

- 1169-1172.
- [28] Ditunno J, Flander A, Kirshblum SC, et al. Predicting outcome in traumatic spinal cord injury. In: Kirshblum SC, Campagnolo D, DeLisa JE, eds. Spinal cord medicine. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2002; 108-122.
- [29] Ramon S, et al. Clinic and magnetic resonance imaging correlation in acute spinal cord injury. Spinal Cord, 1997, 35: 664-573.
- [30] Marciello M, Flanders AE, Herbison GJ, et al. Magnetic resonance imaging related to neurologic outcome in cervical spinal cord injury. Arch Phys Med Rehabil, 1993, 74: 940-946.
- [31] Flanders AE, Spettell CM, Friedman DP, et al. The relationship between the functional abilities of patients with cervical spinal cord injury and the severity of damage revealed by MR imaging. AINR, 1999, 20: 926-934.
- [32] Curt A, Dicta V. Traumatic cervical spinal cord injury. Relation between somatosensory evoked potentials, neurologic deficit, and hand function. Arch Phys Med Rehabil, 1996, 77: 48-53.

(修回日期: 2007-02-15)

(本文编辑: 松 明)

## · 研究简报 ·

### 治疗用次声发生装置的声场特征研究

范建中 鲍勇 易南 刘静 陈景藻

迄今为止,国内外绝大多数关于次声的研究均集中在次声对生物体的损害及其防护方面,其研究方法一般是将整个生物体置于次声环境中以观察其生物学效应<sup>[1]</sup>;或者利用次声发生装置研究次声在特定场合的声场分布特征<sup>[2]</sup>。而将次声发生装置小型化并用于临床治疗,国内尚鲜见相关的仪器和临床研究报道。

次声波在疾病诊疗方面的巨大开发潜力已日益受到国外学者的重视,并已有这方面的尝试和实践,如已有机构研发出可用于临床治疗的多用途次声治疗仪。本文拟对国外已用于临床治疗的 Infrasonic 8™ 次声治疗仪的物理参数测试结果报道如下。

#### 材料和方法

##### 一、次声信号发生源

美国 Chi 公司的 Infrasonic 8™ 次声治疗仪作为次声信号源发生装置,该仪器主要由次声声头和主机两部分组成。主机面板上的输出强度键分 1, 2, 3 三种次声频率及强度组合;持续时间键:有三个按钮,分别代表 10 min, 20 min 和持续次声输出。

##### 二、次声信号采集分析系统

采用第四军医大学等单位研制的“便携式野外低频信号实时测试智能分析系统”<sup>[3]</sup>,该系统的声场强度:65 ~ 130 dB;采样频率:1 ~ 20 Hz;采样速率(bit):采用 EPP 口最大 100 K,不丢失数据,标准口为 40 K;通道数:最多 4 路并行采集、分析、显示;传声器转动范围:180° × 360° 范围内无级转动;数据精度:±0.1% FS;最大可工作时间:3.5 h(笔记本电脑)或 6 h(后备电源供电);工作温度范围:0 ~ 50℃;湿度范围:0 ~ 95%。分析系统只对声场强度居前 6 位的频率或声波信号进行分析。

##### 三、测试设计

测试时,将次声信号采集分析系统的传感器探头对准次声治疗仪的声头中央,传感器探头与声头之间的测试距离 < 1 cm;采样时间点为次声治疗仪工作后第 5 min 后开始;对不同

模式(次声治疗仪的 1, 2, 3 三个档位)工作状态下的次声信号进行采集;采用连续测试 60 s,次声截取频率为:20, 16, 12, 8, 4 Hz;在对 20 Hz 以下的声压级实时分析的基础上,截取本底噪音最小的 15 s,从其中每隔 0.2 s 截取瞬间次声信号的相关参数;对收集到的次声信号的频率(Hz)、主频成分(%)、声压等参数进行记录并分析结果。

#### 结 果

##### 一、测试点各个档位各频段次声强度

分别在 3 种模式(档位)的工作状态下,将各测量时间点各次声信号叠加,得到各测量时间点的次声信号声压级(dB);计算公式: $L_p = 10 \log(10^{\frac{L_{p1}}{10}} + 10^{\frac{L_{p2}}{10}} + 10^{\frac{L_{p3}}{10}} K 10^{\frac{L_{pn}}{10}})$ ,各个档位各频段次声声压级(dB)测试计算结果见表 1。

表 1 测试点各个档位各频段次声声压级(dB)

| 档位  | 4 Hz  | 8 Hz  | 12 Hz | 16 Hz | 20 Hz |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 档 | 79.60 | 75.87 | 74.42 | 70.85 | 71.07 |
| 2 档 | 75.25 | 72.79 | 76.62 | 72.41 | 71.61 |
| 3 档 | 79.75 | 83.07 | 85.69 | 84.12 | 86.11 |

##### 二、测试点各个档位次声频谱成分分析

通过对测试点各个档位各频段次声出现次数在本身次声信号中比例的计算,分析各个档位次声频谱成分,结果见表 2。

表 2 测试点各个档位各频段次声频谱成分分析结果(%)

| 档位  | 4 Hz  | 8 Hz  | 12 Hz | 16 Hz | 20 Hz |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 档 | 28.09 | 25.11 | 20.85 | 12.34 | 13.62 |
| 2 档 | 24.79 | 27.31 | 25.21 | 10.92 | 11.76 |
| 3 档 | 13.85 | 20.00 | 20.77 | 22.31 | 23.08 |

##### 三、测试点各个档位次声信号与非次声信号的频谱能量分析

在测试中发现,本研究采用的次声信号采集分析系统 INFRASOUND 8™ 次声治疗仪除了发生频率小于 20 Hz 的次声信号外,还有 20 Hz 以上的声波信号(非次声信号)产生。表 3 显

作者单位:510515 广州,南方医科大学南方医院康复医学科(范建中、鲍勇);第四军医大学西京医院康复理疗科(易南、刘静、陈景藻)

示,随着档位的增加,次声信号频谱能量中所占比例逐渐增加,非次声信号所占比例逐渐减少。

表 3 测试点各个档位次声信号与非次声信号的  
频谱能量分析(%)

| 档位  | 次声信号所占比例(%) | 非次声信号所占比例(%) |
|-----|-------------|--------------|
| 1 档 | 62.67       | 37.33        |
| 2 档 | 63.47       | 36.53        |
| 3 档 | 69.33       | 30.67        |

#### 四、次声发生器声场频谱分析

次声发生器声场即时截取的典型频谱见图 1。本研究采用的次声信号采集分析系统所截取的次声频谱能量主要集中在 4, 8, 12, 16 和 20 Hz, 而 20 Hz 以上的声波信号(非次声信号)产生也占有相当比例;该次声发生器的声场频谱变化有一定规律性,即该治疗用次声发生装置在工作时,同一档位次声频谱段的能量基本保持不变,但次声主频信号的频谱是随机变化的,即任何一频段的次声信号都有极低值和最高值的时刻,但各个档位的次声信号声压级峰值均小于 90 dB。

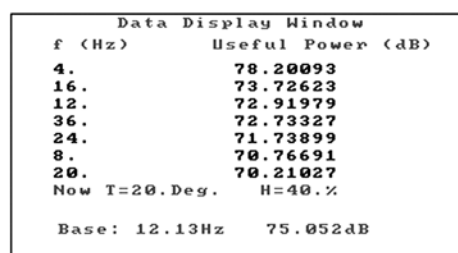


图 1 次声声场(瞬间截取)的典型频谱参数

#### 讨 论

现代理疗学的理论认为:物理因子的理化效应作用于局部而产生局部效应,亦可通过神经反射、经络或体液引起节段反应和全身反应,上述反应即是该物理因子治疗作用的基础<sup>[4]</sup>。次声对机体作用的基本原理是:次声的低频机械振动被人体吸收后(生物共振),引起组织器官的温度、生物化学、生物电能等一系列理化效应。工业噪声和公共噪声中的次声对人体可以产生影响并造成损害<sup>[1]</sup>。

俄罗斯治疗用次声的研究报道显示,采用眼部次声治疗仪(Infrasound Ocular Pneumomassage)治疗儿童近视,具体方法是将治疗头置于眼球表面;次声治疗参数:声压 0.1 个大气压(ATM),频率 4 Hz,声功率 130 db;结果显示能增强眼肌调节能力,改善局部血液循环,降低眼内压<sup>[5]</sup>。实验性治疗研究也发现,将兔眼暴露在 4 Hz、173 db 次声下 10 min,每天 1 次,连续 10 d(次),结果显示,眼球组织细胞内 K<sup>+</sup> 含量下降、Na<sup>+</sup> 通道活性降低、Na<sup>+</sup> 含量增加;β-葡萄糖苷酶活性增加,即葡萄糖合成代谢加强;组织蛋白酶 D 和透明质酸酶活性也增加,意味着次声具有降低透明质酸黏度、松解粘连和软化瘢痕的作用<sup>[6]</sup>。

次声治疗仪生物学效应的基础研究发现,单用次声对肿瘤增殖无作用,次声对放疗作用无影响,但次声和 5-Fu 对肿瘤细胞具有协同杀伤作用;该研究的作者提出,次声有可能成为肿瘤化疗的一项增效手段<sup>[7]</sup>。

本实验测试的治疗用次声发生装置在工作时,是处于连续产生次声信号的状态,而研究采取的是从其连续信号中分段截取瞬间次声信号的相关参数进行分析,力求能够客观全面反映所产生次声声场的动态变化特征。本实验结果所显示的该型号次声发生装置的次声声场特征,即各个档位的次声信号声强级均小于 90 dB,各个档位各频段次声强度按档位大小排列(表 1);各个档位所测得次声的频谱能量比较集中的部分各有不同,即 1 档次声信号的主频主要集中在 4, 8 和 12 Hz,2 档主频集中在 8, 12 和 4 Hz,而 3 档则以 20, 16, 12 和 8 Hz 所占比例较大(表 2),提示该治疗仪的次声信号的主频成分随档位的增加而增加;次声频谱能量并不集中于任一固定频段,而且 20 Hz 以上的声波信号(非次声信号)产生也占有相当比例,即其主频部分呈一种无序的类似于脑电波形态的变化过程。

同一种物理因子的不同治疗参数可以产生不同的生物学效应。例如,弱或中等强度的物理刺激有激发或促进作用,强刺激有抑制作用<sup>[4]</sup>;而超强刺激则可产生破坏或损伤作用(大功率激光、射频等)。因此,在临床物理治疗的实践中,准确掌握所用物理因子的治疗(物理)参数是提高临床疗效的基础。

根据上述理论以及测试结果提示:该次声治疗仪声场信号特征的可能是为避免过大的生物共振造成损伤,以保证其治疗过程的安全性。该治疗仪的各个档位次声信号强度依次为:1 档(弱档),可试用于急性病损;2 档(中档),可试用于亚急性病损;3 档(强档),可能对慢性、全身性病变有效;但上述推论未见有关的实验或临床研究报告的支持。本研究的测试结果所显示的各个档位的声场特征是否与上述选择相关,有待进一步临床验证。

国内有关次声治疗仪的临床应用鲜见报道<sup>[8]</sup>,相关的技术规范亦未见提出,相关物理参数的实验研究也少见,致使次声在临床的应用研究难以开展。本研究试图通过对 Infrasound 8™次声治疗仪的相关物理参数的测试研究,为治疗用次声发生装置的选择及研发提供思路。

#### 参 考 文 献

- [1] 杨峻峰,范建中,陈景藻. 次声对人体损伤之防护的研究进展. 中华物理医学与康复杂志, 2004, 26: 191-193.
- [2] 黄锋,梁振福,唐志文. 船上实验次声发生装置声场特征研究. 中华航海医学与高气压医学杂志, 2004, 11: 224.
- [3] 易南,陈景藻,李玲等. 次声信号数据采集系统的研制. 第四军医大学学报, 2001, 22: 560.
- [4] 缪鸿石,主编. 康复医学理论与实践. 上海:上海科技出版社, 2000: 674-675.
- [5] Obruchov SA, Tumasian AR. To the treatment of progressive myopia in children. Vestn Oftalmol, 2005, 121: 30-32.
- [6] Filatov VV. Study of changes in the enzyme-salt composition affecting the permeability of ocular tissues under infrasound phonophoresis. Vestn Oftalmol, 2005, 121: 26-28.
- [7] Yount G, Taft R, West J, et al. Possible influence of infrasound on glioma cell response to chemotherapy: a pilot study. J Altern Complement Med, 2004, 10: 247-250.
- [8] 余继林,孙艳萍. 次声治疗仪治疗小儿厌食症临床疗效分析. 中国中医药信息杂志, 1995, 2: 22.

(修回日期:2006-12-31)

(本文编辑:熊芝兰)