

节律性时间期待和空间期待对听觉目标辨别的影响^{*}

郭 露^{1,2} 鲍 明^{1†} 陈立翰³ 陈志菲¹

(1 中国科学院声学研究所 北京 100190)

(2 中国科学院大学 北京 100049)

(3 北京大学 心理与认知科学学院 北京 100871)

2019 年 2 月 25 日收到

2022 年 6 月 20 日定稿

摘要 合理的推断和预期是加快辨别听觉目标的关键。通过听觉目标辨别的反应时任务,研究了听感知过程中节律性时间期待和空间期待对声音目标辨别的影响。实验中,听觉序列中各声音以规律或不规律的时间节奏、沿有序或随机的空间方位呈现,形成四种期待条件:时间和空间期待兼备、只有时间期待、只有空间期待和没有期待。被试对声音序列末尾随机呈现的听觉目标尽快做按键反应。结果发现:(1)节律性时间期待显著加快被试对目标声音的反应速度;(2)空间期待对目标辨别速度的促进作用仅在时间非规律条件下发生。可见,在辨别听觉目标时,听者优先使用时间期待,并在无有效时间预测信息时使用空间期待,以促成对声音目标的最优知觉加工。

PACS 数: 43.66

Effect of temporal and spatial expectations on auditory target detection

GUO Lu^{1,2} BAO Ming^{1†} CHEN Lihan³ CHEN Zhifei¹

(1 *Institute of Acoustics, Chinese Academy of Sciences* Beijing 100190)

(2 *University of Chinese Academy of Sciences* Beijing 100049)

(3 *School of Psychological and Cognitive Sciences, Peking University* Beijing 100871)

Received Feb. 25, 2019

Revised Jun. 20, 2022

Abstract Reasonable inference and expectation of the auditory target is one of the key issues in speeding up the target detection. Using the reaction time task, the present study explored how temporal expectation and spatial expectation affect detection of the target tone. Expectations were created implicitly using a moving sound sequence, which moved with a regular or irregular pace, following a well-ordered or unpredictable spatial trajectory. There were four types of expectation: no expectation, only temporal expectation about the moment of target's onset, only spatial expectation about the location of target's occurrence, combined temporal and spatial expectation. The task for participants was to respond as quickly as possible to the target tone, which was usually presented following the sequence. We found (1) a significant independent effect of temporal expectation in speeding target discrimination and (2) benefits of spatial expectation which appeared only when targets occurred at the unpredictable moment. The above findings suggest that listeners choose temporal expectation in preference to spatial expectation during auditory target detection. Alternatively, they exploit spatial expectation when temporal information is uncertain or unavailable for prediction.

引言

节律性时间期待 (Rhythmic Temporal Expecta-

tion) 是指人们感知和利用多个事件之间规律的时间动态信息,预测目标何时出现^[1-2]。空间期待 (Spatial Expectation) 是指人们利用不同事件在空间位置的有序组合关系或空间提示线索,预测目标在何处

^{*} 国家自然科学基金项目 (11774379) 资助

[†] 通讯作者: 鲍明, baoming@mail.ioa.ac.cn

出现^[3-4]。

研究证实, 节律性时间期待和空间期待均会影响人的知觉加工和行为表现^[4]。Jones 等^[5]采用了音高比较任务 (Pitch Judgement) 考察了声音节律对音高判断的影响。该任务需要被试比较先后播放的标准声音 (Standard Tone) 和探测声音 (Probe Tone) 的音高属性。结果显示, 当声音序列有节律地呈现且探测刺激正好“落在”该节律点上时, 被试音高比较结果的准确率最高。Mathewson 等^[6]则在视觉通道上探讨了时间节律如何影响人对被掩蔽刺激的意识水平。实验中, 被掩蔽目标在规律闪现的视觉背景之后出现。结果显示, 只有当出现时刻与视觉背景的闪现节律同步时, 被掩蔽目标才被更准确地察觉。这些研究都表明, 节律背景中提取出的时间动态信息能够促进对即将出现刺激的加工能力。空间期待可分为内源性和外源性两种类型^[7]。内源性空间期待通过有效的空间提示线索 (如指向某一侧的箭头符号) 引导被试将注意指向目标刺激方位^[8-9], 外源性空间期待则基于刺激间的方位排布规律 (如刺激一左一右交替出现) 自下而上地 (bottom-up) 吸引被试注意^[10]。多项研究表明, 对目标空间方位形成的有效预期, 可以缩短对该位置处刺激的加工时间, 提高知觉表现^[11-12]。

时间和空间并不独立存在, 人采用单一维度的时间期待或空间期待并不多见, 相反地会将多个维度的期待结合起来, 同时将其用于目标事件的预测。在此背景下, Doherty 等^[4]结合了时间和空间期待, 探究了二者对视觉运动目标辨别的影响。该实验中, 显示器上会呈现一个朝向遮挡区域不断运动的小球。当小球以规则或不规则的时间节奏、沿着直线轨迹或随机跳跃式路径移动至遮挡区域后会被短暂掩蔽, 随后在遮挡区域另一侧重新出现时, 小球有 50% 的概率会在圆心处被做上标记。被试需要对重新出现的被标记小球尽快做按键反应。结果表明, 当小球以规则的时间节奏或沿线性路径向前移动时, 会自动地诱发被试对再次出现的小球分别形成时间和空间预期, 帮助提高对被标记小球的辨别速度。这里时间和空间期待之间没有交互效应, 说明在视觉通道上, 两种期待可能所属于不同的认知加工系统, 各自独立作用。

与单一维度的期待相比, 针对时间和空间结合期待问题所开展的研究比较有限。视觉通道上开展的研究发现, 时间和空间期待对视觉运动目标辨别有相互独立的期待效应, 然而在听感知过程中, 时间空间结合期待如何共同影响人对声音目标的加工和

辨别还未可知。众所周知, 视觉和听觉这两个感觉通道在提供时间和空间信息的精度方面存在差异。人类视觉的空间分辨率超出了听觉定位能力^[13], 但在时间维度上却不及听觉所达到的精细加工程度^[14]。考虑到视觉和听觉系统在时空维度上的不同感知特性, 在听觉通道目标辨别任务中, 时间空间结合期待是否有着不同于视觉通道的表现形式? 基于以上问题, 本研究采用听觉目标辨别的反应时实验, 通过自主设计的圆弧形声学实验台呈现声音序列, 序列中结构化的时间节律和沿圆弧轨迹的空间排布特征分别诱发被试形成节律性时间期待和空间期待, 被试需要对序列末尾随机呈现的听觉目标尽快做按键检测。通过对听觉目标反应时进行统计分析, 进一步探讨节律性时间期待和空间期待在听感知过程中是否存在协同作用的关系。

1 听觉目标辨别的反应时实验

1.1 被试

本实验招募了 16 名在校大学生被试, 其中女生 9 名, 男生 7 名, 平均年龄为 21.5 ± 1.83 岁。所有被试皆为右利手, 视力或矫正视力正常, 听力正常。

1.2 实验设计

实验采用 2 (时间节律性: 规律和非规律声音序列) $\times$ 2 (空间有序性: 各声音沿圆弧有序呈现和随机呈现) $\times$ 2 (听觉目标: 低频和高频纯音) 的被试内设计, 因变量为听觉目标辨别率 (即目标击中率) 和反应时。

实验对目标声音 (高频和低频) 的呈现顺序采用了平衡设计, 一半被试按照 ABBA 的听觉目标顺序接受实验处理, 另一半被试按 BAAB 设计进行实验 (这里 A 和 B 分别表示以低频和高频纯音作为听觉目标)。时间节律性和空间有序性这两个自变量则在高频目标和低频目标两个水平条件下完全随机呈现。

1.3 设备和刺激

实验所用设备示意图如图 1 所示, 主体是一个半圆的弧形架, 半径为 1.6 m, 上面均匀排布着 11 个扬声器, 两两之间夹角为 15° 。这些扬声器通过自主设计的主控板与主机建立通信, 呈现声音给位于圆心处的被试。实验中使用黑色布料对弧形架和扬声器进行遮挡, 防止肉眼可观察到的扬声器方位信息干扰实验结果。实验使用较高时间精度的反应盒收集被试按键的反应时。

实验程序采用 Matlab 和心理物理学工具箱 PsychToolbox^[15-16] 编写。参考文献 17 和文献 18,

实验使用的两种声音刺激频率分别为 750 Hz 和 3000 Hz。这两种单频纯音由 Adobe Audition 软件制作生成,时长均为 50 ms(含各 5 ms 的淡入和淡出),校准后在听声点处的声压级均为 60 dBA SPL。实验使用的视觉刺激是一个点亮的绿色 LED,作为注视点在被试正前方呈现。

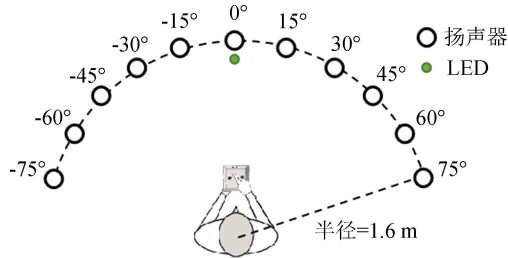


图 1 实验场景示意图

1.4 程序

为排除环境光源对实验可能的影响,实验在暗室中进行,共分为两个阶段:练习阶段和正式实验。在练习阶段,被试需要熟悉低频和高频这两种声音刺激,并阅读实验指导语,了解实验任务。随后,被试将头部固定在额托上,主试帮助调整并确认其处于圆弧架对应的圆心位置,为正式实验做准备。正式实验中将呈现由 9 个声音刺激和 8 个刺激间时距 (Inter-Stimulus Interval, ISI) 构成的序列,其中前 8 个声音为标准刺激,最后一个声音将等概率随机呈现标准刺激或目标刺激。依据时间节律性

和空间有序性可将声音序列分为时间规律空间有序 (T+S+)、时间规律空间无序 (T+S-)、时间不规律空间有序 (T-S+) 和时间不规律空间也无序 (T-S-) 四种类型 (见图 2)。其中,时间规律型 (T+) 序列按照固定的刺激间时距 (400 ms) 呈现声音刺激。时间非规律 (T-) 序列中,第一个和最后一个刺激间时距为 400 ms,中间 6 个刺激间时距分别为 190 ms、260 ms、330 ms、470 ms、540 ms 和 610 ms,且这 6 个时距在不同试次中的排列顺序随机。在空间有序型 (S+) 序列中,9 个声音沿圆弧架上的扬声器有序播放。当声音由左侧向右侧依次呈现时,将随机等概率选择 -75°、-60° 或 -45° 处的扬声器作为声音起点。当声音由右侧向左侧依次呈现时,将随机等概率选择 75°、60° 或 45° 处的扬声器作为声音起点。在空间无序型 (S-) 序列中,这些声音并不循着圆弧轨迹播放,而随机由 9 个不同方位的扬声器依次呈现,声音在方位排布上没有规则可循。另外,为避免被试形成反应定势,即只注意并辨别声音序列中最后一声刺激是否为目标刺激,实验还增设了填充刺激。填充刺激所包含的 9 个声音中,目标刺激将随机在序列中靠前的声音位置处呈现,而非只呈现在序列末尾,这样设计可促成被试在整个序列播放期间的注意参与。

正式实验阶段每个组块开始前,被试正前方 (即 0° 处) 的扬声器将播放高频或低频的声音,以此告知

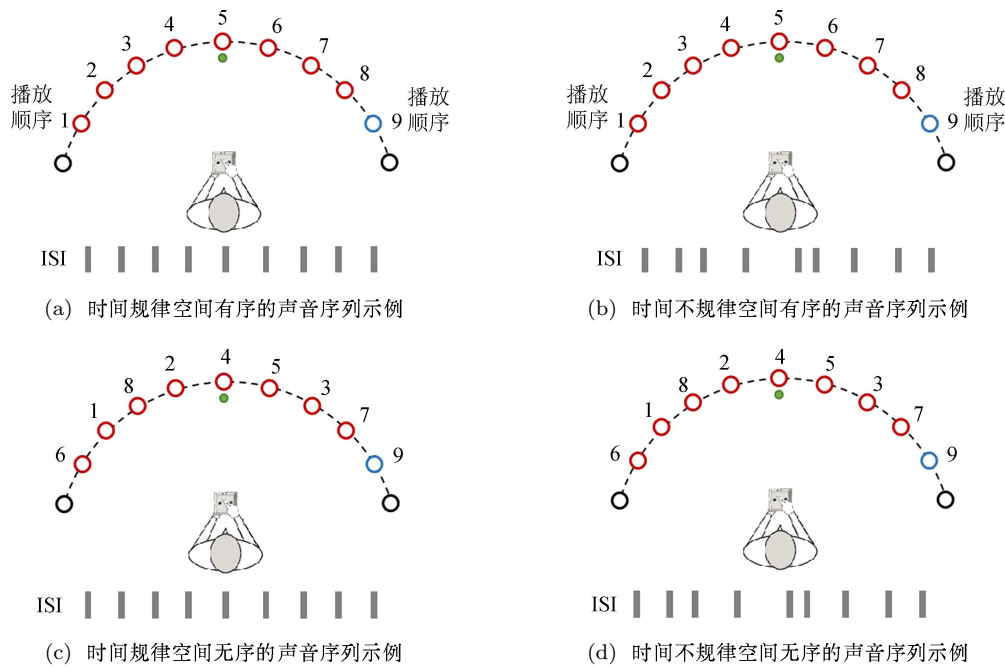


图 2 节律性时间期待和空间期待的 4 类组合方式

(注: 标记为红色和蓝色的扬声器分别播放标准声音和目标声音,旁边数字表示该扬声器播放声音在序列中的次序,下方灰色条形之间的间隔长度表示各刺激间时距 (ISI) 的时长)

被试本组实验的目标刺激。具体实验程序为：首先，点亮正前方的 LED 作为注视点，1200 ms 后程序随机播放一类声音序列或填充刺激，当目标刺激出现时，被试需尽快用右手食指按下反应盒上的反应键。被试有 1500 ms 的时间做按键反应，如在此时段内未检测到按键，则认为被试漏报此目标刺激。最后注视点消失，1.5~1.8 s 后程序自动跳转至下一个试次。

正式实验共有 432 个试次，其中 8 个实验条件各重复 48 次，填充试次共 48 个 (11.1%)。实验共分为 8 个组块，每个组块包含 54 个试次，被试完成一个组块后休息 2~3 min。

2 实验结果

被试辨别声音目标的正确率为 99.5% (标准差为 1.4%)，这很可能是由于实验选取了不需要高负荷的知觉辨别任务，以至于被试在各实验条件下都有较高的反应正确性 (见表 1)。因此，后续的分析将以反应时为指标，着重考察被试对听觉目标的反应速度在不同实验条件下的差异。

参考文献 19，正式实验中填充试次、未作出按键反应试次、反应时小于 150 ms 和大于 1200 ms 试次 (0.11%) 不计入对反应时的统计分析。不同实验条件下所有被试的平均反应时结果如表 1 和图 3 所示。以时间节律性 (T+/T-)、空间有序性 (S+/S-) 和听觉目标 (750 Hz/3000 Hz) 为自变量，对反应时作重复测量方差分析。结果显示，时间节律性的主效应显著， $F(1, 15) = 23.775, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.613$ 。被试对时间规律型序列末尾呈现的声音目标的反应时 (293.5 ms) 显著快于时间非规律序列 (305.0 ms)。空间有序性和听觉目标的主效应均不显著 ($F(1, 15) = 1.643, p = 0.219, \eta_p^2 = 0.099; F(1, 15) = 0.174, p = 0.682, \eta_p^2 = 0.011$)，表明被试对空间有序型序列与空间无序型序

列末尾呈现的声音目标的反应时无显著差异，同时声音目标频率的高低也不影响被试的辨别反应时。

本实验更重要的发现是，声音序列的时间节律性和空间有序性之间存在显著的交互作用 (如表 2 和图 4 所示)， $F(1, 15) = 8.243, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.355$ 。简单主效应分析显示，时间节律性效应在声音序列空间有序呈现和空间随机呈现的条件下均达到了显著水平， $F_s > 23, p_s < 0.001$ 。然而空间有序性效应仅发生在时间非规律条件下， $F(1, 15) = 4.92, p < 0.05$ 。具体来说，在时间非规律条件下，被试对在空间有序型声音序列末尾呈现的声音目标的反应时 (300.4 ms) 显

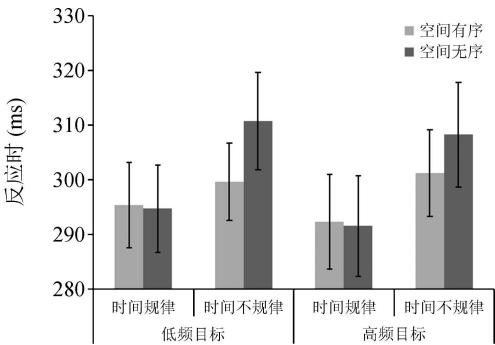


图 3 不同实验条件下被试目标辨别的反应时

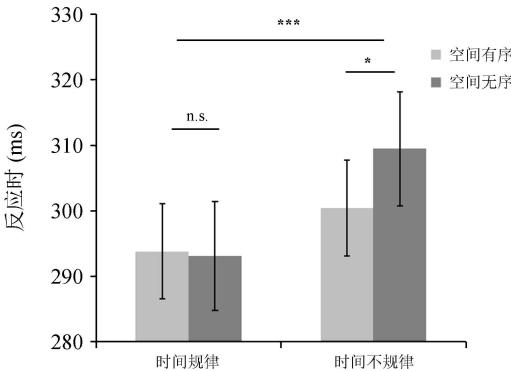


图 4 4 类时间-空间期待组合方式下被试目标辨别的反应时 (*: $p < 0.05$; ***: $p < 0.001$; n.s.: 无显著统计差异)

表 1 不同实验条件下被试目标辨别率和反应时的均值和标准误差

	声音 目标	不同时间空间期待组合方式			
		T+S+	T+S-	T-S+	T-S-
辨别率 (%)	高频	99.7 ± 0.3	99.2 ± 0.6	99.7 ± 0.3	99.5 ± 0.4
	低频	99.5 ± 0.4	99.5 ± 0.4	99.5 ± 0.4	99.7 ± 0.3
反应时 (ms)	高频	292.3 ± 8.7	291.5 ± 9.2	301.2 ± 7.9	308.2 ± 9.6
	低频	295.4 ± 7.8	294.7 ± 8.0	299.6 ± 7.1	310.7 ± 8.9

表 2 四类时间-空间期待组合方式下被试目标辨别的平均反应时和标准误差

	不同时间-空间期待组合方式			
	T+S+	T+S-	T-S+	T-S-
反应时 (ms)	293.8 ± 7.3	293.1 ± 8.3	300.4 ± 7.3	309.5 ± 8.7

著快于空间无序型序列 (309.5 ms)。但是在时间规律的条件下, 声音序列无论空间有序呈现与否, 均不会引起被试辨别听觉目标时反应速度的显著差异, $F(1, 15)=0.05, p=0.831$ 。

3 讨论

为适应不断变化的环境, 人会依据事件之间的时间动态信息或空间排布关系对即将出现的目标进行合理推断和预期, 这一预测加工能力对提高该目标的知觉和行为表现至关重要。事实上, 人们常常同时利用时间^[20-21]和空间^[22]等多个维度的期待, 在辨别目标时做出最优反应, 因此开展结合期待的研究具有更高的生态效度。本研究将时间和空间期待同时置于听觉目标辨别范式中, 通过改变声音序列规律或不规律的时间节奏以及有序或随机的空间方位组合来形成四种不同的期待条件: 时间和空间期待兼备、只有时间期待、只有空间期待和没有期待, 探讨在听觉通道上这两种期待是否存在协同交互的关系。

首先, 研究结果表明节律性时间期待能够显著加快对声音目标的辨别反应。具体来说, 在声音节律背景中, 规律性的时间信息会自动引发时间期待, 被试对出现在节律点上的目标做出较快反应; 当时间节律缺失, 被试无法预期听觉目标出现的时间, 致使目标检测的反应较慢。这一结果与以往的研究结论保持一致^[23-25]。近年来, 不断有研究对节律性时间期待的内在神经机制进行探索, 提出了振荡选择假说 (Oscillatory Selection Hypothesis)^[26-28]。该假说认为人在提取外界结构化的时间信息时, 节律型刺激序列能够重置大脑皮层内生神经振荡的相位, 使得神经元集群的活动与外界节律同步化 (Neural Entrainment)。后续视听等通道的相关研究^[21,29]也都证实了该假设, 并且更加明确了低频神经振荡在时间期待中发挥的重要作用。以此神经振荡机制作为支持, 可帮助理解本研究观测到的节律性时间期待的显著效应。当声音目标呈现在节律点上时, 与刺激加工相关的听觉区振荡相位刚好与之对应, 神经元集群的兴奋性水平达到最佳, 使得听者对该目标刺激的反应速度得以提高。

本研究更重要的发现是, 在听觉目标感知过程中, 节律性时间期待和空间期待之间存在协同作用的关系, 并且空间期待更多地受到时间期待的调节。具体来说, 只有当时间期待无效时, 空间期待才会发挥作用, 影响被试对听觉目标的反应速度; 相反地, 当声音序列以规则的节律呈现诱发被试产生时间期待

时, 空间期待有效性的差异消失。这一发现不同于前人在视觉通道目标检测任务中^[4]的行为观测结果。事实上, 人的视觉系统和听觉系统各自对外界信息进行加工时, 在时间和空间维度的敏感性和精确度上存在不小的差异^[30]。相比于视觉, 听觉系统在提供时间信息方面占有优势, 但在空间感知定位方面精确度不足。因此, 依据人的听觉特性, 听者对声音目标进行知觉加工时, 会更多地依据有效的时间信息, 同时选择性地使用空间信息。

在听觉通道上时间和空间这两种期待协同作用的这一发现, 充实了时间空间结合期待的已有结论。考虑到视觉和听觉通道是人们获取外界信息的重要来源, 发掘并比较时间空间结合期待在这两个感觉通道中不同的表现形式有着重要意义^[31-32]。结合本研究 and 以往在视觉通道^[4]上的实验结论, 由外界刺激自下而上诱发的时间和空间期待二者之间并非只存在单一模式的结合期待关系, 在不同的感觉通道中, 二者对目标刺激加工的调节作用可能有所不同。在视觉通道, 二者倾向于各自独立作用。而在听觉通道目标辨别中, 依据当前实验结果, 听者会优先使用节律性时间期待, 并在无有效时间预测信息时选用空间期待, 以促成对声音目标最优的知觉加工。

4 结论

针对听觉通道的时间和空间结合期待问题, 采用听觉目标辨别的反应时实验, 对在这两种期待不同组合条件下的反应速度进行分析, 发现在听觉通道上: (1) 节律性时间期待和空间期待协同交互, 共同促成对即将出现的听觉目标的加工; (2) 相比于空间期待, 听者优先使用节律性时间期待; (3) 在无有效时间预测信息时, 空间期待发挥调节作用。以上结论为阐明听觉目标辨别中时间空间结合期待加工机制提供了重要实验依据。

5 致谢

本文受国家自然科学基金面上项目 (11774379) 资助, 谨致谢意。

参 考 文 献

- 1 Coull J T, Nobre A C. Dissociating explicit timing from temporal expectation with fMRI. *Curr. Opin. Neurobiol.*, 2008; **18**(2): 137—144
- 2 Sanabria D, Correa Á. Electrophysiological evidence of temporal preparation driven by rhythms in audition. *Biol. Psychol.*, 2013; **92**(2): 98—105
- 3 Posner M I, Snyder C R, Davidson B J. Attention and the detection of signals. *J. Exp. Psychol.: Gen.*, 1980; **109**(2):

- 160—174
- 4 Doherty J R, Rao A, Mesulam M M *et al.* Synergistic effect of combined temporal and spatial expectations on visual attention. *J. Neurosci.*, 2005; **25**: 8259—8266
- 5 Jones M R, Moynihan H, MacKenzie N *et al.* Temporal aspects of stimulus-driven attending in dynamic arrays. *Psychol. Sci.*, 2002; **13**(4): 313—319
- 6 Mathewson K E, Fabiani M, Gratton G *et al.* Rescuing stimuli from invisibility: Inducing a momentary release from visual masking with pre-target entrainment. *Cognition*, 2010; **115**(1): 186—191
- 7 Summerfield C, Egner T. Expectation (and attention) in visual cognition. *Trends Cognit. Sci.*, 2009; **13**(9): 403—409
- 8 Posner M I. Orienting of attention. *Quarterly J. Exp. Psychol.*, 1980; **32**(1): 3—25
- 9 Teder-Sälejärvi W A, Hillyard S A. The gradient of spatial auditory attention in free field: An event-related potential study. *Percept. Psychophys.*, 1998; **60**(7): 1228—1242
- 10 Chun M M, Jiang Y. Contextual cueing: implicit learning and memory of visual context guides spatial attention. *Cognit. Psychol.* 1998; **36**(1): 28—71
- 11 Mondor T A, Zatorre R J. Shifting and focusing auditory spatial attention. *J. Exp. Psychol.: Hum. Percept. Perform.*, 1995; **21**(2): 387—409
- 12 Geng J J, Behrmann M. Probability cuing of target location facilitates visual search implicitly in normal participants and patients with hemispatial neglect. *Psychol. Sci.*, 2002; **13**(6): 520—525
- 13 Middlebrooks J C, Green D M. Sound localization by human listeners. *Annu. Rev. Psychol.*, 1991; **42**: 135—159
- 14 King A J, Nelken I. Unraveling the principles of auditory cortical processing: Can we learn from the visual system? *Nat. Neurosci.*, 2009; **12**(6): 698—701
- 15 Brainard D H. The psychophysics toolbox. *Spat. Vision*, 1997; **10**(4): 433—436
- 16 Pelli D G. The VideoToolbox software for visual psychophysics: transforming numbers into movies. *Spat. Vision*, 1997; **10**(4): 437—442
- 17 Frissen I, Vroomen J, de Gelder B *et al.* The aftereffects of ventriloquism: Are they sound-frequency specific? *Acta Psychol.*, 2003; **113**(3): 315—327
- 18 Bruns P, Röder B. Sensory recalibration integrates information from the immediate and the cumulative past. *Sci. Rep.*, 2015; **5**: 12739
- 19 邱俊杰, 于晓琳, 李宝林等. 节律性时间期待效应不受注意控制的影响. *心理科学*, 2016; **39**(6): 1359—1365
- 20 Ahrens M M, Veniero D, Gross J *et al.* Visual benefits in apparent motion displays: automatically driven spatial and temporal anticipation are partially dissociated. *PLoS One*, 2015; **10**(12): e0144082
- 21 Cravo A M, Rohenkohl G, Wyart V *et al.* Temporal expectation enhances contrast sensitivity by phase entrainment of low-frequency oscillations in visual cortex. *J. Neurosci.*, 2013; **33**(9): 4002—4010
- 22 Tang X, Li C, Li Q *et al.* Modulation of auditory stimulus processing by visual spatial or temporal cue: an event-related potentials study. *Neurosci. Lett.*, 2013; **553**: 40—45
- 23 Correa Á, Lupiáñez J, Tudela P. Attentional preparation based on temporal expectancy modulates processing at perceptual level. *Psychonom. Bull. Rev.*, 2005; **12**(2): 328—334
- 24 Lange K. Brain correlates of early auditory processing are attenuated by expectations for time and pitch. *Brain Cognit.*, 2009; **69**(1): 127—137
- 25 Davranche K, Nazarian B, Vidal F *et al.* Orienting attention in time activates left intraparietal sulcus for both perceptual and motor task goals. *J. Cognit. Neurosci.*, 2011; **23**(11): 3318—3330
- 26 Schroeder C E, Lakatos P. Low-frequency neuronal oscillations as instruments of sensory selection. *Trends Neurosci.*, 2009; **32**(1): 9—18
- 27 Raichle M E. Two views of brain function. *Trends Cognit. Sci.*, 2010; **14**(4): 180—190
- 28 Arnal L H, Giraud A L. Cortical oscillations and sensory predictions. *Trends Cognit. Sci.*, 2012; **16**(7): 390—398
- 29 Lakatos P, Schroeder C E, Leitman D I *et al.* Predictive suppression of cortical excitability and its deficit in schizophrenia. *J. Neurosci.*, 2013; **33**(28): 11692—11702
- 30 Welch R B, Warren D H. Immediate perceptual response to intersensory discrepancy. *Psychol. Bull.*, 1980; **88**(3): 638—667
- 31 Lange K. The N1 effect of temporal attention is independent of sound location and intensity: Implications for possible mechanisms of temporal attention. *Psychophysiology*, 2012; **49**(11): 1636—1648
- 32 Rohenkohl G, Gould I C, Pessoa J *et al.* Combining spatial and temporal expectations to improve visual perception. *J. Vision*, 2014; **14**(4): 8, 1—13