

· 基础研究 ·

不同频率、强度次声作用对大鼠胃排空功能的影响

王进海 罗金燕 陈景藻 郭晓燕

【摘要】目的 探讨不同频率、强度次声对 SD 大鼠胃排空功能的影响。**方法** 共有 210 只雄性 SD 大鼠,将其中 140 只随机分成 4 组,分别为对照 A 组、8 Hz-90 dB 组、8 Hz-130 dB 组及 16 Hz-130 dB 组。各实验组大鼠每日于固定时间点置于次声舱内,给予不同频率、强度的次声作用,每天 2 h,对照 A 组动物也置于次声舱内,每天 2 h,期间不给予次声作用。每组分别于实验进行后第 1,7,14,21 及 28 天时各随机取出 7 只进行胃排空功能检测。另外剩下的 70 只大鼠则随机分为 2 组,分别为暴露组及对照 B 组;将暴露组大鼠置于次声舱内,给予 8 Hz、130 dB 的次声作用,每天 2 h,连续暴露 14 d 后停止,分别于次声作用结束后第 1,7,14,21 及 28 天时各随机取出 7 只大鼠进行胃排空功能检测;对照 B 组大鼠则每天置于次声舱内 2 h,期间不给予次声作用。各组大鼠胃排空检测均在最后一次次声作用结束后 1 h 内进行。检测时,大鼠胃内灌注 3 ml 由 ^{99m}Tc 标记的温盐水,于 20 min 后处死,采用发射型计算机断层扫描系统连续测量胃肠道残留的 γ -射线量并计算出胃排空率。**结果** ①大鼠经 8 Hz、90 dB 次声作用 7 d 和 14 d 后,其胃排空率明显低于对照 A 组($P < 0.05$)。大鼠经 8 Hz、130 dB 次声作用 1 d 后,其胃排空率与对照 A 组及 8 Hz-90 dB 组比较,差异均无统计学意义;但大鼠经该次声作用 7,14,21 及 28 d 后,其胃排空率则明显低于对照 A 组及 8 Hz-90 dB 组($P < 0.05$)。②大鼠经 16 Hz、130 dB 次声作用 1,7,14 d 后,其胃排空率较对照 A 组明显降低;大鼠经该次声作用 14 d 和 21 d 后,发现其胃排空率明显高于 8 Hz-130 dB 组($P < 0.01$)。③大鼠经 8 Hz、130 dB 次声作用 2 周后进行为期 4 周的后续效应观察,发现在第 1,7,14,21 及 28 天时,大鼠胃排空率逐渐恢复,但仍明显低于对照 B 组($P < 0.05$)。**结论** 8 Hz、90 dB 或 130 dB 以及 16 Hz、130 dB 次声作用均可引发大鼠胃排空功能障碍,其严重程度与次声频率、强度及作用时间相关;当停止次声作用后,大鼠胃排空功能有自我恢复的趋势。

【关键词】 次声; 大鼠; 胃排空

The effects of infrasound on gastric emptying WANG Jin-hai*, LUO Jin-yan, CHEN Jing-zao, GUO Xiao-yan. * Department of Gastroenterology, The Second Hospital of Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710004, China

【Abstract】 Objective To explore the effects of infrasound frequency and intensity on gastric emptying in rats. **Methods** One hundred and forty rats were randomly divided into a control group, and groups receiving 8 Hz-90 dB, 8 Hz-130 dB and 16 Hz-130 dB infrasound. Another 70 rats were randomly divided into a control group and an exposure group continuously stimulated with infrasound at 8 Hz and 130 dB. The control group again was not exposed. The gastric emptying rate of the rats in all the groups was tested at different time points. **Results** ①Compared with the control group, gastric emptying rate decreased significantly after exposure to infrasound for 7 or 14 days. After exposure for 1 day, no significant difference was found. After exposure for 7, 14, 21 or 28 days, gastric emptying decreased significantly more in the 8 Hz-130 dB group than in the 8 Hz-90 dB group or the control group. ②Compared with the controls, gastric emptying decreased in the 16 Hz-130 dB group after exposure for 1, 7 and 14 days, but there was no significant difference between these two groups after 21 or 28 days. Gastric emptying decreased significantly more at 8 Hz-130 dB than at 16 Hz-130 dB after exposure for 14 or 28 days. ③Gastric emptying tended to recover after exposure of 14 days to 8 Hz-130 dB infrasound, but compared with the controls, gastric emptying was still reduced after exposure had been stopped for 1, 7, 14, 21 and 28 days. **Conclusion** Infrasound at 8 Hz-90 dB, 8 Hz-130 dB or 16 Hz-130 dB can restrain stomach emptying. The extent of the reduction is closely related to the frequency, intensity and exposure time. Gastric emptying tends to recover after infrasound exposure is stopped.

【Key words】 Infrasound; Rats; Gastric emptying

基金项目:陕西省科技计划项目(No. 2005k12-G1-3)

作者单位:710004 西安,西安交通大学医学院第二附属医院消化内科(王进海、罗金燕、郭晓燕);第四军医大学西京医院康复理疗科(陈景藻)

次声(infrasound)是频率范围为 0.000 1~20 Hz 的机械振动波^[1],由于其频率低于人类可听阈值范围,故人耳一般感觉不到。次声广泛存在于自然界、生产劳动及交通运输环境中,作为公共噪音的重要组成部分正日益受到临床医学、预防医学及军事医学等多个研究领域的重视。次声波具有传播距离远、衰减小、穿透力强等物理学特性。现有研究已证实,一定声压级水平的次声波可致人体功能障碍,甚至诱发器质性损伤。目前有关次声生物学效应的研究多集中在中枢神经系统、应激反应、听觉系统、生殖系统、心血管及呼吸系统等方面,涉及次声对胃肠道系统生物学效应的研究报道则相对较少。本研究采用不同强度、频率的次声作用于大白鼠,并于次声作用后不同时间点分别检测其胃排空率,以探讨次声作用对胃组织运动功能的影响。现报道如下。

材料与方法

一、材料

1. 实验动物:共有一级雄性 SD 大白鼠 210 只,由第四军医大学实验动物中心提供,6~7 周龄,平均体重(189.0 ± 8.9)g。上述动物于实验前 1 周领回,分笼适应性饲养于安静环境中。动物室温度控制在 20~24℃,湿度控制在 50% 左右。实验期间大鼠可自由进食,给予正常周期日光照射。

2. 实验仪器及设备:次声声源及检查系统由第四军医大学在中国科学院声学研究所及航天工业总公司第 41 所协作下建成。次声压力舱系统由低频信号发生器(1110B 型,北京强度环境研究所研制)、功率放大器(7101 型,航天工业总公第 702 所研制)及 4 个电动扬声器(YD500-8XA 型,南京电声器材公司研制)组成;检查系统主要包括次声传声器(1425 型,丹麦 B&K 公司研制)和次声信号数据采集分析系统。由计算机实时采集次声各主要频率成分及强度大小,对数据分析结果以图形方式显示,数据曲线自动输出。胃排空检查采用美国 GE Millennium VG5 Hawkeye 发射型计算机断层扫描系统(ECT/CT)对大鼠进行核素定量胃肠显像检查。胃内灌注液为放射性比活度为 12 MBq 植酸钠^{99m}Tc(广东希埃核医学中心)温盐水。

二、实验方法

1. 次声暴露方法:从上述 210 只雄性 SD 大鼠中挑选出 140 只并随机分成 4 组,分别是对照 A 组、8 Hz-90 dB 组、8 Hz-130 dB 组及 16 Hz-130 dB 组,每组各有大鼠 35 只。各实验组大鼠每天于固定时间点置于次声舱内,按分组时要求的次声频率、强度每天给予次声暴露 2 h;对照 A 组大鼠每天于固定时间点置于次声舱内 2 h,期间不给予次声暴露。各组大鼠分别于实验进行 1,7,14,21 及 28 d 时随机取出 7 只进行

胃排空功能检查。另外剩下的 70 只大鼠则随机分成 2 组,分别是暴露组及对照 B 组,每组各 35 只。暴露组大鼠每天于固定时间点置于次声舱内,给予 8 Hz、130 dB 的次声暴露 2 h,每天 1 次,连续作用 14 d,再分别于次声暴露结束后第 1,7,14,21 及 28 d 时各随机取出 7 只大鼠进行胃排空功能检查;对照 B 组大鼠则每天于固定时间点置于次声舱内,期间不给予次声暴露,共持续 2 d,其它操作同暴露组。

2. 胃排空功能检查:各组大鼠胃排空功能检查均于次声作用结束后 1 h 内进行。大鼠检查前需禁食 8 h,用灌注针经食管向胃内灌注放射性比活度为 12 MBq 的^{99m}Tc 标记的温盐水 3 ml,并于 20 min 后断头处死大鼠,打开腹腔,结扎幽门及贲门,解剖并分离胃肠组织。采用单光子发射型计算机闪烁计数扫描系统(ECT/CT)连续测量各组大鼠胃肠道残留的 γ -射线量(每次检测持续 6 min),计算出大鼠 20 min 的胃排空率。注:胃排空率 = [肠内 γ -射线计数量 / (胃内 γ -射线计数量 + 肠内 γ -射线计数量)] $\times 100\%$ 。

三、统计学分析

本研究实验数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用 SPSS 11.0 版统计软件进行数据分析,各组间数据比较选用 t 检验, $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

结 果

一、同频率、不同声压级水平次声暴露对大鼠胃排空功能的影响

由表 1 数据可知,8 Hz、90 dB 次声作用大鼠 1 d 后,其胃排空率与对照 A 组大鼠比较,差异无统计学意义($P > 0.05$);当作用 7 d 及 14 d 后,其胃排空率较对照 A 组明显降低($P < 0.05$ 或 0.01);当次声作用 21 d 及 28 d 后,其胃排空率与对照 A 组比较,差异又无统计学意义($P > 0.05$)。8 Hz、130 dB 次声作用大鼠 1 d 后,其胃排空率与对照 A 组及 8 Hz-90 dB 组大鼠比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$);当次声作用 7,14,21 及 28 d 后,其胃排空率则明显低于对照 A 组及 8 Hz-90 dB 组($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)。从图 1 可以看出,8 Hz、90 dB 和 8 Hz、130 dB 次声均可使大鼠胃排空率降低,其中以次声作用 14 d 时最为显著,随后大鼠胃排空率有所恢复,而且 130 dB 次声对胃排空功能的影响强于 90 dB 次声。

二、同声压级水平、不同频率次声作用对大鼠胃排空功能的影响

由表 2 数据可知,8 Hz、130 dB 次声作用于大鼠 1 d 后,其胃排空率与对照 A 组比较,差异无统计学意义($P > 0.05$);当次声作用 7,14,21 及 28 d 后,其胃排空率则明显低于对照 A 组,以次声作用 14 d 时尤为显著($P <$

0.01)。当 16 Hz、130 dB 次声作用于大鼠 1, 7, 14 d 后, 其胃排空率较对照 A 组明显降低, 以次声作用 7 d 时最为明显 ($P < 0.01$); 次声作用 21 d 及 28 d 时与对照 A 组比较, 差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。2 实验组大鼠在次声作用 1, 7 及 28 d 后, 其组间胃排空率比较, 差异均无统计学意义 ($P > 0.05$); 当次声作用 14 d 及 21 d 时, 发现 8 Hz-130 dB 组大鼠胃排空率明显低于 16 Hz-130 dB 组 ($P < 0.01$)。从图 2 可以看出, 在次声开始作用的第 1 周内, 16 Hz 次声暴露对大鼠胃排空功能的影响较明显, 2 周以后则发现 8 Hz 次声暴露对胃排空功能的影响强于 16 Hz 次声作用。

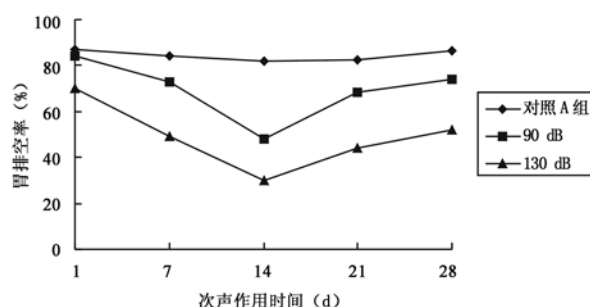


图 1 8 Hz-90 dB 及 8 Hz-130 dB 次声作用对大鼠胃排空功能的影响

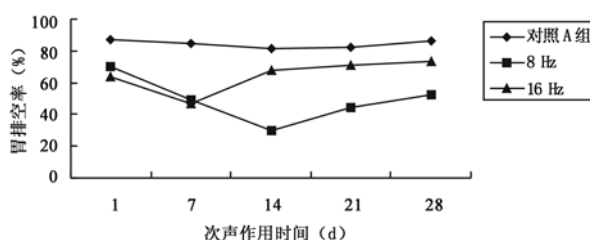


图 2 8 Hz、16 Hz、130 dB 的次声对胃排空功能的影响

三、次声作用结束后各组大鼠胃排空功能的恢复情况

由表 3 数据可知, 待暴露组大鼠持续 2 周的 8 Hz、130 dB 次声作用结束后, 于次声结束后第 1, 7, 14, 21 及 28 天时检测, 发现其胃排空率仍低于对照 B 组大鼠 ($P < 0.05$)。从图 3 可以看出, 在 8 Hz、130 dB 次声作用结束后的 28 d 观察期内, 暴露组大鼠胃排空功能虽有一定程度的恢复, 但仍显著低于对照 B 组大鼠。

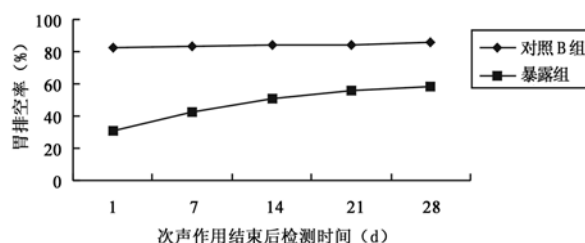


图 3 8 Hz、130 dB 次声对大鼠胃排空功能的后续性影响

讨 论

次声波是一种机械波, 它通过波源使介质中邻近的质点振动, 进而引发较远质点的振动, 从而以一定的速度从波源开始由近及远向各个方向传播。生物体可看作是一个复杂的机械振动体系, 不同的组织器官有其不同的自身振动频率, 但大多数人体器官的固有振动频率都在次声频率范围内, 这也是次声能产生生物共振作用的基础。当机体暴露于次声环境时, 一定强度的次声可使机体弹性壁处于振动状态, 外壁的振动又可传导至内部组织器官。当机体某一器官的固有振动频率与振动源 (如次声) 的振动频率相同时, 则该组织器官的振幅将

表 1 同频率、不同声压级次声暴露对大鼠胃排空率的影响 (%) , $\bar{x} \pm s$

组 别	只数	检测时间(d)				
		1	7	14	21	28
对照 A 组	7	87.20 ± 8.73	84.34 ± 10.23	81.76 ± 9.81	82.45 ± 11.43	86.49 ± 9.87
8 Hz-90 dB 组	7	84.21 ± 6.43	72.69 ± 5.33 *	47.84 ± 12.58 *	68.45 ± 17.66	74.00 ± 12.90
8 Hz-130 dB 组	7	69.84 ± 20.42	49.21 ± 6.52 * #	30.02 ± 16.29 * #	44.26 ± 9.67 * #	52.16 ± 15.78 * #

注: 与对照 A 组比较, * $P < 0.05$; 与 8 Hz-90 dB 组比较, # $P < 0.05$

表 2 同声压级水平、不同频率次声作用对大鼠胃排空率的影响 (%) , $\bar{x} \pm s$

组 别	只数	检测时间(d)				
		1	7	14	21	28
对照 A 组	7	87.20 ± 8.73	84.34 ± 10.23	81.76 ± 9.81	82.45 ± 11.43	86.49 ± 9.87
8 Hz-130 dB 组	7	69.84 ± 20.42	49.21 ± 6.52 *	30.02 ± 16.29 *	44.26 ± 9.67 *	52.16 ± 15.78 *
16 Hz-130 dB 组	7	63.96 ± 11.20 *	46.78 ± 8.46 *	67.79 ± 6.40 * #	71.24 ± 10.01 #	73.15 ± 17.47

注: 与对照 A 组比较, * $P < 0.05$; 与 8 Hz-130 dB 组比较, # $P < 0.05$

表 3 8 Hz、130 dB 次声作用结束后大鼠胃排空率的恢复情况 (%) , $\bar{x} \pm s$

组 别	只数	次声暴露停止后检测时间(d)				
		1	7	14	21	28
对照 B 组	7	82.12 ± 9.42	83.16 ± 11.16	83.78 ± 9.56	84.48 ± 10.28	85.55 ± 8.94
暴露组	7	31.03 ± 12.11 *	42.53 ± 14.34 *	50.68 ± 18.34 *	55.56 ± 21.24 *	58.49 ± 20.33 *

注: 与对照 B 组比较, * $P < 0.05$

增大,从而形成共振反应^[2]——即生物共振。由于不同的组织器官有不同的固有频率,所以不同组织器官对不同频率次声的敏感性也不尽相同;只有当次声的频率与机体某部位组织的固有频率相同时,则该部位产生的生物学效应最明显。生物共振是次声对机体发挥功能最根本的机制之一,也是次声作用对人体产生生物学效应的起始环节。次声对机体的生物学效应是通过生物共振启动及实现的,它对机体的作用广泛而复杂,涉及到器官、组织、细胞及分子等多个层面。目前多数学者认为次声主要通过直接的机械共振损伤作用^[3-5]及间接的生物反射性反应^[6-8]两种途径影响机体。

次声引起的生物学效应既广泛又复杂,目前较多的研究已证实,一定强度的次声作用对动物及人体中枢神经、应激反应、听觉、生殖、呼吸及心血管等系统的功能和结构均可产生明显影响^[9-11],但目前有关次声对胃肠道作用及其机制的研究报道则相对较少。曾有报道指出,当 15 Hz 以下频率,135 dB 的次声作用于人体时,受试者可出现乏力、恶心、呕吐及食欲减退等症状。Argaret 等^[12]研究发现,暴露于 16 Hz、120 dB 次声环境中的大鼠,在 10 min 内出现胃粘膜血流量减少,10 min 后上述变化更加明显,20 min 后大鼠胃粘膜血流量减少 19.1%。谭永霞等^[13]采用 8 Hz、90 dB 和 130 dB 的次声辐射大鼠,每天作用 2 h,共持续 42 d,发现实验组大鼠体重增长速度较对照组明显减缓,胃窦及十二指肠中的 5-HT 含量增多,且与次声作用时间及次声强度呈正相关。

有研究表明,腹腔脏器的固有频率一般为 6 ~ 9 Hz^[1],所以本实验设计将接受 8 Hz 次声作用的实验大鼠作为观察对象,同时将经 16 Hz 次声作用及未给予次声作用的大鼠作为观察比较对象,结果发现,实验大鼠经 8 Hz、90 dB 或 130 dB 次声作用 1 周后,均可使其胃排空率明显降低,并且都以次声作用 14 d 时最为显著,而且进一步观察后还发现,130 dB 次声对胃排空的影响强于 90 dB 次声,提示次声对胃组织运动功能的影响与次声强度呈正相关。大鼠经 16 Hz、130 dB 的次声作用 1 d 后,其胃排空率明显降低,并且以次声作用 7 d 时最为明显;与同强度 8 Hz 次声作用比较,16 Hz 次声在开始作用的 1 周内对胃排空功能的影响较显著,但随着时间的推移,8 Hz 次声生物效应逐渐强于 16 Hz 次声,说明次声对胃排空功能的影响与次声频率及作用时间也有一定关系。由于在相同声压级水平条件下,同一时间段内 16 Hz 次声对胃组织刺激的频次多于 8 Hz 次声,所以前者引发的胃排空障碍程度较重;但由于 8 Hz 次声的频率更接近腹腔脏器的固有频率范围,较 16 Hz 次声更易引发生物共振作用从而产生较为强烈的生物学效应,故随着次声作用时间的增加,8 Hz 次声引起的胃运动障碍程度较 16 Hz 次声严重而持久。

本研究还同时发现,次声作用时间与胃排空功能障碍程度并非呈平行的线性关系,如大鼠分别经 8 Hz 或 16 Hz、90 dB 或 130 dB 次声作用 1 或 2 周后,其胃排空率较次声暴露前均显著下降,但各组都同时有不同程度的恢复趋势,表明大鼠对次声作用有一定的适应能力,这与其它许多研究结果一致^[14,15]。另外在本研究中,当 8 Hz、130 dB 次声作用 2 周后,在其后的 4 周动态观察期间,发现大鼠胃排空功能有恢复的趋势,但仍显著低于对照组。次声引起胃运动功能异常的远期后续效应还有待更进一步研究。

综上所述,次声作用可引发胃组织运动功能障碍,且与次声的频率、强度及作用时间有关,机体对次声作用也有一定的适应性;另外由于次声对机体的作用广泛而复杂,同时机体胃组织排空功能又受多种因素影响,故次声对胃排空影响的确切机制还有待进一步探讨。

参 考 文 献

- 1 陈景藻. 次声的存在及其基本生物效应和研究意义. 中华物理医学与康复杂志, 1999, 21: 131-133.
- 2 Osamn Okai. Effects of infrasound on respiratory function of man. J Low Freq Noise Vib, 1986, 5: 94-99.
- 3 Batanov GV. Characteristics of etiology of immediate hypersensitivity in condition of exposure to infrasound. Radiat Biol Radioecol, 1995, 35: 78-82.
- 4 Martini K, Opltova L. Human nonspecific response to sound stimulation. J Hyg Epidemiol Microbiol Immunol, 1986, 30: 139-144.
- 5 Idovyi VI, Kuklina OL. State of the hemolymph circulatory bed of conjunctive as affected by infrasound. Gig Tr Prof Zabol, 1985, 6: 51-52.
- 6 Pawlaczyk LM. The influence and sources of infrasound review of literature. Med Pr, 1998, 49: 489-492.
- 7 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.
- 8 杜宝东, 刘淑芳. 次声对人体及动物影响的研究进展. 国外医学耳鼻喉科学分册, 2001, 25: 99-102.
- 9 费舟, 章翔, 王小峰, 等. 次声作用后鼠脑超微结构与血脑屏障的改变. 中华物理医学与康复杂志, 1999, 21: 134-136.
- 10 Carricondo F, Bartolome MV, Vicente MA, et al. Sensitivity to glutamate neurotoxicity in different developmental periods of the rat cochlea. Adv Otorhinolaryngol, 2002, 59: 91-95.
- 11 Nekhoroshev AS, Glinchikov VV. Morphofunctional changes in the myocardium under exposure to infrasound. NVB Noise Vib Bull, 1998, 12: 56-58.
- 12 Argaret J, Eveans W, Tempest M. Some effects of infrasound noise in transportation. J Sound Vib, 1972, 22: 19-24.
- 13 谭永霞, 李玲, 陈景藻, 等. 8 Hz 次声对大鼠体重和胃十二指肠 5-HT 表达的影响. 中国康复理论与实践, 2004, 10: 31-33.
- 14 谭永霞, 李玲, 陈景藻. 8 Hz 次声对大鼠海马和颞叶皮层 5-HT 表达的影响. 中华物理医学与康复杂志, 2004, 26: 595-598.
- 15 李唯, 贾克勇, 李焕章, 等. 8 Hz 和 16 Hz 次声对大鼠肺组织损伤及肺氧合功能的影响. 第四军医大学学报, 2001, 22: 1485-1489.

(收稿日期: 2006-01-20)

(本文编辑: 易 浩)