

言语产生的认知神经机制*

张清芳 杨玉芳

(中国科学院心理研究所,北京 100101)

摘要 从认知神经科学的角度阐述了言语产生中时间进程及其激活脑区的研究进展。首先简单介绍了言语产生中词汇通达的2种理论观点。在此基础上介绍了运用电生理技术指标 LRP 和 N200,采用双重判断任务范式对言语产生的时间进程的研究。最后论述了有关语言产生的神经心理学研究和脑成像研究,重点阐述了言语产生中时间进程相对应的激活脑区,言语产生的脑区表现出左侧化趋势。

关键词 言语产生,单侧化准备电位,N200,言语产生的核心过程。

分类号 B842.5

关于言语产生的研究兴起于20世纪60年代后期,目前主要的研究焦点是词汇产生中词汇通达的过程。近年来,随着认知神经科学的发展,对词汇产生的研究深入到整体脑的水平。目前研究主要针对2个问题:第一,词汇产生时词汇通达过程中各种信息加工的时间进程。第二,各种信息加工时大脑内激活区的动态变化。本文将对这2个方面的研究进行综述。

词汇产生中的词汇通达包括了2个阶段^[1]。第一阶段为词汇选择,心理词典中的语义表征被激活;然后激活传至中介的词条水平。第二阶段是音韵编码。词条水平的激活进一步扩散到特定词汇的音韵表征上。

目前,关于词汇通达的有2类理论。一类以 Dell(1986)^[2]提出的“两步交互激活模型”(two-step interactive activation theory)为代表。“两步”指的是从语义到语音水平经历了2个步骤。语义特征节点将它们的激活扩散到相应的单词或词条节点,然后它们的激活再扩散至音素节点。激活从一个水平到达另一个水平,2个水平的激活在时间上存在重叠,因此类似的理论模型总称为层叠式模型。“交互”指的是激活方式是交互的。因为所有的联系是双向的,激活将沿2个方向进行扩散。

另一种观点为独立两阶段理论。言语产生中的词汇通达经历了2个分离的阶段,没有互相重叠。也就是说,在词汇选择之后再行进行音韵编码。在第

一阶段,有一个或多个与语义相关的项目从输入的概念处接受激活。最终只有一个经过选择过程“幸存”下来,它就是目标。在第二阶段,只有目标得到音韵上的编码。也就是说,发音计划是针对目标而进行的。Levelt等(1999)^[3]提出的WEAVER(Word-Form Encoding by Activation and VERification, WEAVER)模型即属于独立两阶段模型。

1 时间进程

在产生单词时,关于单词的知识迅速通达,我们可以在一秒中之内产生大约2个词语。神经科学研究中的脑电测量方法和脑磁描记(MEG)方法具有较高的时间分辨率,通常用这2种方法来研究词汇产生的时间进程。

Levelt等(1998)^[4]在图画命名的MEG实验中发现图画命名平均的反应时为538ms。根据研究结果,他们认为在图画命名的过程中,视觉加工和词汇概念通达的时间为图画出现后的0~150ms之间;词条选择的时间范围为150ms至275ms;音韵编码在词条选择之后,经历了大约125ms的时间长度,即从275ms至400ms;最后是语音和发音过程的准备,时间为400ms~600ms。

言语产生中关于语义和音韵时间进程的研究中,电生理实验为其时间进程的研究提供了丰富的实验证据。通常所用的电生理指标为单侧化准备电位(Lateralized Readiness potential, LRP)和N200。

收稿日期:2002-05-22

*国家自然科学基金(39970254)和中科院脑智科学交叉前沿研究项目基金(KJcx1-07)资助项目。

通讯作者:杨玉芳,Email:yangyf@psych.ac.cn;张清芳,Email:zhangqf@psych.ac.cn

266

1.1 单侧化准备电位(LRP)

LRP 来源于准备电位(Readiness potential, RP)。1965年, Kornhuber 和 Deecke 首次发现了准备电位。在按键反应任务中, RP 在反应开始之前 1s 时就已经出现, 是一个缓慢增大的负波。大约在反应之前的 0.5s 时, RP 出现单侧化并且波幅增大。位置在反应手的对侧半球, 在反应做出后波幅达到最大值。准备电位的头皮分布在反应手对侧的运动皮质区幅度最大, 开始于信号出现和做出反应之间。因此, Kutas 和 Donchin(1980)^[5]认为准备电位的单侧化可以作为特定反应准备的指标, 大量研究证实了这一点。现在已经将 LRP 作为反应准备的指标。LRP 可以通过下面的公式得到:

$$\text{LRP} = \text{右手平均}(C3' - C4') - \text{左手平均}(C3' - C4')$$

LRP 已经被用于评估人类信息加工的许多方面, 尤其是 LRP 被用作检测知觉和运动过程中部分信息的传输。研究表明在外显反应未做出的情况下, LRP 可以在传输了部分信息的基础上表现出来。这表明一个刺激的部分信息能够在刺激被完全确认之前, 被用于选择和判断的基础, 做出反应的准备。综合这些研究结果, 研究者得出结论, LRP 基本上可以实时测量反应的准备, 它可以用来监控不同种类的信息影响反应准备的时刻。LRP 的出现可以解释为: 在此时刻有可以利用的信息用作反应的准备。在言语产生中可以利用 LRP 来研究语义、语音以及正字法激活的时间进程。

1.2 N200

要求被试对一类刺激做出反应(GO trials), 对另一类刺激不做反应(NOGO trials)。NOGO 测试刺激的 ERP 会出现一个大的负波(1~4 μV), 时间大约在刺激出现后的 100~300 ms 之间, 尤其是在前额叶部位。有人认为 N200 反映了神经活动对反应的抑制(response inhibition)。这个假设在猴子的前额叶皮质实验中得到了验证。Sasaki 等人发现能够模拟 NOGO 测试刺激的脑加工过程, 而且他们通过模拟前额叶在 200ms 时的过程能够抑制外显反应, 得到一个 NOGO 刺激。因此, N200 的出现表示发生了反应的抑制过程, 而且是在前额叶部位。

在 GO/NOGO 实验范式中, N200 的引发是在一个人不需要做出反应的时候。因此, N200 的出现暗示它可以用来决定是否给出一个反应。可以变化 GO/NOGO 判断的基础, 用 N200 效应的峰值可以判断何时有一些特定的信息得到了编码。

1.3 实验范式和实验逻辑

在应用 LRP 和 N200 作为反应指标的实验中, 所使用的认知实验范式为: 双重判断任务范式(Two-Choice Reaction GO/NOGO Paradigm)。以判断语义和音韵编码的时间进程为例来说明实验范式的特点。

实验中通常使用的任务为图画命名, 例如, 在一半的图画命名测试中, 图画呈现 150ms(此时恰好进入了词条选择过程, 语义信息的编码发生在该过程中)之后, 在图画的周围出现一个框, 表示在图画命名之前要完成一个其它任务, 这是关键的实验任务。该任务包括一个双重判断, 要求被试根据语义信息和音韵信息对图画进行分类。比如被试要基于语义信息做出用哪一只手按键进行反应的判断, 基于音韵信息做出是否反应的判断。所以, 被试或者用左手反应或者用右手反应或者不做反应, 因此做出反应的刺激为 GO 刺激和不做反应的刺激为 NOGO 刺激。

实验范式中关于 LRP 的逻辑是: LRP 反映的是运动的准备。假定被试在可利用信息的基础上能够做出用哪只手反应时就会做好准备, 那么这个准备就会通过 LRP 表现出来。如果反应手取决于语义信息, 而且语义信息先于音韵信息编码, 那么在 GO 刺激和 NOGO 刺激所引发的 ERP 中都会出现 LRP。但是, 一旦音韵信息被编码, 并且决定不需要做出反应时, GO 刺激和 NOGO 刺激所引发的 LRP 就产生了分歧。也就是说, NOGO 刺激引发的 LRP 在放弃反应动作后立刻降低到基线。相比来说, 当反应手取决于音韵信息, 而且语义信息先于音韵信息编码, 被试首先依据了语义信息就决定了是否反应。因此, NOGO 刺激引发的 ERP 就不会出现 LRP。

N200 的实验逻辑与 LRP 类似。在一种条件下, 用哪一只手反应取决于语义信息, 是否反应取决于音韵信息。N200 效应(GO 刺激和 NOGO 刺激引发的 ERP 之间的差异)可以提供被试在音韵信息基础上做出是否反应的时刻上限。根据语言产生的系列模型或者层叠式模型, 语义编码在音韵编码之前发生, 当被试依据语义信息做出是否反应的决策时刻要早于依据音韵信息做出的时刻。我们预期当反应与否的决定建立在语义信息而不是音韵信息的基础上时, 可以观察到早期的 N200 效应。如果语义信息和音韵信息同时编码, 那么 N200 效应就不会产生。

Thorpe 等(1996)^[6]运用 N200 的实验逻辑检查

了图画视觉加工的时间过程。他们发现 N200 在图画呈现 150ms 时到达最大值,此时已有充足的视觉信息使得被试能够决定是否做出反应的时刻。同样检查 N200 出现的潜伏期,即从图画出现到 GO 刺激和 NOGO 刺激的 ERP 开始出现差异的时间。GO 刺激和 NOGO 刺激开始出现差异的时刻已经有足够的信息使得被试可以做出决定是否反应。

van Turennout 等(1997)^[7]的研究中利用了 LRP 作为测量指标来探索词汇产生过程中语义和音韵信息的时间进程。结果发现,提取词汇的语义范畴信息比提取单词的末尾音素信息早 120ms。这 120ms 可以解释为一旦语义选择项目被提取,音韵编码过程需要大约 120ms 的时间来进行编码。

van Turennout 等(1998)^[8]以 LRP 为指标研究了词汇产生中句法信息和音韵信息编码的时间进程,结果表明音韵信息在句法特征提取 40ms 之后就已经开始进行编码了。

Schmitt 等(2000)^[9]的研究中第一次同时以 LRP 和 N200 作为指标来研究语义和音韵编码的时间进程。GO 刺激和 NOGO 刺激的 LRP 在图画呈现大约 380ms 时出现了差异,表明此刻音韵信息已经开始加工。从 380ms 至 460ms 之间持续存在差异,在这 80ms 时间内,GO 刺激和 NOGO 刺激的 LRP 出现了差异。他们还检查了 N200 的 2 个指标:峰值潜伏期和始潜时。N200 效应的峰值潜伏期在依赖语义信息的条件下比依赖音韵信息的条件下早出现 89ms,表明语义信息在音韵信息之前通达,时间大约为 80~90ms。LRP 和 N200 的数据结果都表明语义信息的加工早于音韵加工,2 个成分的结果都为言语产生的系列模型和层叠式模型提供了证据,不支持平行加工模型。Schmitt 等(2001)^[10]研究了图画命名中概念和句法编码的时间进程。结果发现 LRP 和 N200 的结果都表明概念加工早于句法编码 80ms,同样支持了言语产生的系列模型和层叠式模型。

2 言语产生的脑区定位

2.1 神经心理学研究

言语产生的神经心理学对失语症、无语法症、杂乱型失语症、命名不能症等病例的研究能为正常的言语产生过程的研究从另一角度提供独特的视角和观点。1965 年提出的关于语言的脑区定位的 Wernicke - Geschwind (W - G) 模型就建立在脑损伤病人研究的基础上。模型认为包含在语言加工中的各

种加工过程分布于左半球大脑皮质的特定区域,右半球大脑皮质的损伤很少损害语言功能。根据该模型,左半球的下列 7 个区域与语言的活动密切相关:初级听觉皮质(听口语词汇)、初级视觉皮质(看书面单词)、初级运动皮质(言语的运动反应)、韦尼克区(理解口语)、左角回(将书面单词转成听觉代码)、布罗卡区(存储言语产生的计划,通过激活邻近的初级运动皮质产生言语)、弓状束(连接韦尼克区和布罗卡区,使得理解时产生的激活从韦尼克区传至布罗卡区)。根据 W - G 模型,当我们大声朗读时,视觉皮质接受来自初级视觉皮质的信息,然后传导至左半球角回;在角回信息转换成听觉代码并传导至韦尼克区加以理解;经由左弓状束和布罗卡区适当的言语计划,在初级运动皮质的驱动下产生言语。

2.1.1 失语症 传统的研究区分了 2 类失语症:布罗卡区失语症和韦尼克区失语症。这 2 类病症并不是完成对称的病例,它们在 2 个维度上存在差异:一是理解能力是否完整;二是对语言中句法成分的可利用与不可利用性。传统意义上的布罗卡区失语症表现为言语不流利,但无明显的理解能力缺陷;韦尼克区失语症言语流利,但有明显的理解能力缺陷。研究者可以从言语是否流利的角度来区分失语症,也可以从病人是否有理解能力来区分病人。

2.1.2 语法缺失 (agrammatism) 语法缺失包含 3 个成分:第一,存在构建句子的缺陷,不能产生正常顺序的词语。第二,言语的某些部分保持得比其它部分好。尤其是对句法成分存在选择性损害,如内容词保存完好,但对于功能词和单词结尾的保存则受到了损害。第三,有些语法缺失的病人不能理解复杂的句法句。目前的研究焦点在于语法缺失病人是否应该同时出现下列症状:句子构建缺陷、语法成分缺失、句法理解缺陷;还是可以单独出现这 3 种缺陷中的一种。最近的单个案例的研究发现了上述症状之间的分离^[11]。

对语法缺失的解释:(1)可能是由于病人的发音困难引起的。为了保留能量和资源,病人的发音困难导致他们丢失了功能词,但语法缺失并不仅仅是语法词素的缺失,大多数病例表现出句子构建缺陷以及句法理解缺陷。(2)其它理论试图发现引起上述 3 种缺陷的原因。一种观点是布罗卡区负责加工功能词和其它语法成分。在正常的言语产生中,内容词和功能词受到不同的限制和约束。例如,它们从来不会产生互换。同样有神经心理学的证据表

明内容词和功能词是不同的加工过程,但这不能解释语法成分的缺失、其它成分的失调以及各种症状之间的分离。Stemberger^[12]则认为语法缺失是正常言语问题中的一种恶化,即语法缺失的表现是正常言语错误的一种极端情况,但这不能解释语法缺失的所有特点。(3) Schwartz(1987)^[13]将语法缺失与 Garrett^[14]的言语产生模型联系起来。模型区分了句法计划的 2 个重要阶段:功能水平和位置水平。在功能水平上,将具有特定语义内容的单词分配到句法角色比如主语和宾语中去,对单词的顺序不进行表征。在位置水平上,单词的顺序得到表征。Garrett 认为内容词和功能词在语言产生中起着不同的作用。在功能水平上选择内容词,在位置水平上选择功能词。如果在 Garrett 的模型中从功能水平到位置水平的转移上出现了问题,那么就不能构成句子,不能提取句法成分。句子构建缺陷和句法成分缺失之间的分离表明,在 Garrett 模型中不同的加工过程分别负责构建句子结构和提取句法成分。

2.1.3 杂乱型失语症(jargon aphasia) 杂乱型失语症是流畅性失语症的一种类型,表现为句法保持完整,但句子为胡言乱语。患者通常不能觉察自己的话是违反常规的,在别人不能理解时容易被激怒,这表明杂乱型失语症患者存在自我监测方面的问题。

杂乱型失语症中的词语错误表现为替换内容词、言语失序和创造新词。言语失序包括无关的言语错乱,比如语义错乱、形式错乱和音素错乱。杂乱型失语症可能是由于产生过程中词汇提取的失调引起的

2.1.4 命名不能症(anomia) 称名不能表现为在命名客体和图画时遭到损害,同时可能伴随着其它方面的失调比如韦尼克型失语症或布罗卡型失语症。词汇通达的两阶段模型认为在命名过程中可能在提取语义对应的词条时出现问题或者在通达词条后不能提取其音韵形式。因此存在 2 种类型的命名不能症。

语义命名不能症(semantic anomia):表现为不能运用语义表征选择正确的词条。Howard 等(1984)^[15]的研究中描述了病人 JCU,他只能命名所给图片的 3%,在命名时表现出许多语义错误。如果给她提供一些音韵线索,她的命名结果会得到大幅度的改善。研究者认为 JCU 的客体再认和概念表征过程是完好的,可能其语义表征受到了损害,不能区分语义相关词语与目标项之间的区别。她仅仅

能通达不完整的语义信息。在命名图画时,有的病人在某个语义范畴(比如无生命客体)中的表现比另外的语义范畴(比如有生命客体)要好。

拼音性命名不能症(phonological anomia):Laine 等(1996)^[16]的研究中描述的患拼音性称名不能症的病人 IL 知道词语的确切意义,在语义任务上表现正常,但是在提取任何关于目标的音韵信息上表现很差。即他能很好地理解目标的意义,但不能提取目标,尽管有时他有一些关于目标的部分信息,能产生语义相关的词语比如上属级词语或进行功能性描述。这种类型的命名不能症使人联想到 TOT 状态。IL 的问题显然出现在音韵水平而不是在语义水平。

2 种类型的命名不能症支持了言语产生中语义和音韵加工过程分离的观点。一般认为它支持了言语产生中词汇通达的两阶段模型,但与一阶段模型并不矛盾。在一阶段模型中,语义命名不能症出现在语义系统失败时,而拼音性命名不能症出现在不能通达单词形式时。

2.1.5 其它研究 Haglund^[17]等评述了 126 位癫痫病人和脑瘤病人的情况。结果发现语言脑区大部分位于左半球的颞上回,运动区和前运动区,但语言部位同时也出现在颞中回,顶叶和前额叶。不同病人具有不同的语言脑部位地图,没有一个单一的区域总是适合于所有病人。这些发现使得图画命名在不同讲话者之间不可能得到统一。再认客体失败或语义分类失败或提取目标单词失败或音韵编码失败,都有可能阻碍了图画的命名反应。Ojemann 等^[18]评估了电刺激程序对 117 名病人的研究发现,额后皮质,顶下皮质和颞上皮质被激活。但是,许多病人在经典的语言脑区:韦尼克区和布罗卡区没有激活。Dronkers(1996)^[19]在 25 个中风病人中发现这些病人发音运动计划缺陷,这些病人的中央前回受到了损害。

2.2 脑成像研究

W-G 模型建立在脑损伤病人研究基础上,运用现代脑扫描技术的研究结果与 W-G 模型存在不一致之处。Petersen 等^[20]运用 PET 来探索与言语产生相关的脑区。被试在看单词时初级视觉皮质出现的双侧活动在空屏时没有出现。大声读出单词引起了初级运动皮质、躯体感觉皮质、初级听觉皮质以及额中皮质的双侧活动。最后,对与名词相关的动词的反应引起了左半球的前额侧叶皮质的活动,这个区域位于布罗卡区和额中前叶皮质的前面。上述结果对 W-G 模型提出了挑战。比如 3 种实验条

件下的每一个增加了双侧半球的活动,不仅仅是左半球的活动;3种条件中没有一种条件增加了韦尼克区,布罗卡区或角回的活动。相反,没有包含在W-G模型中的大脑区域却产生了激活。

PET可以大致确定语言的脑区,但是由于其空间分辨率较低,不能精确定位。电刺激技术则可以做到精确定位。在一些研究中,利用微弱电刺激技术刺激有意识的病人的皮质表面,以及各种有脑损伤缺陷病人的数据。这样的研究有2个重要的发现:第一,语言的加工脑区不是分布在一个特定的皮质区域,而是分布在较大面积的皮质区域上。第二,不同被试,参与语言的脑区有很大差异。因此,缺乏空间分辨率或者建立在小组平均基础上的结果不可能为语言的脑区研究提供大量信息。只有当研究者发现不同讲话者之间具有的相同点和差异点时,对言语产生的研究就更为深入了。图画命名中的视觉输入过程和最后的输出过程对应的脑区比较确定,但是命名中的其它过程比如词汇通达中的词汇选择和音韵编码的脑区定位研究结果大相径庭。在客体命名和再认的PET研究中,Price等^[21]发现下列区域参与了客体再认:左中枕叶的腹侧和背侧,双侧前颞叶,左小脑;大脑左前外侧裂、左前岛叶、右小脑参与了图画命名的部分过程。Martin等(1996)^[22]同样在PET研究中发现动物的命名而不是工具的命名激活了左中颞叶,这表明可能不同的语义范畴对应于不同的脑区。Damasio等(1996)^[23]发现图片命名中不同范畴的命名所涉及的脑区是不同的,支持了Martin等的研究结果。

由于ERP和MEG的时间分辨率较高,有一些这方面的研究将时间进程与相应的激活脑区紧密联系起来探索言语产生过程中各个阶段激活的脑区。在图画命名的MEG研究基本上有2种方法:第一,确立图画命名的时间进程。第二,通过改变变量,影响加工中的单个阶段。Salmelin等(1994)^[24]首次报告了图片命名的MEG研究。研究证明在图片命名中,皮质的激活从枕叶视觉皮质向颞叶和额叶传播。激活的动态过程与图画命名中的信息加工的时间进程密切相关,从图片的视觉分析到图片名称的执行发音。200ms之前的激活开始于枕叶部位,经由顶叶和颞叶区域到达额叶区域,这时的时间窗口是图画出现后的600ms。在200ms至400ms之间时,韦尼克区和角回区的激活非常明显,但并不是所有的被试都表现如此。进一步研究发现左额叶-颞叶的激活和左右内侧额叶区域的活动是与命名相关

的。Abdullaev和Posner(1997)^[25]利用64导的ERP研究了能很好地完成单词产生任务,但是不能理解产出单词的案例,发现在语义产生单词任务的时间进程中,存在左颞叶到顶叶的激活,包括了韦尼克区。这些区域在刺激出现650ms之后出现激活。上述研究以及其它研究为不同大脑区域包含了不同的加工提供了许多假设。Levelt等(1998)^[4]在图画命名的MEG研究中探索了命名过程中脑区的动态变化过程。研究发现,脑区的激活是从早期的枕叶激活,经过顶叶和颞叶,最后是额叶的激活。左后颞叶区域在图画呈现200ms后表现出显著的激活状态,在350ms之后达到最大激活。在右侧顶叶皮质发现了一致的激活,激活在图片呈现230ms之后达到峰值。右侧顶叶和左后颞叶区域的活动在时间上有一定程度的重叠。从275ms到400ms之间,韦尼克区的活动是显著的。偶极子源分析表明在图画命名中的视觉加工和词汇概念通达过程时枕叶皮质有激活;右顶叶和颞上回后部区域在词条选择时存在激活;音韵编码过程激活了颞上回和颞顶联合区;语音编码和发声过程准备时感觉运动皮质和顶叶颞叶区域存在激活。上述结果除过右顶叶的激活以外,其它部位的激活与前面的研究基本一致。

关于图画命名中150ms到275ms(词条选择阶段)之间右顶叶激活的争论现在比较激烈。研究者认为没有很好的理由解释这一点^[4],可能在某些任务中词条选择是基于对视觉客体的再认。在工作记忆任务中,Klingberg^[26]等在PET研究中发现右顶叶下部区域存在激活。Salmon^[27]等同样在言语记忆的PET研究中发现右顶叶下部区域的活动。Levelt^[4]等认为该区域的激活可能来自于视觉注意。Fallienot^[28]等在PET研究中发现视觉匹配任务中,位于右半球Brodmann边缘的19区和7区激活。他们认为这个激活是注意在客体的部分之间或客体的特性之间转移引起的结果。Levelt等^[4]和Fallienot等^[28]的研究结论与Fink等人(1996)^[29]的一致。Husain等(1997)^[30]发现对右顶叶区域的损伤影响了病人转移注意的能力。词条选择阶段中注意可能在其中扮演了重要角色。

在音韵编码中左颞皮质的激活表明韦尼克区可能是单词产生中音韵编码阶段对应的脑区(Haglund等^[17]和Ojemann等^[18])。最近的研究表明TOT现象发生在音韵编码阶段。有一种失语症也是因为音韵编码阶段出现障碍引起的,这些出现障碍的脑区位于韦尼克区。Boatman等(1995)^[31]的研究结果

也为左颞皮质参与听觉音韵编码提供了证据。Abdullaev 和 Posner(1997)^[25]在动词产生任务中发现了韦尼克区的激活,可以将以上这些发现解释为产生单词时的音韵编码过程所引起的。Elita 等(2000)^[32]用命名和看单词 2 种任务来探索脑电活动的位置和来源,发现 ERP 中的 N1 和 P2 成分来自相同的脑区,但在主动命名中激活的程度比被动观看要强。研究认为 N1 和 P2 在 2 种任务上的差异主要反映了主动命名和被动观看中心理负荷的不同所引起的注意效应。从图画呈现后的 275ms 至 400ms,在命名中有颞叶中区和颞叶后区参与。被动观看和主动命名时的左半球活动都高于右半球,表现出言语产生中大脑两半球活动的不对称性。在言语产生中的音韵编码时段,韦尼克区参与了编码活动。

de Zubicaray 等(2001)^[33]利用 fMRI 脑成像技术研究了图画-词汇干扰实验范式中的语义干扰效应,发现产生语义干扰效应时,引起了颞中回、左后颞上回、左前束状回以及双侧前额叶的激活。结果直接支持了交互激活模型认为语义干扰效应处于音韵提取水平的观点,并且证明了激活能够在概念加工和音韵提取水平之间进行扩散。Buchsbbaum 等(2001)^[34]在言语知觉和言语产生的 fMRI 研究中,发现两者都激活了左后颞上回。Kircher 等(2000)^[35]用 fMRI 研究了言语产生中的词汇提取阶段,发现持续的语言产生中激活的脑区有左颞叶和下顶叶。这与单个词汇产生激活的脑区不同。Kircher 等(2002)^[36]运用同样的技术研究了患精神分裂症思维混乱的病人在连续言语中的神经相关物。发现正常人的言语产出数量主要与左颞上回有关,病人则主要与右颞上回有关。在连续言语的产生中,病人与正常人的激活脑区完全不同。

2.3 脑成像元分析法

Indefrey 等(2000)^[37]和 Levelt 等(2001)^[38]运用元分析方法分析了 58 个言语产生的脑功能成像研究的结果。他们首先区分了各种产生任务中包含的引入过程和核心过程。产生任务完整的核心过程包括概念准备和词汇选择、音韵代码提取、音韵编码、语音编码和准备发音这几个阶段。有的产生任务比如图画命名包括了完整的核心过程,有的任务比如假词阅读只包括了从音韵编码开始及以后的 3 个过程。关于词汇产生的核心过程,总的来说脑区的激活呈现左侧化趋势,包括后额下回(布罗卡区),颞上回中部,颞中回,后颞上回,后颞中回(韦

尼克区),左丘脑。下面针对言语产生核心过程所包含的阶段逐一说明所对应的激活脑区。

概念准备和词汇选择:颞左中回在图画命名和单词产生中激活,但在单词阅读中则很少。因此该区域被认为与概念或词汇选择有密切关系。颞左中回被发现是“一般性语义系统”的一部分,但是应该记住词汇概念的激活仅仅是许多概念语义加工中非常特殊的概念过程。就单词产生而言,这些概念性的过程被看作是引入过程。

音韵代码提取:单词提取发生在图片命名、单词产生、单词阅读中,但在假词阅读中则没有。音韵编码的提取可能会激活颞左后上回,颞中回比如韦尼克区,左丘脑。颞后上叶在单词理解中也被激活,因此可以推测单词形式表征的存储形式在单词产生和理解中都能通达。

音韵编码:所有的言语产生任务都包含这一过程。有 2 个区域与该过程可能有关:左后额下回(布罗卡区)和左颞上回中部。Cabeza 等(1997)^[39]发现重复和阅读任务中唯一共同激活的区域是布罗卡区。根据任务分析,这 2 种任务唯一共同的加工过程是音韵编码。在内隐和外显的假词加工过程中都观察到有布罗卡区的激活,但未激活颞左中上回,这表明在布罗卡区和颞左中上回可能存在功能上的差异。语言理解中的音韵加工也涉及到布罗卡区的激活。布罗卡区在言语产出时的激活表明该区可能是非词音韵加工器。

语音编码和发音:所有需要发声的任务减去无声的任务后发现的激活区有初级运动区和感觉区。进一步的研究发现发声任务激活的区域有颞左前上回、右感觉运动区、左小脑和中小脑。感觉运动区可能与运动计划和想象发音有关。

从上面的论述可以设想词汇产生的大脑激活过程:视觉和概念上的引入过程涉及到枕叶、腹侧颞叶和额前区(0~275ms);接着激活传至韦尼克区,单词的音韵代码存储在该区,这种信息传播至布罗卡区和(或)颞左中上叶,进行后词汇音韵编码(275~400ms);然后进行语音编码,这一过程与感觉运动区和小脑有关,激活感觉运动区进行发音(400~600ms)。

关于言语产生中句法加工过程的神经相关物,初步的实验发现是布罗卡区及其周围区域、颞左前上叶、布罗卡区和邻近的额中回。关于语法产生的神经相关物尚无明确结论。

在整个单词产生过程中从音韵编码开始始终存

在着一个自我监控内部言语的机制,假设自我监控也参与言语理解系统。关于言语产生中的自我监控研究发现,听自己的声音和别人的声音都产生相同的颞叶激活。McGuira 等^[40]比较了被试想象听另一个人的声音与自己对自己默默说话时的情况,均发现有左后颞上回(与运动区一起)的激活,但前者的激活程度高于后者。激活的脑区包含了韦尼克区,而该区是言语理解的基本脑区,而且他们还发现在自我监控言语中存在右颞叶区域的活动。

3 总结和展望

神经成像研究抓住了单词产生所包含的核心过程。与特定任务关联的大脑结构可以从大量的大脑活动中区分开来。言语产生的脑成像研究一般有 2 种方法:第一,比较不同类型的语言产生任务确定产生过程激活的脑区;第二,在单个任务中比较不同类型的刺激产生的结果。总的来说,言语产生的脑区呈现左侧化趋势,除过语音编码或发音中的感觉运动区是双侧激活单词的外显执行是双侧小脑参与之外。概念驱动的词汇选择为颞中回中部;音韵代码的提取是韦尼克区;音韵编码是布罗卡区及其邻近区域;语音编码和发音准备是双侧感觉运动区。

脑成像研究中可能存在 2 个问题:第一,较弱的激活被忽视或者文献没有报道。一般来说,成像实验中的统计阈限倾向于保守。有一些研究者引用了非常严格的统计界限,强调了具有显著差异的发现,并且弱的激活在许多实验中不一定能探测到以至于被忽视了。第二,尽管研究集中在低水平的控制条件下,但是单词产生过程本身不能被忽视,研究者可能不能在所有案例中消除模糊性。

现在的研究文献多集中于对单词产生方面,但讲话不仅仅包含的是产出单词,而且包含了句子和连续语流的产生。研究者应重视个案研究所提供的特殊信息,加强对脑区激活动态变化的分析。元分析方法能提供成分任务分析和成分加工的时间框架。另外,其它各种脑功能成像技术和精巧的行为实验的结合对于单词产生和句子产生的神经科学研究将做出重大贡献。

参 考 文 献

- Levelt W J M. Accessing words in speech production: Stages, processes and representations. *Cognition*, 1992, 42: 1 ~ 22
- Dell, G S A. Spreading - activation theory of retrieval in sentence production. *Psychological Review*, 1986, 93(3): 283 ~ 321
- Levelt W J M, Roelofs A, Meyer A S. A theory of lexical access in speech production. *Behavioral and Brain Sciences*, 1999, 22: 1 ~ 75
- Levelt W J M, Praamstra P, Meyer A S, et al. An MEG study of picture naming. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 1998, 10(5): 553 ~ 567
- Kutas M, Donchin E. Preparation to respond as manifested by movement - related brain potentials. *Brain Research*, 1980, 202: 95 ~ 115
- Thorpe S, Fize D, Marlot C. Speed of processing human visual system. *Nature (Lond)*, 1996, 381: 520 ~ 522
- Van Turenout M, Hagoort P, Brown C M. Electrophysiological evidence on the time course of semantic and phonological processes in speech production. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 1997, 23(4): 787 ~ 806
- Van Turenout M, Hagoort P, Brown C M. Brain activity during speaking: From syntax to phonology in 40 milliseconds. *Science*, 1998, 280: 572 ~ 574
- Schmitt B M, Munte T F, Kutas M. Electrophysiological estimates of the time course of semantic and phonological encoding during implicit naming. *Psychophysiology*, 2000, 37: 473 ~ 484
- Schmitt B M, Schiltz K, Zaake W, et al. An electrophysiological analysis of the time course of conceptual and syntactic encoding during tacit picture naming. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2001, 13(4): 510 ~ 522
- Caplan D, Baker C, Dehaut, F. Syntactic determinants of sentence comprehension in aphasia. *Cognition*, 1985, 21: 117 ~ 175.
- Stemberger J P. Structural errors in normal and agrammatic speech. *Cognitive Neuropsychology*, 1984, 1: 281 ~ 313
- Schwartz M F, Linrbarer M, Saffran E, et al. Syntactic transparency and sentence interpretation in aphasia. *Language and Cognitive Processes*, 1987, 2: 85 ~ 113
- Garrett M F. Disorders of lexical selection. *Cognition*, 1992, 42: 143 ~ 180
- Howard D, Orchard - Lisle V. On the origin of semantic errors in naming: Evidence from the case of a global aphasic. *Cognitive Neuropsychology*, 1984, 1: 163 ~ 190
- Lanie M, Martin N. Lexical retrieval deficit in picture naming: Implications for word production models. *Brain and language*, 1996, 53: 283 ~ 314
- Haglund M M, Berger M S, Shamseldin M, et al. Cortical localization of temporal lobe language sites in patients with gliomas. *Neurosurgery*, 1994, 34: 567 ~ 576
- Ojemann G A, Ojemann J, Lettich E, et al. Cortical language localization in left, dominant hemisphere. *Journal of Neurosurgery*, 1989, 71: 316 ~ 326
- Dronkers N F. A new brain region for coordinating speech articulation. *Nature*, 1996, 384(14): 159 ~ 161
- Petersen S E, Fox P T, Posner M I, et al. Positron emission tomographic studies of the cortical anatomy of single - word processing. *Nature*, 1988, 331(6157): 585 ~ 589

- 21 Price C J, Moore C J, Humphreys G W, et al. The neural regions sustaining object recognition and naming. *Proceedings of the Royal Society London*, 1996, B 263: 1501 ~ 1507
- 22 Martin A, Wiggs C L, Ungerleider L G, et al. Neural correlates of category - specific knowledge. *Nature*, 1996, 649 ~ 652
- 23 Damasio H, Grabowski T J, Tranel D, et al. A neural basis for lexical retrieval. *Nature*, 1996, 380 (11): 499 ~ 505
- 24 Salmelin R, Hari R, Lounasmaa O V, et al. Dynamics of brain activity during picture naming. *Nature*, 1994, 368: 463 ~ 465
- 25 Abdullaev Y G, Posner M I. Time course of activating brain areas in generating verbal association. *Psychological Science*, 1997, 8: 56 ~ 59
- 26 Klingberg T, Kawashima R, Roland P E. Activation of multi - modal cortical areas underlies short - term memory. *European Journal of Neuroscience*, 1996, 8: 1965 ~ 1971
- 27 Salmon E, Van der Linden M, Collette E, et al. Regional brain activity during working memory tasks. *Brain*, 1996, 119: 1617 ~ 1625
- 28 Faillenot I, Toni I, Decety J, et al. Visual pathways for object - oriented action and object recognition; Functional anatomy with PET. *Cerebral Cortex*, 1997, 7: 77 ~ 85.
- 29 Fink G R, Halligan P W, Marshall J C, et al. Where in the brain does visual attention select the forest and the trees? *Nature*, 1996, 382: 626 ~ 628
- 30 Husain M, Shapiro K, Martin J, et al. Abnormal temporal dynamics of visual attention in spatial neglect patients. *Nature*, 1997, 385: 154 ~ 156
- 31 Boatman D, Lesser R P, Gordon B. Auditory speech processing in the left temporal lobe: An electrical interference study. *Brain and Language*, 1995, 51: 269 ~ 290
- 32 Eulita C, Hauk A, Cohen R. Electroencephalographic activity over temporal brain areas during phonological encoding in picture naming. *Clinical Neurophysiology*, 2000, 111: 2088 ~ 2097
- 33 de Zubizaray G I, Wilson S J, McMahon K L, et al. The semantic interference effect in the picture - word paradigm: An event - related fMRI study employing overt responses. *Human Brain Mapping*, 2001, 14(4): 218 ~ 227
- 34 Bachsbaum B R, Hickok G, Humphries C. Role of left posterior superior temporal gyrus in phonological processing for speech perception and production. *Cognitive Science*, 2001, 25(5): 663 ~ 678
- 35 Kircher T T J, Brammer M J, Williams S C R, et al. Lexical retrieval during fluent speech production; an fMRI study. *Neuroreport*, 2000, 11(18): 4093 ~ 4096
- 36 Kircher T T J, Liddle P F, Brammer M J, et al. Reversed lateralization of temporal activation during speech production in thought disordered patients with schizophrenia. *Psychological Medicine*, 2002, 32(3): 439 ~ 449
- 37 Indefrey P, Levelt W J M. The neural correlates of language production. In: M Gazzaniga ed. *The new cognitive neurosciences* (2nd ed). Cambridge, Mass: MIT Press, 2000. 845 ~ 865
- 38 Levelt W J M, Indefrey P. The speaking mind/brain: Where do spoken words come from? In: Image, Language, Brain. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2001. 77 ~ 93
- 39 Cabeza R, Nyberg L. Imaging cognition: An empirical review of PET studies with normal subjects. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 1997, 9: 1 ~ 26
- 40 McGuire P K, Silbersweig D A, Frith C D. Functional neuroanatomy of verbal self - monitoring. *Brain*, 1996, 119: 907 ~ 917

THE COGNITIVE NEUROSCIENCE MECHANISM OF SPEECH PRODUCTION

Zhang Qingfang, Yang Yufang

(Institute of Psychology, the Chinese Academy of Sciences, Beijing, China 100101)

Abstract

The study of speech production is a challenging question in language research. The topic of this paper is to review the development of speech production research from the point of view of cognitive neuroscience. There are two major theories about the lexical access in speech production two - step interactive activation theory and discrete stage theory. Their important differences are the time course of the lexical access and the interactive between two stages. Using the dual GO/NO-GO tasks, the ERP researches provided much more detailed evidences about the time course of speech production by LRP and N200 indices. Summarizes the core findings of the neuropsychology and the brain imaging of speech production. Based on the meta - analysis of a number of the studies of brain imaging, concludes every stage's corresponding dynamic brain areas in the time course of speech production. The network of producing words is almost completely left - lateralized.

Key words speech production, LRP, N200, the core processes of speech production.