

医用外照射微波辐射器的 改进和临床应用

高蕴雅 缪毅强

(上海第二医科大学医用物理教研室, 上海, 200025)

钱鸿森

(南京吉瑞特微波电子有限公司, 江苏, 南京, 210013)

摘要 针对医用外照射微波辐射器临床应用存在的问题, 将同轴-波导转换中针形激励线改为略带锥形的阿基米德螺旋线, 从而使驻波系数等参数得到改善, 并减小了体积、重量与微波泄漏, 经临床使用, 疗效满意。

关键词 微波, 外照射辐射器, 阿基米德螺旋线天线, 气管炎, 支气管哮喘。

IMPROVEMENT AND CLINICAL APPLICATION OF MEDICAL EXTERNAL MICROWAVE RADIATOR

GAO Yun-Ya MIAO Yi-Qiang

(Department of Medical Physics, Shanghai Second Medical University, Shanghai 200025, China)

QIAN Hong-Sen

(Nanjing Great Microwave Electronics Laboratory, Nanjing, Jiangsu 210013, China)

Abstract In view of the problems in the clinical application of microwave external radiator, the needle-shaped waveguide excited radiator in the model of coaxial-waveguide transition was replaced by a tapered Archimedean spirals radiator. It improves the standing wave ratio, reduces the radiator's volume and weight and decreases the microwave leak. The result is satisfactory with clinical practices.

Key words microwave, external radiator, Archimedean spiral antenna, tracheitis, bronchial asthma.

引言

微波是近二十多年来得到迅速发展和应用的一门新技术, 微波的医用疗效在医学领域中已越来越被众多的医生和患者所接受, 微波技术渐已成为临床治疗的重要手段。由于微波临床治疗设备简单, 费用省, 安全有效, 并发症少, 故而有着广泛的发展前景, 然而在临床应用的实践中, 还有很多方面需要探索、研究和完善, 以满足复杂多样的人体疾患。

外照射微波辐射器被广泛应用于对慢性气管炎、关节炎、癣、外阴皮肤瘙痒等疾病的治疗, 经临床观察, 微波外照射治疗有确定和明显的疗效。微波是高频电磁波, 具有较强的穿透加热作用, 可以隔着衣裤进行照射治疗, 操作方便, 剂量容易得到控制。用

于人体后, 使小动脉和毛细血管扩张, 血液循环加快, 组织的供氧和营养供给加强, 由炎症引起的代谢废物、致痛和诱发炎症的化学介质亦迅速得到清除, 能减少局部刺激, 有利于消肿止痛。同时, 适度的热能使网状内皮系统功能加强, 抗体、补体增加, 大小吞噬作用加强, 从而加强机体的免疫功能, 有利于炎症的控制^[1]。它与药物治疗相比, 几乎无任何副作用。

我们对上海、江苏等各大医院微波临床应用作跟踪调查和研究, 据临床医生和病人反映, 微波照射治疗疗效虽然确切, 但开始照射时病人往往无感觉, 随着人体对微波吸收的增加, 被照射区温度会突然升高, 有时造成病人的不适感。尽管照射是在安全范围之内, 但给有些病人带来心理压力, 甚至恐惧感。

此外,目前各种微波辐射器产品虽均采用轻金属(精铝)制成,但重量都大于 331g,长时间使用会使支架弹簧不易固定位置,影响疗效,甚至增加微波泄漏,因而需进一步减小辐射器体积和重量。另外,少量辐射器也存在辐照均匀度需进一步提高的问题。

1 外照射微波辐射器的分析与改进

医用微波辐射器是微波治疗设备中的关键部位,它实质上是一个特殊的微波天线。

目前大多数外照射微波辐射器是用磁控管作为微波源,经过同轴电缆传输,再通过同轴-波导转换,将传输线上的导行波转换成定向辐射,将微波能量有效地辐照到病灶组织上,而微波辐射器与被治疗组织之间的阻抗匹配是微波治疗技术中关键问题之一^[2]。辐射器实质上是一个同轴-波导转换器,同轴线的等效阻抗为 50Ω ,为便于分析,假定辐射器到被治疗组织之间是一个无耗传输线,并认为这传输线特征阻抗是自由空间波阻抗(377Ω)。当工作波长一定时,照射距离以及负载的变化都相当于负载阻抗的变化。批量生产的微波辐射器的几何尺寸是确定的,因此,要使 50Ω 同轴线面对各种负载状况并与之相匹配,在技术上有一定难度。如果在辐射器上增加一个无耗匹配网络,并不时进行调整,将会给临床应用带来不便。最佳方案是设计一个宽带高效辐射器。在一个较大的范围内与人体病灶之间有良好的匹配。从理论上分析,天线周围的电磁场分布,与天线使用的工作频率与宽带天线的几何尺寸、形状,以及天线上的场源分布等因素有密切关系,这样,由于天线的几何形状和尺寸不同,天线的辐射性能将有差别。医用微波治疗仪的微波源采用磁控管,其工作频率为 2450MHz,已确定,不能改变,病灶的多变性亦无法选择和设定。于是我们对医用微波辐射器的几何尺寸和同轴激励线在波导上的位置和激励线长短粗细作了许多改动(即改变图 1 中 a, b, c, d, e 的几何尺寸^[3])。由于限制条件太多,我们经过多次改动,均无法满意地修正原有的缺点。

笔者曾参与内腔式微波辐射器的改进工作,当

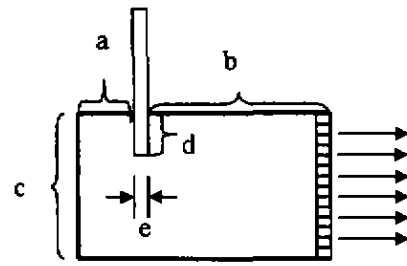


图 1 原辐射器结构示意图

Fig1 The structure sketch diagram of the old radiator

用圆柱形螺旋天线代替单极子天线时收到良好的效果^[4]。理论上讲,圆柱形螺旋天线是一种有较宽频带的圆极化天线,是一种周期性慢波结构,可使与螺旋轴线相垂直的平面内,在各方面上有最强的辐射^[5]。

受到这个启发,我们放弃原有模式,将同轴-波导转换中针形激励线改为阿基米德螺旋线并略带圆锥形的方式。从理论上讲,阿基米德螺旋线所构成的螺旋天线,在一定频率范围内,可近似地认为具有非频变天线的特性^[6]。经过数十次试验,收到满意效果,试制成 II 型外照射微波辐射器(见图 2(b))。已有数十家医院在临床使用,收到满意的效果。

我们用 XB-7 型微波信号发生器,经 SHK-J 型可变衰减器,再接 TC8D 测量线,用 XF-01 型选频放大器和 PX-12 型同轴直读式频率计作检测^[7],测得驻波系数 ρ 如表 1 所示。而原有的微波辐射器在 2450MHz 频率时, ρ 约在 1.6~2.1 之间。因此改善了匹配状态,也提高了辐射的效率。对不同患者不同病灶均能较好地定向辐射微波能量,均匀产生微热。

I 型的重量和体积均趋小型化(见图 2),重量由原先的 331g 降为 160g,降低了 51.7%,高度由 10 cm 减少到 3.3 cm,临床使用更为方便。

微波泄漏也有改进,用 RCQ-1A 型微波漏能测试仪测量^[7],原辐射器 5 cm 之内泄漏小于 $50\mu\text{W}/\text{cm}^2$,而 II 型微波辐射器在同样条件下,其泄漏降到 $38\mu\text{W}/\text{cm}^2$,减少微波泄漏 24%。

表 1 频率-驻波系数关系

Table 1 Relation of frequency-standing wave ratio

f(MHz)	2400	2410	2420	2430	2440	2450	2460	2470	2480	2490	2500
ρ	1.82	1.72	1.65	1.48	1.40	1.32	1.38	1.42	1.52	1.56	1.60

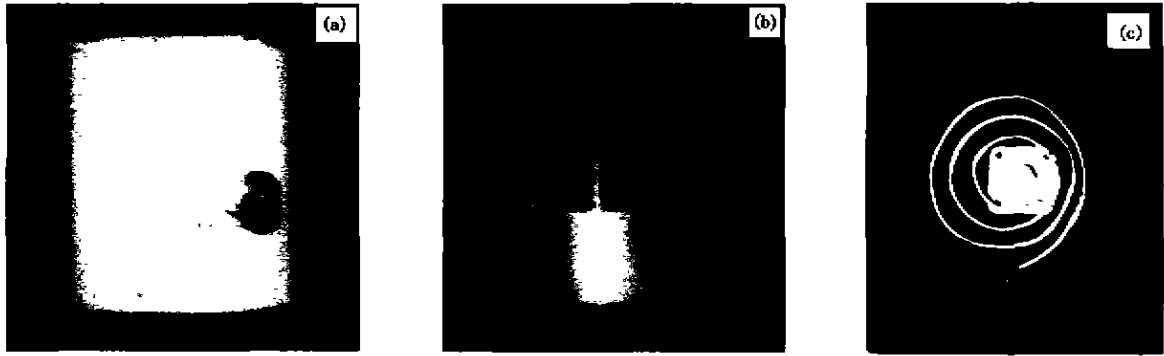


图2 I型和II型外照射微波辐射器照片
 (a) I型辐射器 (b) II型辐射器 (c) II型辐射器的阿基米德螺旋天线
 Fig. 2 Photos of model I and model II external microwave radiators
 (a) model I radiator (b) model II radiator
 (c) Archimedian spiral antenna of model I radiator

2 临床效果

改进后的II型微波辐射器经无锡东峰人民医院临床使用,治疗慢性气管炎及支气管哮喘50例,治疗体癣和外阴皮肤瘙痒75例.疗效如下.

2.1 治疗慢性气管炎(20例)

20例病例均为被内科医生确诊为慢性气管炎的患者,经常规治疗效果不佳,现改为结合微波治疗.

用BEST-II型微机控制多功能微波治疗仪,采用I型微波辐射器局部照射,工作电流20~40 mA,照射部位分别选择天突、气管、支气管,时间为10 min,每天1次,7天为一个疗程.

治疗结果:

经过一个疗程治疗后,咳嗽完全消失为11例,咳嗽明显好转为6例,咳嗽略有好转为3例.

2.2 治疗支气管哮喘(10例)

患者均经内科医生确诊,病程10年以上,多方治疗,效果不佳,转为微波治疗.

使用的仪器同上.采用II型微波辐射器外照射,工作电流20~40 mA,部位选择天突、气管、支气管、定喘和肾上腺,时间各为10 min,每日1次,7天为一疗程,连续治疗两个疗程(14天).

治疗结果:

咳嗽气喘完全消失2例,咳嗽气喘明显好转5例,气喘明显减轻10例.

2.3 治疗体癣和外阴皮肤瘙痒(75例)

治疗癣症50例,使用BEST-II型微波治疗仪,采用I型微波辐射器,对病灶局部照射,工作电流30 mA,在一个疗程(7天)内全部治愈.治疗外阴皮

肤瘙痒25例,使用同样的仪器和方法,治疗一个疗程(7天),全部患者瘙痒消失.

从以上临床病例看,II型微波辐射器的疗效显著,病人无痛苦,具有推广意义.

3 讨论

(1) 医用微波辐射器实质上是一个特殊的医用微波天线.应具有将传输线上的导行波转换为自由空间电磁波的功能,并能适应不同负载(不同患者的不同病灶),将辐射能量集中形成定向辐射.与一般天线不同的是医用微波辐射器作用于近场区.而作为负载的不同患者不同病灶的电学性质千变万化(如介电常数、负载、等效阻抗均不同).天线理论主要研究对象是天线的内场与外场.内场指天线体上的电流(或磁场)分布,电压分布或电场、磁场分布;外场指空间产生的电磁场分布(主要研究远场区)^[8].求解天线问题是复杂的边值问题,精确地估算天线导体上的电流并根据电流分布计算空间辐射场会有很大的困难,设计医用辐射器,除了用传统天线理论作参考外,必须经过大量实验室的试制、测试、比较、分析、筛选才能得到适应临床需要的辐射器.

(2) 由于医用微波辐射器的负载是人体的病灶,我们主张设计出不同的系列辐射器产品代替单一的、多用途的辐射器,这样可以提高疗效.我们也在向这个方向努力,希望不久能设计生产出系列辐射器,以满足临床的需要^[9].

(3) 为提高医用微波辐射器的疗效,在设计新型微波辐射器时,应非常谨慎地考虑到非热效应,及其对正常组织的影响和损伤^[10].

REFERENCES

- [1] JIANG Huai. *Healthy Influence and Biologic Effect with Microwave and High-Frequency*. Beijing: People's Healthy Press (姜槐. 微波、高频对健康的影响与生物效应. 北京: 人民卫生出版社), 1985
- [2] CHEN Shun-Sheng. *Antenna Theory*. Nanjing: Southeast University Press (陈顺生. 天线原理. 南京: 东南大学出版社), 1985, 237
- [3] NING Ping-Zhi, MIN De-Fen. *Microwave Information Communication Technology*. Shanghai: Shanghai Scientific and Technological Press (宁平治, 闵德芬. 微波信息传输技术. 上海: 上海科技出版社), 1985, 180
- [4] ZHANG Jue-Xian, MIAO Yi-Qiang, GAO Yun-Ya. Progress and research of medical microwave radiator, *Medical Physics* (张觉先, 缪毅强, 高蕴雅. 医用微波辐射器的进展和研究, 医学物理), 1992, 9(1): 5
- [5] ZHANG De-Qi. *Basic of Microwave Antenna*. Beijing: Beijing Industry College Press (张德齐. 微波天线基础. 北京: 北京工业学院出版社), 1985, 181
- [6] ZHANG De-Qi. *Basic of Microwave Antenna*. Beijing: Beijing Industry College Press (张德齐. 微波天线基础. 北京: 北京工业学院出版社), 1985, 184
- [7] TANG Shi-Xian. *Microwave Measurement*. Beijing: National Industry Press (汤世贤. 微波测量. 北京: 国防工业出版社), 1981
- [8] QIAN Hong-Sen. *Microwave Heating Technology*. Harbin: Heilongjiang Scientific and Technological Press (钱鸿森. 微波加热技术. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社), 1985, 163
- [9] MIAO Yi-Qiang, GAO Yun-Ya, ZHANG Jue-Xian. The development and clinical application of high-efficiency and new-type microwave internal cavity radiator, *Chinese Journal of Medical Physics* (缪毅强, 高蕴雅, 张觉先. 高效新型微波体内辐射器的研制及临床应用. 中国医学物理杂志), 2000, 17(4): 229
- [10] WANG Bao-Yi. The research of non-thermal biologic effect of cell with low-energy microwave radiation, *Chinese Journal of Medical Physics* (王保义. 低强度微波辐射对人体细胞非热生物效应的研究. 中国医学物理杂志), 1995, 12(1): 13