

高强度相控聚焦超声肿瘤热疗仪研究和实现

鲍苏苏 王鸿樟 (上海交通大学·200030)

长期以来人们一直在为攻克癌症作不懈的努力,超声肿瘤热疗作为肿瘤热疗的一种手段,从70年代才开始发展起来。相当长的一段时期内,超声热疗主要以温热疗法为主,温热疗法要求把肿瘤的温度加热在42~45℃范围内,而相应的体内测温技术还未成熟,因此超声温热疗法一直进展缓慢。直到80年代末90年代初,高强度聚焦超声(high intensity focused ultrasound HIFU)的兴起,才再次引起了人们对超声热疗的关注。HIFU除了具有超声加热对人体无附加损害、穿透力强、对脂肪组织不选择加温等优点外,它对测温的要求也不高,而且是一次性治疗,因此,HIFU把超声热疗的研究推向了一个新的高潮。

国内在超声温热疗法方面已做了大量研究工作,但在HIFU的研究方面,还是一个空白。尽管医学界对HIFU十分关注,但由于没有可供试验的超声热疗仪,使得此项研究一直未能开展起来。围绕着上述国内目前超声热疗急待解决的问题,我们研究和了解了国内外超声热疗的历史和现况,首次提出了高强度相控聚焦超声肿瘤热疗(high intensity phased focused ultrasound HIPFU)方法,并从肿瘤热疗的机理出发,结合计算机技术和电子技术,精心设计和研制出了我国首台试验用HIPFU热疗仪,并与上海肝癌研究所合作进行了离体试验和初步的动物试验。

我们系统研究和分析了相控精度问题,首次提出了高强度相控聚焦超声提高相控精度的必要性,并用模拟和数字电路相结合的技术首次在超声相控中实现了高精度的计算机相位控制。其相控精度比国外同类相控机精度提高一个数量级。研究和实现的超声热疗仪主要性能如下:

(1)热疗仪能在较宽的频率范围内(200kHz~2MHz)工作,以便比较各种频率的治疗效果;(2)由于采用VMOS推挽功放,故能方便地扩大每阵元的电功率输出能力(现定每阵元件250W);(3)为了满足对各种超声换能器加热阵的研究,热疗仪能灵活方便地增加或减少发射换能器驱动电路的数目。

本热疗仪实现了全计算机控制,如:(1)相位控制;(2)功率控制;(3)发射时间控制;(4)发射方式(脉冲发射方式和连续波发射方式)控制;(5)选择阵元发射和关闭的控制。

在以上这些控制电路的实现中,首次设计并研制出的电路有:(1)宽频范围计算机高精度相控电路;(2)宽频范围开槽脉冲自提取防同时导通电路;(3)计算机控制时基集成电路实现脉宽调制。

对现有16元圆形活塞换能器球面阵进行了计算机声场模拟,实际声场测试和计算机声场模拟基本吻合。使用该阵对热疗仪性能进行的离体肝加热试验,结果表明本热疗仪的电性能已经达到了设计要求,10秒钟在离体肝内温度即可达到70℃,加热深度已达到肝内2cm。

诊断超声剂量对人胚绒毛细胞作用的实验研究

寿文德 江以萍 曾学军 钱德初(上海交大学生物医学工程研究所 · 200030)

韩金兰 严敬明 曹英 陆朱娣(上海医科大学上海市妇产科研究所 · 200011)

诊断超声对胚胎发育的影响问题是当今诊断超声安全性研究的核心问题之一。本文叙述了应用介入性超声传感器定量测定Aloka-650超声诊断仪在宫腔内的诊断超声剂量(P_+ , P_- , $I_{sp/p}$, $I_{sp/a}$, I_{spla} , I_m)在人体腹壁综合衰减量的基础上,对Aloka-650B超仪和HDI-9彩色多普勒超声诊断仪的3.5MHz凸阵的声输出量(声压与声强)进行声衰减处理,实现孕妇腹壁等效声衰减的模拟,获得5种不同的声强照射剂量(I_{spla} 分别为0.07, 0.19, 0.53, 2.2, 6.0mW/cm²)。对9例停经48~60天的孕妇的人胚绒毛细胞作体外照射15分钟,再培养20~22小时后,测定其孕酮(P)、雌二酮(E₂)和绒毛膜促性腺激素(β-HCG)的分泌量,获得了一系列有意义

声学技术

的结果。经与未经照射的同一胚胎的对照组作比较,发现即使是使用临床测定的黑白B超宫内声强 I_{pra} 值的 $1/2$ 以下的声强照射人胚绒毛细胞,也会引起上述三种激素分泌量的明显下降。下降量为对照组正常分泌量的 $1/2$ 以上。表明宫内B超照射的超声剂量,能抑制胚胎绒毛细胞的孕酮、雌二酮和绒毛膜促性腺激素的分泌,对绒毛细胞发育可能会产生一定的影响。由于每例受照射细胞与对照组细胞来自同一胚胎,故可避免个体差异的影响。本实验研究在提高人们对产科超声安全性的重要性的认识,和进一步开展此项研究有一定的参考价值。

彩色多普勒超声诊断室间隔缺损及测量肺、体循环量比值

杨 健* 邬亦贤 陶如琦 庄 莹 金玉华 (上海第二医科大学仁济医院心内科 · 200001)

彩色多普勒超声心动仪检测 46 例经手术证实的室间隔缺损(VSD)患者,将超声测得的 VSD 部位及大小与手术比较,并观察其中 24 例 VSD 大小对肺、体循环量比值(Q_p/Q_s)的影响。

研究对象为 1991 年 3 月~1994 年 10 月胸外科手术的 46 例 VSD 患者,年龄 15.6 ± 8.8 岁,均为左向右分流及窦性心律,不合并其它心脏畸形。使用 HP SONOS1500 型超声心动仪,探头频率 2.5MHz,患者取左侧卧位及平卧位,运用彩色多普勒血流显像技术(CDFI)观察穿隔彩色镶嵌分流束的部位并测量其最大宽度;取二维超声于胸骨旁左室长轴切面测量收缩期主动脉瓣环直径(AOD)、于主动脉根部短轴切面测量收缩期肺动脉瓣环直径(POD),运用多普勒频谱及机内软件分别在心尖五腔心、主动脉根部短轴切面测量主动脉瓣环水平的收缩期流速积分(SVI_s)、肺动脉瓣环水平的收缩期流速积分(SVI_p),则 $Q_p/Q_s = (\frac{P_oD}{A_oD})^2 \cdot \frac{SVI_p}{SVI_s}$ 。在手术直视下观察 VSD 部位并测量其大小,所得资料用非配对 t 检验,直线相关及回归分析处理。

结果:1. VSD 的定性、定位:术中发现嵴上型 14 例,嵴下型 19 例,隔瓣后型 11 例,多发性 VSD 2 例(1 例嵴下型合并肌部缺损,1 例隔瓣后两处小 VSD)。46 例经超声诊为 VSD 的患者,除 1 例多发性 VSD,超声漏诊该例隔瓣后一处 0.2cm 的小 VSD 外,其余均与手术相符,故 CDFI 定性诊断 VSD 准确性达 97.83%(45/46);43 例 CDFI 定位与手术相符,故 CDFI 定位准确性达 93.47%(43/46)。(2) VSD 的大小:CDFI 测值为 0.3~3.5cm,平均 0.77 ± 0.56 cm,手术测值 0.2~3.5cm,平均 0.81 ± 0.60 cm。CDFI 观察 47 处穿隔彩色分流束(包括 2 例多发性 VSD 的 3 处分流束)的最大宽度与手术测值呈高度正相关, $r=0.90, P<0.001$,回归方程式 $y=0.9617x+0.0735, P<0.001$ 。(3) Q_p/Q_s 的测量,对 24 例 VSD 计算其 Q_p/Q_s ,其中缺损 ≥ 1.0 cm 者 10 例,缺损 < 1.0 cm 者 14 例,两组年龄无显著差别,结果显示 Q_p/Q_s 值与 VSD 大小呈高度正相关, $r=0.91, P<0.001$,回归方程式 $y=0.7183x+1.0548, P<0.001$ 且缺损 ≥ 1.0 cm 者其 Q_p/Q_s 值显著高于缺损 < 1.0 cm 者, $P<0.001$ 。

讨论:本文显示 CDFI 定性诊断 VSD 准确性达 97.83%,定位准确性达 93.47%,VSD 大小的超声测值与手术测值呈高度正相关, $r=0.90$,表明 CDFI 在定性、定位诊断 VSD 及测量 VSD 大小上具有高度的可靠性。VSD 为立体结构,不同部位 VSD 有其特定的显示切面,且 VSD 常合并其它心脏畸形,多角度、多切面并结合脉冲或连续多普勒的仔细探查有助于减少误诊、漏诊从而提高定性、定位与测量的准确性。在计算 Q_p/Q_s 值时,我们体会管腔横截面积的测量误差是导致心腔体积血流量测量误差的主要原因,肺动脉的测量误差要大于主动脉。为减少误差,应使声束与血流夹角小于 20° ,让患者尽量左侧卧位,并辅以 CDFI 以充分显示肺动脉侧壁,在收缩期的瓣叶附着点水平测量瓣环直径及记录音调圆滑、轮廓清楚的血流频谱,并至少在 5 个心动周期中取其平均值。

* 福建省南平市第一医院进修医师,(353000)