

耳鸣患者视觉通道的认知加工

黎志成^{1,2}, 曾祥丽¹, 戚敏¹, 岑锦添¹, 张姝琪¹, 顾晶¹

(1. 中山大学附属第三医院耳鼻咽喉-头颈外科, 广东广州 510630; 2. 华南师范大学心理学院, 广东广州 510631)

摘要:【目的】探讨耳鸣患者视觉通道的认知加工情况,为日后的耳鸣评估及治疗奠定数据基础。【方法】共入组被试者 65 名,其中耳鸣组 38 名(左、右耳鸣组各 19 名),正常对照组 27 名。采用点探测任务,并通过操纵任务指令,对两组被试的视觉认知加工进行研究,数据采用 SPSS 19.0 进行统计分析。【结果】①耳鸣组及对照组在视觉加工的感觉阶段及知觉阶段均未见显著的空间偏向;②在感觉阶段及知觉阶段的反应时均存在显著的组间差异($P = 0.01$),而转换阶段未见显著的组间差异($P = 0.75$)。LSD 事后检验显示,无论是感觉阶段还是知觉阶段,左侧耳鸣组和右侧耳鸣组的视觉加工速度未见显著差异($P > 0.8$),而两个耳鸣组均与正常对照组存在显著差异($P \leq 0.02$)。③耳鸣严重程度与视觉加工速度无显著相关。【结论】虽然本研究在行为学数据上未能发现单侧耳鸣患者的视觉加工存在显著的空间偏向,但耳鸣组视觉通道的认知加工与正常对照组存在差异,进一步明确其背后的神经机制有望为耳鸣的评估与治疗带来新的启发。

关键词:耳鸣;跨通道;空间线索;视觉加工;反应时

中图分类号:R764.45

文献标志码:A

文章编号:1672-3554(2016)05-0709-06

Cognitive Processing of Vision Modal in Tinnitus Patients

LI Zhi-cheng^{1,2}, ZENG Xiang-li¹, QI Min¹, CEN Jin-tian¹, ZHANG Shu-qi¹, GU Jing¹

(1. Department of Otorhinolaryngology, The Third Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou, 510630, China;

2. Department of Psychology, South China Normal University, Guangzhou 510631, China)

Corresponding to: ZENG Xiang-li; E-mail: zxiangl@mail.sysu.edu.cn

Abstract: 【Objective】To explore the cognitive processing of visual modal in tinnitus patients and then provide data for tinnitus evaluation and treatment in future. 【Method】65 subjects were enrolled in this study, 38 of which composed the tinnitus group, and the other 27 composed the normal control group. Visual cognitive processing was investigated in both groups through dot probe paradigm and appointed task completing. All the acquired behavioral data was analyzed by SPSS 19.0. 【Result】There was no significant spatial bias in sensation and perception level of visual processing for both groups. The visual processing was similar in different severity tinnitus patients. The reaction time of tinnitus group was longer than the normal control group in the sensation and perception level of visual processing ($P \leq 0.02$), and there was no significant correlation between the severity of tinnitus and visual processing. 【Conclusion】Although there was significant spatial bias in visual processing in the behavioural data for unilateral tinnitus patients in this study, the visual processing of tinnitus patients group was different from the normal control group, it will be inspirational to probe the potential neuromechanism of these phenomena for tinnitus evaluation and treatment.

Key words: tinnitus; cross-modal; spatial cue; visual processing; reaction time

[J SUN Yat-sen Univ(Med Sci), 2016, 37(5): 709-714]

在日常生活中,大脑时刻都在对来自不同感觉通道的信息进行处理与整合^[1],视-听通道间则会根据当前任务的需要动态地争夺个体有限的注

意资源^[2]。由于耳鸣是一种脱离外界刺激源而存在的异常听觉体验,是大脑对耳鸣信号(异常神经冲动)的持续加工所致^[3-4],因此势必长期占用个

收稿日期:2016-01-11

基金项目:广东省科技计划项目(2012B061700073)

作者简介:黎志成,硕士,主管技师,研究方向:耳鸣与认知神经科学, E-mail: yukisolomon@hotmail.com; 曾祥丽,通信作者,博士,副主任医师,研究方向:内耳疾病的发病机制与诊疗, E-mail: zxiangl@mail.sysu.edu.cn

体的注意资源,进而影响视觉通道正常的认知加工。近年来,已有越来越多研究开始关注耳鸣对患者视觉通道认知加工的影响^[5-10],并提示耳鸣患者的视觉加工能力出现下降。耳鸣具有方向性:右侧、左侧或双侧。Cuny 等^[11]研究发现,当注意任务呈现于耳鸣耳时,执行效率会优于非耳鸣耳,即耳鸣声可能充当了空间线索,使耳鸣患者听觉通道的认知加工发生了空间偏向。既往众多研究支持跨感觉通道间存在空间线索效应^[12],提示耳鸣患者视觉通道的认知加工可能也会因为耳鸣的存在而出现相应的空间偏向。但是,目前研究多以双侧耳鸣患者为被试^[7-8],或将侧别作为无关变量^[5-6,9-10]而未对此问题进行深入探讨。同时,该现象与耳鸣的严重程度之间的关系目前也鲜有探讨。为了明确以上问题,进一步提高对耳鸣患者视觉通道认知加工的认识,为日后耳鸣的评估及治疗奠定数据基础,本研究将采用点探测任务,并通过操纵任务指令,系统探讨单侧耳鸣患者视觉加工各阶段是否存在空间偏向。基于既往研究,我们预期耳鸣患者的视觉加工会出现空间偏向,呈现在耳鸣侧的视觉信息将会获得更迅速的加工。

1 材料与方 法

本研究方案经过中山大学附属第三医院伦理委员会审议并通过。所有被试者在进入实验前均需签署知情同意书,在实验结束后会获得一定数额的研究补贴。

1.1 实验被试

所有被试者均为右利手,视力(或纠正视力)正常;具有高中以上文化水平,能理解本研究的操作指令;既往无神经精神病史;在实验前两周内没有发生任何重大的生活事件(如晋升、失业等);在实验前 24 h 内没有服用任何镇静类或精神类药物。耳鸣组来源于 2015 年 7 月至 10 月在中山大学附属第三医院耳鼻喉科门诊就诊的耳鸣患者。最终入组了 38 名被试:左侧耳鸣 19 名,男 10 名、女 9 名,年龄(29.5 ± 5.7)岁,耳鸣病程为 2~730 d;右侧耳鸣 19 名,男 5 名、女 14 名,年龄(27.7 ± 6.7)岁,耳鸣病程为 3~913 d。对照组来源于同时期中山大学医学院的学生自愿者,最终入组了 27 名被试,男 18 名、女 9 名,年龄(21.8 ± 2.4)岁。所有被试都没有耳鸣、听力下降等耳科病史。

1.2 耳鸣程度评估

鉴于部分入组被试者处于耳鸣急性期,耳鸣残疾量表(Tinnitus Handicap Inventory, THI)中部分评估内容容易出现误差(因耳鸣时间较短而未能接触到部分场景),因此本研究采用视觉模拟量表(Visual Analogue Scale, VAS)来评估被试者耳鸣的严重程度。要求被试者根据自己的实际感受,在 0~10 分中选择一个合适的分数代表耳鸣给自己带来的痛苦。0~3 分定义为轻度耳鸣,4~6 分定义为中度耳鸣,7~10 分定义为重度耳鸣。

1.3 刺激材料

本研究的目标刺激是两个组合图形(由黑色字母 E 或 F 与白色圆形组成),每个图形大小为 2 cm × 2 cm(图 1)。



图 1 视觉刺激材料

Fig.1 Materials of visual stimuli

1.4 实验程序

实验程序采用 Presentation 软件编写:在黑色的屏幕(800 × 600)中央有一个白色的注视点(“+”),呈现时间为 1 000 ms;然后在屏幕的任一侧呈现任意一个目标刺激,呈现时间为 250 ms;被试者根据任务指令进行按键反应,反应时间为 1 000 ms,按键或反应时间结束后进入下一个试次(图 2)。每侧均有 20 个试次(每个目标刺激各 10 个试次),两侧共 40 个试次。

实验一仅要求被试者对目标刺激出现的位置尽快做出反应,而无需理会当中的内容:若目标刺激出现在屏幕的右侧,用右手食指按右“Alt”键;若目标刺激出现在屏幕的左侧,用左手食指按左“Alt”键。该任务不涉及目标刺激内容的识别,因此实验测量的是被试者对目标刺激的探测速度,即相当于感觉阶段的反应时。

实验二则要求被试者对目标刺激的内容尽快做出反应。若目标刺激是“E”,用左手食指按左“Alt”键;若目标刺激是“F”,用右手食指按右“Alt”键。该任务需要被试者识别并区分目标刺激的内容,因此实验测量的是被试者对目标刺激的识别

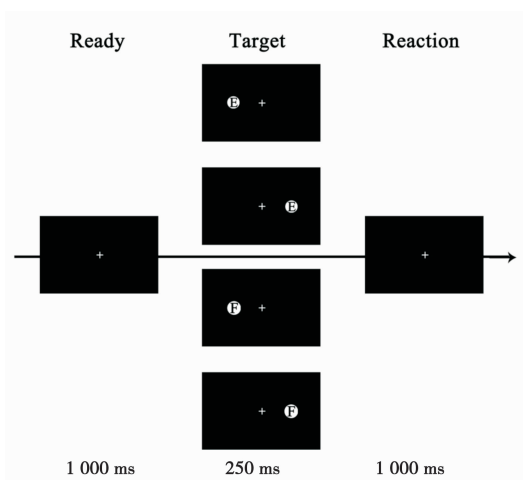


图2 实验流程图

Fig.2 Flow chart of experiment

速度,即相当于知觉阶段的反应时。

将实验二的反应时减去实验一的反应时,就能获得由感觉阶段向知觉阶段转换的反应时。

为保证实验数据的可比性,所有被试者在正式入组前均需经过实验前训练。排除标准:5次训练后仍未能达到100%准确率。

1.5 实验步骤

本研究包含两个实验,每名被试者均需参与,两组实验间休息10 min。实验顺序分别在各组(左侧耳鸣组、右侧耳鸣组、对照组)按被试者的入组顺序进行平衡。整个步骤约需15 min。

1.6 数据预处理

为了避免极值带来的误差,因此在整理每位被试者数据时,均需删除每个目标刺激每侧的最高值与最低值。

1.7 统计分析

本研究的实验数据采用SPSS 19.0 (IBM, USA)进行统计分析;视觉加工的空间偏向采用配对样本 t 检验;各阶段反应时的组间对比采用单因素方差分析;耳鸣严重程度对反应时的影响采用皮尔逊相关分析。显著性水平为 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 耳鸣严重程度(VAS评分)

表1汇总了所有耳鸣被试者的VAS得分,并按得分分组,列出每个得分中各包含几名耳鸣被试者。

2.2 视觉加工的空间偏向

左侧耳鸣组与右侧耳鸣组在感觉阶段及知觉阶段均未见显著空间偏向,与正常对照组表现一致(图3)。

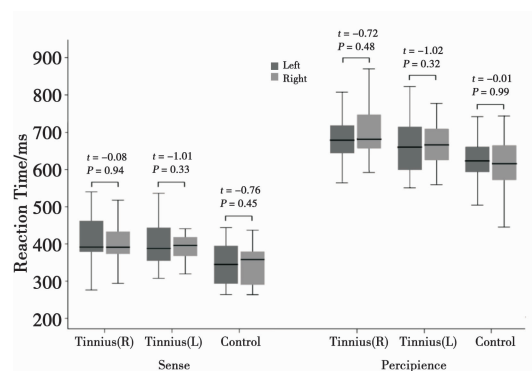


图3 视觉加工的空间偏向

Fig.3 Spatial bias in vision processing

2.3 视觉加工速度的组间差异

单因素方差分析显示,在感觉阶段及知觉阶段的视觉加工速度存在显著的组间差异($F = 4.90, P = 0.01; F = 4.66, P = 0.01$),而这一差异未在转换阶段发现($F = 0.30, P = 0.75$)。LSD事后检验显示,无论是感觉阶段还是知觉阶段,左侧耳鸣组和右侧耳鸣组的视觉加工速度未见显著差异($P_{\text{感觉阶段}} = 0.83, P_{\text{知觉阶段}} = 0.98$),而两个耳鸣组均与正常对照组存在显著差异($P_{\text{左侧耳鸣组-感觉阶段}} = 0.02, P_{\text{右侧耳鸣组-感觉阶段}} = 0.01, P_{\text{左侧耳鸣组-知觉阶段}} = 0.01, P_{\text{右侧耳鸣组-知觉阶段}} = 0.01$)。将每名耳鸣患者的反应时数据置于以正常组数据设立的参考范围中发现,大多数耳鸣患者在感觉阶段及知觉阶段的反应时均高于正常组的均值水平(M),部分甚至超过 $M+S$ 水平;而在感觉向知觉发展的转换阶段,耳鸣患者的反应时则在围绕正常组的均值均匀分布(图4)。

2.4 耳鸣严重程度对视觉加工速度的影响

耳鸣的严重程度与各阶段的视觉加工速度无显著相关(图5)。

3 讨论

视-听通道是个体认识世界的重要途径。鉴于视-听通道间会根据当前任务的动态地争夺个体有限的注意资源^[2],并相互影响^[13],研究者们

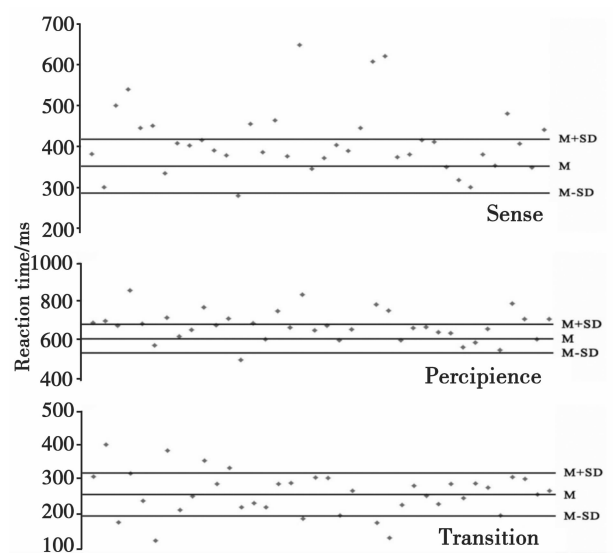


图 4 每名患者各阶段反应时在标准范围中的位置
Fig.4 The position of each patient in the standard range

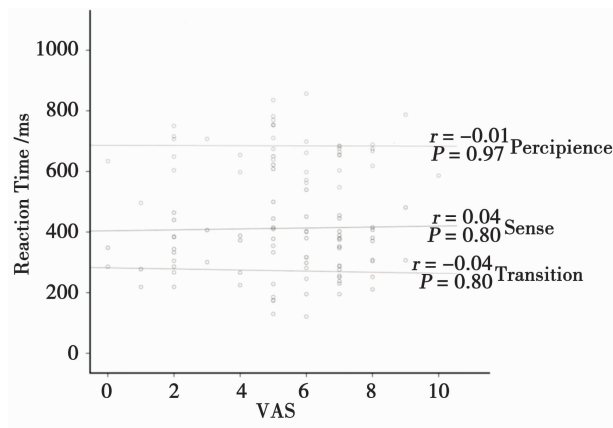


图 5 耳鸣严重程度对视觉加工速度的影响
Fig.5 The influence of tinnitus severity in visual processing speed

开始关注耳鸣患者的视觉加工问题，并初步表明耳鸣患者的视觉加工机能受损^[5-6]。然而，目前相关研究仍较少，不足以全面了解耳鸣对视觉加工造成的影响。虽然本研究结果与实验预期并不一致，但仍为了解耳鸣对视觉加工的影响提供了有用的实验参考。

3.1 耳鸣患者视觉加工的空间偏向

Cuny 等^[11]研究首次提示耳鸣患者的注意被动地偏向于耳鸣侧，促使耳鸣侧的任务执行效率优于非耳鸣侧。基于跨感觉通道的空间线索效应^[12]，本研究原预期耳鸣会启动同侧视觉通道的空间注意，进而使得呈现在耳鸣侧的视觉信息会获得更佳的执行效率。遗憾的是，该预期在视觉加工的各阶段均未发现，而且与耳鸣的严重程度无关。

通道上系统的注意分配作用是跨感觉通道空间启动的重要机制。既往研究显示，无论是听觉空间任务，还是视觉空间任务，在加工的早期阶段都会在被试者顶叶出现 alpha 波，提示激活了相同的神经机制^[14]，进而对各感觉通道的加工进行调节。正常情况下，由于通道上系统的存在，任意感觉通道的空间线索均会启动其他感觉通道空间效应，加快其他感觉通道对相应空间内信息的加工。然而，耳鸣患者的通道上系统却可能存在功能异常。例如，Araneda 等^[7]研究发现，在匹配了耳鸣组与正常组的情绪水平后，耳鸣组在视觉及听觉的空间 Stroop 任务中的执行效率仍均显著差于正常组，认为是通道上系统自上而下的认知控制能力下降所致。这可能是本研究未能发现视觉加工的空间偏向的原因之一。此外，实验技术的限制也可能会造成假阴性结果。例如，Townsend 等^[15]在一项跨通道注意转移任务中发现，老年人与年轻人在反应时无显著差异，但 fMRI 结果却发现激活的脑区存在显著差异。由此，耳鸣患者视觉加工的注意偏向现象仍需进一步探讨。

3.2 感觉阶段的视觉加工障碍

在日常生活中，个体需要同时处理来自不同感觉通道的信息以便在复杂环境中做出正确判断^[1]。现有证据表明，视-听跨通道加工现象在认知加工的初级阶段已经存在。例如，影像学研究发现，初级视皮层与初级听皮层间存在直接的联系^[16-17]，初级视皮层可以对听觉信息进行加工处理^[18-19]。而跨通道的信息整合或竞争在认知加工的早期阶段就已经出现^[20-21]。本研究通过操纵任

表 1 被试者耳鸣严重程度一览表
Table 1 The severity in both tinnitus patients (Cases)

Location	VAS										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Left	1	0	1	1	2	4	3	3	2	1	1
Right	0	1	4	0	0	4	3	5	2	0	0

务指令,成功发现耳鸣主要影响个体在感觉阶段对视觉信号的捕获与加工,为视-听早期跨通道加工提供证据。

Araneda等^[7-8]也曾通过操纵任务指令,单独考察被试者在感觉阶段及知觉阶段的任务执行情况。遗憾的是,他们的研究仅提示耳鸣组在知觉阶段与正常组存在显著差异。但事实上,他们报道的耳鸣组反应时同样长于正常组,只是未能达到显著水平。这可能与实验刺激材料的呈现方式有关:在Araneda的实验中,目标刺激固定呈现在屏幕中央,任务难度较低,可能因“天花板效应”致使差异不显著;而在本实验中,目标刺激是在屏幕两侧随机呈现,增加了任务难度,因而呈现显著的组间差异。同时,将每位耳鸣被试的数据置于正常组的参考区间中发现,大部分耳鸣患者的反应时均高于均值,部分甚至超过一倍标准差,进一步提示耳鸣组与对照组之间的差异确实存在,并非部分极值数据导致。

此外,对其他阶段反应分析发现,知觉阶段虽然也同样存在显著的组间差异,但感觉阶段与知觉阶段间的过渡阶段却无显著的组间差异,提示知觉阶段的组间差异可能主要源于感觉阶段。Banerjee等的研究还发现,在空间任务加工的晚期阶段,α波地形图则存在显著的通道间差异^[14],提示在空间注意过程中,存在着通道上系统及通道特异系统的交互作用。由此推论,听觉通路的异常加工(耳鸣信号)在感觉阶段加工干扰了通道上系统的正常加工,致使视觉通路的加工受阻;而在知觉阶段,通道特异系统避免了视觉通路的加工继续受听觉通路异常加工的影响。

3.3 耳鸣严重程度对视觉加工机能的影响

本研究显示,耳鸣患者视觉加工机能的下降与耳鸣的严重程度无显著相关。虽然既往有研究提示认知加工机能的下降与耳鸣严重程度密切相关。例如,严重(失代偿型)耳鸣患者的认知加工能力显著低于轻度(代偿型)耳鸣患者及正常对照,而轻度耳鸣患者与正常对照间则无显著差异。但上述实验研究都是通过听觉通道呈现实验刺激,并不能反映其他感觉通道的认知加工情况。

Heeren等^[6]首次报道在匹配了耳鸣组与正常对照组的情绪水平(耳鸣严重程度的参考指标之一)后,耳鸣组的视觉认知加工能力依旧显著差于正常对照组。随后,Araneda及其同事^[7-8]的研究也

同样提示耳鸣患者视觉认知加工能力的下降与情绪水平无关。而影像学研究则显示耳鸣组在视觉加工时会呈现出与正常对照组相异的脑区活性^[9-10]。提示轻度(代偿型)耳鸣患者同样存在认知机能的下降,只是这个现象主要发生在视觉通道。我们考虑该现象也是通道上系统的作用受到耳鸣影响所致:对听觉通道异常神经冲动的持续加工使得耳鸣患者的通道上系统偏向听觉通道,进而对其他感觉通道的信息加工造成影响。然而,出于被试者病程的考虑,本研究采用VAS对耳鸣的严重程度进行整体评分,并未对情绪、功能、灾难等维度进行详细评估,因此VAS得分可能来源于不同维度,无法明确各维度对视觉加工速度的影响,日后会针对该问题进行更深入的探讨。

3.4 总结与展望

综上所述,耳鸣在影响听觉通道认知加工的同时,也会对视觉通道的加工造成影响。虽然已有研究者开始关注这方面的问题,但目前主要处于描述现象阶段,其背后的神经机制以及对个体生活的影响仍需进一步探讨。此外,已有研究者尝试运用视觉注意训练来帮助耳鸣患者提高对注意的控制能力,以降低对耳鸣的感知,但效果仍不确定。例如,Searchfield等^[22]发现耳鸣患者在经过短期视觉注意训练后,耳鸣的响度会显著下降。但Pape等^[23]的研究却提示,单纯听觉通道的注意训练可以纠正耳鸣患者不良的皮层网络联接,而增加额外感觉通道的注意训练则会干扰纠正的效果。为此,对耳鸣患者视觉加工,尤其是视-听跨通道加工进行深入探讨,将有助于我们更全面地了解耳鸣对个体的影响及其神经机制,为耳鸣的治疗带来新的启发。

致谢:感谢华南师范大学心理学院的陈骥教授对本实验方案的设计与分析提出宝贵的建议;感谢华南师范大学心理学院的夏菁、方颖、邹桂英同学在实验编程中给予的帮助;感谢中山大学医学院临床医学系的孙铁男、范辉阳、庄锦坤、魏鑫同学在数据收集集中给予的帮助。

参考文献

- [1] MCDONALD JJ, TEDER-SÅLEJÄRVI WA, WARD LM. Multisensory integration and crossmodal attention effects in the human brain [J]. *Science*, 2001, 292 (5523): 1791.

- [2] KOELEWIJN T, BRONKHORST A, THEEUWES J. Attention and the multiple stages of multisensory integration: a review of audiovisual studies [J]. *Acta Psychol (Amst)*, 2010, 134(3): 372–384.
- [3] ELGOYHEN A, LANGGUTH B, RIDDER D, et al. Tinnitus: perspectives from human neuroimaging [J]. *Nat Rev Neurosci*, 2015, 16(10): 632–642.
- [4] ROBERTS L, HUSAIN F, EGGERMONT J. Role of attention in the generation and modulation of tinnitus[J]. *Neurosci Biobehav Rev*, 2013, 37(8): 1754–1773.
- [5] STEVENS C, WALKER G, BOYER M, et al. Severe tinnitus and its effects on selective and divided attention [J]. *Int J Audiol*, 2007, 46(5): 208–216.
- [6] HEEREN A, MAURAGE P, PERROT H, et al. Tinnitus specifically alters the top-down executive control sub-component of attention: Evidence from the attention network task [J]. *Behav Brain Res*, 2014, 269: 147–154.
- [7] ARANEDA R, DE VOLDER AG, DEGGOUJ N, et al. Altered top-down cognitive control and auditory processing in tinnitus: evidences from auditory and visual spatial stroop[J]. *Restor Neurol Neurosci*, 2015, 33(1): 67–80.
- [8] ARANEDA R, DE VOLDER AG, DEGGOUJ N, et al. Altered inhibitory control and increased sensitivity to cross-modal interference in tinnitus during auditory and visual tasks[J]. *PLoS One*, 2015, 10(3): e0120387.
- [9] AMARAL AA, LANGERS DR. Tinnitus-related abnormalities in visual and salience networks during a one-back task with distracters [J]. *Hear Res*, 2015, 326: 15–29.
- [10] HUSAIN FT, AKROFI K, CARPENTER-THOMPSON JR, et al. Alterations to the attention system in adults with tinnitus are modality specific[J]. *Brain Res*, 2015, 1620: 81–97.
- [11] CUNY C, NORENA A, EL MASSIOUI F, et al. Reduced attention shift in response to auditory changes in subjects with tinnitus[J]. *Audiol Neurotol*, 2004, 9(5): 294–302.
- [12] SPAENCE C, SANTANGELO V. Capturing spatial attention with multisensory cues: areview[J]. *Hear Res*, 2009, 258(1–2): 134–142.
- [13] MAZZA V, TURATTO M, ROSSI M, et al. How automatic are audiovisual links in exogenous spatialattention? [J]. *Neuropsychologia*, 2007, 45(3): 514–522.
- [14] BANERJEE S, SNYDER AC, MOLHOLM S, et al. Oscillatory alpha-band mechanisms and the deployment of spatial attention to anticipated auditory and visual target locations: supramodal or sensory-specific control mechanisms? [J]. *J Neurosci*. 2011, 31(27): 9923–9932.
- [15] TOWNSEND J, ADAMO M, HAIST F. Changing channels; an fMRI study of aging and cross-modal attention shifts[J]. *Neuroimage*, 2006, 31(4): 1682–1692.
- [16] FALCHIER A, CLAVAGNIER S, BARONE P, et al. Anatomical evidence of multimodal integration in primate striate cortex [J]. *J Neurosci*, 2002, 22(13): 5749–5759.
- [17] ROCKLAND KS, OJIMA H. Multisensory convergence in calcarine visual areas in macaque monkey [J]. *Int J Psychophysiol*, 2003, 50(1–2): 19–26.
- [18] BURTON H, SNYDER AZ, DIAMOND JB, et al. Adaptive changes in early and late blind: a fMRI study of verb generation to heard nouns [J]. *J Neurophysiol*, 2002, 88(6): 3359–3371.
- [19] RODER B, STOCK O, BIEN S, et al. Speech processing activates visual cortex in congenitally blind humans[J]. *Eur J Neurosci*, 2002, 16(5): 930–936.
- [20] ANDRES AJ, ORAMCARDY JE, JOANISSE MF. Congruency of auditory sounds and visual letters modulates mismatch negativity and P300 event-related potentials[J]. *Int J Psychophysiol*, 2011, 79(2): 137–146.
- [21] CHEN Q, ZHOU XL. Vision dominates at the prereponse level and audition dominates at the response level in cross-modal interaction: behavioral and neural evidence[J]. *J Neurosci*, 2013, 33(17): 7109–7121.
- [22] SEARCHFIELD G, MORRISON-LOW J, WISE K. Object identification and attention training for treating tinnitus[J]. *Prog Brain Res*, 2007, 166: 441–460.
- [23] PAPE J, PARASKEVOPOULOS E, BRUCHMANN M, et al. Playing and listening to tailor-made notched music: cortical plasticity induced by unimodal and multimodal training in tinnitus patients[J]. *Neural Plast*, 2014: 516163.

(编辑 刘清海)