

持续注意的影响因素及其干预方式

卢倩

天津师范大学, 天津

收稿日期: 2022年3月22日; 录用日期: 2022年4月13日; 发布日期: 2022年4月20日

摘要

持续注意是许多高级认知功能的基础, 注意力不集中会给我们带来有害的影响。本研究围绕“持续注意的影响因素及其干预方式”这一问题, 首先介绍了持续注意的内部和外部影响因素, 内部影响因素包括年龄、动机、睡眠、情绪等; 外部因素包括光、音乐等。其次介绍了持续注意的干预方式, 为维持日常注意功能提供了方法。最后介绍了持续注意研究中存在的问题和未来可能的研究方向, 为后续的研究提供一定的启发和借鉴。

关键词

持续注意, 警惕性, 动机, 冥想

Influencing Factors and Intervention Methods of Sustained Attention

Qian Lu

Tianjin Normal University, Tianjin

Received: Mar. 22nd, 2022; accepted: Apr. 13th, 2022; published: Apr. 20th, 2022

Abstract

Sustained attention is the basis of many advanced cognitive functions, and attention errors will bring us harmful effects. Focusing on the issue of “influencing factors and intervention methods of sustained attention”, this study first introduces the internal and external influencing factors of sustained attention, including age, motivation, sleep, emotion and so on; External factors include light, music, etc. Secondly, it introduces the intervention methods of continuous attention, which provides a method to maintain the daily attention function. Finally, it introduces the problems existing in the research of sustained attention and possible research directions in the future, so as to provide some inspiration and reference for follow-up research.

Keywords

Sustained Attention, Vigilance, Motivation, Meditation

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

在日常生活中，我们的许多日常行为需要长时间的持续专注，例如听讲座、开车、看书等，它们都要求随着时间的推移保持注意力。这种长时间专注于任务相关信息的能力称为持续注意力[1] [2]。持续注意是需要消耗认知资源的，并且在任务需求的限制下不能立即补充[3] [4] [5]，因此随着时间的推移，行为表现也会随之下降，这被称为警惕性下降。

研究表明，我们的持续注意力不是恒定的，而是在最佳和次最佳两个状态之间波动[6] [7] [8] [9] [10]，可能是由觉醒、环境压力和人体昼夜节律等因素造成的[11] [12]。这些波动尤其是在安全职业(如空中交通管制员、飞行员、运输安全人员、医疗专业人员)中引起重视，在这些职业中，注意力不集中会带来重大的安全风险[13] [14]。注意的动态性和注意失误可能产生的有害影响表明，需要研究影响警惕性下降的因素以及经验证的干预方式来维持日常注意功能。

因此本研究综合归纳前人的研究，重点围绕持续注意的影响因素及其干预方式等方面的相关研究进行评述，力求理清持续注意的相关研究思路，为维持持续注意功能提供启发。

2. 影响因素

影响持续性注意的因素主要包括以下两个方面：第一，内部因素，包括年龄、动机、睡眠、情绪等；第二，外部因素，包括光、音乐等。

2.1. 内部因素

2.1.1. 年龄

在不同年龄阶段，持续注意力的表现也是不同的，Fortenbaugh 等人[15]将整个生命周期内的持续注意力表现分解为能力和策略成分，持续注意能力是在童年和青年期发展起来的，直到 40 多岁才开始表现出与年龄相关的下降。策略和能力的轨迹明显不同，在 15 岁以后，随着年龄的增长，策略变得单调而保守。

一项元分析表明，老年人对 go 刺激的反应比年轻人慢，在对 nogo 刺激的正确抑制方面优于年轻人[16]，从自上而下加工的角度来说，一个可能的解释是老年人在执行任务时可能采取了更保守的反应策略，强调准确性而不是速度，而年轻人可能更重视反应速度，从而在对 nogo 刺激进行反应时更容易出错[15] [16] [17]。更受控的反应策略与多个区域的更高激活相关，其中前扣带皮层(ACC)和外侧前额叶皮层(PFC)起着关键作用。自上而下控制过程中这些区域的激活导致对相关任务信息的注意力增强。Staub 等人[18]研究表明，与年轻人相比，无论刺激类型如何，老年人对非目标的 P3 振幅较高，对额中央电极的 P2 振幅较高，这一结果表明在整个任务期间自上而下的注意力资源分配较高。

2.1.2. 动机

机会成本模型焦点在于认知努力是如何在奖励、评估或动机的基础上分配的，对动机的研究支持了

这个模型[6], 动机研究表明, 在持续注意的过程中, 当被试的内在动机更强时, 更积极、持续地投入注意力资源, 从而减少注意力波动[19] [20], 具体来说, 被试在有动机(有奖励)和无动机(无奖励)的交替组块中执行 GradCPT 任务, 结果表明, 在没有奖励的情况下, 被试表现得像“认知吝啬鬼”, 只在表现相对较差的时候, 即在区域外时期, 最大程度地使用注意力资源。而在有奖励的情况下, 被试会扮演“认知投资者”的角色, 不管表现如何, 都更积极、持续地投入注意力资源[19]。

以上研究证明动机可以通过增加努力来提高持续注意力, 然而被试以保持更长时间的警惕性为代价使奖励贬值, 也就是说任务的整体价值随着时间的推移而降低[21]。这可以解释为什么奖励操作提高了整体表现, 但是警惕性的降低不受影响[22]。Esterman 等人[23]的研究保持任务的整体价值不变, 具体来说, 被试如果正确抑制对某一个特定山景的反应, 并且对之前的城市场景反应, 就可以获得 18 美元的奖励, 结果证明在整个任务中保持动机不变能够随着时间的推移消除警惕性下降的现象。

目前的结果对提高持续注意力具有重要的理论和实践意义, 对于那些训练有素、持续时间相对较短的任务, 比如安检时检查行李、放射科医生阅读癌症扫描结果、检查护照, 可以通过一个不可预测的、即将到来的高奖励来减少表现下降[23]。

2.1.3. 睡眠

睡眠对生存至关重要, 但睡眠不足在现代社会中普遍存在。个人因工作压力、轮班工作或睡眠障碍而经历急性或慢性睡眠剥夺[24], 研究表明, 持续注意力受到睡眠剥夺的强烈影响, 主要表现为反应时变异增加[25], 反应时变异增加意味着出现过快或者过慢的反应, 这一结果可以用“衰退假说”解释, 该假说假设睡眠剥夺期间的表现会因短暂的觉醒下降而变差, 从而妨碍对任务的及时反应[26], 这导致了在睡眠剥夺期间, 整体反应时间延长。这一发现又引发了“状态不稳定假说”, 该假说假设睡眠剥夺使认知表现逐渐变得更加多变, 这是由于睡眠的稳态压力不断上升, 清醒的昼夜节律压力不断变化, 以及一个人持续表现的代偿努力相互作用的结果[27], 睡眠的稳态压力指的是通过在清醒时间内建立睡眠压力并在睡眠时间内消散该压力来平衡清醒时间和睡眠时间。清醒的昼夜节律压力指的是通过在下午和晚上产生清醒的压力, 并在晚上和清晨消除这种压力, 从而在白天产生清醒的生理驱动力, 在晚上睡觉(在人类和其他白天活动的物种中) [28]。当稳态压力上升时, 昼夜节律压力和代偿努力的相互作用导致了状态不稳定。这两个假说符合自上而下加工的解释。

然而在持续注意力任务中警惕性下降不能简单地从自上而下加工的角度来解释, 还要从自下而上加工来解释, “局部睡眠理论”假设睡眠可能在大脑中神经元/神经胶质组件的水平上局部表达, 如自下而上、使用依赖性的皮质柱[29], 该理论预测, 一方面睡眠剥夺对认知能力的影响受信息负荷的影响, 另一方面重复刺激相同的神经回路会在该回路中产生局部睡眠, 从而导致信息处理能力下降, 任务执行的可变性增加[30]。持续性注意力任务具有更高的刺激密度, 因此呈现更大的信息处理负荷, 持续参与相同的神经回路, 从而产生局部睡眠, 导致信息处理能力下降, 反应时变异增加。然而自下而上和自上而下加工的相互作用的具体情况仍有待实验证实。

2.1.4. 情绪

研究表明, 学习不良青少年的特征之一是存在注意缺陷[31] [32], 许多青少年的注意缺陷表现在持续注意上, Gorman [33]研究表明学习不良青少年也存在较为严重的情绪问题, 因此, 注意问题和情绪问题是学习不良青少年的两个比较典型的心理问题, 俞国良等人[34]研究情绪是否会影响学习不良青少年的持续性注意, 结果表明, 积极高唤醒的情绪能够提高判断标准, 降低虚报率, 消极高唤醒的情绪能够增加虚报率, 说明积极高唤醒能够增加被试的抑制能力, 消极高唤醒就会降低被试的抑制能力, 从而出现更多的错误反应。总之, 情绪能够影响注意过程, 并且消极情绪能够减少对认知活动的资源。

李驰和张力为[35]研究了状态焦虑对持续性注意的影响,其中自我损耗程度起调节作用,结果表明,处于较低水平自我损耗时,状态焦虑对持续注意没有影响;当处于较高水平自我损耗时,高状态焦虑会促进持续注意表现,研究说明无论是状态焦虑还是自我损耗,都有一体两面,适当水平的状态焦虑能促进持续注意表现,而适当的自我损耗能让被试更敏感知觉焦虑的动机作用,有利于更为全面理解焦虑和自我损耗的作用。

2.2. 外部因素

2.2.1. 光照

叶鸣[36]的研究表明,光照对人类的生理功能、工作效率、情绪状态以及记忆学习能力等都有影响。有益健康的照明环境可以减弱眼部疲劳、调节人体节律、改善人的情绪、提高工作效率。Viola 等人[37]研究了静态光对警觉性的影响,具体是比较了色温为 17,000 K 的蓝光增强的荧光灯白光与色温为 4000 K 的荧光灯白光对被试的作用,结果表明 17,000 K 的蓝光增强的荧光灯白光对被试的主观警觉度、专注度和任务表现都有所改善。大多数研究讨论的是静态光对警觉性的影响,只有少数研究讨论动态光对人类警觉性的影响,Kort 等人[38]研究了色温 2000 K 到 5000 K 之内,照度 450 K 到 750 K 之内变化的荧光灯动态光在工作日里长达 10 小时照射(8 点到 18 点)的作用,工作时间采取较高的色温和照度用来提高警觉度,用餐时间采用较低的照度和较暖的色温使被试更加放松,结果表明被试对动态光更加满意。

Zheng 等人[39]比较了动态光和静态光对警觉性与任务表现影响的差异,其中动态光的色温变化范围为 6000~12,000 K,色温变化周期分别为 4 h 和 2 h,静态光为 9000 K 和 6000 K,四种光环境下的照度均为 500 lux。结果表明,动态光下的警觉性更高。研究带来的启示是以后可以通过动态光的照明克服人们饭后疲倦,提高警觉性,改善我们的工作效率。

2.2.2. 音乐

过去几十年内,音乐与认知能力之间的关系越来越受到关注,听音乐可以让人“更聪明”,听音乐的被试会暂时提高意识和觉醒,导致在某些认知指标上表现得更强[40]。除了听音乐,还有人研究了音乐训练的效果,Schellenberg [41]认为音乐训练可以同时训练多种技能,包括注意力、精细动作技能、情感表达和抽象推理。有人[40]研究了在时间知觉上音乐家是否比非音乐家有着更高的持续注意能力,结果表明音乐家在基于时间分辨的持续注意力任务上的表现要优于非音乐家。

当今社会,驾车时听音乐已是非常普遍的现象,不同的理论认为音乐对驾驶警觉有不同的影响,唤醒理论认为,音乐能使驾驶员处于最佳唤醒水平,有利于维持驾驶警觉[42]。然而根据中枢容量有限理论,音乐使驾驶员分心,诱发警觉波动[43]。Hancock 和 Warm [44]提出了动态模型,将唤醒理论与中枢容量有限理论整合到一个框架中,阐明了音乐复杂性、驾驶情境要求及驾驶员个体差异对驾驶警觉的动态调节作用。Robert 和 Hockey [45]在动态模型的基础上,提出了补偿控制理论,强调驾驶员的自我调节是工作负荷实时动态平衡的关键,为车载音乐系统的开发提供了新视角[46]。

3. 持续注意力的干预

持续注意力在很大程度上影响着我们的生活质量,我们日常行为的很大一部分依赖于长期保持持续的注意力,比如参加考试、开车或写信[47],持续注意力可以通过训练进行提高。最常见的训练方式就是冥想,MacLean 等人[48]探讨了冥想提高持续性注意的潜在机制,结果表明,冥想会提高与知觉敏感度有关的视觉分辨率,减少目标分辨过程中所需要的认知资源,从而使持续性注意更容易。并且行为水平上的提升伴随着相应的电生理活动的变化,结果表明,冥想组 N2 波幅显著提高,P3 波幅显著降低,N2 波

幅提高表明被试提高了聚焦注意能力,能够更敏感地发现和抑制自动化地反应。P3 波幅降低表明被试识别客体所需要的注意资源减少。研究结果说明了冥想使认知资源分配更有效,从而提高了对注意的控制能力[49]。冥想训练周期比较长,通常需要几个月到几年的时间[50],所以很难激励被试长时间保持对冥想的兴趣,并且还会导致疲劳[51],最近的研究已经开始发展基于感觉运动模式的注意力训练范式。大量研究表明感觉和运动系统具有可塑性[52][53]。最近研究表明触觉训练可以提高持续注意力[54],该研究通过数学任务和 SART 任务测量触觉训练后的持续性注意,并且在 SART 任务期间进行脑电图记录,结果表明,触觉训练后,在数学任务中准确率显著提高,SART 任务中遗漏错误率显著降低,并且有更少的走神。事件相关电位分析表明训练后 P300 振幅显著增加,可能的解释是在训练后更有效地分配注意力资源[54]。触觉介导的注意力训练是一项跨学科研究,涉及触觉学、认知神经科学和心理生理学。使用触觉通道对任务中注意力的心理和神经机制的探索也可以促进对人类神经可塑性机制的理解[55]。

除了冥想和触觉训练,还有其他干预手段,包括动作视频游戏、认知训练游戏和神经反馈。先前研究表明,玩电子游戏可以增强视觉注意力和执行控制[56][57]。认知训练游戏是在通过重复执行游戏中嵌入的认知任务来提高被试的认知能力[58]。神经反馈是一种将当前的大脑活动转化为感觉反馈的技术,在神经反馈训练中,同时训练会激活持续注意网络和抑制默认模式网络,来提高持续注意力,这种新方法可能成为一种非侵入性和非药理学的工具来减轻神经病学和精神病学人群的注意力缺陷[59]。

4. 问题与展望

第一,影响持续性注意的因素有很多,虽然很多证据表明某些因素确实对持续性注意有影响,但是有些因素对持续性注意有独立影响,有些则是通过中介调节作用间接影响持续性注意,同时各个因素之间也存在着相互影响,这就导致我们无法精确探索它们在持续性注意过程中的具体作用。未来的研究可以将各个因素整合起来研究它们是如何共同影响持续性注意。并且,在研究基础上,可以建立持续性注意与各影响因素间的关系模型,通过关系模型可以更直观掌握各个因素是如何影响持续性注意的。并且通过探索各种潜在的影响机制,可以在临床上开发治疗伴有持续注意缺陷的临床疾病的新方法。

第二,持续注意力是其它许多认知功能的基础,而持续注意力缺陷与多种多样的特殊群体(如 ADHD、自闭症、抑郁症、创伤后应激障碍等)有关,未来可以将特殊人群与正常人群的持续性注意研究进行对比,以便对持续性注意的功能有更深入的理解。这些特殊人群的持续性注意缺陷还与神经功能的一系列变化有关,即持续性注意是由不同网络协同作用产生的,这也突出了支持持续性注意的分布式神经机制可以被多种方式破坏,未来可以研究对不同患者的持续性注意的准确可靠的临床评估。

参考文献

- [1] Oken, B.S., Salinsky, M.C. and Elsas, S.M. (2006) Vigilance, Alertness, or Sustained Attention: Physiological Basis and Measurement. *Clinical Neurophysiology*, **117**, 1885-1901. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2006.01.017>
- [2] Rueda, M.R., Pozuelos, J.P. and Cómbita, L.M. (2015) Cognitive Neuroscience of Attention: From Brain Mechanisms to Individual Differences in Efficiency. *AIMS Neuroscience*, **2**, 183-202. <https://doi.org/10.3934/Neuroscience.2015.4.183>
- [3] Parasuraman, R. (1979) Memory Load and Event Rate Control Sensitivity Decrements in Sustained Attention. *Science*, **205**, 924-927. <https://doi.org/10.1126/science.472714>
- [4] Nuechterlein, K.H., Parasuraman, R. and Jiang, Q. (1983) Visual Sustained Attention: Image Degradation Produces Rapid Sensitivity Decrement over Time. *Science*, **220**, 327-329. <https://doi.org/10.1126/science.6836276>
- [5] Warm, J.S., Parasuraman, R. and Matthews, G. (2008) Vigilance Requires Hard Mental Work and Is Stressful. *Human Factors*, **50**, 433-441. <https://doi.org/10.1518/001872008X312152>
- [6] 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>

- [7] Fiebelkorn, I.C. and Kastner, S. (2019) A Rhythmic Theory of Attention. *Trends in Cognitive Sciences*, **23**, 87-101. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2018.11.009>
- [8] Fiebelkorn, I.C., Pinsk, M.A., Kastner, S. (2018) A Dynamic Interplay within the Frontoparietal Network Underlies Rhythmic Spatial Attention. *Neuron*, **99**, 842-853. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2018.07.038>
- [9] Helfrich, R.F., Fiebelkorn, I.C., Szczepanski, S.M., et al. (2018) Neural Mechanisms of Sustained Attention Are Rhythmic. *Neuron*, **99**, 854-865.e5. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2018.07.032>
- [10] 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>
- [11] Smith, G.K., Mills, C., Paxton, A., et al. (2018) Mind-Wandering Rates Fluctuate across the Day: Evidence from an Experience-Sampling Study. *Cognitive Research: Principles and Implications*, **3**, Article No. 54. <https://doi.org/10.1186/s41235-018-0141-4>
- [12] Michael, E., Noonan, S.K., Monica, R., et al. (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>
- [13] Petrilli, R.M., Roach, G.D., Dawson, D., et al. (2006) The Sleep, Subjective Fatigue, and Sustained Attention of Commercial Airline Pilots during an International Pattern. *Chronobiology International*, **23**, 1357-1362. <https://doi.org/10.1080/07420520601085925>
- [14] Rupp, M.A., Sweetman, R., Sosa, A.E., et al. (2017) Searching for Affective and Cognitive Restoration: Examining the Restorative Effects of Casual Video Game Play. *Human Factors*, **59**, 1096-1107. <https://doi.org/10.1177/0018720817715360>
- [15] Fortenbaugh, F.C., Degutis, J., Germine, L., et al. (2015) Sustained Attention across the Life Span in a Sample of 10,000: Dissociating Ability and Strategy. *Psychological Science*, **26**, 1497-1510. <https://doi.org/10.1177/0956797615594896>
- [16] Vallesi, A., Tronelli, V., Lomi, F., et al. (2021) Age Differences in Sustained Attention Tasks: A Meta-Analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*, **28**, 1755-1775. <https://doi.org/10.3758/s13423-021-01908-x>
- [17] Staub, B., Doignon-Camus, N., Després, O., et al. (2013) Sustained Attention in the Elderly: What Do We Know and What Does It Tell Us about Cognitive Aging? *Ageing Research Reviews*, **12**, 459-468. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2012.12.001>
- [18] Staub, B., Doignon-Camus, N., Marques-Carneiro, J.E., et al. (2015) Age-Related Differences in the Use of Automatic and Controlled Processes in a Situation of Sustained Attention. *Neuropsychologia*, **75**, 607-616. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.07.021>
- [19] Esterman, M., Poole, V., Liu, G., et al. (2016) Modulating Reward Induces Differential Neurocognitive Approaches to Sustained Attention. *Cerebral Cortex*, **27**, 4022-4032. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhw214>
- [20] Braver, T.S. (2012) The Variable Nature of Cognitive Control: A Dual Mechanisms Framework. *Trends in Cognitive Sciences*, **16**, 106-113. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.12.010>
- [21] Massar, S.A.A., Lim, J., Sasmita, K.S., et al. (2016) Rewards Boost Sustained Attention through Higher Effort: A Value-Based Decision Making Approach. *Biological Psychology*, **120**, 21-27. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2016.07.019>
- [22] Fortenbaugh, F.C., Degutis, J. and Esterman, M. (2017) Recent Theoretical, Neural, and Clinical Advances in Sustained Attention Research. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **1396**, 70-91. <https://doi.org/10.1111/nyas.13318>
- [23] Esterman, M., Grosso, M., Liu, G., et al. (2016) Anticipation of Monetary Reward Can Attenuate the Vigilance Decrement. *PLoS ONE*, **11**, Article ID: e0159741. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159741>
- [24] Killgore, W. (2010) Effects of Sleep Deprivation on Cognition. *Progress in Brain Research*, **185**, 105-129. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53702-7.00007-5>
- [25] Lim, J. and Dinges, D.F. (2010) A Meta-Analysis of the Impact of Short-Term Sleep Deprivation on Cognitive Variables. *Psychological Bulletin*, **136**, 375-389. <https://doi.org/10.1037/a0018883>
- [26] Williams, H.L., Lubin, A. and Goodnow, J.J. (1959) Impaired Performance with Acute Sleep Loss. *Psychological Monographs*, **73**, 1-26. <https://doi.org/10.1037/h0093749>
- [27] Doran, S.M., Dongen, H.V. and Dinges, D.F. (2001) Sustained Attention Performance during Sleep Deprivation: Evidence of State Instability. *Archives Italiennes De Biologie*, **139**, 253-267.
- [28] Achermann, P. and Borbély, A.A. (1994) Simulation of Daytime Vigilance by the Additive Interaction of a Homeostatic and a Circadian Process. *Biological Cybernetics*, **71**, 115-121. <https://doi.org/10.1007/BF00197314>
- [29] Krueger, J.M., Rector, D.M., Roy, S., Krueger, J.M. et al. (2009) Sleep as a Fundamental Property of Neuronal Assemblies. *Nature Reviews Neuroscience*, **9**, 910-919. <https://doi.org/10.1038/nrn2521>

- [30] Van Dongen, H.P.A., Belenky, G. and Krueger, J.M. (2011) Investigating the Temporal Dynamics and Underlying Mechanisms of Cognitive Fatigue. In: Ackerman, P.L., Ed., *Cognitive Fatigue: Multidisciplinary Perspective on Current Research and Future Applications*, American Psychological Association, Washington DC, 127-147. <https://doi.org/10.1037/12343-006>
- [31] Tarnowski, K.J., Prinz, R.J. and Nay, S.M. (1986) Comparative Analysis of Attentional Deficits in Hyperactive and Learning-Disabled Children. *Journal of Abnormal Psychology*, **95**, 341-345. <https://doi.org/10.1037/0021-843X.95.4.341>
- [32] Richards, G.P., Samuels, S.J., Turnure, J.E., et al. (1990) Sustained and Selective Attention in Children with Learning Disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, **23**, 129-136. <https://doi.org/10.1177/002221949002300210>
- [33] Gorman, J.C. (2015) *Emotional Disorders and Learning Disabilities in the Elementary Classroom: Interactions and Interventions*. Skyhorse Publishing, New York.
- [34] 俞国良, 董妍. 情绪对学习不良青少年选择性注意和持续性注意的影响[J]. 心理学报, 2007, 39(4): 679-687.
- [35] 李驰, 张力为. 状态焦虑对持续性注意控制的影响: 自我损耗程度的调节作用[J]. 天津体育学院学报, 2017, 32(2): 123-133.
- [36] 叶鸣. 动态光对人类警觉性和任务表现的影响[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2017.
- [37] Viola, A.U., James, L.M., Schlangen, L.J., et al. (2008) Blue-Enriched White Light in the Workplace Improves Self-Reported Alertness, Performance and Sleep Quality. *Scandinavian Journal of Work Environment & Health*, **34**, 297-306. <https://doi.org/10.5271/sjweh.1268>
- [38] de Kort, Y.Y. and Smolders, K.K. (2010) Effects of Dynamic Lighting on Office Workers: First Results of Afield Study with Monthly Alternating Settings. *Lighting Research & Technology*, **42**, 345-360. <https://doi.org/10.1177/1477153510378150>
- [39] Zheng, S., Luo, R. and Ye, M. (2015) The Effect of Dynamic Light on Human Alertness. *IEEE 2015 12th China International Forum on Solid State Lighting*, Shenzhen, 2-4 November 2015, 131-134. <https://doi.org/10.1109/SSLCHINA.2015.7360706>
- [40] Xiao, W., Ossher, L. and Reuter-Lorenz, P.A. (2015) Examining the Relationship between Skilled Music Training and Attention. *Consciousness and Cognition*, **36**, 69-179. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2015.06.014>
- [41] Schellenberg, G.E. (2005) Music and Cognitive Abilities. *Current Directions in Psychological Science*, **14**, 317-320. <https://doi.org/10.1111/j.0963-7214.2005.00389.x>
- [42] Brown, I.D. (1965) Effect of a Car Radio on Driving in Traffic. *Ergonomics*, **8**, 475-479. <https://doi.org/10.1080/00140136508930828>
- [43] Dibben, N. and Williamson, V.J. (2007) An Exploratory Survey of In-Vehicle Music Listening. *Psychology of Music*, **35**, 571-589. <https://doi.org/10.1177/0305735607079725>
- [44] Hancock, P.A. and Warm, J.S. (2003) A Dynamic Model of Stress and Sustained Attention. *Human Factors*, **31**, 519-537. <https://doi.org/10.1177/001872088903100503>
- [45] Robert, G. and Hockey, J. (1997) Compensatory Control in the Regulation of Human Performance under Stress and High Workload: A Cognitive-Energetical Framework. *Biological Psychology*, **45**, 73-93. [https://doi.org/10.1016/S0301-0511\(96\)05223-4](https://doi.org/10.1016/S0301-0511(96)05223-4)
- [46] 马锦飞, 常若松, 陈晓晨, 孙龙. 音乐对驾驶警觉的影响及其理论模型[J]. 心理科学进展, 2014, 22(5): 782-790.
- [47] 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>
- [48] Maclean, K.A., Ferrer, E., Aichele, S.R., et al. (2010) Intensive Meditation Training Improves Perceptual Discrimination and Sustained Attention. *Psychological Science*, **21**, 829-839. <https://doi.org/10.1177/0956797610371339>
- [49] 贺淇. 冥想对注意能力的影响[J]. 心理科学进展, 2020, 28(2): 284-293.
- [50] Khoury, B., Lecomte, T., Fortin, G., et al. (2013) Mindfulness-Based Therapy: A Comprehensive Meta-Analysis. *Clinical Psychology Review*, **33**, 763-771. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2013.05.005>
- [51] Tang, Y.-Y. and Posner, M.I. (2009) Attention Training and Attention State Training. *Trends in Cognitive Science*, **13**, 222-227. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2009.01.009>
- [52] Wang, D., Zhang, Y., Yang, X., Yang, G. and Yang, Y. (2014) Force Control Tasks with Pure Haptic Feedback Promote Short-Term Focused Attention. *IEEE Transactions on Haptics*, **7**, 467-476. <https://doi.org/10.1109/TOH.2014.2359007>
- [53] Ostry, D.J. and Gribble, P.L. (2016) Sensory Plasticity in Human Motor Learning. *Trends in Neurosciences*, **39**, 114-123. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2015.12.006>
- [54] Luo, Y. and Zhang, J. (2020) The Effect of Tactile Training on Sustained Attention in Young Adults. *Brain Sciences*,

-
- 10**, Article No. 695. <https://doi.org/10.3390/brainsci10100695>
- [55] Wang, D., Li, T., Afzal, N., *et al.* (2019) Haptics-Mediated Approaches for Enhancing Sustained Attention: Framework and Challenges. *Science China Information Sciences*, **62**, Article No. 211101. <https://doi.org/10.1007/s11432-018-9931-1>
- [56] Latham, A.J., Patston, L.L.M. and Tippett, L.J. (2013) The Virtual Brain: 30 Years of Video-Game Play and Cognitive Abilities. *Frontiers in Psychology*, **4**, Article No. 629. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00629>
- [57] Montani, V., De Filippo De Grazia, M. and Zorzi, M. (2014) A New Adaptive Videogame for Training Attention and Executive Functions: Design Principles and Initial Validation. *Frontiers in Psychology*, **5**, Article No. 409. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00409>
- [58] Taya, F., Sun, Y., Babiloni, F., *et al.* (2015) Brain Enhancement through Cognitive Training: A New Insight from Brain Connectome. *Frontiers in Systems Neuroscience*, **9**, Article No. 44. <https://doi.org/10.3389/fnsys.2015.00044>
- [59] Pamplona, G., Heldner, J., Langner, R., *et al.* (2020) Network-Based fMRI-Neurofeedback Training of Sustained Attention. *NeuroImage*, **221**, Article ID: 117194. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.117194>