

# 浅谈微波辐射对人体的危害效应及防护

刘伟



现在科学和技术的发展改变着人们的生活环境,也带来了由于电信系统、无线电、广播、电视传真和雷达设备等的迅速增加而产生的“电磁污染”,给人们的生活带来不同程度的危害。人们有意识地利用电磁场(波)为生活服务,又无意识地暴露其中而受到伤害。电磁辐射好似带刺的玫瑰,它所奉献的物质文明绚丽多彩、日新月异,但人类在享用的同时,也必须提防被刺扎着。随着社会的发展,环境中的电磁辐射量(能量密度)会呈几何级数式增长。有人把电磁污染称为除空气、水、噪声污染以外的第四类污染。而且是看不见、听不着、闻不到的污染。

在过去的30年间,科学家致力于电磁辐射与生物体之间的相互作用的研究,他们将辐射能在生物体中吸收以及随之而来的生物物理和生物化学过程的直接相互作用定义为原始作用,将由于原始作用引起的生物机体的结构和功能的变化定义为生物效应。在原始的部位产生的瞬间生物效应可以引起进一步急性和慢性的间接变化。

微波是高频电磁波,也称射频电磁波,其波长在1m~1mm范围内,所对应的频率范围大约在300M~300000MHz。在整个电磁波谱中,微波的低频端和天线电波的超短波段相连,其高端与红外线的远红外段相接。其波长比中短波长短得多,而又比可见光波长长得多。微波的频率比中短波的频率高得多,而比可见光的频率低得多。微波具有一系列不同于短波和光波的特点。

电磁辐射效应与电磁频谱特性的关系最为密切。从电磁辐射的生物效应的角度可以把电磁频谱分成4个主要区域,即电离区(X射线)、光学区(紫外线、可见光、红外等)、微波辐射区(微波设备、无线电站、雷达、电台、手机等)、低频感应区(高压线、家电等)。当电磁波频率为300Hz~1MHz时,电磁波对生物体的作用主要以辐射的方式进行,称为电磁辐射区。该区的一部分称为微波辐射的电磁波区域,是电磁辐射生物效应的重点区域。

高频辐射和生物组织的相互作用,是多种参数的复杂函数,在人体组织中的电磁和这些组织的电参数有关,生物组织的磁导率和自由空间的磁导率相同,可

以忽略其影响,组织的介电参数与组织类型(肌肉、骨骼)、温度、频率有关,介电常数分为实部和虚部。组织的导电率是介电常数虚部和频率的函数。

组织中内场的大小与照射场的参数频率强度极化有关,也与被照射物体的形状、大小、电参数有关,还与照射源与被照射源的相对位置附近的物体存在等有关。由于内部电磁场与这么多的参数有关,所以在同样的外电磁场照射下,一个人和一只老鼠所感应的内电磁场引起的生物效应是完全不同的。

在剂量学中,广泛采用所谓比吸收率(SAR, Specific Absorption Rate)来度量电磁辐射在生物单位组织中所感应的电场。它等于在生物组织单位质量中所沉淀的能量率。

## 一、微波的热效应

经过大量科学实验发现,高功率密度一般大于 $10\text{mW}/\text{cm}^2$ ,此时已明显的热效应为主,长时间接触高功率密度的辐射,可以造成机体损伤甚至死亡。短时间接受高功率密度辐射,可引起眼睛的损伤,易发生白内障。

对机体的影响 动物对微波能的吸收往往引起机体温度升高,如果温度增大率超过集体热调节系统散热能力时,就会引起损伤,如烧伤、出血、组织坏死和死亡。损伤的程度取决于组织对热的敏感性。微波致死更是不仅取决于能量的吸收量,而且还取决于能量的吸收率、动物的热调节系统、生理状态和环境。另外,环境条件也影响热效应。国外的许多科学家在实验中发现:当环境温度高于正常温度 $40.5\text{C}^{\circ}$ 时动物的温度调节系统能保持正常体温,但不能克服因微波辐射而产生的附加热负荷。在低温( $11\text{C}^{\circ}$ )条件下,经过最初的适应期后,微波辐射并不明显影响动物直肠的温度变化。

微波辐射对人和动物眼睛的伤害 人和动物的眼睛有一个复杂的生物学构造,它主要由晶状体和玻璃体等构成。从相互作用的基本方程和生物组织介质特性分析,眼睛内存在大量水分和少量血液脉管,其介电常数和电导率很高,微波的穿透深度很

小,也就是进入眼球的微波功率被迅速衰减,表明眼球对微波功率具有很好的吸收特性。

从射频电磁辐射的生物学机制分析,在电场作用下,极化分子重新排列,偶极子迅速取向,取向过程中,偶极子周围分子(粒子)发生碰撞摩擦,而产生大量的热。另外,器官中的离子受到电场的作用产生高速的移动,并发生振动,使电解质变热。

从辐射效果来看,置于微波场中的眼睛是裸露的,它有很好的微波吸收特性。可使温度升高,把吸收的微波电能变成了热能。如果微波功率增加到某一确定的阈值,眼睛就被损害。在轻微伤害情况下,感到眼睛疲劳和干燥;中等伤害情况下,使眼睛流体浑浊,视力下降,严重伤害情况下,使眼球的晶体变化,导致白内障,视力完全消失,眼睛失明。

微波辐射对生殖系统的影响 微波对睾丸的损害也比较大。睾丸是人体对微波辐射热效应的又一敏感器官。在微波辐射作用下,即使睾丸的温升达到 $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ ,皮肤虽还没感到很痛,但男性生殖系统可能在不知不觉中受到微波辐射的危害。微波辐射只抑制精子的生长过程,并不损害睾丸的间质细胞,也不影响血液中的睾丸含量。受微波辐射的损害后,通常仅产生暂时性不育现象。辐射过大,则会引起永久性不育。当功率密度超过 $10\text{mW}/\text{cm}^2$ 时的职业性辐射,会导致精子产生量减少,性别比率改变,月经改变及新生婴儿的先天性效应。

## 二、微波辐射的非热效应

除了上述热效应外,微波辐射对人体还有非热效应。在低于 $1\text{mW}/\text{cm}^2$ 的低功率密度下,热效应不起作用,但长时间接触低功率密度的辐射,动物的神经系统、造血系统和细胞免疫功能受损害。另外,辐射对遗传、生育致畸也会产生影响。

微波辐射对神经系统、造血和免疫系统的影响 微波对神经系统、造血和免疫系统的影响的研究,远不如对机体、眼睛影响的研究那么成熟。许多国家已经观察到职业性的微波辐射,导致了植物神经和中枢神经系统失调,虚弱综合症和其他慢性辐射效应。对这些综合症的致病机理是有争议的。微波接受者的主诉症状主要是头疼、头昏、疲劳、无力、过敏、衰弱、失眠、忧郁、神经错乱及性功能等疾病,胸痛及难以说清楚的不适感。在身体检查方面,发现手臂伸长时手指发颤,手足发生多汗等。

经常接触电磁辐射的人的神经和心血管系统有

功能性的改变,表现出心律不齐和心率过缓。另外,在操作高功率设备的人员中会出现全身或部分身躯受严重辐射的情况。头部的辐照导致了大脑的损伤,如果没感觉到发热,症状也许晚一些表现出来,也许会发展为脑膜炎综合症或类似于那些有热冲击引起的症状。几位苏联大夫报告说,长期暴露于电磁辐射中的人,心血管系统的功能性损害表现为低血压、心率徐缓、心房和心室传导率延时、心电图波形平滑,人的淋巴细胞受到功率密度为 $1\text{mW}/\text{cm}^2$ 和 $7\text{mW}/\text{cm}^2$ 的 $10\text{mW}/\text{cm}^2$ 脉冲和连续波辐射后,产生染色体畸变。另外电磁辐射在金属体上的感应电压会产生灼伤的危害。

微波辐射对血液的作用 长期的微波辐射可引起血液内白细胞和红细胞的减少,并使血凝的时间缩短。

微波辐射对生物危害的另一特点是它的累积效应。一般一次低功率照射之后会受到某些不明显的伤害,经过几天可以恢复。如果恢复之前受到第二次伤害,伤害就将累积,这样累积之后就会形成明显的伤害。而长期从事微波工作,长期受到低功率照射,在停止微波工作一个月后才能恢复。但必须指出,只有低功率照射受损的人体机能才能恢复;功率很大,从事此项工作的时间又长,损害将会是永久的。

## 三、微波电磁场的防护

微波广泛应用于通信,日常生活和临床,给人们的生活带来很多方便,但微波辐射对人体健康也会产生不良影响,造成损害。作为微波设备总离不开部件、馈线和外壳。由于各种原因都会造成微波信号的泄漏,造成主传输通道能量减少和对环境的污染。对工作人员造成额外辐射,对身体造成危害。我国规定,微波设备出厂前,进行鉴定时规定,距设备 $5\text{cm}$ 处,外泄能量强度不得超过 $1\text{mW}/\text{cm}^2$ 。

对微波电磁场防护的标准分两类,一类是职业照射标准,一类是居用环境标准。职业照射标准是早期美国标准是根据斯开文(Schwan)提出的数据定为 $10\text{mW}/\text{cm}^2$ ,后来考虑到共振现象和热效应的吸收率。并在不同的频段规定不同限值,频率在 $300\text{M}\sim 1500\text{MHz}$ 时,为 $300\text{mW}/\text{cm}^2$ ,高于 $1500\text{MHz}$ 约为 $5\text{mW}/\text{cm}^2$ 。

世界上技术发达国家制定的保护居民环境的卫生标准,其阈值强度一般为职业辐射的 $1/3\sim 1/10$ ,美国规定在频率大于 $1500\text{MHz}$ 以后,职业辐射标准为 $5\text{mW}/\text{cm}^2$ ,但居民安全标准为 $0.5\text{mW}/\text{cm}^2$ 。

(山东枣庄学院实验中心 277160)