

声的防护提供新的思路,即可以先予声压级较弱的次声作用一段时间,促使机体的适应机制产生,这方面国外学者在高频噪声防护中已进行了有益的探索^[13]。

参 考 文 献

- 1 叶琳,龚书明,黄晓峰,等. 次声作用对大鼠大脑皮层超微结构的影响. 第四军医大学学报, 2002, 23: 856-858.
- 2 魏智钧,李玲,陈景藻,等. 130 dB 次声对大鼠纹状体 NOS 阳性神经元及 ChAT 免疫阳性神经元表达的影响. 第四军医大学学报, 2003, 24: 289-292.
- 3 Manuel-Apolinar L, Meneses A. 8-OH-DPAT facilitated memory consolidation and increased hippocampal and cortical cAMP production. Behav Brain Res, 2004, 148: 179-184.
- 4 Barbas D, DesGroseillers L, Castellucci VF, et al. Multiple serotonergic mechanisms contributing to sensitization in aplysia: evidence of diverse serotonin receptor subtypes. Learn Mem, 2003, 10: 373-386.
- 5 Kline AE, Yu J, Horvath E, et al. The selective 5-HT(1A) receptor agonist repinotan HCl attenuates histopathology and spatial learning deficits following traumatic brain injury in rats. Neuroscience, 2001, 106: 547-555.
- 6 张朝佑,主编. 人体解剖学. 第 2 版. 北京:人民卫生出版社,1998. 1294-1298.
- 7 Becker JT, Walker JA, Olton DS. Neuroanatomical base of special memory. Brain Res, 1980, 200: 307-320.
- 8 Miller EK, Li L, Desimone R. A neural mechanism of working and recognition memory in inferior temporal cortex. Science, 1991, 254: 1377-1379.
- 9 刘卫,陈景藻,李玲,等. 次声对兔脑电活动的影响. 中华物理医学与康复杂志, 2002, 24: 269-271.
- 10 谭永霞,李玲,陈景藻. 次声对大鼠学习记忆行为及海马和颞叶皮层 5-HT、5-HTR 的影响. 中国行为医学科学, 2004, 13: 17-19.
- 11 谭永霞,李玲,陈景藻,等. 次声对大鼠海马超微结构的影响. 中国康复理论与实践, 2003, 9: 645-647.
- 12 魏亚宁,刘静,舒青,等. 次声对小鼠卵巢细胞超微结构的影响. 第四军医大学学报, 2003, 24: 293-295.
- 13 Ger P. Acquired resistance to acoustic trauma by stand condition is primarily mediated by changes resisted to the cochlea, not by systemic response. Hear Res, 1999, 74: 31-40.

(修回日期:2004-08-18)

(本文编辑:熊芝兰)

· 研究简报 ·

微波天线阵列在骨肿瘤组织中产生电磁场分布的模拟与调控

席晓莉 汪文秉

目前临床上已广泛应用同轴探头及其阵列治疗骨肿瘤并取得了良好疗效^[1]。从对单天线在骨肿瘤组织中产生电磁场分布的模拟研究中发现,由单天线产生的电磁场能量往往分布于有限区域内,故只能实现对小范围肿瘤组织的治疗,当肿瘤体积较大时,则需要采用由多天线组成的天线阵列,从而实现电磁场能量在大范围肿瘤组织内的较均匀分布^[2]。本研究将针对特定的骨肿瘤模型,分析天线间距及激励相位对天线阵列在骨肿瘤组织中产生电磁场能量分布的影响。

材料与方法

本研究所用的骨肿瘤模型为长 100 mm 的分层柱状骨组织,外层为骨皮质,其内、外半径分别为 20 mm 及 25 mm,中间为长 70 mm 的肿瘤组织,其它部分为正常的松质骨组织,详见图 1。在频率为 2.45 GHz 的电磁场作用下,不同组织的相对磁导率均为 1,相对介电常数及电导率如下:骨皮质为 11 和 0.4 S/m^[3],松质骨为 18.5 和 0.8 S/m^[3],肿瘤组织为 49 和 2.2 S/m^[4]。微波插入探头由耐高温的 SFF-50-5 型聚四氟乙烯同轴电缆剥去外导体及绝缘护套后制成,电缆具体尺寸及

参数如下:内、外导体直径分别为 1.48 mm 及 4.6 mm,电缆外径 6.4 mm,内、外导体间及电缆护套绝缘材料的相对介电常数为 2.2。

根据文献^[2]关于单同轴探头在骨肿瘤组织中电磁场能量分布的研究结果及本研究中的实际模型,选择由插入深度(外导体割断部位在组织中的深度)为 7 mm(此插入深度时的轴向场强分布范围较大)、天线长度(内导体外沿长度)为 35 mm 的 3 个同轴探头组成的探头阵列进行研究,分析不同天线间距及激励相位对肿瘤组织中电磁场能量分布的影响。

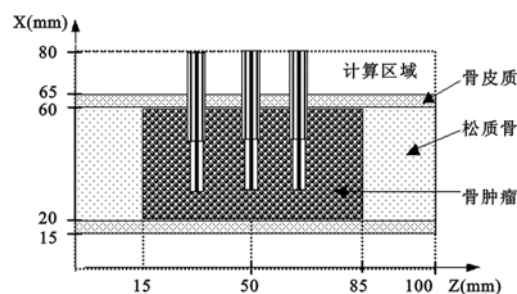


图 1 多天线阵列计算模型(Y=35 mm 的 XZ 截面)

电磁场的数值模拟研究采用时域有限差分法(FDTD)^[5],计算区域为 80 mm×70 mm×100 mm,空间步长为 1 mm,在结构较细微的探头区域采用亚网格技术,亚网格区域内的空间步

基金项目:陕西省教育厅 2003 年科研计划项目(No. 03JK086)

作者单位:710049 西安,西安理工大学(席晓莉);西安交通大学电信学院微波所(汪文秉)

长为 $1/3$ mm, 边界采用二阶 Mur 吸收边界, 计算步长为 2 000 步。3 天线均由 2.45 GHz 的正弦电压激励, 并设置天线激励功率为 1 W。

结 果

首先分析在天线间距为 17.5 mm (相当于微波在肿瘤组织中的 1 个波长的长度) 的条件下, 天线激励相位对电磁场能量分布的影响。当两侧天线的电压激励相位为 0, 中间天线电压激励相位分别为 0 度、180 度及 90 度的情况下, 模拟得到肿瘤组织中的电磁场模分布分别见图 2~4, 其中 XZ 面为 $Y = 35$ mm 的截面, YZ 面为 $X = 30$ mm 的截面。当调整天线间距为 22 mm 或 25 mm, 3 天线同相激励情况下, 模拟得到肿瘤组织中的电磁场模分布见图 5~6。

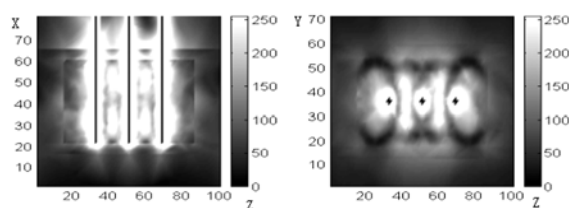


图 2 天线间距为 17.5 mm, 3 天线同相激励下, 电磁场模沿 $Y = 35$ mm 截面及 $X = 30$ mm 截面分布的数值模拟结果

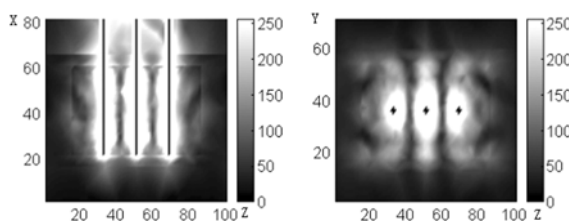


图 3 天线间距为 17.5 mm, 两侧天线激励相位为 0, 中间天线激励相位为 180 度条件下, 电磁场模沿 $Y = 35$ mm 截面及 $X = 30$ mm 截面分布的数值模拟结果

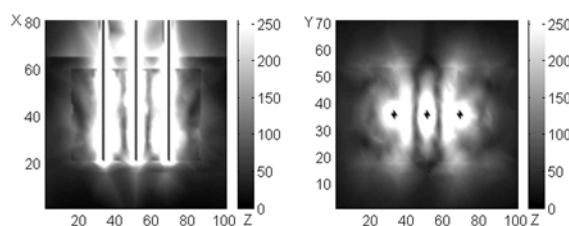


图 4 天线间距为 17.5 mm, 两侧天线激励相位为 0, 中间天线激励相位为 90 度条件下, 电磁场模沿 $Y = 35$ mm 截面及 $X = 30$ mm 截面分布的数值模拟结果

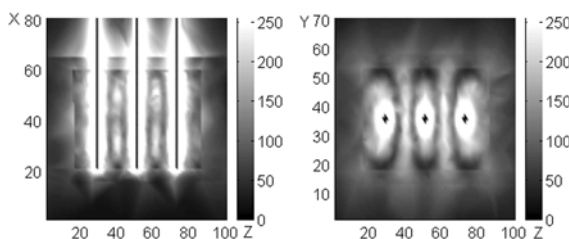


图 5 天线间距为 22 mm, 3 天线同相激励条件下, 电磁场模沿 $Y = 35$ mm 截面及 $X = 30$ mm 截面分布的数值模拟结果

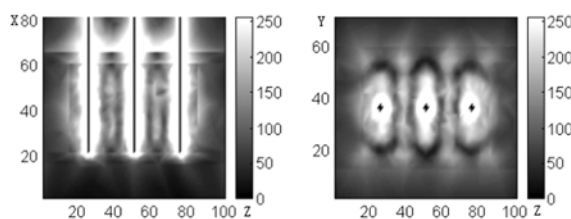


图 6 天线间距为 25 mm, 3 天线同相激励条件下, 电磁场模沿 $Y = 35$ mm 截面及 $X = 30$ mm 截面分布的数值模拟结果

讨 论

以上各参数电磁场数值模拟结果显示, 肿瘤模型中的电磁场能量分布随各天线激励相位的不同而不同, 当 3 天线同相激励时 (图 2), 在 XZ 截面上, 沿 Z 轴能量分布较均匀, 但在 YZ 截面上, 治疗区域的 4 个角落均出现了明显的弱场区; 当中间天线激励相位为 180 度时, 则与同相激励情况相反, 即 2 天线间场强较弱, 而 YZ 截面 4 个角落的电磁场分布有所改善; 当中间天线激励相位为 90 度时, 2 天线间的强场区域偏向两侧天线, 天线阵列在 YZ 截面的弱场区则移到了中间天线的顶端。进一步研究还发现, 当天线间距在其它不同条件下, 激励相位对电磁场能量分布的影响与上述规律基本相同。调整天线间距可改变天线阵列在组织中产生的电磁场分布, 不同间距的天线阵列, 其场强沿天线轴向分布较均匀, 而在 2 天线中间及天线径向末端均存在弱场区域; 当天线间距增加至 25 mm 时, 2 天线间电磁场能量分布较弱, 但能量分布相对均匀。因此临床治疗中可通过调整天线激励相位及天线间距来改变组织中的电磁场能量分布, 以满足临床实际治疗的需要。

从上述模拟结果还可以看出, 通过调整天线阵列参数, 很难实现电磁场能量在较大体积肿瘤组织中的均匀分布。事实上在微波治疗肿瘤过程中, 完全均匀的电磁场分布也是不必要的, 临床实际上最关心的是肿瘤组织中的温度场分布, 由于肿瘤组织本身具有热传导功能, 可使由微波天线阵列引起的温度场最终趋于一致, 实现较均匀的加热效果。因此以后的研究应以微波天线所致电磁场能量分布为基础, 观察组织中的温度场分布, 并以温度场分布为控制目标, 设计天线阵列。

参 考 文 献

- 1 Fan QY, Ma BA, Zhou Y. Bone tumors of the extremities or pelvis treated by microwave-induced hyperthermia. Clin Orthop Relat Res, 2003, 406:165-175.
- 2 席晓莉, 汪文秉. 对探针式同轴探头在骨肿瘤微波热疗中电磁场分布的数值模拟分析. 中华物理医学与康复杂志, 2004, 26:5-8.
- 3 Gabriel S, Lau RW, Gabriel C. The dielectric properties of biological tissues, parametric models for the dielectric spectrum of tissues. Phys Med Biol, 1996, 41:2271-2293.
- 4 李锦熙, 牛中奇, 著. 生物电磁学概论. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1990. 70-76.
- 5 金建铭, 著. 电磁场有限元方法. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1998. 96-103.

(收稿日期: 2003-12-28)

(本文编辑: 易 浩)