来这可能很简单: 借助于上述作用来达到的唯一的目的是让机体在改变了的条件下能真正地充分发挥自己的功能。

- 无论是文献 [4] 的作者, 还是其它许多国内外的研究者, 都认为细胞膜在激励的感受中起重大的作用。
- 目前所发表的资料仅只与电磁振荡对机体的某些信息作用和可利用的机体反应性质有关, 以实验资料为基础谈到了电磁振荡对造血功能的保护作用, 对肿瘤、眼科疾病、外伤, 以及某些心血管疾病等等的作用。但是在原理上可认为有把握的是, 随着研究的扩大, 这些作用的范围也将扩大, 可能运用的机体潜力也将相应地提高。

但是应该指出, 首先, 医疗措施的主要任务是使机体恢复到正常的状态。其次, 目前广泛采用的任何医疗设备都是去帮助机体与疾病作斗争, 而不是代替机体。因此, 从这观点来看, 信息作用也不能例外。最后, 第三点, 也是最主要的一点就是, 应该指出机体潜力是非常大的。逐步的锻炼可以使人们养成经受得住冷、热、高山缺氧, 只消耗少量的饮食和水份的习惯, 以及养成经受得住很大的物理负荷的能力和机体的再生加快等等。为了实现这些可能性就需要慢慢地重新调整机体, 而首先就要调整机体内部的耦合系统^{*}。但是医学必须常常与这样的情况打交道, 这就是突然性的扰乱不会给机体留下慢慢去适应和调整的时间, 在正常条件下机体的潜力不可能起作用。一个合理运用信息作用的领域就在此情况下出现了, 借助于信息作用可以使机体的调整加快许多倍。在文献 [5] 中根据机体存储的电磁振荡信息作用的各种例子进行的分析得到了这样的结论: 机体能运用信息作用来克服某些因素对机体工作的不利影响。自然, 当信息耦合系统被破坏时, 信息作用就是有益的作用。因为信息耦合系统被破坏时, 外部的信息作用代替了沿着自然通道不能进入的信号。

从要弄清楚信息作用影响机体调整的观点来看, 采用矩形脉冲的电磁振荡在幅调状态下来照射机体的实验是很有意义的 [10]。更早些时候在文献 [2, 5] 中已经判明, 在许多利用连续状态的电磁振荡来实现信息作用的情况下, 为了获得生物效应, 照射的时间必须足够地长 (在文献 [2, 5] 中指出不少于一小时), 同时许多情况下这种照射应该重复多次。第一种是连续状态, 此时采用的功率仅超过为了得到生物效应所必需的阈值 20~30% 的振荡器来作照射源, 因此只要功率降低得多一点, 或者是照射的时间缩短到小于 45 分钟, 都会使作用的效果消失。第二种状态, 这是将同一个振荡器的振荡用持续时间为 1.6×10^{-3} 秒的矩形脉冲进行振幅调制的状态, 脉冲重复周期为 0.01 秒, 脉冲功率与第一种 (连续) 状态的功率相等。在这种情况下证明了在一小时期间内, 两种状态下照射产生的生物效应, 实际上是相同的。这就证明了活机体在照射下的反应只要求微小的时间 (不超过 10^{-3} 秒), 而激励状态的松弛时间则长得超过 0.01 秒。因此, 脉冲状态和连续状态的照射都给出同样的生物效应。为了使机体的某个系统得到调整, 要保证机体将作用存储下来, 就需要 (相对地) 很长的照射时间。

当不断地改变生活条件以及信息耦合被破坏时, 机体应当不断地被改变。同时在与医学有关的情况下, 条件的变化常常是相当快的。所以可以预期, 随着研究的深入, 电磁振荡的信息作用在医学中的应用将会进一步扩大^{**}。

我们再来谈一下前面提出的, 保证庞大系统长时期不间断工作的条件中的后一个条件:

- 这里所指的是与生活条件的改变联系在一起机体的逐渐的重新调整, 但是也必须注意到心理上的调整 (同样也是要足够长时间) 也可能引起机体的重新调整。例如, 可长时间缺氧、静负荷可达几吨重的瑜伽功者的“自动调整”已是众所周知的。
- 顺便指出, 一般来说机体对任何药物作用都有适应性, 显然这可用机体对任何要求调整机体工作的外界因素的适应性来解释。而对电磁振荡的信息作用的适应性到目前为止还没有被观察到。可能这是由于在机体中利用类似的信号来实现信息耦合时机体不能“记住”需要去适应的信号。

系统存在有能够获得影响系统工作的全部变化信息的发达系统。当暂时还不影响无线电电子学系统工作能力的故障刚刚发生的早期信息出现时，可以及时地采取消除工作故障的可能性的措施（更换一定的组件、调整系统等等）。因此保证这种早期信息的措施在设计高可靠系统时具有极大的意义。

与此类似，众所周知疾病的早期诊断就简化为疾病的治疗。通常疾病的最初指示是疼痛的感觉，同时活机体只具有唯一一个对自己是通用的信息系统，此系统提供疾病开始的信息。在某些情况下开始感觉到疾病的征兆时毕竟会太迟了一些（例如在出现恶性新生物的情况下），此时再与疾病作斗争就已经困难了。预防检查由于一系列的原因也仅能对这种疏漏作局部的补偿。但是可以提出这样的假设，电磁振荡作用的进一步研究和完善可以用来诊断机体的固有信息系统，使机体固有信息系统的感觉在短时间内更敏感。

最后应该指出，保证庞大复杂系统长期不停地工作的问题，不论系统的性质和用途怎样，都有许多共同的方面，首先就是信息方面。近代的复杂无线电系统与生命机体一样是一个庞大的系统。因此，前面提出的假设，即虽然两类系统的复杂程度有巨大的差别，但是对其可靠工作条件的研究和保证措施可有某些类似。对于比较简单和一目了然的“无线电电子学”系统来说，许多问题的解答都能很简单地找到。根据其类似性，这些解答将能促进生物—医学新进程的发展。这应该是将无线电电子学渗入到医学中去的一个方向。

参 考 文 献

- [1] Шредингер Э. Что такое жизнь с точки зрения физика. М., Атомиздат. 1972.
- [2] Научная сессия отделения общей физики и астрономии АН СССР (17-18 янв. 1973) .-УФН, т. 110, вып. 3, июль 1973, с. 452-469.
- [3] Девятков Н. Д., Голант М. Б. Об информационной сущности нетепловых и некоторых энергетических воздействий электромагнитных колебаний на живой организм. -Письма в ЖТФ, 1982, № 1
- [4] Frohlich H. Advances in Electronics and Electron Physics, 1980, 65, p. 85—110; 148—152
- [5] Девятков Н. Д., Гельвич Э. А., Голант М. Б., Реброва Т. Б., Севастьянова Л. А. Физические аспекты использования в медицине энергетических и информационных воздействий электромагнитных колебаний. - «Электронная техника», Серия «Электроника СВЧ», 1981, вып. 9 (333), с. 43-50.
- [6] Webb S. Phys. Rep., 1980, 60, p. 201.
- [7] Del Gindice E., Deglia S., Milani M. Phys. Let., Oct. 1981, 15—A, No. 6, 7, p. 402—404.
- [8] Ландау Л., Лившиц Е. Статистическая физика, М., ГИИТЛ, 1951.
- [9] Балакирева Л. З., Бородкина А. Г., Голант М. Б., Реброва Т. Б., Севастьянова Л. А. Исследование влияния частотной модуляции радиоволн на защиту костномозгового кровообращения животных, подвергающихся рентгеновскому облучению. - «Электронная техника», Серия «Электроника СВЧ», 1982, вып. 7
- [10] Балибалова Е. Н., Бородкина А. Г., Голант М. Б., Реброва Т. Б., Севастьянова Л. А. Об использовании амплитудной модуляции для повышения эффективности работы аппаратуры, применяемой для информационных воздействий электромагнитных колебаний на живые организмы. - «Электронная

техника», Серия «Электроника СВЧ», 1981, вып. 8

[11] Казначеев В. П. , Михайлова П. П. Сверхслабые излучения. М. , «Наука», 1981

译自 《Изв. вузов. Радиоэлектроника》
том 25, № 9, стр. 3—8 (1982)

原文作者: Н. Д. Девятков, М. Б. Голант,
Т. В. Реброва

用无线电电子学的观点探讨 免疫学机理

(苏) M. B. 郭兰特

【摘要】本文从无线电电子学*的观点,讨论生物机体保护自己特有的遗传性质以免受到(载有别的遗传信息的)异己因子在遗传上产生的影响。

1. 前言

在《无线电电子学》杂志上已经发表过文章 [1, 2], 证明从无线电电子学的观点来分析活生物体中控制恢复和适应过程——所谓的适应生长过程 [3] 的机理是有效的。这种处理办法是和苏联科学院院士 Н. Д. 捷雅特柯夫 (Н. Д. Девятков) 统一的科学领导下多个学术团体的学者们, 从 60 年代起就开始进行的研究工作结果联系在一起的。在进行这些工作的过程中, 人们有根据地假设 [4, 5]: 活生物机体的细胞产生频率从 30~300GHz (即波长为 1~10mm 的毫米波频段) 范围内的相干 (在时间和空间上都是协调一致进行的) 声—电波和声—电振荡** 参与实现适应生长过程的控制。今后为了简略起见, 将用符号 АЭ (声—电波与振荡一词中“声—电”的缩写) 来表示这种波和振荡。

在本文中, 作者试图以同样的观点来探讨属于医学中最重要的分支之一——免疫学的某些重要机理。免疫学——这是关于生物机体保护自己特有的遗传性质以免受到(载有别的遗传信息的)异己因子在遗传上对生物机体产生作用。显然, 这种保护的普通生物学意义在于, 正是由于生物机体各自条件的差异, 保证了生物种群在生存斗争中可以扩大自己的生存条件。

本文将要提出并讨论这样一种假设, 它能够使人们确信, 参加免疫保护过程(如前面提到的适应生长过程)的细胞和其它因素的联系, 是由于细胞产生的声—电振荡的参与来实现的。

作者希望, 阅读过本文的读者将能感觉到: 我们所提出的见解使得对复杂的免疫学问题的理解变得多么的简单; 应用于生物机体的生物物理保护机理的合理性; 机体在实现保

- 当本文首次提到那些在文献中难以看到的物理学和免疫学术语时, 将用黑点标出, 并作简短的解释。
- 将这样的一种振荡和波称为声—电波: 在这种振荡和波动中, 每过四分之一周期, 电场的能量就转变为机械位移的能量, 之后机械振荡的部分能量又转变为电场的能量。声—电波与电磁波的区别在于, 在电磁波中是电场的能量转变为磁场的能量, 反之亦然; 另外, 声—电波的传播速度等于介质中声波的传播速度。因此, 声—电波的波长近似等于电磁波的百万分之一。

护机制时物质和能量的耗散是非常节约的；机体的保护机制必定是一种相关作用等等。本文为了既便于免疫学家阅读，也便于物理学家阅读，下面将对所讨论的知识领域内一些必要的概念和术语进行简略的解释。

2. 关于细胞产生相干声—电振荡的某些知识

在每一种具体的情况下，细胞产生的声—电振荡的频率取决于细胞中工作状态发生破坏的性质，此频率是从一组固有谐振频率中挑选出来的（在此频率上细胞或其它系统在外力作用下产生响应）[2]。每个频率都与机体内的综合变化相对应[6]。与细胞特定模式相对应的固有谐振频率数量是非常大的，以成百、上千计。同时，在细胞所产生的振荡中频率配合（即振荡的频谱）的多样性实际上也是无限的。而这种多样性就决定了可以用来控制细胞中产生的，实际上同样是无限多形式的功能性失调[7]。

如果有某一频谱的振荡，其频率位于细胞固有谐振频率之中，其振荡的持续时间很长（约1小时或更长），那么它将被（在声—电振荡作用下）在细胞内出现并长在细胞膜上的、存在时间短暂的子结构记录下来。此子结构由一些蛋白分子所组成，这些蛋白分子的谐振频率与细胞产生的特定频率相同。这些子结构存在的时间，即导致子结构出现的工作失调的记忆保存时间可以很长；只要子结构存在，那么由结构产生的，能控制功能性失调消除过程的频率上的振荡，就将保持下去。大多数蛋白分子在毫米波频段内产生谐振。

如果适应生长过程很缓慢，那么子结构能向细胞的下一代转移[8]。正是由于可把变化后的功能特性向后一代传递，那么子结构即使只是暂时性的，就认为发生了遗传性的变调——改变了脱氧核糖核酸结构的排列，脱氧核糖核酸乃是传递有关机体（其中包括人）特性遗传信息的携带者。在适应生长过程中，“变化”的遗传性传递可能是与这样的情况有关：子结构的形成伴随有脱氧核糖核酸与膜的连接特性有变化；具有蛋白质、类脂化合物（组成细胞的脂肪形成物）和微量元素的脱氧核糖核酸综合物的演变产生了变化。

细胞产生相干振荡——这是一个与细胞的各个部分都有关的系统过程[2]。振荡的谐振频率由在其上面已形成了子结构的细胞膜的尺寸和形状所决定。对于振荡的产生来说，所必需的能量是由生长代谢提供的，并且是由在其谐振频率上受到激励的蛋白分子转交给细胞膜的。蛋白分子振荡的同步（振荡频率和相位的校正）是由蛋白分子与膜的耦合（粘着）来决定的。

根据引言中所提出的假设，借助于细胞产生的声—电振荡和波来实现的耦合和控制过程，不仅能在适应生长过程中实现，而且在免疫保护过程中也能实现。在这种情况下，不是由于使细胞的正常工作受到扰乱的因素，而是由于在机体中出现载有异已遗传信息的因子来实现声—电振荡的激励。其实，正如文献[3]所指出的那样，免疫系统的细胞也同时积极参加适应生长过程。

3. 关于免疫学术语和将要讨论的免疫学机理的某些概念

根据定义，免疫学是这样—个学科，它研究—种（遗传分子和遗传细胞的）机制，借助于这种机制有机体能保护自己免受载有遗传异已特征（即携带有与机体遗传特性的信息不同）的活性物体和物质的伤害。载有遗传信息的这种活性物体和物质称为抗原。如果它载负的是有关给定机体需要遗传特性的信息，那么这种抗原就称为固有（本征）抗原；如果它载负的信息不同于给定机体遗传特性的信息，那么这种抗原就称为异已抗原 [9]。机体保护自己特有遗传性质的系统就称为免疫系统。为了对某一特定的异已抗原进行免疫保护，机体合成—种具有与这种抗原进行相互作用能力的蛋白质，这种蛋白质就称为抗体。存在有两种防护异已抗原侵袭的基本方法：细胞免疫应答，这对抵抗真菌、活性寄生物、癌细胞和异已生物组织特别有效；另—种是（通过液体媒质来实现的）体液免疫应答，这是防御细菌和病毒的有效方法。两种防护类型的保护作用有局部重叠。上述两种防护方法首先需要两种类型的细胞，它们分别被称为：T-淋巴细胞，它保障的是细胞免疫应答；B-淋巴细胞，它提供的是体液免疫应答。巨噬细胞———种尺寸很大的细胞，也起着重要的作用，它能主动咬住并消化细菌、死亡细胞的残余物和其它异已粒子。其它多种细胞也要参与免疫应答，但它们所起的作用和作用的性质本文将不进行讨论了。

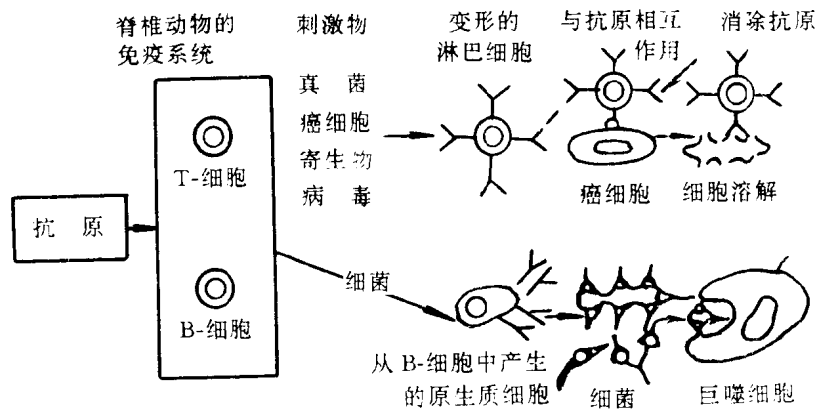


图 1

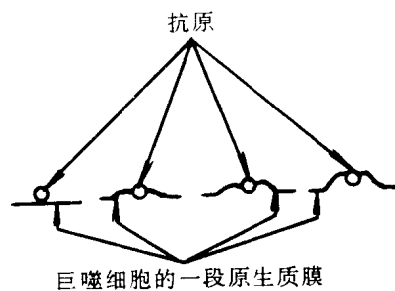


图 2