

3.0T 磁共振隔音罩听功能保护效果评估研究

韩晓磊, 李欢, 杨健, 范宝江

【摘要】 目的:对比分析有无隔音罩两种状态下 MRI 系统噪声对采取传统听力保护措施受试者听功能的影响,评估新研发的隔音罩对听功能的保护效果。**方法:**采用动态听性脑干反应测试(ABR)方法对无隔音罩状态(对照组)50 例和有隔音罩状态(实验组)50 例志愿者于 MRI 检查前 24 h 内(第一次检查)、MRI 检查后 20 min 内(第二次检查)进行两次听功能测试,评估受试者听功能受损情况;对听功能阈值增高者于 25 d 后行 ABR 听功能复查(第三次检查),评估听功能恢复情况。**结果:**对照组第二次检查左右耳的听功能指数明显高于第一次检查,差异均有统计学意义(左耳: $P=0.013$;右耳: $P=0.001$),第三次检查与第一次检查结果比较差异无统计学意义(左耳: $P=0.124$;右耳: $P=0.451$);实验组两次 ABR 测试左右耳听功能阈值比较差异无统计学意义(左耳: $P=0.075$;右耳: $P=0.403$)。第一次检查对照组与实验组左右耳听功能阈值比较差异无统计学意义(左耳: $P=0.321$;右耳: $P=0.350$);第二次检查两组差异有统计学意义(左耳: $P=0.004$;右耳: $P=0.001$),对照组左右耳听功能指数明显高于实验组。**结论:**3.0T MRI 系统噪声会使采取传统听力保护措施的健康成人听阈发生短暂性改变;隔音罩能明显降低 MRI 系统听性噪声,有效保护受检者的听功能,减少受检者的噪声暴露。

【关键词】 磁共振成像; 噪声; 隔音罩; 听阈

【中图分类号】 R445.2; R764.04 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2019)09-0980-04

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2019.09.009

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Study on evaluation of hearing protection effect of MRI sound insulation cover HAN Xiao-lei, LI Huan, YANG Jian, et al. Department of Medical College, Shaanxi Energy Institute, Shanxi 712000, China

【Abstract】 Objective: To evaluate the hearing protection effect of the new developed sound insulation cover through contrasting the influence of MRI noise on hearing function with traditional hearing protection with or without sound insulation cover. **Methods:** Dynamic auditory brainstem response (ABR) was implemented to estimate the hearing function of experimental group (with sound insulation cover, 50 cases) and control group (without sound insulation cover, 50 cases), respectively within 24 hours before (test 1) and within 20 minutes after the MRI examinations (test 2). Participants with higher hearing threshold in ABR test 1 after 25 days were re-examined (test 3) to evaluate the hearing function recovery. **Results:** The left and right ear hearing thresholds of control group from test 2 were significantly higher than those from test 1 (left: $P=0.013$; right: $P=0.001$); while, there were no significant differences between test 3 and test 1 (left: $P=0.124$; right: $P=0.451$). For the experimental group, there were no significant differences in hearing thresholds of left and right ears between test 2 and test 1 (left: $P=0.075$; right: $P=0.403$). Compared the left and right ear hearing thresholds of experimental group with control group, there were no significant differences in test 1 (left $P=0.321$; right $P=0.350$); but there were significant differences in test 2 (left $P=0.004$; right $P=0.001$), and the ABR results of control group were significantly higher than those of experimental group. **Conclusion:** The noise arising from 3.0T MRI can cause temporary hearing threshold shift in healthy adults with traditional hearing protection. The new sound insulation cover can reduce MRI noise significantly and protect hearing function of examined subjects effectively, and subsequently reduce the noise exposure to subjects.

【Key words】 Magnetic resonance imaging; Noise; Sound insulation cover; Auditory threshold

作者单位: 712000 陕西, 陕西能源职业技术学院医学院(韩晓磊、李欢、范宝江); 710061 西安, 西安交通大学医学院第一附属医院影像中心(杨健)

作者简介: 韩晓磊(1978-), 女, 河北承德人, 硕士, 副教授, 主要从事 MRI 技术工作。

基金项目: 陕西省自然科学基金项目(17JK0166)

MRI 在临床疾病诊断和科研工作中应用广泛,尤其是高场强 MRI 系统(3.0T 和 7.0T)在相关疾病的形态及功能成像方面具有无可替代的优势。然而, MRI 系统在扫描过程中随着梯度磁场的切换会产生多种类型高强度的噪声^[1]。实践表明,在采取传统听力保护措施的情况下, MRI 系统噪声仍会对受检者及长期处于扫描工作间的操作者产生一系列不良影响,如焦虑、语言交流障碍、血压和心率改变、耳鸣及头晕目眩等症状,导致受检者(尤其是婴幼儿)耐受力 and 配合度降低,从而影响图像质量及诊断效果;更重要的是,有研究报道 MRI 系统噪声可能会导致暂时性或永久性听阈改变,甚至耳聋^[2,3]。

当前已有多个纲要提出了听力保护的重要性^[4-7],国内外学者针对 MRI 系统有效降噪方法的研究亦广泛开展,但目前临床工作中除传统的措施外仍然缺少较好的降噪技术。本研究团队根据 MRI 噪声产生原理及传播特点,研发出一种用于降低 MRI 系统听性噪声的隔音装置(隔音罩),本文对比分析有无隔音罩状态下 3.0T MRI 系统听性噪声对采取传统听力保护措施的健康成人听功能的影响,旨在评估隔音罩的听功能保护效果。

材料与方法

1. 一般资料

选取 2017 年 3 月—2018 年 3 月行头颅 MRI 检查的健康成年志愿者 100 例,其中实验组和对照组各 50 例。男 48 例,其中实验组 26 例,对照组 22 例。女 52 例,其中实验组 24 例,对照组 28 例。100 例志愿者年龄为 18~26 岁,平均(22.28±1.51)岁。所有志愿者均无异常临床表现,受试期间避免其它任何影响听功能的行为。

2. 隔音罩设计

针对美国 GE 公司 Signa HDxt 3.0T 超导型 MRI 机型,使用有机玻璃 3D 打印成一个双层中空带透气孔的半圆柱形有机玻璃罩,将吸音隔音棉镶嵌于玻璃罩内外层之间,再加上半圆形有机玻璃盖制成完整的隔音罩(图 1、2)。使用时,将其放置在头颅线圈与主磁体之间,以阻挡噪声的传递。

3. 检查方法

采用美国 GE 公司 Signa

HDxt 3.0T 超导型 MRI 扫描仪及配套的标准 8 通道头部正交线圈行 MRI 检查,对受检者行头部 T1FLAIR 轴面、T₂WI 轴面、T₂ FLAIR 矢状面、扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)及扩散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)扫描。选用的 MRI 序列及扫描参数见表 1。

表 1 选用的 MRI 序列及扫描参数

参数	T1 FLAIR	T ₂ WI	T ₂ FLAIR	DWI	DTI
TR(ms)	2223	4480	8002	5500	13200
TE(ms)	28	118	173	74.6	85.9
视野(cm)	24×24	24×24	24×24	24×24	25.6×25.6
层厚(mm)	5	5	5	5	3
矩阵	320×256	384×256	288×192	160×160	128×128
扫描时间(分:秒)	2:03	2:02	1:44	0:42	7:09

志愿者仰卧于检查床上,佩戴 3M 海绵耳塞并在其耳旁放置海绵垫以做好听力保护,准备好后加装头颅线圈,固定,扫描定位,进床使头颅线圈到等中心位点,按表 1 中所选序列及参数依次进行扫描。对照组 50 例志愿者完全按上述步骤进行检查。与对照组不同的是,实验组 50 例志愿者行 MRI 检查时需在头颅线圈外侧加盖隔音罩,两者一同进入主磁体孔径中到达等中心位点,通过隔音罩阻挡由主磁体内梯度线圈射向头颅线圈的噪声而减少噪声的传递。实验组 MRI 检查其它操作步骤与对照组完全相同。

4. 志愿者听力测试

测试方法:于本体噪音低于 30 dB(A)的隔音听性

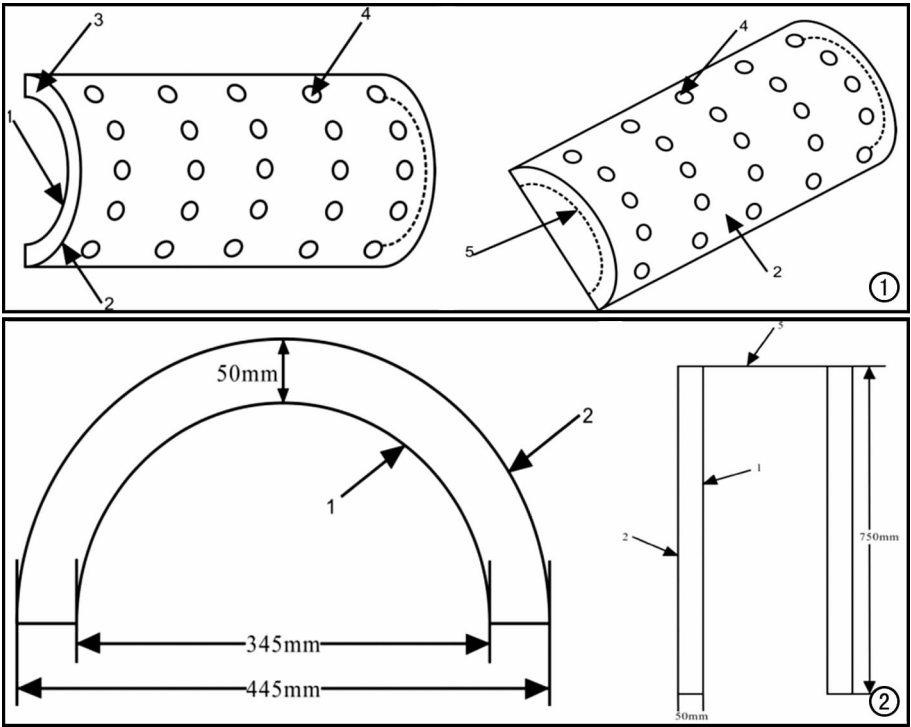


图 1 隔音罩立体结构图。1:内层玻璃罩;2:外层玻璃罩;3:隔音棉;4:透气孔;5:头顶玻璃盖。图 2 隔音罩尺寸图。1:内层玻璃罩;2:外层玻璃罩;5:头顶玻璃盖。

脑干反应(auditory brainstem response, ABR)测试室内进行听力检查。志愿者仰卧于检查床上,佩戴 TDH-49P 耳机,自然睡眠或服用 10% 水合氯醛镇静催眠,应用丹麦脑干潜在反应 Eclipse 诱发电位仪进行 ABR 测试。电位仪的记录电极置于前额发际,接地电极置于鼻根部,参考电极分别置于同侧和对侧乳突,电极阻抗均小于 5 k Ω 。ABR 采用 Click 短声干扰,频率为 19.9 次/s,分析时间为 10 ms,频数为 1100 次,带通滤波为 100~3000 Hz,以波 V 判定反应阈值。

刺激释放:给予起始强度 80 dBn HL,以 20 dB 顺次降低或增加测试值,将能出现 V 波的最低声压级视为听性脑干反应 V 波反应阈,且该最小声压级作为受检者的听阈,最小听力水平重复测试两次。所有可用的 ABR 幅度测试结果以 dB 声压水平记录。以 V 波反应阈超过 30 dBn HL 为 2~4 KHz 范围的听功能受损标准。

测试程序:采用动态 ABR 测试方法,对 100 例志愿者(实验组和对照组各 50 例)分别于 MRI 检查前 24 h 内(第一次检查)、MRI 检查后 20 min 内(第二次检查)进行两次听力测试,评估受试者听功能受损情况。对听阈增高者于 25 d 以后行 ABR 听功能复查(第三次检查),评估听功能恢复情况。对比分析实验组(用隔音罩)和对照组(未用隔音罩)受试者听功能受损及恢复情况,评估隔音罩的听功能保护效果。

5. 统计学分析

采用 SPSS 18.0 统计学软件包进行统计学处理。计量资料以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x}\pm s$)表示。实验组及对照组左右耳的第二次与第一次、第三次与第一次的听功能阈值比较采用自身配对 t 检验,实验组与对照组左右耳听功能阈值的比较采用两独立样本 Wilcoxon 秩和检验。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 同组不同次比较

实验组 MRI 检查前后两次 ABR 测试左右耳的听功能阈值差异均无统计学意义($L:P=0.075$; $R:P=0.403$)(表 2,图 3a),因此未进行第三次听功能复查。对照组 MRI 检查后左右耳的听功能指数明显高于检查前($L:P=0.013$; $R:P=0.001$),尚未超过 40 dBA;25 d 后进行左右耳听功能复查,与第一次检查结果比较差异无统计

学意义($L:P=0.124$; $R:P=0.451$)(表 3,图 3b)。

表 2 实验组左右耳各检查组次 ABR 听功能阈值比较(dBA)

部位	第一次检查	第二次检查	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
左耳	15.00 $\pm$ 5.71	13.50 $\pm$ 4.55	2.604	0.075
右耳	12.60 $\pm$ 3.94	12.80 $\pm$ 4.18	-0.628	0.403

表 3 对照组左右耳各次 ABR 听功能阈值比较(dBA)

检查组次	平均值(左)	<i>t</i> 值(左)	<i>P</i> 值(左)	平均值(右)	<i>t</i> 值(右)	<i>P</i> 值(右)
第一次检查	14.50 $\pm$ 4.98	-7.741	0.013	12.70 $\pm$ 3.81	-9.450	0.001
第二次检查	20.10 $\pm$ 4.27			18.20 $\pm$ 4.53		
第一次检查	14.50 $\pm$ 4.98	1.501	0.124	12.70 $\pm$ 3.81	0.240	0.451
第三次检查	13.40 $\pm$ 4.49			12.80 $\pm$ 4.34		

2. 同次不同组比较

将实验组与对照组 MRI 检查前后两次 ABR 测试左右耳听功能阈值进行比较。第一次测试实验组与对照组左右耳听功能阈值差异均无统计学意义($L:P=0.321$; $R:P=0.350$)(表 4,图 4a);第二次测试实验组与对照组左右耳听功能阈值差异均有统计学意义($L:P=0.004$; $R:P=0.001$)(表 5,图 4b),对照组左右耳的听功能指数均明显高于实验组。

表 4 第一次测试左右耳 2 组 ABR 听功能阈值比较(dBA)

部位	对照组	实验组	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
左耳	14.50 $\pm$ 4.98	15.00 $\pm$ 5.71	-0.515	0.321
右耳	12.70 $\pm$ 3.81	12.60 $\pm$ 3.94	0.434	0.350

表 5 第二次测试左右耳 2 组 ABR 听功能阈值比较(dBA)

部位	对照组	实验组	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
左耳	20.10 $\pm$ 4.27	13.50 $\pm$ 4.55	7.176	0.004
右耳	18.20 $\pm$ 4.53	12.80 $\pm$ 4.18	6.498	0.001

讨 论

本研究所有受试对象均采用统一标准的 3 M 海

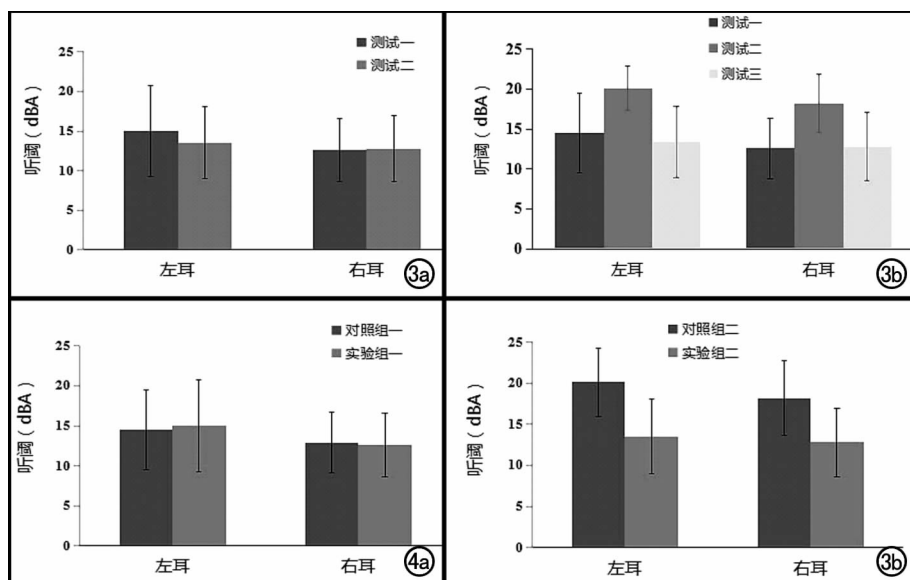


图 3 实验组及对照组左右耳各检查组次 ABR 听功能阈值比较。a) 实验组;b) 对照组。图 4 第一次及第二次检查听功能测试左右耳实验组与对照组 ABR 听功能阈值比较。a) 第一次检查;b) 第二次检查。

绵耳塞进行听力保护,其降噪范围为 10~30 dBA,3.0T MRI 系统噪声峰声压水平约为 120~130 dBA,因此进入受检者外耳道内的噪声范围约为 80~100 dBA。ABR 是目前临床广泛应用于听功能评估的非侵入性的有效方法,不需要任何有意识的声音感知能力及给予过强的声音刺激就可以对听系统生理敏感性进行测试,包括听觉环路(外听道、听觉传导链、耳蜗、耳蜗神经及中枢听觉系统)任何部位的听功能。ABR 对听性敏感阈的测试主要依赖于其可探测到的最弱声音刺激强度,以能引出 V 波反应的最弱刺激强度作为 ABR 的反应阈。因此,本研究采用 ABR 方法进行听功能测试。

本研究结果发现,对照组受检者行 MRI 检查后发生短暂性听阈升高,25 d 后复查听功能恢复至 MRI 检查前,表明噪声未对听力造成永久性影响。Hellstrom 等^[8]研究发现,大多数年轻成年受试者在接受音量水平为 91~97 dBA 的音乐暴露 1 h 后发生暂时性听阈改变,与本研究结果基本相符。由此表明,进入外耳道内的噪声水平在 80~100 dBA 时有造成暂时性听阈改变的风险。Moore 等^[9]对患者进行追踪研究发现,在未采取听力保护措施时接受 1.5T MRI 噪声暴露后患者听阈发生永久性改变,此结果与噪声频率及对患者未采取听力保护措施有关。针对 3.0T MRI 噪声研究个案发现,采取 3 M 海绵耳塞听力保护措施的患者出现暂时性听力损伤^[10],与本研究对照组研究结果相符。以上研究结果表明 3.0T MRI 系统噪声对采取传统听力保护措施的健康成人而言,会造成暂时性听阈改变。高场强、长时间扫描对受检者听功能的影响有待进一步证实,因此在后续临床及科研工作中应做好受检者的听力保护。

本研究实验组受检者在采取传统听力保护措施的同时加盖隔音罩,MRI 检查后与检查前比较听阈未见明显改变,可见 3.0T MRI 系统噪声对实验组受检者的听功能无明显影响,提示隔音罩能很好地降低 MRI 系统听性噪声,与耳塞类听力保护措施联合使用,可为受检者提供有效的听力保护策略。

本研究的不足之处主要为纳入的研究对象仅为健康年轻人。文献报道噪声对处于高风险状态的人群

会产生更大的损伤,尤其是早产儿、婴幼儿、老年人及精神紊乱者对噪声更敏感,更易引起听力损伤。因此,本研究的结论适用范围较窄,不能推广至所有人群。后续研究应扩大样本量,分别研究磁共振噪声对高风险疾病人群、健康人群、早产儿及足月儿的影响。

综上所述,3.0T MRI 系统噪声会使采取传统听力保护措施的健康成人发生短暂性听阈改变;本研究团队研发的隔音罩能明显降低 MRI 系统听性噪声,有效保护受检者的听功能,减少受检者的噪声暴露。

参考文献:

- [1] Price DL, De Wilde JP, Papadaki AM, et al. Investigation of acoustic noise on 15 MRI scanners from 0.2T to 3T[J]. J Magn Reson Imaging, 2001, 13(2): 288-293.
- [2] 李欢, 杨健. MRI 噪声对听力影响的研究进展[J]. 中华放射学杂志, 2016, 50(2): 158-160.
- [3] Jin C, Li H, Li X, et al. Temporary hearing threshold shift in healthy volunteers with hearing protection caused by acoustic noise exposure during 3T multisequence MR neuroimaging[J]. Radiology, 2017, 286(2): 602-608.
- [4] US Food and Drug Administration, Center for Devices and Radiological Health. Guidance for the submission of premarket notifications for magnetic resonance devices[EB/OL]. <http://www.fda.gov/MedicalDevices/DeviceRegulationandGuidance/GuidanceDocuments/ucm073817.e.htm>, 2016-03-07.
- [5] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Medical magnetic resonance procedures: protection of patients[J]. Health Phys, 2004, 87(2): 197-216.
- [6] UK Department of Health, MHRA. DB: Safety guidelines for magnetic resonance imaging equipment in clinical use[EB/OL]. <http://www.mhra.gov.uk/Publications/SafetyGuidance/DeviceBulletins/CON2033018.e.htm>, 2009-12-14.
- [7] Lim EY, Tang IP, Peyman M, et al. 3 Tesla magnetic resonance imaging noise in standard head and neck sequence does not cause temporary threshold shift in high frequency[J]. Eur Arch Otorhinolaryngol, 2015, 272(11): 3109-3113.
- [8] Hellstrom PA, Axelsson A, Costa O. Temporary threshold shift induced by music[J]. Scand Audiol Suppl, 1998, 48(1): 87-94.
- [9] Moore JK, Linthicum FH. The human auditory system: a timeline of development[J]. Int J Audiol, 2007, 46(9): 460-478.
- [10] Govindaraju R, Omar R, Rajagopalan R, et al. Hearing loss after noise exposure[J]. Auris Nasus Larynx, 2011, 38(4): 519-522.

(收稿日期: 2018-09-04 修回日期: 2019-04-03)