

语言书写机制的研究进展：来自失写症的证据*

刘 洁¹ 毕彦超¹ 韩在柱²

(¹认知神经科学与学习国家重点实验室, 北京师范大学, 北京 100875)

(²应用实验心理北京市重点实验室, 北京师范大学, 北京 100875)

摘 要 近年来人们采用认知神经心理学方法, 通过研究失语症病人的选择性语言功能损伤取得了许多理论成果。该文主要介绍了当前比较认可的书写模型, 简要阐述了书写过程中所涉及的认知成分, 以及从刺激呈现到拼写出单词的简单动态过程, 并回顾了模型建立的实验证据和逻辑思想。

关键词 书写, 词汇通路, 亚词汇通路, 整合假说, 字形输出缓冲器。

分类号 B842

1 引言

语言是人类的一种高级心理机能。人类如何使用语言进行交流? 人们是如何将自己需要表达的内容转换为文字符号输出的? 这些一直是人们感兴趣的问题。由于这个心理过程的特殊性, 人们很难用常用的研究正常人的研究手段(如反应时、fMRI等), 将各种不同认知成分分离开来, 以语言功能损伤的病人为研究对象的认知神经心理学为探讨语言的表征和加工理论提供了新途径, 并为人们了解语言的加工过程提供了大量的证据。根据临床上失写症(agraphia)病人的不同表现, 人们将其划分为很多不同的亚类型, 如词汇失写症(lexical agraphia)、语音失写症(phonological agraphia)、语义失写症(semantic agraphia)、深层失写症(deep agraphia)。而事实上随着研究的深入, 许多研究者观察到每一个亚类型内部的表现也不尽相同。因此本文主要从理论模型出发, 着重介绍在书写过程中整个心理过程是如何组织的, 该过程包括哪些认知成分, 以及各成分之间是怎样相互作用等问题。

2 书写的理论模型简介

一般认为书写的过程包括两条主要通路: 词汇通路和亚词汇通路(见图1)。人们通过词汇通路加工熟悉的词语, 而亚词汇通路则是通过某些音形转换(phoneme-grapheme correspondence, PGC)规则,

来实现从语音输入到字形输出的转换。当人们需要书写不熟悉的词汇或假词(如 wug)时, 就可以通过亚词汇通路的 PGC 规则来输出。在词汇通路中, 听觉的语音刺激(比如/sAn/)会激活记忆中存贮的所有语音相关的表征, 如 son, sun, song 等, 所有这些表征存贮在语音输入词典。然后, 由听觉刺激激活的语音表征进入语义系统, 激活与之相关的词义来理解其意义。语义系统存贮了人们所熟悉的所有词义, 研究者假设任何形式的词汇(听觉、视觉)意义都存贮在语义系统中, 人们听到看到的词语必须通过语义系统才能通达其意义的表征, 因此所有和理解相关的任务都需要语义系统的参与。语义系统中激活的语义表征进一步进入字形输出词典。研究者认为在这个词典中存贮着熟悉词语的抽象字形形式。然而拼写是一种序列加工过程, 这就需要在拼写过程中字形表征一直维持激活, 因此人们假定在字形输出词典之后存在一个字形输出缓冲器(graphemic buffer), 来维持拼写过程中抽象的字形编码。而最后的输出过程又包括几种不同的形式, 如口头拼写(oral spelling)、书面拼写(written spelling)、打字(typing)等, 人们通过字母名字转换(letter name conversion)或字母形式转换(letter form conversion)两种机制来完成这个过程。

在亚词汇通路中, 它包括两个过程, 首先通过语音分解来接收前词汇过程的听觉和语音输入, 将其分解为小的语音单元, 然后通过 PGC 转换规则来进行音形转换。如听到“Philip”这个词, 我们会自动地将接收到的语音刺激分解为/f/, /i/, /l/, /i/, /p/这几个语音单元, 然后根据 GPC 规则, /f/音对应着

收稿日期: 2007-05-30

* 国家自然科学基金(30470574)、北京市自然科学基金(7052035)和北京市教育委员会共建项目(SYS100270661)。

通讯作者: 毕彦超, E-mail: ybi@bnu.edu.cn

f 或 ph, /i/ 对应着 ee 或 ea, 以此类推, 就能产生相应的单词了。

另外还有一些研究者^[1,2]认为在语音输入词典

和字形输出词典之间可能存在一条直接连接而不经语义系统的通路, 称为“非语义通路”或“直接通路”。是否真正存在这条通路目前还在争议中^[3]。

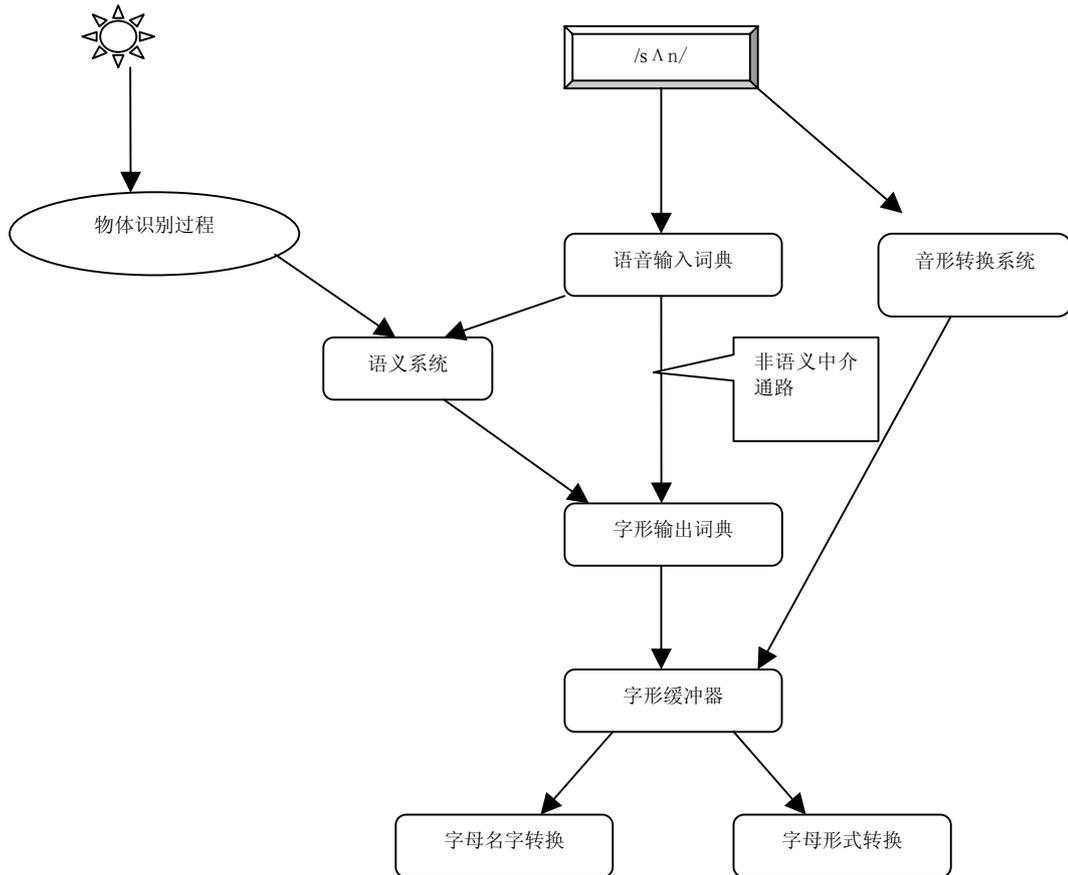


图 1 书写理论模型

3 失语症病人的研究如何让我们了解和完善理论模型

3.1 拼写中的通路数量

尽管人们普遍认为在拼写熟悉词和不熟悉词的时候使用了不同的通路, 分别为词汇和亚词汇通路, 但同时也存在另外一种观点认为真、假词的加工是在同一过程中完成的。那么认知神经心理学家是如何通过失写症病人的研究证明两条通路同时存在的呢? 我们知道, 如果损伤了拼写真词和假词中某一个功能, 而另外一种功能保留, 如拼写真词的功能完好而假词受损, 或者假词的功能完好而真词受损, 则可以证明其加工过程是分离的。

下面将以两位脑损伤病人为例, 来验证以上观点。病人 RG^[4]和 PR^[5]恰好表现了真词和假词的拼写能力的分离。RG 拼写真词困难 (正确率 66%) 而假词正常 (99%), 相反 PR 拼写真词正常 (94%) 而假词困难 (18%)。进一步分析发现, 1) 病人 RG 在复述和听觉理解任务中 100% 正确, 并且自发书写有困难, 表明损伤不在语音输入词典处, 并且语义系统完好; 2) 输出没有表现出词长效应, 字形输出缓冲器没有受到损伤, 3) 书面拼写和口头拼写均有困难, 表明损伤不在后词汇水平的字母形式的转换处。因而可以推断病人损伤在字形输出词典, 属于词汇通路。对于 PR, 拼写真词的正确率为 94%, 并

且没有表现出音形转换一致性效应以及频率效应。拼写假词正确率仅为 18%。在拼写假词结束后立即要求病人做复述任务他仍能正确复述 77%，表明假词拼写困难的原因并不是由于记忆方面的障碍，书写和口语拼写中犯相同的错误，表明病人的损伤处在亚词汇通路。两个病人真、假词双分离的损伤很好的证明了拼写的双通路的存在。

在英语书写的研究中，有证据表明被试在不理解词义的情况下，却可以拼写出高度不规则词。因此一些研究者假设了一条非语义直接通路(见图1)，连接着语音输入词典和字形输出词典。来自汉语的证据证明了这条通路的存在。个案 CML^[6]在所有语义测验中都表现出损伤，如词图匹配、图片归类正确率都在 80%左右。因此可以判断 CML 语义系统有轻微损伤。而听写成绩 (44.8%) 好于书写命名 (22.4%)，由此可推断必定有一条不经过语义表征的通路来完成听写任务。另外，书写的同音错误也进一步证明了非语义中介通路的存在。分析其错误类型可以看到，许多反应都与目标词是同音词或仅与目标词声调不同，这种错误类型占所有错误的 50%以上。人们在听写的时候，听觉刺激进入语音输入词典，通过非语义直接通路进入字形词典激活了所有语音相关的字形表征，通过语义通路激活了所有语义相关的表征。正常情况下人们会选择语音和语义表征的重叠部分来反应。而语义系统受损时无法正常限制反应，因而产生了大量同音错误。CML 的表现证明了不通过语义系统通路的存在。

现在日益发展的神经解剖学也为双通路的存在提供了一些证据。上文提到过失写症的许多亚类型，其中包括了词汇失写症和语音失写症。词汇失写症病人表现为拼写规则词和非词正常，而不规则词受损。且拼写错误类型多数为语音可行性错误 (phonological plausible error, PPE)。从功能角度分析，这类病人的损伤处在词汇通路，具体到认知成分的损伤可能在语义系统，字形输出词典或两者的连接处。从大脑结构角度来看，人们发现如果功能损伤在语义系统，那么结构上损伤比较集中在颞、顶叶后部^[7]或额叶^[8]；如果功能损伤在字形输出词典，结构损伤在梭状回后部 (posterior fusiform gyrus)^[9]比较集中。总的来说，词汇通路损伤的大脑皮层定位大多集中在左侧顶枕叶联结处^[10-12]、角回^[13]等区域，处于左半球侧裂外区通路(extrasylvian left hemisphere pathology)中。而语音失写症临床表

现为不能拼写不熟悉词或假词，真词拼写能力保留。拼写真词时受到语义变量(如词频、词的具体性等)的影响，但不受字形规则性的影响。拼写错误中会犯字形相似错误 (secret → securt)、语音不可行错误 (cat → whj)、词素错误 (works → worked) 以及功能词置换 (where → what) 错误。从功能角度分析，这种损伤模式表现出病人失去了亚词汇通路的支持，因而我们得出其损伤处应处于亚词汇通路。而结构角度来看，这类病人损伤的皮层定位大多集中在外侧裂语言区 (perisylvian language zone)^[5,14-16]，包括了威尔尼克区、缘上回和布洛卡区。也就是说，词汇失写症与语音失写症从功能上看损伤在两条不同的通路上，同样也得到了脑结构证据的支持，说明了词汇和亚词汇通路分别通过不同的脑区完成书写这个过程。

3.2 拼写中的词汇与亚词汇通路间的交互作用

失写症病人的表现不断地让人们意识到，词汇和亚词汇通路之间可能存在交互作用。下文将以三位书写困难的病人为例来阐述这种观点。

病人 LAT^[17]的临床表现为：1) 复述没有困难，听写假词正确率均在正常范围 (90%~98%)，表明后词汇水平没有损伤；2) 定义准确，表明语义系统完好，并且语音输入词典完好；3) 听写真词有困难，并且表现出词频效应和音形转换一致性效应，主要的错误类型为 PPE，也就是说拼写的单词符合 PGC 转换规则。由此可以推断其损伤在字形输出词典。同时，根据进一步分析 LAT 的拼写错误发现在高音形转换一致性 (high PG probability) 的音节没有犯错误，如 (/k/ → k, bouquet → bouket)，并且低 PGC 的音节也常常没有犯错误，如 (bouquet 中/ei/ → et)，而 PGC 系统的理论预期认为，由于经验的影响人们更容易在低 PGC 条件下犯错误。研究者们为了解释这种书写现象提出了两种假说，一种叫做 PG 系统特异性假说 (idiosyncratic phoneme-grapheme hypothesis)，该假说认为所有的 PPE 错误都是由 PGC 系统产生的，而低 PGC 在语言系统中的表征更强，所以难以被损伤。另一种整合假说则认为 LAT 的错误类型是由于词汇和亚词汇系统信息的整合，因而可以预期如果同时在真词和假词中出现低 PGC 的音节，LAT 所犯的 PPE 错误相同，则支持第一种假说，反之则支持整合假说。因此 Rapp 重新采用 97 个真词和与之匹配的假词来测试 LAT 的拼写能力，结果表明低 PGC 音节在真词中正确率为 52%，

而假词正确率仅为36%，二者差异显著 ($p = 0.01$)，支持了整合假说。

个案 JJ^[3] 的词汇理解正确率为30%~40%，口语和书写命名也为30%~40%，并且命名的错误类型均为语义相关错误，因而推断病人损伤处在词汇通路上。然而奇怪的是，病人在听写中没有犯任何语义错误，由此可以推断在这个任务中来自亚词汇通路的信息帮助病人选择正确的激活竞争者。而在命名时，因为没有来自亚词汇通路的语音输入信息，所以无法帮助病人正确完成任务。同样体现了两条通路的整合作用。

RCM^[18] 在第一阶段的观测中表现出视觉和听觉语言的理解正常，有轻微的找词困难，词汇的流利性比发病前有所降低，口语命名和阅读正常，拼写能力有损伤，并犯大量的语义错误(56%)，假词拼写完全不正确，并且不犯 PPE 错误。分析 RCM 拼写的假词，得到其小的语音单位错误率为58%。因而推断病人的损伤在字形输出词典，同时亚词汇通路损伤严重。两周后对 RCM 做第二次观测时发现 RCM 拼写的语义错误从56%下降至10%，出现3%的假词拼写正确且分解后语音单位的错误率从58%下降至33%，同时 RCM 开始出现 PPE 错误。说明病人的亚词汇通路有所恢复。RCM 的损伤也表明了语言产生过程中词汇和亚词汇通路的整合作用。

目前的汉语研究暂时还未找到两条通路交互作用的证据。

3.3 拼写中的语音中介

一种传统的假设认为，书面语言必须完全依赖于口头语言。语义激活之后必须通过语音激活才能通达字形，这叫做语音中介假设 (obligatory phonological mediation)。而另外一种字形独立模型 (orthographic autonomy) 理论认为，通达字形时不需要激活语音。因此我们可以假设当语音输出词典受损，按照语音中介假设模型的观点，语音表征的损伤必然导致字形输出的损伤，而按照后一种观点则不会表现出字形的损伤。

病人 RGB 的表现很好地证明了字形独立理论^[19]。他的表现如下：1) 定义、匹配等任务上正确率100%，表明语义系统完好；2) 但在口语产生任务中犯大量语义错误(68%~69%)，比如阅读时可以正确定义的词阅读时出现语义错误，这表明损伤出现在语音输出词典。我们认为在语音输出词典中表

征了大量的激活的语义相关词汇，激活高的单词竞争力更强，因而容易被提取，这些一旦提取过程中语义相关词激活高并被选择，就会导致语义相关错误^[20]；3) 而病人在拼写时正确率较高(94%)，并且不犯语义错误，这种表现驳斥了语音中介假设的观点。

3.4 字形输出缓冲器表征的内容

Caramazza 等人^[20]认为字形输出缓冲器的损伤会与一定的行为模式相联系。由于它处于后词汇水平，因此不会受词汇或语义因素的影响(如频率、具体性或词类)，也不会受任务输入通道(听写或书写命名)或任务输出通道(书面拼写、口头拼写或打字)的影响。字形表征激活之后进入字形缓冲器等待输出，词长度越大保存则越困难，因此书写错误是词长的函数。拼音文字语言中字形输出缓冲器中有丰富的内容表征，如字母特性、字母顺序以及字母组合等^[21-23]。英语中字形表征的最小单位是字母，而汉语是表意文字，其字形表征较英语更为复杂。正是由于汉语的这种特殊性，它会给人们研究书写的心理过程带来新的契机。80%的汉字是形声字，包括声旁和义旁两部分，如“清”，声旁为青，义旁为“氵”。许多语言学家^[24-27]认为除了偏旁之外，汉语结构中还包括笔画、部件这两个成分。因此人们开始探讨哪一个水平在概念上与英语中字母相对应。许多研究证据表明，部件是汉语书写的基本表征单元。如 Law^[25]分析了病人 SFT 的听写和延迟抄写的错误类型，将其分解为整字、部件、笔画三个水平，发现在部件水平的错误占了大多数(211/315)，因此推断汉语中字形词典中最基本的书写单元为部件。另外有研究者^[28]认为 SFT 在延迟抄写和直接抄写中均犯错误，正确率分别为40%和53%。因此 SFT 的损伤不在字形缓冲器，而更可能在外周边缘的运动系统受损。汉字基本单元的确定还有待进一步的研究论证。病人 WLZ^[28]，直接抄写100%正确，排除了外周运动系统损伤的可能性。延迟抄写有困难并且不受语义、词类的影响，也没有表现出声旁规则性效应，并表现出明显的词长效应(即汉字的部件数越多，延迟抄写的正确率越低)，由此推断 WLZ 字形输出缓冲器受损。而且，分析其错误反应发现大部分的错误发生在部件水平。因此现有证据表明汉字的基本书写单元为部件，它保存于字形输出缓冲器中。

另外，通过分析失写症病人的拼写错误，研究

者得出字母文字的字形表征是层次结构的,包括字母位置、数量、以及字母元音辅音的信息^[21,29]。例如病人 LB^[21,29]。LB 是一位母语为意大利语的病人。除阅读和拼写外,其他语言功能正常。拼写真假词任务中观察到明显的词长效应,并且真假词书写的损伤模式表现出跨通道、跨任务的一致性。因此推断出损伤处在字形输出缓冲器。进一步分析其错误类型发现,拼写时错误类型大致可以分为四种:置换字母 (letter substitutions), 插入字母 (letter insertions), 删除字母 (letter deletions), 调换字母 (letter transpositions)。在置换字母错误中,研究者发现 99.3%均为相同类型的字母置换,如元音置换为元音,辅音置换为辅音。因此研究者假设在 buffer 中表征着字母的元音/辅音的信息 (c/v status) 和字母身份 (letter identity), 且两者相互独立,可以分别损伤。同时发现 LB 在书写叠字母词 (double letters) 时,常犯叠字置换错误 (geminate substitutions), 如 ('sorella' [姐妹] → sorrela, 'marrone' [棕色] → mazzone 等)。这种错误占所有错误的 0.2%。因此研究者假设 buffer 中不但单独表征了字母身份信息,还单独表征着叠字的信息。

下面是来自汉语研究的证据。从上面的讨论中我们得知,汉字的基本单位是部件,那么各部件在字形输出缓冲器中是如何结合、如何表征的,成为研究者关心的理论问题。与英语不同的是,汉语中的部件没有任何的音形联系,人们无法从字形得到字音(形声字除外)。因此可以说部件是一种纯字形表征^[28]。下面列举两位失写症病人的研究来看研究者是如何探讨这些理论问题的。病人 CK^[30]: 1) 非词汇语义测验成绩在正常水平,词图匹配 100%正确,表明其语义系统完好; 2) 阅读和口语命名任务中均犯语音相似错误和语义错误,并且阅读时错误率 (7/53) 低于口语命名 (20/23),表明语音输出词典有损伤; 3) 听写和图形写名任务的错误类型分为两部分,字和非字。字反应中 CK 犯语音可行错误 (PPE), 反应中包括同音词或者仅声调与目标词不同。分析病人非字的反应,发现 CK 会置换整字中某一部分,却保留整字的结构。表明字形表征不仅包括了各部分的特性,还包括整字结构的信息。这种信息可能是以模板的形式来表征。也可能是关于具体部件具体位置的信息。上文提过的 WLZ^[28],延迟抄写有困难,损伤部位在字形缓冲器处。分析其错误类型发现许多反应的部件倾向于与目标部件有

相同的笔画形状,并且该反应数目显著高于几率水平。因此可以推断字形输出表征结构中除了部件本身的身份 (identity), 还包括部件的笔画形状等信息。

目前神经影像学的研究对于字形输出缓冲器的损伤所对应脑区的证据表明,颞叶、顶叶和枕叶皮层后部,前额叶后部都可能与 buffer 的损伤有关^[31-33]。

4 结语

综上所述,认知神经心理学家以失写症病人为研究对象已经得到了比较重要的理论成果。虽然上述的理论模型是当前普遍认可的,但与此同时也存在不少反面的证据有待人们进一步论证,以完善和发展现有的模型。首先,我们需要全方位多角度地来研究人类书写的整个心理过程,仅仅依靠行为层面的证据是不够的,而应将行为与神经解剖层面的结果相结合,将理论上的功能模块与实际的大脑解剖结构相结合。例如在研究亚词汇与词汇通路的交互作用时,虽然我们可以通过神经影像学的研究手段从解剖上了解到两条通路各自的相关脑区,但目前还未找到其交互作用的神经解剖方面的证据。其次,仅仅研究病人的行为模式推测得出的结论也是不够的,我们还需要研究正常人书写的心理过程以及相应神经解剖上的定位,来共同支持我们的理论观点。再次,由于汉语相较于其他语言的特殊性,我们也可以从汉语本身特有的性质出发,研究拼音文字难以解决的理论问题。最后,我们对理论模型的探讨不但有强烈的理论意义,同时也有丰富的现实意义。通过诊断病人的损伤部位,使得临床治疗更加有的放矢。比如我们通过病人的损伤表现判断出损伤出现在字形输出词典,临床上可以通过专门加强该部分的治疗手段来干预病人,减轻甚至消除病人因书写不能带来的不便。这些工作都有待于认知神经心理学家进一步的努力研究和发现。

参考文献

- 1 Patterson K. Lexical but nonsemantic spelling? *Cognitive Neuropsychology*, 1986, 3: 341-367
- 2 Roeltgen D P, Rothi L G, Heilman K M. Linguistic semantic agraphia: A dissociation of the lexical spelling system from semantics. *Brain and Language*, 1986, 27: 257-280
- 3 Hillis A, Caramazza A. Mechanisms for accessing lexical representations for output: evidence from a category-specific semantic deficit. *Brain and Language*, 1991, 40: 106-144
- 4 Beauvois M F, Derouesne J. Lexical or orthographic agraphia. *Brain*, 1981, 104: 21-49

- 5 Shallice T. Phonological agraphia and the lexical route in writing. *Brain*, 1981, 104: 413~429
- 6 Law S P, Or B. A case study of acquired dyslexia and dysgraphia in Cantonese: Evidence for nonsemantic pathways for reading and writing in Chinese. *Cognitive Neuropsychology*, 2001, 18(8): 729~748
- 7 Alexander M P, Hiltbrunner B, Fischer R S. Distributed anatomy of transcortical sensory aphasia. *Archives of Neurology*, 1989, 46: 885~892
- 8 Rapcsak S Z, Rubens A B. Disruption of semantic influence on writing following a left prefrontal lesion. *Brain and language*, 1990, 38: 334~344
- 9 Lüders H, Lesser R P, Hahn J, et al. Basal temporal language area. *Brain*, 1991, 114: 743~754
- 10 Hatfield F M, Patterson K. Phonological spelling. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1983, 35A: 451~468
- 11 Roeltgen D P, Heilman K M. Lexical agraphia: Further support for the two-system hypothesis of linguistic agraphia. *Brain*, 1984, 107: 811~827
- 12 Vanier M, Caplan D. CT correlates of surface dyslexia. In: K E Patterson, J C Marshall, M Coltheart (Eds), *Surface dyslexia, 1985: Neuropsychological and cognitive studies of phonological reading*. London: Lawrence Erlbaum
- 13 Peniello M J, Lambert J, Eustache F, et al. A PET study of function neuroanatomy of writing impairment in Alzheimer's disease: the role of the left supramarginal and angular gyri. *Brain*, 1995, 118: 697~707
- 14 Bub D, Kertesz A. Evidence for lexicographic processing in a patient with preserved written over oral single word naming. *Brain*, 1982, 105: 697~717
- 15 Langmore S E, Canter G J. Written spelling deficit of Broca's aphasics. *Brain and Language*, 1983, 18: 293~314
- 16 Alexander M P, Fisher R S, Friedman R. Lesion localization in apractic agraphia. *Archives of Neuroscience*, 1992, 9: 357~381
- 17 Rapp B, Epstein C, Tainturier M J. The integration of information across lexical and sublexical processes in spelling. *Cognitive Neuropsychology*, 2002, 19: 1~29
- 18 Hillis A E, Rapp B, Caramazza A. When a rose is a rose in speech but a tulip in writing. *Cortex*, 1999, 35: 337~356
- 19 Caramazza A, Hillis A. Where do semantic errors come from? *Cortex*, 1990, 26: 95~122
- 20 Caramazza A, Miceli G, Villa G, et al. The role of the graphemic buffer in spelling: Evidence from a case of acquired dysgraphia. *Cognition*, 1987, 26: 59~85
- 21 Caramazza A, Miceli G. The structure of graphemic representations. *Cognition*, 1990, 37: 243~297
- 22 Cotelli M., Abutalebi J, Zorzi M, Cappa S F. Vowels in the buffer: A case of acquired dysgraphia with selective vowel substitutions. *Cognitive Neuropsychology*, 2003, 20(2): 99~114
- 23 Ward J, Romani C. Consonant-vowel encoding and orthosyllables in a case of acquired dysgraphia. *Cognitive Neuropsychology*, 2000, 17: 641~663
- 24 傅永和. 汉字的部件. *语文建设*, 1991, 12: 3~6
- 25 Law S P, Leung M T. Structural representations of characters in Chinese writing: Evidence from a case of acquired dysgraphia. *Psychologia*, 2000, 43: 67~83
- 26 苏培成. *现代汉字学纲要*. 北京大学出版社, 1994
- 27 张普. 汉字部件分析的研究和理论. *语文研究*, 1984, 1: 37~43
- 28 Han Z, Zhang Y, Shu H, et al. The orthographic buffer in writing chinese: Evidence from a dysgraphic patient. *Cognitive Neuropsychology*, in press
- 29 McCloskey M, Badecker W, Goodman-Shulman R A, et al. The structure of graphemic representations in spelling: Evidence from a case of acquired dysgraphia. *Cognitive Neuropsychology*, 1994, 2: 341~392
- 30 Law S P. Writing errors of a Cantonese dysgraphic patient and their theoretical implications. *Neurocase*, 2004, 10: 132~140
- 31 Salmon E, Van der Linden M, Collette F, et al. Regional brain activity during working memory tasks. *Brain*, 1996, 119: 161~1625
- 32 Smith E E, Jonides J. Neuroimaging analyses of human working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1998, 95: 12061~12068
- 33 Ungerleider L G, Courtney S M, Haxby J V. A neural system for human working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1998, 95: 883~890

Theories about Word Writing: Evidence from Acquired Dysgraphia

LIU Jie¹ BI Yan-Chao¹ HAN Zai-Zhu²

¹State Key Laboratory of Cognitive Neuroscience and Learning, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

²Beijing Municipal Key Laboratory of Applied Experiment, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: Acquired dysgraphia resulting from brain damage can manifest in various ways and have provided unique opportunities to uncover the cognitive and neural mechanisms of normal word writing. In the current article we introduce a major theoretical framework of the writing process, review the cognitive neuropsychological evidence, identify the debating issues concerning the model, and finally propose how the model can be generated to account for the performance of Chinese dysgraphic patients.

Key words: writing, lexical route, sublexical route, summation, orthographic buffer.