

次声医学运用的研究进展

李川¹ 范建中¹

次声波是频率为低于20Hz的弹性波,它是由物质的机械振动产生^[1],通过各种介质分子做成稀疏或紧密的交替波向四周传播^[2],广泛存在于自然界、生产环境、工作环境及生物体内。次声本质上与可听声、超声一样同为机械波,但由于频率低,在介质传播过程中能量不易被吸收,具有传播远、穿透性强、衰减小等特性。次声最早由法国科学家加夫洛(Gavreau)于1966年提出,1972年国际专业会议正式确定次声的定义,并就次声有关问题展开讨论,之后次声作为一门新兴学科的研究逐渐在法、俄、英、日等国展开^[3],研究主要围绕次声的损伤效应及其防护措施,有关长时间、高强度的次声对生物体有损伤作用的报导较多,对低强度或高强度在短时间内次声作用的生物学效应研究较少,有研究认为小剂量次声对生物体能产生有利作用,这为次声日后在临床上广泛运用奠定一定基础。

1 次声的作用机制及安全阈

次声对生物体的基本作用原理是生物共振。生物体各器官都存在一定的固有频率,并分布在次声范围内。生理学研究表明,人体各器官都有一个固定的振动频率,称为人体器官的固有频率,它们通常在3—7Hz之间。例如:腹部内脏的固有频率为4—8Hz,其心脏的固有频率是5Hz,头部的固有频率为7—12Hz,均处于次声波的范围之内。次声作用于人体,当它的频率与某部位的自身频率接近或相等时,引起共振反应使生物体吸收能量,使机械能转化为热能、生物化学能和生物电能;另一方面次声共振躯体感受器,将刺激传到中枢神经系统相关部位,引起一系列功能和形态改变^[4]。

次声的生物学效应与其强度有密切关系,引起人体产生不良反应的最低次声强度称为安全阈,各国都制定了不同安全阈。如美国认为低于130dB不构成对人造成损害。日本对居住环境和环境的次声问题在人群调查、个案研究和实验室研究的基础上提出的次声限制为不超过120dB。前苏联以90dB为安全阈^[5]。

一定强度的次声对生物体的作用是以生物共振作为始动因素,在传播过程中会引起生物体物质的性质和状态发生变化,其作用较强,可导致力学、热学、光学、电学等物理效应的出现。还可引起一系列化学变化,导致机体自由基增多、脑组织谷氨酸受体变化、钙超载以及血管内皮内分泌功能改变等,对细胞结构和功能具有损伤作用^[6]。

小剂量(通常90dB以下)的次声与生物体可产生轻微共振,其产生的力学、热学、光学、电学等物理效应作用缓慢而轻柔,不仅对生物体不产生损伤,还可以对生物产生深部按摩作用,这种能量形式可以达到任何组织和细胞,对生物组织有益。由于次声的频率低,不容易被吸收;波段长,不易被阻挡,传播中几乎无衰减,因此能在人体内很好的传播,穿透病态组

织(细胞)内,使病态组织内闭塞的血管重新开放,并推动其血液流动,改善病态组织内的血液循环,为氧气、吞噬细胞、免疫球蛋白等物质向病变组织输送创造了有利条件^[7]。俄国学者研究表明在较弱的次声作用下,可伴有有机体抗氧化系统(AOS)酶活力增强,代偿反应增高^[8]。

总体来说,目前对低剂量次声的有利作用机制研究还不够深入,存在较大的研究空间。对于安全阈值的研究各国评价指标不完全相同,提出的标准也不一样。低剂量次声的具体参数和安全阈合理统一的标准,有待于进一步的研究。

2 医用次声研究概况

2.1 次声在诊断学上的运用

生物体本身可产生次声波,对这些次声波的采集和分析,可以诊断疾病,已广泛运用于临床。心音中包含很多次声频段信号,某些心脏疾病与某个频段的心音异常有关,使用包含次声频段的电子听诊器,可以更好地诊断心脏疾病。目前大规模集成电路的技术日臻成熟,利用接收心脏次声原理制成的微型电子听诊器在灵敏度和功用方面已远远超过传统听诊器。电子听诊器接收到的低频和次声频心音信号还可以输入到专门设计的微处理器中进行分析,以便从中发现有用的信息,这些现代化技术在听诊中的应用,使心脏疾病的诊断发生了巨大变化。另外,使用频带扩展到次声频的电子胎音器监测胎心音、心电和阵痛等项目的变化,灵敏度较高,可以避免产前或分娩过程发生不幸事故^[9]。

人体器官可发出不同频段的次声,通过次声诊断,把握和分析次声提供的有关人体内的信息,更好的诊断病变,对同一疾病不同中医分型人群,检测次声信号并分析相关参数,得出疾病分型与次声参数对应关系。可以设想,如果人体某部位发出的次声异常,提示该部分某种疾病的发生。同时根据次声的参数,如频率、强度等具体参数,对中医的辨证分型也有一定帮助。在临床上达到中医辨证和西医辨病的统一,从而在中西医结合方面取得进展;还可通过检出致病频率,再向人体输入相关治疗信号,运用生物共振原理,使致病频率恢复正常,人体处于正常功能和健康状态,当然在这些方面还有待于进一步研究。目前已有利用颈动脉的振动信息帮助诊断颈动脉功能不全综合征^[10],还可利用骨骼系统发生的次声协助诊断骨质疏松^[11]。

2.2 次声医学应用的基础研究

目前对次声有利作用的生物学效应研究不多,主要集中在细胞和动物实验两个方面。

1 南方医科大学南方医院康复医学科, 广州大道北1838号, 510515

作者简介:李川,男,在读硕士,住院医师

收稿日期:2007-11-14

2.2.1 对细胞的影响: 国外有报道利用频率 8—12Hz、强度 72—79dB 的次声治疗仪作用神经胶质瘤细胞,每次 10min,每天 8 次,2d 后发现次声本身对神经胶质瘤细胞无明显作用,但与 5-氟尿嘧啶联用后,可以改变肿瘤细胞的通透性,说明次声可增强 5-氟尿嘧啶对神经胶质瘤细胞的杀伤力,为探索新的肿瘤治疗方案提供了可能性^[11]。国内有人用类似次声治疗仪(INFRASOUND 8TM)动态观察对 HL-60 人白血病细胞株生长的影响。采用次声治疗仪产生的相同强度(档位 3)不同作用时间的次声直接作用于离体培养的 HL-60 细胞,对照组细胞暴露在空气中,分别在实验处理的 15min、30min、60min、90min 和 120min 取样检测,结果显示:在细胞增殖试验中,随着次声作用时间延长,对照组与作用组细胞增殖差异随之增加,以 120min 为明显,但此差异均无显著性意义。实验过程中坏死细胞较少,提示次声治疗可损伤细胞,但不致使细胞坏死。采用流式细胞技术 Annexin VEGFP/PI 双染对细胞的坏死及凋亡检测显示:坏死细胞约 0.04%—0.2%,作用组与对照组细胞存活率及凋亡率有约 2% 的差异,早期凋亡与中、晚期的凋亡率较接近。但细胞存活率约 90%。以上提示次声治疗对离体肿瘤细胞的凋亡影响不明显,与国外报道相一致^[12]。范建中等^[13]用上述同一种次声治疗仪对健康人外周血淋巴细胞进行动态研究,发现采用的次声治疗剂量对健康人外周血淋巴细胞的细胞活性可能有一定促进作用,但对其凋亡率影响不大。扫描电镜显示:次声处理作用 120min/培养 48h 在细胞的大小、形状、表面微绒毛疏密程度与空白组差异不大;而对照组细胞却有细胞表面微绒毛减少、异形细胞增加等变化。提示次声处理可能会影响细胞膜的超微结构变化。

王斌等^[14]利用 14Hz、12Hz、20Hz 次声在 100dB 压强下分别作用于小鼠骨样细胞,30min/d,共 5d。实验发现 4、12Hz 100dB 次声波作用可明显促进细胞增殖,20Hz 100dB 次声波作用具有显著分泌骨钙素的作用。提示 100dB 次声波不同频率下可以促进成骨样细胞的体外增殖和分泌功能。王斌等^[15]在另一项实验中,用频率 4Hz、12Hz、20Hz 在 100dB 下作用鼠成骨样细胞系 MC3T3 细胞,1 次/d,每次 30min,连续 3d。发现 100dB 次声波 30min/d 作用能促进成骨细胞的骨桥素及骨粘连蛋白的表达一过性增高,在 4、12、20Hz 不同频率间未观察到效应差别。有学者用 4Hz/100dB、12Hz/100dB、20Hz/100dB 的次声作用小鼠成骨样细胞 MC3T3,观察细胞骨架 F-actin 表达的改变,30min/d。第 3d 于暴露后 2h、4h、8h 不同时间对细胞进行检测,结果显示:4Hz、12Hz 和 20Hz 的 100dB 的次声组均可诱导 F-actin 表达的增强,这种改变在 8h 后仍未见减弱^[16]。

类似研究还有用 16Hz 在 90、110 及 130dB 三种不同压强的次声作用对人脐血管内皮细胞 (ECV2304) 骨架 F-actin 表达的影响。次声暴露组均接受 2h 相应强度的次声作用,于次声作用后即刻、1h、2h、4h、8h、12h 及 24h 分别对各组细胞进行 F-actin 检测,结果示:16Hz、90dB、10dB 及 130dB 的短时次声暴露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;并且由短时次声作用诱发的细胞骨架改建可在次声暴露结束后 24h 时恢复正常^[17]。

2.2.2 动物实验研究: 已经证实,次声在一定的环境中,对生物体产生损伤作用,这种损伤涉及多器官,其中中枢神经系统最为敏感^[18]。但也有文献报道,次声对中枢神经系统的作用具有两面性。袁华等^[19]利用 8Hz 90dB 和 130dB 次声作用于大鼠,每天 2h,分别作用 1、7、14、21、28d 后发现大鼠延髓中胶质源纤维性蛋白和 Fos 蛋白表达增加。130dB 组较 90dB 组更为明显。提示 8Hz 90dB 和 130dB 次声作用可以同时激活延髓星形胶质细胞和神经元。他在另一项实验中,用同样方法发现 8Hz 90dB 和 130dB 次声使大鼠海马中 GFAP 阳性胶质细胞的数量增加,得出 8Hz 90dB 和 130dB 次声可以激活大量星形胶质细胞,对神经元具有保护作用^[20]。

王斌等^[21]利用 4Hz 100dB 和 20Hz 200dB 次声对分别去势大鼠(睾丸切除鼠)每天作用 30min,每周 5d,连续作用 12 周。发现 4Hz 低强度次声可显著增加股膜矿化沉积率和骨小梁宽度、条数等形态指标。而 20Hz 次声组仅骨小梁宽度和骨小梁数目较对照组改善。最后得出 4Hz 100dB 的次声每天作用 30 min,可改善雄性去势大鼠的骨质疏松程度结论。

国内有人利用 8Hz、120dB 的次声中作用 8 周雌性 Balb/c 小鼠,每天 2h,连续作用 14d,取小鼠脾细胞,用 PHA 或同种异体抗原刺激后,采用 9H-TdR 掺入法检测脾细胞的增殖情况。发现次声能显著促进 PHA 诱导的小鼠脾细胞增殖,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^[22]。

Filatov 等^[23]在次声对兔眼作用的一项实验中,将兔眼暴露在 4Hz 173dB 次声下 10min,每天 1 次,连续 10d,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、葡萄糖合成蛋白酶 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。他在一项实验中,证实了次声增加药物在兔眼的聚集浓度,提出了新的给药途径即次声引导药物透入法 (infrasonic phonophoresis)^[24]。俄罗斯学者 Anonymous^[25]在另一项类似的实验中,发现次声比超声在引导药物渗透体内方面更有效。Batanov^[8]以 10Hz、155—160dB 次声作用于豚鼠,时间为 10min,提高动物超敏反应的存活率。

2.3 次声的临床应用研究

由于次声有利作用基础研究不够深入,制约了次声在临床上的运用,故有关次声在临床上应用的文献较少。

俄罗斯学者 Obrubov^[26]用眼部次声治疗仪治儿童近视,将声压为 0.1 个大气压(atm)、频率 4Hz、声功率 130db 的治疗头置于眼球表面,结果发现该治疗参数的次声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。

国内较早报道利用次声治疗仪根据捏积疗法的原理,对 300 例小儿厌食症进行治疗,取得了较好的疗效,该报道未提供次声的相关参数^[27]。

2.4 医用次声治疗仪的研制

近二十多年来,国内外已经研制出具有临床用途各种次声治疗仪,前苏联在较系统地研究了次声的生物学作用的基础上较早地研制了次声治疗设备。在 20 世纪 80 年代,我国有关科研人员发现,练气功者的手掌可发出对机体有利的次声,它的强度比正常人手发出的大的多。在上述发现的启

发下, 通过协作在北京成功研制了次声治疗设备—量子气功按摩仪, 又称气功次声治疗仪, 于1985年获得专利(专利号85100622), 它能发出一种次声强度低频声信号, 其强度特征与气功师发出的基本一致, 在上世纪八十年代开展了临床应用研究, 初步观察了按中医治则, 用次声穴位作用, 对小儿厌食症、小儿消化功能紊乱、支气管哮喘、肩周炎、关节炎、坐骨神经痛等约29种疾病的疗效^[28]。国内有人用这种治疗仪治疗患者小儿厌食症儿童, 选取督脉、足太阳膀胱经的在大椎穴、脾俞穴、肾俞穴。将治疗仪放置在上述穴位, 每次治疗15min, 6d一疗程。结果显示, 次声治疗效果与传统的捏脊疗法相同^[27]。

我国有关次声疗法的初步研究成果很快传入美国, 引起有关各界的兴趣和重视, 随即研制了不同型号的次声治疗仪。Infrasonic被FDA分类为510(k)按摩治疗仪, 由美国CHI公司研制的次声8TM及次声8000治疗仪, 可随机发出低于90dB次声波, 被美国FDA认可, 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, 在临床上得到广泛应用。目前在美国, 次声治疗仪治疗多种疾病外, 还用于保健。在世界每天平均有数百万人次接受次声治疗及保健。由加利福尼亚气功研究协会研制的低频声音治疗仪, 它产生的声波频率在8—14Hz, 而且速度慢, 声波以随机的频率产生, 没有两个连续的波以同一频率产生, 这种声波的频率范围保证在8—14Hz之间, 缓慢而轻柔, 可以对人体产生按摩作用, 以这种能量形式治疗可以达到任何组织和细胞, 对活的生物组织明显有益。此外, 荷兰人发明了次声治疗仪 SonoMat, 据称它可以使阻塞的动脉血管再通^[29]。

临床和动物实验均证明, 次声能够加强人体的许多功能, 对许多疾病有治疗价值; 临床使用中, 次声仪可以复制人体低频声波, 能够改善循环、调理气血、增强免疫力、加快炎症消退, 松弛紧张的肌肉减轻疲劳、疼痛、不适等^[30]。

3 前景展望

次声与目前临床应用的物理因子一样, 大剂量时对生物体造成损伤作用, 只有在合适剂量范围内才能达到治疗效果。虽然次声在国外已得到相关机构认证并在临床上成功运用。但总的来说, 相对于其他物理因子, 次声的临床应用还不够深入、广泛, 应用也不够普遍。在我国主要是站在环境保护和军事研究的角度, 研究的重点放在次声的危害研究及防护方面, 次声的运用特别是临床研究比较少, 次声的临床应用国内未见有系统、科学的研究, 主要原因是国内医用次声设备研制以及次声治疗仪临床验证等方面工作滞后。次声安全阈的进一步明确、不同参数的次声对机体作用的基础研究以及次声治疗仪的临床效果验证等, 将会推动次声的临床治疗应用。

参考文献

[1] 张士华, 郑治祥. 波对生物组织的作用和机理[J]. 生物技术通讯, 2002, 13(2): 25—27.
 [2] 陈景藻. 次声的存在及其基本生物学效应和研究意义[J]. 中华物理医学与康复杂志, 1999, 21(3): 131—133.
 [3] 赵志刚, 陈景藻. 次声与应激[J]. 国外医学·物理医学与康复学分册, 2000, 20(3): 106—108.

[4] 李志刚, 陈景藻, 贺晓生. 次声对生物中中枢神经系统的影响[J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2000, 18(3): 186—188.
 [5] 陈景藻. 次声的产生及生物学效应[J]. 国外医学·物理医学与康复学分册, 1999, 19(1): 9—14.
 [6] 庄志强, 裴兆辉, 陈景藻. 次声生物学效应的相关机制[J]. 疾病控制杂志, 2005, 9(4): 328—329.
 [7] Batanov GV. Characteristics of etiology immediate hypersensitivity in condition of exposure to infrasound [J]. Radiats Biol Radioecol, 1995, 35: 78—82.
 [8] 屠焰, 赵树卿. 奇异的次声 [M]. 北京: 第1版, 科学出版社, 1979. 83—84.
 [9] 曹鹏冲, 尹文. 次声的研究进展[J]. 中国康复, 2004, 19(5): 312.
 [10] Dimitri MD. Infrasonic method for Bone Mass measurement [C]. 133rd ASD Meeting, State college, PA, 1997.
 [11] Yount G, Taft R, West J, et al. Possible influence of infrasound on glioma cell response to chemotherapy: a pilot study [J]. J Altern Complement Med, 2004, 10(2): 247—250.
 [12] 李克, 范建中, 鲍勇. 次声对 HL-60 白血病细胞株生长的影响 [J]. 中国康复医学杂志, 2007, 22(3): 212—214.
 [13] 范建中, 张积仁, 鲍勇, 等. 次声对外周血淋巴细胞的影响 [J]. 中华物理医学与康复杂志, 2007, 29(11): 724—727.
 [14] 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 [J]. 中国临床康复, 2006, 10(25): 83—85.
 [15] 王斌, 陈景藻, 刘静, 等. 低强度次声对成骨样细胞骨桥素和骨粘连蛋白 mRNA 表达作用 [J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2007, 11(2): 271—274.
 [16] 王斌, 陈景藻, 牟翔, 等. 低强度次声对体外培养的骨样细胞骨桥蛋白 F-actin 表达的动态影响 [J]. 中国康复医学杂志, 2007, 22(3): 197—199.
 [17] 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 [J]. 中华物理医学与康复杂志, 2006, 28(1): 28—31.
 [18] 程浩然, 赵钢. 次声对脑的影响 [J]. 神经损伤与功能重建, 2007, 2(2): 120—122.
 [19] 袁华, 龙华, 李玲, 等. 次声作用后大鼠延髓胶质细胞和神经元反应的关系 [J]. 中国康复理论与实践, 2002, 8(11): 661—663.
 [20] 袁华, 龙华, 李玲, 等. 次声作用后大鼠海马星形胶质细胞的变化 [J]. 中国临床康复, 2002, 6(23): 3500—3501.
 [21] 王斌, 陈景藻, 牟翔. 较低强度两种频率次声预防雄性去势大鼠骨质疏松的实验研究 [J]. 中华物理医学与康复杂志, 2007, 29(4): 231—235.
 [22] 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 [J]. 细胞与分子免疫杂志, 2000, 16(4): 289—291.
 [23] Filatov VV, Sidorenko EI, Alimova YU. Treatment of bacterial keratitis with infrasound and its effect on the reparative processes in the cornea [J]. Zh Mikrobiol Epidemiol Immunobiol, 1999, 89(4): 96—97.
 [24] Filatov VV. Study of changes in enzyme-salt composition affecting the permeability of ocular tissues under infrasound phonophoresis [J]. Vestn-oftalmol, 2005, 121(3): 26—28.
 [25] Anonymous. Pharmacokinetics of radiotracers in the ocular tissues exposed to infrasound and ultrasound phonophoresis [J]. Vestn-oftalmol, 2006, 122(2): 9—11.
 [26] Obrubov SA, Tumasian AR. To the treatment of progressive myopia children [J]. Vestn Oftalmol, 2005, 121(4): 30—32.
 [27] 余继林, 孙艳萍. 次声治疗仪治疗厌食症临床疗效分析 [J]. 中国中医药信息杂志, 1995, 2(11): 22.
 [28] 陈景藻. 现代物理治疗学发展的若干问题 [C]. 中华医学会第9次全国物理医学与康复学术会议报告. 江苏南京, 2007, 5.
 [29] Karen E, Haneke MS, Bonnie L, et al. Infrasound Toxicological Summary, November 2001 [EB/OL]. http://ntp-server.hihs.nih.gov/htdocs/Cem_Background/ExSumPdf/Infrasound.pdf. 2007-3-18/2007-11-14.
 [30] 裴兆辉, 陈景藻, 朱妙章. 次声对人类的影响 [J]. 自然医学杂志, 2004, 34(3): 256—259.