

N2pc 成分的简述及 Pd 成分在 N2pc 相关研究中的发现与应用

陈亦宣 余家奇

苏州大学教育学院, 苏州

摘要 | N2pc 成分是位于目标刺激对侧大脑后部的一个负波, 由目标物的对侧 ERP 成分减去目标物的同侧 ERP 成分得到, 通常被当做对目标刺激注意分配的指标。在已有的研究中, 研究者们发现实验任务、干扰物特征、认知负荷等因素对 N2pc 成分的波幅和潜伏期存在影响。此外, N2pc 作为注意捕获的电生理指标, Pd 作为主动抑制的电生理指标被大量使用于视觉注意的相关研究, 并有助于研究持续的注意过程。在未来的研究中, N2pc 和 Pd 成分的功能意义值得进一步探索, 也可应用于针对特殊人群注意偏向的研究中去。

关键词 | N2pc; Pd; 视觉注意; 事件相关电位

Copyright © 2021 by author (s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



1 引言

N2pc 成分是位于目标刺激对侧大脑后部的一个负波, 它由目标物的对侧 ERP 成分减去目标物的同侧 ERP 成分后在 N2 成分附近得到, 一般在目标刺激呈现后约 200 ms 至 300ms 出现^[1]。N2pc 被认为是与空间选择性注意相关的 ERP 成分^[2], 在研究视觉注意的 ERP 研究中被广泛应用, 通常被当做对目标刺激注意分配的指标^[3], 而它的潜伏期则被认为代表了从视野中央向目标刺激转移的速度^[4]。因此在对视觉空间注意的神经机制的相关研究中, N2pc 作为有效的指标发挥着相应的作用^[5-7]。

2 测量方法

由于 N2pc 成分是一种由对侧波幅减去同侧波幅得到的差异波, 因此 N2pc 成分的测量与大多数的脑电成分有所不同。在已有的研究中, 研究者们观察到: 当被试的视野被区分为双侧, 目标呈现位置的

通讯作者: 陈亦宣, 苏州大学教育学院, 硕士。

文章引用: 陈亦宣, 余家奇. N2pc 成分的简述及 Pd 成分在 N2pc 相关研究中的发现与应用 [J]. 中国心理学前沿, 2021, 3 (5): 433-439.

<https://doi.org/10.35534/pc.0305053>

对侧视野对应的单侧脑后部区域所观察到的脑电波幅要比同侧视野对应的单侧脑后部区域所观察到的脑电波幅更负,因而将目标同侧的脑电成分减去目标物对侧的脑电成分,就得到了一个位于大脑后部的负波——N2pc。由于这里所说的同侧、对侧实际上意味着大脑的某一单侧区域,因此现有的研究中所考察的目标都采取单侧呈现的形式^[7]。

前人研究发现,N2pc 主要集中在大脑的枕叶皮层^[2],因此对 N2pc 的测量可通过对大脑后部的数对电极点加以平均或选择最为显著的一对电极点。常选用的电极点有 P3/P4, P5/P6, PO7/PO8, P7/P8, O1/O2 等^[8]。这其中最常使用的是 PO7/PO8 电极点^[9, 10],若目标呈现在左侧视野,则 PO7 (左半球)为目标同侧视野的电极点,而 PO8 (右半球)为目标对侧视野的电极点,由此可在目标呈现后大约 200 ms–300 ms 时间窗内观察到同侧波和对侧波差异波,也就是 N2pc。而若是想要去除大脑的单侧化,将所得的同侧波与对侧波相加即可。

3 研究范式

在采用 N2pc 成分的研究中,研究者们采用了多种实验范式,其中最早被研究者们广泛使用的便是视觉搜索 (visual search) 范式。该范式的主要流程为,在屏幕中央呈现一个注视点并呈现一个刺激序列,该刺激序列包含目标与数个干扰物,要求被试根据提前告知的目标来对刺激序列进行搜索,并要求被试对刺激序列中是否存在目标或目标所出现的位置进行反馈。在后来的研究中,实验者们也将该范式进行了一定的改进,例如在实验开始之前不告知被试目标具体是什么,但在刺激序列呈现之前告知被试目标的颜色或形状,以此增加一定的任务难度^[11]。

在 N2pc 相关研究中广泛使用的还有线索—目标 (cue—target) 范式,这一范式有效弥补了视觉搜索范式只能研究视觉选择而无法探究目标出现前注意转移对目标选择的影响这一缺点。线索—目标范式中的线索与视觉搜索范式中提前告知目标或目标特性不同,该线索通常意味着对空间信息的提示,例如采用带有空间指向性的箭头^[12]或在线索呈现时,双侧视野呈现不同角度的线条刺激或不同颜色的线索刺激,而其中只有一种刺激是需要被关注的^[7],此类线索刺激均能在目标刺激呈现之前引起被试的注意转移。

与前两种研究范式不同,为了将 N2pc 成分的使用扩展至工作记忆的领域,研究者们开始采用视觉短时记忆搜索 (visual short-term memory search) 范式。在采用视觉短时记忆搜索范式的实验中,被试首先会被要求对一个刺激序列进行记忆,随后被试会被提供一个目标提示线索,根据这一提示被试将被要求判断先前记忆的刺激序列是否出现或是否出现在相应位置。该范式中 N2pc 帮助研究者证明了目标驱动的执行控制在工作记忆与视觉注意的交互中的作用^[13]。

4 影响因素

随着有关 N2pc 成分的研究逐渐增多,研究者们开始发现有多种因素对 N2pc 的波幅大小或潜伏期存在影响。

其一,研究者发现实验任务对 N2pc 波幅存在影响。Luck 等人发现,如果实验任务为要求被试报告目标刺激出现的位置,该任务诱发的 N2pc 波幅会比要求被试报告目标是否存在所诱发的 N2pc 波幅更大^[14]。这或许与不同实验任务所需的注意资源不同有关。

其二, 干扰物特征也影响了 N2pc 的波幅, 与不同实验任务所需的注意资源不同相似, 干扰物的空间位置和与目标的相似程度也使得被试需要投入的注意资源不同。若干扰刺激的存在增加了分辨难度, 需要投入更多的注意资源, 则 N2pc 有可能增大。Luck 和 Hillyard 发现, 当被试需要对目标刺激的空间位置进行判定时, 如果干扰物的位置与目标刺激所在位置越接近, 目标刺激就越有可能诱发更大的 N2pc 波幅^[2]。以及在视觉搜索任务中, 容易受到注意抑制的干扰刺激并不会诱发 N2pc, 但干扰物位置过于靠近目标刺激则会诱发显著更大的 N2pc 波幅^[3]。还有研究者在视觉短时记忆搜索任务中发现, 如果目标与记忆项出现在同一侧视野时, 会诱发更大的 N2pc 波幅^[16, 17]。而如果干扰物呈现在目标位置的对侧, 目标诱发的 N2pc 波幅减小^[18], 并且有可能导致目标诱发的 N2pc 波幅出现的时间更晚^[19]。这或许是由于特别的干扰刺激对注意资源的竞争削弱了对目标刺激的注意。

其三, 实验中被试的认知负荷也影响着 N2pc 的波幅大小, Mazza 等人的研究采用视觉搜索范式, 设置了不同认知负荷的条件, 发现在高负荷条件下诱发的 N2pc 波幅显著大于低负荷条件下诱发的 N2pc 波幅。研究者认为这是因为 N2pc 这一指标机制是通过强化相关刺激的特性而不是抑制干扰因素来识别和定位场景中的相关刺激^[20]。

其四, 线索有效性。但线索有效性对 N2pc 成分的影响还存在争议。在线索-目标范式的研究中, 有研究者将箭头作为线索来提示被试目标可能出现的位置, 结果发现 N2pc 的波幅和潜伏期在线索提示试次和无线索提示试次之间不存在显著的差异^[8]。但在另一项研究中, 研究者们利用目标颜色圆出现在不同的空间位置暗示目标可能出现的位置, 线索消失之后目标呈现在线索所在的一侧所诱发的 N2pc 的波幅显著大于没有线索提示时的情况^[7]。有研究者认为, 这是因为线索分为外源性线索与内源性线索, 外源性线索以自下而上的方式捕获注意, 而内源性线索以自上而下的方式捕获注意, 前者不受意识与当前目的的控制从而给随后的加工带来更大的不确定性, 从而显著影响了 N2pc 成分^[21]。Kiss 等人的研究明确提示了目标可能出现的位置, 是内源性线索^[8], 而 Sawaki 和 Luck 的研究, 通过目标颜色圆来暗示目标可能出现的位置则是外源性线索^[7], 从而对 N2pc 的影响不同。

其五, 情绪性因素。随着 N2pc 这一指标运用的越来越广泛, 许多研究者开始在情绪相关领域使用 N2pc 成分。基于进化心理学理论, 相比其他刺激, 人类对危险刺激通常会进行更快的识别和加工, 从而产生了对负性刺激的加工偏好。研究者们发现, 在加工情绪面孔时, 与高兴的面孔相比, 愤怒面孔的 N2pc 波幅更大^[22]。Buodo 等人在针对恐血症人群的研究中发现, 相比于控制组, 面对创伤相关刺激和其他刺激, 恐血症个体在面对创伤相关刺激时更大 N2pc 会被诱发^[23]。这或许与人类对特定情绪刺激的加工偏向有关。

5 N2pc 相关研究中 Pd 的发现与应用

目前, 许多研究者认为在视觉搜索的过程中, 存在着对目标刺激的注意增强, 同时也存在着对干扰物的抑制。前者由 N2pc 成分作为指标, 而后者则由代表注意抑制的 Pd (distractor positivity) 成分来作为指标^[26]。Pd 反映了一种自上而下的注意抑制的过程, 该成分通常在刺激呈现后 100 ms 至 400 ms 出现, 表现为目标所在视野的对侧脑区比同侧脑区产生更大的正波, 是与 N2pc 极性相反的差异波^[27]。

通过控制目标刺激与干扰刺激的呈现位置, Hickey 等人 (2009) 首次成功分离出了 Pd。他们在实验中呈现了一个目标刺激和一个干扰刺激, 要求被试对目标刺激做出反馈, 结果发现干扰刺激诱发了 Pd 成分。可以认为, Pd 代表着主动抑制的过程。随后, 研究者们发现干扰物或任务无关刺激诱发了 Pd 成分,

意味着对这些刺激的抑制机制。Carlisle 和 Woodman 在研究中要求被试进行视觉搜索任务，而先前记忆的项目作为干扰物出现，结果发现记忆项目并没有捕获被试的注意（没有诱发 N2pc），而是诱发了 Pd 成分^[13]。以及，Sawaki 和 Luck 的研究也发现了对工作记忆内容的注意抑制的现象——与实验任务的无关的记忆项目诱发了显著的 Pd^[28]。

此后 N2pc 和 Pd 开始作为有效的电生理学指标得到广泛应用。Sawaki 和 Luck 针对当注意被干扰物吸引后，注意力是如何回归到目标的进行了探索^[29]。发现其中一种可能是，对于干扰物的注意被动地逐渐减弱，使目标成为被关注的对象。而另一种可能是，捕获注意的位置被主动地抑制，这样注意就可以重新指向目标位置，实验结果发现捕获注意的一侧在诱发 N2pc 后诱发了 Pd，由此证明了注意是通过主动抑制回归到了目标上。此外，研究者们还发现认知控制的水平影响被试的抑制控制动机。前人研究发现，非目标记忆匹配刺激诱发的 N2pc 波幅在认知控制水平更高的条件下显著低于认知控制动机水平更低的条件^[30]。还有研究者发现通过学习可以提高一个物理属性不显著的刺激的可检测性，当可检测性达到一定的程度则主动抑制便会发生。Hu 等人发现在经过视觉搜索训练之后，一个物理属性不显著的形状在任务中成为干扰因素或任务无关因素可以诱发 N2pc，而在 N2pc 出现之后，只有该刺激具有较高的可检测性（通过学习达到）才能诱发 Pd^[31]。值得一提的是，不同情绪效价的刺激也影响着被试的主动抑制机制，研究者要求被试区分一个中性目标的形状，这个中性目标与一个威胁相关的或中性的干扰物一起参与注意选择的竞争。尽管中性和威胁性刺激都诱发了显著的 Pd，但中性刺激诱发的 Pd 潜伏期早于威胁性刺激^[32]。综上所述，N2pc 作为注意捕获的电生理指标，而 Pd 作为主动抑制指标的生理研究被大量使用于视觉注意的相关研究，并有助于研究一个持续的注意^[33, 34]。

6 未来与展望

N2pc 成分和 Pd 成分作为有效的电生理学指标，代表了在视觉搜索过程中的选择性注意和主动抑制。由于其特殊的功能意义，他们有着独特的测量方式，对实验范式的选择也有着一定的要求，它们在视觉注意相关研究中的价值不可忽视。目前针对 N2pc 和 Pd 自身特性的研究已有许多，同时它们也已经被广泛应用于研究视觉注意机制的相关研究中，但仍有值得继续深入研究的部分。

首先，N2pc 和 Pd 成分的功能意义还有继续深入探讨的空间。尽管 N2pc 被认为与注意的空间转移有关，在实验中可表现为注意力从中央注视点转移到左侧或右侧视野的目标刺激上会出现显著的 N2pc^[28]，但 Kiss 等人发现，当被试提前被提示相关的一侧视野时，N2pc 成分不受影响，这表明 N2pc 可能并不反映注意力的转移^[12]。Foster 等人的研究发现，有线索提示的条件和中性条件下 N2pc 波幅相当，在该研究中 N2pc 同样不反映注意力的转移^[35]。研究者认为 N2pc 虽然提供了一个敏感的视觉选择的指标，但这并不意味着它就反映了注意向任务相关的刺激转移，也有可能是反映了注意力空间部署之后的认知加工。同样，Pd 也存在此类讨论，有研究者提出初始的 Pd 不是对干扰因素的主动抑制，而是注意被对侧视野内容吸引而产生的一个相反的 N2pc^[36]。而正是由于 N2pc 和 Pd 作为电生理学指标被广泛应用，对 N2pc 和 Pd 其功能意义的深入探讨才更为重要。

其次，在已有研究中我们发现，N2pc 和 Pd 受到许多因素的影响，例如实验任务和认知负荷对 N2pc 成分的影响^[14, 20]，还有认知控制水平动机对 Pd 成分的影响，这些研究为未来的研究提供了有力的支持，明确了一些可能在实验中存在影响的无关变量，在未来的研究中值得关注和改进，例如 Papaioannou 和 Luck 的

研究就提出在未来的研究中应该尽量使用靠近中线的刺激,避免较大的离心率从而减少对 N2pc 的影响^[37]。

最后,许多研究者在视觉注意过程中发现 N2pc 和 Pd 能够在同一加工过程中出现^[28, 33, 34, 38],这两者作为注意相关的指标在同一加工过程出现有助于对注意机制的进一步研究,例如视觉注意的重新定位^[28]等。同时,这两个指标也应该被考虑应用到更加广泛的领域。例如针对不同人群的注意特点的研究,有研究者在老龄被试身上发现,目标刺激诱发的 N2pc 要小于年轻被试,证明了视觉空间注意分配的能力随着年龄增长而退化^[39]。Wang 等人还将 N2pc 和 pd 两项指标用于研究多动症儿童的注意选择和抑制^[40]。后来 Rodríguez-Martínez 和他的同事还有发现多动症儿童在识别记忆项目的阶段与对照组儿童不存在显著的差别(N2pc 没有显著的差异),但较低的 Pd 表明他们在抑制干扰物方面存在困难^[41]。也有研究者在恐血症人群中使用 N2pc 和 Pd 作为指标来研究特殊人群的注意偏向^[23]。上述研究作为很好的例子证明了 N2pc 和 Pd 可以应用于特殊人群的注意偏向相关研究,在未来的研究中可以尝试借助 N2pc 和 Pd 成分在具有不同特质的人群中研究其空间注意偏向和注意主动抑制的能力等等。

参考文献

- [1] Luck S J, Hillyard S A. Electrophysiological correlates of feature analysis during visual search [J]. *Psychophysiology*, 2010, 31 (3): 291–308.
- [2] Luck S J, Hillyard S A. Spatial filtering during visual search: Evidence from human electrophysiology [J]. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1994, 20 (5): 1000–1014.
- [3] Luck S J. An introduction to the event-related potential technique [M]. MA: MIT Press, 2005.
- [4] Luck S J, Woodman G F, Vogel E K. Event-related potential studies of attention [J]. *Trends in Cognitive Sciences*, 2000, 4 (11): 432–440.
- [5] Eimer M, Kiss M. Attentional capture by task-irrelevant fearful faces is revealed by the N2pc component [J]. *Biological Psychology*, 2007, 74 (1): 108–112.
- [6] McDonald J J, Hickey C, Green J J, et al. Inhibition of return in the covert deployment of attention: evidence from human electrophysiology [J]. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2009, 21 (4): 725–733.
- [7] Sawaki R, Geng J J, Luck S J. A Common Neural Mechanism for Preventing and Terminating the Allocation of Attention [J]. *Journal of Neuroscience*, 2012, 32 (31): 10725–10736.
- [8] Kiss M, Velzen J V, Eimer M. The N2pc component and its links to attention shifts and spatially selective visual processing [J]. *Psychophysiology*, 2010, 45 (2): 240–249.
- [9] Brisson B, Jolicoeur P. Express Attentional Re-Engagement but Delayed Entry into Consciousness Following Invalid Spatial Cues in Visual Search [J]. *Plos One*, 2008, 3 (12): e3967.
- [10] Hickey C, McDonald J J, Theeuwes J. Electrophysiological evidence of the capture of visual attention [J]. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2013, 39 (3): 849–860.
- [11] Kuo B C, Rao A, Lepsien J, et al. Searching for targets within the spatial layout of visual short-term memory [J]. *Journal of Neuroscience the Official Journal of the Society for Neuroscience*, 2009, 29 (25): 8032–8038.
- [12] Kiss M, Jolicoeur P, Dell'Acqua R, et al. Attentional capture by visual singletons is mediated by top-down task set: New evidence from the N2pc component [J]. *Psychophysiology*, 2010, 45 (6): 1013–1024.
- [13] Carlisle N B, Woodman G F. When Memory Is Not Enough: Electrophysiological Evidence for Goal-dependent Use of Working Memory Representations in Guiding Visual Attention [J]. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23 (10): 2650–2664.

- [14] Luck S J, Girelli M, Mcdermott M T, et al. Bridging the gap between monkey neurophysiology and human perception: an ambiguity resolution theory of visual selective attention [J]. *Cognitive Psychology*, 1997, 33 (1): 64–87.
- [15] Brisson B, Robitaille N, Jolicoeur P. Stimulus intensity affects the latency but not the amplitude of the N2pc [J]. *Neuroreport*, 2007, 18 (15): 1627–30.
- [16] Kumar S, Soto D, Humphreys G W. Electrophysiological evidence for attentional guidance by the contents of working memory [J]. *European Journal of Neuroscience*, 2010, 30 (2): 307–317.
- [17] Telling A L, Kumar S, Mayer A S, et al. Electrophysiological Evidence of Semantic Interference in Visual Search [J]. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2010, 22 (10): 2212–2225.
- [18] Schubö A. Saliency detection and attentional capture [J]. *Psychological Research*, 2009, 73 (2): 233–243.
- [19] Wykowska A, Schubö A. Irrelevant Singletons in Visual Search Do Not Capture Attention but Can Produce Nonspatial Filtering Costs [J]. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2011, 23 (3): 645–660.
- [20] Mazza V, Turatto M, Caramazza A. Attention selection, distractor suppression and N2pc [J]. *Cortex*, 2008, 45 (7): 879–890.
- [21] 姚树霞, 杨东, 齐森青, 等. 视觉空间注意研究中的 N2pc 成分述评 [J]. *心理科学进展*, 2012, 3: 53–63.
- [22] Feldmann-Wüstefeld T, Schmidt-Daffy M, Schub A. Neural evidence for the threat detection advantage: Differential attention allocation to angry and happy faces [J]. *Psychophysiology*, 2010, 48 (5): 697–707.
- [23] Giulia B, Michela S, Marianna M. The neural correlates of attentional bias in blood phobia as revealed by the N2pc [J]. *Social Cognitive & Affective Neuroscience*, 2009 (1): 29–38.
- [24] Kiss M, Driver J, Eimer M. Reward Priority of Visual Target Singletons Modulates Event-Related Potential Signatures of Attentional Selection [J]. *Psychological Science*, 2009, 20 (2): 245–251.
- [25] Hickey C, Chelazzi L, Theeuwes J. Reward Changes Saliency in Human Vision via the Anterior Cingulate [J]. *Journal of Neuroscience*, 2010, 30 (33): 11096–11103.
- [26] Hickey C, Lollo V D, McDonald J J. Electrophysiological Indices of Target and Distractor Processing in Visual Search [J]. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2009, 21 (4): 760–775.
- [27] Eimer M, Kiss M. Involuntary attentional capture is determined by task set: Evidence from event-related brain potentials [J]. *Journal of cognitive neuroscience*, 2009, 20 (8): 1423–1433.
- [28] Sawaki R, Luck S J. Active suppression of distractors that match the contents of visual working memory [J]. *Visual Cognition*, 2011, 19 (7): 956–972.
- [29] Sawaki R, Luck S J. Active suppression after involuntary capture of attention [J]. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2012, 20 (2): 296–301.
- [30] 胡艳梅, 张明. 基于记忆的注意捕获和注意抑制效应: ERP 证据 [J]. *心理学报*, 2016, 48 (01): 16–25.
- [31] Hu L, Y Ding, Qu Z. Perceptual learning induces active suppression of physically nonsalient shapes [J]. *Psychophysiology*, 2019, 00: e13393.
- [32] Burra N, Pittet C, Barras C, et al. Attentional suppression is delayed for threatening distractors [J]. *Visual Cognition*, 2019, 27 (3–4): 185–198.
- [33] Barras C, Kerzel D. Salient-but-irrelevant stimuli cause attentional capture in difficult, but attentional suppression in easy visual search [J]. *Psychophysiology*, 2017, 54 (12): 1826–1838.
- [34] Berggren N, Eimer M. Spatial filtering restricts the attentional window during both singleton and feature-based

- visual search [J]. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 2020.
- [35] Foster J J, Bsaies E M, Awh E. The N2pc does not reflect a shift of covert spatial attention [J]. *Journal of Vision*, 2018, 18 (10) : 1220.
- [36] Kerzel D, Burra N. Capture by Context Elements, Not Attentional Suppression of Distractors, Explains the PD with Small Search Displays [J]. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2020, 32 (6) : 1170–1183.
- [37] Papaioannou O, Luck S J. Effects of eccentricity on the attention related N2pc component of the event related potential waveform [J]. *Psychophysiology*, 2020, 00: e13532.
- [38] Kerzel D, Barras C, Grubert A. Suppression of salient stimuli inside the focus of attention [J]. *Biological Psychology*, 2018, 139: 106–114.
- [39] Lorenzo-López L, Amenedo E, Cadaveira F. Feature processing during visual search in normal aging: Electrophysiological evidence [J]. *Neurobiology of Aging*, 2008, 29 (7) : 1101–1110.
- [40] Wang E, Sun L, Sun M, et al. Attentional Selection and Suppression in Children With Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder [J]. *Biological Psychiatry: Cognitive Neuroscience and Neuroimaging*, 2016, 1 (4) : 372–380.
- [41] Rodríguez-Martínez E I, Arjona Valladares A, Gómez-González J, et al. Neurophysiological differences between ADHD and control children and adolescents during the recognition phase of a working memory task [J]. *Neuroscience Research*, 2020.

Brief Introduction of N2pc Component and the Discovery and Application of Pd in N2pc Component Related Research

Chen yixuan Yu jiaqi

School of Education, Soochow University, Suzhou

Abstract: The N2pc component is a negative amplitude located at the back of the brain of the opposite side of the target stimulus, which is obtained by subtracting the ERP component of the same side of the target from the ERP component of the opposite side. The N2pc component is a well-characterized index of the covert deployment of visual attention. In previous studies, researchers have found that the types of the experimental task, distractor characteristics, cognitive load, and other factors affect the amplitude and latency of the N2pc component. In addition, the N2pc component as an index of the covert deployment of visual attention and Pd as an index of suppression of potentially distracting non-target items are widely used in visual attention-related research, and contribute to the study of the sustained attention process. In the future, the functional significance of N2pc and Pd components should be further explored, and they can also be applied to the study of attentional bias in special populations.

Key words: N2pc; Pd; Visual attention; Event-related potential