

# 成人语后聋听觉皮层静息态 fMRI 成像特点的初步研究\*

钟凯邦<sup>1</sup> 王晓茜<sup>2</sup> 吴佩娜<sup>2</sup> 葛润梅<sup>2</sup> 黄宏明<sup>2</sup> 曾洁<sup>2</sup>

**【摘要】** 目的:了解成人语后聋静息态听觉皮层功能磁共振成像(fMRI)的特点。方法:选取 8 例重度以上感音神经性语后聋患者,分别以双侧初级听觉皮层(A1)为种子点作静息态 fMRI 功能连接分析,另选取 8 例听力正常者做对照组,对比 2 组间差异。结果:以左侧 A1 区为种子点(ROI),正常听力者主要激活区域为双侧颞上回(STG),语后聋患者主要激活的区域有双侧 STG、中央前回,左侧颞横回(TTG)、中央后回,右侧颞中回(MTG)( $P<0.01$ );以右侧 A1 区为种子点时,正常听力者主要激活区域为双侧 STG,语后聋患者激活的脑区主要有双侧 STG、右侧中央前回和中央后回( $P<0.01$ ),2 组间差异有统计学意义( $P<0.05$ )。结论:语后聋患者大脑发生功能性重组,这种改变可能使其在听力剥夺后增强视觉、触觉等其他感觉功能,进而对日常生活中的信息获取进行有效的补偿。

**【关键词】** 语后聋;功能磁共振成像;功能连接

doi:10.13201/j.issn.1001-1781.2019.02.005

**【中图分类号】** R764.43 **【文献标志码】** A

## Preliminary study of auditory cortex resting-state fMRI features for adult post-lingual deafness

ZHONG Kaibang<sup>1</sup> WANG Xiaoqian<sup>2</sup> WU Peina<sup>2</sup>  
GE Runmei<sup>2</sup> HUANG Hongming<sup>2</sup> ZENG Jie<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Department of Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery, Dongguan Tungwah Hospital, Dongguan, 523000, China;<sup>2</sup>Department of Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery, Guangdong General Hospital)

Corresponding author: WU Peina, E-mail:linwupeina@hotmail.com

**Abstract Objective:** To understand the auditory cortex resting-state fMRI features for adult post-lingual deafness. **Method:** The author performed functional connectivity analysis on the study subjects with resting-state fMRI, the region of interest(ROI) of which were based separately on the left and right sides of primary auditory cortex. The data were collected from 8 cases with severe or above sensorineurally post-lingual deafness, compared to a control group of 8 cases with normal hearing. **Result:** When ROI were based on the left A1 areas of all subjects, the main activating area in the control group was bilateral superior temporal gyrus(STG), while the post-lingual deafness group included the bilateral STG, pre-central gyri, left Transverse temporal gyrus(TTG), post-central gyri and right TTG( $P<0.01$ ); when ROI were based on the right A1 areas of all subjects, the main activating area in the control group was the bilateral STG, while the post-lingual deafness group included the bilateral STG, right pre-central gyri and post-central gyri( $P<0.01$ ). The data showed statistical significance( $P<0.05$ ). **Conclusion:** After hearing loss functional reorganization takes place in the brains of adults with post-lingual deafness, resulting in possible enhancement of visual sense, tactile sense and other sensory systems in order to compensate information acquisition in daily life.

**Key words** post-lingual deafness; fMRI; functional connectivity

静息态功能磁共振成像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)目前已广泛用于抑郁症、阿尔兹海默病等神经精神疾病领域,对话后聋患者听觉皮层功能改变的研究较少。本研究以双侧初级听觉皮层(primary auditory cortex, A1)作为种

子点(region of interest, ROI),进行功能连接分析正常人及语后聋患者的表现,了解听力剥夺对话后聋患者脑功能区的影响。

### 1 对象与方法

#### 1.1 研究对象

收集 2016-01—2016-12 在广东省人民医院就诊的双侧重度以上感音神经性语后聋患者共 8 例。纳入标准:①0.25、0.50、1.00 kHz 三个频率平均阈值 $>60$  dB;②年龄 18~70 岁成人语后聋者。排

\* 基金项目:广州市科技计划(No:201607010392)

<sup>1</sup> 东莞东华医院耳鼻咽喉头颈外科(广东东莞,523000)

<sup>2</sup> 广东省人民医院(广东省医学科学院)耳鼻咽喉头颈外科  
通信作者:吴佩娜, E-mail:linwupeina@hotmail.com

除标准:①左利手;②既往神经、精神科疾病病史;③MRI或CT提示双侧中内耳或颅脑异常者。8例患者中,男5例,女3例;平均年龄50.3岁。具体资料见表1。另选取听力学检查正常者8例作为对照组,其中男4例,女4例;平均年龄43.0岁。

表1 语后聋患者临床资料

例序	性别	年龄 /岁	耳聋时间 (左)	耳聋时间 (右)	听力
1	男	60	2年	2年	极重度
2	女	51	3年	15年	重度
3	男	62	6年	6年	重度
4	女	70	3年	3年	重度
5	女	49	10年	10年	极重度
6	男	18	2年	2年	极重度
7	男	22	2年	10年	极重度
8	男	70	3年	3年	重度

## 1.2 扫描方法

采用静息态 fMRI,受试者保持清醒且平卧于检查床,紧密填充海绵垫以固定头部,棉球塞耳以减轻机器噪声对患者的影响。同时,嘱其安静、闭眼、避免有意识的思维。

**1.2.1 硬件设备** 所有扫描均采用美国 GE 公司生产的 Signa Excite HD 3.0 T 超导磁共振机,配套头部正交线圈。

**1.2.2 常规序列** 常规三平面定位后,行轴位 T1WI、T2WI、T2-FLAIR 扫描,以前后连合的连线作为扫描基线,扫描范围从颅顶至枕骨大孔,扫描参数如下:T1WI(TR/TE, 580/18), T2WI(TR/TE, 5100/130), FLAIR(TR/TE, 9600/110 TI=2400)FOV 240 mm,层厚 5 mm,层间距 1 mm,共 25 层,范围包括全脑。

**1.2.3 静息态 fMRI 扫描** 采用梯度回波单次激发的平面回波成像序列(GRE-EPI 序列),层厚 5 mm,间隔 0,TR 2000 ms,TE 35 ms,翻转角 80°,分辨率 64×64,FOV 240 mm,矩阵 64×64,进行 BOLD fMRI 扫描,扫描层数 30 层,扫描时间 5'12",前 12 s 不做数据采集,共 186 个时相。

**1.2.4 结构像扫描** 常规三平面定位后,采用快速扰相位梯度回波翻转恢复(FSPGRIR)脉冲序列(T1WI)行横断位扫描,范围从颅顶至枕骨大孔,TR 7.6 ms,TE 3.4 ms,FLA 20°,层数 142 层,层厚 1.0 mm,层间距 0,FOV 240 mm,矩阵 256×256, Nex1 次。

## 1.3 数据处理及分析

处理软件:使用 MRICroN 和基于 MATLAB 2012a 程序的相关软件;预处理步骤使用 Data Processing Assistant for Resting-State fMRI

(DPARF 2.0 Basic Edition), 统计分析及作图使用 Resting-State fMRI Data Analysis Toolkit (REST 1.8, <http://www.restfmri.net>)、SPM12、XJVIEW。

预处理步骤:用 MRICroN 中的 dcm2niigui 将原始 DICOM 数据转换为 NIFTI 数据;再用 DPARF 完成下列预处理步骤:去除前面 10 个时间点;进行层数校正(扫描层数 30 层,隔层扫描,参考层数为第 29 层);头动校正参数为 Bounding Box [-90, -126, -72; 90, 90, 108], Voxel Size [3, 3, 3], 使用 T1 图像为模板,排除头动 > 2 mm, 角度 > 2° 的患者;平滑处理的半高全宽为 4 mm×4 mm×4 mm;去趋势,滤波为 0.01~0.10 Hz;最后去除头动校正参数、全脑信号、脑白质和脑脊液等协变量。

分析方法:根据布罗德曼分区方法,设定双侧 BA41 区即 A1 区为种子点,坐标为(-43, -29, 11)和(41, -29, 12),种子半径大小为 6 mm<sup>[1]</sup>,使用 spm12 对 2 组受试者分别做单样本 *t* 检验分析,再进行两独立样本 *t* 检验分析,使用 Alphasim 校正,单样本 *t* 检验中设定  $P < 0.01$ , 激活体素范围 > 18 考虑为有意义的激活区,两独立样本 *t* 检验中设定  $P < 0.05$ , 激活体素范围 > 85 考虑为有意义的激活区,使用 REST 和 XJVIEW 作图及分析相关脑区。

## 2 结果

### 2.1 正常听力者及语后聋患者分别以双侧 A1 区为种子点时的正激活脑区

以左侧 A1 为种子点时:正常人激活的脑区主要有双侧的颞上回(superior temporal gyrus, STG)、脑岛、前扣带回(anterior cingulate cortex, ACC)、辅助运动区(supplementary motor area, SMA);语后聋患者激活的脑区主要有双侧 STG、中央前回,左侧颞横回(transverse temporal gyrus, TTG)、中央后回,右侧颞中回(middle temporal gyrus, MTG)。以右侧 A1 为种子点时:正常人激活的脑区与左侧的结果基本相同;语后聋患者激活的脑区主要有双侧 STG、右侧中央前回和中央后回。见表 2,图 1~2。

### 2.2 正常听力者及语后聋患者分别以双侧 A1 区为种子点时的激活图比较

以左侧 A1 为种子点时:与正常听力者相比,语后聋患者增加连接的脑区有双侧中央前回、中央旁小叶、额上回、额中回、SMA、右侧缘上回(supramarginal gyrus, SMG)、角回(angular gyrus, AG)、STG;在本文设定的阈值下未发现有明显减少连接的脑区。以右侧 A1 为种子点时:与正常听力者相比,语后聋患者增加连接的脑区有双侧楔前叶,左侧中央旁小叶、额上回、额中回、SMA,右侧额下回、中央前回、SMG;减少连接的脑区有左侧 MTG、颞下回(inferior temporal gyrus, ITG)。见表 3,图 3。

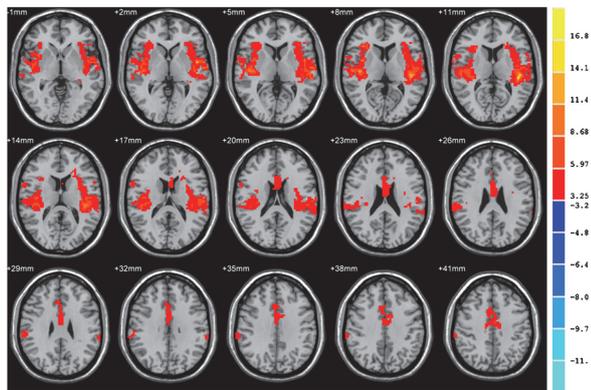
3 讨论

目前静息态 fMRI 已开始用于听觉皮层方面的研究,研究对象大多为正常人或单侧感音神经聋

患者,对于双侧感音神经性耳聋的研究较少。本试验中,正常听力者分别以双侧 A1 区为种子点时,激活区域主要位于 A1 区及次级听觉皮层(Secondary

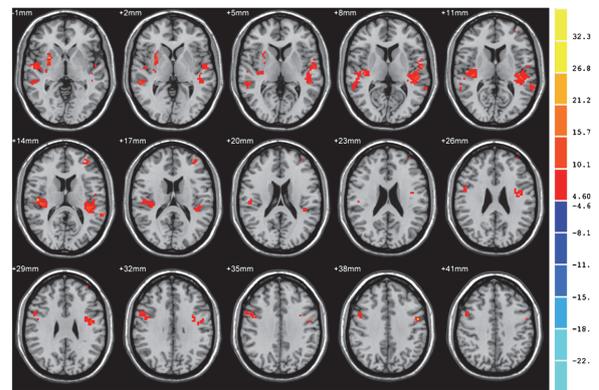
表 2 2 组分别以左、右侧 A1 区为种子点时的正激活区域

组别	ROI	激活部位(AAL 分区)	半球	BA 分区	体素	t 值	坐标
正常组	左侧	脑岛、STG	R	13,22,41,42	1323	12.6	42,-18,9
			L	13,22,41,42	1502	19.6	-42,-30,12
		ACC,SMA	R,L	24,32	388	6.3	-3,-9,42
	右侧	脑岛、STG	R	13,22,41,42	1039	23.9	42,-30,15
			L	13,22,41,42	1075	10.0	-51,-6,6
		ACC,SMA	R,L	32,24	111	6.0	3,6,48
语后聋组	左侧	STG	R	22	52	11.6	51,-9,-3
		MTG	R	13,41	159	37.9	48,-18,15
		STG,TTG	L	41,13	204	19.9	-57,-9,9
		中央前回、中央后回	L	6	59	27.7	-51,-3,39
		中央前回	R	9,6	63	20.4	45,0,36
	右侧	STG	R	22	48	12.8	-54,-30,9
			L	41	59	8.9	39,-33,15
		中央前回	R	9,6	66	16.3	48,6,42
		中央后回	R	6	107	16.2	9,-27,48



红色代表正激活脑区 ( $P < 0.01$ , AlphaSim 矫正,  $K \geq 18$ ,  $rmm = 5$ )。

图 1 正常听力者以左侧 A1 区为种子点时正激活图

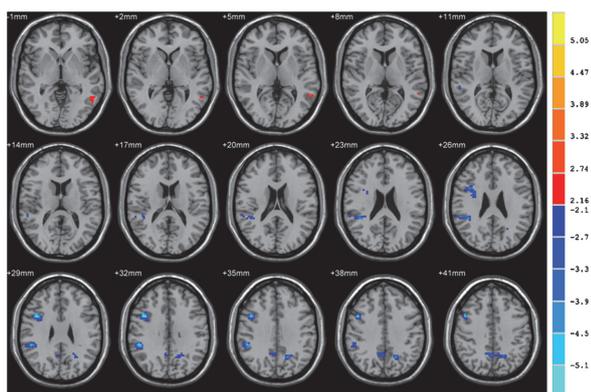


红色代表正激活脑区 ( $P < 0.01$ , AlphaSim 矫正,  $K \geq 18$ ,  $rmm = 5$ )。

图 2 语后聋患者以左侧 A1 区为种子点时正激活图

表 3 2 组脑激活图的组间比较

ROI	激活部位(AAL 分区)	半球	BA 分区	体素	t 值	坐标
左侧	正常组 > 语后聋组	—	—	—	—	—
	正常组 < 语后聋组					
	额中回、额上回	L	10	129	-3.7	-18,-57,-27
	SMG、AG、STG	R	40	133	-4.4	48,-45,27
	中央前回、中央旁小叶	R/L	6,5,4	1126	-5.4	18,-21,54
	额中回	R	9,6	173	-4.9	48,9,42
	额上回、SMA	R/L	6	172	-4.3	-21,12,48
右侧	正常组 > 语后聋组					
	MTG、ITG	L	37	111	4.8	-36,-54,-15
	正常组 < 语后聋组					
	SMG	R	40	99	-5.4	51,-39,33
	额下回、中央前回	R	9	95	-5.7	39,9,30
	双侧楔前叶、左侧中央旁小叶	R/L	7,5	296	-4.2	-6,-42,51
	额上回、额中回、SMA	L	6	117	-4.5	-24,12,63



红色代表语后聋患者比正常听力者减少连接的区域,蓝色代表语后聋患者比正常听力者增加连接的区域( $P < 0.05$ , AlphaSim 矫正,  $K \geq 85$ ,  $rmm = 5$ )。

图3 正常听力者与语后聋患者以右侧 A1 区为种子点时对比图

Auditory Cortex, A2)内,包括双侧的 STG、脑岛、ACC、SMA 等,与朱新<sup>[1]</sup>对正常人的静息态研究结果相似。A1 区是初级听觉皮层,包括 BA41 区,为主要的听接受区;A2 区是听觉的次级听觉中枢,包括 BA42 和 BA22 区,具有联络功能;Bushara 等<sup>[3-4]</sup>证实脑岛参与处理和整合听觉、视觉等多种感觉信息。扣带回是默认网络的一部分,主要对内外环境的信息监测起重要作用,与听觉的空间注意力有关<sup>[5]</sup>,这些区域以 A1 区为种子点时有激活,表明其参与了听觉信息的综合处理。另外与以右侧 A1 区为种子点相比,以左侧听觉皮层为种子点时,听觉皮层体素值较高,说明左侧听觉皮层与相关声音处理皮层之间联系较多,听觉皮层存在偏侧性,左侧较右侧存在优势。

耳聋组激活增强的区域包括触觉皮层(中央后回)、文字理解(SMG)等相关皮层。既往的研究中有相似的结果,Finney 等<sup>[6]</sup>发现语前聋患者听觉皮层与视觉皮层有关联,而 Karns 等<sup>[7]</sup>发现听觉皮层与躯体感觉皮层的关联更加强烈。本研究亦发现,与正常听力者相比,语后聋患者激活脑区增强的皮层主要为触觉皮层,且当最小激活体素值调低后,可发现语后聋患者视觉皮层较正常听力者的视觉皮层稍有激活,说明语后聋患者主要发生的功能重组主要位于感觉区域,而非视觉区域。当听觉皮层失去听觉信息的输入后,可发生功能性重组,听觉皮层与以上躯体感觉、文字理解等区域发生功能连接,作用是通过视觉、触觉、文字理解等其他信息处理的增强来弥补听觉信息的缺失,因此语后聋患者触觉、视觉、文字理解等功能较正常听力者增强。另外,由结果中发现,2 个种子点相比较,以左侧听

觉皮层为种子点时激活的躯体感觉运动皮层较多,可推测不同的感觉重组也可能存在偏侧性。

语后聋组的听觉皮层也有激活,但是体素值与正常组相比,数量明显减小,且体素团块分布更为分散,一方面考虑与受检验时规定的最小激活体素值和检验标准  $t$  值等因素有关,另一方面也体现了听觉皮层功能区域在听力剥夺后发生了弱化,原来的听觉脑区中的大部分小区域不再参与处理声音信息,导致彼此之间联系减弱或无连接,呈现出这种散在分布的现象。两样本  $t$  检验中,本研究还发现与正常听力者相比,语后重度聋患者 MTG 和 ITG 激活区域减少,对该区域功能研究,目前认为可能与词汇认知等能力有关,也可能存在其他听觉相关功能,有待进一步研究。

综上所述,静息态 fMRI 成像方法可以有效地观察正常人大脑的功能连接情况和耳聋患者听觉皮层的功能重组变化。与正常听力者相比,语后聋患者双侧听觉皮层之间连接减少,听觉皮层与躯体感觉运动皮层、视觉皮层、语言相关皮层的连接增强,参与以上感觉的处理,使得耳聋患者的触觉、视觉等其他感觉输入增强,弥补了听觉信息的缺失。

#### 参考文献

- [1] 朱新,黄志纯,刘斌,等.静息态功能磁共振成像观察右侧突发性聋患者听觉皮层的功能连接[J].临床耳鼻咽喉头颈外科杂志,2013,27(7):340-343.
- [2] 耿左军,张云亭,张权,等.感音神经性聋人和正常人纯音刺激脑功能区 BOLD-fMRI 研究[J].中华耳科学杂志,2005,3(3):165-169.
- [3] BUSHARA K O, GRAFMAN J, HALLETT M. Neural correlates of auditory-visual stimulus onset asynchrony detection[J]. J Neurosci, 2001, 21: 300-304.
- [4] BUSHARA KO, HANAKAWA T, IMMISCH I, et al. Neural correlates of cross-modal binding[J]. Nat Neurosci, 2003, 6: 190-195.
- [5] WU C T, WEISSMAN D H, ROBERTS K C, et al. The neural circuitry underlying the executive control of auditory spatial attention[J]. Brain Res, 2007, 1134: 187-198.
- [6] FINNEY E M, FINE I, DOBKINS K R. Visual stimuli activate auditory cortex in the deaf[J]. Nat Neurosci, 2001, 4: 1171-1173.
- [7] KARNS C M, DOW M W, NEVILLE H J. Altered cross-modal processing in the primary auditory cortex of congenitally deaf adults: a visual-somatosensory fMRI study with a double-flash illusion[J]. J Neurosci, 2012, 32: 9626-9638.

(收稿日期:2018-11-13)