

辅音特征和声调识别中的耳优势¹⁾

杨 玉 芳

中国科学院心理研究所, 北京

摘 要

本文用双耳分听方法, 用识别率和知觉空间结构指数等指标, 探讨左右耳在辅音特征和声调辨别上的优势问题。得到的主要结果是: (1) 右耳辅音识别率高于左耳, 声级对侧化效应有显著影响; (2) 右耳辅音特征识别率高于左耳; (3) 两耳的辅音知觉空间维度和维度的主次关系一致, 辅音在知觉空间中的分布也无显著差异; (4) 两耳声调识别率无差异, 且声调知觉空间也极相似。

一、问 题

自Kimura把双耳分听研究方法应用于神经心理学问题以后的三十年中, 研究者们一直在不懈地探讨两侧听觉系统对言语信号进行分析、编码、记忆和识别的能力, 并以此推断大脑两半球在言语加工中的功能及其差异。

在音位水平上, 这类研究得到的一般结论是: (1) 像元音这类语音信号在分听实验中基本上不产生侧化现象, 即双耳辨别能力大体相同(Spellacy和Blumstein, 1970)^[1]; (2) 辅音, 特别是塞辅音及其特征的识别, 通常表现出右耳优势(Studdert-Kennedy和Shankweiler, 1970)^[2]。有人认为, 这是由于任何言语信号都要经历听觉分析这一加工阶段。元音信号在听觉分析中易于分辨。而辅音则不易区分, 因此要借助于较高水平的编码。由于左半球具有进行语音加工的特殊能力, 所以辅音在双耳分听中表现为右耳优势(Tartter, 1988)^[3]。

但是, 近年来一些电生理、心理物理以及失语症的研究却给出了一种两侧听觉系统对言语信息进行处理的不同模式。Molfese(1978, 1980)^{[4][6]}用EEG平均的ERP研究皮层对CV音节中辅音的发音部位和清浊特征的反应, 发现清浊特征产生右半球效应, 而发音部位产生左半球效应。Cohen和Segalowitz(1990)^[6]在行为研究中也发现大脑两半球对于不同的言语特征有不同的敏感性。他们检验了言语声的特征和用多维标度方法分析出的心理表征之间的关系, 发现清浊在右半球有较强的表征, 而发音部位在左半球有较强的表征。Cohen和Segalowitz(1990)^[7]还研究了加拿大人在学习区分汉语的清浊和送气对立时大脑两半球的贡献。发现听者区分言语范畴的能力随听音次数的增加而提高。这种提高对于清浊对立在右半球出现较早; 对于送气与否的对立, 只有右耳有提高。他们

1) 本文于1990年7月12日收到。

认为,这一结果支持下述观点:在特征水平上,言语知觉机制在大脑两半球分布是不对称的。

Molfese和Cohen等人的研究结果对用传统的双耳分听方法得到的一般结论提出了尖锐的问题,甚至可以说动摇了它的基础。我们知道,辅音辨认是以特征为基础的。如果两侧听觉系统和大脑两半球各自对某些特征比较敏感,那么,辅音知觉的右耳优势就成了问题。即使右耳辅音和特征识别有优势,辅音在两侧听觉系统的混淆方式和知觉空间是否一样,左耳识别各个特征的相对能力是否与右耳相同,仍是值得研究的问题。本文采用双耳分听实验方法,通过对左右耳辅音识别率,特征识别率和两耳的知觉空间以及辅音在知觉空间中的分布等多方面的分析,探讨两侧听觉系统在辅音及特征加工中的功能差异。

在音位水平的研究中,远有一些是研究两侧听觉系统在声调知觉中功能差异的。但是,声调知觉是否存在侧效应,一直没有一致的看法。Van Lancker和Fromkin(1978)^[8]研究了以泰语和英语为母语的人在泰语声调知觉中两耳的差异。结果是,讲泰语的人都表现出明显的右耳优势,而讲英语的人则两耳之间没有显著差别。方至等(1984)^[9]对汉语普通话声调作过双耳分听研究,结果是两耳的声调知觉没有差异。这些不同的实验结果可能与实验条件有关。或者说,声调知觉的侧效应是有条件的。本文的第二个目的是检验在有辅音识别任务的条件下两耳声调辨别和声调知觉空间的差异。

另外,本文还想考察一下识别的难易程度对辅音和声调辨别的侧化程度的影响以及声调和辅音知觉的相互影响。

二、方 法

实验中使用的辅音是塞辅音[p⁰],[t⁰],[p],[t]和鼻辅音[m],[n],元音是[i]。这样选择的理由有两个。第一,六个辅音的区分包括了汉语普通话辅音的三个主要特征:清浊、送气不送气和发音部位(张家骥等,1982)^[10];第二,六个辅音与元音[i]和四声搭配,全部构成有意义音节。这样,共有二十四个音节。

实验采用自然语音。语音材料的制作方法是,对一名男性发音人所发的二十四个音节作截止频率为8KHz的低通滤波,再通过一台IBM兼容机以17KHz进行采样。然后将成对的音节从双道D/A输出,记录到磁带上。每对音节起点保持同步,音节间隔约5.5秒。

将24个音节两两排列组合,使辅音或声调不同和辅音与声调都不同的音节都有机会以不同的排列方式出现一次。这样共有552种排列。将这552对音节以随机的顺序呈现给听者。每个辅音在一侧耳重复92次,在每种声调下重复23次。每个声调在一侧耳重复138次,在每个辅音下重复23次。

实验中刺激是由Nagara双道录音机重放,通过一对EDL-1宽频带立体声耳机将一对对音节分别送到听者的两耳。听者的任务是同时记下两耳所听到的音节,包括辅音和声调。这样的双耳双重反应,比只作一重反应,如只记辅音或只记声调,更能加重听者的操作负荷,有可能使两半球的不对称性更加明显地表现出来。另外也使得辅音和声调识别在更近于自然的条件下进行,并有可能考察辅音和声调知觉的相互影响。

为探讨辨别任务的难易程度对辅音和声调知觉侧化程度的影响,使用了70dB和50dB两种声级。声级是用B & K 2900声级计和人工耳测定的。实验在隔声室进行,背景噪声不大于40dB。

参加实验的共16人,年龄在17—33岁的大中专学生或心理所工作人员,男女各半。被试均听力正常,无耳疾,为右利手。16人中有8人用70dB声级,另外8人用50dB声级。

三、实验结果和分析

(一) 辅音

这部分分析左右耳辅音识别率、特征识别率、声级对侧化程度的影响和辅音知觉空间。

1. 左右耳辅音识别率

首先计算左右耳辅音识别率,分析声级、声调对识别率的影响。表1为左右耳在不同声级和声调下辅音识别率和标准差。

表1 左右耳在不同声级和声调下辅音识别率

耳		左				右			
		70dB		50dB		70dB		50dB	
声 级		%	SD	%	SD	%	SD	%	SD
识别率		%	SD	%	SD	%	SD	%	SD
声	1	75.2	5.6	50.3	7.3	77.7	6.9	54.3	6.6
	2	66.8	3.2	45.3	5.9	74.0	7.9	57.0	9.0
	3	72.9	4.8	42.6	5.4	70.8	7.1	54.1	6.3
调	4	77.9	3.0	52.4	4.3	80.8	6.5	61.9	6.5
	平均	73.2		47.6		75.8		56.8	

从表1可以看出,在两种声级条件下,右耳的辅音识别率都高于左耳。对于左耳和右耳,当声调为一、四声时,辅音识别率高于声调为二、三声的音节。70dB声级条件下辅音识别率高于50dB的条件。ANOVA分析结果表明,左右耳、声级和声调三个因素对辅音识别率影响显著(p 均小于0.001)。

2. 声级和声调对侧化程度的影响

右耳辅音识别有明显优势。进一步的问题是,声级和声调对这一优势有无显著影响?为分析这个问题,先将各被试左右耳辅音识别率换算成侧化指数LI。

$$LI = [(L - R) / (L + R)] \times 100$$

其中: L为左耳辅音识别率

R为右耳辅音识别率

侧化指数是Studdert-Kennedy和Shankweiler首先提出用以衡量侧化程度的量。LI为负值时表示右耳优势,为正值时表示左耳优势。LI的绝对值越大,侧化程度越高。表2为不同声级和声调下的侧化指数LI。

表2说明,在50dB条件下,LI均为负值,且绝对值较大,表示有较大的右耳优势。在70dB条件下,LI有负有正,绝对值较小,说明侧化程度较小。ANOVA分析结果表明,声

表2 不同声级和声调下的侧化指数

声 调	声 级	70dB	50dB
		1	-1.6
2	-5.0	-11.2	
3	+1.6	-11.8	
4	-0.1	-8.3	

级对侧化指数LI影响显著($p < 0.001$),而声调的影响不显著($p = 0.278$)。

3. 特征识别率

这一部分用特征识别率分析两耳在识别特征上的差异。特征识别率是指对辅音的某一特征识别正确的百分数。例如,将[p']听成[p']或[t'],都是发音方式即送气与否判断正确;将[p']听成[p'],[t'],[p]或[t]都算作清浊对立判断正确。表3为左右耳特征识别率和标准差。

表3 左右耳特征识别率和标准差

耳	左				右				
	70dB		50dB		70dB		50dB		
	%	SD	%	SD	%	SD	%	SD	
特 征	清浊	89.1	2.4	87.4	4.5	97.3	3.3	92.1	5.4
	送气	91.0	2.4	71.1	5.7	93.7	3.1	78.2	7.3
	部位	78.2	3.1	59.6	5.0	79.0	4.0	66.5	3.8
平均	86.1		72.7		90.0		78.9		

可以看出,右耳对清浊、送气不送气和发音部位三个特征的识别率都高于左耳;70dB条件下左右耳的识别率都比50dB条件下高;特征识别率还与特征有关,清浊最高,送气不送气第二,发音部位最低。多因素方差分析结果表明,左右耳、声级和特征这三个因素引起的差异均显著(p 均小于0.001)。这三个因素的交互作用不显著。

4. 左右耳辅音知觉空间和结构指数

这一部分通过计算两耳的辅音知觉空间和它的结构指数进一步分析两耳辅音和特征识别的差异。如果左右耳在辨别辅音的特征时各有自己的优势,那么两个知觉空间的维度、其主次关系或者辅音在知觉空间中的分布将是不一样的。

根据听者的辅音反应作混淆矩阵,再用Shepard方法计算相似度矩阵,然后用Kruskal方法算出两耳辅音知觉三维空间。计算结果是,左耳辅音知觉空间第一维是清浊,第二维是发音部位,第三维是送气不送气。右耳辅音知觉空间第一维是清浊,第二维是送气不送气,第三维是发音部位。

因此,左右耳知觉空间第一维都是清浊,但二、三维次序相互颠倒。维度次序的颠倒是否意味着主次关系的颠倒?为证实这个问题,又计算了二维知觉空间。两耳二维知觉空间的第一维都是清浊,第二维都是送气不送气。这一分析说明,左右耳知觉空间的维度和它们的主次关系是一致的。图1为左右耳辅音三维知觉空间。为便于比较辅音在知觉

空间中的分布,已将左耳知觉空间的第二维与右耳的第三维相互重叠,将左耳的第三维与右耳的第二维重叠。

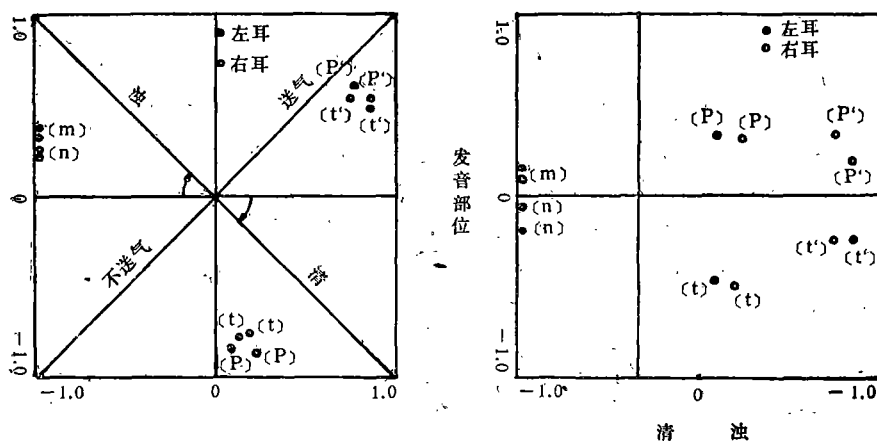


图1 左右耳三维辅音知觉空间平面图

为定量地分析具有同一特征的辅音在知觉空间中的聚散程度,根据辅音相互之间的距离计算每个辅音的结构比和每个特征的结构指数。结构比和结构指数是Homa等(1979)用来衡量属于同一范畴的概念的聚集和与其它范畴分离程度的量,后来Cohen等用来分析辅音知觉空间。结构比等于一个辅音和具有同一特征的其他辅音间的平均距离与不具这一特征的辅音间的平均距离之比。结构指数等于具有同一特征的辅音的结构比的平均值。表4和表5分别为左右耳三对特征的结构比和结构指数。

表4 左右耳三对特征的结构比

辅音	左耳			右耳		
	清浊	送气	部位	清浊	送气	部位
[p']	0.942	0.221	1.346	0.700	0.323	1.246
[t']	0.622	0.222	1.283	0.680	0.333	1.218
[p]	0.792	0.838	1.196	0.773	0.891	1.203
[t]	0.751	0.891	1.163	0.803	0.874	1.095
[m]	0.180	0.654	1.334	0.099	0.675	1.407
[n]	0.182	0.642	1.342	0.100	0.681	1.307

表5 左右耳三对特征的结构指数

	清浊		送气		部位	
	清	浊	送气	不送气	唇	舌尖
左耳	0.776	0.176	0.222	0.756	1.292	1.260
右耳	0.739	0.100	0.328	0.780	1.285	1.210

从表4和表5可以看出,就清浊特征来说,两个浊音的结构比低,清音的结构比高,就送气特征而言,送气音结构比低,不送气音的结构比高。显然这是由于清音中包含了送气和不送气两类辅音;不送气音中又包含了清和浊两类辅音。两耳的清浊和送气特征的结构

构指数十分相近,部位特征的结构比和结构指数都很高。对结构比作F检验,结果是两耳间结构比差异不显著($p=0.878$),特征的结构比差异显著($p<0.001$)。进一步检验三个特征的差异,表明清浊与送气的结构比差异不显著,而清浊与部位和送气与部位的差异显著(p 均小于0.001)。

从知觉空间和结构指数分析可以认为,无论对于左耳还是右耳,区分清浊和送气的能力都比区分部位的能力强,两耳区分清浊和送气的准确性则无明显差异。

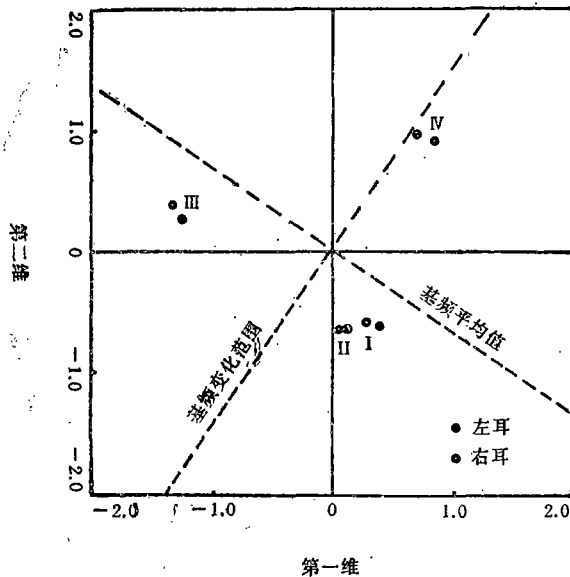


图2 左右耳二维声调知觉空间

两个维度? 若将坐标轴旋转一个角度,第一维可解释为声调曲线的基频平均值,第二维可解释为基频的变化范围或变化率。

四、讨 论

1. 本文用识别率和知觉空间结构指数等指标探讨了左右耳在辅音特征和声调识别上的优势问题,以及声级对侧化程度的影响。主要结果是:(1)右耳辅音识别率明显高于左耳。声级和声调对辅音识别率有显著影响;(2)声级对辅音知觉的侧化程度有影响,低声级条件下侧化程度高;(3)右耳的特征识别率都高于左耳。两耳的特征识别率都与特征有关,清浊特征识别率最高,送气不送气第2,部位最低;(4)左右耳辅音知觉空间的维度和主次关系相同,两耳识别清浊和送气特征的能力都高于部位特征;(5)两耳声调识别率相同,且不受声级影响。两耳的声调知觉空间也极相似。

2. 左右耳辅音特征知觉差异是本文研究的主要问题。用特征识别率作的分析表明,对于三个语音特征的识别,右耳都高于左耳。而且,两耳区分清浊的能力最强,区分发音部位的能力最弱。用结构指数作的分析则没有表现出两耳在特征识别上的差异。与识别率分析结果一致的是,两耳识别部位特征的能力最弱。这与Cohen和Segalowitz所作的行为和电生理研究结论不一样。他们分析了左右耳辅音知觉空间,并用结构指数分析了

(二)声调

1. 声调识别率

统计结果表明,听者在70dB和50dB听音条件下声调识别率都很高,达到90%以上。多因素方差分析结果是,左右耳和声级这两个因素引起的差异不显著。可以说,在本实验条件下,声调知觉没有表现出侧效应。

2. 声调知觉空间

用分析辅音知觉空间的同样方法,计算出左右耳声调知觉空间。图2为两耳二维声调知觉空间。从图2可见两个知觉空间是极其相似的。

如何解释二维声调知觉空间的

两耳区分特征的能力,结论是,右耳善于辨别发音部位,左耳善于区分清浊。因为未见对他们这一研究的详细报告,不清楚本实验结果为什么与他们的研究有这么大的差别。应该指出的是,本实验分析中用Kruskal方法分析了知觉空间,但对于本实验的目的而言,这并非是最好的方法,用加权的多维标度分析法或许更合适。但限于现有的分析手段,采用了Kruskal方法。

3. 左右耳声调识别及其表征的差异是本文研究的第二个问题。本实验得到的左右耳声调识别率很高,两耳之间没有明显差异。而且声级也没有产生影响。两耳的声调知觉空间极为相似。两耳在声调知觉上有无差异,文献中已有不少结论不一的报告。或许,声调知觉有无侧效应是与实验条件有关的。本实验结果已证明,辅音知觉的侧效应在识别困难的条件下表现更明显。可以推测,声调知觉的侧效有可能在识别率低的情况下表现出来。

4. 本实验还考察了声调对辅音识别的影响。在一、四声音节中,辅音识别率高于二、三声音节。其原因之一可能是由于一、四声音节不仅基频起点高,而且起始部分能量也大,有利于辅音识别。可以猜想,辅音对于声调知觉也是有影响的。因实验结果中声调错误率极低,未作进一步分析。

参 考 文 献

- [1] Spellacy, F. & Blumstein, S., The influence of language set on ear preference in phoneme recognition, *Cortex* (1970) 6, 430-439.
- [2] Studdert-Kennedy, M. & Shankweiler, D., Hemispheric specialisation for speech perception, *Journal of the Acoustical Society of America* (1970) 48, 579-594.
- [3] Tartter, V., Acoustic and phonetic feature effects in dichotic listening, in Hugdahl, K. (ed) *Handbook of Dichotic Listening: Theory, Methods and Research*, (1988), 283-322.
- [4] Molfese, D.L., Neuroelectrical correlates of categorical speech perception in adults, *Brain & Language* (1978) 5, 25-35.
- [5] Molfese, D.L., Hemispheric specialisation for temporal information, Implications for the perception of voicing cues during speech perception, *Brain & Language*, (1980) 11, 285-299.
- [6] Cohen, H & Segalowitz, N., The multidimensional representation of speech in the cerebral hemispheres, (1990).
- [7] Cohen, H. & Segalowitz, N., Cerebral hemispheric involvement in the acquisition of new phonetic categories, *Brain & Language*, (1990) 38, 398-409.
- [8] Van Lancker, D. & Fromkin, V.A., Cerebral dominance for pitch contrasts in tone language speakers and in musically trained and untrained English speakers, *Journal of Phonetics*, (1978), 53, 51-58.
- [9] Zhang, J.T. & Fang, Z., Some research on the perception of Chinese speech sounds, In Stevenson, H.W. and Jing, Q.C. (ed) *Issues in Cognition, Proceedings of a Joint Conference in Psychology*, (1978), 345-356.
- [10] 张家驥, 齐士铃, 吕士楠, 汉语辅音知觉结构初探, *心理学报*, 1982, 1, 76-85.

EAR DIFFERENCES IN DISTINGUISHING CONSONANT FEATURES AND LEXICAL TONES

Yang Yufang

Institute of Psychology, Academia Sinica

Abstract

Using dichotic listening technique, in terms of articulation indexes and structure indexes of perceptual configurations of both ears in Chinese consonants and lexical tones as analysis procedures, the experiment investigated ear advantage in distinguishing consonant features and lexical tones. The results showed that (1) the right ear advantage in consonant recognition, the effect of sound levels on the lateralisation degree. (2) The right ear advantage in distinguishing consonant features, (3) similarity in consonant perceptual configurations and in distributions of consonants in the two configurations of both ears, (4) no difference between performance in lexical tone recognition and resemblance in both ears in perceptual configurations of lexical tones.