

知觉组织影响时序知觉的认知机制:ERP 研究的证据*

尹天子 吴倩 戚江丹

(贵州师范大学心理学院, 贵阳 550025)

摘要:以往研究显示,知觉组织影响时序知觉,采用 ERP 技术拟探讨知觉组织影响时序知觉的认知机制。采集 23 名被试完成同时判断任务的脑电数据。行为结果发现,知觉组织影响时序知觉,具体表现为知觉组织条件的同时判断频率显著高于非知觉组织条件。ERPs 结果发现,在 P1 和 P2 成分上,知觉组织条件与非知觉组织条件引发的波幅没有显著差异;而在 N1 成分上,知觉组织条件诱发的 N1 波幅显著大于非知觉组织条件。这表明,知觉组织对时序知觉的影响可能发生在视觉刺激加工的早期阶段,视觉刺激的知觉组织先于时序信息加工。

关键词:知觉组织;时序知觉;事件相关电位(ERP)

中图分类号:B842.5

文献标识码:A

文章编号:1003-5184(2021)02-0131-05

1 引言

时序知觉是个体对几十毫秒到几百毫秒内同时或相继出现的客观事件顺序性的知觉,包括同时性、非同时性和序列性等经验成分(尹天子,黄希庭,2009)。研究者主要采用同时判断任务(simultaneity judgment, SJ)和时序判断任务(temporal order judgment, TOJ)来研究时序知觉,通常是同时或以不同的 SOA(stimulus onset asynchrony)先后呈现两个刺激, SJ 任务要求被试判断两个刺激是同时还是非同时出现, TOJ 任务要求被试判断两个刺激哪个先出现或后出现。

时序知觉受到自下而上的信息加工的影响,大量研究证实,时序知觉受刺激的物理属性等因素影响。比如,刺激呈现的空间位置(Keetels & Vroomen, 2005)、通道(van Eijk, Kohlrausch, Juola, & van de Par, 2008)、强度(Jaskowski & Verleger, 2000)等因素都会影响时序知觉。近些年来,研究者逐渐意识到自上而下的信息加工在时序知觉产生中的作用,发现了注意(Vibell, Klinge, Zampini, Spence, & Nobre, 2007)、情绪(Liang, Zhang, & Bao, 2015)、文化(Fuhrman & Boroditsky, 2010)、因果信念(Bech-livanidis & Lagnado, 2016)、经验(Zampini, Brown, Shore, Maravita, Röder, & Spence, 2005)等因素对时序知觉的影响。由此可见,自下而上和自上而下的信息加工过程均会影响时序信息的加工。研究还发现,知觉组织是影响时序知觉的一个重要因素。知

觉组织(perceptual grouping)是视觉系统在知觉客观世界时,将复杂的分离的视觉元素组织成一个单元或组块,形成视觉加工的基本单元的过程(Vecera & Behrmann, 2001)。在视觉通道中, Nicol 和 Shore (2007)采用三条线段构成的“C”形字母为材料,字母的开口方向包括相对和相背两个条件,让被试完成时序判断任务,结果发现,字母方向相对时,被试时序判断的表现更差,他们认为可能是被试将相对的两个图片知觉为一个物体,这一知觉组织过程影响了被试对两个刺激出现时序的判断。Baruch 等(2013)使用两条垂线和水平线作为实验材料,知觉组织条件中水平线和垂直线构成一个矩形,非知觉组织条件中水平线和垂直线不能构成矩形,要求被试判断哪条水平线先出现。结果也发现,知觉组织条件的时序判断正确率显著低于非组织条件。采用 SJ 任务也发现了知觉组织稳定地影响时序知觉,而且这种影响不是源于被试的反应偏向(尹天子,戚江丹,刘潇, 2019)。基于知觉组织对时间关系的影响,有研究者提出知觉组织先于正确的计时的观点(Aghdaee, Battelli, & Assad, 2014; Heron, Roach, Hanson, Graw, & Whitaker, 2012; Roseboom, Kawabe, & Nishida, 2013)。知觉组织既可以发生在视觉加工的早期(Vecera & Behrmann, 2001),也可能发生在中晚期阶段(Montoro, Luna, Albert, Santaniello, López-Martín, Pozo, & Hinojosa, 2015)。而时序信息加工既受刺激驱动的影响,也受到个体决策标准

* 基金项目:贵州省教育厅高校人文社会科学研究项目(2017ssd26),贵州师范大学资助博士科研项目(社科博[2013]9)。

通讯作者:尹天子, E-mail: ytianzi@126.com。

转移的影响(Truong, Roberts, & Todd, 2017; Duncan, Constable, Welsh, Pratt, & Huffman, 2018)。时序知觉不是产生于某个阶段,而可能是多个阶段共同作用的结果,这些阶段包括早期的知觉加工,晚期的决策加工等(Fink, Ulbrich, Churan, & Wittmann, 2006)。那么,知觉组织对时序信息加工的影响发生在早期信息加工阶段还是晚期的决策阶段?目前,知觉组织影响时序知觉的研究仅从行为层面探讨了其现象,但知觉组织影响时序知觉的认知机制尚不清楚。基于以往研究中采用的封闭性知觉组织原则,拟采用 ERP 技术探讨知觉组织影响时序知觉的认知机制。

2 实验方法

2.1 被试

随机招募大学生 23 名(男生 12 名)参加本实验,年龄范围 18 ~ 27 岁($M = 21.87, SD = 2.83$)。所有被试视力或矫正视力正常,未参加过类似实验。实验完成后给予适量报酬。

2.2 实验材料

参考以往研究中使用的图形材料(Nicol & Shore, 2007; 尹天子, 戚江丹, 刘潇, 2019)。采用由三条线段构成的“C”形图形(视角 $3^\circ \times 2^\circ$),包括知觉组织条件(两个 C 形的开口方向相对,图 1 左)和非知觉组织条件(C 形的开口方向相反,图 1 右)。



图 1 实验材料示意图

2.3 实验设计

采用 2(实验条件:知觉组织、非知觉组织) \times 7(SOA: 0ms, $\pm 15ms$, $\pm 30ms$, $\pm 60ms$) 的被试内设计。SOA 为 0 表示两个刺激同时出现,SOA 为正表示右侧刺激先出现,SOA 为负表示左侧刺激先出现。因变量为被试在各个条件中的同时判断频率及 ERP 各成分波幅。

2.4 实验程序

被试在安静的实验室内进行实验,被试与显示器(刷新频率 75HZ)距离约 60cm。实验开始时,首先在白色背景的屏幕中央呈现黑色注视点“+”300ms,注视点消失后随机呈现 400 ~ 800ms 的空屏,然后在注视点的左侧和右侧随机呈现图片刺激 90ms,两个图片呈现的随机时间间隔包括 0ms, $\pm 15ms$, $\pm 30ms$, $\pm 60ms$ 7 个水平。图片同时消失后,

在屏幕中央出现“?”,要求被试看到“?”时尽可能快速并准确地判断刺激是否同时出现,若同时出现按“F”键,不同时出现按“J”键。被试做出反应后或者在 5s 内没有做出反应则出现 400 ~ 800ms 的空屏,进入下一个试次。知觉组织条件和非知觉组织条件采用 block 间设计,出现的顺序在被试间进行平衡。每个 block 中 0ms 重复 80 次,其他 SOA 水平重复 40 次,正式实验共 640 个试次,每个 block 中被试完成 80 次可稍作休息。

在正式实验前,被试进行练习以熟悉实验任务,练习任务的 SOA 包括 0ms, $\pm 25ms$, $\pm 35ms$ 5 个水平,每个条件重复 15 次,有正误反馈,正式实验中没有正误反馈。整个实验大约需时 60 分钟。

2.5 ERPs 记录及数据处理

使用 NeuroScan 4.3 脑电记录系统,使用 64 导电电极帽记录 EEG。以双耳乳突为参考电极,左眼上下和双眼外侧安置电极分别记录垂直眼电和水平眼电,各电极处头皮电阻均控制在 5K Ω 以下。滤波带通为 0.01 ~ 100Hz,采样率为 1000Hz。完成连续记录 EEG 后进行离线分析,分析时程为目标刺激出现后 800ms,基线为刺激呈现前 200ms,充分排除眨眼等伪迹,波幅大于 $\pm 80\mu V$ 会自动剔除。对各个实验条件下诱发的脑电信号进行叠加,根据总平均图,知觉组织和非知觉组织条件在 PO3/PO4、PO7/PO8 电极点诱发了明显的 P1(135 ~ 175ms)、N1(190 ~ 225ms)以及 P2(245 ~ 305ms)成分。根据已有研究对各成分的平均波幅进行 2(脑区:左 PO3/PO7、右 PO4/PO8) \times 2(实验条件:知觉组织、非知觉组织) \times 7(SOA: 0ms, $\pm 15ms$, $\pm 30ms$, $\pm 60ms$) 的重复测量方差分析,采用 Greenhouse - Geisser 法校正 p 值和自由度。

3 结果

3.1 行为结果

统计被试在各条件下做出“同时出现”的判断频率,结果见图 2。重复测量方差分析结果表明,实验条件的主效应显著, $F(1, 22) = 14.24, p < 0.01, \eta^2 = 0.39$ 。SOA 主效应显著, $F(6, 132) = 83.93, p < 0.001, \eta^2 = 0.79$ 。实验条件和 SOA 的交互作用显著, $F(6, 132) = 2.284, p < 0.05, \eta^2 = 0.094$ 。简单效应分析结果表明,SOA 为 $\pm 15ms$ 和 $\pm 30ms$ 时,知觉组织条件(图形对向)的同时判断频率显著高于非知觉组织条件(图形反向)($ps < 0.05$); SOA 为 0ms 和 $\pm 60ms$ 时,两种条件的“同时”判断频率差异

不显著($ps > 0.05$)。这说明,在图形对向条件中,被试更倾向于判断两个刺激同时出现。

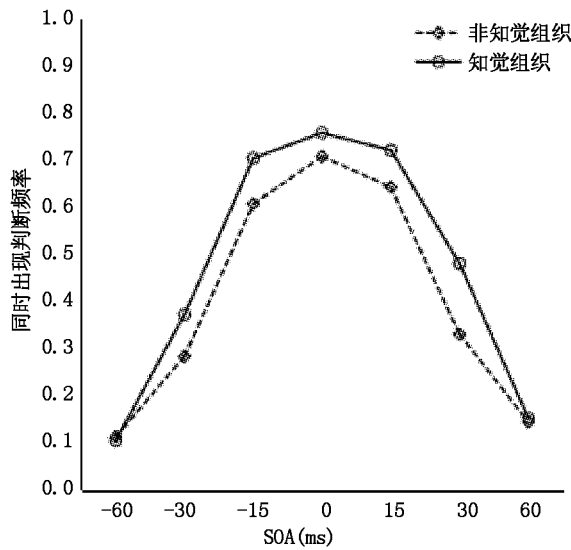


图2 知觉组织和非知觉组织条件下“同时出现”的判断频率

3.2 ERPs 结果

知觉组织和非知觉组织条件中 P1、N1 和 P2 成分的平均波幅及差异波结果见图3。

3.2.1 P1 (135 ~ 175ms)

重复测量方差分析结果表明,SOA 主效应显著, $F(6,132) = 2.24, p < 0.05, \eta^2 = 0.09$;脑区主效应显著, $F(1,22) = 5.78, p < 0.05, \eta^2 = 0.21$;脑区与 SOA 交互作用显著, $F(6,132) = 13.82, p < 0.001, \eta^2 = 0.39$ 。简单效应分析表明,在左脑区各 SOA 条件无显著差异($ps > 0.05$);在右脑区,SOA 为 0ms 的平均波幅显著大于 SOA 为 -15ms 的平均

波幅($p < 0.01$),SOA 为 -15ms 的平均波幅显著大于 SOA 为 +15ms 的平均波幅($p < 0.05$)。其他因素的主效应及交互效应不显著($ps > 0.05$)。

3.2.2 N1 (190 ~ 225ms)

重复测量方差分析结果表明,实验条件的主效应显著, $F(1,22) = 15.64, p < 0.001, \eta^2 = 0.42$;知觉组织条件($-5.69 \pm 0.68 \mu V$)诱发的波幅显著大于非知觉组织条件($-4.36 \pm 0.72 \mu V$)。SOA 主效应显著, $F(6,132) = 8.04, p < 0.001, \eta^2 = 0.27$ 。脑区与 SOA 交互作用显著, $F(6,132) = 5.77, p < 0.001, \eta^2 = 0.21$ 。简单效应分析表明,在左脑区,SOA 为 +15ms 的平均波幅显著大于 SOA 为 -30ms、±60ms 的平均波幅($ps < 0.05$),SOA 为 +30ms 的平均波幅显著大于 +60ms 的平均波幅($p < 0.05$);在右脑区,SOA 为 -15ms 的平均波幅显著大于 SOA 为 +15ms、+30ms、±60ms 的平均波幅($ps < 0.05$),SOA 为 +30ms 的平均波幅显著大于 SOA 为 -60ms 的平均波幅($p < 0.05$);其他因素的主效应及交互效应不显著($ps > 0.05$)。

3.2.3 P2 (245 ~ 305ms)

重复测量方差分析结果表明,SOA 主效应边缘显著, $F(6,132) = 2.07, p = 0.06, \eta^2 = 0.09$;脑区与 SOA 交互作用显著, $F(6,132) = 11.33, p < 0.001, \eta^2 = 0.34$ 。简单效应分析结果表明,在左脑区,SOA 为 0ms、±15ms、-30ms 的平均波幅显著大于 SOA 为 +60ms 的平均波幅($ps < 0.05$);在右脑区各 SOA 条件均无显著差异($ps > 0.05$)。其他因素的主效应及交互效应不显著($ps > 0.05$)。

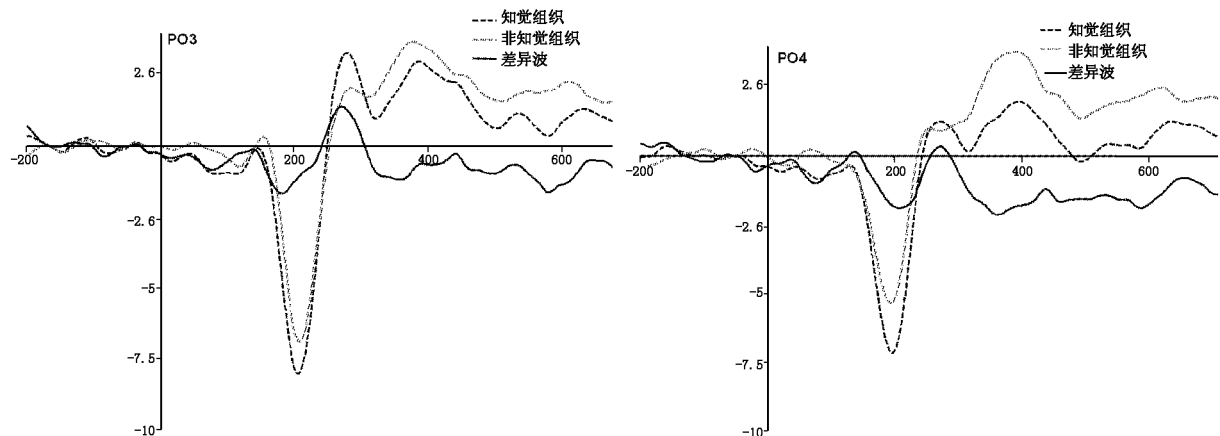


图3 知觉组织和非知觉组织条件在 PO3 和 PO4 电极点诱发的波幅总平均图和差异波

4 讨论

研究采用 ERP 技术探讨知觉组织影响时序知觉的认知机制。从行为结果来看,与图形反向条件

相比,被试在图形对向条件下做出“同时出现”判断的频率更高,即当两个 C 形的开口方向相对时,被试更倾向于将两个不同时出现的刺激知觉为同时出

现。这验证了以往研究的结果(尹天子,戚江丹,刘潇,2019)。Baruch 等(2013)认为,当刺激在时间和空间中紧密地发生时,它们通常被认为源自相同的事件,并被整合为一个整体。视觉系统会根据接收到的刺激对象间的结构关系对其进行知觉组织,把输入的复杂刺激组织成不同的部分,形成视觉加工的基本单元(Duncan & Humphreys, 1989)。根据 Nicol 和 Shore(2007)的观点,两个相对的“C”形刺激在结构上更易加工为一个整体,因此,被试在知觉组织条件下更倾向于做出“同时”判断是视知觉组织加工原则产生的稳定现象。Keetels 和 Vroomen(2005)认为,促进目标刺激的组织可能会导致对元素间相对时间的知觉缺失。在知觉组织条件下正确率略低部分原因是因为刺激被视为一个客体,离散的刺激被“联合”在一起改变了刺激之间时间关系的编码。因而,当两个刺激非同时出现时,尤其是当两个刺激出现的时间间隔较小时知觉组织会影响个体的时序辨别。而且在时间和空间上接近的信息被绑定在一起的可能性更高,更容易被视为同时出现(Hillock - Dunn & Wallace, 2012),而随着 SOA 增加达到时序阈限以上时,被试能够更好地知觉刺激的时序,两个刺激先后出现的时间间隔较长时也从时间信息上破坏了知觉组织线索,因而当 SOA 为 $\pm 60\text{ms}$ 时,被试做出“同时”判断的频率减少,知觉组织与非知觉组织条件之间的同时出现判断频率无显著性差异。

根据格式塔原理,知觉组织有多种原则,比如相邻性、相似性、连接性、闭合性、共同区域等(陈锋,韩世辉,朱滢,2003),不同类型的知觉组织具有不同的神经机制(Han, Song, Ding, Yund, & Woods, 2001)。本研究采用闭合性知觉组织线索,ERP 结果显示,与图形反向条件相比,图形对向条件诱发了显著增强的 N1 波幅。N1 成分主要反映了对实验刺激的早期加工,根据以往对知觉组织的研究,格式塔刺激的组织发生在早期的感知加工阶段(Poscoliero, Marzi, & Girelli, 2013),格式塔刺激将分离元素组织成有意义对象的过程可能是相对自动化的,且独立于自上而下的选择性注意的过程(Marini & Marzi, 2016),离散的视觉元素被组织为整体时增强了 ERP 的振幅,尤其是格式塔刺激的知觉和认知加工会诱发增强的 N1 波幅(Montoro et al., 2015; Marini & Marzi, 2016),格式塔刺激不需要自上而下的视觉注意操作就能诱发 N1 成分(Poldrack, 2006)。

因而相对于两个图形方向相反条件,两个图形方向相对时产生的知觉组织过程发生在视觉刺激加工的早期阶段。虽然本研究任务为对刺激同时性和非同时性的时序信息加工,实验任务与知觉组织无关,但是结合行为和 ERP 研究结果来看,与非知觉组织条件相比较,两个“C”形开口相对时更容易将其知觉为一个图形,知觉组织过程诱发了增强的 N1 波幅,而且被试更倾向于知觉两个图形同时出现。这说明,知觉组织对时序知觉的影响可能与刺激的早期加工阶段有关,视觉刺激的知觉组织先于时序信息加工。

参考文献

- 陈锋,韩世辉,朱滢.(2003). 视知觉组织及其神经机制. *心理科学*, 26(2), 312 - 314.
- 尹天子,黄希庭.(2009). 时序知觉研究方法及其影响因素. *心理学探新*, 29(5), 22 - 26.
- 尹天子,戚江丹,刘潇.(2019). 知觉组织对时序知觉的影响——三项反应任务的证据. *心理研究*, 12(4), 316 - 323.
- Aghdaee, S. M., Battelli, L., & Assad, J. A. (2014). Relative timing: From behaviour to neurons. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 369(1637), 1 - 11.
- Baruch, O., Yeshurun, Y., & Shore, D. I. (2013). Space and time: An impact of spatial separation, apparent motion, and perceptual grouping on TOJ performance. *Perception*, 42(5), 551 - 561.
- Bechlivanidis, C., & Lagnado, D. A. (2016). Time reordered: Causal perception guides the interpretation of temporal order. *Cognition*, 146, 58 - 66.
- Duncan, J., Constable, M. D., Welsh, T., Pratt, J., & Huffman, G. (2018). I before U: Temporal order judgements reveal bias for self-owned objects. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 72(3), 589 - 598.
- Duncan, J., & Humphreys, G. W. (1989). Visual search and stimulus similarity. *Psychological Review*, 96, 433 - 458.
- Fink, M., Ulbrich, P., Churan, J., & Wittmann, M. (2006). Stimulus-dependent processing of temporal order. *Behavioural Processes*, 71(2-3), 344 - 352.
- Fuhrman, O., & Boroditsky, L. (2010). Cross-cultural differences in mental representations of time: Evidence from an implicit nonlinguistic task. *Cognitive Science*, 34(8), 1430 - 1451.
- Han, S., Song, Y., Ding, Y., Yund, E. W., & Woods, D. L. (2001). Neural substrates for visual perceptual grouping in humans. *Psychophysiology*, 38(6), 926 - 935.
- Heron, J., Roach, N., Hanson, J., Graw, M. P., & Whitaker, D.

- (2012). Audiovisual time perception is spatially specific. *Experimental Brain Research*, 218(3), 477–485.
- Hillock – Dunn, A., & Wallace, M. T. (2012). Developmental changes in the multisensory temporal binding window persist into adolescence. *Developmental Science*, 15(5), 688–696.
- Jaszkowski, P., & Verleger, R. (2000). Attentional bias toward low – intensity stimuli: An explanation for the intensity dissociation between reaction time and temporal order judgment? *Consciousness & Cognition*, 9(3), 435–456.
- Keetels, M., & Vroomen, J. (2005). The role of spatial disparity and hemifields in audio – visual temporal order judgments. *Experimental Brain Research*, 167(4), 635–640.
- Liang, W., Zhang, J., & Bao, Y. (2015). Gender – specific effects of emotional modulation on visual temporal order thresholds. *Cognitive Processing*, 16(1), 143–148.
- Marini, F., & Marzi, C. A. (2016). Gestalt perceptual organization of visual stimuli captures attention automatically: Electrophysiological evidence. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10, 1–10.
- Montoro, P. R., Luna, D., Albert, J., Santaniello, G., López – Martín, S., Pozo, M. A., & Hinojosa, J. A. (2015). A temporo – spatial analysis of the neural correlates of extrinsic perceptual grouping in vision. *Neuropsychologia*, 69, 118–129.
- Nicol, J. R., & Shore, D. I. (2007). Perceptual grouping impairs temporal resolution. *Experimental Brain Research*, 183(2), 141–148.
- Poldrack, R. A. (2006). Can cognitive processes be inferred from neuroimaging data? *Trends in Cognitive Sciences*, 10(2), 59–63.
- Poscoliero, T., Marzi, C. A., & Girelli, M. (2013). Unconscious priming by illusory figures: The role of the salient region. *Journal of Vision*, 13(5), 27.
- Roseboom, W., Kawabe, T., & Nishida, S. Y. (2013). Audio – visual temporal recalibration can be constrained by content cues regardless of spatial overlap. *Frontiers in Psychology*, 4, 189.
- Truong, G., Roberts, K. H., & Todd, R. M. (2017). I saw mine first: A prior – entry effect for newly acquired ownership. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 43(1), 192–205.
- van Eijk, R. L. J., Kohlrausch, A., Juola, J. F., & van de Par, S. (2008). Audiovisual synchrony and temporal order judgments: Effects of experimental method and stimulus type. *Perception & Psychophysics*, 70(6), 955–968.
- Vecera, S. P., & Behrmann, M. (2001). Attention and unit formation: A biased competition account of object – based attention. *Advances in Psychology*, 130(1), 145–180.
- Vibell, J., Klinge, C., Zampini, M., Spence, C., & Nobre, A. C. (2007). Temporal order is coded temporally in the brain: Early event – related potential latency shifts underlying prior entry in a cross – modal temporal order judgment task. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(1), 109–120.
- Zampini, M., Brown, T., Shore, D. I., Maravita, A., Röder, B., & Spence, C. (2005). Audiotactile temporal order judgments. *Acta Psychologica*, 118(3), 277–291.

Cognitive Mechanism of Perceptual Grouping Influencing Temporal Order Perception: Evidence From an ERP Study

Yin Tianzi Wu Qian Qi Jiangdan

(School of Psychology, Guizhou Normal University, Guiyang 550025)

Abstract: Previous studies have shown that perceptual grouping influences temporal order perception. This study aims to explore the cognitive mechanism of the effect of perceptual grouping on temporal order perception. ERP technology was used to collect EEG data of 23 subjects who completed the simultaneity judgment task. The results showed that there was no significant difference between perceptual grouping condition and non – perceptual grouping condition in P1 and P2 amplitudes, but we found larger N1 amplitudes elicited by perceptual grouping condition compared with non – perceptual grouping condition, which presumably reflects the effect of perceptual grouping on temporal order perception may be occur in the early stage of visual stimulus processing, and the perceptual grouping of visual stimulus precedes temporal order information processing.

Key words: perceptual grouping; temporal order perception; event related potentials(ERP)