

http: www.journals.zju.edu.cn/med

音乐家与非音乐家的磁共振脑功能成像研究

崔恒武^{1,2}, 章士正¹, 狄海波^{2,5}, 刘 海¹, 祝一虹², 张峭巍¹, 翁旭初^{2,3}, 陈宜张^{2,4}

(1. 浙江大学医学院 附属邵逸夫医院放射科, 浙江 杭州 310016; 2. 浙江大学医学院
脑与智能研究中心, 浙江 杭州 310031; 3. 中国科学院心理研究所脑高级功能研究室, 北京 100101;
4. 第二军医大学神经生理研究所, 上海 210000; 5. 杭州师范学院, 浙江 杭州 310018)

[摘要] 目的: 利用功能性磁共振成像(functional MRI)技术, 探讨音乐家与非音乐家脑功能的差异性。方法: 在大学里征召男性右利手音乐家志愿者和非音乐家志愿者各 12 名, 让他们听中国传统音乐“梁祝”片断及其同等物理能量的白噪音片断, 同时进行全脑的 fMRI 扫描。结果: 在白噪音刺激时, 音乐家与非音乐家主要表现为双侧颞横回区较弱的激活; 而在音乐刺激时, 双侧听皮层区明显激活且范围扩大, 涉及颞横回、颞上回及颞中回。但音乐家一般表现为左侧颞区优势(10/12), 而非音乐家一般为右侧优势(11/12), 除双侧颞区激活外, 音乐家还伴有其它脑区较强及较广泛的激活, 尤其是楔叶、楔前叶、额内侧回、左枕中回等。结论: 音乐家与非音乐家对音乐的脑功能反应存在差异性。

[关键词] 磁共振成像; 脑/生理学; 大脑皮质; 音乐; 半球优势, 大脑

[中图分类号] R 338.25 [文献标识码] A [文章编号] 1008-9292(2005)04-0326-05

Functional MRI of human brain in musicians and non-musicians

CUI Heng-wu, ZHANG Shi-zheng, DI Hai-bo, et al(Department of Radiology, Sir Run Run Shaw Hospital, College of Medicine, Zhejiang University, Hangzhou 310016, China)

[Abstract] Objective: To explore the differences in brain activation between musicians and non-musicians by use of functional MRI. Methods: Twelve right-handed musicians and twelve right-handed non-musicians were recruited in the study. During a listening task, they were scanned on the Sigma 1.5T scanner (GE) while they were passively listening to several segments of music of "the Butterfly Love" and the white noise with same physical energy. Results: Both musicians and non-musicians demonstrated bilateral transverse gyrus weak activated while listening to the white noise. But when listening to music, they showed bilateral temporal areas strongly activated including superior temporal gyrus, transverse gyrus and some middle temporal areas. Moreover, musicians showed relative left dominance (10/12), whereas non-musicians demonstrated right dominance(11/12). Furthermore, besides bilateral temporal areas, more and stronger activated areas were found in musicians such as cuneus, precuneus, medial frontal and left middle occipital gyrus. Conclusion: There are different neuro-patterns between musicians and non-musicians.

[Key words] Magnetic resonance imaging; Brain/physiology; Cerebral cortex; Music; Dominance, cerebral

[J Zhejiang Univ (Medical Sci), 2005, 34(4): 326- 330.]

长久以来音乐一直属于艺术范畴, 只是在近些年来才逐渐被神经科学领域重视并被当作专门科学来研究。有研究提示人脑有专门的神经回路来感受、处理音乐, 认为从小的音乐训练能对人脑许多区域的神经功能连接发生可塑性

收稿日期: 2004-06-10 修回日期: 2005-01-06

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30250004)

作者简介: 崔恒武(1965-), 男, 博士, 副主任医师, 从事放射影像诊断与介入治疗工作, 现在浙江大学医学院博士后流动站工作; E-mail: cuihengwu314@sina.com

作用,并能提高人脑左半球的时间、空间理解力及增强记忆力从而激发人脑的潜能^[1~4]。通过对音乐家这一特殊人群的研究有助于进一步了解大脑的神秘性。目前,国外利用现代脑功能成像技术来对比研究音乐家与非音乐家的脑功能特征正处于初步阶段。在中国文化背景下,来研究音乐家与非音乐家的脑功能差异未见报道。本实验应用磁共振脑功能成像,对照观察音乐家与非音乐家分别在中国传统音乐“梁祝”片段及同等物理能量的白噪音刺激时的脑功能变化特征。现将实验初步结果报道如下。

1 材料和方法

1.1 受试者 从大学里征召音乐家与非音乐家各12人。音乐家这里特指从小接受音乐专门训练的音乐系高年级大学生或研究生,自4~9岁开始受训,主要训练器乐有钢琴、电子琴、手风琴及小提琴等,每位至少接受一项器乐训练,并通过国家10级考核;非音乐家是指未经过音乐专门训练的一般大学生。受试者均为男性右利手,年龄21~26岁,平均23.36岁。身体健康,无精神及神经系统疾病,也无听力异常病史。

1.2 实验方法 让受试者分别聆听“梁祝”音乐的不同片段及其同等物理能量的白噪音(用Matlab工具进行转换所得)。实验时由计算机控制程序执行,音乐片段与白噪音片段处在同一序列中,各重复3次,其中一半受试者先听音乐片段,一半受试者先听白噪音片段。每个任务持续时间30s,间隔24~36s不等,共6min。

1.3 MRI设备和扫描方式 采用美国GE公司生产的1.5T Signa Horizon全身超导型核磁共振成像系统,装备标准头线圈,EPI软硬件设备,并配备专门的视、听觉输入设备。受试者仰卧位,头被固定,闭眼并带上专用气泵式耳机。

定位像扫描:采用自旋回波(Spin Echo, SE)序列,轴位,T1加权像;参数为TR/TE=500/9ms,层厚=5mm,间隔=1mm,视野=240×240mm²,矩阵=256×256,层数=22,帧数=1帧/层。

功能像扫描:采用梯度回波-回波平面(Gradient Echo planner imaging, GRE-EPI)序列,轴位,T2加权像;参数为TR/TE=3000/50ms,翻转角=90°;层厚=5mm,间隔=1mm,

视野=240×240mm²,矩阵=64×64,层数=22,帧数=120帧/层,扫描时间=6min。

三维结构像扫描:快速扰相梯度回波(SP-GR)序列,矢状位,T1加权,TR/TE=27/6ms,翻转角=45°;层厚=1.3mm,层数=114,视野=240×240mm²,矩阵=256×256。

1.4 数据分析 使用国际通用的AFNI软件包^[5]对实验数据进行处理。首先矫正功能像的头动,然后与相应的结构像对齐,参照Talairach和Tournoux定义的标准坐标进行空间标准化^[6],并采用各项同性高斯法,以半高宽(FWHM)为5mm对图象进行光滑处理。将每组数据进行数学平均,利用反卷积和多重线性回归得出在不同任务刺激下每个像素点的血流反应曲线和回归统计值F,F值大于等于21.40(P 1.0×10^{-6})的像素点被定义为激活点。将激活区域覆盖在结构像上以伪彩显示生成平均激活图。根据实验结果P值的范围($1.0 \times 10^{-5} \sim 1.0 \times 10^{-15}$),将P值分成不同的梯度并以不同的色彩显示激活区(图1~3)。计算出激活脑区的体积大小及体积中心点坐标。为增加准确性,仅计算至少10个像素相连的激活区域(体积>270mm³)^[7]。同时分别处理每个受试者的数据生成个体激活图,用Mann-Whitney检验,比较分析音乐家与非音乐家在音乐刺激时左、右颞区激活体积的差异性。

2 结果

2.1 音乐家与非音乐家在不同任务刺激下的脑功能变化特征 音乐家与非音乐家在白噪音刺激时主要表现为双侧颞横回区较弱的激活,而在音乐任务刺激时,双侧听皮层激活范围明显扩大,涉及颞横回、颞平面及部分颞上回和颞中回。但音乐家绝大多数表现为左侧颞区激活优势,并伴有其它脑区较广泛和较强的激活,尤其是楔叶、楔前叶、额内侧回、左枕中回等区;非音乐家绝大多数为右侧优势,伴有其它脑区较少及较弱的激活。见表1及图1~3。

2.2 音乐家与非音乐家左、右颞区的激活体积及其差值的比较 音乐刺激时,音乐家12人中,左侧>右侧有10人,左侧<右侧有2人;而非音乐家12人中,左侧>右侧仅有1人,左侧<

表 1 音乐家与非音乐家在音乐刺激时主要激活脑区体积及中心坐标

Table 1 Main activated areas and their coordinates in musicians and non-musicians when listening to music (mean activated maps)

Activated areas	(R, L)	Musicians				Non-musicians			
		volume (mm ³)	center of coordinates			volume (mm ³)	center of coordinates		
			x	y	z		x	y	z
Temporal lobe									
Transverse gyrus	(R)	999	- 56	17	11	1215	- 54	19	12
	(L)	1134	52	19	12	783	51	20	12
Superior temporal	(R)	6723	- 55	13	4	8127	- 57	15	6
	(L)	8613	53	27	11	6777	54	21	10
Middle temporal	(R)	594	- 60	28	- 7	864	- 63	32	- 2
	(L)	1458	49	73	19	378	57	47	- 4
Frontal lobe									
Superior frontal	(R)	783	- 33	- 18	49	-	-	-	-
	(L)	1728	3	10	54	-	-	-	-
Middle frontal	(R)	1269	- 55	- 5	41	1917	- 44	- 11	39
	(L)	1701	43	- 2	48	-	-	-	-
Inferior frontal	(R)	972	- 44	- 35	5	594	- 46	- 10	28
	(L)	324	53	- 26	- 5	-	-	-	-
Medial frontal	(R)	2106	- 4	4	55	-	-	-	-
	(L)	3321	5	4	56	-	-	-	-
Precentral	(R)	2592	- 55	4	10	2079	44	4	27
	(L)	4617	50	6	29	1485	52	4	21
Parital lobe									
Inferior parital	(R)	351	- 57	26	30	297	- 56	28	27
	(L)	2187	51	33	26	1837	51	30	29
Postcentral	(R)	4104	- 60	15	21	1809	- 59	18	16
	(L)	4023	55	17	20	1836	55	18	19
Occipal lobe									
Middle occipal	(R)	-	-	-	-	-	-	-	-
	(L)	675	23	91	15	-	-	-	-
Precuneus	(R)	324	- 35	69	39	-	-	-	-
	(L)	1620	37	73	38	-	-	-	-
Cuneus	(R)	459	- 8	87	17	-	-	-	-
	(L)	1998	6	91	15	-	-	-	-
Cingulate lobe									
Cingulate lobe	(R)	432	- 5	50	11	351	- 3	47	13
	(L)	513	4	48	14	297	5	51	12
Cerebellar									
Cerebellar	(R)	648	- 3	51	- 1	729	- 10	53	- 3
	(L)	1539	2	60	- 13	621	3	54	- 15

Stereotaxic coordinates refer to the atlas of Talairach and Tournoux (1998). L:left; R:right

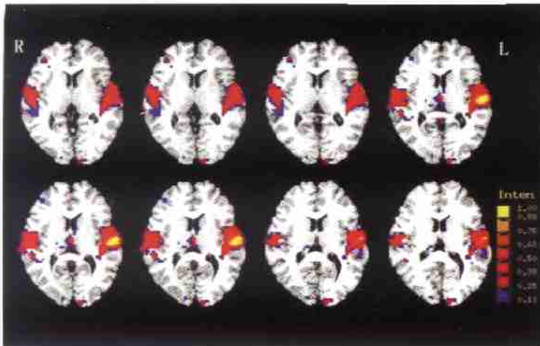


图 1 音乐刺激时音乐家颞区的平均激活图
Fig. 1 Mean activated map of musicians in auditory area when listening to music

Left dominance in auditory areas

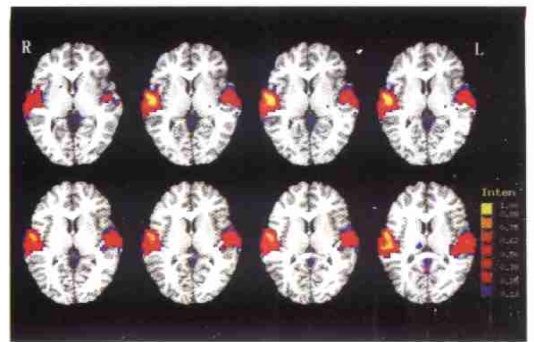


图 2 音乐刺激时非音乐家颞区的平均激活图
Fig. 2 Mean activated map of non-musicians in auditory area when listening to music

Right dominance in auditory areas

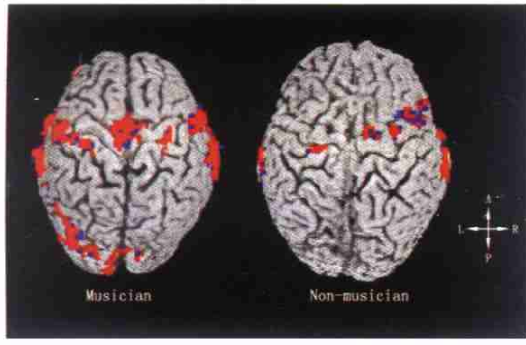


图3 音乐家与非音乐家在音乐刺激时的平均三维激活图

Fig 3 3D activated map of musician and non-musician when listening to music

Left map of musicians showed more areas were stronger activated, especially in cuneus, precuneus, medial frontal and left middle occipital gyrus; Right map of non-musicians showed fewer areas were activated

右侧有 11 人。据 Mann-Whitney 检验统计分析, 音乐家与非音乐家左、右颞区体积相比有非常显著差异($U=10.00, P=0.00$)。见表 2。

表2 每位音乐家与非音乐家左、右颞区激活体积及其差值比较(mm^3)

Table 2 Volume of both temporal activated areas in every musician and non-musician, and comparison of two sides(left-right) (mm^3)

subjects	Musicians			subjects	Non-musicians		
	left temporal	right temporal	left-right		left temporal	right temporal	left-right
1	13743	10287	+ 3456	1	6885	10071	- 3186
2	14985	9855	+ 5130	2	7263	7830	- 567
3	13392	10044	+ 3348	3	11448	12420	- 972
4	8748	6264	+ 2484	4	6561	9180	- 2619
5	9288	6453	+ 2838	5	5670	6723	- 1053
6	11907	8856	+ 3051	6	10017	12474	- 2457
7	10530	7101	+ 3429	7	7587	9720	- 2133
8	15552	12177	+ 3375	8	7371	10044	- 2673
9	10017	5589	+ 4428	9	8154	12177	- 4023
10	9693	6534	+ 3159	10	6426	8208	- 1782
11	8370	8856	- 486	11	7803	11070	- 3267
12	9018	11907	- 2889	12	8640	7182	+ 1458
M(QR)*	-	-	+ 3253.5(877.5)	-	-	-	- 2290(2065.5)

* Mann-Whitney Test $U=10.00, P=0.00$

3 讨论

音乐是人类除语言之外特有的一种现象, 不同的民族文化均有所于自己的不同音乐。据

考古学家证实早在距今 43000 年前人类就已使用乐器(骨笛)演奏^[8]。音乐的成分极其复杂, 其中包含音色、节律、和声、曲调及旋律等多种成分。近年来有研究表明, 人脑中有多个脑区和回路参与感受、处理音乐^[9,10]。本实验证明人脑对音乐的反应和对白噪音的反应有明显不同, 白噪音仅使两侧颞横回区较弱的激活, 而音乐除能使听皮层更强和更广泛的激活外, 还使其它许多脑区激活。无论是音乐家还是非音乐家均有其它较多脑区参与, 如额叶、顶叶、扣带回及小脑等, 但音乐家的激活区更强、更广泛, 尤其使楔叶、楔前叶、额内侧回和左枕中回等区激活, 而且音乐家一般表现为左侧颞区占优势。这可能是长期的音乐训练增强了脑区间神经树突、轴突的连接, 提高了对不同细微声音的辨别能力, 尤其是提高了左脑的时间、空间理解力^[2~4]。左侧颞区与时间的理解及分析能力密切相关, 例如对音的同步性及持续时间作判别时起主要作用^[10,11]。

有关音乐家与非音乐家之间是否存在大脑非对称性的不同, 仍然存在争议。最早由 Bever 和 Chialrell^[12] 在行为学上研究提出, 音乐家是右耳优势(左脑优势), 而非音乐家是左耳优势(右脑优势)。从最近的研究来看, 音乐家一般为左侧脑优势, 尤其是具有绝对音调辨别能力(无须参照音就能辨别出单个音调)的音乐家, 而非音乐家一般为右侧优势^[13,14]。本实验显示音乐家绝大多数为左侧优势(10/12 为左侧颞区> 右侧颞区, 2/12 为右侧> 左侧), 而非音乐家一般为右侧优势(11/12 为右侧颞区> 左侧颞区, 1/12 为左侧> 右侧)。音乐家组中有 2 人为右侧颞区优势, 可能与这 2 人开始接受音乐训练的时间相对较晚(9 岁才开始正规音乐训练)有关。非音乐家中也有 1 人为左侧优势, 这可能与先天因素有关。因为音乐家具有特征性脑的形成是由单纯训练所致, 还是由遗传因素决定, 或者是两者兼之, 仍无明确定论。有证据支持音乐能力的高低有遗传因素的影响。Drayna 等通过 136 对同卵双生儿及 148 对异卵双生儿的研究, 观察到同卵双生儿对旋律的鉴别能力比异卵双生儿更相似^[15]。本实验中参加的音乐家均是从小(4~9 岁)开始接受音乐训练, 结果提示

早期的音乐训练的对音乐能力的提高很重要。

现代脑功能成像技术已显示,音乐家和非音乐家相比不仅在脑功能上有不同,而且有脑结构上的改变。Schlaug 等报道音乐家的左侧颞平面体积较普通人^[16]。此外,利用弥散张量成像显示,音乐家在胼胝体膝部的神经纤维的部分各项异性(fractional anisotropy FA)明显较非音乐家增大^[17]。Christo Pantev 等利用脑磁图显示,音乐家在倾听钢琴曲时听皮层激活体积明显大于非音乐家,而且激活体积的增大与早期受音乐训练的年龄有相关性^[18]。这些研究者认为,从小的音乐训练,尤其是7岁前就接受音乐训练更容易使听皮层发生改变,从而提高对音调的辨别能力。

另外,Blood 和 Zatorre 等利用 PET 技术还证明不同的音乐能产生不同的情绪反应^[19],愉快的音乐可使小脑、扣带回、丘脑、额叶等许多脑区激活,而伤感音乐可激活杏仁核、海马旁回等脑区。我们的实验结果也提示音乐可使小脑、额叶及扣带回等区激活,而且是音乐家更为明显。这可能情绪系统也参与了音乐的感受,并且是音乐家比常人对音乐更敏感。

总之,人脑有较广泛的脑区参加处理加工音乐,长期从小的音乐训练能增强脑的许多精细功能,尤其是提高了左半球的某些能力,但具体机制还需更进一步探究。

References:

- [1] CHAN A S, HO Y C, CHEUNG M C. Music training improves verbal memory [J]. *Nature*, 1998, 396: 128.
- [2] TERVANIEMI M, RYTKONEN M, SCHROGER E, et al. Superior formation of cortical memory traces for melodic patterns in musicians [J]. *Learn Mem*, 2001, 8: 295- 300.
- [3] MUNTE T F, ALTENMULLER E, JANCKE L. The musician's brain as a model of neuroplasticity [J]. *Nature Reviews Neuroscience*, 2002, 3: 473- 477.
- [4] SLUMING V, BARRICK T, HOWARD M, et al. Voxel-based morphometry reveals increased gray matter density in Broca's in male symphony or chestra musicians [J]. *Neuroimage*, 2002, 17(3): 1 613- 1 622.
- [5] COX R W. AFNI: software for analysis and visualization

- of functional magnetic resonance neuroimages [J]. *Comput Biomed Res*, 1996, 29: 162- 173.
- [6] TALAIRACH J, TOURNOUX P, eds. Co-planar stereotaxic atlas of the human brain [M]. New York: Thieme Medical Publishers Inc, 1988: 81- 120.
- [7] CUI S Z, LI E Z, ZANG Y F, et al. Both sides of cerebellum involved in preparation and execution of sequential movements [J]. *Neuroreport*, 2002, 11: 3 849- 3 853.
- [8] WONG K. Neanderthal notes: did ancient humans play modern scales [J]? *Sci Am*, 1997, 277: 28- 30.
- [9] BAECK E. The neural networks of music [J]. *European Journal of Neurology*, 2002, 9(5): 449- 456.
- [10] ZATORRE R J, BELIN P, PENHUNE V B. Structure and function of auditory cortex: music and speech [J]. *Trends in Cognitive Sciences*, 2002, 6: 37- 46.
- [11] SAMSON S, EHRLE N, BAULAC M. Cerebral substrates for musical temporal processes [J]. *Ann N Y Acad Sci*, 2001, 930: 167- 178.
- [12] BEVER T G, CHIARELL R J. Cerebral dominance in musicians and non-musicians [J]. *Science*, 1974, 185: 537- 539.
- [13] EVERS S, DANNERT J, RODDING DANIEL, et al. The cerebral haemodynamics of music perception A transcranial Doppler sonography study [J]. *Brain*, 1999, 122: 75- 85.
- [14] OHNISHI T, MATSUDA T, et al. Functional anatomy of musical perception in musicians [J]. *Cerebral Cortex*, 2001, 11: 754- 760.
- [15] DRAYNA D, MANICHAIKUL A, DE LANG M, et al. Genetic correlates of musical pitch recognition in humans [J]. *Science*, 2001, 291: 1 969- 1 972.
- [16] SCHLAUG G, JANCKE L, HUANG Y X, et al. In-vivo evidence of structural brain asymmetry in musicians [J]. *Science*, 1995, 267: 699- 701
- [17] SCHMITHORST V S, WILKE M. Differences in white matter architecture between musicians and non-musicians: a diffusion tensor imaging study [J]. *Neurosci Lett*, 2002, 321: 57- 60.
- [18] PANTEV C, OOSTENVELD R, ENGELLEN, et al. Increased auditory cortical representation in musicians [J]. *Nature*, 1998, 392(23): 811- 814.
- [19] BLOOD A J, ZATORRE R J, BERMUDEZ P, et al. Emotional responses to pleasant and unpleasant music correlate with activity in paralimbic brain regions [J]. *Nature Neuroscience*, 1999, 2(4): 382- 387.