

$$\frac{\frac{x}{\cos \theta} - x}{x} = \frac{1}{\cos \theta} - 1 = 0.5\%$$

补偿换能器间隔所导致的误差,最好的办法是采用浮点运算和三角函数运算,当然也可以用分段的办法来近似补偿,这里就不再详述

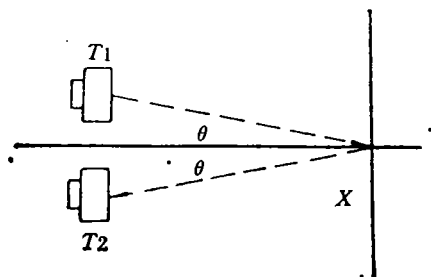


图2 换能器间隔引入的误差

了。

总的说来,影响精度的因素还有很多,不过其它因素的影响都较小,可以忽略掉。由于组成测量系统的各环节是串联的,所以采用了以上介绍的方法补偿后,可以将总的误差限制在 $\pm 1\%$ 以内,甚至可以达到 $\pm 0.5\%$,如果还想进一步提高,那就很困难了。

参 考 文 献

- [1] 同济大学声学教研室. 超声工业测量技术, 上海人民出版社, 1977.
- [2] Chande P.K., and Sharma P.C., *IEEE Transactions on Instrument and Measurement*, **33-2** (1984), 128—130.
- [3] 1976年全国超声检测技术交流会报告摘要, 科技文献出版社, 1978.

我国超声波疗法的新进展

周 万 松

肖 红 雨

(北京军区总医院理疗科 北京 100700) (解放军总医院医疗科 北京 100853)

1994年2月8日收到

本文通过对第二届全国超声治疗学术会议论文的综合介绍,展示了我国超声波治疗方面的近期实验研究工作:不同频率超声波的透入、低频超声对小分子通过半透膜的影响、超声波治疗实验性犬脑出血的疗效、颅骨对超声波的吸收率、超声波对组织硬结作用的动物实验、超声波对细菌的作用等。文章还报道了临床应用方面所取得的新进展。

Abstract

By summarizing papers presented in The Second National Conference on Ultrasonic Therapy, the paper demonstrates recent advances in China of ultrasonic therapy in laboratory studies: the penetrating effect of ultrasound of various frequencies, the effect of low frequency ultrasound on the passage of small molecules through the translucent membrane, the curative effect of ultrasound to experimental cerebral hemorrhage in dogs the ultrasonic absorptivity of cranial bone, the effect of ultrasound on tissue scleroma, the effect of ultrasound on bacteria and others. The paper also reports recent advances in clinical practices of ultrasonic therapy.

一、实 验 研 究

1. 不同频率超声波的透入实验

超声波药物透入法已成为超声波疗法的治疗方法之一,但究竟透入量如何,实验依据不足,缺乏足够的理论基础,为此,国内作者进行了这方面的实验研究。广西南宁三〇三医院崔

金先等报告,以 0.8 MHz 与 3.2 MHz 两种半率的超声波,经皮透入 ^{131}I 碘溶液,每个受试者右前臂接受 0.8 MHz,左前臂接受 3.2 MHz 的两种频率的超声波透入实验,两组实验的药液剂量以及超声波辐射功率和时间均相同,实验后即刻局部冲洗 15 秒钟,然后分别进行局部的与甲状腺区的脉冲计数测定,实验后 24 小时分别重复测定两臂实验区与颈部甲状腺区的脉冲计数,结果两组前臂的即刻的、冲洗 15 秒后和 24 小时的脉冲计数,三次测定结果均无显著性差异 ($P > 0.05$),而 24 小时后,甲状腺区脉冲计数均值明显高,即刻的甲状腺区脉冲计数,对比有非常显著性意义 ($P < 0.01$),提示 0.8 MHz 与 3.2 MHz 的两种频率超声波均可将 ^{131}I 碘透入机体,双侧一次透入率为 4.2%。但两种频率的超声波一次经皮透入 ^{131}I 碘的透入量差异不显著。上海第二军医大学长海医院杨红等报告低频超声波药物透入实验:采用放射免疫分析法测定,对频率为 30 kHz 与 800 kHz 的超声波导入放射性同位素 ^{131}I 碘的量及深度进行了比较。将 SD 大鼠随机分为 3 组,1 组用频率为 30 kHz,2 组用通常的 800 kHz 的超声波,3 组为对照组,使用功率为 1.5 W/cm^2 ,作用时间为 30 分钟。结果导入皮肤的 ^{131}I 碘量 30 kHz 与 800 kHz 超声与对照组比均有显著性差异 ($P < 0.01$),说明 2 种频率的超声波对 ^{131}I 碘导入量,比对照组明显增多,30 kHz 超声的 ^{131}I 碘导入量又多于 800 kHz ($P < 0.01$)。 ^{131}I 碘导入肌肉的量则 30 kHz 的超声经放射免疫法可以测到,而 800 kHz 超声与试管本底基本相同,说明 ^{131}I 碘没有到达肌肉层。这些结果说明,频率越低,被组织吸收越少,但穿透越深。频率 800 kHz 的超声波可以将 ^{131}I 碘透入皮肤,但不能直接导入到肌肉等深层组织,而频率为 30 kHz 的超声波作用较深透,导入药物量较多,因此用低频超声技术适于治疗深在病变。

2. 低频超声对小分子通过半透膜的实验研究

生物体内小分子物质有许多是通过简单扩散与易化扩散两种被动运动方式进行的,人工

频透膜能够模拟体内膜性结构的简单扩散,杨红等用小分子物质亚甲兰透过半透膜的实验,比较了低频超声与 800 kHz 超声对亚甲兰透过半透膜速度的影响。超声波作用 10、20、30、40、50、60 分钟时,在半透膜的另一侧取样,以分光光度计测试透过的量。结果表明超声具有加速亚甲兰透过半透膜的作用,但 30 kHz 超声加速亚甲兰透过半透膜作用强于 800 kHz 超声波,实验结果提示,可能低频超声对组织被动转动作用强于高频超声。组织吸收超声时在转变为热能的过程中,有一部分能量表现为加快组织中小分子的被动转动,低频超声组织吸收少,如对被动转动的加速作用强于高频超声,则组织对低频超声吸收的能量用于加速被动转动的比例高于高频超声,这一结论还有待于实验的进一步证实。

3. 超声波治疗实验性家犬脑出血的疗效观察

陕西省人民医院报告首先建立家犬脑出血模型。观察了超声治疗组与自然吸收组,在不同时间内血肿吸收的情况,并以 CT 检查与病理证实。超声治疗分为中、小剂量(声强为 0.5 W/cm^2 、 0.75 W/cm^2 、 1.0 W/cm^2 、 2.2 W/cm^2),每次治疗 15 分钟,10 次为一疗程,共作二疗程。结果为:CT 扫描分别在第 15 天和 30 天检查时,血肿的吸收率超声治疗组分别为 74.0% 和 93.3%,而对照组分别为 26.5% 与 62.2%,说明超声有促进脑内血肿的作用。经病理检查对照,超声组 4 例病灶周围有成片格子细胞,1 例有少许而 1 例无吞噬细胞,两组均处于吸收期,格子细胞超声治疗组多于对照组。病理与 CT 检查结果比较,CT 血肿消失,但病理上尚处于修复与初期,故真正的病理吸收需要更长时间,这对临床有一定意义,即 CT 扫描血肿虽然吸收,但仍要继续治疗一段时间,才能取得病理上的完全吸收。

4. 颅骨对超声波吸收率的研究

应用超声波治疗颅内血肿、脑血栓、脑栓塞及脑出血后遗症,已取得较好疗效,并且应用较多,颅骨为致密的骨组织,超声波的能量是否能

透过颅骨,以及透过率是多少,这是应用超声波治疗颅内疾病必须首先解决的问题,也是超声波治疗颅内疾病的理论依据,陕西省人民医院老年神经科与陕西省老年病研究中心临床部对此问题进行了研究。通过活体家犬、家兔作实验,直接测量通过家犬、家兔颅骨的超声波强度,将动物麻醉后,将示波器的接收声头置于颅骨内,治疗机的发射声头置于颅骨外,测量 0.5 W/cm^2 、 0.75 W/cm^2 、 1 W/cm^2 、 1.25 W/cm^2 、 1.5 W/cm^2 超声连续波、脉冲波,通过颅骨后的剂量,即颅骨的吸收率与治疗量率。测量结果:家犬颅骨吸收率脉冲波为 $74.3\text{—}77.3\%$,连续波 $71.0\text{—}77\%$,家兔颅骨吸收率,脉冲波为 $77.0\text{—}81.0\%$,连续波 $76.6\text{—}78.4\%$ ($0.5\text{ W/cm}^2\text{—}1.5\text{ W/cm}^2$)。家犬颅骨对超声波的平均吸收率脉冲波为 76.12% ,连续波为 75.8% ,家兔颅骨对超声波的平均吸收率脉冲波为 79.3% ,连续波为 77.8% 。两组动物比较,平均吸收率,脉冲波与连续波均无显著性差异($P > 0.05$)。实验结果说明,不同剂量的超声波通过动物颅骨后均有 $70\text{—}80\%$ 被吸收,但仍有 $20\text{—}30\%$ 穿过颅骨起到治疗作用。经显微镜及电镜观察,在上述剂量下均未见有脑细胞及显微结构的损害,因而是安全的。关于活体超声波穿透颅骨的实验,本实验尚属国内首次报道。

5. 超声波对组织硬结作用的动物实验

解放军第二五四医院理疗科报道:将12只家兔造成人工的组织硬结,分为3组,第1组超声波剂量为 1 W/cm^2 ,治疗时间5分钟,第2组超声波剂量为 1.5 W/cm^2 ,治疗时间10分钟,第3组超声波剂量为 1.75 W/cm^2 ,治疗时间15分钟。经15次超声波治疗后,治疗前硬结为 $1.5\text{—}2\text{ cm}^2$,治疗后第1组仍有 1 cm^2 的硬结,第2组与第3组硬结均消失,而对照组家兔的硬结无变化。病理检查结果证明:治疗组纤维组织横纹肌萎缩仅有轻度炎细胞反应,而对照组可见肉芽组织部分横纹肌萎缩,血管周围灶状炎细胞浸润伴有出血,纤维母细胞增生形成皮下结节,说明超声波有促进硬结组织的吸收作用。

6. 超声波对细菌作用的实验

解放军二五四医院理疗科应用超声波对金黄色葡萄状球菌,大肠埃希氏菌进行了抑菌实验,用连续超声波,声强为 0.75 W/cm^2 , 1 W/cm^2 , 1.75 W/cm^2 。分为3组,第一组5分钟;第二组10分钟;第三组15分钟。结果第一组金黄色葡萄状球菌与大肠埃希氏菌生长繁殖良好,与对照组没有区别;第二组 0.75 W/cm^2 细菌生长与对照组相同, 1 W/cm^2 与 1.75 W/cm^2 超声幅照后上述细菌受到抑制;第三组两种细菌均受到抑制,实验说明:超声波小剂量未发现对细菌的抑制作用,大剂量经1次幅照即有抑菌作用,而超声波对大肠埃希氏菌的抑制作用较金黄色葡萄状球菌更为敏感,本实验结果为临床治疗急性感染性炎症有一定意义。

在超声实验研究中,声功率的测量亦是一项关键性的技术,因为准确与否,影响研究结果,超声功率计是检测超声头辐射强度的良好方法。

二、临床应用

1. 外科疾病

近年来,除对软组织扭挫伤、外伤性血肿、注射后硬结,用超声波治疗取得较好疗效外,对某些外科疾病的超声波疗法取得新的进展,如超声波对粘连及疤痕的治疗,取得较明显的效果。上海长海医院杨红等应用低频超声治疗粘连性疾病64例,有效62例,有效率 96.88% ,其中显效32例,显效率 50% 。杜红宁(成都军区总医院)等报告,应用超声波治疗疤痕16例,有效15例,其中显效5例。乌鲁木齐第23医院刘有林报告,超声波治疗疤痕及结缔组织增生203例,经过超声波治疗后,一般情况改善疼痛或压痛消失,疤痕颜色基本同皮肤,局部无硬结属于治愈者130例,疤痕颜色接近皮肤、疤痕明显缩小、结节变软属于显效者40例,好转20例,无明显变化者13例。认为超声治疗疤痕或结缔组织增生是一种有效的治疗方法。在以往应用单纯超声波疗法或超声中频电疗法治疗软组

织损伤血肿的基础上,焦作市第二人民医院王冬珍应用超声波碘化钾透入治疗急性软组织损伤血肿 50 例,收到良好效果,有效率 100%,而且是全部治愈,80% 的痊愈是治疗 5 次以内。内蒙古医学院附属医院雷彩虹、上海长海医院高波等报告超声波治疗外伤性血肿或血肿机化均收到了明显效果。对超声波治疗外伤性血肿的作用机理进行了探讨,认为超声波的热作用可以使局部血液循环变好,代谢增高,降低末梢神经兴奋性起到止痛作用;机械作用可以提高细胞的通透性,有利用血肿的消散与吸收。对于已处于机化硬结或发生粘连者,超声波有促进软化、吸收、松解粘连的作用。

吉林市医院理疗科报告,应用超声波配合推拿治疗股内收肌综合症 71 例,治愈率 66%,而对照组 49 例,治愈率 43%,两组治疗结果有显著性差异 ($P < 0.05$),说明超声推拿的治愈率明显高于对照组。

内蒙古医学院第一附属医院理疗科报告,超声波治疗网球肘 79 例,有效率 96%,其中治愈显效率 76%,并与小光浴治疗与超短波治疗组比较,超声波治疗效果明显优于超短波治疗与小光浴治疗组;超短波治疗组 75 例,有效率 80%,其中治愈及显效率 41.3%;小光浴治疗组 75 例,治愈及显效率 46.6%。超声波治疗组的疗效分别与超短波治疗组及小光浴治疗组进行统计学处理,其差异均有显著性 ($P < 0.01$)。

朝阳市第二医院报告,应用超声波治疗肩袖回旋肌肌腱炎收到较好效果,症状的改善明显优于对照组。

超声波透药疗法治疗前列腺炎,引起了注意,朝阳市第二医院理疗科丁瑞芝报告,应用超声波中药透入治疗前列腺炎 121 例,收到较好效果,有效 117 例,有效率 97%,其中痊愈 46 例,占 38.1%,显效 34 例,占 36%,痊愈及显效率 74.1%。福建省泉州市永春中医院林呈钱报告,应用超声波中药透入法治疗慢性前列腺炎 48 例,亦收到了较好效果。

辽宁省阜新县中医院张福东等报告,超声
应用声学

波治疗肾结石 60 例,收到了较好效果,有效率 100%,其中结石排出体外,腰痛消失属于痊愈者 20 例,占 33%,显效 26 例,占 43%,治愈及显效率占 76%,在进行超声波治疗的同时,口服中药,有利于增强治疗效果。

本溪市卫生学校附属医院崔维军报告,超声波,超声波呋喃西林透入治疗静脉炎 52 例,收到了较好效果,为了加强治疗作用,并进行超短波电疗法。

内蒙古医学院附属医院雷彩虹等报告,应用超声波疗法治疗腰椎间盘突出症 50 例,有效 46 例,有效率 92%,其中痊愈 17 例,占 34%,显效 22 例占 44%,如同时应用超短波电疗法与电动按摩疗法,则其痊愈及显效率高于单纯超声波疗法。应用超声波治疗的同时应用超短波及电动按摩疗法治疗的腰椎间盘突出症 50 例,痊愈 33 例,痊愈率 66%,显效 15 例,占 30%,痊愈及显效率 96%。

超声波治疗急性乳腺炎、注射后硬结、骨质增生性疾病、肩关节周围炎、腱鞘炎等已有报告,本文不再赘述。

2. 内科疾病

山东省威海市疗养院李尚艾报告,超声波治疗坐骨神经痛 46 例,收到了较好效果,并应用水疗、按摩治疗组 40 例对比观察。发现对照组的自觉疼痛、神经干压痛、直腿抬高试验转阴有效率分别为 71%、70.06%、69.5%,低于超声波疗法的 89.2%、92.8%、85%。另一作者报告:超声波疗法治疗坐骨神经痛 50 例,有效 48 例,有效率 96%,其中痊愈 35 例,占 70%。

北京军区总医院报告超声中药透入治疗肾性血尿 15 例,有效 14 例,其中痊愈 5 例,显效好转 6 例。

河南省新乡市中心医院张文秀等报告:超声波治疗慢性胃炎 30 例,有效 27 例,有效率 90%,其中症状、体征消失,饮食正常属于基本治愈者 12 例,占 40%。

鞍山市汤岗子理疗医院王春艳等报告,应用超声波治疗类风湿性关节炎 30 例,全部都有效,有效率 100%,其中痊愈 6 例,基愈 15 例,

在超声波治疗的同时,在局部涂抹威灵仙等中药,并与单纯超声波治疗组,远红外线加中药治疗组对照,三组显效率分别为:超声波加中药透入为70%,单纯超声治疗组为50%,红外线照射加中药治疗组为36.6%,经统计学处理,超声波加中药透入的显效率优于后2组($P < 0.01$)。其他多位作者报告超声波治疗脑血管疾病后遗症、冠心病、神经性头痛、肋间神经痛等已有报告,故省略。

3. 其他科疾病

上海长海医院郎海涛等报告,超声波与短波治疗输卵管炎性不孕收到一定效果,原发性不孕36例,经治疗后有13例怀孕;继发性不孕8例,经治疗后1例怀孕;44例中30岁以下者14例,妊娠率57.12%,30岁以上30例,妊娠率为20%。广州珠江医院王淑英报告,应用超声中频碘透入治疗输卵管堵塞86例,收到了良好效果,86例因不孕,妇科用输卵管通畅实验检查不通而进行理疗,经过中频超声碘透入后,有效78例,有效率90.7%,其中输卵管通液,压力正常属于痊愈者50例,占58%,宫腔内注射液体10ml以上,无漏液但稍有阻力与胀痛减轻属于显效者18例,占20.9%,一般治疗数次后可见效,两个疗程左右已有显效或痊愈。临床观察证明,在治疗输卵管堵塞时,将超声(中频)碘透入作为治疗输卵管堵塞不孕症,是一种有效的措施。

河北邢台地区眼科医院周秀红报告:应用超声波治疗前房积血52例,根据前房积血的多少分为三级,积血少于1/3前房者为I级,19例,前房积血完全吸收天数2—12天。积血1/3—1/2前房者为II级,25例,积血完全吸收天数3—15天,多于1/2前房者为III级,8例,完全吸收天数2—6天。作者认为超声波的应用为眼科前房积血提供了一种良好的治疗方法。

此次会议中,首次报道将超声波应用于美容,此系一种创举,广西桂林一八一医院报告,超声在软化血栓、消除“红脸”,消除暗疮及愈后瘢痕、消除皮肤色素异常、防皱、改善肤质、减缓皮肤衰老、消除睑袋与黑眼圈、软坚去脂、皮肤硬疮等方面,有着良好的效果。齐齐哈尔市商业职工医院张文琦报告,应用超声波美容器透入复方维甲酸油治疗痤疮55例,有效54例,有效率98.2%,其中治愈54例,占81.8%,显效8例,占14.5%,治愈及显效率达96.3%,收到了明显效果。北京军区总医院理疗科应用超声波进行医学美容,也取得较明显的效果,应用脉冲超声,超声频率为3.2 MHz,用于去皱、去痤疮、消除睑袋、软化疤痕等均收到了较明显的效果,尤其在消除明显影响美容的面部痤疮的效果更较明显。初步看来,将超声波应用于美容,将有着良好的前景,关于超声美容应用时间尚不久,有必要进一步探索。

数字音响系统(三)

沈 嵘

(中国科学院声学研究所 北京 100080)

1994年2月23日收到

从DAT到DCC,家用音响系统的数字化在技术和经济上有了突破。在数字录音放音系统的发展过程中,DCC的出现解决了高质量和低成本之间的矛盾,因此必将取代目前广泛流行的盒式磁带录音机。DCC的最大特点是与现有模拟盒式磁带的兼容性,即DCC录音机上既可以放DCC带也可以放模拟盒式磁带,并且在国际范围内达成了禁止复制的连续转录管理系统,解决了多次复制涉及的音乐软件版权问题。