

持续注意相关概念及其研究方法

郭凯凯

天津师范大学, 天津

收稿日期: 2022年7月20日; 录用日期: 2022年8月22日; 发布日期: 2022年8月29日

摘要

目前持续注意的定义存在与其他词混用的情况, 为了给持续注意提出一个合适的定义, 本文首先回顾了相关研究中的定义。由于之前的定义包含了警惕性和警觉等术语, 我们也讨论了这些概念以便更好区分。本研究将持续注意定义为“在一段时间(10秒~几十分钟)里, 个体对任务刺激保持高度集中且不被其他刺激干扰影响的能力”。其次, 总结了持续注意的研究方法。不仅包含较为主流的范式, 也介绍了近10年来开发的新范式。

关键词

持续注意, 警惕性, 警觉, 范式

Related Concepts and Research Method of Sustained Attention

Kaikai Guo

Tianjin Normal University, Tianjin

Received: Jul. 20th, 2022; accepted: Aug. 22nd, 2022; published: Aug. 29th, 2022

Abstract

The definition of sustained attention is mixed with other words. In order to put forward an appropriate definition of sustained attention, this paper first reviews the definitions in relevant studies; since the previous definition includes the terms vigilance and alertness, we also discussed these concepts to better distinguish. In this study, sustained attention is defined as “the ability of an individual to maintain a high concentration of task stimuli and not be disturbed by other stimuli for a period of time (10 seconds to dozens of minutes)”. Secondly, it summarizes the research methods of sustained attention. It not only includes the more mainstream paradigm, but also introduces the new paradigm developed in the past 10 years.

Keywords

Sustained Attention, Vigilance, Alertness, Paradigm

Copyright © 2022 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

日常生活中持续注意的下降可能会导致一些行动上的失误。例如，走路时撞上电线杆，或者是没有把右手的垃圾袋扔进垃圾桶，反而将左手的手机扔了进去。这种失误的原因是没有对这些简单的任务给予足够的重视，即未能保持足够的专注。多数情况下，这样的失误可以被发现弥补，然而有时，持续注意下降可能会造成危及生命的后果，例如当司机没有意识到红灯时，再或是巡逻者错过入侵的信号时。鉴于其对生活和工作的重要性，持续注意的下降需要被量化测量，这首先要要求一个准确的定义。不同的概念可能造成混乱，难以寻找持续注意下降背后的机制原因。然而，目前的研究中对持续注意(Sustained Attention)的定义十分混乱，警惕性(Vigilance)，警觉(Alertness)，注意的稳定性(Stability of Attention)等都被指代为持续注意过。我们回顾了部分文献，试图得出一个较为准确的定义并且总结了相应的研究方法。

2. 持续注意的定义

持续注意的研究中经常会看到警觉和警惕性被作为持续注意的同义词使用。使用这些词的任何一个都说明了不同科学领域对持续注意的解释和量化的差异。这种名称的混淆使用表明，对这些词概念的区分仍不明确。在尝试给持续注意下一个准确定义之前，思考警惕性，警觉与持续注意的关系是至关重要的。

2.1. 警觉

警觉被定义为对精神状态的定量描述，其特征是对到来的刺激敏感[1]。这些刺激可以是来自外部或内部的。根据这个定义，任何能测量刺激是否被处理的方法都可以用来量化警觉。包括基本的神经生理学测量，如事件相关电位，注意力任务等。警觉分为紧张性(涉及随时间缓慢波动的内在方面)和阶段性警觉(变化更快的刺激调节方面) [2]。“紧张性警觉”，有时称为内在警觉，Oken 等人认为其为持续注意或警惕性的同义词[3]。

但警觉等同于警惕性吗？一些研究者似乎是这样认为的，表现在大量使用诸如“保持警惕或警觉状态”类似的叙述[4]。另一些人认为警觉是一个定量的衡量标准，而警惕性是指保持足够高水平的警觉的能力，即保持一个高于阈值的警觉水平，以检测环境中不可预测的变化[5]。本文的观点同后者一样。

同样，警觉也不能等同于持续注意。警觉是没有方向这一特性的，而注意力是有明确方向的。换句话说，警觉对应着对不可预测的外来刺激的潜在敏感性，而注意力则指的是对某种刺激的明确关注。

2.2. 警惕性

睡眠医学领域中已经对警惕性的概念进行了详细的界定，将警惕性定义为“意识到自身环境中潜在的、不可预测的变化的能力，包括数量维度、时间维度以及足够的警觉水平” [1]。文章中还强调了警惕

性不等同于持续注意。持续注意是针对某事的，而警惕性意味着对任何可能的、相关的新情况保持警惕，即它不需要特定的焦点。把注意力限制在任务上，而不是把它分开的能力，是注意力本身的一个方面，而不是警惕性的一个方面。注意力缺陷多动症(ADHD)和嗜睡症说明了这种差异。ADHD 包括由于缺乏对任务的持续专注而增加的注意力分散，即缺乏持续的注意力，而嗜睡症包括一种不管方向如何，警惕性都受损的障碍。这种区别还反映在这些疾病之间解剖上的差异。注意力障碍主要是前额皮质、尾状核和小脑的功能障碍，并且主要依赖于多巴胺能和去甲肾上腺素能神经递质系统。相比之下，警惕性障碍嗜睡症是由下丘脑下视黄醇细胞损失引起的，对单胺能系统有更广泛的影响。

值得注意的是，保持注意力的能力意味着保持警惕的能力。相反的情况不一定是正确的：无法保持注意力也可能是因为无法正确引导注意力或无法忽略分散注意力的刺激。在这种情况下，警觉和警惕性不受影响。虽然目前测量警惕性的方法实际上常常是对持续注意的测量。但由于关注点的不同，研究中并不能将二者等同。

2.3. 持续注意

Posner 等人提出了注意网络模型，假设注意力由三个成分组成[4]：第一，注意的定向功能；其次，执行控制能力；第三，准备和保持处理高优先级信号的警觉的能力。后一种功能，也被称为持续注意，被一些人与警惕性互换使用[6]。彭聃龄将其定义为“注意在一定时间内保持在某个目标刺激或活动上，又称注意的稳定性”。Robertson 等人将其总结为在一个重复的、不活跃的、几乎没有外部刺激的环境中保持目标导向的专注的能力[7]。Stuss 等人将持续注意定义为一种执行控制形式[8]，包括监控与任务相关的大脑区域的激活，在激活区域较低时重新激活区域，以及在不相关的大脑区域被不当选择时抑制它们。

随着研究的深入，越来越多的证据表明持续注意并不是一个单一的成分，而是多个脑区共同协作的结果[9]。这一点从持续注意定义的变化中也可以看出来，最初是与警惕性混用[7]，只存在维持功能，到逐渐拓展包含了抑制能力[10]，再就是注意控制能力，其概念是不断丰富的。当然警觉和警惕性也作为持续注意的成分被包含其中[11]。因此，持续注意不仅是给注意力的定义增加了一个时间因素，还包含着注意资源的分配能力，是注意控制的核心。在持续注意研究发展至今的当下，定义再与警惕性混用则会带来许多问题。

通过总结前人的文献发现，虽然众研究者对持续注意的定义叙述方式有所不同，但都将重点放在“时间性”“目的性”“持续性”以及“抗干扰性”上，因此本文将持续注意定义为“在一段时间(10 秒~几十分钟)里，个体对任务刺激保持高度集中且不被其他刺激干扰影响的能力”。

3. 持续注意的研究方法

持续注意任务通常是简单任务，保持注意在一件单调事情上要比在一件难度虽高但有趣的事情上要困难得多[12]。根据定义，持续注意任务首先需要维持一定的时间，有研究发现持续注意在 4 分钟左右就出现了下降，因此时间的设置很关键。其次，需要在这段时间内，维持刺激处理的过程。这种“刺激处理”包含对刺激的简单检测或辨别。部分研究者认为持续注意的测量不应包括“更高层次”的注意力或执行功能，如空间定向、抗干扰、注意力分配或在几个反应之间进行选择。但随着持续注意定义的拓展，大部分研究将以上几种能力都纳入了进来。因此本文中总结的部分范式存在“更高层次”能力的探查。Shallice 等人总结了注意保持过程的四个监督系统流程，分别是监控任务模式的激活水平；重新激活(“激励”)任务模式；抑制冲突以及监控调整行为[13]。因此，范式探查的持续注意是由符合相当简单的任务模式的刺激触发(“自下而上”)与常规处理和监督系统(“自上而下”)调节的组合支持的，这有助于相关模式的反复执行。这规定了范式的内容。

3.1. 警戒任务

典型的警戒任务以对目标刺激的连续探测任务为主,这类范式任务中呈现的所有刺激均为目标刺激,任务中被试也只需做出一种反应,即对探测到的目标进行反应。唯一不确定的是目标刺激出现的确切时间。这类任务测量持续注意中的一个方面,即对意外刺激的快速反应,也被称为“内在警觉”(Intrinsic Alertness)。

精神警戒任务(Psychomotor Vigilance Task, PVT)是警戒类任务中应用最为广泛的范式之一[14],该范式具有操作简单,学习效应小,受个体差异影响小,能够很好的减少被试间差异等优点。任务中,被试首先会看到一排零,然后要求被试发现数字开始计数时(像秒表一样),尽快按键。并且,为了避免形成预期,这一排零会随机从它们出现后的2到10秒之间开始计数。因此,被试必须保持高水平的准备状态,以快速检测信号的出现,并在信号出现时按下相应的按键。由于该范式是一种对睡眠剥夺极为敏感的高负荷反应时测试,因此在睡眠对持续注意影响领域中发挥了重要作用[15]。

3.2. CPT 范式

CPT (Continuous Performance Test)范式是在警戒任务的基础上发展而来的,由Rosvold等人于1956年首创[16]。Rosvold等人设计了两种CPT任务,X-CPT和AX-CPT任务。

3.2.1. X-CPT 范式

X-CPT范式发展自警戒任务,因此与警戒任务具有不少相同的部分。两者都是对不常出现的目标刺激做反应,而且任务持续时间都在15分钟以上,因此需要保持高水平的准备状态。不同之处则在于警戒任务中,呈现的刺激只有一种,即目标刺激,被试检测到目标刺激,随后尽快做出反应。而在X-CPT范式中,呈现的刺激有两种,目标和非目标刺激,目标刺激出现概率低,刺激呈现的时间间隔较短(小于1s)。任务执行过程中,需要被试辨别目标和非目标刺激,并对目标刺激做出反应,因此,相比于警戒任务,个体在执行X-CPT范式时,刺激的加工过程增加了辨别过程。在X-CPT任务中,刺激材料大多为数字、字母、图形。如每次呈现数字“0”~“9”中的一个,目标刺激为“7”。

3.2.2. AX-CPT 范式

AX-CPT范式为X-CPT范式的变式,在任务的绝大多数设置上与X-CPT一致。唯一的区别在于刺激出现之前会先呈现线索刺激。线索刺激决定了被试是否对之后呈现的刺激作出反应。具体而言,线索分为目标线索(例如字母A)和非目标线索(例如字母B)两种。只有目标线索A之后呈现的目标刺激需要被试反应,其他情况下皆不需要反应。相比于X-CPT而言,AX-CPT是一种更为困难的任务,对线索的判断增加了认知负荷[9]。

CPT范式十分适合测量持续注意,然而由于较少对行为进行采样(较少的按键反应被长时间的无反应所分隔),该类范式很难获得“反应时变异”的数据(可用试次较少),且需要更长的耗时才能满足研究持续注意神经机制的要求。因此,在之后的一段时间中,具有更频繁地采样行为的持续表现任务“SART (NOT X-CPTs)”被开发出来。

3.3. RSVP 范式

RSVP (Rapid Serial Visual Presentation)范式即快速序列视觉呈现范式。正如其名,该范式中刺激呈现的时间很短,而且刺激会不断的出现。RSVP任务主要是关于数字流的任务:屏幕上每次只出现一个数字,每个数字出现的时间很短。这些不断出现的数字流中,存在一些目标刺激。被试一旦看到目标刺激时,需要又快又准地对刺激进行反应。虽然RSVP范式起源于对注意瞬脱现象的研究,但由于可以测查

被试在长时间集中注意力的情况下，对连续出现的刺激流的反应时和目标刺激物反应的概率。所以也被应用于持续注意的研究中。

Demeter 在研究中使用了改编的 RSVP 任务探查短暂呈现的干扰物对持续注意的影响[17]：屏幕上快速呈现字符。被试只要看到目标数字，就按下手中的按键。虽然该任务被试只需要做判断反应，但由于刺激快速的呈现(150 ms)，就认知负荷而言，对认知资源需求更大。

3.4. SART 范式

SART (Sustained Attention to Response Task)范式也叫做 NOTX-CPT 范式。先前介绍的范式，目标刺激的呈现频率较低。而在 SART 范式中，被试被要求对出现频率高的目标刺激做出反应，对少见的非目标刺激做抑制反应[18]。任务持续时间也比 X-CPT 短，一般在 3~4 分钟。在实验过程中，显示器一次只会呈现一个数字，数字为 0~9 中的任意一个。要求被试只要看到数字出现就快速按下空格键，除了非靶刺激“3”出现时，即看到数字非靶刺激不做按键反应，这考察了被试的反应抑制能力。

该类范式的优势在于频繁的反应满足了对反应时变异的探查，可以看到注意的微小波动。缺点在于不一定总能看到持续注意的下降，甚至可能出现练习的促进效应[19]。这可能与任务的时间较短以及刺激的突然出现吸引了个体的外部注意有关。任务中的试验伴随着突然的视觉启动会从外部捕获注意力，并减少对内源性的保持注意力的需求[20]。对此，Esterman 开发了渐进式的持续表现任务(Gradual onset Continuous Performance Task, GradCPT)使上述缺陷得到改善[21]。

3.5. GradCPT 范式

持续注意系统的有效运行是成比例地波动的[18]，表现为持续注意时时刻刻的波动。GradCPT 是为研究持续注意波动所开发的范式。该实验的实验材料为山景照片和城市景照片。为了避免突然的视觉启动对被试产生影响，场景图像的变换采用逐像素线性插值的方法从一个逐渐过渡到下一个。在实验中，会随机呈现山景与城市景照片，被试要对城市场景进行按键反应，对山景做出抑制反应。其中按键反应所占的比例为 9:1。

实验对反应时、反应时变异以及准确性等常用的指标进行了测量，其核心指标为个体内反应时变异(Intra-Individual Variability of Reaction Time, RT-IIV)，即在任务的过程中，个体反应时的变化。个体内反应时变异被广泛认为是持续注意的重要指标，代表了持续注意的波动[22]。依据反应时变异的阶段性变化，研究者还提出了“区域内”“区域外”等概念以望区分出持续注意期间存在的高专注时期以及次专注时期。这为持续注意波动的研究提供了新的思路。

3.6. 持续实时指压反馈范式

在持续实时指压反馈(real-time finger force feedback)实验中，被试需要在数分钟或数十分钟内对压力传感器进行持续地按压，按压的力度被要求维持在一个固定水平，在此期间被试可以通过电脑屏幕看到自己实时的手指压力数据，以便调整手指压力，使其维持在固定水平，因此被试需要保持时刻专注，不存在状态的切换[23]。

在持续实时指压反馈范式中，董等人为持续注意的研究提供了新的指标——反应时低频振荡。虽然反应时变异或者标准差是目前测量持续注意常用的行为指标。可是它也有一定的不足，它们只能反映被试一段时间内反应时总体的变异，不含有节律信息，无法提供变异的周期信息，反应时低频振荡则弥补了这一信息缺陷[24]。目前持续实时指压反馈范式应用成果较少，该范式仍需要进行推广使用。

4. 总结

持续注意是指在相对较长的时间中将注意力保持在当前任务的能力，它反应了注意的稳定性。持续

注意不仅反映个体注意焦点的维持,在一定时间内保持对目标警觉的能力,也体现了对注意资源有效分配的能力。持续注意是进行认知加工,完成日常生活任务所必备的能力,是一般认知能力和日常生活技能的基础[25]。

本文对持续注意相关概念进行了探讨,旨在理清持续注意,警惕性和警觉之间的关系。概念的梳理有助于对持续注意神经机制的进一步探索。持续注意并不是一个单一的成分,警觉和警惕性都是持续注意的成分之一。不同成分的损伤会产生不同的病症,虽然可能在表现形式上都被判定为持续注意力的缺陷,但大脑受损的部分可能并不相同。

本文还对持续注意的部分研究范式进行了总结,对警戒任务、RSVP 范式、CPT 范式及其变式等进行了介绍。目前,GradCPT 范式和持续实时指压反馈范式为相对较新的范式,对传统范式中的缺陷给出了自己的解决方式,目的都是为了进一步探查持续注意的神经机制。虽说目前应用程度并没有其他范式高,但也取得了一定的研究成果[26] [27] [28] [29] [30]。方法应当服务于研究目的,随着研究的深入细分,掌握了解各个方法的优劣,选择合适的方法至关重要。

参考文献

- [1] van Schie, M.K., Lammers, G.J., Fronczek, R., Middelkoop, H.A. and van Dijk, J.G. (2021) Vigilance: Discussion of Related Concepts and Proposal for a Definition. *Sleep Medicine*, **83**, 175-181. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2021.04.038>
- [2] Schmidt, C., Collette, F., Cajochen, C. and Peigneux, P. (2007) A Time to Think: Circadian Rhythms in Human Cognition. *Cognitive Neuropsychology*, **24**, 755-789. <https://doi.org/10.1080/02643290701754158>
- [3] Oken, B.S, Salinsky, M.C. and Elsas, S.M. (2006) Vigilance, Alertness, or Sustained Attention: Physiological Basis and Measurement. *Clinical Neurophysiology*, **117**, 1885-901. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2006.01.017>
- [4] Posner, M.I. and Petersen, S.E. (1990) The Attention System of the Human Brain. *Annual Review of Neuroscience*, **13**, 25-42. <https://doi.org/10.1146/annurev.ne.13.030190.000325>
- [5] MacLean, K.A., Aichele, S.R., Bridwell, D.A., Mangun, G.R., Wojculik, E. and Saron, C.D. (2009) Interactions between Endogenous and Exogenous Attention during Vigilance. *Attention, Perception, & Psychophysics*, **71**, 1042-1058. <https://doi.org/10.3758/APP.71.5.1042>
- [6] Parasuraman R. and Warm J.S. and See, J.E. (1998) Brain Systems of Vigilance: The Attentive Brain. The MIT Press, Cambridge, 221-256.
- [7] Robertson, I.H. and Garavan, H. (2004) Vigilant Attention. In: Gazzaniga, M., Ed., *The cognitive Neurosciences*, 3rd Edition, Bradford Books, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 631-640.
- [8] Stuss, D.T., Shallice, T. and Alexander MP. (1995) A Multidisciplinary Approach to Anterior Attentional Functions. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **769**, 191-212. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1995.tb38140.x>
- [9] Langner, R. and Eickhoff, S.B. (2013) Sustaining Attention to Simple Tasks: A Meta-Analytic Review of the Neural Mechanisms of Vigilant Attention. *Psychological Bulletin*, **139**, 870-900. <https://doi.org/10.1037/a0030694>
- [10] 彭聃龄. 普通心理学[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2012.
- [11] Mackworth, N.H. (1948) The Breakdown of Vigilance during Prolonged Visual Search. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **1**, 6-21. <https://doi.org/10.1080/17470214808416738>
- [12] Robertson, I.H. and O'Connell, R.G. (2010) Vigilant Attention. In: Nobre, A.C. and Coull, J.T., Eds., *Attention and time*, Oxford University Press, Oxford, 79-88. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199563456.003.0006>
- [13] Shallice, T., Stuss, D. T., Alexander, M. P., Picton, T.W. and Derkzen, D. (2008) The Multiple Dimensions of Sustained Attention. *Cortex*, **44**, 794-805. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2007.04.002>
- [14] Dinges, D.F. and Powell, J.W. (1985) Microcomputer Analyses of Performance on a Portable, Simple Visual RT Task during Sustained Operations. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, **17**, 652-655. <https://doi.org/10.3758/BF03200977>
- [15] Lim, J. and Dinges, D.F. (2008) Sleep Deprivation and Vigilant Attention. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **1129**, 305-322. <https://doi.org/10.1196/annals.1417.002>
- [16] Rosvold, H.E., Mirsky, A.F., Sarason, I., Bransome Jr., E.D. and Beck, L.H. (1956) A Continuous Performance Test of Brain Damage. *Journal of Consulting Psychology*, **20**, 343-350. <https://doi.org/10.1037/h0043220>

- [17] Demeter, E. and Woldorff, M.G. (2016) Transient Distraction and Attentional Control during a Sustained Selective Attention Task. *Journal of Cognitive Neuroscience*, **28**, 935-947. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00949
- [18] Robertson, I.H., Manly, T., Andrade, J., Baddeleya, B.T. and Yienda, J. (1997) 'Oops!': Performance Correlates of Everyday Attentional Failures in Traumatic Brain Injured and Normal Subjects. *Neuropsychologia*, **35**, 747-758. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(97\)00015-8](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(97)00015-8)
- [19] Helton, W.S. and Russell, P.N. (2011) Feature Absence-Presence and Two Theories of Lapses of Sustained Attention. *Psychological Research*, **75**, 384-392. <https://doi.org/10.1007/s00426-010-0316-1>
- [20] Sturm, W. and Willmes, K. (2001) On the Functional Neuroanatomy of Intrinsic and Phasic Alertness. *NeuroImage*, **14**, S76-S84. <https://doi.org/10.1006/nimg.2001.0839>
- [21] Esterman, M., Noonan, S.K., Rosenberg, M. and DeGutis, J. (2013) In the Zone or Zoning Out? Tracking Behavioral and Neural Fluctuations during Sustained Attention. *Cerebral Cortex*, **23**, 2712-2723. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhs261>
- [22] Klein, C., Wendling, K., Huettner, P., Ruder, H. and Peper, M. (2006) Intra-Subject Variability in Attention-Deficit Hyperactivity Disorder. *Biological Psychiatry*, **60**, 1088-1097. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2006.04.003>
- [23] Dong, Z.Y., Liu, D.Q., Wang, J., Qing, Z., Zang, Z.-X., Yan, C.-G., *et al.* (2012) Low-Frequency Fluctuation in Continuous Real-Time Feedback of Finger Force: A New Paradigm for Sustained Attention. *Neuroscience Bulletin*, **28**, 456-467. <https://doi.org/10.1007/s12264-012-1254-2>
- [24] Castellanos, F.X., Sonuga-Barke, E.J.S., Scheres, A., Martino, A.D., Hyde, C. and Walters, J.R. (2005) Varieties of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder-Related Intra-Individual Variability. *Biological Psychiatry*, **57**, 1416-1423. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2004.12.005>
- [25] Bastiaansen, J.A., Roon, A.M. van, Buitelaar, J.K. and Oldehinkel, A.J. (2015) Mental Health Problems Are Associated with Low-Frequency Fluctuations in Reaction Time in a Large General Population Sample. The TRAILS study. *European Psychiatry*, **30**, 347-353. <https://doi.org/10.1016/j.eurpsy.2014.03.005>
- [26] Esterman, M., Grosso, M., Liu, G., Mitko, A., Morris, R., DeGutis, J. and Chelazzi, L. (2016) Anticipation of Monetary Reward Can Attenuate the Vigilance Decrement. *PLOS ONE*, **11**, Article ID: e0159741. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159741>
- [27] Esterman, M., Liu, G., Okabe, H., Reagan, A., Thai, M. and DeGutis, J. (2015) Frontal Eye Field Involvement in Sustaining Visual Attention: Evidence from Transcranial Magnetic Stimulation. *NeuroImage*, **111**, 542-548. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.01.044>
- [28] Esterman, M., Poole, V., Liu, G. and DeGutis, J. (2016) Modulating Reward Induces Differential Neurocognitive Approaches to Sustained Attention. *Cerebral Cortex*, **27**, 4022-4032. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhw214>
- [29] Esterman, M. and Rothlein, D. (2019) Models of Sustained Attention. *Current Opinion in Psychology*, **29**, 174-180. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2019.03.005>
- [30] Zuberer, A., Kucyi, A., Yamashita, A., Wu, C.M. and Esterman, M. (2021) Integration and Segregation across Large-Scale Intrinsic Brain Networks as a Marker of Sustained Attention and Task-Unrelated Thought. *NeuroImage*, **229**, Article ID: 117610. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.117610>