

认知老化与脑：HAROLD 模型之争*

付 艳 王大华

(北京师范大学发展心理研究所, 北京 100875)

摘 要 HAROLD 模型 (Hemispheric Asymmetry Reduction in Older Adults) 是指与年轻人相比, 老年人在完成某些认知任务时大脑激活呈现出非对称性减弱的现象。该模型自提出以来就引发了很多质疑和研究, 近几年来又有一系列的研究分别从不同角度提供了支持该模型的证据, 它们包括记忆研究领域、抑制研究领域、语言认知研究领域、感觉动作研究领域和脑神经研究领域。同时也存在明显不支持该模型的研究证据, 主要体现为对补偿说的批驳。通过对支持该模型和不支持该模型两方面脑成像研究成果的文献分析, 发现 HAROLD 模型可能是一个任务特异性模型; 除补偿说之外, 还有其他可能的观点能够解释功能性脑成像的年龄差异; 对脑激活定义的进一步明确化有助于澄清相关的争论。

关键词 认知老化; HAROLD; 补偿说; 脑成像

分类号 B844.4

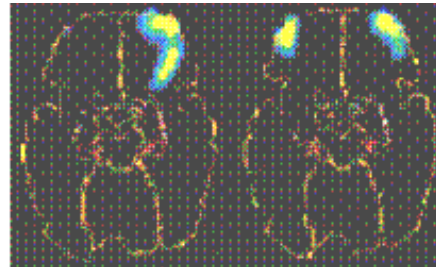
1 引言

认知老化的研究发现: 认知的很多方面如注意力、记忆力、推理能力等都随着年龄的增长而不断减退 (Schaie, 1993; 申继亮, 陈勃, 王大华, 2000), 特别是六七十岁以后, 这一现象更为明显。这其中很多变化直接反映着生理老化的过程, 很多是与脑功能结构上的变化分不开的 (罗跃嘉, 2006)。因此, 从脑功能结构上的变化来着手解释认知行为的年龄特点就成为一个必然的研究途径。目前供职于美国 Duke 大学的 Roberto Cabeza 教授通过对十几篇神经成像研究文献的分析, 于 2002 年 3 月发表了一篇题为《老年人大脑两半球功能非对称性减弱——HAROLD》的文章, 试图用 HAROLD 模型 (Hemispheric Asymmetry Reduction in Older Adults) 来解释老化过程中脑功能的变化特点。这个模型是认知老化功能神经成像领域第一个整合理论, 在短短五六年内, 引起了异常广泛的反响。

2 HAROLD 模型

HAROLD 模型, 即老年人大脑两半球非对称性减弱模型是指年轻人在操作一些认知任务时, 大脑激活呈现出明显的单侧化优势 (即非对称性), 而老年人在完成这些任务时的脑激活却出现明显的双侧化 (即非对称性减弱) 现象 (Cabeza, 2002a)。如图

1 所示, 老年人在完成情景记忆提取时更多地表现出双侧激活现象 (Backman 等, 1997)。



年轻人 老年人

图 1 情景记忆提取的脑成像

对于这个模型的解释, Cabeza 提出了补偿说, 即老年人大脑非对称性减弱是为了补偿老化而带来的神经认知衰退 (Cabeza, 2002a)。Cabeza 等 (2002b) 在另外一项研究中, 对老年人和年轻人在来源记忆任务中的大脑激活模式进行了探讨, 结果发现成绩好的老人 PFC 活动更多地表现出半球非对称性减弱, 而成绩差的老人则没有表现出这种现象。因此他认为这项研究充分支持了补偿说, 即: 成绩好的那组老人通过激活左侧大脑来补偿右侧大脑的衰退, 而另一组老人成绩差是因为不能通过激活对侧区域来补偿认知衰退。对这种非对称性减弱的起源有两种不同的解释: 一种是心理学的解释, 认为这种非对称性减弱是认知结构或者认知过程的改变引起的 (Cabeza, 2002a), 如 Light (1991) 认为老化

收稿日期: 2008-05-05

* 国家自然科学基金 (项目号: 30500160) 资助。

通讯作者: 王大华, E-mail: devpsy@bnu.edu.cn

过程中伴随着认知策略的改变;而另一种是神经学的解释,认为这种改变是神经机制如神经功能、神经联结上的变化引起的(Cabeza, 2002a)。很多研究如 Backman 等(2000)都发现多巴胺功能随年龄增长而发生变化,然而在神经学的解释上也有两种不同的观点:一种是网络观(network view),认为这种非对称性减弱反映了整个大脑的重组(Cabeza, 2002a),其支持性证据来自 Cabeza 等(1997b)运用斜方差和结构方程模型方法对词语编码与提取过程中的大脑活动进行的分析,结果显示,老化不仅对特定脑区有影响,而且对不同脑区间的相互作用也有影响;另一种是区域观(regional view),认为这种非对称性下降仅仅反映了大脑部分区域的变化(Cabeza, 2002a),如 Rastatter 等(1990)的研究发现:语言加工中大脑右半球比左半球更容易受到老化的影响。对于以上的每一种解释都有很多支持和反对的证据,究竟是哪一种解释更合理还有待更多的研究。

3 HAROLD 模型引起的反响及争论

自2002年 HAROLD 模型提出以来,就引发了研究者广泛的兴趣,据笔者统计截至2008年4月,GOOGLE 学术搜索显示这篇文章已经被引用253次,而Cabeza在1998年到2002年的《Psychology and Aging》引用率排名上高居榜首,短短的4年,引用高达98次(Zacks, Blanchard-Fields, Haley, 2006)。近几年来认知老化功能神经成像领域又有许多研究分别从不同的角度再次支持或反驳了这个模型。本篇综述从研究结果是否支持 HAROLD 模型的角度对近几年的认知老化脑成像方面研究文献进行梳理,试图对 HAROLD 模型及其在认知老化领域的贡献做一个阶段性总结。

3.1 支持 HAROLD 模型的证据

第一,来自记忆研究的证据。对老年人的记忆研究一直是个研究热点,以往对记忆老化中的大脑对称性研究多集中在情景记忆(Cabeza 等,1997; Madden 等,1999; Cabeza 等,2002b)、工作记忆(Reuter-Lorenz 等,2000; Dixit 等,2000)等方面,并且主要在大脑的前额叶区发现 HAROLD 现象,对自传体记忆的老化研究非常少,但临床上却有很多老年人抱怨自传体记忆衰退(Spiers, Maguire, Burgess, 2001)。因此, Maguire 等(2003)对自传体记忆老化进行了研究,通过让年轻被试和老年被试对十几年前的自传体事件进行回忆并同时进行

fMRI 扫描发现:年轻人被试的左海马激活显著,而老年人被试的海马呈现双侧激活,这说明不只是前额叶区,海马也受到了老化的影响,呈现出非对称性减弱现象。

第二,来自抑制研究的证据。根据认知老化的抑制理论,随着年龄的增高,个体会越来越难以把注意力集中在目标信息,同时抑制对无关信息的注意(Hasher, 1988)。Cabeza (2002a)认为这种抑制理论可以通过 HAROLD 模型进行解释,即:老年人可以通过征用更多的脑区来达到和年轻人一样的抑制水平。虽然很多抑制老化研究中都发现了 HAROLD 现象,但是由于任务和方法上的差异还不能证明这个现象是普遍的或可重复的。为了探讨这个现象是否可重复,Langenecke 等(2003)采用和前人一样的研究任务和方法,其结果和前人的研究结果也基本一致,即:老年人在 Go/No-go 任务中表现出的脑区激活模式比年轻人更倾向于双侧激活。这个现象和 HAROLD 的模型一致,因此作者推测这种双侧激活是老化的一个重要现象而并非任务特定的。

第三,来自语言认知研究的证据。和其他的认知功能减退模式不一致的是老年人的语言认知并没有明显减弱(Schaie, 1993)。例如, Golomb 等(2007)研究有时间限制演讲的年龄差异时发现:在不同干扰条件下,年轻人和老年人的有时间限制演讲的连贯性都不受影响,这说明语言学习机制整个一生都没有减弱。对于语言的这种稳定性表现的生理机制又是什么呢?语言任务中是否也存在 HAROLD 现象呢? Herrmann 等(2006)采用多频近红外光谱(Multi-channel Near-infrared Spectroscopy)技术,用 VFT (verbal fluency task) 任务研究大脑激活的年龄差异时发现:总的来说, VFT 任务激活了左右背侧前额叶并且存在明显的左半球优势。但是,老年被试激活左右背侧前额叶的更少,也没有表现出这种左半球优势。这个结论再次验证了 HAROLD 模型。类似的研究还有 Fridriksson 等(2006)对图片出声命名时大脑激活年龄差异的研究。研究发现:随着年龄增加, Broca 区和 Wernicke 区的激活增加,并且大脑对侧活动也增加。这项研究说明即使是简单的图片命名,老化也引起了大脑活动的增加,即补偿机制同样存在于语言加工中。

第四,来自感觉动作研究的证据。大部分的老化神经研究都集中在高级认知活动上,如记忆、抑

制、语言等，而对感觉、运动等低级活动的研究相对较少。Lee 等（2006）研究了反应调节活动中老年人和年轻人的脑活动差异。实验任务是要求被试对所呈现的向上和向下的箭头做出一致或不一致的反应，结果发现老年人比年轻人在右前额叶和左下顶叶区激活更强，这个发现和 Cabeza 之前的研究结果是一致的。但是这项研究的任务非常简单，而对于稍微复杂的运动任务中是否也会出现同样的结果呢？Heuninckx 等（2005）运用功能成像技术研究了老年人和年轻人在不同复杂程度的手脚运动上的大脑激活差异。研究结果显示：不管运动任务是简单还是复杂，老年人的大脑都显示出激活区域的增加，并且在个别任务中，如脚的运动上老年人的大脑呈现出双侧激活。这个研究说明老年人的大脑补偿机制是存在的，但 HAROLD 现象具有任务特异性，并不是在所有任务中都显示双侧激活。

第五，来自脑神经结构研究的证据。脑功能上的年龄差异最终是由脑结构上的老化导致的（罗跃嘉，2006），如脑容量、脑沟回、神经递质和神经白质灰质的变化（Nordahl 等，2005）。Shan 等（2005）的研究发现：老年人的大脑整体容量比年轻人减少了 15%，而仅在额叶区就减少了 22%，并且左半球比右半球减少的更多。因此这种结构上的非对称性变化可能和功能上的非对称性变化密切相关。此外，Vernaleken 等（2007）研究了正常老化中尾状核的多巴胺神经传递受体的变化。研究发现：随着老化出现了尾状核右侧优势的减弱，这种变化可能也和认知功能减弱有关，并且此研究结果似乎和老化中前额叶区的对称性变化很相似。

3.2 不支持 HAROLD 模型的证据

与支持 HAROLD 模型的研究相比，不支持 HAROLD 模型的研究不仅在数量上和领域上较少，而且主要集中在对补偿说的不支持。

首先，尽管在记忆研究领域有很多研究都支持 HAROLD 模型，但也有部分研究和 Cabeza（2002a）的研究不太一致。例如 Grady 等（2005）的一项 PET 研究发现：年轻人和老年人在再认任务中都呈现出额叶区的双侧激活现象，但是年轻人在左海马颞叶外侧激活更强且与行为成绩正相关，而老年人在右下额叶回激活更强且与行为成绩正相关。这种增强可能是为了补偿内侧颞叶上激活的减弱。因此老年人的大脑尽管在激活模式上不符合 HAROLD 模型，但还是存在补偿机制。此外唐丹（2007）的情景记

忆老化研究也发现：在不同任务难度下，老年人的大脑激活呈现出不同的模式，HAROLD 现象只在部分任务中出现，老年人的大脑补偿也是有限的。而 Rajah 等（2005）运用元分析的方法研究老化过程中大脑 PFC 区域的功能特异性问题时发现：PFC 并非如 Cabeza 所认为的是单一的补偿作用，而是在不同区域有不同的功能变化。两边的腹侧 PFC 是随着老化而皮层功能去分化，右边的背侧 PFC 和右前 PFC 是随着老化而出现皮层功能缺陷，由于这种变化而导致左边的背侧 PFC 和左前 PFC 出现功能补偿。因此 PFC 在功能上并非如 Cabeza 等人所理解的同质性，而是非同质的。除对正常老化研究之外，也有人专门对病态老化做了研究，如 Mandzia 等（2007）对轻度认知障碍老人（MCI）的无意记忆进行了研究，结果发现 MCI 的大脑激活不符合 HAROLD 模型，没有出现双侧激活现象，并且在额下叶区激活下降，这似乎说明轻度认知障碍老人的大脑中不存在补偿机制。

第二，在认知老化研究中，有些研究结果虽然支持 HAROLD 模型，但是却不支持补偿说。如 Colcombe 等（2005）通过向被试分别呈现类似“< < < <”和“> < > >”的图形，让被试判断中间符号的朝向，并按键做出反应来研究抑制控制任务中脑区激活的年龄差异。结果显示：虽然老年人呈现双侧激活模式，但是行为成绩好的老年人双侧激活程度要小于行为成绩差的老年人，因此这种双侧激活的作用并不能补偿行为成绩，即不支持补偿说。类似的不支持补偿说的研究还有 Lorenzo-Lopez 等（2007）的一项 ERP 研究。该研究采用视觉注意任务考察高低表现水平的老年人的 P3 变化情况。结果显示：一方面高水平老年人的 P3 模式和年轻人相同，这说明高水平老年人不存在补偿机制；而另一方面低水平老年人的 P3 模式更宽阔，这可能反映了他们在利用特定脑区上有缺陷。因此该研究更倾向于去分化说。在语言研究领域也有类似的不支持补偿说的研究，如：Rotte 等（2005）采用一个简单语言研究范式：通过要求被试判断词对的拼写或意义是否相同，来考察大脑激活的年龄差异。结果发现：在行为指标上年轻人和老年人没有差异，但是面对相同的任务，老年人比年轻人在 Broca 和 Wernicke 区激活更弱。因此作者认为语言的补偿机制至少在这项研究中是不存在的，当然这可能也和任务的难度有关。

4 评论

表 1 对上述回顾的主要文献进行了总结, 可以直观地了解 HAROLD 模型以及补偿说的研究现状。如表 1 所示, 目前在抑制和语言研究领域可较一致地观察到 HAROLD 现象, 而记忆与感知—运动领域分歧较多。虽然总体上看对 HAROLD 模型的探讨还没有得出一致的结论, 但 Cabeza 的 HAROLD 模型和补偿说已经在越来越多的领域和研究中找到

了证据。这不仅包括记忆, 抑制, 语言等高级认知活动, 也包括注意, 动作等低级认知活动; 不仅包括前额叶脑区, 也包括海马等其他脑区; 不仅在功能老化上存在非对称性下降, 在结构老化和神经机制上也存在着相似的变化。这似乎说明 HAROLD 模型确实具有跨研究领域和脑区的普遍性, 但是, 还是存在一部分研究并不支持这个现象, 出现这种分歧的原因可能有以下几点:

表 1 与 HAROLD 模型相关的研究及结果摘要

领域	研究者	实验任务与研究技术	观测脑区	HAROLD 模型	补偿说
记忆	Maguire 等 (2003)	自传体事件回忆 fMRI	海马	✓	—
	Grady 等 (2005)	词语再认任务 PET	PFC 脑区	×	✓
	唐丹等 (2007)	词对线索回忆和 位置回忆任务 fMRI	额叶	×✓	×✓
抑制	Langenecker 等 (2003)	Go/No-go 任务 fMRI 研究	额叶	✓	✓
	Colcombe 等 (2005)	抑制控制任务 fMRI 研究	额叶	✓	×
语言	Herrmann 等 (2006)	VFT 任务 (verbal fluency task) 多频近红外光谱技术	背外侧前额叶	✓	×
	Fridriksson 等 (2006)	图片出声命名任务 fMRI 研究	Broca 区和 Wernicke 区	✓	✓
	Rotte 等 (2005)	词对判断任务 fMRI 研究	Broca 区和 Wernicke 区	—	×
感知-动作	Lorenzo-Lopez 等 (2007)	视觉注意任务 ERP 研究	P3 变化情况	—	×
	Heuninckx 等 (2005)	不同复杂程度的手脚运动 fMRI 研究	运动、感觉等相关脑区	×✓	✓
神经结构	Vernaleken 等 (2007)	MR 技术和 PET 技术	尾状核多巴胺神经传递 受体的变化	✓	—

注: ✓表示支持, ×表示不支持, ×✓表示部分支持, —表示未涉及

第一, HAROLD 现象可能受任务难度的影响。例如在唐丹 (2007) 的研究中发现, 在低难度位置回忆编码阶段, 老年人的大脑激活出现了非对称性下降, 而在高难度条件下并没有出现这种现象。同样在 Heuninckx 等 (2005) 的研究中也发现老年人的双侧激活现象受任务难度影响。但是具体在什么样的任务难度下出现该现象还有待进一步的研究。

第二, HAROLD 现象可能也受到实验材料的影响。例如, 唐丹 (2007) 的研究和 Cabeza 等 (1997) 的研究都是采用词对线索回忆任务, 但是所用材料不同。前者用的是汉语双字词, 而后者采用的是英

语单词, 结果 Cabeza 等的研究出现了 HAROLD 现象, 而唐丹的研究并没有出现该现象。这可能因为加工材料不同对大脑的需求不同, 进而造成了激活的差异。

此外, 有关 HAROLD 模型的研究还存在其他尚未澄清的问题需要从理论或方法上进行完善。首先, 由于激活含义的不同, 对结果的描述可能不尽相同。一般脑激活可能有两个层面的观察, 一个是达到一定统计显著性水平的激活脑区的面积大小; 一个是对于某感兴趣区 (ROI, Region of Interest) 而言, 激活强度的大小。研究证据表明 HAROLD 模

型更多是在前一个层面上对年龄差异的描述和总结。那么在激活强度上的年龄差异是不是也有类似的表现,尚不能确定。其次,现有的研究缺乏对这种功能变化的生理机制的探讨。

第三,由于技术和资金的限制,这种认知神经成像的实验不可能进行大样本实验,因此这种从很小的样本量中得出的结果能否推论到整个老年人群中也是个问题。

5 总结

综上所述,我们可以总结出以下几点结论:

第一,老年人与年轻人相比在认知任务的脑功能成像方面的确存在明显差异。HAROLD模型认为老年人出现更明显的双侧激活,但有些研究如Grady等(2008)的研究则发现老年人的激活并非双侧激活,甚至有些研究如Rotte等(2005)的研究发现在某些脑区的激活上老年人反而不及年轻人。总之,老化的过程中确实伴随着大脑功能的变化。

第二,HAROLD模型并非一个普遍适用的模型,而是具有一定任务特异性。尽管HAROLD现象在不同类型的任务以及不同脑区上都得到了验证,但是这种倾向并不是在所有任务中都一定出现。比如Heuninckx等(2005)和唐丹(2007)的研究都发现这种老年人的双侧激活现象只在部分任务中出现,因此HAROLD模型是具有一定任务特异性的。然而影响这种现象的具体机制尚不清楚,还有待更多研究进行探讨。

第三,补偿说不是解释大脑激活年龄差异的唯一观点,并且也不足以解释所有的激活差异现象。例如Colcombe等(2005)的研究中尽管出现了HAROLD现象,却不能用补偿说来解释。因此,还需要探讨更多其他观点对这种年龄差异进行解释。例如Lorenzo-Lopez等(2007)的研究结果支持去分化说,认为:随着老化,脑功能分化逐渐减弱,根据任务性质划分的界限逐渐变的模糊起来,脑的不同区域不像以前那样只参与有限的认知功能(罗跃嘉,2006),因此出现了这种激活的泛化现象。

最后,认知老化的过程不只是丧失的过程也有对这种丧失的适应(Greenwood,2007)。对认知老化的解释也不是一个简单的模型就能恰当概括这种认知变化的(王大华,2005)。虽然已有的研究似乎证明HAROLD模型受任务特点的影响,并不是一个通用的模型。但作为神经科学老化研究领域的重大发现之一,它为了解老化过程中认知功能变化与

脑功能变化的关系提供了新的视角,也为今后的研究指明了方向,更深化了人们对大脑可塑性的理解。

参考文献

- 罗跃嘉.(主编).(2006). *认知神经科学教程*. 北京: 北京大学出版社.
- 申继亮, 陈勃, 王大华. (2000). 成人期基本认知能力发展状况研究. *心理学报*, 32, 54-58.
- 唐丹. (2007). *情景记忆老化的脑成像研究*. 博士学位论文. 北京师范大学.
- 王大华. (2005). 认知功能老化的一个生物学解释-HAROLD模式. *心理发展与教育*, (增刊), 87-91.
- Backman, L., Almkvist, O., Andersson, J., Nordberg, A., Winblad, B., Reineck, R., et al. (1997). Brain activation in young and older adults during implicit and explicit retrieval. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9, 378-391.
- Backman, L., Ginovart, N., Dixon, R. A., Wahlin, T. B., Wahlin, A., Halldin, C., et al. (2000). Age-related cognitive deficits mediated by changes in the striatal dopamine system. *American Journal of Psychiatry*, 157, 635-637.
- Cabeza, R., Grady, C. L., Nyberg, L., McIntosh, A. R., Tulving, E., & Kapur, S., et al. (1997a). Age-related differences in neural activity during memory encoding and retrieval: A positron emission tomography study. *Journal of Neuroscience*, 17, 391-400.
- Cabeza, R., McIntosh, A. R., Tulving, E., Nyberg, L., & Grady, C. L. (1997b). Age-related differences in effective neural connectivity during encoding and recall. *Neuroreport*, 8, 3479-3483.
- Cabeza, R. (2002a). Hemispheric Asymmetry Reduction in Older Adults: The HAROLD Model. *Psychology and Aging*, 17(1), 85-100.
- Cabeza, R., Anderson, N. D., Locantore, J. K., & McIntosh, A. R. (2002b). Aging Gracefully: Compensatory Brain Activity in High-Performing Older Adults. *NeuroImage*, 17, 1394-1402.
- Colcombe, S. J., Kramer, A. F., Erickson, K. I., & Scalf, P. (2005). The Implications of Cortical Recruitment and Brain Morphology for Individual Differences in Inhibitory Function in Aging Humans. *Psychology and Aging*, 20(3), 363-375.
- Dixit, N. K., Gerton, B. K., Dohn, P., Meyer-Lindenberg, A., & Berman, K. F. (2000, June). *Age-related changes in rCBF activation during an N-Back working memory paradigm occur prior to age 50*. Paper presented at the Human Brain Mapping meeting, San Antonio, TX.
- Fridriksson, J., Morrow, K. L., Moser, D., & Baylis, G. C. (2006). Age-related variability in cortical activity during language processing. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 49(4), 690-697.
- Golomb, J. D., Peelle, J. E., & Wingfield, A. (2007). Effects of stimulus variability and adult aging on adaptation to time-compressed speech. *Journal of the acoustical society of America*, 121(3), 1701-1708.
- Grady, C. L., McIntosh, A. R., & Craik, F. I. M. (2005). Task-related activity in prefrontal cortex and its relation to recognition memory performance in young and old adults.

- Neuropsychology*, 43, 1466–1481.
- Greenwood, P. M. (2007). Functional plasticity in cognitive aging: Review and hypothesis. *Neuropsychology*, 21(6), 657–673.
- Hasher, L., & Zacks, R. T. (1988). Working memory, comprehension and aging: A review and a new view. *Psychology of Learning and Motivation*, 22, 193–225.
- Herrmann, M. J., Walter, A., Ehlis, A. C., & Fallgatter, A.J. (2006). Cerebral oxygenation changes in the prefrontal cortex: Effects of age and gender. *Neurobiology of Aging*, 27, 888–894.
- Heuninckx, S., Wenderoth, N., Debaere, F., Peeters, R., & Swinnen S.P. (2005). Neural Basis of Aging: The Penetration of Cognition into Action Control. *The Journal of Neuroscience*, 25(29), 6787–6796.
- Light, L. L. (1991). Memory and aging: Four hypotheses in search of data. *Annual Review of Psychology*, 42, 333–376.
- Langenecker, S. A., & Nielson, K. A. (2003). Frontal recruitment during response inhibition in older adults replicated with fMRI. *NeuroImage*, 20, 1384–1392.
- Lee, T. M. C., Zhang, J.X., Chan, C.C.H., Yuen, K.S.L., Chu, L.W., Cheung, R.T.F., Chan, Y.S., Fox, P.T., & Gao, F.H. (2006). Age-related differences in response regulation as revealed by functional. *MRI Brain Research*, 1076, 171–176.
- Lorenzo-Lopez, L., Amenedo, E., Pazo-Alvarez, P., & Cadaveira, F. (2007). Visual target processing in high- and low-performing older subjects indexed by P3 component. *Neurophysiologie Clinique-Clinical Neurophysiology*, 37(2), 53–61.
- Madden, D. J., Gottlob, L. R., Denny, L. L., Turkington, T. G., Provenzale, J. M., & Hawk, T. C., et al. (1999). Aging and recognition memory: Changes in regional cerebral blood flow associated with components of reaction time distributions. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 11, 511–520.
- Maguire, E. A., & Frith, C. D. (2003). Aging affects the engagement of the hippocampus during autobiographical memory retrieval. *Brain*, 126, 1–13.
- Mandzia, J. L., McAndrews, M. P., Grady, C. L., Graham, S. J., & Black, S.E. (in press). Neural correlates of incidental memory in mild cognitive impairment: An fMRI study. *Neurobiology of Aging*.
- Nordahl, C. W., Ranganath, C., Yonelinas, A.P., DeCarli, C., Fletcher, E., & Jagust, W.J. (2006). White matter changes compromise prefrontal cortex function in healthy elderly individuals. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18(3), 418–429.
- Rastatter, M. P., & McGuire, R. A. (1990). Some effects of advanced aging on the visual-language processing capacity of the left and right hemispheres: Evidence from unilateral tachistoscopic viewing. *Journal of Speech and Hearing Research*, 33, 134–140.
- Reuter-Lorenz, P. A., Jonides, J., Smith, E. S., Hartley, A., Miller, A., & Marshuetz, C., et al. (2000). Age differences in the frontal lateralization of verbal and spatial working memory revealed by PET. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12, 174–187.
- Rajah, M. N., & Esposito, M. D. (2005). Region-specific changes in prefrontal function with age: a review of PET and fMRI studies on working and episodic memory. *Brain*, 128, 1964–1983.
- Rotte, M. (2005). Age-related differences in the areas of Broca and Wernicke using functional magnetic resonance imaging. *Age and Ageing*, 34, 609–613.
- Schaie, K. W. (1993). The Seattle Longitudinal Studies of Adult Intelligence. *Current Directions in Psychological Science*, 2, 171–175.
- Spier, H. J., Maguire, E. A., & Burgess, N. (2001). Hippocampal amnesia. *Neurocase*, 7, 357–382.
- Shan, Z. Y., Liu, J. Z., Sahgal, V., Wang, B., & Yue, G.H. (2005). Selective Atrophy of Left Hemisphere and Frontal Lobe of the Brain in Old Men. *The Journal of Gerontology*, 60(2), 165–174.
- Vernaleken, I., Weibrich, C., Siessmeier, T., Buchholz, H. G., Rösch, F., & Heinz, A., et al. (2007). Asymmetry in dopamine D2/3 receptors of caudate nucleus is lost with age. *NeuroImage*, 34, 870–878.
- Zacks, R. T., Blanchard-Fields, F., & Haley, W. E. (2006). Psychology and Aging: The First 20 Years. *Psychology and Aging*, 21(1), 1–6.

Cognitive Aging and the Brain: HAROLD Model Debate

FU Yan, WANG Da-Hua

(Institute of Developmental Psychology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: HAROLD model (Hemispheric Asymmetry Reduction in Older Adults) refers to the phenomenon that brain activation during cognitive performance tends to be less lateralized in older adults than in younger adults. Since the proposal of the model, a lot of studies have been elicited. In recent years, a series of studies have provided much evidence in support of this model from different fields, such as memory, inhibition, language, sense-motor process and brain structure. However, other studies have argued against the model, in particular its explanation of the compensation hypothesis. By analyzing the literatures in light of these two aspects, it is suggested that HAROLD is a task-specific model and that other hypotheses other than the compensation view can also explain the age-related differences in functional brain imaging. A unified operational definition of brain activation could be useful in further clarifying these issues.

Key words: cognitive aging; HAROLD; compensation hypothesis; brain imaging