

顺序信息在SNARC效应中的优势效应

黄珂, 杨宇涵, 严 格, 尹月阳*

江苏师范大学教育科学学院, 江苏 徐州

收稿日期: 2023年12月12日; 录用日期: 2024年1月29日; 发布日期: 2024年2月18日

摘 要

SNARC效应表现为左手对小数字的反应速度更快, 右手对大数字的反应速度更快。关于SNARC效应的成因, 通过分析以往研究的结果, 发现数字的顺序信息相较于数量信息在SNARC效应中存在一定优势。本文从具身认知理论、工作记忆理论、脑功能偏侧化理论三个方面试图解释其中的可能成因, 同时提出一种可能的顺序信息加工机制。

关键词

数字空间联结, 顺序信息, 优势效应, 加工机制

The Advantage Effect of Order Information in SNARC Effect

Ke Huang, Yuhan Yang, Ge Yan, Yueyang Yin*

School of Education Science, Jiangsu Normal University, Xuzhou Jiangsu

Received: Dec. 12th, 2023; accepted: Jan. 29th, 2024; published: Feb. 18th, 2024

Abstract

The SNARC effect shows that the left hand reacts faster to small numbers and the right hand reacts faster to large numbers. As for the cause of SNARC effect, through analyzing the results of previous studies, it is found that the sequence information of numbers has some advantages compared with the quantity information in SNARC effect. This paper tries to explain the possible causes from three aspects: embodied cognition theory, working memory theory and brain function lateralization theory, and proposes a possible sequential information processing mechanism.

*通讯作者。

Keywords

SNARC Effect, Order Information, Advantage Effect, Processing Mechanism

Copyright © 2024 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

数字在我们的生活中随处可见，被广泛运用于各个领域。自数字诞生以来，它对人类社会的生存和发展起到了重要的推动作用。数字的研究不仅涉及语言学 and 考古学，还在认知加工领域得到深入的研究，这有利于更好地理解数字的本质。早在 1880 年，Galton (1880) 基于大量的研究结果，首次明确提出数字具备空间特征的观点。随着数量认知领域研究的进展和研究方法的改进，人们逐渐深入理解了数字空间特性。

Dehaene 等(1990)通过一系列实验证明了数字能激活空间表征。在实验中向被试呈现阿拉伯数字 1~9，结果发现左手对小数反应更快，右手对大数反应更快，这一现象被称为空间 - 数字反应编码联合效应 (Spatial-Numerical Association of Response, SNARC 效应)。SNARC 效应的发现说明数字的大小会影响个体的空间反应。Dehaene 等(1993)提出心理数字线理论用于解释这种现象。他们认为人脑中存在一条从左到右逐渐增大的心理数字线，即小数字会自动地映射到心理数字线的左侧，而大数字会映射到心理数字线的右侧。当心理数字线中的数字与空间高度匹配时，人们的反应会更快；反之反应时间就会变长。也就是说，心理数字线理论强调数字的数量信息对于空间激活的重要作用。但是，仍有很多研究结果是该理论无法解释的，例如当呈现随机数列(Ginsburg et al., 2014; Wim & van Dijck, 2016) (如 8-1-4-6-3)、或是没有数量信息只有顺序信息的刺激(Gevers et al., 2003) (如字母)时，仍能发现 SNARC 效应。这说明数量信息并非产生 SNARC 效应的充分条件。

2. SNARC 效应的本质：数量信息还是顺序信息

为了探究 SNARC 效应的本质，首先要明晰数量信息和顺序信息的概念。其中数量信息是指数字所代表的具体数值而非数量多少的感知(如 3 个苹果)。在 SNARC 效应的相关研究中发现，无论数量大小判断任务还是奇偶判断任务均出现了 SNARC 效应，这说明个体是根据具体数值而非数量的多少激活空间表征的(Wim et al., 2006)。有研究者认为，数量信息在 SNARC 效应中发挥重要作用，并使用多种的刺激材料(如符号数字、非符号数量等)来支持这种观点。例如，研究者无论使用阿拉伯数字(Ruiz et al., 2010)，又或是不同语言符号表示的数字(比如德文数字(Hans-Christoph et al., 2005)、中文数字(潘运等, 2009)等)等具有数量信息的材料进行实验，都在其中发现了 SNARC 效应。值得一提的是，也有研究发现，当选择一些儿童作为被试进行面积比较任务，尽管这些儿童并没有对不同面积的圆进行过任何顺序化学习，也表现出了 SNARC 效应(胡林成, 熊哲宏, 2016)。这些研究都在说明数量信息在 SNARC 效应中发挥着重要作用。

然而，上述研究很难将数量信息和顺序信息分离开来，因此无法通过实验探明 SNARC 效应究竟是依赖于数量表征，亦或是顺序表征。为了解决这一难题，一些研究者致力于分离数量信息和顺序信息。他们通过设计实验来独立地操纵这两个因素，以期揭示它们对 SNARC 效应的相对贡献。例如，周玉

(2013)曾使用中文汉字组“甲”、“乙”、“丙”、“丁”、“戊”作为刺激进行实验,该组材料具有明显的顺序特性,但其数量特性并不明显,结果仍发现了 SNARC 效应。

在 SNARC 效应的研究中,把顺序信息定义为刺激材料的相对顺序(如第 3 个苹果)。顺序信息在 SNARC 效应中更多涉及材料之间的次序,且不一定涉及具体的数值(王淑恒, 2019)。研究者们发现了很多无数量信息的刺激材料也可产生 SNARC 效应。例如, Gevers (2003)等采用仅具有顺序特征而无数量大小的刺激材料(如字母、月份和星期等),要求被试判断刺激材料的前后顺序,结果发现刺激的顺序信息也可以激活空间,即存在一种类 SNARC 效应。在该实验中,刺激本身的具体数值并不起作用,而是刺激的顺序信息起作用。

虽然数量信息和顺序信息都在 SNARC 效应中发挥作用,但二者的作用机制不同(Zhao et al., 2012)。数量信息的提取类似于语义信息的提取,而顺序信息的提取类似于空间知觉,无需提取具体的数值,因而其加工过程要比数量信息更快,且应用范围更广,其不仅可以解释以数字为刺激的 SNARC 效应,还可以解释非数字材料中的 SNARC 效应。

3. 顺序信息的 SNARC 效应

3.1. 顺序信息 SNARC 效应的优势加工

大量研究发现,当同时存在数量信息和顺序信息时,顺序信息比数量信息更易于激活空间表征,即顺序信息在 SNARC 效应中存在优势。例如,金桂春等(2016)使用经度数和语言等级数作为材料,旨在分离 SNARC 效应中的数字信息和顺序信息。这两种材料被选用是因为它们在数量信息相同的情况下,具有不同的顺序排列。实验结果显示,SNARC 效应的方向与材料的顺序信息一致。也就是说,在加工东经经度数和中文等级数(从左到右)时出现了 SNARC 效应;而在加工西经经度数和日语等级数(从右到左)时,出现了反转的 SNARC 效应。相似地,韩明,卢忠凤(2016)等人使用中国官职等级数(一品官职最高,数字越大官职越小)作为实验材料,结果也发现顺序信息相对于数量信息更具有优势。

Prpic、Fumarola 等(2016)的研究同样提供了顺序信息在 SNARC 效应中优势加工的证据。他们通过调查音符值的空间关联,试图消除顺序和数量信息加工之间的差异。研究结果显示,当要求被试进行音符值比较任务时,他们更倾向于加工刺激的顺序信息(序列顺序),而不是刺激的大小信息(音符持续时间)。这意味着被试在该任务下更注重音符值的顺序排列。

这之前强调数量信息相较于顺序信息更具有优势的研究结果存在分歧。这种分歧可以归因于前人研究中数字没有被赋予特定的含义,因此数字的数量信息的顺序并没有明显的差异,导致了经典的 SNARC 效应。然而,在金桂春等(2016)的实验中,数字的数量信息保持不变,但顺序信息发生了反转。实验参与者优先加工顺序信息,因此出现了反转的 SNARC 效应。综上所述,顺序信息在 SNARC 效应中存在优势加工。

3.2. 顺序信息在 SNARC 效应的灵活性

SNARC 效应会受到任务情境的影响,数量信息的表征方向具有灵活性。例如, Bächtold, Baumüller 和 Brugger (1998)研究了在直尺和钟表两种参考框架下的 SNARC 效应,结果显示,在不同的空间参考框架下出现了不同方向的 SNARC 效应。任务情境为被试提供了独特的空间参考框架,这使得心理数字线表征的空间位置编码可以根据当前任务情境而灵活调整。Galfano et al. (2006)发现,当要求被试将小数字与右侧注意联结,大数字与左侧注意联结时,结果出现反转的 SNARC 效应。这说明任务情境可以改变心理数字线的方向,使其呈现出从右向左的趋势。

与数量信息类似,顺序信息在 SNARC 效应中也受任务情境的影响,具有灵活性。如果任务情境要

求参与者对数字进行排序或按照一定的顺序进行加工,那么顺序信息可能更具优势。*van Dijck* 和 *Fias* (2011)曾在实验中让被试记住由 5 个随机数字组成的序列(如 8-1-4-6-3),并要求被试只对记忆序列的数字进行奇偶判断,结果发现靠近记忆序列初始处的数字左手反应更快,而靠近记忆序列结束处的数字右手反应更快,即出现了序列位置效应,且不受数字大小信息的影响。在*金桂春等*(2016)和*韩明、卢忠凤*(2016)的实验中,由于刺激材料的特殊性,顺序信息优先于数量信息进行表征,因此出现了与顺序信息方向相同的 SNARC 效应。

综上所述,任务情境的不同可以同时影响 SNARC 效应中数量和顺序信息的表征。但是在数量信息的加工中,更多的是根据任务情境的变化而调整心理数字线的方向。而在顺序信息的加工中,其方向是灵活的,多样的,并且可以根据任务情境的变化而适应不同的空间参考框架,表现出不同方向的 SNARC 效应。相较于数量信息,顺序信息的加工明显更具有优势。

3.3. 顺序信息的加工机制

在 *Prpic、Fumarola* 等(2016)的研究中,根据任务情境的不同,被试做出的反应也不相同。当被试被要求进行音符值比较任务时,他们更倾向于加工刺激的顺序信息,即音符值的顺序排列。相反,当要求被试执行一个与音符值无关的任务时,他们更倾向于加工刺激的数量信息,即音符的持续时间。通过这项研究,可以发现任务情境的不同可以引导被试在 SNARC 效应中更关注顺序信息或数量信息的加工。这进一步支持了顺序信息在 SNARC 效应中的重要性,并强调了任务情境对加工机制的影响。

在顺序信息起主导作用的任务中,被试往往会将目标刺激的顺序位置与参考中点的顺序位置进行比较,该参考中点的存在促进了顺序相关机制的激活,并引导被试将刺激分类为参考中点之前或之后的位置,而刺激自身所带的数量信息似乎并不是关键因素,刺激的顺序属性本身就足以完成任务(*Prpic et al., 2016*)。因此,即使需要进行数量比较,被试也可以仅仅通过加工刺激的顺序信息就能轻松地完成任务,而无需加工刺激的数量信息。这一研究结果强调了顺序信息在 SNARC 效应中的重要性,以及任务情境对工作机制的影响。它揭示了被试在 SNARC 任务中如何利用顺序信息来完成,并且提供了一种简洁而有效的加工策略,即基于顺序信息进行分类和判断,为我们更深入地理解 SNARC 效应的产生机制提供了有益的线索。

目前仍然需要进一步的研究来验证和探索这个顺序相关机制,并深入研究顺序信息在 SNARC 效应中的认知和神经基础。通过进一步的实验和神经科学方法的应用,我们可以更全面地了解 SNARC 效应的机制,并揭示顺序信息加工在人类认知中的普遍性和重要性。

4. 顺序信息 SNARC 效应的可能成因

4.1. 具身认知理论

具身认知是心理学中一个新兴的研究领域。它主要指生理体验与心理状态之间有着强烈的联系(*叶浩生, 2010*)。具身认知理论中提到过身体投射的概念,即个体将某些经验和概念映射到身体的空间上,个体会以自己的身体为中心建立起最初的方向概念,如上下、左右、前后、远近。在 SNARC 效应中,数字的大小可能被投射到一个虚拟的空间线上,使得较小的数字与左侧相关联,较大的数字与右侧相关联。这一理论能很好的解释文化因素对 SNARC 效应的影响。一些研究者认为 SNARC 效应受到文化因素如阅读和书写习惯的影响(*Orly, & Lera, 2010; Marc et al., 2010*)。从左至右阅读和书写的个体,在长期受到这种方向的影响之后,这种从左向右的感知运动便会和空间概念产生联系,他们会在脑中逐渐形成从左向右的方向线。根据这个观点,被试在大脑中会根据阅读和书写的方向对刺激材料进行相同方向的表征。*Shaki* 和 *Fischer* (2012)进行的一项研究发现,以从左向右阅读数字为读写方式的以色列人被试在实验中出现了

经典的 SNARC 效应。

具身认知理论强调感知和运动之间的耦合。在数字大小判断任务中，我们不仅仅是观察数字，而是通过感知和运动与它们互动。较小的数字可能与使用左手的动作更相符，而较大的数字可能与右手的动作更相符。例如，手指计数习惯的方向在一定程度上会影响到 SNARC 效应的方向，Fischer (2008) 选取从左手开始计数和从右手开始计数的被试来进行数字奇偶判断任务，结果发现从左手开始计数的被试表现出显著的 SNARC 效应，而从右手开始计数的被试并未发现 SNARC 效应。运动知觉会影响数字的语义大小，Badets & Badets (2010)，Badets 等(2012)使用手指的运动图片作为刺激，让被试观察后随机报告数字，结果发现被试在观察手指的紧握图片后，更倾向于说出更小的数字。

4.2. 工作记忆理论

工作记忆理论认为数字 - 空间联结是任务执行期间暂时的工作记忆表征。在任务执行期间，大脑会将记忆的项目投射到“工作空间”的特定模板上，并使所有项目处于被激活的状态，暂时建构这些项目与特定空间模板的联结，然后产生序列位置效应(戴隆农, 潘运, 2021)。工作记忆通过将材料在序列中的排列位置与空间编码相结合，以更好地加工数字材料并完成指定任务。van Dijck & Fias (2011)提出了序列位置效应的概念，他们认为 SNARC 效应的产生源于工作记忆中暂时形成的顺序表征。这种表征被称为序列位置效应，它帮助我们更好地理解记忆信息。

然而，一些学者对工作记忆理论的观点提出了质疑，他们认为 SNARC 效应的产生不仅仅依赖于工作记忆中存储的序列位置，还受到其他因素的干扰。一些实验发现，在任务转换范式中，当被试仅需对记忆中的数字进行判断时，除了存在序列位置效应外，SNARC 效应也同时出现(Ginsburg & Gevers, 2015)。这表明 SNARC 效应是数字与空间的长时记忆联系，而序列位置效应则是数字的位置与空间的短时记忆暂时联系。因此，工作记忆理论无法完全解释 SNARC 效应产生的原因。

尽管工作记忆理论并不完全正确，但其仍具有启发性意义。它能部分地解释顺序信息在 SNARC 效应中的优势，并解释了一些心理数字线假设无法解释的现象，如字母、月份等不含数量信息、仅含顺序信息的刺激材料也会产生类似 SNARC 效应的结果(Gevers et al., 2003)。

4.3. 大脑偏侧化理论

根据偏侧化理论，研究者认为人类大脑对空间和数量加工的方式与左右脑半球之间的功能特化有关。左半球主要与语言和序列处理(王潇等, 2020)相关，而右半球更专注于空间和整体处理(张玥等, 2022)。Fias 等(2001)的研究发现，患有右脑半球损伤的患者在数字大小比较任务中表现出了更大的障碍，这可能与右脑半球在加工空间和数量信息方面的特化有关。Felisatti 等(2020)提出数字空间联结的生物学机制，即视觉模式中包含较少/多元素的空间频率会优先占用右/左大脑半球，引起左/右行为偏差，这一机制在新生儿中得到验证。根据这一机制，可以解释 SNARC 效应，因为大脑的半球之间存在交叉连接，左手与右半球连接，右手与左半球连接。这会导致左手(与右半球连接)对较大数字的反应时间更短，而右手(与左半球连接)对较小数字的反应时间更短。

总的来说，偏侧化理论提供了解释 SNARC 效应的一个可能机制，即数字的顺序信息与右脑半球的活动相关联。神经影像学研究通过使用功能磁共振成像(fMRI)和脑电图(EEG)等技术，揭示了 SNARC 效应与特定脑区的活动相关。这些脑区包括背外侧前额叶皮质、顶叶、顶下回、背侧顶叶等，这些区域被认为参与了空间、注意和数字加工(路浩, 周新林, 2012)。陈运飞(2019)做的一项 ERP 研究中发现，对空间识别有重要作用的脑区为顶叶脑区，加工过程中出现了单侧化优势，尤其是左顶叶对大数字的加工有重要作用，并且潜伏期较短，右顶叶对小数字的加工有重要作用，且潜伏期较长。此外，神经可塑性也

可能在 SNARC 效应的形成中发挥作用。长期的数字训练和经验可能导致大脑中的神经网络和连接方式的改变, 进而影响 SNARC 效应的表现。

5. 总结与展望

5.1. 总结

纵观所有 SNARC 效应方面的研究, 刺激材料带有的数量信息只能解释以数字为刺激的 SNARC 效应, 而顺序信息可以解释的范围更大。研究者通过使用具有特殊顺序信息的材料来研究 SNARC 效应, 并发现较于数量信息, 顺序信息更具有优势。在顺序相关的任务情境下, 被试往往会将目标刺激的顺序位置与参考中点的顺序位置进行比较, 该参考中点的存在促进了顺序相关机制的激活, 并引导被试将刺激分类为参考中点之前或之后的位置, 而刺激自身所带的数量信息似乎并不是关键因素, 刺激的顺序属性本身就足以完成任务。

具身认知理论探讨了生理体验与心理状态之间的联系, 指出数字大小可能与一个虚拟的空间线相关联, 影响我们的认知。工作记忆理论认为数字与空间联系是暂时的工作记忆表征, 但并不能完全解释 SNARC 效应。偏侧化理论则将数字的顺序信息与右脑半球的活动相关联, 认为大脑半球的功能特化与空间和数量加工方式有关。综合而言, 具身认知、工作记忆和偏侧化理论为解释 SNARC 效应提供了多重视角。这些理论共同构建了对数字与空间关系复杂性的深刻理解。

5.2. 展望

顺序信息在 SNARC 效应中扮演着重要的角色, 但是关于顺序信息的加工方面仍有许多方面需要深入探索, 以更好地理解其神经机制。未来的研究可以致力于探索顺序信息在不同认知任务中的加工过程, 如注意、决策和推理等。此外, 结合神经影像技术, 如功能磁共振成像(fMRI)和脑电图(EEG), 可以揭示顺序信息加工涉及的脑区和神经网络, 进一步揭示其神经机制。此外, 研究者还可以考虑使用更多种类的刺激材料, 探索不同类型的顺序信息对 SNARC 效应的影响, 例如时间、空间和事件的顺序等。这将有助于我们更全面地理解顺序加工在认知过程中的作用和影响。

总之, 对于顺序信息加工的研究仍有很多待解决的问题, 需要进一步的研究探索 SNARC 效应中顺序信息加工的详细机制, 并结合神经科学的方法和实验设计, 以更好地理解顺序信息在认知过程中的作用和影响。这样的研究努力将有助于揭示 SNARC 效应产生的底层机制, 并为我们对人类数字加工和空间-数量关联的理解提供更全面的视角。

参考文献

- 陈运飞(2019). *身体表征与空间表征对 SNARC 效应的影响*. 硕士学位论文, 郑州: 郑州大学.
- 戴隆农, 潘运(2021). 数字-空间联结的内在机制: 基于工作记忆的视角. *心理科学*, 44(4), 793-799.
- 韩明, 卢忠凤(2016). 顺序信息对 SNARC 效应的影响: 基于官职等级数的研究. *成都师范学院学报*, 32(1), 45-48.
- 胡林成, 熊哲宏(2016). 符号数量和非符号数量的空间表征: 5 岁儿童的 SNARC 效应和距离效应. *心理科学*, 39(2), 364-370.
- 金桂春, 王强强, 王有智, 吴彦文(2016). 数字 SNARC 效应中大小和顺序信息的分离. *心理与行为研究*, 14(2), 228-233, 246.
- 路浩, 周新林(2012). 数学认知与学习的脑科学研究进展及其教育启示. *教育学报*, (4), 62-69.
- 潘运, 沈德立, 王杰(2009). 不同注意提示线索条件下汉字数字加工的 SNARC 效应. *心理与行为研究*, 7(1), 21-26.
- 王淑恒(2019). *新习得数量信息和顺序信息在空间数字一致性效应中的作用*. 硕士学位论文, 武汉: 华中师范大学.
- 王潇, 吴国榕, 吴欣然, 邱江, 陈红(2020). 语言功能偏侧化及其与利手、功能连接的关系. *心理科学进展*, 28(5),

778-789.

- 叶浩生(2010). 具身认知:认知心理学的新取向. *心理科学进展*, 18(5), 705-710.
- 张玥, 赵光, 何蔚祺, 胡中华(2022). 视觉空间伪忽视与表征伪忽视神经机制的异同. *心理科学*, 45(6), 1500-1507.
- 周玉(2013). *顺序及数量特性对SNARC效应的影响*. 硕士学位论文, 苏州: 苏州大学.
- Bächtold, D., Baumüller, M., & Brugger, P. (1998). Stimulus-Response Compatibility in Representational Space. *Neuropsychologia*, 36, 731-735. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(98\)00002-5](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(98)00002-5)
- Badets, A., & Pesenti, M. (2010). Creating Number Semantics through Finger Movement Perception. *Cognition*, 115, 46-53. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2009.11.007>
- Badets, A., Bouquet, C. A., François, R., & Mauro, P. (2012). Number Generation Bias after Action Observation. *Experimental Brain Research*, 221, 43-49. <https://doi.org/10.1007/s00221-012-3145-1>
- 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>
- Dehaene, S., Dupoux, E., & Mehler, J. (1990). Is Numerical Comparison Digital? Analogical and Symbolic Effects in Two-Digit Number Comparison. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16, 626-641. <https://doi.org/10.1037//0096-1523.16.3.626>
- Felisatti, A., Laubrock, J., Shaki, S., & Fischer, M. H. (2020). A Biological Foundation for Spatial-Numerical Associations: The Brain's Asymmetric Frequency Tuning. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1477, 44-53. <https://doi.org/10.1111/nyas.14418>
- Fias, W., Lauwereyns, J., & Lammertyn, J. (2001). Irrelevant Digits Affect Feature-Based Attention Depending on the Overlap of Neural Circuits. *Cognitive Brain Research*, 12, 415-423. [https://doi.org/10.1016/S0926-6410\(01\)00078-7](https://doi.org/10.1016/S0926-6410(01)00078-7)
- Fischer, M. H. (2008). Finger Counting Habits Modulate Spatial-Numerical Associations. *Cortex*, 44, 386-392. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2007.08.004>
- Galton, F. (1880). Visualised Numerals. *Nature*, 21, 252-256. <https://doi.org/10.1038/021252a0>
- Gevers, W., Reynvoet, B., & Fias, W. (2003). The Mental Representation of Ordinal Sequences Is Spatially Organized. *Cognition*, 87, B87-B95. [https://doi.org/10.1016/S0010-0277\(02\)00234-2](https://doi.org/10.1016/S0010-0277(02)00234-2)
- Ginsburg, V., Van Dijck, J. P., Previtali, P., Fias, W., & Gevers, W. (2014). The Impact of Verbal Working Memory on Number-Space Associations. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 40, 976-986. <https://doi.org/10.1037/a0036378>
- Galfano, G., Elena, R., & Carlo, U. (2006). Number Magnitude Orients Attention, But Not against One's Will. *Psychonomic Bulletin & Review*, 13, 869-874. <https://doi.org/10.3758/BF03194011>
- Hans-Christoph, N., Guilherme, W., & 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>
- Marc, O., Julio, S., Ziv, I., & Shai, G. (2010). Is the Future the Right Time? *Experimental Psychology*, 57, 308-314. <https://doi.org/10.1027/1618-3169/a000036>
- Orly, F., & Lera, B. (2010). Cross-Cultural Differences in Mental Representations of Time: Evidence from an Implicit Non-linguistic Task. *Cognitive Science*, 34, 1430-1451. <https://doi.org/10.1111/j.1551-6709.2010.01105.x>
- Ruiz, F. S., Rahona, J. J., Hervás, G., Vázquez, C., & Ulrich, R. (2010). Number Magnitude Determines Gaze Direction: Spatial—Numerical Association in a Free-Choice Task. *Cortex*, 47, 617-620. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2010.10.006>
- Shaki, S., & Fisher, M. H. (2012). Multiple Spatial Mappings in Numerical Cognition. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 38, 804-809. <https://doi.org/10.1037/a0027562>
- Prpic, V., Antonia, F., Tommaso Matteo, D., Riccardo, L., Mauro, M., & Tiziano, A. (2016). Separate Mechanisms for Magnitude 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>
- 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>
- Ginsburg, V., & Gevers, W. (2015). Spatial Coding of Ordinal Information in Short- and Long-Term Memory. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, Article 111389. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00008>
- Wim, F., & van Dijck, J. P. (2016). The Temporary Nature of Number-Space Interactions. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue Canadienne de Psychologie Experimentale*, 70, 33-40. <https://doi.org/10.1037/cep0000071>
- Wim, G., Tom, V., Bert, R., Bernie, C., & Wim, F. (2006). Numbers and Space: A Computational Model of the SNARC Effect. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 32, 32-44.

<https://doi.org/10.1037/0096-1523.32.1.32>

Zhao, H., Chen, C., Zhang, H., Zhou, X., & Mei, L. (2012). Is Order the Defining Feature of Magnitude Representation? An ERP Study on Learning Numerical Magnitude and Spatial Order of Artificial Symbols. *PLOS ONE*, *11*, e49565.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0049565>