

Top-down 知觉加工下的视觉传导特征

周爱保¹, 岳红云^{1,2}, 刘显翠¹, 张 奋¹

引用:周爱保,岳红云,刘显翠,等. Top-down 知觉加工下的视觉传导特征. 国际眼科杂志 2021;21(4):742-744

作者单位:¹(730070)中国甘肃省兰州市,西北师范大学心理学院;²(730050)中国甘肃省兰州市,中国人民解放军联勤保障部队第九四〇医院眼科

作者简介:周爱保,教授,博士研究生导师,研究方向:认知与发展心理学。

通讯作者:岳红云,博士研究生,研究方向:视觉认知与学习发展. 2459762661@qq.com

收稿日期:2020-06-17 修回日期:2021-03-11

摘要

目的:研究 Top-down 知觉通路参与儿童视觉传导效率及其特征。

方法:选取 2020-01/06 于我院门诊进行健康查体的儿童志愿者 26 名,采用儿童自我颜面部特征明显的照片作为 Top-down 知觉注视点图片,通过图形视觉诱发电位(PVEP)检查记录 N75 潜时、P100 波峰时间、P100 波幅及 P100 复极化时间。

结果:不同视知觉加工路径对 N75 潜时无显著影响,而不同空间频率对 N75 潜时具有显著影响,高频空间刺激下 N75 潜时延长。视知觉加工路径与空间频率的交互作用对 P100 峰值时间呈现显著影响,Top-down 条件下,高频空间刺激时 P100 波峰值出现时间显著缩短。不同视知觉加工路径和空间频率均对 P100 波幅影响显著,高频空间刺激下,Top-down 知觉途径对 P100 波幅的影响显著。不同视知觉加工路径和空间频率均对 P100 波复极化时间影响显著,而加工路径与空间频率的交互作用影响不显著。

结论:Top-down 知觉途径参与下的儿童视觉过程视觉传导速度得到提高,视觉传导效率提高。

关键词:Top-down 知觉通路;Bottom-up 知觉通路;图形视觉诱发电位;自我相关视觉;视知觉

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2021.4.38

Characteristics of visual conduction under Top-down perceptual processing

Ai-Bao Zhou¹, Hong-Yun Yue^{1,2}, Xian-Cui Liu¹, Fen Zhang¹

¹School of Psychology, the Northwest Normal University, Lanzhou 730070, Gansu Province, China; ²Department of Ophthalmology, the 940th Hospital of Joint Logistic Support Force of PLA, Lanzhou 730050, Gansu Province, China

Correspondence to: Hong-Yun Yue. School of Psychology, the Northwest Normal University, Lanzhou 730070, Gansu Province, China; Department of Ophthalmology, the 940th Hospital of Joint

Logistic Support Force of PLA, Lanzhou 730050, Gansu Province, China. 2459762661@qq.com

Received:2020-06-17 Accepted:2021-03-11

Abstract

• **AIM:** To study the visual efficiency and characteristics of Top-down perceptual pathway in children.

• **METHODS:** Totally 26 children volunteers in the outpatient department from January to June 2020 were selected. We adopted the photos of children's self-face as the Top-down perceptive fixation point pictures. The N75 time, P100 peak time, P100 amplitude and P100 repolarization time were recorded by graphic visual evoked potential (PVEP) examination.

• **RESULTS:** Different visual perception pathway had no significant effect on the latency of N75, while different spatial frequencies have a significant effect on the N75 time. The latency of N75 was prolonged under high frequency spatial stimulation. The interaction between visual perceptual processing path and spatial frequency has a significant effect on the peak time of P100. Under Top-down condition, the peak time of P100 was significantly shortened under high-frequency spatial stimulus. Different visual perception paths and spatial frequencies had significant effects on P100 amplitude, and Top-down perceptual processing and spatial frequencies had significant effects on the time of P100 wave repolarization, while the interaction between processing paths and spatial frequencies had no significant effects.

• **CONCLUSION:** Under Top-down visual perceptual, the visual conduction velocity and visual condition efficiency are improved in children's visual process.

• **KEYWORDS:** Top-down perception pathway; Bottom-up perception pathway; pattern visual evoked potential; self-related visual function; visual perception

Citation: Zhou AB, Yue HY, Liu XC, et al. Characteristics of visual conduction under Top-down perceptual processing. *Guoji Yanke Zazhi(Int Eye Sci)* 2021;21(4):742-744

0 引言

人类的视知觉状态及效率往往反映了认知过程参与生理功能的主要特征。知觉的上行通路与下行通路对视觉认知的最终结果的影响存在显著差异^[1]。概念驱动(concept-driven)的视觉加工包含了个体的搜寻愿望及视觉期待,自我面孔的唯一性决定了个体对其关注水平高于一般注视目标,并且产生相对的生理、记忆、情绪、再认等认知心理反射^[2]。

经典视觉研究专注于自下而上(Bottom-up)过程,试图应用动物模型及计算机技术进行视觉特征研究^[3-4],然

而,即使完全由 Bottom-up 完成的视觉过程,由于认知特征差异,视觉期待形成的关注(attention)仍旧可能改变视觉结论^[5]。大脑皮质的功能分区及皮质功能分区细化和事件相关电位(event-related potentials, ERP)研究证实, Bottom-up 视觉过程中早期视皮质的功能启动对于视觉结论具有重要意义^[6-9]。从认知角度而言,自上而下(Top-down)和 Bottom-up 二者在视觉产生过程中的协同作用及彼此调制控制特征^[10-11]决定了视觉结局与视觉期待之间的相互关系。与数据驱动的视觉加工过程中应用的刺激图形不同,Top-down 知觉通路属于有认知意义的概念刺激,而前者属于无需解释的数据刺激,因此可以依据二者引发的视觉诱发电位,判断 Top-down 通路激活与单纯 Bottom-up 通路传导下的视觉诱发电位特征差异^[12-15]。本研究针对儿童的年龄特点呈现的自我认知特征,在检测概念驱动视觉过程特征时,运用自我视觉期待,激活 Top-down 知觉通路,研究 Top-down 知觉通路参与下,图形视觉诱发电位(pattern visual evoked potential, PVEP)提示的视觉传导效率及其特征。

1 对象和方法

1.1 对象 选取 2020-01/06 于我院门诊进行健康查体的儿童志愿者 26 名,其中男 13 名,女 13 名,平均年龄 10.12±0.27 岁,右利手,韦克斯勒儿童智力量表(WISC)测量 IQ 正常,视力 20/20(ETDRS 视力表)。排除 PVEP 测量过程中有效重复波形低于 95% 的受检者。本研究作为儿童相关的临床试验已经过我院医学伦理委员会审查(审批号:LCSYLL20200612)。所有研究对象及其监护人均对本研究知情同意,并由其监护人签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 视觉通路设计 Top-down 刺激视觉注视点:拍摄儿童的面部照片,应用图像处理软件将图片处理为黑白素描图形,能够清晰分辨儿童。Bottom-up 刺激视觉注视点:儿童的面部照片素描处理后数码化为不同亮度黑白数码图形,使不能分辨为儿童(图 1)。

1.2.2 操作过程

1.2.2.1 建立儿童 Top-down 知觉刺激材料 研究开始前,于自然光诊室(照度 120~150Lx)设置白色无反光背景墙,采用佳能照相机(型号:IXUS115 HS;参数:有效像素 1 210 万,光学变焦 4 倍,焦距 24~120mm)为儿童拍照 3 次。儿童注视 3min 比较图片后,选择满意图片 1 张,打印为 14mm 透明背景照片,贴附照片于常规视标位置。同时,建立 Bottom-up 程序的指导语(“请注视红色方格图形”)和 Top-down 程序的指导语[“请注视 * * * (儿童名字)”]。

1.2.2.2 PVEP 检查 所有研究对象均选取右眼为观察眼,采用罗兰视觉电生理系统进行 PVEP 检查。参数设置:(1)低频空间刺激:黑白翻转正方形边长 14mm,翻转频率 14Hz;(2)高频空间刺激:黑白翻转正方形边长 7mm,翻转频率 14Hz。检测指标:N75 潜时、P100 峰值时间、P100 波幅、P100 复极化时间。

统计学分析:采用 SPSS 20.0 统计学软件进行统计学分析。计量资料采用均数±标准差表示,采用 2(视觉诱发电位刺激参数:高频空间刺激、低频空间刺激)×2(知觉途径:Top-down、Bottom-up)交叉设计资料的重复测量方差分析进行数据分析。 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

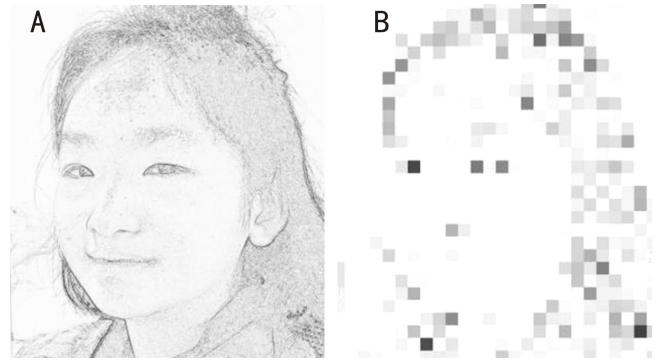


图 1 Top-down 和 Bottom-up 视觉刺激图形示例 A:Top-down 刺激(儿童素描像);B:Bottom-up 刺激(儿童数码像)。

表 1 不同视知觉加工路径下不同空间频率对 N75 潜时的影响

视知觉加工路径	空间频率	眼数	N75 潜时($\bar{x} \pm s$, ms)
自上而下	高频	26	75.22±5.64
	低频	26	73.66±4.20
自下而上	高频	26	76.95±7.26
	低频	26	73.12±3.92

表 2 不同视知觉加工路径下不同空间频率对 P100 峰值时间的影响

视知觉加工路径	空间频率	眼数	P100 峰值时间($\bar{x} \pm s$, ms)
自上而下	高频	26	104.12±9.87
	低频	26	105.57±6.40
自下而上	高频	26	109.40±11.56
	低频	26	102.46±7.77

2 结果

2.1 不同视知觉加工路径下不同空间频率刺激反应 N75 潜时的差异 视知觉加工路径的主效应不显著 [$F(1, 25) = 0.639, P = 0.432, \eta^2 = 0.025$], 空间频率主效应显著 [$F(1, 25) = 5.240, P = 0.031, \eta^2 = 0.173$], 视知觉加工路径与空间频率的交互作用不显著 [$F(1, 25) = 1.658, P = 0.210, \eta^2 = 0.062$], 表明不同视知觉加工路径对 N75 潜时无显著影响, 表现为 Top-down 与 Bottom-up 条件下无显著差异, 而不同空间频率对 N75 潜时具有显著影响。同时, 视知觉加工路径与空间频率二者之间的交互作用不显著, 表明 N75 潜时主要与空间频率相关, 即空间频率高的情况下, Top-down 能够显著缩短 N75 潜时, 但是与单纯空间频率对 N75 潜时影响水平相比, 低频空间频率条件下 N75 更快出现(表 1)。

2.2 不同视知觉加工路径下不同空间频率刺激反应 P100 峰值时间的差异 视知觉加工路径的主效应不显著 [$F(1, 25) = 1.313, P = 0.263, \eta^2 = 0.050$], 空间频率主效应也不显著 [$F(1, 25) = 3.044, P = 0.093, \eta^2 = 0.109$], 而视知觉加工路径与空间频率的交互作用则呈现显著影响 [$F(1, 25) = 28.349, P < 0.001, \eta^2 = 0.531$], 表现为在 Top-down 条件下, 高频空间刺激对 P100 影响为 P100 波峰值出现时间显著缩短(表 2)。

2.3 不同视知觉加工路径下不同空间频率刺激反应 P100 波幅的差异 视知觉加工路径的主效应显著 [$F(1, 25) = 27.333, P < 0.001, \eta^2 = 0.521$], 空间频率主效应显著 [$F(1, 25) = 6.919, P = 0.014, \eta^2 = 0.217$], 而视知觉加工

表3 不同视知觉加工路径下不同空间频率对 P100 波幅的影响

视知觉加工路径	空间频率	眼数	P100 波幅($\bar{x}\pm s$)
自上而下	高频	26	21.17±4.14
	低频	26	18.75±6.48
自下而上	高频	26	17.80±3.90
	低频	26	15.26±3.41

表4 不同视知觉加工路径下不同空间频率对 P100 复极化时间的影响

视知觉加工路径	空间频率	眼数	P100 复极化时间($\bar{x}\pm s$,ms)
自上而下	高频	26	31.34±8.81
	低频	26	41.03±11.73
自下而上	高频	26	36.50±10.66
	低频	26	43.29±16.51

路径与空间频率的交互作用不显著 [$F(1, 25) = 0.021, P = 0.887, \eta^2 = 0.001$], 表现为在 Top-down 条件下, 高频空间刺激与低频空间刺激对 P100 影响均表现为 P100 波幅显著提高, 且高频空间与低频空间频率影响水平大致相当, 而空间频率主效应影响对于 P100 波幅的影响主要表现为高频空间产生了更高 P100 波幅, 但其影响水平小于知觉途径的影响(表3)。

2.4 不同视知觉加工路径下不同空间频率刺激反应 P100 复极化时间差异 视知觉加工路径的主效应显著 [$F(1, 25) = 8.806, P = 0.007, \eta^2 = 0.260$], 空间频率主效应显著 [$F(1, 25) = 21.148, P < 0.001, \eta^2 = 0.458$], 而视知觉加工路径与空间频率的交互作用不显著 [$F(1, 25) = 2.468, P = 0.129, \eta^2 = 0.090$], 表现为在 Top-down 条件下, 高频空间刺激与低频空间刺激对 P100 复极化时间的影响均表现为时值显著减少, 但 Top-down 对高频空间与低频空间频率影响水平大致相当(表4)。

3 讨论

低频空间刺激下, N75 成分的视觉传导特征表现为知觉通路对于 PVEP 的影响并不比空间频率的影响显著, 提示当刺激位置与黄斑中心凹视锥细胞参与数目有关时, 高频空间由于分辨率更高, 需要更加精细视觉的黄斑区视锥细胞参与, 其与神经纤维的一对一相联系, 分辨精细视觉, 精细视觉的多皮质参与特征可能使得其受到 Top-down 的影响机会变小。Top-down 参与下的 Bottom-up 传导过程提高了视觉传导效率, 视觉传导细胞表现为去极化时间显著缩短, 先验知识和视觉期待能够提高视觉行为的主动性和视觉行为的效率。Top-down 参与下低频空间与高频空间刺激均显示 P100 波幅显著高于单纯 Bottom-up 刺激产生的 P100 波幅。由于视觉细胞的动作电位表现为全或无特征, 因此当整体波幅提高时, 可以初步得出结论, 在 Top-down 参与下, 动员了更多视觉细胞参与视觉活动。故认为 Top-down 能够提高视觉行为的兴奋神经元数量, 提高视觉传导总能量。高频刺激产生的 P100 复极化时间明显缩短, 而低频刺激产生的 P100 复极化时间较长, 但二者较单纯 Bottom-up 产生的 P100 复极化时间均显著缩短。分析可能是由于 Top-down 参与下的认知过程显著延长, 此处尚有生理性解剖结构不能解释的视觉过程。

Top-down 知觉通路参与下, 视觉传导效率及速率均高于单纯 Bottom-up 视觉过程, 因为 Bottom-up 过程并非

单纯无下行视觉支配系统参与的完全低级中枢活动(无反射参与), 在无显著 Top-down 知觉参与的视觉传导过程中, 可将其简要认为是视觉及视觉传导神经元的对外界环境反应的基础活动。Top-down 知觉过程主要表现为对视知觉活动的精细过程参与水平更高, 提高视知觉过程中神经元激活数量, 从而在视觉刺激图形要求的高分辨率环境中, 得到更多的生理基础资源, 与现有文献研究结论一致^[16-17]。本研究从视觉发展的角度考量, 研究结论与视觉的进化结果一致, 即个体面临复杂而精细的自我相关视觉对象时, 能够更大程度调动神经元参与视觉过程。

参考文献

- 1 Roeder KM, Cole DA, Sinclair KR, et al. Sensitive periods for the effect of peer victimization on self-cognition: moderation by age and gender. *Dev Psychopathol* 2014; 26(1): 1035-1048
- 2 Sullivan JA, Grover PL, Lynaugh JE, et al. Video mediated self-cognition and the Amidon-Flanders Interaction Analysis Model in the training of nurse practitioners' history taking skills. *J Nurs Educ* 1975; 14(3): 39-45
- 3 Xia C, Qi F, Shi G. Bottom-up Visual Saliency Estimation With Deep Autoencoder-Based Sparse Reconstruction. *IEEE Trans Neural Netw Learn Syst* 2016; 27(6): 1227-1240
- 4 Pflugshaupt T, Nösberger M, Guthbrod K, et al. Bottom-up Visual Integration in the Medial Parietal Lobe. *Cereb Cortex* 2016; 26(3): 943-949
- 5 Madden DJ, Parks EL, Tallman CW, et al. Frontoparietal activation during visual conjunction search: Effects of Bottom-up guidance and adult age. *Hum Brain Mapp* 2017; 38(4): 2128-2149
- 6 Ramirez-Moreno DF, Schwartz O, Ramirez-Villegas JF. A saliency-based Bottom-up visual attention model for dynamic scenes analysis. *Biol Cybern* 2013; 107(2): 141-160
- 7 Ramirez-Villegas JF, Ramirez-Moreno DF. Color coding in the cortex: a modified approach to Bottom-up visual attention. *Biol Cybern* 2013; 107(1): 39-47
- 8 Katsuki F, Constantinidis C. Early involvement of prefrontal cortex in visual Bottom-up attention. *Nat Neurosci* 2012; 15(8): 1160-1166
- 9 Li ZP, Frith U. A clash of Bottom-up and Top-down processes in visual search: the reversed letter effect revisited. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* 2011; 37(4): 997-1006
- 10 Yeh CW, Blamires SJ, Liao CP, et al. Top down and bottom up selection drives variations in frequency and form of a visual signal. *Sci Rep* 2015; 30(5): 9543
- 11 Corradi - Dell'Acqua C, Fink GR, Weidner R. Selecting category-specific visual information: Top-down and Bottom-up control of object based attention. *Conscious Cogn* 2015; 35(3): 330-341
- 12 Powers AR III, Kelley M, Corlett PR. Hallucinations as top-down effects on perception. *Biol Psychiatry Cogn Neurosci Neuroimaging* 2016; 1(5): 393-400
- 13 Dijkstra N, Zeidman P, Ondobaka S, et al. Distinct Top-down and Bottom-up Brain Connectivity During Visual Perception and Imagery. *Sci Rep* 2017; 7(1): 5677
- 14 Invergo BM, Montanucci L, Koch KW, et al. Exploring the rate-limiting steps in visual phototransduction recovery by Bottom-up kinetic modeling. *Cell Commun Signal* 2013; 11(1): 36
- 15 König SD, Buffalo EA. Modeling Visual Exploration in Rhesus Macaques with Bottom-up Saliency and Oculomotor Statistics. *Front Integr Neurosci* 2016; 30(10): 23
- 16 刘彦芳, 林萍. 脑影像网络训练对共同性斜视术后患儿双眼视觉功能恢复的影响. *国际眼科杂志* 2018; 18(6): 1166-1168
- 17 罗瑜琳, 罗诗诗, 刘政海, 等. IGF-1 介导的丰富环境对成年弱视小鼠视皮层可塑性的影响. *国际眼科杂志* 2020; 20(2): 224-229