

老年人两种抑制控制训练的方法：基于不同实验范式

郑和吾

湖北大学，师范学院，湖北 武汉

收稿日期：2022年4月6日；录用日期：2022年5月4日；发布日期：2022年5月11日

摘要

随着年龄的增长，老年人的液态智力逐渐下降，这对其日常生活造成了严重的影响。但近期研究发现，认知训练能有效的迁移到液态智力这一高级认知功能上。作为基础但十分重要的认知机制，认知功能的训练多以抑制控制的训练为主。许多抑制控制领域的研究显示，无论是冲突抑制还是反应抑制在前额叶具有不同程度和具体区域的激活，而液态智力的发展对应脑区也是前额叶，且也有研究证实了二者存在高度相关。通过对前人研究的综述，发现不同范式的训练对于脑结构和功能的改变虽然都以前额叶为主，但具体区域和功能的改变不完全相同。本文通过对两种不同的抑制控制训练及其对应的范式和内容的综述，以期能为老年人的教育、医疗和日常生活等方面提供新的视角。

关键词

抑制控制，老年人，迁移，训练

Two Approaches to Inhibitory Control Training in Older Adults: Based on Different Experimental Paradigms

Hewu Zheng

Teachers College, Hubei University, Hubei Wuhan

Received: Apr. 6th, 2022; accepted: May 4th, 2022; published: May 11th, 2022

Abstract

As the age increases, the fluid intelligence of the elderly gradually declines, which has a serious

impact on their daily life. However, recent studies have found that cognitive training can effectively transfer to the advanced cognitive function of liquid intelligence. As a basic but important cognitive mechanism, the training of cognitive function is mainly based on the training of inhibitory control. Many studies in the field of inhibitory control have shown that both conflict inhibition and response inhibition have different degrees and specific activations in the prefrontal lobe, and the development of liquid intelligence corresponds to the prefrontal lobe, and some studies have also confirmed that there is a high correlation between the two. Through a review of previous studies, it is found that although the changes in brain structure and function of different paradigms are mainly in the frontal lobe, the changes in specific regions and functions are not exactly the same. In this paper, two different inhibitory control trainings and their corresponding paradigms and contents are reviewed in order to provide new perspectives for the education, medical care and daily life of the elderly.

Keywords

Inhibitory Function, Elderly, Transfer, Training

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

根据国家统计局发布的第七次人口普查的数据显示：截止 2021 年，我国总人口共 141,178 万人，其中 60~65 岁人口为 7388 万人，占 5.2%；65 岁及以上人口为 19,064 万人，占 13.50%。与 2010 年相比，60 岁以上人口的占比上升了 5.44 个百分点。这表明我国社会的老龄化进一步加重，为预防老龄化社会所可能带来的养老危机甚至是社会危机，我们需要进一步焕发老年人的活力，实现“积极老龄化”。在衰老过程中，下降且影响最大的是认知功能，最直接的影响体现在老年人的阅读、理财、就医等(彭华茂, 王大华, 2012)。少数老年人认知功能下降甚至会发展成为轻度认知障碍(Mild Cognitive Impairment)甚至是阿尔茨海默症(Alzheimer Disease)。此外，知觉组织的老年化更有可能是抑制控制能力衰退导致的(谢宁, 王程, 吴艳红, 2009)，因此，正常的认知功能是老年人能够保持独立自主生活的一个重要生理基础，研究开发延缓甚至逆转老年群体的大脑衰退和认知功能退化的干预手段和技术具有十分重要的现实意义。国外早期的研究大多试图提升老年人加工速度，或使用再认、回想等记忆任务和记忆策略以提高老年人的记忆能力。进入当代以来，有研究发现认知训练能够有效迁移到液态智力上(Sternberg, 2008)。已有研究证明老年人的认知控制及其相关脑区(主要为前额叶)存在可塑性，通过一定的认知训练可以缓解老年人认知控制的衰退，并引发相应的大脑结构和功能改变。

Sternberg 的发现为缓解老年人的认知功能衰退提供了一种可能。液态智力是个体在信息加工和问题解决中所表现出来的能力，一般来说包括但不限于记忆、注意力、推理能力等高级认知功能，且其发展与年龄密切相关：在成年早期(大概 20 岁左右)会达到巅峰，在三十岁以后会随着年龄的增长而衰退。而液态智力作为高级认知功能之一，其在老年的衰退是最为严重的，因此，通过认知训练提高老年人的液态智力必将成为延缓老年人认知衰退的重要方法。随着神经科学的发展，研究者们发现相比于其他脑区，额叶更晚成熟并更容易衰退，前额叶的衰退被认为是包括液态智力等高级认知功能发展和衰退的重要原因。抑制控制作为执行功能的核心成分以及一种基础的认知机制，其功能是抑制无关刺激对目标刺激加

工的影响。Dempster 等人(1992, 1999)首次将前额叶和抑制相联系, 并提出前额叶可以作为抑制功能的神经基础, 进一步的说, 抑制功能是液态智力不可或缺的一部分。莫雷等人在 2005 年的研究发现, 双语词汇产生和双语词汇理解过程中存在着抑制机制, 随后又在 2007 年的研究中发现, 前额叶受损的病人无法正常地完成双语词汇通达任务, 作者认为病人出现这种情况的原因可能是前额叶损伤导致的抑制功能减弱, 进一步为 Dempster 等的观点提供了证据。如上所述, 可以推断通过训练抑制控制功能来活化前额叶进而延缓液态智力的衰退是可行的。抑制控制又有反应抑制和冲突抑制两种不同的类型, 这两种类型的训练对于老年人的认知功能的改善以及训练成果各有千秋。因此, 本文拟从两种不同的抑制控制类型出发, 探讨各自主要且有效的训练范式以及不同范式的训练对脑结构和功能的影响, 以期为老年人认知训练领域提供新的视角, 并将此应用于老年人生活改善以及临床领域。

2. 抑制控制

与认知老化相关的抑制控制理论有: 抑制衰退理论、额叶相关的抑制衰退模型以及干扰抵制理论。其中抑制衰退理论是最具有代表性的理论, 该理论认为: 抑制对工作记忆的影响主要有以下两种机制: 1) 防止无关信息进入到工作记忆; 2) 防止已经进入到工作记忆的无关信息继续留在工作记忆中。随着个体年龄的增长, 这两种机制起的作用逐渐减小, 使得个体对有关信息的认知能力的下降以及效率的降低, 从而导致认知过程的衰退。

相应的, Diamond 将抑制控制分为反应抑制(response inhibition/behavioral inhibition)和冲突抑制(interference inhibition/interference control)两种类型(Diamond, 2012)。其中, 反应抑制指的是个体通过主观努力, 避免分心刺激的激活或避免冲动行为的发生。其研究范式主要有 Go/No-Go 任务和停止信号任务(Stop-signal tasks)。冲突抑制指的是选择性注意和抑制优势心理表征, 即将注意力从众多刺激中集中于目标刺激以及抵抗外来的或者不想要的想法或记忆, 一个典型的例子是主动遗忘。研究冲突抑制的范式主要有 flanker 任务、stroop 任务。反应抑制主要是抑制先兆反应, 而冲突抑制主要是对无关信息的压制。

2.1. 反应抑制

在过去的二十年里, 反应抑制在各个研究领域都受到了相当大的关注。认知心理学家和神经科学家探索反应抑制的认知和神经机制, 发展学家研究抑制控制在整个生命周期中的“兴衰”, 临床研究人员研究反应抑制和个体差异之间的冲动或强迫行为相关性。总之, 这些研究表明, 反应抑制对于不断变化的环境中的灵活、适应性和目标导向行为至关重要。

2.1.1. Go/No-Go 范式

Go/No-Go 范式是双任务范式的一种变化, 是一项认知任务。具体来说, 受试者需要对刺激类型为“Go”的刺激做出按键反应, 对类型为“No-go”的刺激不做反应。例如受试者需要对字母 O 进行按键反应, 对字母“X”不做反应。这也是 Go/No-Go 与双任务范式的主要区别, 双任务范式需要诱发两个任务, 并观察这两个任务之间的冲突, 并且这两个任务在时间进程上重叠。而 Go/No-Go 范式中的两个任务是继时处理的, 受试者处理完其中一个任务后再去处理另一个任务, 这两个任务并不存在时间上的重叠。有研究认为, 与两个选择任务相比, 从 Go/No-Go 程序收集的数据提供了更高的信噪比(Gordon & Caramazza, 1982)。随着神经科学的发展, 该范式被普遍认为是能够激发偏侧预备电位(Lateralized Readiness Potential, LRP)和 N200 等 ERP 成分的高效途径。相比于其它脑电任务的范式, Go/No-Go 范式由于两类刺激出现的概率相同, 故可以排除刺激概率对 ERP 的影响, 但也丢失了差异波的 ERP 数据。(例如失匹配负波, Mismatch negative, MMN)。

该范式的一个经典研究是 V., Menon 等人 2001 年做的实验。在实验中, 单个字母呈现 2 秒, 受试者需要对除了“X”以外的每个字母都进行按键反应, 而对字母“X”不做反应。在 Go (控制组) 的条件下, 不呈现“X”, 其它字母随机呈现; 在 Go/No-Go (实验组) 的条件下, 呈现字母“X”的概率是 50%, 也就是说需要对一半的试次做按键反应, 一半的试次不做反应。(Menon, Adleman, White, Glover, & Reiss, 2001) 结果表明, 下额叶皮层在抑制不当反应中起重要作用, 并且在背外侧前额叶双侧观察到与反应抑制和竞争相关的脑激活, 这些发现为额叶中的分布式错误处理系统提供了证据。因此不难推断, 该系统与参与反应抑制和竞争的大脑区域部分但不完全重叠, 特别是前扣带回和后扣带回/楔前叶以及左右前岛叶皮质仅在错误处理期间被激活, 但在响应竞争、抑制、选择或执行期间不被激活。

2.1.2. 停止信号任务

停止信号任务(Stop signal tasks), 是 Go/No-Go 任务的一个变式, 这些任务由 Lappin 和 Eriksen 于 1966 年提出, 并由 Gordon Logan 及其同事进一步开发, 这些任务衡量一个人在抑制反应的方面有多好。其与选择反应任务非常相似, 不同之处在于, 在一系列实验的演示过程中, 停止信号将随机呈现(Verbruggen & Logan, 2008), 当受试者看到停止信号后, 会被要求停止反应。抑制反应的能力(即反应抑制)已使用停止信号任务(Logan & Cowan, 1984)和 Go/No-Go 任务(Verbruggen & Logan, 2008)进行了广泛的研究。虽然一些研究人员倾向于将 Go/No-Go 任务和停止信号范式视为相同的任务之一, 但已有的证据表明, 区分两者可能是合理的, 理由是反应抑制可能不会以相同的方式在两种范式中实现(Verbruggen & Logan, 2008)。

在停止信号任务中, 受试者会被要求对所有刺激快速反应, 除非在某个刺激之后出现了停止信号。相比于 Go/No-Go 任务, 停止信号任务的困难之处在于停止信号是在命令性刺激之后出现的, 这就意味着你需要抑制住已经启动的反应。当然, 反应启动不仅仅是一个物理过程, 更是一个心理过程, 停止信号任务表明, 在某些时候, 受试者无法抑制住已启动的反应。

Chiang-Shan Ray Li 等人(2006)用 stop-signal 任务来研究成像反应抑制: 在实验开始前, 屏幕中间呈现一个小原点随后变成一个圆圈, 圆圈会在按钮按下或者 1 秒后消失, 当受试者看到圆圈后需要做出按键反应, 但是如果紧随圆圈后出现一个“X”, 受试者则不需要反应。(Li, Huang, Constable, & Sinha, 2006) 在比较了长停止信号反应时组和短停止信号反应时组之后, 发现虽然在抑制失败率、信号监测的程度等行为学数据上没有显著性差异, 但是较短的停止信号反应时间或更有效的反应抑制与上内侧和中央前额叶皮质的更大激活有关。此外, 这些抑制性运动区域的激活与停止信号反应时间呈负相关。表明这些大脑区域可能代表独立于其他认知和情感功能的反应抑制的神经基质。

2.2. 冲突抑制/干扰控制

Friedman 和 Miyake 在 2004 年的一项研究中指出, 干扰控制是一种在许多记忆任务或现实世界情况的需要下, 处理工作记忆中的冲突或者干扰表征的能力。在某些记忆任务中成绩不好者可能是由于他们无法处理由于抑制、主动维护或者源监控方面的缺陷而带来的干扰, 即冲突抑制能力不足。此外, 熟悉的刺激会自动触发表征, 激活不相关的信息, 这些信息必须通过冲突抑制机制加以抑制或调节, 而老年人由于认知老化等原因更容易会出现这些问题。

2.2.1. Stroop 任务

美国心理学家 Stroop 在 1935 年发现, 在颜色命名实验中, 当一个颜色词的颜色与该颜色词所代表的含义不一致时, 受试者的反应时间比命名一个非颜色词或字符串颜色的时间长, 例如命名一个颜色词时, 用红色墨水书写“green”比命名用红色墨水书写的“xxxxx”(例如凳子)花费更长的时间。同一刺激的颜色信息和词义信息相互干扰的现象称为 stroop 效应, 能触发 stroop 效应的实验任务称为 stroop 任务。随

着 stroop 任务的跨领域研究的进行,往往需要对实验程序进行一定的改动,无法一成不变地套用传统的实验程序。到目前为止,已经出现了大量的 Stroop 变式,包括字符变式、空间变式、听觉变式、情感变式和成隐行为变式以及最为经典的色词变式。

在一项针对老年人开展的 fMRI 的研究中(Milham et al., 2002),受试者的任务是识别出每个单词出现时的墨水颜色,并忽视单词的意义。在实验中,作者使用了三种墨水颜色:红色、橙色和绿色,并且有三种实验类型:1) 不一致类型,单词意义代表的颜色与打印它的墨水颜色不一致(例如,用绿色墨水打印的单词“RED”);2) 全等试验,单词意义代表的颜色与打印它的墨水颜色一致(例如,用红色墨水打印的单词“RED”);3) 中性试验,在这些试验中,单词与颜色无关(例如,用红色墨水打印的单词“LOT”)。研究结果发现,支持注意控制的结构(如背外侧前额叶和顶叶皮层)的反应性与年龄相关,表明老年人在执行注意控制时可能存在障碍。与此结论相同的是,与年龄较小的受试者相比,年龄较大的受试者显示出更广泛的腹侧视觉加工区域(即颞叶皮层)和前下额叶皮层的激活,反映出抑制处理与任务无关信息的能力下降。另在年轻组和年长组中,随着对注意力控制的需求增加,激活了一个结构网络,包括前扣带皮层/前额皮质(prefrontal cortex)、额中回、额下回、顶叶上和下小叶,和外纹皮质。虽然每一组被激活的注意网络的基本成分相似,但在被认为与实施注意控制有关的区域,特别是前额叶和顶叶皮层,存在年龄相关的差异。

2.2.2. Flanker 任务

Flanker 任务又称侧抑制任务,是由埃里克森在 1970 初设计的,同 stroop 任务一样,flanker 任务也有许多的变式。其背后的基本效果是,当你需要对不相关刺激“侧翼”的刺激做出反应时,不相关的刺激仍然会影响反应。与其他任务(Simon 任务、stroop 任务)之间存在相似之处,其中发生了来自不相关刺激或刺激特征的这种类型的干扰。Flanker 任务通过向受试者提供有关目标刺激将出现的侧翼的正确或不正确的信息来测试自主注意力和非自主注意力。目标刺激始终是显示五个刺激中的中心刺激,侧翼刺激将与目标刺激一致,即指向相同的方向,例如, <<<<<, 或不一致,即指向相反的方向,例如, <<><<<。通常呈现四个条件,左一致(<<<<<), 右一致(>>>>>), 左不一致(>><>>)和右不一致(<<><<)

Samanez-Larkin 等人在 2009 年的一项老化大脑的情绪选择性注意的研究中,年轻人和老年人都需要接受两种实验条件的处理:在效价分类任务中,受试者在忽略相同(一致)、相反(不一致)或没有的侧翼刺激时,还需要判断中心目标词是积极还是消极价类别。在演示过程中,侧翼刺激出现在目标词的上方和下方。在物质分类任务中,受试者指示中心目标词是金属还是水果,并忽略侧翼刺激来自相同(一致)、不同(不一致)或没有物质价范畴(valence category)。行为学结果显示,在非情绪实验中,老年人的行为和神经测量都受到干扰,但在情绪试验中却没有表现出这一现象。脑电结果显示,对年轻人和老年人的直接比较中,一个侧前额叶区域(MFG)的分析表明在老年人的非情绪任务中有着更大的干扰效应。因此,该研究支持了存在一个前额叶区域在选择性注意情绪刺激的年龄相关差异中发挥作用,这一点也可以为 Michael P. Milham 等人(2002)的研究结果提供有力的支持。

3. 总结与展望

随着生命老化进程的不断延续,老年人的认知能力和液态智力等逐渐下降,给老年人生活带来了极大的不便。但幸运的是,已有研究者发现对认知能力的训练能够有效迁移到液态智力;且音乐训练是一种有效的认知老化的干预手段(郭思嘉等, 2021)。

抑制控制是执行功能的三个成分之一,其功能主要发生在前额叶皮层。抑制控制与注意力和感知有关,例如受控注意力和集中注意力。抑制通常是处理自我控制的行为,它可能是延迟冲突或延迟行为以

获得利益。一项著名的研究是 Mischel 在 1988 年做的棉花糖实验(Mischel et al., 1989), 那些不吃最初的棉花糖而等待另一个棉花糖的孩子表现出了更高的抑制控制能力, 十年后的追踪调查显示, 那些抑制能力较高的孩子在学业、社交和情感方面也做得更好。抑制控制包括反应抑制和冲突抑制, 它们两者的完成过程都有一个共同的结构(Simpson & Carroll, 2019)。然而, 研究表明, 不同的抑制控制任务可能会测量不同的抑制过程(Brydges et al., 2012)。反应抑制和干扰控制的行为指标之间没有相关性(Livesey et al., 2006)。在行为上, go/no-go 任务涉及简单的运动反应, 而 Stroop 任务涉及反应冲突(response interference)和阅读后的优势反应(prepotent reading response) (Zhao et al., 2015)。因此, 未来研究可以以以上四种范式为出发点, 进一步探讨抑制控制训练对老年人影响的行为以及生理机制, 并需要着重于解释与年龄相关的前额叶和顶叶皮层对注意力控制需求的反应性变化的原因, 此外, 也应将目光适当聚焦于认知老化干预的其他手段, 为老年人群体做出更大的贡献。

参考文献

- 郭思嘉, 周俊臣, 王嘉伟, 冯梁峰, 尧德中, 卢竞(2021). 音乐训练干预老年人抑制控制能力的脑机制探索: 基于 GoNoGo 任务. *第二十三届全国心理学学术会议摘要集* (pp. 241-242). 中国心理学会.
- 莫雷, 李利, 王瑞明(2005). 熟练中-英双语者跨语言长时重复启动效应. *心理科学*, 28(6), 1288-1293.
- 彭华茂, 王大华(2012). 基本心理能力老化的认知机制. *心理科学进展*, 20(8), 1251-1258.
- 谢宁, 王程, 吴艳红(2009). 抑制控制能力衰退对知觉组织老年化的影响. *心理学报*, 41(5), 424-432.
- Brydges, C. R., Clunies-Ross, K., Clohessy, M., Lo, Z. L., Nguyen, A., Rousset, C. et al. (2012). Dissociable Components of Cognitive Control: An Event-Related Potential (ERP) Study of Response Inhibition and Interference Suppression. *PLoS ONE*, 7, e34482. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0034482>
- Li, C. S. R., Huang, C., Constable, R. T., & Sinha, R. (2006). Gender Differences in the Neural Correlates of Response Inhibition during a Stop Signal Task. *NeuroImage*, 32, 1918-1929.
- Dempster, F. N., & Corkill, A. J. (1999). Individual Differences in Susceptibility to Interference and General Cognitive Ability. *Acta Psychologica*, 101, 395-416. [https://doi.org/10.1016/S0001-6918\(99\)00013-X](https://doi.org/10.1016/S0001-6918(99)00013-X)
- Dempster, F. N. (1992). The Rise and Fall of the Inhibitory Mechanism: Toward a Unified Theory of Cognitive Development and Aging. *Developmental Review*, 12, 45-75. [https://doi.org/10.1016/0273-2297\(92\)90003-K](https://doi.org/10.1016/0273-2297(92)90003-K)
- Diamond, A. (2012). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135-168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Friedman, N. P., & Miyake, A. (2004). The Reading Span Test and Its Predictive Power for Reading Comprehension Ability. *Journal of Memory and Language*, 51, 136-158. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2004.03.008>
- Gordon, B., & Caramazza, A. (1982). Lexical Decision for Open- and Closed-Class Words: Failure to Replicate Differential Frequency Sensitivity. *Brain and Language*, 15, 143-160. [https://doi.org/10.1016/0093-934X\(82\)90053-0](https://doi.org/10.1016/0093-934X(82)90053-0)
- Livesey, D., Keen, J., Rouse, J., & White, F. (2006). The Relationship between Measures of Executive Function, Motor Performance and Externalizing Behaviour in 5- and 6-Year-Old Children. *Human Movement Science*, 25, 50-64. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2005.10.008>
- Logan, G. D., & Cowan, W. B. (1984). On the Ability to Inhibit Thought and Action: A Theory of an Act of Control. *Psychological Review*, 91, 295-327. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.91.3.295>
- Milham, M. P., Erickson, K. I., Banich, M. T., Kramer, A. F., Webb, A., Wszalek, T. et al. (2002). Attentional Control in the Aging Brain: Insights from an fMRI Study of the Stroop Task. *Brain and Cognition*, 49, 277-296. <https://doi.org/10.1006/brcg.2001.1501>
- Mischel, W., Shoda, Y., & Rodriguez, M. (1989). Delay of Gratification in Children. *Science*, 244, 933-938. <https://doi.org/10.1126/science.2658056>
- Samanez-Larkin, G. R., Robertson, E. R., Mikels, J. A. et al. (2009). Selective Attention to Emotion in the Aging Brain. *Psychology and Aging*, 24, 519-529. <https://doi.org/10.1037/a0016952>
- Simpson, A., & Carroll, D. J. (2019). Understanding Early Inhibitory Development: Distinguishing Two Ways that Children Use Inhibitory Control. *Child Development*, 90, 1459-1473. <https://doi.org/10.1111/cdev.13283>
- Sternberg, R. J. (2008). Increasing Fluid Intelligence Is Possible after All. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105, 6791-6792. <https://doi.org/10.1073/pnas.0803396105>

- Menon, V., Adleman, N. E., White, C. D. et al. (2001). Error-Related Brain Activation during a Go/No-Go Response Inhibition Task. *Human Brain Mapping, 12*, 131-143.
[https://doi.org/10.1002/1097-0193\(200103\)12:3%3C131::AID-HBM1010%3E3.0.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/1097-0193(200103)12:3%3C131::AID-HBM1010%3E3.0.CO;2-C)
- Verbruggen, F., & Logan, G. D. (2008). Long-Term Aftereffects of Response Inhibition: Memory Retrieval, Task Goals, and Cognitive Control. *Journal of Experimental Psychology Human Perception and Performance, 34*, 1229-1235.
<https://doi.org/10.1037/0096-1523.34.5.1229>
- Zhao, X., Chen, L., Fu, L., & Maes, J. H. R. (2015). “Wesley Says”: A Children’s Response Inhibition Playground Training Game Yields Preliminary Evidence of Transfer Effects. *Frontiers in Psychology, 6*, Article No. 207.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00207>