

汉语普通话声调加工的右耳优势及其机理: 一项双耳分听的研究^{*}

刘 丽 彭聃龄

(北京师范大学心理学院脑与认知科学研究所, 北京 100875)

摘 要 采用双耳分听的任务探讨了汉语普通话声调加工的右耳优势问题, 并引进反应手因素, 探讨了汉语声调加工的右耳优势的机制。结果表明, 汉语母语被试对普通话声调的加工存在右耳、左脑优势, 但这种优势是相对的, 右脑也具备加工声调信息的能力, 结果支持了直接通达模型。

关键词 双耳分听, 右耳优势, 直接通达模型, 胼胝体中转模型。

分类号 B842

1 引 言

大脑的活动是作为一个整体而存在的, 但在加工不同类型的信息时, 两半球的功能存在不同的优势。比如, 通常认为左脑是语言加工的优势半球^[1], 而右脑是情绪加工的优势半球^[2]; 左脑主要加工高频的声学信息, 而右脑主要加工低频的声学信息^[3]; 左脑主要加工快速变化的声学信息, 而右脑主要加工慢速变化的声学信息^[4]。

声调是声调语言特有的一种信息。声调是一种基频(F0)信息的慢速变化, 而基频(F0)是言语信号中较为低频的成分, 因此, 应该主要由右脑进行加工; 声调又是一种语言信息, 它具有区分字义的功能, 比如包(bao1)和宝(bao3), 而语言又主要是左脑的功能, 因此声调又应该主要由左脑进行加工。由此可见, 在声调加工的脑一侧化的问题上, 不同的理论会有不同的预期。那么声调加工的脑的一侧化的情况究竟是怎样的呢? 双耳分听是研究脑功能的一侧化的非常有效的一种实验范式。实验时向被试的两耳同时呈现一对刺激。由于当两个刺激同时呈现给双耳的时候, 身体同侧的通路会受到抑制, 因此呈现给每一只耳朵的信息会主要或者完全投射到对侧的脑半球。也就是说, 左耳信息会主要投射到右脑, 反之, 右耳信息会主要投射到左脑。因此, 左耳优势(LEA)代表了右脑优势, 而右耳优势(REA)代表了左脑优势。

Van Lancker 和 Fromkin^[5] 最早采用双耳分听技术研究了泰语的声调。结果发现泰语被试在知觉泰语声调时表现出显著的右耳优势, 表明泰语被试加工泰语声调时存在左脑优势。Baudoin-Chial^[6] 采用类似的实验范式, 研究了汉语普通话声调知觉的脑的一侧化。结果发现, 汉语被试没有显著的单侧耳优势。杨玉芳^[7] 的实验也得到了类似的结果。

根据前面的介绍, 可以看出关于声调知觉的脑的一侧化还没有一个一致的结论。Baudoin-Chial^[6] 以及杨玉芳^[7] 的研究与 Van Lancker 和 Fromkin^[5] 泰语的双耳分听的研究是不一致的, 与 Gandour 等人^[9, 10] 关于泰语失语症病人的研究结果也是不一致的。另外, 来自汉语失语症病人研究^[11, 12] 的证据也发现, 左脑而非右脑的损伤会导致声调知觉和产生的障碍。

Wang^[8] 总结了前人的研究后指出, 在 Baudoin-Chial^[6] 和杨玉芳^[7] 等研究中可能存在天花板效应, 因而没有发现汉语声调知觉的脑的一侧化现象。比如, 在 Baudoin-Chial^[6] 和杨玉芳^[7] 的研究中, 声调判断的正确率都在 90% 以上。Wang^[8] 采用向刺激中加入噪音, 降低信噪比的方法, 使被试的错误率达到 35% 左右, 结果发现了汉语声调加工的右耳优势。

在汉语声调的行为实验研究中^[6, 7] 没有发现右耳优势的另一个原因可能是, 这些实验都采用错误率作为考察的指标, 而这个指标相对来讲不太敏感。本研究将同时记录反应时和错误率, 并采用较短的

收稿日期: 2003-08-15

^{*}国家攀登计划项目(95-专-09)和教育部文科重点科研基地资助项目。

通讯作者: 彭聃龄, E-mail: pld3507@bnu.edu.cn

刺激间隔(2 秒)以增加实验的难度, 预期在这种条件下将会发现普通话声调加工的右耳、左脑优势。

除了汉语声调知觉是否存在右耳优势问题, 本研究关心的另外一个问题是右耳优势的机理。Zaidel 等^[1]提出了直接通达模型(direct access model)和胼胝体中转模型(callosal relay model), 用来解释双耳分听任务中的耳优势现象。直接通达模型强调脑半球功能的相对特异化, 该模型假设, 每一个脑半球都能够加工直接呈现给它的刺激, 但是加工的效率不同。胼胝体中转模型强调脑半球功能的绝对特异化。该模型假设, 当刺激投射到非优势脑时, 会通过胼胝体将信息转换到优势脑的一侧进行加工。以声调加工为例, 直接通达模型假设, 左脑和右脑都具备加工声调信息的能力, 只是因为左脑加工声调信息的效率比右脑高, 所以产生了右耳、左脑优势; 而胼胝体中转模型却认为, 右脑不具备加工声调信息的能力, 来自左耳的信息传到右脑后, 会通过胼胝体转换, 到达左脑进行加工, 这个转换所产生的时间差, 导致了右耳优势的产生。

为了检验以上这两个模型, 本研究引进了手的因素, 希望通过考察左、右耳和左、右手在声调知觉(双耳效应)和声调反应(双手效应)中的不同作用, 探讨大脑两半球在声调判断中的作用。根据直接通达模型, 左脑是声调加工的优势脑, 右脑也具备加工声调信息的能力, 左耳知觉到的信息直接传到右脑, 在右脑进行加工, 因为右脑直接支配左手, 所以右脑/左手要比右脑/右手的反应快, 也就是说, 左耳/左手要比左耳/右手的反应快; 而右耳知觉到的信息直接传到左脑, 在左脑进行加工, 因为左脑直接支配右手, 所以左脑/右手的反应要比左脑/左手的反应快, 也就是说, 右耳/右手要比右耳/左手的反应快。总之, 当信息从左耳输入时, 左手的反应快于右手; 当信息从右耳输入时, 右手的反应快于左手, 耳、手之间存在交互作用。又因为左脑对声调信息的加工效率比右脑要高, 所以右耳/右手的反应最快, 左耳/右手的反应最慢。根据胼胝体中转模型, 右脑不具备加工声调信息的能力, 因此不论右耳听到的信息, 还是左耳听到的信息, 最终都要在左脑进行加工, 因为左脑直接支配右手, 所以不论左耳听到信息, 还是右耳听到信息, 右手的反应都要比左手快; 只不过, 因为左耳的信息传到右脑以后, 要经过胼胝体转到左脑进行加工, 所以左耳的反应相对要比右耳慢。总之, 直接通达模型预期, 手和耳之间有交互作用, 右耳/右手的反应最快, 左耳/右手的反应最慢; 而胼胝

体中转模型则预期, 不论信息来自左耳还是右耳, 右手的反应都比左手快。

2 研究方法

2.1 被试

32 名大学生, 男 12 名, 女 20 名, 平均年龄 23.3 (19~28)岁。右利手, 听力正常, 无听觉系统病史, 无语言障碍史, 无脑部疾病史。实验后获得少量报酬。

2.2 材料

实验刺激是 48 个常用的汉语单音节词, 由 12 个不同的音节, 每个音节对应于 4 个不同的声调组成(如: guo1, guo2, guo3, guo4)。同一个音节的四个声调两两配对, 然后左右耳的刺激互换, 形成 12 × 6 × 2 共 144 个刺激对。这样, 4 个声调出现的概率相等, 每个声调在左右两耳中出现的概率也相等。

实验刺激由一个普通话标准的女性在一个安静的实验室通过麦克风和电脑录制完成。每一个音节录制成一个独立的文件。为了左右耳的刺激能够匹配, 录制完成后, 实验刺激通过声音编辑软件 Gold-wave 标准化成同样音强 75dB (SPL) 和音长 (500ms)。声音的强度用声级计测量。

音节 guo 的四个声调的 F0 轮廓, 见图 1。

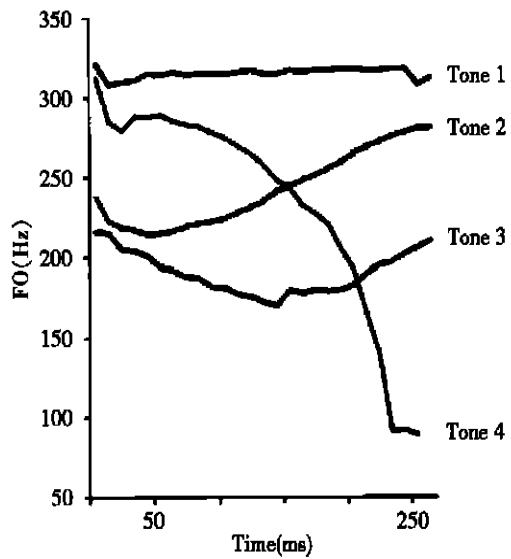


图 1 汉语普通话的四个声调(以音节 guo 为例)

2.3 仪器及程序

这是一个双耳分听的实验。实验在一个安静的实验室进行。用一台东芝笔记本呈现刺激材料及记录反应时和错误数。实验程序用 DM DX 实现, 被试

坐在电脑前,头戴耳机(SONY),耳机的左右声道同时呈现不同的刺激,即:同一个音节的两个不同的声调。指导语要求被试同时注意左右两耳,当两耳中任何一耳出现3声时,就尽可能又快又准确地做出按键反应。左右两耳出现3声的概率相等,均为25%。正式实验前被试要进行10个刺激项目的练习。

实验为被试内重复测量,2(左右耳)×2(左右手)。12个音节分为2组,每组72个刺激对。要求被试对一组材料用右手作反应,对另一组用左手作反应。两组实验之间休息两分钟。每两个刺激对之间间隔(SOA)2秒。手的先后顺序在被试间平衡。

3 结果

数据分析中,剔除每个被试平均数加减三个标准差以外的数据(小于2%)。被试的平均反应时和错误率见表1。

表1 被试的平均反应时(ms)和错误率(百分数)			
	左耳	右耳	手的平均
左手	892(11)	870(12)	881(12)
右手	916(13)	852(10)	886(12)
耳的平均	904(12)	861(11)	

对反应时做两因素重复测量的MANOVAs分析,结果表明:耳的主效应以被试为随机变量的方差分析显著, $F_1(1,31)=15.485, p<0.001$,右耳的反应时显著短于左耳;以项目为随机变量的方差分析显著, $F_2(1,17)=21.286, p<0.001$,右耳的反应时显著短于左耳。这表明汉语被试在加工汉语普通话的声调时存在右耳、左半球优势。手的主效应以被试为随机变量的方差分析不显著, $F_1(1,31)=0.069$;以项目为随机变量的方差分析不显著, $F_2(1,17)=0.040$ 。耳与手的交互作用以被试为随机变量的方差分析显著,(见图2), $F_1(1,31)=4.975, p<0.05$,表明左右耳因反应手的不同而有显著的差别。进一步进行简单效应的分析表明,右手作为反应手时,右耳的反应时显著快于左耳的反应时, $F_1(1,31)=15.95, p<0.001$;左手作为反应手时,右耳的反应时也快于左耳的反应时,但仅边缘显著, $F_1(1,31)=2.98, p<0.1$ 。耳与手的交互作用以项目为随机变量的方差分析不显著, $F_2(1,17)=1.417$ 。

对错误率做两因素重复测量的被试分析发现,耳的主效应以被试为随机变量的方差分析不显著,

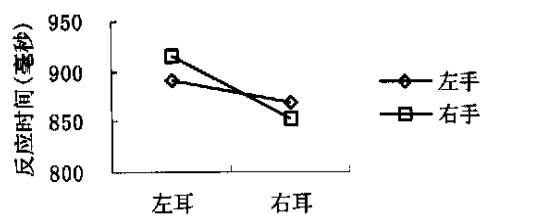


图2 耳与手的交互作用

$F_1(1,31)=1.037$;以项目为随机变量的方差分析显著, $F_2(1,17)=21.286, p<0.001$ 。手的主效应以被试为随机变量的方差分析和以项目为随机变量的方差分析均不显著, $F_1(1,31)=0.120, F_2(1,17)=0.040$ 。耳与手的交互作用以被试为随机变量的方差分析边缘显著, $F_1(1,31)=2.977, p<0.1$;以项目为随机变量的方差分析显著, $F_2(1,17)=5.768, p<0.05$ 。继续进行简单效应的检验,结果发现,右手作为反应手时,右耳的正确率高于左耳,以被试为随机变量的方差分析边缘显著, $F_1(1,31)=3.25, p<0.1$;以项目为随机变量的方差分析显著, $F_2(1,17)=4.94, p<0.04$ 。左手作为反应手时,两耳正确率以被试为随机变量的方差分析和以项目为随机变量的方差分析均不显著, $F_1(1,31)=0.48, F_2(1,17)=0.55$ 。

4 讨论

4.1 声调加工的右耳优势

本研究结果显示,被试右耳的反应时显著快于左耳的反应时,表明汉语被试普通话声调的听知觉存在左脑优势。这些结果和其他语言的双耳分听研究^[5 14]的结果以及失语症病人研究^[9 16]的结果是一致的。这些结果和Wang^[4]关于汉语声调的双耳分听的研究结果也是一致的。

这些结果和最近的脑成像的研究结果也是一致的。Gandour等^[15]利用PET技术,研究了泰语的声调知觉的脑机制。结果发现,泰语被试在加工泰语声调时,激活了双侧的颞叶和左半球的额下回,而右半球的额下回没有激活。Gandour等^[17]采用相似的设计,利用PET技术,研究了汉语的声调知觉的脑机制。

[18]

4.2

1 Kimura D. Cerebral dominance and the perception of verbal stimuli. *Canadian Journal of Psychology*, 1961, 15: 166~171

2 Borod J C, Koff E, Caron H. Right hemisphere specialization for the expression and appreciation of emotion: A focus on the face. *Cognitive processing in the right hemisphere*. New York: Academic Press, 1983. 83~110

3 Ivry R, Robertson L. The two sides of perception. Cambridge MA: MIT Press, 1998

4 Schwartz J, Tallal P. Rate of acoustic change may underlie hemispheric specialization for speech perception. *Science*, 1980, 107: 1380~1381

5 Van Lancker D. Cerebral lateralization of pitch cues in the linguistic signal. *Papers in Linguistics*, 1980, 13: 201~277

6 Baudoin-Chial S. Hemispheric lateralization of Modern standard Chinese tone processing. *Journal of Neurolinguistics*, 1986, 2: 189~199

7 Yang Y. Ear advantage for the perception of consonant features and tone. *Acta Psychological Sinica (in Chinese)*, 1991, 2: 131~137

(). , 1991, 2: 131~137)

8 Wang Y. Dichotic perception of Mandarin Tones by Chinese and American Listeners. *Brain and Language*, 2001, 78: 332~348

9 Gandour J, Dardarananda R. Identification of tonal contrasts in Thai aphasic patients. *Brain and Language*, 1983, 18: 98~114

10 Gandour J, Petty S H, Dardarananda R. Perception and production of tone in aphasia. *Brain and Language*, 1988, 35: 201~240

11 Neaser M A, Chan S W C. Case study of a Chinese aphasic with the Boston diagnostic aphasia exam. *Neuropsychologia*, 1980, 18: 389~410

12 Packard J L. Tone production deficits in nonfluent aphasic Chinese speech. *Brain and Language*, 1986, 29: 212~223

13 Zaidel E, Clarke J M, Suyenobu B. Hemispheric independence: a paradigm case for cognitive neuroscience. In: Scheibel A B, Wechsler A F eds. *Neurobiology of higher cognitive function*. New York: Guilford Press, 1990. 297~355

14 Moen I. Functional lateralization of the perception of Norwegian word tones—Evidence from a dichotic listening experiment. *Brain and Language*, 1993, 44: 400~413

15 Gandour J, et. al. Pitch processing in the human brain is influenced by language experience. *Neuroreport* 1998, 9: 2115~2119

16 Ryalls J, Reinvang I. Functional lateralization of linguistic tones: Acoustic evidence from Norwegian. *Language and Speech*, 1986, 29: 389~398

17 Gandour J, et al. A crosslinguistic PET study of tone perception. *Journal of cognitive neuroscience*, 2000, 12: 207~222

18 Robert J. Zatorre. A cross-linguistic PET study of tone perception in Mandarin Chinese and English speakers. *NeuroImage*, 2001, 13: 646~653

19 Ralph-Axel M ller. Linguistic theory and neuroimaging evidence: an fMRI study of Broca's area in lexical semantics. *Neuropsychologia*, 2003, 41: 1199~1207

20 Chiarello C. Interaction of word meanings by the cerebral hemisphere: One is not enough. In: P J Schwanenflugel ed. *The psychology of word meaning*. Hillsdale: Erlbaum, 1991. 251~278

**RIGHT EAR ADVANTAGE FOR MANDARIN TONE PERCEPTION
AND ITS MECHANISM: A DICHOTIC LISTENING STUDY**

Liu Li, Peng Danling

(Institute of Brain and Cognitive Psychology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract

In dichotic listening, a right ear advantage reflects left hemisphere specialization, and a left ear advantage reflects right hemisphere specialization. A dichotic listening task was used to investigate the brain lateralization of Mandarin tone. A response hand factor was manipulated to distinguish direct access and callosal relay explanations of perceptual asymmetry of Mandarin tone. The results indicated a right ear advantage or left hemisphere superiority for the perception of Mandarin tone and supported direct access model in the perception of Mandarin tone.

Key words dichotic listening, right ear advantage , direct access model, callosal relay model.