

基于 N2pc 成分的视觉空间注意功能老化机制*

丁 然¹, 丁玉琬², 曲 折¹

(1. 中山大学心理学系, 广州 510006; 2. 华南师范大学心理学院, 广州 510631)

摘 要:视觉空间注意是人的一种基本认知功能,对老年人的生活有重要影响。N2pc 作为一种与注意选择相关的 ERP 成分,可以反映注意资源在空间上的分配,是研究视觉空间注意的一个良好指标。本文对此前基于 N2pc 成分的注意功能老化研究进行了综述。前人研究主要采用视觉搜索范式与空间线索范式。采用视觉搜索范式的研究发现,当目标周围有干扰子时,目标诱发的 N2pc 在老年人中振幅减小,潜伏期延迟,同时在行为上老年人与年轻人相比,正确率更低,反应时更长;当目标周围无干扰子时,目标诱发的 N2pc 振幅老年人与年轻人相当或比年轻人更大,老年人的正确率与年轻人无显著差异。采用空间线索范式的研究发现,与目标无相同特征的线索奇异子 (singleton cue) 不会诱发 N2pc,与目标有相同特征的线索奇异子诱发的 N2pc 未表现出年龄差异,差异体现在一种反映抑制的 ERP 成分—Pd 上 (年轻人有 Pd 而老年人没有),此时老年人在行为上表现出比年轻人更强的空间线索效应。这些研究共同说明,视觉空间注意功能的老化是一个复杂的过程,涉及到搜索目标时注意分配速度的减慢,对干扰子抑制能力的下降以及基于特征的注意捕获能力的良好保持。

关键词:视觉空间注意;老化;N2pc

中图分类号:B842.5

文献标识码:A

文章编号:1003-5184(2021)04-0324-07

1 引言

随着老龄化时代的到来,老化引起的相关问题越来越值得重视。《2018 年社会服务发展统计公报》显示,到 2018 年底,我国内地 60 周岁及以上的老年人为 24949 万人,占总人口的 17.9%。随着年龄的增长,老年人的认知功能出现衰退,严重降低了老年人的生活质量。迄今为止,研究者们提出了加工速度理论 (Salthouse, 1996),抑制衰退理论 (Hasher, Stoltzfus, Zacks, & Rypma, 1991),工作记忆衰退理论 (Hasher & Zacks, 1988) 等,试图从不同角度探讨认知功能老化的原因及规律。其中,视觉空间注意作为一种基础认知功能,不仅与老年人的日常生活息息相关,也对其他高级认知功能有重要影响。在这种情形下,加大对视觉空间注意功能老化的关注是极有必要的,并且大力开展相关研究也是十分迫切的。

视觉空间注意即视觉注意的一种形式,指将注意集中于特定位置的目标并排除其他位置无关刺激的能力。人类所面对的视觉信息通常远超过视觉加工系统的输入限制。因此,人们需要把有限的注意资源分配到个体需要的信息上,同时抑制其他无关

信息。得益于这种选择性注意机制,视觉加工系统才能够高效运作。关于视觉空间注意功能的老化,已有很多传统行为学研究从反应时、正确率等行为指标给出证据。例如,前人行为学研究发现老年人搜索目标时反应时比年轻人更长,正确率比年轻人更低 (Hahn & Buttaccio, 2018)。但是,传统行为学指标在揭示精细老化机制时还存在一些局限。比如,仅通过“搜索反应时变慢”这一指标,无法确定老年人加工速度变慢是发生在注意阶段,或是反应执行阶段。此外,行为指标一般是在主动任务下采集的,很难用于研究无任务状态下的大脑加工机制。而 ERP 技术则可以克服以上两方面的不足。一方面,ERP 技术可以通过不同脑电成分的发生时间和相互关系区分不同认知加工阶段;另一方面,可以采集那些无需行为反应的刺激所诱发的 ERP,为深入探究注意老化的神经机制提供了可能。N2pc (N2 posterior – contralateral) 是一种反映视觉空间注意分配的 ERP 成分,出现在刺激呈现后 200ms 左右,因其在脑后区域刺激对侧比同侧更负而得名 (Luck & Hillyard, 1994)。Hickey 等 (2009) 从 N2pc 中分离出 Nt (target negativity) 与 Pd (distractor positivity) 两

* 基金项目:国家自然科学基金(31970985),教育部人文社会科学研究一般项目(19YJA190004),广东特支计划百千万工程领军人才项目(201626026),广东省自然科学基金面上项目(2020A1515010470)。

通讯作者:曲折, E-mail: quzhe@mail.sysu.edu.cn。

种成分,其中 Nt 位于目标刺激对侧,反映了对目标刺激的加工;Pd 位于干扰刺激对侧,反映了对干扰刺激的抑制。也就是说,N2pc 涉及到两种并行的机制,一方面增强对目标的加工,一方面抑制周围分心物对注意资源的竞争。基于其自身特性,N2pc 已成为研究视觉空间注意的良好指标。本文对近年来基于 N2pc 的视觉空间注意功能老化研究进行了总结和展望。

2 以 N2pc 为指标,视觉空间注意功能老化的研究方法

在已有的视觉空间注意研究中,能够产生 N2pc 的实验范式主要有视觉搜索(visual search)范式,空间线索(spatial cueing)范式,以及中央 RSVP(rapid serial visual presentation)范式。就目前而言,用中央 RSVP 范式测量老年人 N2pc 的研究尚未出现。有关视觉空间注意功能老化的研究主要采用视觉搜索范式和空间线索范式,下面分别就这两种范式进行介绍。

2.1 视觉搜索范式

视觉搜索范式是诱发 N2pc 的经典范式(Luck & Hillyard,1994)。其实验过程是,首先在屏幕上呈现中央注视点以及由目标刺激与干扰刺激构成的混合阵列,要求被试始终注视中央注视点,并根据事先规定的目标用余光对该阵列进行搜索,最后按键判断刺激阵列中是否存在目标或报告目标出现的位置、个数等。在此基础上,又衍生出变化探测范式等

实验范式。变化探测任务的实验过程是相继呈现两张图片,要求被试判断两张图片是否相同,常用于测量视觉工作记忆容量(Schwarzkoopp, Mayr, & Jost, 2016)。研究表明,在变化探测任务中,加工第一张图片所涉及的神 经机制与视觉搜索任务类似(Gilchrist & Cowan,2014)。

Lorenzo - López 等(2008)最早运用视觉搜索范式,以 N2pc 为指标对老年人的视觉空间注意功能进行研究。结果发现,在水平朝向的棒状物中搜索 竖直朝向的目标奇异子(singleton)时,目标奇异子诱发的 N2pc 在老年人中振幅比年轻人小,潜伏期比年轻人长(图 1),这反映出老年人注意分配量的下降以及分配时间的延迟。相应地,老年人与年轻人相比,行为上正确率更低,反应时也更长。后续研究虽然采用了不同的方式(如特定颜色,特定位置等)定义目标,但实验任务均是在许多干扰刺激中搜索目标刺激,实验结果也与 Lorenzo - López 等的研究(2008)一致(Cespón, Galdo - Álvarez, & Díaz, 2013a; Li, Gratton, Fabiani, & Knight, 2013; Lorenzo - López et al. , 2011, 2012; Störmer et al. , 2013; Wiegand, 2013)。此外,一些针对轻度认知障碍(MCI)老年人群体的研究结果显示,患有轻度认知障碍的老年人搜索目标时 N2pc 振幅小于健康老年人(Cespón, GaldoÁlvarez, & Díaz, 2013b; Cespón et al. , 2015),提示对目标刺激的注意分配减少可能是轻度认知障碍的标志之一。

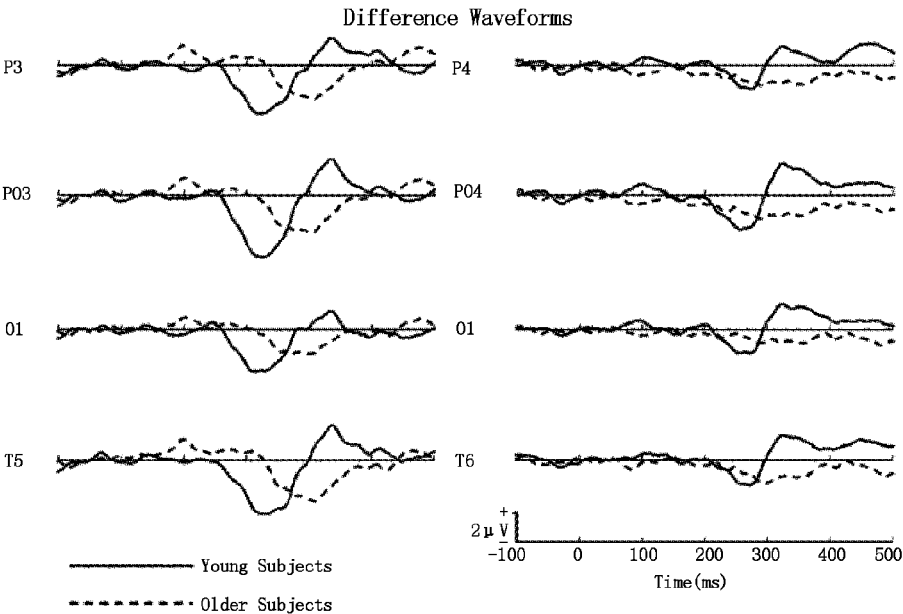


图 1 视觉搜索范式下老年人与年轻人的 N2pc 对比

注:引用自 Lorenzo - López 等人(2008), Fig. 2。组平均 ERP 差异波由目标对侧 ERPs 减目标同侧 ERPs 得到。实线代表年轻人的 N2pc,虚线代表老年人的 N2pc。从图中可以看出,老年人的 N2pc 比年轻人振幅更小,潜伏期更晚。

由于 N2pc 涉及增强目标与抑制干扰子两种机制,为进一步探讨老年人 N2pc 的减小源于何种机制的衰退,有两个研究分离了目标与干扰子,并发现,当目标周围没有干扰刺激时,老年人的 N2pc 振幅并没有小于年轻人(两个研究均未比较潜伏期)。Schwarzkoop 等(2016)采用变化探测任务(图 2),令被试判断记忆阵列中的目标刺激(即出现在线索箭头所在象限的棒状物)与测试阵列中的目标刺激颜色是否相同。箭头作为提示目标位置的线索,呈现在记忆阵列之前。目标刺激的个数为 1 或 3,且目标刺激始终位于上视野(左侧或右侧)。结果发现:当下视野有干扰子时,记忆阵列中目标刺激诱发的 N2pc 老年人比年轻人更小;当下视野无干扰子时,记忆阵列中目标刺激诱发的 N2pc 老年人与年轻人没有显著差异。干扰子的存在会增大年轻人的 N2pc,但是对老年人的 N2pc 无影响。Pagano 等(2016)的实验采用计数任务,通过分离目标刺激与

干扰刺激设置出无干扰子条件(将目标刺激置于屏幕一侧,干扰刺激置于屏幕另一侧,且左右两侧刺激数目相同),与有干扰子条件(目标刺激与干扰刺激在同一侧,另一侧全部为干扰刺激,且左右两侧刺激数目相同)形成对照。结果显示,有干扰子条件下,老年人 N2pc 的振幅与年轻人无显著差异,老年人的正确率低于年轻人;无干扰子条件下,老年人 N2pc 的振幅比年轻人更大,老年人的正确率与年轻人无显著差异。Pagano 等(2016)认为,该现象反映了一种代偿机制,即老年人投入更多注意资源以达到同年轻人相近的行为成绩;而代偿机制发挥作用的条件是任务难度未达到瓶颈水平(即目标周围无干扰子)。与 Schwarzkoop 等(2016)的研究一致的是,年轻人的 N2pc 的振幅在有干扰子条件下比无干扰子条件下更大,而老年人的 N2pc 的振幅在两种条件下无显著差异。

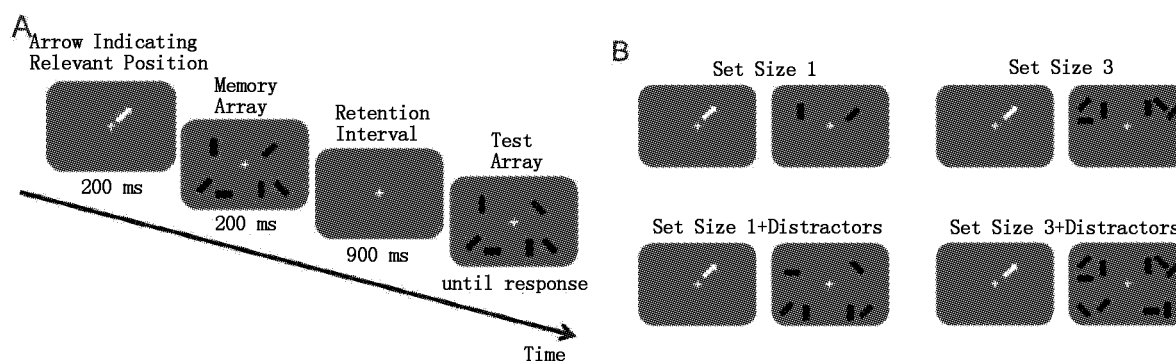


图 2 变化探测任务示意图

注:引用自 Schwarzkoop 等人(2016), Fig. 1。图 A:某个试次的刺激流程图。图中显示的是干扰子出现的条件。根据箭头的指示,被试需要记忆出现在屏幕右上方的刺激,忽略屏幕右下方的干扰子。为了保持左右视野视觉刺激平衡,屏幕左侧会呈现与屏幕右侧数量相同的棒状物。在测试阵列中,目标刺激的朝向会发生变化。图 B:记忆阵列的四种条件:目标数量为 1,无干扰子;目标数量为 3,无干扰子;目标数量为 1,有干扰子;目标数量为 3,有干扰子。

此外有研究发现,与年轻人一样,当目标数量增加时,老年人 N2pc 的振幅也会相应增大(Liu, Lin, Zhao, & Roberson, 2016; Pagano, Fait, Brignani, & Mazza, 2016; Pagano, Fait, Monti, Brignani, & Mazza, 2015)。一定程度上反映了老年人搜索目标时,增强对目标刺激的加工这一功能保持较好。

总体来说,以上研究显示,当目标周围有干扰子时,与年轻人相比,老年人通常表现出 N2pc 振幅的减小,潜伏期的延迟;当目标周围无干扰子时,老年人 N2pc 的振幅与年轻人相当,甚至比年轻人更大。干扰子的存在会增大年轻人的 N2pc,但对老年人的 N2pc 无影响。随着目标数量的增加,老年人 N2pc 的振幅增大。综合上述研究结果以及 N2pc 的含义与特性,可以初步推断,对年轻人而言, N2pc 涉及对

目标的加工以及对周围分心物的抑制;对老年人而言, N2pc 主要涉及对目标的加工。老化引起的视觉空间注意功能衰退与抑制能力下降有关。就目前而言,这一推断有待于进一步探讨。首先,研究者未控制任务难度这一无关变量。有实验证据表明,当任务难度较大时,即使干扰刺激距离目标刺激很远,也会对实验结果产生影响(Ipata, Gee, Gottlieb, Bisley, & Goldberg, 2006)。因此前人实验中的无干扰子条件实质是干扰较小的条件,也可以说是低难度条件,老年人与年轻人在 N2pc 以及行为上的差异可能只表现在高难度条件下,与有无干扰子无关。其次, Pagano 等(2016)的研究并未分离 Nt 与 Pd 两种成分。目前有关老年人视觉搜索任务的研究只关注目标刺激诱发的 N2pc,对于干扰刺激诱发的 Pd 尚存

在空白。如果干扰刺激诱发的 Pd 在老年人与年轻人之间差异,则可为老年人抑制能力下降提供更有力的证据。

Pagano 等(2016)的代偿理论也值得讨论,老年人 N2pc 比年轻人更大是否意味着代偿,尚需要更多的实验证据。比如,在老年人群体内部,N2pc 振幅是否与行为成绩呈正相关?又如,无干扰子条件下,老年人 N2pc 振幅大于年轻人,且正确率与年轻人接近这一结果是否只是偶然现象?Schwarzkoop 等(2016)的实验就未能重复该现象。未来研究可对代偿理论进行进一步验证。

2.2 空间线索范式

视觉搜索范式无法用来探究注意的提前转移对目标加工的影响,空间线索范式弥补了这一不足。其实验流程是,先呈现包含某一线索奇异子 (singleton cue) 的线索阵列,再呈现目标阵列,被试的任务是找到预先定义的目标并做出反应(图3)。一般来说,线索奇异子呈现的位置不能预测目标呈现的位置,即线索不提供目标信息 (uninformative cue)。大量研究表明,只有当线索与目标具有相同特征时,线索才可捕获注意(产生 N2pc)。也就是说,对线索的注意取决于自上而下的注意定势 (Anderson & Folk, 2012)。之后,被试会主动抑制线索(产生 Pd),将注意重新分配在目标上 (Barras & Kerzel, 2016)。在空间线索范式中,Pd 通常在 N2pc 之后产生,从时间进程上可以区分注意捕获与主动抑制两个阶段。在行为上,对线索的注意会引发空间线索效应,具体表现为目标出现在线索位置时的反应时比目标出现在非线索位置时更快。

在空间线索任务中,与年轻人一样,老年人对线索的注意以线索与目标具有相同特征为前提,反映出老年人对目标特征选择性加工能力的保持 (Pratt & Bellomo, 1999; Lien, Gemperle, & Ruthruff, 2011)。在线索与目标具有相同特征的条件,老年人行为上的空间线索效应比年轻人更强 (Pratt & Bellomo, 1999; Lien, Gemperle, & Ruthruff, 2011),而此时线索诱发的 N2pc 不存在年龄差异 (Lien, Gemperle, & Ruthruff, 2011; Mertes et al., 2017)。Mertes 等(2017)的研究发现,老年人与年轻人的差异体现在 Pd 成分上(年轻人有明显的 Pd 成分,老年人没有)。这说明老年人对线索的注意并没有比年轻人更强,只是缺乏注意之后的抑制,即对线索的注意解除存在困难。因此老年人受线索的影响更大,行为上会表现出更明显的空间线索效应。

上述研究结果支持老年人抑制干扰子的能力下降。并且可以看出,在线索与目标具有相同特征的

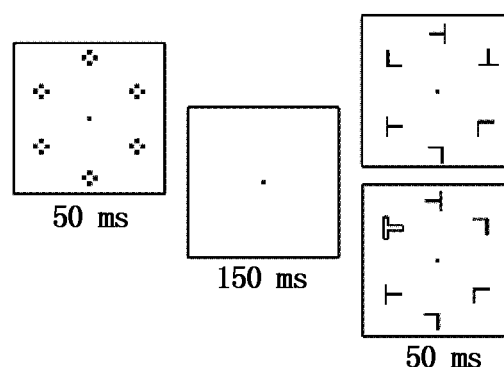


图3 空间线索任务示意图

注:引用自 Huang 等人(2016), Fig. 1 A。被试需要对目标阵列中的红色字母或空心字母进行反应。目标阵列呈现前,会呈现一个包含红色线索奇异子 (singleton cue) 的线索阵列。线索奇异子与目标随机出现在四个象限。若目标是红色字母,则线索与目标具有相同特征;若目标是空心字母,则线索与目标不具有相同特征。

条件下,老年人对线索奇异子的注意可达到与年轻人相同的水平。但目前运用空间线索范式研究老年人注意功能的实验较少,研究结果的可重复性有待于进一步验证。对于空间线索范式下,目标刺激诱发的 N2pc,目前尚未出现有针对性的研究。

3 小结与讨论

综上所述,关于视觉空间注意功能的老化,可得到以下推论:(1)相对于年轻人而言,老年人搜索目标时注意分配更慢;(2)老年人抑制干扰子的能力下降;(3)老年人基于特征的注意捕获能力保持良好。

3.1 老化引起的注意分配速度减慢

与年轻人相比,老年人 N2pc 的潜伏期更长 (Amenedo, Lorenzo - Lopez, & Pazo - Alvarez, 2012; Cespon, Galdo - Alvarez, & Diaz, 2013; Lorenzo - López et al., 2011; Lorenzo - Lopez, Amenedo, & Cadaveira, 2008; Wiegand, Finke, Muller, & Tollner, 2013),反映出老年人搜索目标时注意分配的延迟。这一结果符合 Salthouse(1996)的加工速度理论,即老化引起的认知功能下降与加工速度减慢有关。

3.2 老年人对干扰子的抑制能力衰退

Hasher 等人的抑制衰退理论认为,抑制功能衰退是认知老化的主要原因 (Hasher, Stoltzfus, Zack, & Rypma, 1991),并广泛存在于多个认知加工阶段以及不同任务类型之中 (Li et al., 2018; Rey - Mermet & Gade, 2018)。例如, Li 等(2018)的研究发现,老年人的返回抑制起始时间 (Onset Time of Inhibition of Return; IOR - OT) 与综合认知功能相关,返回抑

制的起始时间越晚,综合认知功能越差。视空间注意功能老化方面的研究结果为该理论提供了更多证据:视觉搜索任务中,年轻人与老年人 N2pc 振幅的差异主要体现在对干扰刺激的抑制上,而非对目标刺激的加工上;空间线索任务中,年轻人与老年人的差异主要体现在对具有目标特征的线索的主动抑制上(Pd),而非注意捕获上(N2pc)。

3.3 老年人基于特征的注意捕获能力保持良好

空间线索范式中,与目标无相同特征的线索不会诱发老年人的 N2pc,与目标有相同特征的线索诱发的 N2pc 未表现出年龄差异(Mertes et al., 2017; Lien, Gemperle, & Ruthruff, 2011),说明老年人基于特征的注意捕获能力可达到与年轻人接近的水平。这可能是因为基于特征的注意捕获是一种由干扰子引发的,自动的注意(involuntary attention),相对于目标引发的自愿注意(voluntary attention)而言,自动注意较少受到老化的影响。也可能是因为线索奇异子的凸显性使得注意捕获变得非常容易,以至于老年人与年轻人的差异未能体现出来(天花板效应)。

4 展望

从已有的研究结果中,可初步了解视觉空间注意功能老化的机制。未来研究应致力于以下几个方向。

第一,针对现有研究不足,做进一步的完善和补充。比如,视觉搜索范式中,尚未有研究关注干扰刺激诱发的 Pd 是否存在老年人与年轻人之间的年龄差异;而在空间线索范式中,尚缺乏对目标刺激诱发的 N2pc 的老化研究。这些研究将提供更全面的证据,帮助人们理解视觉空间注意的老化机制。此外,已有研究在对比老年人组与年轻人组的 N2pc 时,没有对照任务难度这一变量,无法排除难度对组间 N2pc 差异的影响,这也需要今后的研究加以控制。再有,今后在运用代偿理论对老化相关实验结果进行解释时要特别注意,较好的做法是将电生理指标与老年群体内部的行为指标相结合。举例来说,如果在老年人群体内,目标诱发的 N2pc 与行为成绩不相关,则不能把老年人 N2pc 大于年轻人理解为代偿效应;只有当老年人的 N2pc 和行为成绩在个体水平上明显正相关时,才真正符合代偿理论的预期。最后,目前关于视觉空间注意功能老化的 ERP 研究相对比较少,可重复性是一个值得重视的问题,一些结论还需要更多重复证据的支持。

第二,已有的注意老化研究往往采用朝向、颜色等简单特征来定义目标。然而,日常生活中的注意很多是基于物体的,比如汽车,房屋,桌椅等。物体是按照格式塔原则组织的元素集合,尽管物体往往

比简单特征更复杂,但对现实世界中真实物体的加工会受到熟悉性和经验的作用(Peelen & Kastner, 2014)。经验对注意分配有着重要影响,甚至可以引起对复杂特征自动的注意捕获(Qu, Hillyard, & Ding, 2017)。大量研究表明,对简单特征的加工与对真实物体的加工涉及到不同的神经机制。例如,与对简单特征的加工相比,对真实物体的加工发生于更高级的视觉皮层(Peelen & Kastner, 2014)。关于年龄如何影响对真实物体的视觉空间注意,目前尚不清楚。由于对真实物体的注意与生活经验密切相关,老年人丰富的经验或许会对其注意功能的下降起到代偿作用。未来研究可采用生活中常见的物体作为实验材料,对视觉空间注意功能的老化进行更加全面的探索。

第三,视觉搜索范式与空间线索范式只能用来研究自上而下空间注意范围之内的注意功能,对于自上而下空间注意范围之外的注意功能老化,目前仍缺乏实验证据。中央快速序列视觉呈现(RSVP)任务可填补这一空白。在视觉搜索范式和空间线索范式中,目标与干扰子通常具有共享的空间位置,被试无法通过空间位置区分目标与干扰子;并且由于目标位置不固定,被试自上而下的空间注意是弥散的。因此,当被试搜索目标时,干扰子也在自上而下的空间注意范围内。而在中央 RSVP 任务中,被试需要从屏幕中央一系列快速呈现的刺激中找到目标。由于该任务需要占用大量的注意资源,被试的主动注意必须高度集中于目标位置(即屏幕中央),此时出现在外周的干扰子不在自上而下的空间注意范围之内。实验表明,中央 RSVP 任务中,当外周干扰子与目标具有相同特征时,外周干扰子同样可以捕获注意(产生 N2pc)(Winther & Niedeggen, 2017)。这种情况下对外周干扰子的注意不包含自上而下的空间注意。Huang 等人(2016)的研究发现,特征注意决定注意捕获是否发生,自上而下的空间注意对注意捕获起到调节作用。年龄对特征注意与空间注意分别有怎样的影响,是今后研究值得关注的问题。

第四,通过深入探究 N2pc、Pd 老化的机制,未来研究可以有针对性地设计认知训练以改善老化引起的视觉空间注意功能衰退。毕生发展的观点认为,老年人的大脑仍然具有可塑性,用以抵抗认知下降。认知训练作为一种无创伤,可操作性强的干预方法,能够对老年人大脑的结构与功能产生积极影响。例如,O'Brien 等(2013)的研究发现,为期十周的加工速度训练可以显著地增大老年人视觉搜索任务中的 N2pc,并提高行为成绩。研究中使用的加

工速度训练包括目标探测,刺激辨别,以及物体位置追踪等电脑小游戏,主试会根据训练情况不断增加游戏难度(难度越高,对被试加工速度的要求越高)。O'Brien 认为,这一结果表示老年人的选择性注意功能会随训练而增强。针对已有研究中老年人注意分配速度变慢的问题,未来研究可以参考 O'Brien 等(2013)的加工速度训练,设计出对注意分配速度要求较高的训练任务,考察训练前后老年人的 N2pc 与行为成绩。此外,针对老年人抑制干扰子能力衰退的问题,未来研究可以尝试增强老年人的抑制能力(体现在 Pd 上)。近期已有研究表明, Pd 成分与 N2pc 一样,会受到知觉训练的影响(Hu, Ding, & Qu, 2019)。Hu 等(2019)发现,大量视觉搜索训练可以提高非凸显(nonsalient)刺激的可检测性,而可检测性的提高可以使非凸显刺激作为无关刺激时诱发的 Pd 从无到有,说明被试对该刺激的抑制能力得到提高。今后的认知训练可以参照 Hu 等人(2019)的发现,将提高刺激的可检测性作为一个方向,设计类似范式用于老年人,以针对性地提高老年人对无关刺激的抑制能力。

参考文献

- Amenedo, E., Lorenzo - López, L., & Pazo - Álvarez, P. (2012). Response processing during visual search in normal aging: The need for more time to prevent cross talk between spatial attention and manual response selection. *Biological Psychology*, 91(2), 201 - 211.
- Anderson, B. A., & Folk, C. L. (2012). Dissociating location - specific inhibition and attention shifts: Evidence against the disengagement account of contingent capture. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 74(6), 1183 - 1198.
- Barras, C., & Kerzel, D. (2016). Nogo stimuli do not receive more attentional suppression or response inhibition than neutral stimuli: Evidence from the N2pc, PD, and N2 components in a spatial cueing paradigm. *Frontiers in Psychology*, 7, 630.
- Cespón, J., Galdo - Álvarez, S., & Díaz, F. (2013a). Age - related changes in ERP correlates of visuospatial and motor processes. *Psychophysiology*, 50, 743 - 757.
- Cespon, J., Galdo - Álvarez, S., & Diaz, F. (2013b). Electrophysiological correlates of amnesic mild cognitive impairment in a Simon task. *PLoS One*, 8(12), e81506.
- Cespon, J., Galdo - Alvarez, S., Pereiro, A. X., & Diaz, F. (2015). Differences between mild cognitive impairment subtypes as indicated by event - related potential correlates of cognitive and motor processes in a Simon task. *Journal of Alzheimer's Disease*, 43(2), 631 - 647.
- Geerligs, L., Saliassi, E., Maurits, N. M., Renken, R. J., & Lorist, M. M. (2014). Brain mechanisms underlying the effects of aging on different aspects of selective attention. *Neuroimage*, 91, 52 - 62.
- Gilchrist, A. L., & Cowan, N. (2014). A two - stage search of visual working memory: Investigating speed in the change - detection paradigm. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 76(7), 2031 - 2050.
- Hahn, S., & Buttaccio, D. R. (2018). Aging and guided visual search: The role of visual working memory. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 25(4), 535 - 549.
- Hasher, L., Stoltzfus, E. R., Zacks, R. T., & Rypma, B. (1991). Age and inhibition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 17(1), 163.
- Hasher, L., & Zacks, R. T. (1988). Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view. *The Psychology of Learning and Motivation*, 22, 193 - 225.
- Hickey, C., Di Lollo, V., & McDonald, J. J. (2009). Electrophysiological indices of target and distractor processing in visual search. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21(4), 760 - 775.
- Hu, L., Ding, Y., & Qu, Z. (2019). Perceptual learning induces active suppression of physically nonsalient shapes. *Psychophysiology*, 56(9), e13393.
- Huang, W., Su, Y., Zhen, Y., & Qu, Z. (2016). The role of top - down spatial attention in contingent attentional capture. *Psychophysiology*, 53(5), 650 - 662.
- Ipata, A. E., Gee, A. L., Gottlieb, J., Bisley, J. W., & Goldberg, M. E. (2006). LIP responses to a popout stimulus are reduced if it is overtly ignored. *Nature Neuroscience*, 9(8), 1071.
- Li, L., Gratton, C., Fabiani, M., & Knight, R. T. (2013). Age - related frontoparietal changes during the control of bottom - up and top - down attention: An erp study. *Neurobiology of Aging*, 34(2), 477.
- Li, T., Wang, L., Huang, W., Zhen, Y., Zhong, C., Qu, Z., & Ding, Y. (2020). Onset time of inhibition of return is a promising index for assessing cognitive functions in older adults. *The Journals of Gerontology: Series B*, 75(4), 753 - 761.
- Lien, M. C., Gemperle, A., & Ruthruff, E. (2011). Aging and involuntary attention capture: Electrophysiological evidence for preserved attentional control with advanced age. *Psychology & Aging*, 26(1), 188.
- Liu, Q., Lin, S., Zhao, G., & Roberson, D. (2016). The effect of modulating top - down attention deployment on the N2pc/PCN. *Biological Psychology*, 117, 187 - 193.
- Lorenzo - López, L., Amenedo, E., & Cadaveira, F. (2008). Feature processing during visual search in normal aging: Electrophysiological evidence. *Neurobiology of Aging*, 29(7), 1101 - 1110.
- Lorenzo - López, L., Gutiérrez, R., Moratti, S., Maestú, F., Cadaveira, F., & Amenedo, E. (2011). Age - related occipito - temporal hypoactivation during visual search: Relationships

- between mn2pc sources and performance. *Neuropsychologia*, 49(5), 858 – 865.
- Luck, S. J., & Hillyard, S. A. (1994). Electrophysiological correlates of feature analysis during visual search. *Psychophysiology*, 31(3), 291 – 308.
- Mertes, C., Wascher, E., & Schneider, D. (2017). Compliance instead of flexibility? On age – related differences in cognitive control during visual search. *Neurobiology of Aging*, 53, 169 – 180.
- O'Brien, J. L., Edwards, J. D., Maxfield, N. D., Peronto, C. L., Williams, V. A., & Lister, J. J. (2013). Cognitive training and selective attention in the aging brain: An electrophysiological study. *Clinical Neurophysiology*, 124(11), 2198 – 2208.
- Pagano, S., Fait, E., Monti, A., Brignani, D., & Mazza, V. (2015). Electrophysiological correlates of subitizing in healthy aging. *PLoS One*, 10(6), e0131063.
- Pagano, S., Fait, E., Brignani, D., & Mazza, V. (2016). Object individuation and compensation in healthy aging. *Neurobiology of Aging*, 40, 145.
- Peelen, M. V., & Kastner, S. (2014). Attention in the real world: Toward understanding its neural basis. *Trends in Cognitive Sciences*, 18(5), 242 – 250.
- Pratt, J., & Bellomo, C. N. (1999). Attentional capture in younger and older adults. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 6(1), 19 – 31.
- Qu, Z., Hillyard, S. A., & Ding, Y. (2017). Perceptual learning induces persistent attentional capture by nonsalient shapes. *Cerebral Cortex*, 27(2), 1512 – 1523.
- Rey – Mermet, A., & Gade, M. (2018). Inhibition in aging: What is preserved? What declines? A meta – analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*, 25(5), 1695 – 1716.
- Salthouse, T. A. (1996). The processing – speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*, 103(3), 403.
- Schwarzkoopp, T., Mayr, U., & Jost, K. (2016). Early selection versus late correction: Age – related differences in controlling working memory contents. *Psychology & Aging*, 31(5), 430.
- Störmer, V. S., Li, S. C., Heekeren, H. R., & Lindenberger, U. (2013). Normative shifts of cortical mechanisms of encoding contribute to adult age differences in visual – spatial working memory. *Neuroimage*, 73(8), 167 – 175.
- Wiegand, I., Finke, K., Müller, H. J., & Töllner, T. (2013). Event – related potentials dissociate perceptual from response – related age effects in visual search. *Neurobiology of Aging*, 34(3), 973 – 985.
- Winther, G. N., & Niedeggen, M. (2017). Distractor – induced blindness: A special case of contingent attentional capture? *Advances in Cognitive Psychology*, 13(1), 52.

Aging Mechanism of Visual Spatial Attention—Evidence from N2pc Component

Ding Ran¹, Ding Yulong², Qu Zhe¹

(1. Department of Psychology, Sun Yat – Sen University, Guangzhou 510006;

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

Abstract: Visual spatial attention is a basic cognitive function in humans and plays an important role in daily life of older adults. As an ERP component related to attentional selection, the N2pc has been adopted as an index for deployment of visual spatial attention in numerous studies. This article provides an overview of previous studies about aging of visual spatial attention based on N2pc component. These studies usually used visual search paradigms or spatial cuing paradigms. The studies of visual search paradigms showed that, when there were distractors around targets, target – elicited N2pc was smaller and later in the elderly than in the young; meanwhile, the elderly showed lower accuracies and longer reaction times compared to the young. However, when there were no distractors around targets, the amplitude of target – elicited N2pc in the elderly was equal to, or even larger than in the young, reflecting that older adults may consume more attention resources in order to perform as good as the young adults. In studies of spatial cuing paradigms, no cue – elicited N2pc was observed when the cues did not possess target – relevant features, while there seemed to be no difference between the young and the old in cue – elicited N2pc when the cues possessed target – relevant features. The difference of ERP between the young and the older adults appeared in the Pd component (i. e. older adults did not show Pd while young adults did), which was considered to reflect the inhibition process. Meanwhile, the behavioral cuing effect was larger in the old than in the young. All these results together indicate that aging of visual spatial attention is a complex psychological process, involving slower deployment of attention resource when searching for targets, severe impairment in distractor inhibition, but good preservation in feature – based attentional capture.

Key words: visual spatial attention; aging; N2pc