

· 述评 ·

次声治疗应用的现状及展望

范建中

次声是频率低于 20 Hz 的弹性波,它在本质上与超声、可听声一样都是由物质(物体)的机械性振动所产生。1966 年,法国人 Gavreau 等提出次声的性质及其生物学作用等问题;国际专业会议于 1972 年正式确定了次声的定义;此后,伴随着科技的发展特别是交通和工业的现代化,人们已经认识到次声广泛存在于人类生存的各种环境中,也引起越来越多的国家及科研机构对次声的重视并相继开展了各方面的研究。

目前针对次声的研究主要围绕其损伤效应及防护措施,从以往的研究结果来看,长时间、高强度的次声对生物体的损伤作用是比较明确和肯定的^[1]。如今,次声波在疾病诊疗方面的潜力已日益受到国内外学者的重视,并已有这方面的尝试和实践。尽管低强度或短时间次声作用的生物学效应尚未完全明了,但已经有一些研究显示,小剂量次声对生物体能产生有益作用,而且国内外也已经有一些用于临床的次声治疗装置及其应用报道。

一、次声治疗的临床研究

已有生理学研究表明,人体的各种器官都有固定的振动频率,如头部为 8~12 Hz,胸部为 4~6 Hz,腹部为 6~9 Hz,盆腔为 6 Hz,心脏为 5 Hz,这些固有振动频率都在次声频率范围内^[2]。依照次声生物学效应的“生物共振”理论,在安全域范围的次声,对人体各器官组织应有十分独特的作用;加上次声具有很强的穿透力这一特性,其在疾病诊疗方面存在巨大的开发潜力。

有文献报道,采用眼部次声治疗仪(infrasound ocular pneumomassage)治疗儿童近视,将治疗声头置于眼球表面,设定声压为 0.1 个大气压,频率为 4 Hz,声强为 130 dB,发现该方法具有增强眼肌调节能力、改善局部血液循环、降低眼内压等疗效^[3]。

国内亦有用次声治疗小儿厌食症的报道^[4]。另外,顾涵森等^[5]发现,0.1~3 Hz 的次声波可通过“按摩”作用解除某些疼痛,具有明显疗效,从而分析认为可用次声振动来代替人工按摩。

二、次声治疗作用的实验研究

有关次声对体外培养细胞的影响报道不多。王斌等^[6]将复苏培养后的细胞(MC3T3-E1)随机分为

4 Hz/100 dB 组、12 Hz/100 dB 组、20 Hz/100 dB 组和空白对照组,选择对数生长期的细胞接种于 48 孔培养板中,每天将各组细胞放入次声舱内,分别给予上述 3 组参数次声处理,空白对照组无次声输出,每日处理 30 min,连续 5 d 后进行细胞增殖计数,观察次声波作用后小鼠成骨样细胞碱性磷酸酶活性和骨钙素表达的变化。光镜下观察结果显示,不同参数的次声波对小鼠成骨样细胞的形态无明显影响;4,12 Hz/100 dB 组小鼠成骨样细胞密度均明显高于空白对照组;20 Hz/100 dB 组小鼠成骨样细胞骨钙素浓度明显高于空白对照组和其他次声作用组;各组的小鼠成骨样细胞碱性磷酸酶表达(吸光度值)基本相似。因此认为 4 Hz/100 dB、12 Hz/100 dB 次声波可明显促进细胞增殖,20 Hz/100 dB 次声波具有显著促进骨钙素分泌的作用,100 dB 次声波在不同频率下可以促进成骨样细胞的体外增殖和分泌功能。

王冰水等^[7]将人脐血管内皮细胞(ECV2304)接种于细胞爬片上,置于次声舱中,经 16 Hz、90 dB、110 dB、130 dB 的次声处理,于次声作用后即刻、1 h、2 h、4 h、8 h、12 h 及 24 h 分别对各组细胞进行 F-actin 免疫荧光染色检测,同时应用激光扫描共聚焦显微镜观察细胞 F-actin 的表达。结果显示,经不同声压级次声作用后的 3 组细胞,均可见其胞浆中微丝 F-actin 明显粗大、变长,其间的荧光样物质多为较长的粗大应力丝,沿细胞纵轴排列较多,细胞数量明显增加,荧光强度明显增强,细胞膜与对照组类似,结构均完整且荧光增强;次声作用后 8 h,各次声暴露组细胞的 F-actin 仍处于高表达状态;随着时间的延长,其 F-actin 表达逐渐减弱;次声作用后 24 h,各次声暴露组 F-actin 与对照组比较,差异已无统计学意义;不同声压级次声暴露组细胞的 F-actin 变化趋势基本一致,3 组细胞的 F-actin 表达在各检测时间点比较,差异均无统计学意义。因此认为,16 Hz、90 dB、110 dB 及 130 dB 的短时次声作用均可诱导人脐血管内皮细胞 F-actin 表达改变,导致其骨架重建,并且可在次声暴露结束后 24 h 时恢复正常。

王冰水等^[8]还应用原子力显微镜观察次声作用后 L929 细胞膜的变化,探讨次声对细胞膜的作用机制。他们将经过培养的小鼠成纤维细胞 L929 暴露于 16 Hz、130 dB 的次声环境中,每天作用 2 h,连续 3 d 后应用原子力显微镜对对照组和次声作用组的 L929 细

胞膜表面进行纳米级水平的扫描观测。结果发现次声作用后,在 $7.5\ \mu\text{m} \times 7.5\ \mu\text{m}$ 和 $4.0\ \mu\text{m} \times 4.0\ \mu\text{m}$ 的扫描图像中可以看到,细胞膜表面正常的突起明显变短、凹陷变浅,呈鹅卵石样改变,膜表面变得较为平坦。因此认为,一定声强的次声作用可引起细胞膜表面结构的直接改变,这种改变可能是次声对细胞作用的特征之一。

李克等^[9]应用次声治疗仪(主频范围:4~20 Hz,声强<90 dB)直接作用于体外培养的 B 淋巴瘤 RAJI 细胞,次声分别处理 15,30,60,90 和 120 min 后取样,培养 24,48 h 后分别采用台盼蓝排斥试验和四甲基偶氮唑盐(MTT)比色法检测次声治疗不同时间对 RAJI 细胞增殖的影响。结果发现次声治疗 90 min 可能对 RAJI 细胞增殖有抑制作用,但其差异无统计学意义,治疗 120 min 则有明显抑制作用;次声作用后即刻台盼蓝排斥试验无明显改变,24 h 和 48 h 后细胞增殖明显受抑制。提示应用次声治疗仪进行长时间次声治疗对 RAJI 细胞增殖有一定的抑制作用,低频率、低强度的次声对细胞的损伤呈时间依赖性。

有人观察了次声联合化疗、放疗对人肿瘤细胞(神经胶质瘤细胞)的作用^[10]。实验分 3 组:单纯次声组、次声加化疗(5-Fu,0.25 mg/ml)组、次声加放疗组(2 Gy);次声发生设备采用 CHI4 型次声治疗仪,次声处理方法:输出档位为强档,频率为 8~14 Hz,声强为 72~79 dB,辐射头与培养皿的液面距离为 1.27~2.54 cm,每次作用 10 min,每天 8 次,共 2 d,共计处理时间 160 min;将处理过的细胞放回培养皿,孵化培养 2 周,通过观察克隆形成率,研究肿瘤增殖情况。结果显示:单用次声对肿瘤增殖无作用,次声对放疗效果无影响,但次声联合 5-Fu 对肿瘤细胞具有协同杀伤作用($P<0.001$)。该研究提示,次声有可能成为肿瘤化疗的一项增效手段。

在次声对兔眼作用的一项实验中,实验者将兔眼暴露在 4 Hz、173 dB 次声下 10 min,每天 1 次,连续 10 d,结果显示,眼球组织细胞内 K^+ 含量下降、钠通道活性降低、 Na^+ 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强,提示次声具有降低透明质酸黏度、松解粘连和软化瘢痕的作用^[11]。

关于次声对免疫系统影响的研究报道不多。Batatanov^[12]用 10 Hz、155~160 dB 的次声作用于豚鼠 10 min,降低了变应原所致豚鼠超敏反应的死亡率。刘秀敏等^[13]每天将小鼠暴露于 8 Hz、130 dB 的次声中 1 h,连续 7 d,发现小鼠自然杀伤细胞活性明显下降($P<0.05$),血清白细胞介素 II 和肿瘤坏死因子含量降低($P<0.01$)。杨琨等^[14]于 16 Hz、90 dB 的次声中

暴露小鼠,每天 2 h,连续作用 14 d 后观察小鼠脾细胞增殖情况,结果显示次声能显著诱导小鼠的脾细胞增殖,而对同种异体抗原诱导的 T 细胞增殖具有明显的下调作用。对于次声对小鼠淋巴细胞表现为两种不同的作用,作者的解释是:植物血凝素(PHA)与同种异体抗原刺激淋巴细胞增殖的作用机制有所不同,PHA 可能作为一种凝集素,使淋巴细胞凝聚后在相互之间辅助分子的共同作用下导致脾细胞增殖,而同种异体抗原诱导的淋巴细胞增殖则是对抗原的应答过程;次声有可能分别作用于二者诱导途径的不同环节,最终导致相反的效应。对这种效应的意义还有待于进一步探讨。

三、次声治疗仪物理参数的研究

美国 CHI 公司研制的次声治疗仪系列产品,可随机发出相应波谱和强度的次声波,被美国食品药品监督管理局(FDA)认可,据称具有改善微循环、增强免疫力、消炎、止痛及镇静安眠等多种功效^[15]。

范建中等^[16]采用便携式野外低频信号实时测试智能分析系统对某进口次声治疗仪产生的次声场进行了测量分析:次声发生装置各个档位工作时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依次排列;次声频谱能量主要集中在 4 Hz、8 Hz、12 Hz、16 Hz 和 20 Hz,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;20 Hz 以上声波信号(非次声信号)的产生也占有相当比例;次声主频信号的频谱是无序变化的,即任何一频段的次声信号都会出现极低值和最高值。认为该次声发生装置工作时的声场分布特征可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,不同档位的不同声场特征可能有不同的临床治疗作用。

四、小结和展望

对国内外文献的复习提示我们:绝大多数关于次声作用机制的研究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或特制的次声舱中,以观察其生物学效应,而对于次声作用机体局部所致的影响研究不多。对于声场分布特征的研究,主要集中在自然界次声的物理学特征,或者利用次声发生装置模仿自然界次声,观察其在特定场合中的特征^[17],而对治疗用次声发生装置的研究,尚鲜见报道。次声波在疾病诊疗方面的开发潜力已日益受到国外学者的重视,但在这方面的尝试和实践报道多缺乏严格的科研设计和科学依据;基础研究,尤其是采用次声治疗设备产生次声场对离体细胞、实验动物的影响方面报道更少。

国内对次声生物学效应的研究报告以第四军医大学西京医院研究团队的成果为代表。他们利用特制的

次声发生装置(次声舱)以及次声检测设备进行了次声生物学效应的实验研究,本期刊登的《8 Hz, 90 dB/130 dB 次声作用对大鼠海马 NMDAR1 表达的影响》^[18]就是该团队的最新成果。南方医科大学南方医院的研究团队,对某型进口次声治疗仪的物理参数进行了测试分析,并对其作用于离体细胞的生物学效应进行了初步探讨,本期刊登的《次声对外周血淋巴细胞的影》^[19]一文就是该团队利用次声治疗仪观察次声治疗作用的初步研究结果。

从本质上说,次声是一种低频机械振动波,而这种机械振动作用于生物体后所产生的效应取决于两方面的因素:生物体本身的生物学和生物物理学(固有频率等)特性以及次声的物理参数。

物理因子治疗发挥生物学效应的规律为:超大或大剂量可产生破坏或抑制作用,小剂量则有刺激或促进作用。理论上次声也应遵循上述规律,但是与传统的物理治疗因子(声、光、电、磁等)的研究状况不同,小剂量次声作用后,能够产生较明显生物学效应的报道并不多,尤其是有临床实际意义、科学依据充分的研究报道不多。

在气象学上有一个理论:蝴蝶效应(Butterfly Effect),是指在一个动力系统中,初始条件下微小的变化能带动整个系统长期巨大的连锁反应,即“一只蝴蝶在巴西轻拍翅膀,可以导致一个月后德克萨斯州的一场龙卷风”。这说明事物发展的结果对初始条件有极为敏感的依赖性,初始条件的极小偏差,将会引起最终结果的极大差异。用这一理论来说明小剂量次声的生物学效应:小剂量的低频机械振动波,如果及时给予引导、调节,可能产生较显著的生物学效应(包括正面和负面作用),并给临床应用带来契机。当然也有可能只是“一只蝴蝶在巴西轻拍翅膀”而已。

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] 丘萍,温宁,姜勇,等.次声的物理存在及研究意义.中华预防医

- 学杂志,2003,37:56-58.
- [3] Obrubov SA, Tumasian AR. To the treatment of progressive myopia in children. Vestn Oftalmol, 2005, 121: 30-32.
- [4] 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,1995,11:22.
- [5] 顾涵森,林厚省.探测气功“运气疗法”物理基础的初步实验结果.自然杂志,1978,1:12-13.
- [6] 王斌,陈景藻,刘静,等.次声波对成骨样细胞生物学特性的影响.中国临床康复,2006,25:83-85.
- [7] 王冰水,陈景藻,郭国祯,等.次声暴露对血管内皮细胞骨架微丝 F-actin 表达的影响.中华物理医学与康复杂志,2006,28:28-31.
- [8] 王冰水,陈景藻,刘斌,等.次声暴露对 L929 细胞膜影响的原子力显微镜观察.中华劳动卫生职业病杂志,2005,23:428-430.
- [9] 李克,范建中,鲍勇.次声对 HL-60 白血病细胞株生长的影响.中国康复医学杂志,2007,22:212-214.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] Batanov GV. Characteristics of etiology of immediate hypersensitivity in conditions of exposure to infrasound. Radiats Biol Radioecol, 1995, 350: 78-82.
- [13] 刘秀敏,甄荣,陈惠芳,等.次声对小鼠生育能力与免疫功能的影响.中华物理医学与康复杂志,2000,22:100-102.
- [14] 杨琨,张建平,金伯泉,等.次声对 PHA 和同种异体抗原诱导小鼠脾细胞增殖的影响.细胞与分子免疫学杂志,2000,16:289-291.
- [15] CHI Institute. CHI neuropathy study. China Healthways Institute Newsletter, 2002, Fall: 1-3.
- [16] 范建中,鲍勇,易南,等.治疗用次声发生装置的声场特征研究.中华物理医学与康复杂志,2007,29:213-214.
- [17] 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,2004,11:224-226.
- [18] 刘朝晖,陈景藻,刘静,等.8Hz、90dB/130dB 次声作用对大鼠海马 NMDAR1 表达的影响.中华物理医学与康复杂志,2007,29:728-732.
- [19] 范建中,张积仁,鲍勇,等.次声对外周血淋巴细胞的影响.中华物理医学与康复杂志,2007,29:724-727.

(收稿日期:2007-10-29)

(本文编辑:吴倩)

· 消息 ·

全国理疗康复大专《专业证书》班招生简章

受卫生部委托,全国理疗康复医师培训部继续举办第二十七届全国理疗康复医师进修班及第十三届全国高等教育理疗康复针推大专《专业证书班》。学习一年,专业为物理医学、康复医学、针灸学、推拿学等。学费 3 200 元,含住宿费、实习费、书费。自 1979 年开班以来已培养 1 646 名学员,遍布全国 30 个省市自治区,多数已成为理疗康复医学科的主任及学科带头人。发表国家级论文 1 300 多篇。我们有着雄厚的师资力量,聘请全国知名专家教授任教。本班面向全国医疗单位、部队、个体诊所、高中或中专毕业生招生,由本人报名或单位推荐,详情请与培训基地联系。学习期满考试合格,由国家卫生部科技教育司及辽宁中医药大学职业技术学院颁发大专《专业证书》。

联系地址:辽宁省鞍山市汤岗子医院全国理疗康复医师培训部;邮编:114048;联系电话:(0412)2410228;联系人:王先生、唐女士。

辽宁中医药大学职业技术学院 全国理疗康复医师培训部