

数字空间联结对视觉空间注意的影响

——基于数量还是顺序？

杨伟宾

广州大学教育学院, 广东 广州

收稿日期: 2023年7月20日; 录用日期: 2023年8月31日; 发布日期: 2023年9月15日

摘要

以往研究发现对数字的知觉能够影响空间注意的定向, 给被试呈现小/大数字线索会自动诱发朝向左/右侧视野的注意转移, 并促进对该侧视野目标的探测反应。他将该现象命名为注意的数字空间联结反应编码效应(Attentional SNARC Effect)。但数字既存在数量表征, 也存在顺序表征, 数字空间联结对空间注意的影响是基于数字的数量表征还是顺序表征目前还存在争议。本文系统梳理了三个方面的实证研究及相关的理论解释, 即支持数字的数量表征影响空间注意、支持数字的顺序表征影响空间注意以及支持两种共同影响空间注意, 并对未来研究提出展望。

关键词

数量表征, 顺序表征, 视觉空间注意, Attentional SNARC

The Influence of Spatial-Numerical Associations to Visual-Spatial Attention

—Based on Magnitude or Sequential Representation?

Weibin Yang

School of Education, Guangzhou University, Guangzhou Guangdong

Received: Jul. 20th, 2023; accepted: Aug. 31st, 2023; published: Sep. 15th, 2023

Abstract

Previous researches found that the perception of numbers can influence the orientation of spatial attention. Presenting participants with small/large number cues automatically induces attentional shifts toward the left/right visual field and facilitates detection responses towards targets in

that visual field. This phenomenon is named the Attentional Spatial-Numerical Association of Response Codes Effect (Attentional SNARC Effect). However, there is currently a debate regarding whether the influence of numbers on spatial attention is due to magnitude representation or sequential representation. This study systematically reviews three aspects of empirical research and relevant theoretical explanations: the influence of the magnitude representation on spatial attention, the influence of the sequential representation on spatial attention and influence of both on spatial attention. Finally, prospects for future research are proposed.

Keywords

Magnituderep Resentation, Sequence Representation, Visual-Spatialattention, Attentional SNARC

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

数字让我们能够计数、计算和量化世界，是一种重要的语言和工具。在数字认知领域，数字与空间的联结是研究大脑如何加工数字信息的一个重要方面，大量研究证明数字的内在表征与空间存在联结，小数字与左侧空间绑定而大数字与右侧空间绑定(Dehaene et al., 1993; Gevers et al., 2006a)，且这种联结可以影响空间注意。Fischer 等(Fischer et al., 2003)采用点探测范式，首先在屏幕中央显示一个数字(作为提示线索)，然后在左侧或右侧出现一个目标刺激，参与者需要在探测到目标刺激时按键反应。结果发现，即使提示线索与任务无关，当提示线索为较小数字时，对左侧呈现目标的探测反应更快；提示线索为较大数字时，对右侧呈现目标的探测反应更快。Fischer 将数字影响空间注意的现象称为注意的数字空间联结反应编码效应(Attentional SNARC Effect)。Dehaene 等(Dehaene et al., 1993)采用 ERP 技术发现数字作为线索时诱发的脑电活动与空间信息作为线索时诱发的脑电活动模式类似。并且，Schuller 等(Schuller et al., 2015)在一项 fMRI 研究发现，数字对某一侧空间的促进作用能够调节与空间注意定向息息相关的枕叶皮层的血氧变化。这些结果都说明数字能够对视觉空间注意产生影响。

Dehaene 提出心理数字线(Mental Number Line)理论认为数字对视觉空间注意的影响源自于数字的数量信息，该理论指出，数字的数量信息在大脑中表征为一条从左到右的数字线，小数在左侧大数在右侧。数字能够促进某一侧空间的检测与反应是由于数字的数量信息在心理数字线上的位置与目标所呈现的位置的一致性。近年来有研究者从工作记忆(Working Memory)角度解释数字与空间的联结(Abrahamse et al., 2016; van Dijck et al., 2014; van Dijck & Fias, 2011)，认为数字在工作记忆中的顺序位置与空间形成联结，位于顺序最开头的数字与左侧空间联结，位于末尾的数字与右侧空间联结，目前对于数字对视觉空间注意的影响是由于数字的数量表征还是数字的顺序表征尚存在争议，本文从注意的数字空间联结反应编码效应入手，系统梳理支持数量表征和支持顺序表征的相关实证研究，并对未来研究提出展望。

2. 基于数量表征对 Attentional SNARC Effect 的解释

2.1. 心理数字线理论

根据心理数字线理论(Dehaene et al., 1993)，数字的数量信息在长时记忆中得到编码和形成数量表征。表征形式为水平的数轴从左到右延伸。该理论认为对数字信息的加工所形成的数量表征会自动激活对应

的空间映射, 数量较小的数字映射左侧空间, 数量较大的数字映射右侧空间。Dehaene 等(Dehaene et al., 1993)考察了阅读方向为从左到右的伊朗被试, 结果发现了在这类被试中, 数字对空间影响的表现形式与阅读方向保持一致, 这说明阅读和书写习惯是心理数字线形成的基础(Gevers et al., 2006b)。Fischer 等(Fischer et al., 2003)在点探测任务中发现, 即使数字与任务无关, 呈现数量较小的数字线索时仍能够促使被试将注意自动转移到左侧, 反之转移到右侧。从心理数字线的角度出发, Attentional SNARC Effect 的产生表明数字自动地激活了数字线上对应区域的空间特征, 且所激活的内在空间能够与外部空间产生联系导致空间注意的转移。因此当数量信息对应的空间位置与目标所在的偏侧位置一致时, 则对目标的检测会稍快, 但当两者相互不一致时, 被试的反应会变慢(Cutini et al., 2014; Fischer & Shaki, 2014; Moro et al., 2018)。

2.2. 实证研究

有研究者通过操纵刺激的数量相关性和顺序相关性来考察数量表征与顺序表征在数字对视觉空间注意的影响中发挥的作用。Dodd 等(Dodd et al., 2008)在实验中采用月份作为不涉及数量表征的顺序刺激, 采用数字作为涉及数量表征的顺序刺激, 考察两种刺激材料在诱发 Attentional SNARC Effect 上的异同。结果发现但刺激与任务无关时, 只有涉及数量表征的数字刺激产生了 Attentional SNARC Effect。该结果说明了数量表征在 Attentional SNARC Effect 产生过程中的重要性。此外 Fumarola 等(2014)和 Sellaro 等(Fumarola et al., 2014; Sellaro et al., 2015)在研究中采用不涉及顺序表征仅涉及数量表征的刺激材料也观察到了数量表征与空间的联结, 支持了心理数字线理论, 即数字内生的数量表征激活了对应的空间影响空间注意。

神经影像学方面研究也同样支持数量表征在数字对视觉空间注意的影响中所发挥的关键作用。有研究者发现在数字比较任务中与空间注意定向相关的后顶上叶(Posterior superior parietal lobule)也会被激活(Piazza et al., 2003)。后顶上叶被广泛认为是空间注意的主要调节器, 负责其分配、转移和调控, 该皮层与前额叶眼动区域等结构一起构成了控制视觉空间注意分配和眼动的神经网络。当被试需要处理的数量信息增加时, 后顶上叶皮层会开始出现激活且进一步增强。此外 Hubbard 等(Hubbard et al., 2005)的研究指出, 数量表征加工的空间注意影响可能是基于两者在下顶叶沟中共享的神经基础, 这些结果支持了数量表征与空间注意之间的关系。

3. 基于顺序表征对 Attentional SNARC Effect 的解释

3.1. 工作记忆解释

部分研究者认为数字的视觉空间注意的影响源自于数字的顺序表征而不是数量表征(Casasanto & Pitt, 2019)。有研究者尝试在工作记忆框架内解释数字对空间注意的影响(Abrahamse et al., 2016; Fias & van Dijck, 2016; van Dijck et al., 2014)。相较于阅读习惯在长时记忆中形成的痕迹, 工作记忆假设认为 Attentional SNARC Effect 的空间特征是由存储在工作记忆中数字的顺序位置暂时性构建而成的, 其重点在于顺序位置而不在于数字内生的数量表征。数字在工作记忆中以顺序序列形式存储, 这种存储方式会形成一条数字线, 且根据任务要求, 这条数字线的方向可以独立于数字的数量信息而改变(van Dijck et al., 2014)。van Dijck 等(van Dijck et al., 2014)在研究中要求被试先记忆一串数字后再进行点探测任务, 结果发现数字对空间注意的引导与数字在记忆序列中的位置一致, 而与数字的数量大小无关。Lindemann 等(Lindemann et al., 2008)在实验中要求被试在进行奇偶判断任务前首先记忆大小为 3 的数字序列, 序列顺序包括升序、降序或无序三种情况。结果发现数字所联结的空间位置会根据记忆的序列顺序而改变。

3.2. 实证研究

同样采用不同的刺激材料,有研究者发现存储于工作记忆中的顺序表征在 Attentional SNARC Effect 的产生过程中发挥主导作用(Galfano et al., 2006; Rasoulzadeh et al., 2021; Ristic et al., 2006; van Dijck et al., 2014)。van Dijck 等(van Dijck et al., 2014)在实验中首先要求被试记忆大小为 4 的数字序列,之后进行基于点探测范式的 go/no-go 任务,仅当线索为序列中的数字时才进行探测反应。结果发现数字在记忆序列中的位置影响偏侧的视觉空间注意,位于序列开头的数字促进对左侧刺激的注意与探测,位于序列末尾的数字促进对右侧刺激的注意与探测,即 Attentional SNARC Effect。实验二采用英文字母作为材料同样发现了 Attentional SNARC Effect,英文字母并不具备数量表征,但因其字母表中的排列而具备顺序表征。有研究表明眼动指标能够更好地反映内部心理空间上的注意转移(Sahan et al., 2022)。Sahan 等(Sahan et al., 2022)采用同样的实验范式但结合了眼动技术,并且采用听觉呈现刺激材料,结果重复了 van Dijck 等(van Dijck et al., 2014)的结果,并发现工作记忆中的数字序列表征存在显著的 Attentional SNARC Effect,当数字位于序列开头时,诱发偏向左侧的眼动;当数字位于序列末尾时,诱发偏向右侧的眼动。该结果证明了顺序表征与视觉空间注意之间的关系。此外,Ristic 等(Ristic et al., 2006)和 Galfano 等(Galfano et al., 2006)采用与 Fischer 相同的范式,但要求被试想象一个从右到左反的心理数字线,结果发现了反转的 Attentional SNARC。这表明了数字对视觉空间注意的影响能够根据具体的任务情景而改变,恰恰说明该影响来自因任务要求而形成的工作记忆中的表征,而不是阅读习惯形成的长时记忆中的表征。

有研究者通过神经影像技术进一步考察顺序表征与视觉空间注意的关系(Rasoulzadeh et al., 2021)。早期定向注意负成分(Early Directing Attention Negativity, EDAN)被认为标志着对空间相关线索进行加工的开始,该成分主要表现为空间线索呈现后的 200~400 毫秒范围内的偏侧负成分。前向注意负成分(Anterior Directing Attention Negativity, ADAN)的出现则被认为标志着空间线索所诱发的注意转移的开始,该成分主要表现为在空间线索呈现后的 300~500 毫秒在前额区域的偏侧负成分。Rasoulzadeh 等(Rasoulzadeh et al., 2021)考察了序列中的数字作为线索时诱发的脑电成分,结果在 EDAN 和 ADAN 成分上都发现了显著的 Attentional SNARC Effect,而数字的数量表征并未产生影响。进一步的时频分析发现对数字的序列表征会增强同侧大脑的 alpha 频段,抑制对侧空间信息的加工。

4. 结合顺序表征与数量表征对 Attention SNARC Effect 的解释

近年来有研究者提出新的观点,认为顺序表征与数量表征在数字引导视觉空间注意过程中都会发挥作用(Koch et al., 2023; Prpic et al., 2016, 2021)。Prpic 等(Prpic et al., 2016)等人采用音乐符号作为刺激材料考察数字与空间的关系,音乐符号与数字类似,同时具备数量表征(音长的多和少)和顺序表征(从全音符到六十四分音符),但其特殊之处在于顺序表征与数量表征的方向相反,顺序表征的起始是数量表征的最大值,而终点是数量表征的最小值。Prpic 分别考察了音乐符号作为任务相关刺激和任务无关刺激时对空间反应的影响,结果发现当任务相关时,顺序表征决定了对空间的影响;当与任务无关时,数量表征起主导作用。对于该结果,Prpic 提出了新的模型来进行解释,该模型认为数字与空间联结的过程中存在两个独立机制,一个是顺序相关机制(Order-Related Mechanism, ORM),另一个是数量相关机制(Magnitude-Related Mechanism, MRM),当数字刺激为任务相关时,主要激活顺序相关机制;当数字刺激与任务无关时,主要激活数量相关机制。

但该研究所采用的刺激材料并非纯粹的数字刺激,为得到更纯粹的结果,Koch 等(Koch et al., 2023)采用 3 个连续数字和一个距离较远的数字作为刺激材料来区分顺序表征与数量表征,根据数量表征,距离较远的数字与第三个数字应该存在差异;如果是顺序表征在发挥作用,那么距离较远的数字与第三个数字应该不存在差异。回归分析结果显示数量表征与顺序表征均能够解释方差变异,两种表征均发挥作

用。但与 Prpic 所提出的模型不一致的是, Koch 认为任务相关性并非关键因素, 顺序表征和数量表征两种可以同时发挥作用, 只是有强弱之分。

5. 展望

关于数字对视觉空间注意的影响, 存在两种不同的理论解释。心理数字线理论认为数量信息起关键作用, 对空间注意转移的影响来自于长时记忆中由于阅读习惯形成的横向数轴, 横向数轴所映射的空间信息的激活是自动化的且方向固定的(Dehaene, 2003; Fischer & Shaki, 2014; Nuerk et al., 2005)。而工作记忆解释认为空间映射来自于工作记忆中临时构建的顺序表征, 一旦工作记忆中形成了一个固定的数字序列, 数字在序列中的顺序位置会驱动空间注意的转移(Rasoulzadeh et al., 2021; van Dijck et al., 2014)。近期有研究者针对数字与空间的关系进行研究, 提出了新的观点认为数量表征和顺序表征均发挥作用(Koch et al., 2023; Prpic et al., 2016, 2021)。但值得注意的是, 支持这类观点的实证研究目前尚且局限在数字对空间反应的影响, 数字对视觉空间注意的影响是否与此相同还有待进一步的验证。

在以往关于 Attentional SNARC Effect 的研究中, 大部分研究者沿用最初发现该效应的 Fischer 等(Fischer et al., 2003)所采用的实验范式, 即点探测范式。该范式要求被试在检测到目标点出现后, 根据目标点的位置进行按键。此外 van Dijck 等(van Dijck et al., 2014)将点探测范式与 Go/No-Go 范式结合, 要求被试仅当数字线索为特定数字时才进行反应, 根据探测点在左侧和右侧的反应时间差异来判断 Attentional SNARC 效应是否存在, 但简单的目标检测任务往往无法有效检测到小的反应时间(RT)差异, 因此可能不是评估由于数量信息的空间表征引起的空间注意偏向最合适的方法(Casarotti et al., 2007; Stelmach & Herdman, 1991)。实验范式上的不敏感可能是导致以往研究对于 Attentional SNARC 效应的存在产生争议的原因。Stelmach 和 Herdman (Stelmach & Herdman, 1991)提出了研究空间注意的另一范式——时间顺序判断(Temporal Order Judgment, TOJ)范式, 与探测任务不同, 该范式要求被试判断两个刺激的出现顺序, 即哪个刺激先出现而不是判断刺激是否出现。相比于简单的反应时任务只需要对单个刺激作出反应, TOJ 范式中判断两个刺激的时间顺序需要精确地感知刺激在时间上的细微差异, 这可以更加敏感地表现出实验操纵对于空间注意的影响(Casarotti et al., 2007; Galarraga et al., 2022)。

此外电生理技术如 ERP 和 fMRI 已经成为视觉空间注意领域常用的观测手段, 相比于简单的反应时记录能够提供更加精确且细致的数据(Eimer, 2000; Natale et al., 2006; Wijers et al., 1997)。Wijers 等(Wijers et al., 1997)考察了空间注意转移对不同脑电成分的影响, 结果发现当被试注意在中心刺激时, 偏侧刺激所诱发的 N1 成分显著减小。Natale 等(Natale et al., 2006)观测 N1、P1 成分来考察内源性和外源性空间注意的区别, 结果发现 P1 对于内源性注意更加敏感, 而 N1 成分所反映的是外源性空间注意瞬时转移, 两种成分分别反映了不同的注意机制。Rasoulzadeh 等(Rasoulzadeh et al., 2021)使用了 ERP 技术考察 Attentional SNARC Effect, 结果支持顺序表征引导视觉空间注意。但该研究中采用的范式要求被试在实验开始前先记住数字序列, 这本身会极大增强数字的顺序表征, 该结果说明了顺序表征的作用, 但并不能完全排除数量表征也同时在引导视觉空间注意的可能性。

Attentional SNARC Effect 效应的发现说明数字信息能够自动化地影响基础认知过程, 探讨数字对视觉空间注意的影响, 即 Attentional SNARC Effect 的内在机制有助于更深入地了解大脑是如何对数字进行加工, 推动数字认知领域的发展。在未来关于数字空间联结对视觉空间注意影响的研究中, 需要采用更加精确的测量手段以及更恰当的实验范式, 结合与空间注意相关的电生理指标, 例如 P1、N1、EDNA、ADNA 成分, 考察数字引导视觉空间注意的过程中数量表征与顺序表征是否共同发挥作用。

参考文献

Abrahamse, E., van Dijck, J.-P., & Fias, W. (2016). How Does Working Memory Enable Number-Induced Spatial Biases?

- Frontiers in Psychology*, 7, Article 977. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00977>
- Casarotti, M., Michielin, M., Zorzi, M., & Umiltà, C. (2007). Temporal Order Judgment Reveals How Number Magnitude Affects Visuospatial Attention. *Cognition*, 102, 101-117. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2006.09.001>
- Casasanto, D., & Pitt, B. (2019). The Faulty Magnitude Detector: Why SNARC-Like Tasks Cannot Support a Generalized-Magnitude System. *Cognitive Science*, 43, e12794. <https://doi.org/10.1111/cogs.12794>
- Cutini, S., Scarpa, F., Scatturin, P., Dell'Acqua, R., & Zorzi, M. (2014). Number-Space Interactions in the Human Parietal Cortex: Enlightening the SNARC Effect with Functional Near-Infrared Spectroscopy. *Cerebral Cortex*, 24, 444-451. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhs321>
- Dehaene, S. (2003). The Neural Basis of the Weber-Fechner Law: A Logarithmic Mental Number Line. *Trends in Cognitive Sciences*, 7, 145-147. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(03\)00055-X](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(03)00055-X)
- Dehaene, S., Bossini, S., & Giraux, P. (1993). The Mental Representation of Parity and Number Magnitude. *Journal of Experimental Psychology: General*, 122, 371-396. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.122.3.371>
- Dodd, M. D., Van der Stigchel, S., Adil Leghari, M., Fung, G., & Kingstone, A. (2008). Attentional SNARC: There's Something Special about Numbers (Let Us Count the Ways). *Cognition*, 108, 810-818. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2008.04.006>
- Eimer, M. (2000). An ERP Study of Sustained Spatial Attention to Stimulus Eccentricity. *Biological Psychology*, 52, 205-220. [https://doi.org/10.1016/S0301-0511\(00\)00028-4](https://doi.org/10.1016/S0301-0511(00)00028-4)
- Fias, W., & van Dijck, J.-P. (2016). The Temporary Nature of Number—Space Interactions. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue Canadienne de Psychologie Expérimentale*, 70, 33-40. <https://doi.org/10.1037/cep0000071>
- Fischer, M. H., & Shaki, S. (2014). Spatial Associations in Numerical Cognition—From Single Digits to Arithmetic. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 67, 1461-1483. <https://doi.org/10.1080/17470218.2014.927515>
- Fischer, M. H., Castel, A. D., Dodd, M. D., & Pratt, J. (2003). Perceiving Numbers Causes Spatial Shifts of Attention. *Nature Neuroscience*, 6, 555-556. <https://doi.org/10.1038/nn1066>
- Fumarola, A., Prpic, V., Da Pos, O., Murgia, M., Umiltà, C., & Agostini, T. (2014). Automatic Spatial Association for Luminance. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 76, 759-765. <https://doi.org/10.3758/s13414-013-0614-y>
- Galarraga, D. B., Pratt, J., & Cochrane, B. A. (2022). Is the Attentional SNARC Effect Truly Attentional? Using Temporal Order Judgements to Differentiate Attention from Response. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 75, 808-817. <https://doi.org/10.1177/17470218211039479>
- Galfano, G., Rusconi, E., & Umiltà, C. (2006). Number Magnitude Orients Attention, but Not against One's Will. *Psychonomic Bulletin & Review*, 13, 869-874. <https://doi.org/10.3758/BF03194011>
- Gevers, W., Lammertyn, J., Notebaert, W., Verguts, T., & Fias, W. (2006a). Automatic Response Activation of Implicit Spatial Information: Evidence from the SNARC Effect. *Acta Psychologica*, 122, 221-233. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2005.11.004>
- Gevers, W., Ratinckx, E., De Baene, W., & Fias, W. (2006b). Further Evidence That the SNARC Effect Is Processed along a Dual-Route Architecture. *Experimental Psychology*, 53, 58-68. <https://doi.org/10.1027/1618-3169.53.1.58>
- Hubbard, E. M., Piazza, M., Pinel, P., & Dehaene, S. (2005). Interactions between Number and Space in Parietal Cortex. *Nature Reviews Neuroscience*, 6, 435-448. <https://doi.org/10.1038/nrn1684>
- Koch, N. N., Huber, J. F., Lohmann, J., Cipora, K., Butz, M. V., & Nuerk, H.-C. (2023). Mental Number Representations Are Spatially Mapped Both by Their Magnitudes and Ordinal Positions. *Collabra: Psychology*, 9, Article 67908. <https://doi.org/10.1525/collabra.67908>
- Lindemann, O., Abolafia, J. M., Pratt, J., & Bekkering, H. (2008). Short Article: Coding Strategies in Number Space: Memory Requirements Influence Spatial-Numerical Associations. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61, 515-524. <https://doi.org/10.1080/17470210701728677>
- Moro, S. B., Dell'Acqua, R., & Cutini, S. (2018). The SNARC Effect Is Not a Unitary Phenomenon. *Psychonomic Bulletin & Review*, 25, 688-695. <https://doi.org/10.3758/s13423-017-1408-3>
- Natale, E., Marzi, C. A., Girelli, M., Pavone, E. F., & Pollmann, S. (2006). ERP and fMRI Correlates of Endogenous and Exogenous Focusing of Visual-Spatial Attention. *European Journal of Neuroscience*, 23, 2511-2521. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2006.04756.x>
- Nuerk, H.-C., Wood, G., & Willmes, K. (2005). The Universal SNARC Effect: The Association between Number Magnitude and Space Is Amodal. *Experimental Psychology*, 52, 187-194. <https://doi.org/10.1027/1618-3169.52.3.187>
- Piazza, M., Giacomini, E., Le Bihan, D., & Dehaene, S. (2003). Single-Trial Classification of Parallel Pre-Attentive and Serial Attentive Processes Using Functional Magnetic Resonance Imaging. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 270, 1237-1245. <https://doi.org/10.1098/rspb.2003.2356>
- Prpic, V., Fumarola, A., De Tommaso, M., Luccio, R., Murgia, M., & Agostini, T. (2016). Separate Mechanisms for Magni-

- tude and Order Processing in the Spatial-Numerical Association of Response Codes (SNARC) Effect: The Strange Case of Musical Note Values. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 42, 1241-1251. <https://doi.org/10.1037/xhp0000217>
- Prpic, V., Mingolo, S., Agostini, T., & Murgia, M. (2021). Magnitude and Order Are Both Relevant in SNARC and SNARC-Like Effects: A Commentary on Casasanto and Pitt (2019). *Cognitive Science*, 45, e13006. <https://doi.org/10.1111/cogs.13006>
- Rasoulzadeh, V., Sahan, M. I., van Dijck, J.-P., Abrahamse, E., Marzecova, A., Verguts, T., & Fias, W. (2021). Spatial Attention in Serial Order Working Memory: An EEG Study. *Cerebral Cortex*, 31, 2482-2493. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhaa368>
- Ristic, J., Wright, A., & Kingstone, A. (2006). The Number Line Effect Reflects Top-Down Control. *Psychonomic Bulletin & Review*, 13, 862-868. <https://doi.org/10.3758/BF03194010>
- Sahan, M. I., van Dijck, J.-P., & Fias, W. (2022). Eye-Movements Reveal the Serial Position of the Attended Item in Verbal Working Memory. *Psychonomic Bulletin & Review*, 29, 530-540. <https://doi.org/10.3758/s13423-021-02005-9>
- Schuller, A.-M., Hoffmann, D., Goffaux, V., & Schiltz, C. (2015). Shifts of Spatial Attention Cued by Irrelevant Numbers: Electrophysiological Evidence from a Target Discrimination Task. *Journal of Cognitive Psychology*, 27, 442-458. <https://doi.org/10.1080/20445911.2014.946419>
- Sellaro, R., Treccani, B., Job, R. et al.(2014). Spatial Coding of Object Typical Size: Evidence for a SNARC-Like Effect. *Psychological Research*, 79, 950-962. <https://doi.org/10.1007/s00426-014-0636-7>
- Stelmach, L. B., & Herdman, C. M. (1991). Directed Attention and Perception of Temporal Order. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 17, 539-550. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.17.2.539>
- van Dijck, J.-P., & Fias, W. (2011). A Working Memory Account for Spatial-Numerical Associations. *Cognition*, 119, 114-119. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2010.12.013>
- van Dijck, J.-P., Abrahamse, E. L., Acar, F., Ketels, B., & Fias, W. (2014). A Working Memory Account of the Interaction between Numbers and Spatial Attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 67, 1500-1513. <https://doi.org/10.1080/17470218.2014.903984>
- Wijers, A. A., Lange, J. J., Mulder, G., & Mulder, L. J. M. (1997). An ERP Study of Visual Spatial Attention and Letter Target Detection for Isoluminant and Nonisoluminant Stimuli. *Psychophysiology*, 34, 553-565. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1997.tb01742.x>