心理科学进展 2027, Vol. 35, No. 1, 151–171 https://doi.org/10.3724/SP.J.1042.2027.0151
Advances in Psychological Science https://cstr.cn/32111.14.2027.0151

二语词汇表征从“寄生”到独立的发展机制：基于联结主义框架的模型对比分析*

李子怡 卢天伊 药盼盼

(北京语言大学心理与认知科学学院, 北京 100083)

摘 要 在第二语言习得领域, 一个核心的问题是二语(L2)词汇表征如何从依赖母语(L1)的“寄生”状态发展为相对独立的表征系统。为了深入探讨这一“寄生→独立”发展过程的认知机制, 本文总结了 L2 词汇习得过程中的经典现象和影响因素, 并系统对比分析了基于联结主义框架的 6 个关于二语词汇习得的模型对这些现象的解释及其局限性。具体来讲, 本文从词汇竞争识别(双语交互激活模型)、发展维度(词汇固化理论、模糊词汇表征假说、词汇个体发展模型)、计算建模(发展性词库模型-II)、以及神经基础(互补学习理论)这 4 个角度, 由表及里地探讨二语词汇表征从“寄生”到独立这一发展过程中各经典现象背后可能的认知机制。同时, 鉴于中文与拼音文字在语言文字系统上的巨大差异, 本文呼吁未来在汉英/英汉双语领域开展更多实证研究, 并发展针对性的理论模型, 以检验和拓展现有模型的跨语言适用性。此外, 未来研究还需要考察语言之外的认知因素、融入发展框架、使用计算机建模等技术以期深化对二语词汇习得认知机制的理解。

关键词 二语词汇发展机制, “寄生”表征, 词汇表征独立性, 联结主义框架

分类号 B842

1 引言

词汇作为语言系统的基本构成要素, 是连接语音、语法、语义各个层面的桥梁(Nation, 2001)。在二语习得(Second Language Acquisition, SLA)领域, 高质量的词汇表征对第二语言(L2)学习者至关重要：它有助于学习者在 L2 环境中更有效地进行词汇识别、语义整合和语言选择, 同时降低跨语言干扰, 提高加工的自动化程度(Kroll & Tokowicz, 2005)。二语词汇习得是一个极其复杂的认知过程, L2 学习者需要在第一语言(L1)词汇系统基础上, 建立新的词汇–概念连接, 并同时处理两种语言系统间的竞争与整合(Dijkstra & Van Heuven, 2002; Kroll & Stewart, 1994)。这使二语词汇习得成为二语习得研究中最具挑战性的领域之一。

历经数十年发展, 二语词汇习得研究揭示了一系列经典的现象与规律。其中, 习得年龄效应表明, 与早期 L2 学习者相比, 晚期 L2 学习者在词汇加工效率上存在显著劣势(Bylund et al., 2021; Kousaie & Phillips, 2010; Li, 2023; Saito, 2024; Singleton & Pfenninger, 2022); 词汇识别竞争现象表明, L2 词汇激活水平显著低于 L1 词汇, 尤其在跨语言竞争情境下, L1 词汇的激活会干扰 L2 词汇识别(Diependaele et al., 2013; Gor et al., 2021; Gor & Cook, 2020); 启动不对称效应表明, 相较于 L1→L2 启动, L2→L1 方向的启动要更弱, 表明 L2 对 L1 存在较强的依赖(Basnight-Brown, 2014; Dimitropoulou et al., 2011; Kroll & Stewart, 1994); 形式突显现象表明, L2 学习者在词汇加工中更依赖词汇的形式信息, 反映出 L2 词汇的形–义联结弱于 L1(Heyer & Clahsen, 2015; Jiang & Zhang, 2021; Kahraman & Beyersmann, 2024; Li et al., 2017)。此外, 二语词汇习得和加工还受到语言熟练度、输入频率等多重因素的交互调节(Diependaele et al., 2013; Ellis, 2002; Hernandez &

收稿日期：2025-10-24
* 北京市社会科学基金青年项目(22YYC016)。
通信作者：药盼盼, E-mail: yaopp@blcu.edu.cn

Li, 2007; Matusevych et al., 2017; Zhao & Li, 2013)。这些现象共同指出，在词汇习得初期，L2 词汇表征存在对 L1 的依赖。L2 词汇习得的过程是其表征逐步摆脱对母语的依赖，发展为独立表征的过程。

这些现象可以从 L2 词汇的“寄生(parasitism)”表征机制得到统一解释。Hall (2002)提出了词汇发展的“寄生假说”(Parasitic Hypothesis of Vocabulary Development)。“寄生”是指 L2 学习者在最初接触到一个新词汇时，会自动利用 L1 或 L2 中已存在的词汇材料来建立最初的记忆表征。这种策略不仅发生在语义层面，也显著地体现在语音和正字法层面。例如，西班牙语–英语初学者常将英语单词“like”寄生在西班牙语动词“gustar”的句法框架上，反映出 L2 词汇对 L1 语言网络的依附(Hall, 2002; Hall & Schultz, 1994)。随着熟练度的提高，L2 词汇表征发展为形–义和音–义的直接联结，摆脱对 L1 翻译中介的依赖，建立相对独立的表征(Morgan-Short et al., 2012; Sunderman & Kroll, 2006)。

当代联结主义(Connectionism)为探究 L2 词汇表征“寄生→独立”的发展过程提供了重要的机制框架。该理论认为，知识以分布式节点的激活模式表征，学习的本质是联结权重在经验驱动下的动态调整(González & Milne, 2014; McClelland et al., 1986; Pulvermüller, 2001)。在 L2 习得初期，L2 词汇节点之间的联结强度较弱，无法独立激活目标语义，需要借助已有的 L1 联结通路作为中介进行通达。而随着 L2 词汇输入量的增加，词汇信息通过改变已有权重的分布来实现其表征的自组织过程。L2 词汇得以建立独立的形(音)–义映射，逐步摆脱对 L1 的依赖，形成稳定独立的表征系统(Zhao & Li, 2010, 2013)。

现有模型从不同角度解释了 L2 词汇表征从“寄生”向“独立”转变过程中出现的不同现象。从词汇竞争识别角度出发，双语交互激活模型及其扩展版本强调双语词汇表征的平行激活与选择性抑制机制，解释了 L1 与 L2 词汇在词汇识别过程中如何相互激活与竞争。从发展维度来看，词汇固化理论强调 L2 词汇输入频率驱动的“固化”过程；模糊词汇表征假说探讨 L2 词汇表征“模糊性”的成因和表现；二语词汇表征个体发展模型则描绘了 L2 词汇表征形、音、义三个层面以及语言网络优化的发展路径。从计算建模角度来看，发展性词库模型-II 为“寄生→独立”的发展过程提供了计算模拟实现途径。从神经基础角度看，互补学习系统模型强调，词汇习得依赖于快速学习系统(海马体)与慢速整合系统(新皮层)之间的动态交互过程，揭示了 L2 词汇表征“寄生→独立”转变的神经发展机制。

尽管上述模型在各自层面具有较强的解释力，但它们分别立足于竞争识别、发展轨迹、计算实现与神经基础等不同视角，其核心概念与机制假设尚未在统一框架下加以整合。为了深入了解 L2 词汇表征“寄生→独立”的发展过程及相关机制，有必要在共同的理论框架下系统厘清不同模型之间的内在关联。

联结主义理论的“分布式表征、权重动态调整与并行激活竞争”核心观点和逻辑，为探讨词汇表征的动态发展过程及其神经机制提供了统一的机制框架。基于此，本文在系统梳理 L2 词汇习得经典现象的基础上，由表及里地探讨该过程的认知机制，并从联结主义核心逻辑出发，对 6 个经典的 L2 词汇习得理论/模型进行机制对齐和整合。通过厘清不同模型在解释 L2 词汇“寄生→独立”发展过程中的互补关系，本文旨在为构建跨层级、可检验的发展假设提供整合性的理论框架，并为相关实证研究和教学实践提供理论参考。

2 二语词汇“寄生”现象的经典证据及其影响因素

在二语词汇习得领域，丰富的实证研究发现了一些经典现象，如习得年龄效应、词汇竞争、启动不对称效应以及形式突显等。这些现象共同指向了二语词汇习得的核心问题：L2 词汇表征从“寄生”到独立的发展过程是如何进行的？

2.1 习得年龄效应

习得年龄效应(Age of Acquisition, AoA)表现为，L2 学习者开始学习 L2 的年龄越早，语言熟练度越高，语言习得结果越好(Bylund et al., 2021; Kousaie & Phillips, 2010; Li, 2023; Saito, 2024; Singleton & Pfenninger, 2022)。行为研究表明，与早期 L2 学习者相比，晚期 L2 学习者在词汇命名和句子阅读任务中表现为词汇检索困难或加工时间延长(Craik & Bialystok, 2006; Mackay & Flege, 2004)。这是因为早期 L2 学习者大脑可塑性高，L1

系统尚未完全固化, 此时新习得的L2词汇能够建立独立的形−义映射关系。而晚期 L2 学习者的 L2 词汇语义表征呈现“寄生性”特点, 容易高度依赖 L1 语义系统进行形−义映射, 形成碎片化、模糊的心理表征(Li & Xu, 2023; Li & Zhao, 2013b; Zhao & Li, 2022)。

值得注意的是, 习得年龄效应受到多种因素的调节。首先, 在熟练度方面, 研究发现当早期与晚期 L2 学习者达到同等 L2 熟练程度时, AoA 效应会减弱：晚期高熟练度 L2 学习者在语义判断和语法判断任务中的行为表现及神经激活模式与早期学习者趋于一致(Chee, 2001; Wartenburger et al., 2003)。其次, 在语言接触量方面, 在控制 AoA 和居住时长后, 具有较丰富 L2 使用经验的晚期学习者在语音感知和产出任务中表现更优, 表明充足的语言接触可以削弱 AoA 效应的影响(Flege & Liu, 2001)。此外, 在语言相似性方面, L1 与 L2 的语言距离越远, AoA 对最终熟练度的负面影响越显著。较高的语言相似度能够为学习者提供丰富的可迁移经验资源(如共享的语音、词汇及句法结构), 从而在一定程度上补偿随年龄增长带来的认知衰退(如神经可塑性下降) (Schepens et al., 2020, 2022)。总体而言, L2 熟练度提升、语言接触量增加以及和高 L1-L2 相似性均可以促进 L2 词汇从“寄生”状态向独立表征的转化, 进而调节 AoA 效应。

2.2　词汇竞争

词汇竞争是指在语言加工过程中, 多个语义或形式相关的词汇表征被同时激活, 相互抑制或干扰目标词选择的认知现象(Todorova et al., 2020)。对于双语者而言, 词汇竞争不仅发生在单一语言系统内部, 更存在于不同语言系统之间, 进一步影响 L2 词汇加工的效率。

2.2.1　语言内词汇竞争

L2词汇系统内部的竞争强度与L1存在差异。一方面, 研究发现, L2 词汇系统中的竞争效应强于 L1 词汇系统。在语音和语义层面, L2 学习者都表现出更强的词汇干扰：语音相似词的干扰效应大于母语者(Broersma & Cutler, 2011; Weber & Cutler, 2004), L2 词汇之间的语义干扰也显著大于L1(Zareva, 2007)。另一方面, 也有研究发现, L2 系统内部的竞争效应弱于 L1 词汇系统。这一结论来源于形式启动实验的结果, 在语音启动中, L1 词汇的首音重叠(如, “cap”启动“cat”、“cab”等)通常导致抑制效应, 反映L1间的强词汇竞争; 而L2学习者只对高频词表现出抑制效应, 对低频词却表现出促进效应(Broersma, 2012; Gor & Cook, 2020)。

上述看似矛盾的结果可以归因于 L2 词汇表征的“寄生”特点。一方面, 寄生表征导致 L2 词汇语音、语义表征不精确或模糊, 区分度降低, 同一个语音或语义会激活更多潜在的竞争词汇集合(如语音/lɪv/的模糊感知可能会同时激活“live”、“leave”、“leaf”)。这导致 L2 词汇内竞争范围增加, 学习者需要投入更多的认知资源进行词汇的识别。另一方面, L2 的寄生表征尚未形成独立、稳定的词汇节点, 这些潜在竞争词汇的静息激活水平不足, 相互之间的侧向抑制作用较弱, 导致 L2 内部竞争效应弱于 L1。

2.2.2　跨语言词汇竞争

与语言内竞争相比, 跨语言竞争则呈现出更为复杂的动态特征。在双语词汇加工中, L1 和 L2 词汇系统并非相互独立, 而是彼此之间存在相互作用。双语者在加工一种语言时, 另一语言也会被自动激活并产生竞争(Basnight-Brown & Altarriba, 2007; Berghoff et al., 2021; Berghoff & Bylund, 2024; Bobb et al., 2020), 这种竞争的核心特点在于其不对称性。Marian 和 Spivey (2003)的眼动研究提供了跨语言竞争的证据：在视觉情景范式中, 当俄−英双语者听到英语目标词时, 他们会注视与目标词俄语翻译语音相似的竞争物体, 而在加工俄语时, 对英语竞争物体的注视较少, 表明 L1 在跨语言竞争中占据优势地位。此外, Gollan 等人(2008)也发现, 双语者表现出比单语者更大的词频效应, 且非优势语言(L2)的词频效应大于优势语言(L1), 表明 L2 词汇在竞争解决过程中处于劣势。

同时, 跨语言词汇竞争也受到多种因素的调节。首先, 当任务语境明确指向 L2, 或者特定 L2 词汇的使用频率提升时, L2 词汇逐渐建立起更稳定的表征, 激活水平也会上升, 从而减弱 L1 的抑制作用, 跨语言竞争强度趋于平衡(Altarriba et al., 1996; Birdsong, 2009)。语境调节效应在高熟练度 L2 学习者中更为显著, 因为他们能够更有效地利用语境线索来抑制跨语言词汇竞争(Berghoff & Bylund, 2024; Elston-Güttler et al., 2005)。其次,

AoA 对跨语言词汇竞争具有显著调节作用：早期 AoA 的双语者在 L2 加工过程中更独立，较少激活 L1 词汇；而晚期 AoA 的双语者在跨语言竞争中 L1 更易胜出(Berghoff et al., 2021)。第三，高 L2 熟练度使得 L2 词汇能够建立独立表征，降低双语竞争强度。第四, L2 接触量(exposure)的提高使得 L2 词汇静息激活水平暂时提高，在双语加工过程中更容易被激活，导致跨语言竞争增强(Berghoff & Bylund, 2024)。

上述发现可从“寄生”性特征中得到统一解释：由于 L1 词汇具有更高的静息激活水平和更强的语言节点支持，同时 L2 词汇因“寄生”机制，在识别过程中必须经由 L1 词汇为中介通达，因此 L1 词汇通常能够抑制 L2 词汇的激活，产生强烈的跨语言干扰效应(Dijkstra & Van Heuven, 2002)。

2.3 启动不对称效应

启动不对称效应指双语者在跨语言启动任务中表现出的方向性差异，即与 L2 作为启动词，L1 作为目标词(即 L2→L1 启动方向)相比，双语者在 L1→L2 方向的启动效应更强：L1 启动词能够有效激活 L2 目标词，表现出显著的促进效应；而 L2 启动词对 L1 目标词的激活则较弱，甚至不显著(Basnight-Brown, 2014; Dimitropoulou et al., 2011; Kroll & Stewart, 1994; Nakayama et al., 2016; Schoonbaert et al., 2009)。ERP 研究支持这一发现：N400 成分显示, L1→L2 启动条件下 N400 波幅显著减小，表明语义整合更为高效，而在 L2→L1 方向，N400 减小的幅度较小，反映促进效应较弱(Bobb et al., 2020; Chen et al., 2014; Midgley et al., 2009; Wen & Van Heuven, 2017; Zhao et al., 2011)。

研究表明，启动不对称效应受到多种因素的调节。首先, Sabourin 等人(2014)发现晚期 AoA 会减弱 L2→L1 方向的词汇联结，导致翻译启动效应的削弱或消失；只有同期双语者和早期双语者表现出显著的 L2→L1 翻译启动效应。其次，长期丰富的 L2 语境暴露有助于新词语义表征的建立和巩固，减少对 L1 语义网络的“寄生”依赖，启动不对称性减弱(Burgess & Lund, 1997; Elgort et al., 2015; Mok & Yu, 2017)。最后，关于熟练度的调节作用，研究结果并不一致。部分研究发现，高熟练晚期双语者的 L2→L1 启动效应增强，不对称性减弱(Zhao et al., 2011)，这可能是因为熟练度的提高能促进 L2 语义表征从“寄生”转向独立表征。但也有研究表明，即使在高熟练度条件下，L2→L1 启动效应仅在平衡双语者中出现，而在 L2 优势双语者中未出现(Jiang & Forster, 2001; Wang, 2013)，表明双语平衡度可能比绝对熟练度更为关键。这种差异提示，启动不对称性可能受到熟练度、平衡度和 AoA 等多种因素的共同调节，未来研究需要系统分离这些变量的独立和交互作用。

启动不对称效应可用 L2 词汇的“寄生”特征得到解释。L2 词汇习得初期，其语义表征高度依赖 L1 语义系统，形成“寄生”关系; L1 词汇表征强且激活阈限低，能够激活其对应的 L2 翻译词，产生较强的启动效应；而 L2 词汇尚未建立起独立的表征网络，静息激活水平较低，对 L1 的激活较弱，因此相较于 L1→L2 方向，L2→L1 方向的启动效应较弱。随着熟练度提高和语境暴露增加，L2 词汇逐渐建立起独立表征，启动不对称性趋于减弱(Zhao & Li, 2013)。

2.4 形式突显

形式突显(Form Prominence)指 L2 学习者在词汇加工中对语言形式的感知或认知优先性。研究表明，相较于 L1 使用者，L2 学习者对词形(正字法、语音)线索敏感性更高(Heyer & Clahsen, 2015; Jiang & Zhang, 2021; Li et al., 2017)。词汇联想实验结果也表明，L2 学习者更偏向于基于形式的词汇关联(Fitzpatrick & Izura, 2011; Meara, 1978)，且语音关联在组织 L2 心理词典的作用要远大于 L1(Gor & Cook, 2020)。

形式突显受到语言熟悉度和 L1-L2 相似性等因素的调节。首先，随着语言熟练度的提高，学习者逐渐转向更依赖语境和语义的自动化加工模式，减少了对词形的关注(Berzak & Levy, 2023)。在词汇联想任务中，由于 L2 词汇的熟悉度通常低于 L1，母语者主要表现出语义关联反应(如 dog→cat)，而非母语者表现出更高比例的形式关联反应(如 flood→blood) (Jiang & Zhang, 2021)。其次，L1-L2 相似性具有双重影响。一方面，研究表明，相似的形式表征促进跨语言形式重叠(如同源词)的词汇识别(Dijkstra et al., 1999)。另一方面，在低熟练度阶段，形式相似但语义不同的词汇容易产生错误联结(Dijkstra et al., 2000)；翻译识别任务中，L2 学习者易受形式相似干扰词的影响

(Sunderman & Kroll, 2006)。这种形式混淆会导致形式重叠词的共同激活, 从而在L2词库中建立起更为突出的基于形式的词汇连接。最后, 研究表明, 在语境支持性较强的情况下, 学习者更易利用语义信息进行词汇识别, 形式突显现象减弱(Gor et al., 2021; Namei, 2004; Wolter, 2001)。

这一现象主要源于 L2 词汇形、义表征习得的异步性：语音、正字法表征可以迅速获得, 但是语义表征需要“寄生”于 L1 语义网络, 导致 L2 学习者在学习初期对词形的加工效率更高。随着 L2 熟练度的提高、语境的指向和语言经验的丰富, L2 词汇逐渐建立起独立的语义表征, 对形式线索的依赖逐渐减弱, 对语义信息的利用逐渐增强(Bordag et al., 2022a; Gor et al., 2021)。这一发展轨迹反映了 L2 词汇表征发展路径的独特性和 L2 学习者词汇加工策略的适应性调整(Gor et al., 2021; Puscama, 2024)。

综上所述, L2 词汇的“寄生”表征机制为二语词汇习得现象提供了统一解释。随着研究的深入, 研究者们不断探究该机制背后的认知神经机制。联结主义框架为理解“寄生→独立”的发展过程提供了基础的理论视角。该框架认为, 学习行为的实质是外部刺激输入使神经通路联结强度发生适应性调整(Joanisse & McClelland, 2015; Li & Zhao, 2013b)。基于这一视角, L2 词汇习得初期的“寄生”可以理解为L2词汇网络节点联结权重较低, 无法独立激活目标语义, 需要借助已有的L1进行语义通达。随着 L2 输入的增加, 联结权重逐步强化, 建立独立的联结网络。本文将从双语竞争、发展过程、计算建模以及神经机制四个角度, 深入分析联结主义框架下的不同理论模型如何解释 L2 词汇表征从“寄生”转向独立的过程。

3　二语词汇表征“寄生→独立”发展过程的理论解释

3.1　联结主义框架

联结主义的理论可追溯至 20 世纪初桑代克的联结主义思想, 受到斯金纳操作性条件反射与行为主义思想的影响(González & Milne, 2014)。随着计算机科学的兴起, 当代联结主义模型发展为神经网络和并行分布式处理模型(Parallel Distributed Processing Model, PDP)。该理论认为, 大脑通过协调神经元群体的激活模式来响应外部刺激, 激活水平取决于神经元之间的联结强度(权重), 学习行为的本质在于这些联结权重的适应性调整(Li & Zhao, 2013b; Joanisse & McClelland, 2015)。联结主义框架强调, 知识表征与习得本质上是分布式、并行且交互性的(Li & Zhao, 2013a, 2013b)。其核心结构包含两个成分：节点(模拟神经元)负责接收输入信号并通过加权计算激活值; 联结权重决定节点间信息联结强度, 并通过学习算法(如赫布学习律或反向传播)实现动态调整(Li & Zhao, 2013b)。该框架强调词汇的习得过程体现在神经网络中节点之间联结的强化, 即节点之间联结权重的变化, 尤其在分布式表征下, 一个词汇的表征由多个节点同时激活所形成的独特激活模式来代表(周昱, 2014; Birdsong, 2009; Saville- Troike, 2006)。

基于这一框架, L2 词汇习得机制可以被理解为：词汇的“形”、“音”、“义”是由网络中特定节点簇的同步激活模式表征的, 词汇习得的本质是联结权重的变化。词汇表征从“寄生→独立”的转化是基于语言经验累积的量变过程。在词汇习得初期, L2 词汇形−义网络节点之间的联结尚未充分建立, 需借助 L1 语义节点进行中介激活, 呈现“寄生”状态。随着词汇输入量的增加, L2 词汇网络节点间的联结权重不断增强, 逐渐形成独立的形−义映射通路, 实现从“寄生”到独立的表征转化(Li & Zhao, 2013a; Zhao & Li, 2010)。在这一过程中, 学习者在识别词汇时会同时激活目标词汇(L2)和其在 L1 中的翻译对等词的相关表征, 这种并行加工导致了双语间的交互竞争。

基于上述机制原则, 本章从 4 个角度对二语词汇表征“寄生→独立”发展过程的认知机制进行层级分析：首先从词汇识别与竞争角度, 分析双语词汇在“寄生”和独立状态下如何被激活与选择; 继而从发展维度, 追踪二语词汇表征从“寄生”走向独立的发展轨迹; 再通过计算建模, 对这一发展过程进行模拟验证; 最后从神经机制角度, 揭示支撑这一转变的记忆巩固基础。

3.2　“寄生→独立”发展中的双语竞争与识别

双语交互激活模型(Bilingual Interactive Activation Model, BIA)及其改进版 BIA+模型是联结主义局部表征模型的典型代表。该模型继承并扩展了 McClelland 和 Rumelhart (1981)的交互激活框架, 体现了联结主义的并行激活与交互竞争的核心原则。主要解释了在词汇加工中, L1 与 L2

词汇如何进行识别与竞争(Dijkstra & Van Heuven, 1998, 2002)。因此, 在联结主义框架下, 该模型可视为对双语识别层面联结权重竞争结构的具体实现。该模型聚焦于双语词汇识别机制, 能够解释前文所述的跨语言词汇竞争和启动不对称等现象, 为理解“寄生”和独立状态下双语词汇系统的加工方式提供了重要视角。

该模型最早由 Dijkstra 和 Van Heuven (1998)提出, 旨在解释双语者在阅读中对视觉词汇的识别过程。如图 1(a)所示, 该模型自下而上包含 4 个层次：特征层、字母层、词汇层以及语言节点层。特征层处理视觉输入信息, 分析每个字母位置的特定视觉特征。这些特征在字母层会激活包含这些特征的所有字母表征, 同时抑制缺少这些特征的字母。随后, 被激活的字母在词汇层会激活两种语言中共享正字法信息的词汇, 而其他词汇则受到抑制。值得注意的是, 被激活的所有词汇无论属于哪种语言均相互抑制。最后, 同一语言内被激活的词汇节点会进一步激活相关的语言节点, 同时向另一种语言的词汇节点发送抑制性反馈。语言节点的激活程度反映了对应词库的整体活动强度。Dijkstra 和 Van Heuven (2002)提出了改进版本 BIA+模型, 如图 1(b)所示, 该模型包含词汇识别系统与任务/决策系统两个子系统。词汇识别系统包含正字法、语音和语义三个表征层次, 同时设有语言节点层用于标识词汇的语言归属。当视觉输入呈现时, 两种语言中共享正字法、语音或语义信息的词汇均被非选择性激活, 随后通过词汇间的相互抑制进行竞争, 而语言特定的选择效应由任务/决策系统处理, 最终选出目标词汇(Dijkstra & Van Heuven, 2002)。为方便表述, 下文统一使用“BIA+模型”指代 BIA 模型及其改进版本。

BIA+模型认为, 目标词汇的输入会同时激活两种语言中所有的候选词汇(非选择性激活), 候选词汇之间存在竞争性抑制(侧向抑制) (Dijkstra & Van Heuven, 2002; Pelzl et al., 2024)。L2 习得初期, 由于 L2 词汇输入频率低, 联结权重弱, 其静息激活水平处于劣势, 导致其表征无法独立达到激活阈值, 需要利用具有较强权重的 L1 通路, 呈现出“寄生”状态。同时, L1 词汇节点通过侧向抑制进一步压制 L2 词汇识别, 形成了跨语言竞争中的不对称效应。随着 L2 接触经验的累积, 联结权

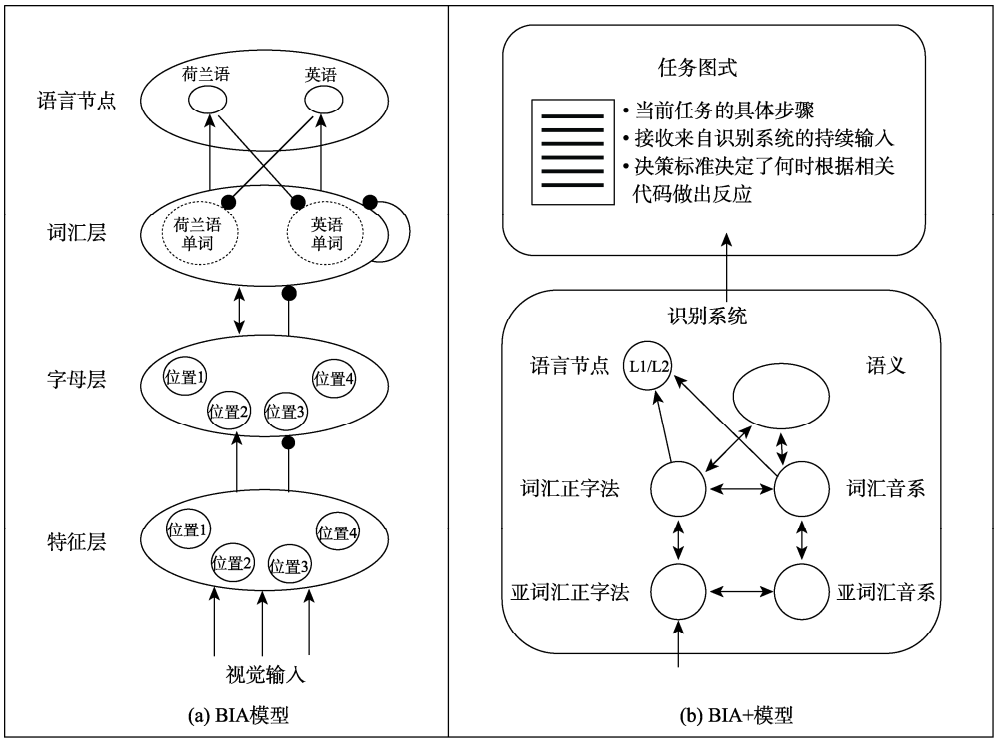


图 1 BIA 模型和 BIA+模型(原图详见 Dijkstra 和 Van Heuven, 2002)

重逐渐增强, L2 词汇建立起独立的形−义映射通路, 在并行的竞争格局中逐步脱离对 L1 的依附, 跨语言干扰效应减弱(Birdsong, 2009)。

综上, BIA+模型从实时加工的视角, 揭示了“寄生”与“独立”发展状态下 L1-L2 词汇竞争格局的差异, 为理解二语词汇在不同表征发展阶段的加工表现提供了理论解释。需要注意的是, BIA+模型存在一定的局限：该模型采用局部表征框架, 每个节点对应一个独立词汇, 缺乏学习机制, 无法模拟词汇表征从“寄生”到独立的动态发展过程(Jacquet & French, 2002)。为弥补这一不足, Jacquet 和 French (2002)提出的 BIA++模型引入了学习过程与分布式表征, 从而更好地整合了词汇习得与加工机制。此外, 该模型主要刻画特定时间的加工过程, 无法解释二语词汇表征如何随时间和学习经验的积累而发生的动态变化。对于词汇表征的发展变化并未进行详细介绍。

3.3　二语词汇表征“寄生→独立”的发展过程

在联结主义框架基础上, 研究者提出了多个针对二语词汇表征发展过程的理论/模型, 精确地解释了 L2 词汇习得的发展轨迹。本节将介绍三个相互关联且逐步深化的发展性理论：词汇固化理论(Lexical Entrenchment Account, LEA)聚焦于 L2 词汇表征逐渐“固化”的过程; 模糊词汇表征假说(Fuzzy Lexical Representations, FLRs)进一步细化了L2词汇表征从模糊到精确的发展轨迹; 二语词汇表征个体发展模型(Ontogenesis Model of the L2 Lexical Representation, OM)系统描述了 L2 词汇表征在多维度上的渐进发展过程。这三个理论互相补充, 共同描绘了 L2 词汇如何从依赖 L1 的“寄生”状态逐步发展为独立、稳固的表征。

3.3.1　词汇固化理论

Diependaele 等人(2013)利用双模交互激活模型解释 L1 与 L2 词频效应差异, 通过降低 L2 词汇节点的静息激活水平和减弱词间抑制强度, 提出了词汇固化理论(Lexical Entrenchment Account, LEA)。LEA 核心观点认为, “固化”程度反映了 L2 词汇表征的发展状态。词汇输入频率的增加会促进词汇表征的“固化”, 即词汇在分布式神经网络中形成更稳定、更丰富的联结模式, 从而提升词汇激活与提取效率, 减少相似表征的干扰(Diependaele et al., 2013; Perfetti & Hart, 2008)。LEA进一步指出, L1与L2共享相同的词汇加工机制, 二者的差异体现为词汇表征固化程度的差异：L1 因长期高频接触而高度固化, L2 则因接触量不足而固化较弱。随着 L2 接触量的增加, 词汇熟悉度提升, 联结网络逐渐稳定, L2 学习者对词频的依赖性降低, 最终实现自动化识别。这标志着L2词汇已被整合进语言表征系统, 完成了从初步获取到稳定独立表征的转化过程(Brysbaert et al., 2017; Diependaele et al., 2013)。大量研究发现, L2 表现出比 L1 更明显的词频效应, 即 L2 学习者对高频词与低频词的加工差异显著大于 L1 使用者(Duyck et al., 2008; Gollan et al., 2008, 2011; Kuperman & Van Dyke, 2013; Van Wijnendaele & Brysbaert, 2002; Whitford & Titone, 2012)。Diependaele 等人(2013)基于 LEA 对词频效应的语言差异现象做出解释：词频效应会随着使用者语言熟练度的提高而降低, 即L1熟练度更高, 有更高的接触量和词汇固化水平, 对词频的依赖较低; 而由于 L2 词汇固化程度较低, 学习者更依赖L2词频信息进行词汇识别, 因此观测到更强的词频效应。Diependaele 等人(2013)和 Brysbaert 等人(2017)的模拟和实验结果都表明, 当控制词汇熟悉度后, L1与L2的词频效应差异会减小, 支持了接触量通过固化机制影响词汇表征, 进而影响词汇识别效率的观点。

LEA 虽非具体的神经网络模型, 但其“固化”概念可直接映射为联结权重随输入频率增加而逐步加强的过程, 符合联结主义关于经验驱动权重调整的核心假设。“固化”具体表现为词汇节点的静息激活水平提高、词汇间竞争抑制增强, 以及形−义联结模式的稳定化(French, 2022; Li & Farkas, 2002; Zhao & Li, 2022)。

基于 LEA 的核心观点, 可以对 L2 词汇加工中的多种现象做出统一解释。关于AoA效应, LEA认为 AoA 效应本质上反映的是词汇接触量的差异：早期习得的词汇因长期高频暴露而高度固化, 晚期习得的词汇则因接触频率较低而固化程度较低, 且 L2 词汇语义表征“寄生”于 L1 语义系统。因此, 晚期 L2 学习者的词汇识别效率较低, 表现出更强的词频效应(Brysbaert et al., 2017; Diependaele et al., 2013; Whitford & Titone, 2012)。关于词汇竞争, 在跨语言竞争中, 由于 L2 词汇固化程度较低、激活阈值较高, L2 词汇在与高度固化的 L1 词汇竞争时处于劣势, 表现为反应速度

慢、跨语言干扰强等现象(Diependaele et al., 2013; Dijkstra & Van Heuven, 2002)。而在 L2 内部竞争中，由于竞争词汇集合中的词汇普遍具有较低的静息激活水平，词汇之间的相互抑制作用相对较弱，这可能导致在 L2 词汇识别过程中，更多的竞争词汇同时保持激活状态(Diependaele et al., 2013)。

LEA 主要聚焦于词汇固化程度(表征强度)的量化描述，未能解释 L2 词汇表征的发展阶段，且并未区分词汇的语音、正字法、语义等重要的组成成分。此外，熟练度评分(如 LexTALE)的分辨率和精确性还有待进一步加强，更好地了解语言熟悉度在 L2 词汇习得过程中的阶段性作用(Diependaele et al., 2013)。下面介绍的模糊词汇表征假说和二语词汇表征个体发展模型将从词汇表征发展的精细度(如语音、正字法、语义各维度的清晰程度)和发展性(从依赖 L1 词汇网络到独立 L2 表征的演变)角度出发，进一步描述 L2 词汇习得的机制。

3.3.2 模糊词汇表征假说

模糊词汇表征假说(Fuzzy Lexical Representations, FLRs)由 Gor 和 Cook 等人(2021)提出。该假说将词汇质量视为 L2 词汇表征的核心属性，认为 L2 词汇表征“模糊性”会影响词汇质量(模糊性指词汇表征层面的不准确编码)。FLR 假说所描述的“模糊性”与 L2 词汇的“寄生”状态高度相关(Zhao & Li, 2022)。“模糊性”实质上反映了分布式神经网络中由于 L2 输入不足和 L1 负迁移，导致表征特定词汇节点的激活模式高度重叠、缺乏特异性，节点间的联结权重尚未得到充分优化(MacWhinney, 2012; Zhao & Li, 2022)。该假说适用于成人 L2 学习者因语音语义层面的表征模糊造成的词汇混淆和竞争等问题的探讨(Gor et al., 2021)。

具体而言，在语音层面，如图 2 所示，模糊性主要表现为：第一，L2 音位分类困难，例如英语中的元音/i/-/ɪ/对比在西班牙语中是不存在的；第二，整体语音编码的不准确性，造成发音相似但语义不同的词汇容易混淆(如“parrot”和“parent”)(Chrabaszcz & Gor, 2017; Cook & Gor, 2015; Darcy et al., 2014; Wanner-Kawahara et al., 2022)。这种模糊性也延伸至正字法和语义层面(Gor et al., 2021; Jiang & Zhang, 2021; Park et al., 2025)，词

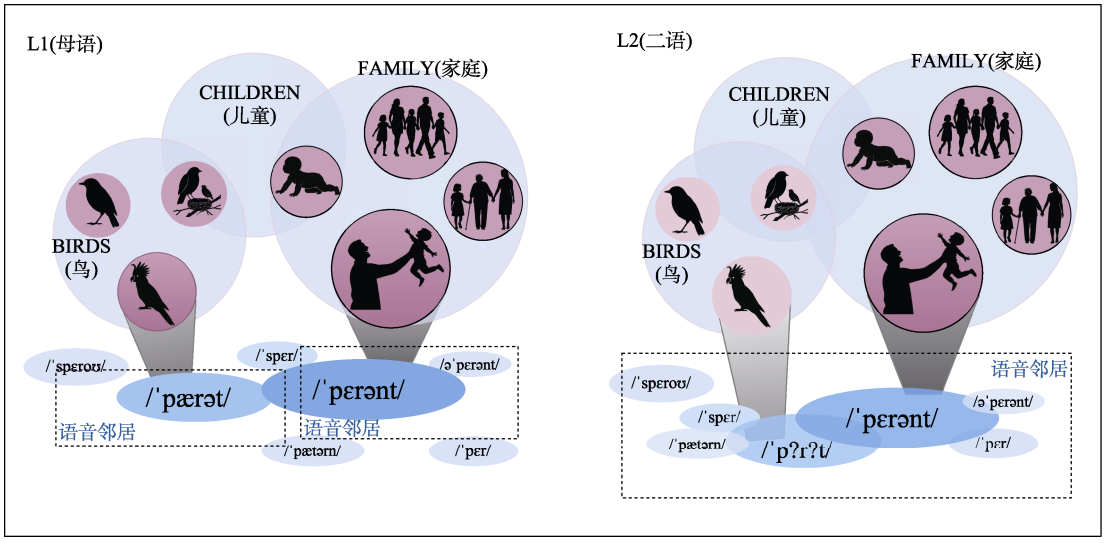


图 2 在 FLRs 框架中 L1 和 L2 口语词汇表征示意图(原图详见 Gor et al., 2021)

注：左侧图示表示第一语言(L1，以英式英语为例)中词汇 parrot (鹦鹉)与一个发音相近的词汇 parent (父母)的词汇表征；右侧图示表示第二语言(L2)中这两个词汇的词汇表征。底部的蓝色椭圆代表语音邻居词和发音相似词的音标，椭圆的大小表示词汇的使用频率。紫红色圆圈表示语义表征及其相关语义范围，而灰色的锥形表示从词形到词义的激活扩散。在 L1 中，parrot 和 parent 在语音层面上是清晰可区分的，它们属于不同的语音邻居。每个词都会激活其对应的词义。在 L2 中，parrot 的词形和词义都是模糊的。它在语音上被编码为 /p?r?t/，容易与/pɛrənt/(即 parent)混淆，而后者是一个使用更频繁的熟悉词。在语义上，/p?r?t/可能会激活“parent” (父母)和“family” (家庭)的相关语义，而非“parrot” (鹦鹉)，因为在 L2 中其语义表征高度模糊，导致无法准确指向“鹦鹉”这个具体语义指代。

形和语义的模糊编码会造成形−义之间的映射薄弱。L1 词汇的形、音、义是同时获取并编码, 容易形成紧密的形−义映射; 而 L2 学习者词汇形式的获得往往先于且独立于其语义, 后者常需依赖 L1 词汇语义进行“寄生性”中介。这种形−义映射的薄弱与异步性导致L2词汇表征模糊, 词汇在加工时表现为提取缓慢或错误激活, 且高度依赖语境。这种模糊性源于两个关键因素：L2 习得年龄与母语迁移。由于 L2 习得通常发生在 L1 心理词典趋于完善之后, L1 语音范畴、正字法规则和语义网络对 L2 编码产生干扰, 导致 L2 词汇表征不精确(Gor et al., 2021)。FLR 假说认为, 二语词汇习得的过程就是 L2 词汇表征“去模糊化”的过程。L2 词汇表征初期在语音、正字法、语义等维度获得的异步性导致模糊性升高, 而随着高频率、高质量的 L2 输入, L2 词汇各成分表征逐渐精确化, L2 对 L1 路径的依赖相应减弱, 最终形成较为独立的表征系统(Gor et al., 2021)。这一“去模糊化”过程, 实质上对应着 L2 词汇从“寄生”向独立表征的转化。

基于 FLR 假说, 可以对 AoA 效应、词汇竞争和形式突显等现象做出解释。FLR 假说认为 AoA 越晚, L2 词汇的语义表征越容易“寄生”在已有的 L1 语义网络中, 导致 L2 词汇表征及形−义映射高度模糊, 进而降低词汇习得效率和识别速度(Bylund et al., 2021; Granena & Long, 2013)。关于词汇竞争, FLR 假说从 L2 词汇表征的模糊性角度进行解释。由于 L2 词汇表征及映射的高模糊, 竞争词汇集合中的词汇节点具有较低的静息激活水平和较弱的表征精度, 词汇之间的相互抑制作用相对较弱, 导致 L2 词汇内部的竞争作用相较于 L1 更弱(Gor et al., 2021; Gor & Cook, 2020)。关于形式突显现象, FLR 假说认为在 L2 词汇习得的初始阶段, L2 词汇语义表征的“寄生”性和表征习得的异步性导致L2学习者在词汇识别时, 往往难以利用语义表征路径, 因而更倾向于依赖相对稳定的形式层面的信息, 因此呈现出形式突显现象(Bordag et al., 2022a; Gor et al., 2021)。

然而, FLR 假说也存在局限。首先, 该假说主要基于L2口语词汇语音和语义表征的研究, 其对 L2 词汇正字法表征建立的解释力有待验证。其次, 该假说强调L2词汇表征“模糊性”的重要性, 但是模糊性的可测量性问题尚未解决：目前缺乏标准化指标用以量化词汇表征的模糊程度(Gor et al., 2021)。最后, 由于音位分类困难所导致的 L2 词汇模糊具有“持久性”。例如, 西班牙语母语者由于 L1 中缺乏英语/ɪ/与/i:/的元音对立, 在区分“ship”与“sheep”等词对时面临的困难, 导致这些词汇的语音表征长期处于模糊状态(Chrabaszcz & Gor, 2017), 即使在高熟练度水平下仍表现出辨别上的不确定性(Sebastián-Gallés & Díaz, 2012)。然而, 该理论未能明确界定这种模糊的持久性是否受到其他因素的调节, 也未能清晰划分模糊性可克服与不可逆之间的边界条件; 例如, 语境等因素的潜在调节作用仍需进一步探讨(Chrabaszcz & Gor, 2017)。尽管如此, “模糊性”观点为理解 L2 词汇表征的发展过程提供了“表征精度”层面的解释。因此, LEA 与 FLR 假说共同构成了理解 L2 词汇“寄生→独立”发展轨迹的互补双维度：前者解释表征如何从不稳定趋向稳定, 后者解释表征如何从模糊趋向精确。

3.3.3　二语词汇表征个体发展模型

二语词汇表征个体发展模型(Ontogenesis Model of the L2 Lexical Representation, OM)由 Bordag 等(2022a)提出, 在 FLR 假说基础上, 进一步将表征稳定性与表征精确性两个维度整合为一个多维动态框架, 系统描述了L2词汇表征的发展过程。OM 的主要观点认为, L2 词汇表征的发展是一个递进、累积且相互作用的动态发展过程, 包含三个关键维度：语言领域维度(Dimension of Linguistic Domains)、映射维度(Dimension of Mappings)和语言网络维度(Dimension of Networks)。如图 3(a)所示, 语言领域维度下每个领域都有独立的个体发展曲线来反映词汇习得程度与质量, 模糊性(fuzziness)被视为影响习得效率的核心因素。

语言领域维度关注词汇在语音、正字法和语义三个子系统中的表征发展。在 L2 词汇学习中, 词形表征(语音、正字法表征)往往先于语义表征建立, 能够通过重复接触快速获得, 且易受跨语言因素、学习类型(外显或内隐)等因素的干扰, 导致模糊编码(Bordag et al., 2017b; Escudero et al., 2008)。而语义表征初期需依赖 L1 概念系统进行“寄生性”映射, 随后逐步建立独立的 L2 语义网络(Bordag et al., 2015, 2017a; Elgort, 2011)。映射维度关注语音、正字法与语义表征之间的映射发展。在词汇表征尚未确定之前, 这些领域间的映射强

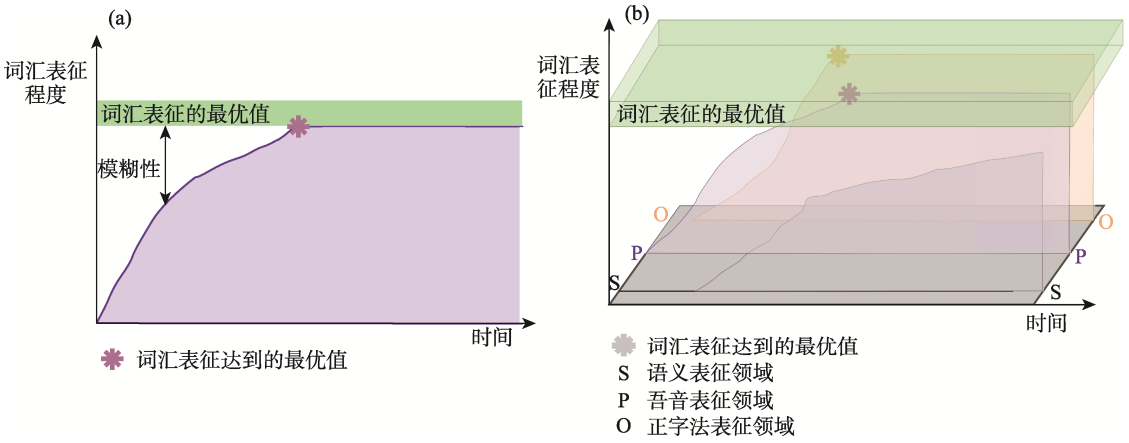


图 3 L2 词汇个体发展曲线(原图详见 Bordag et al., 2022a)

注: 图(a)展示了语言维度中某一领域个体词汇发展(ontogenetic)曲线的一个例子。随着时间的推移, 词汇表征程度越高, 同时, 模糊程度逐渐下降, 直到进入最佳范围(绿色阴影区域)。当达到最佳范围的下界(图中以星号标记)时, 表示该词汇已达到一个较成熟的表征状态。图(b)展示了一个三维图中的三个领域(前面是语义、语音、后面是正字法)的发展曲线。三个领域的发展曲线可能有不同的起始时间(比如图中语音表征最先出现, 早于正字法和语义表征); 它们也可能有不同的增长速度(比如正字法表征的增长斜率更陡峭, 表示习得更快); 各领域的表征是否达到最佳状态也可能不同(图中语音和正字法表征达到了最优值, 而语义表征尚未达到)。

度会呈现从弱到强的连续变化, 反映了词汇习得的渐进性过程。在语言网络维度中, 三个语言领域能够发展出具有个体差异性的表征网络。L2 词汇在习得过程中, 网络联结在数量和质量上呈现从稀疏到密集的转变, 同时模糊性逐渐降低, 语言网络达到其最优表征, 反映个体对词汇表征的掌握程度的精进。OM 认为, 不同成分的整合过程具有特异性: 一是不同语言领域的联结数量、质量不同; 二是习得起点与发展速度存在差异。L2 与 L1 词形和词义表征的习得异步性, 导致二者获得表征的起点不同, 如图 3(b)所示。二语词汇习得的机制是三个维度协同优化的过程: 在语言领域维度上, 语音、正字法和语义表征从模糊趋向精确; 在映射维度上, 形−音−义之间的联结从弱到强; 在网络维度上, 词汇在心理词典中的联结从稀疏到密集。每个维度表征网络的优化表现为语言网络联结密度和强度的增强。三个维度的协同优化过程刻画了 L2 词汇表征在不同层面的渐进发展轨迹(Bordag et al., 2022a, 2022b)。但是由于 L1 和 L2 在习得时间和接触频率等方面的差异, L2 词汇表征强度可能无法达到其最优值。

OM 可以对 AoA 效应、词汇竞争和形式突显等现象做出解释。由于 OM 强调 L2 词汇习得初期的模糊性, 认为其导致了整个语言网络联结强度弱化和密度稀疏。关于 AoA 效应, 对于早期习得者来说, 词汇语音、语义表征能够同步获得, 从而建立稳定的表征网络, 而对晚期习得者来说, L2 词汇的词形和语义表征的获得呈现出异步性——在联结主义整合视角下, 这种异步性可理解为对既有 L1 语义路径的依赖, 表现为较高的表征模糊性与较低的网络联结密度, 进而影响词汇识别效率(Bordag et al., 2022a; Bylund et al., 2021; Granena & Long, 2013)。关于形式突显现象, 在语义通达路径尚未得到充分优化的学习初期, L2 学习者在词汇识别中更可能依赖相对稳定的形式层面信息, 从而出现形式突显现象。关于 L2 词汇竞争, 从机制整合视角来看, 可解释为 L2 词汇在网络联结稀疏与权重不足的状态下, 可能导致词汇识别过程中对竞争词的抑制效率下降。

综上, OM 系统刻画了 L2 词汇表征多维度、渐进式的发展轨迹。作为目前比较全面的 L2 词汇发展模型之一, OM 通过对二语词汇习得过程的细致刻画, 为理解 L2 词汇习得的动态性和发展路径提供了理论支撑(Ecke & Hall, 2022)。此外, OM 继承了“模糊性”概念。OM 所强调的 L2 词汇表征模糊性以及多维优化过程可对应于分布式网络中节点间联结权重的强化与激活模式区分度的提升, 因此在理论基础上与联结主义核心假设具有一致性。在联结主义机制视角下, 这一发展初期状态可理解为, 由于形−义映射尚未稳固且网络联结

稀疏, L2 词汇在加工层面往往依赖既有的 L1 概念系统进行语义通达; 随着输入积累与网络重组, L2 词汇的形、音、义表征逐渐优化、各个层级之间逐渐建立更高效的映射, 表现出相对独立的表征结构。

然而, 该模型也存在其他的一些挑战：首先, 该模型主要基于理论推演, 尚缺乏大规模纵向实证研究的系统验证。其次, L2 词汇表征模糊性可操作性较低, 三维度间的交互机制如何相互促进尚未得到精确量化。此外, 个体差异因素(如工作记忆)、词汇特点以及学习环境等因素如何调节发展轨迹仍有待探索。Bordag 等人(2022a)进一步指出, 未来可通过实证研究、纵向追踪及计算建模等手段, 进一步验证和精确化 L2 词汇发展的机制。下节将介绍的发展性词库模型-II 正是在这一方向上的重要探索——它运用联结主义神经网络, 为 L2 词汇从“寄生”到独立的发展过程提供了计算模拟途径。

3.4　二语词汇表征“寄生→独立”发展的计算建模

上文所述的 LEA、FLR 假说与 OM 主要从理论层面描述 L2 词汇表征的发展过程, 而发展性词库模型-II (Developmental Lexicon II, DevLex-II) 作为联结主义模型的典型代表, 为这些理论观点提供了计算模拟与验证途径。该模型模拟了语言多层级之间动态的自然输入和语音产出的发展轨迹, 为理解 AoA、词汇输入量等因素对 L2 词汇从“寄生”到独立的发展过程提供了可操作的计算框架(Li & Zhao, 2013b; Zhao & Li, 2010)。同时该模型将 LEA 的“固化”概念与 FLR 假说的“模糊性”概念进行有机整合, 并指出这两个概念和“寄生”概念的一致性, 表明 L1 词汇表征固化程度是导致 L2 表征模糊的重要因素(李梦莉, 范琳, 2016; 王初明, 2001; Li & Xu, 2023; Wolter, 2001)。

DevLex-II 模型是一个针对早期词汇发展的多层自组织神经网络, 通过引入时间维度的动态学习机制, 模拟 L2 学习者词汇习得渐进过程, 逐渐发展为当前研究的主要计算架构(Li & Zhao, 2022; Zhao & Li, 2010, 2022)。模型结构如图 4 所示, 包含三个语言信息的表征层次：语音输入映射层(语音表征)、语义映射层(词义表征)以及序列产出映射层(产出音素顺序)。

如图 4 所示, 在二语词汇习得过程中, 当 L2 词汇(如英语“dog”)输入时, 其语音信息(音素/d/、/ɒ/、/g/)按时序输入语音层, 通过竞争学习机制选出“获胜节点”, 并调整该节点及其邻域的联结权重。在语义映射层上, 与语音映射层的获胜节点具有最强关联的语义节点随后被激活。该模型基于赫布学习规则建立了音−义跨模态联结, 在语音和语义映射层上, 高频共激活的语音−语义节点间权重随时间持续增强, 最终形成自动激活路径。L2 词汇语义的激活也会通过语义−序列联结激发词汇产出序列。在语音产出过程中, 语义映射层上的获胜者将其激活传播到序列产出映射层, 该层的几个节点作为代表单词音素的获胜者按照顺序被激活(Li et al., 2007)。同时时间序列学习网络(SARDNET)算法(James & Miikkulainen, 1995)通过激活延迟竞争解决语音产出的序列排序难题, 模拟儿童或 L2 学习者从音节碎片到流利发音的演进过程(Li & Zhao, 2013a, 2013b)。

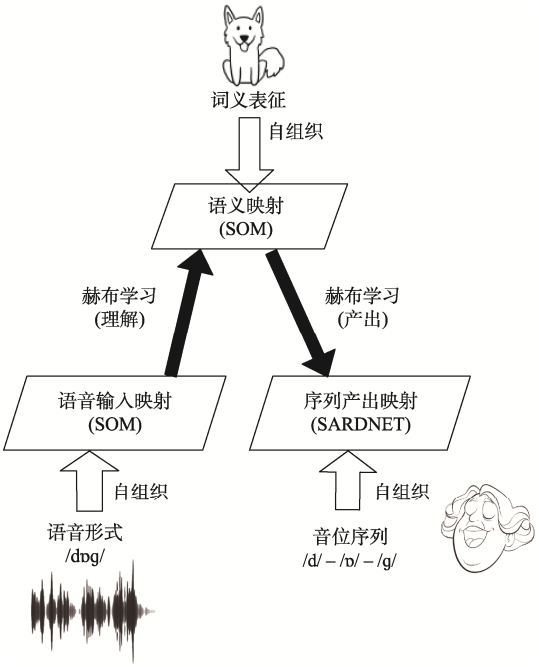


图 4　DevLex-II 模型(原图详见 Li & Zhao, 2013a)

Zhao 和 Li (2022)考察了三种学习条件下(同时学习、早期 L2 学习以及晚期 L2 学习)DevLex-II 模型的理解和产出错误表现。结果表明晚期 L2 学习条件下出现了更多的理解错误和产出错误, 表现为音、义表征的模糊与重叠以及映射层的不准确。这一模拟结果与语料库以及实证研究高度吻合：相较于早期习得者, 晚期 L2 学习者在词汇

命名和图片命名任务中表现较差(Hernandez & Li, 2007; McMillen et al., 2020; Segalowitz & De Almeida, 2002; Zhang et al., 2020)。DevLex-II 模型揭示了 L2 词汇表征习得的机制：学习初期, L1 词汇心理表征已经建立, L2 词汇只能利用由 L1 心理词典建立起来的结构进行联结, 即 L2 词汇在初期可能会借助 L1 语义表征作为中介(寄生式联结); 随着熟练度提高, L2 词汇表征逐渐建立独立的形−义联结。

DevLex-II 模型可以对 AoA 效应、词汇竞争和启动效应不对称性等现象做出解释。对 AoA 效应来说, 早期学习 L2 词汇时, L1 词库尚未完全固化, 两种语言可能建立起功能上独立的词汇表征; 而晚期学习 L2 词汇时, L1 词库已经历结构性“固化”, 导致 L2 词汇表征模糊, 且“寄生”于 L1 语义网络。关于词汇竞争, 该模型指出, L2 词汇语义表征的丰富性与词汇竞争呈负相关。L1 词汇因高频使用而形成丰富且独特的语义网络; 而 L2 词汇(尤其是晚期习得者)因表征网络稀疏且模糊, 需要投入更多的认知资源进行竞争, 从而 L2 内词汇竞争较强。关于启动效应不对称性, L1 词汇因表征丰富独特、竞争较弱, 被激活后能够有效扩散至 L2 目标词; 而 L2 词汇因表征稀疏模糊、竞争较强, 即使被激活也难以有效扩散至 L1 目标词, 从而导致 L1→L2 启动效应强于 L2→L1。模型进一步指出, 早期 L2 学习者的 L2 词汇表征更为丰富独立, 启动不对称性较弱; 而晚期 L2 学习者的 L2 表征“寄生”于 L1 网络, 不对称性更为显著。

DevLex-II 模型聚焦于单语、双语词汇习得过程的解释和模拟, 有助于量化 AoA、L1 和 L2 优势等因素在词汇学习初期对儿童或 L2 初学者的影响, 促进对二语词汇习得过程的深入了解。此外, 该模型中, 语义表征依赖数据库等外部资源, 同时语音表征基于预设的或者标准的音素特征, 而非真实声学信号, 这些因素均限制了该模型的生态效度。其次, 该模型在对学习者个体差异以及认知因素等方面的整合也有待发展。

总的来说, 上述发展性理论模型(LEA、FLR 假说和 OM), 以及计算建模模型(DevLex-II 模型), 均与联结主义框架紧密相关。它们从不同的维度描述了二语词汇习得的动态过程：LEA 揭示了词汇表征强度——词汇“固化”的发展过程; FLR 假说聚焦于 L2 词汇语音、语义及其映射模糊的原因及表现; OM 整合了 FLR 假说的观点, 描绘了多维网络在联结强度和密度上的发展路径; 而 DevLex-II 模型则为 FLR 假说和 OM 的理论概念提供了计算建模的手段。这些模型阐明了词汇表征“寄生→独立”发展过程的具体细节。但这些理论/模型并未涉及这一过程中的神经机制——即词汇表征“寄生→独立”的发展过程在大脑中是如何实现、哪些脑结构在其中发挥了关键作用。下节将基于互补学习系统理论对此进行详细介绍。

3.5 二语词汇表征“寄生→独立”发展的神经机制

上文所述的理论与计算模型从认知和计算层面刻画了 L2 词汇“寄生→独立”的发展过程, 但其背后的神经基础是什么？要回答这一问题, 首先需要面对联结主义分布式表征的一个核心难题——灾难性遗忘(catastrophic interference)：由于词汇信息被编码在网络中共享的联结权重上, 任何新词汇的输入都会导致权重发生全局性调整, 可能会影响甚至覆盖已有的词汇表征(French, 1999; Lindsay & Gaskell, 2010; McClelland et al., 1995; McCloskey & Cohen, 1989)。这一问题的根源在于记忆系统的“稳定性−可塑性”困境(stability-plasticity dilemma), 即系统如何既保持足够的可塑性以学习新知识, 又具备足够的稳定性以避免旧知识被破坏(Carpenter & Grossberg, 1987)。为解决这一难题, McClelland 等(1995)从大脑的生理结构出发, 结合海马体失忆症的神经心理研究以及 McCloskey 和 Cohen (1989)的计算模拟结果, 提出了互补学习系统理论(Complementary Learning Systems, CLS)。

如图 5 所示, 该理论强调词汇习得过程涉及两个具有不同学习属性和表征基础的互补学习系统：一是以内侧颞叶(特别是海马体)为主的快速学习系统, 负责情境信息的快速编码和临时存储, 采用稀疏编码和模式分离的计算原理, 使新记忆相互分离和区分, 支持对独特事件的记忆(Lindsay & Gaskell, 2010); 二是以新皮层系统为基础的慢速整合系统, 通过缓慢和渐进的学习方式, 利用分布式和重叠的表征对经验进行抽象化处理, 实现知识的渐进式巩固和整合。记忆的巩固过程体现为从“海马依赖”向“皮层独立”的动态转变。

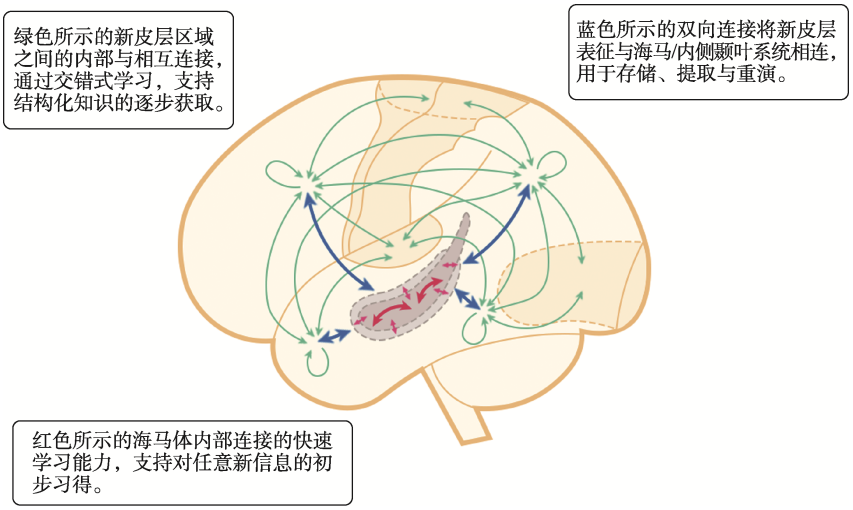


图 5　CLS 模型以及各区域的相互作用(原图详见 Kumaran et al., 2016; 彩图见电子版)

CLS 模型对二语词汇习得机制做出了一些基本预测。(1)在初始学习阶段(“寄生”状态)：L2 词汇(如“apple”)以稀疏离散表征储存于海马体内，依赖情景记忆建立了 L2 词汇词形−语义的短暂联结。此时词汇表征高度依赖于学习情境，L2 词汇表征在初始阶段常以“寄生”方式，嵌入并映射到已有的 L1 语义网络中，形成一种重叠分布的表征形式。(2)离线巩固阶段(“寄生→独立”过渡)：在离线状态下(主要是睡眠期间)，海马体对新学词汇进行“重放”，逐步将其传递至新皮层，形成与已有词汇网络相整合的重叠分布式表征。这一过程使 L2 词汇的神经表征强度增加，提取效率提升，并开始参与心理词典中的词汇竞争(Gais et al., 2006; van der Ven et al., 2015)。(3)整合完成阶段(“独立”状态)：经过充分巩固后，新习得的 L2 词汇最终在新皮层形成稳固表征，开始参与词汇竞争，最终实现自动化提取(Davis & Gaskell, 2009; Lindsay & Gaskell, 2010; Takashima et al., 2017)。此外，CLS 模型还提出，清醒状态下新旧词汇交错的渐进式学习以及间隔学习策略，可为海马−新皮层多次交互提供机会，加速 L2 词汇的整合过程(Dempster, 1987; Lindsay & Gaskell, 2009)。CLS 模型得到了来自行为、ERP 以及 fMRI 多领域证据的支持(Bakker et al., 2014, 2015; Davis & Gaskell, 2009; Dumay & Gaskell, 2007, 2012; Takashima et al., 2017)。最后，CLS 模型认为，L1 与 L2 词汇在表征上的差异并非源自不同的语言加工机制，而是源于语言输入特性与学习历程的不同(Cargnelutti et al., 2019; Gais et al., 2006)。这一观点为理解本文第 2 章所述的多个核心现象提供了记忆整合角度的解释。

对于 AoA 效应，CLS 模型认为早期习得者具有更强的神经可塑性，L2 词汇能够更高效地从海马体转移至新皮层，形成稳固的独立表征(Lindsay & Gaskell, 2010)；而晚期习得者的 L2 词汇表征处于“寄生”状态，新 L2 词汇的形式特征编码和储存需要依赖具体语境的情景记忆系统(Bialystok et al., 2020; Francis & Strobach, 2013)。对于形式突显性，其主要源于语义整合尚未完成，学习者在词汇识别时更多依赖词形等表层信息，而非深层语义加工。对于词汇竞争而言，CLS 模型认为，未充分巩固的 L2 词汇主要以情景记忆形式存储于海马体，因此无法参与有效的词汇竞争；只有经过睡眠巩固后，新词才能成为稳定的竞争者，呈现出词汇竞争延迟现象(Bowers et al., 2005; Dumay & Gaskell, 2007)。

CLS 模型从记忆整合角度提供了神经认知层面的解释机制，其提出的双系统框架有效解决了“稳定性−可塑性”困境(McClelland et al., 1995)，被广泛用于研究词汇的初始编码、巩固以及记忆保持等领域，在语言习得的时间动态建模方面具有重要价值(Davis & Gaskell, 2009)，同时为二语词汇习得奠定了重要的理论基础。然而，CLS 模型本质上是一个通用的记忆巩固模型，并非专为词

汇习得或双语加工设计(Davis & Gaskell, 2009; Lindsay & Gaskell, 2010), 因此存在以下局限：第一, 该模型描述的是从海马依赖到皮层独立的宏观转变过程, 对于单个词汇表征在语音、语义等维度上精确化的微观发展轨迹尚未刻画(Bordag et al., 2022a; Takashima et al., 2017); 第二, 该模型未专门阐释 L1 与 L2 表征在巩固过程中的跨语言竞争与交互机制(Cargnelutti et al., 2019); 第三, 该模型侧重离线巩固(尤其是睡眠期间的海马重放), 而对清醒状态下渐进式学习的整合作用关注不足(Dumay & Gaskell, 2012; Lindsay & Gaskell, 2009)。

综上所述, 本章在联结主义机制框架下, 从 4 个层面由表及里地分析了 L2 词汇表征由“寄生”到独立的动态演变过程。首先, BIA+模型从实时词汇识别与竞争机制出发, 揭示了不同表征状态下双语词汇的并行激活与抑制机制; 其次, 发展性理论模型(LEA、FLR 假说与 OM)分别从表征强度、表征精度与多维网络优化的角度, 刻画了 L2 词汇表征逐步优化的发展轨迹; 再次, DevLex-II 通过分布式神经网络建模, 模拟了输入驱动下权重动态调整的表征建构过程; 最后, CLS 理论则从神经机制层面阐明了记忆巩固如何驱动这一发展过程。虽然上述模型立足于不同层级与路径, 其核心机制均与联结主义所强调的分布式表征、权重动态调整与并行激活竞争的特点相契合。这 4 个层面相互补充, 共同构成了理解 L2 词汇表征发展机制的多维理论图景。

4 展望

基于上述对比分析, 尽管不同模型从识别机制、表征质量、网络结构与神经巩固等层面解释了 L2 词汇表征的发展, 但关于“寄生→独立”过程中不同层面之间如何动态交互, 以及该过程在不同个体与语言背景下是否具有普遍性, 仍缺乏系统整合。因此, 围绕这一核心问题, 本文对未来研究作出如下展望：

(1)构建“寄生→独立”发展过程的多维动态整合框架。现有各理论模型分别从不同维度揭示了“寄生→独立”过程的特定侧面, 但各维度之间如何协同运作、共同推动词汇表征的发展, 尚缺乏系统整合。基于前文分析可以初步构建一个多维动态整合框架：在神经基础层面, CLS 模型揭示了海马–新皮层记忆巩固机制对“寄生→独立”转变的神经驱动作用; 在发展过程层面, LEA、FLR 假说与 OM 共同描绘了二语词汇表征在强度、精度与网络联结等维度上随时间和输入频率而逐步优化的轨迹; 在词汇识别层面, BIA+解释了不同表征发展阶段下双语词汇的竞争格局。三个层面之间动态交互：神经巩固驱动表征质量的提升, 表征质量的变化又决定了词汇识别过程中的竞争与选择模式, 三者协同勾勒出 L2 词汇从“寄生→独立”的完整发展路径。未来研究可进一步探究各层面间的交互机制, 并发展针对汉英等跨文字系统的参数化整合模型。

(2)加强发展视角的纵向研究。尽管 OM 与 CLS 模型涉及词汇发展的时间维度, 但对词汇表征如何随学习经验的积累逐步摆脱对 L1 的“寄生”性、在不同语境中不断优化或损耗的具体机制, 仍缺乏细致的讨论与充分的实验证据。未来应该深入探讨 L2 词汇系统从初始模糊的“寄生”表征到自动化独立加工的渐进发展机制, 并利用更多纵向追踪研究来验证“寄生→独立”的发展轨迹。

(3)促进计算建模与神经机制研究的融合, 揭示“寄生→独立”发展的神经路径。随着神经语言学与人工智能的发展, 越来越多模型尝试借助脑成像技术(如 fMRI, EEG)或神经网络建模方法验证理论模型, 尤其是联结主义、CLS 模型以及 OM 在建模方面具有独特的优势。未来研究应进一步推动认知神经机制与语言表征建模的双向融合, 在神经层面刻画 L2 词汇从“寄生→独立”发展的神经通路。

(4)融入语言以外的认知和情感因素, 提高模型的解释力度和生态效度。现有模型主要关注语言层面的变量, 对影响“寄生→独立”进程的个体认知与情感因素考虑不足。认知因素如工作记忆可能影响学习者在词汇编码阶段建立独立语义表征的效率, 从而调节“寄生→独立”的发展速度(Shirai, 2018)。情感因素例如个体人格特质, 也会影响学习者在 L2 学习与加工过程中的焦虑程度(Yaş, 2024), 进而可能影响二语词汇从“寄生”走向“独立”的速度与质量。未来研究应深入讨论个体认知和情感差异如何调节“寄生→独立”的发展进程及其内在机制。

(5)跨语言背景下模型适用性的验证与扩展。当前多数模型基于印欧语系(如英语、西班牙语、

德语、俄语)建立, 对非印欧语系尤其中文背景下 L2 词汇“寄生→独立”发展机制的探讨较为有限。汉语与拼音文字在正字法深度、形−音映射规则、形态系统等方面存在根本差异, 这些差异可能使得 L2 词汇“寄生→独立”的发展路径呈现出独特的模式。目前仅有 DevLex-II 模型涉及中英双语的词汇加工机制, 其他的理论模型在这一方向上的研究仍较为匮乏。未来应对汉英等跨文字系统的双语开展系统的实证研究与建模分析, 以验证和扩展现有模型对跨语言背景下“寄生→独立”发展机制的解释力。

参考文献

李梦莉, 范琳. (2016). 联结抑或动态：二语习得中的联结主义理论与动态系统理论. *宁波大学学报(人文科学版)*, *29*(2), 38−42.

王初明. (2001). 解释二语习得, 连接论优于普遍语法. *外国语(上海外国语大学学报)*, (5), 11−17.

周昱. (2014). 联结主义模型与二语习得研究. *英语广场(下旬刊)*, (7), 13−15.

Altarriba, J., Kroll, J. F., Sholl, A., & Rayner, K. (1996). The influence of lexical and conceptual constraints on reading mixed-language sentences: Evidence from eye fixations and naming times. *Memory & Cognition*, *24*(4), 477−492. https://doi.org/10.3758/BF03200936

Bakker, I., Takashima, A., van Hell, J. G., Janzen, G., & McQueen, J. M. (2014). Competition from unseen or unheard novel words: Lexical consolidation across modalities. *Journal of Memory and Language, 73*, 116−130. https://doi.org/10.1016/j.jml.2014.03.002

Bakker, I., Takashima, A., Van Hell, J. G., Janzen, G., & McQueen, J. M. (2015). Tracking lexical consolidation with ERPs: Lexical and semantic-priming effects on N400 and LPC responses to newly-learned words. *Neuropsychologia, 79*, 33−41. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.10.020

Basnight-Brown, D. M. (2014). Models of lexical access and bilingualism. In R. R. Heredia & J. Altarriba (Eds.), *Foundations of bilingual memory* (pp. 85−107). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-9218-4_5

Basnight-Brown, D. M., & Altarriba, J. (2007). Differences in semantic and translation priming across languages: The role of language direction and language dominance. *Memory & Cognition*, *35*(5), 953−965. https://doi.org/10.3758/BF03193468

Berghoff, R., & Bylund, E. (2024). L2 activation during L1 processing is increased by exposure but decreased by proficiency. *International Journal of Bilingualism*, *28*(3), 555−569. https://doi.org/10.1177/13670069231175270

Berghoff, R., McLoughlin, J., & Bylund, E. (2021). L1 activation during L2 processing is modulated by both age of acquisition and proficiency. *Journal of Neurolinguistics, 58*, Article 100979. https://doi.org/10.1016/j.jneuroling.2020.100979

Berzak, Y., & Levy, R. (2023). Eye movement traces of linguistic knowledge in native and non-native reading. *Open Mind*, *7*, 179−196. https://doi.org/10.1162/opmi_a_00084

Bialystok, E., Dey, A., Sullivan, M. D., & Sommers, M. S. (2020). Using the DRM paradigm to assess language processing in monolinguals and bilinguals. *Memory & Cognition*, *48*(5), 870−883. https://doi.org/10.3758/s13421-020-01016-6

Birdsong, D. (2009). Interpreting age effects in second language acquisition. In J. F. Kroll & A. M. B. de Groot (Eds.), *Handbook of bilingualism: Psycholinguistic approaches* (pp. 109−127). Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/oso/9780195151770.003.0007

Bobb, S. C., Von Holzen, K., Mayor, J., Mani, N., & Carreiras, M. (2020). Co-activation of the L2 during L1 auditory processing: An ERP cross-modal priming study. *Brain and Language, 203*, 104739. https://doi.org/10.1016/j.bandl.2019.104739

Bordag, D., Gor, K., & Opitz, A. (2022a). Ontogenesis model of the L2 lexical representation. *Bilingualism: Language and Cognition, 25*(2), 185−201. https://doi.org/10.1017/S1366728921000250

Bordag, D., Gor, K., & Opitz, A. (2022b). Refining key concepts of the ontogenesis model of the L2 lexical representation. *Bilingualism: Language and Cognition*, *25*(2), 236−241. https://doi.org/10.1017/S1366728921000894

Bordag, D., Kirschenbaum, A., Rogahn, M., Opitz, A., & Tschirner, E. (2017a). Semantic representation of newly learned L2 words and their integration in the L2 lexicon. *Studies in Second Language Acquisition, 39*(1), 197−212. https://doi.org/10.1017/S0272263116000048

Bordag, D., Kirschenbaum, A., Rogahn, M., & Tschirner, E. (2017b). The role of orthotactic probability in incidental and intentional vocabulary acquisition L1 and L2. *Second Language Research, 33*(2), 147−178. https://doi.org/10.1177/0267658316665879

Bordag, D., Kirschenbaum, A., Tschirne, E., & Opitz, A. (2015). Incidental acquisition of new words during reading in L2: Inference of meaning and its integration in the L2 mental lexicon. *Bilingualism: Language and Cognition, 18*(3), 372−390. https://doi.org/10.1017/S1366728914000078

Bowers, J. S., Davis, C. J., & Hanley, D. A. (2005). Interfering neighbours: The impact of novel word learning on the identification of visually similar words. *Cognition, 97*(3), B45−B54. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2005.02.002

Broersma, M. (2012). Increased lexical activation and reduced competition in second-language listening. *Language and Cognitive Processes, 27*(7−8), 1205−1224. https://doi.org/10.1080/01690965.2012.660170

Broersma, M., & Cutler, A. (2011). Competition dynamics of second-language listening. *Quarterly Journal of*

Experimental Psychology, 64(1), 74−95. https://doi.org/10.1080/17470218.2010.499174

Brysbaert, M., Lagrou, E., & Stevens, M. (2017). Visual word recognition in a second language: A test of the lexical entrenchment hypothesis with lexical decision times. *Bilingualism: Language and Cognition*, *20*(3), 530−548. https://doi.org/10.1017/S1366728916000353

Burgess, C., & Lund, K. (1997). Modelling parsing constraints with high-dimensional context space. *Language and Cognitive Processes, 12*(2-3), 177−210. https://doi.org/10.1080/016909697386844

Bylund, E., Hyltenstam, K., & Abrahamsson, N. (2021). Age of acquisition − not bilingualism − is the primary determinant of less than nativelike L2 ultimate attainment. *Bilingualism: Language and Cognition*, *24*(1), 18−30. https://doi.org/10.1017/S1366728920000188

Cargnelutti, E., Tomasino, B., & Fabbro, F. (2019). Language brain representation in bilinguals with different age of appropriation and proficiency of the second language: A meta-analysis of functional imaging studies. *Frontiers in Human Neuroscience, 13*, 154. https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00154

Carpenter, G. A., & Grossberg, S. (1987). A massively parallel architecture for a self-organizing neural pattern recognition machine. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing, 37*(1), 54−115. https://doi.org/10.1016/S0734-189X(87)80014-2

Chee, M. W. L., Hon, N., Lee, H. L., & Soon, C. S. (2001). Relative language proficiency modulates BOLD signal change when bilinguals perform semantic judgments. *NeuroImage, 13*(6), 1155−1163. https://doi.org/10.1006/nimg.2001.0781

Chen, B., Zhou, H., Gao, Y., & Dunlap, S. (2014). Cross-language translation priming asymmetry with Chinese-English bilinguals: A test of the sense model. *Journal of Psycholinguistic Research, 43*(3), 225−240. https://doi.org/10.1007/s10936-013-9249-3

Chrabaszcz, A., & Gor, K. (2017). Quantifying contextual effects in second language processing of phonolexically ambiguous and unambiguous words. *Applied Psycholinguistics, 38*(4), 909−942. https://doi.org/10.1017/S0142716416000497

Cook, S. V., & Gor, K. (2015). Lexical access in L2: Representational deficit or processing constraint? *The Mental Lexicon*, *10*(2), 247−270. https://doi.org/10.1075/ml.10.2.04coo

Craik, F., & Bialystok, E. (2006, November 16−19). *Positive and negative effects of bilingualism on cognitive aging* [Paper presentation]. Annual Meeting of the Psychonomic Society, Houston, TX, United States.

Darcy, I., Daidone, D., & Kojima, C. (2014). Asymmetric lexical access and fuzzy lexical representations in second language learners. *The Mental Lexicon, 8*(3), 372−420. https://doi.org/10.1075/ml.8.3.06dar

Davis, M. H., & Gaskell, M. G. (2009). A complementary systems account of word learning: Neural and behavioural evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *364*(1536), 3773−3800. https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0111

Dempster, F. N. (1987). Effects of variable encoding and spaced presentations on vocabulary learning. *Journal of Educational Psychology*, *79*(2), 162−170. https://doi.org/10.1037/0022-0663.79.2.162

Diependaele, K., Lemhöfer, K., & Brysbaert, M. (2013). The word frequency effect in first- and second-language word recognition: A lexical entrenchment account. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *66*(5), 843−863. https://doi.org/10.1080/17470218.2012.720994

Dijkstra, T., Grainger, J., & van Heuven, W. J. B. (1999). Recognition of cognates and interlingual homographs: The neglected role of phonology. *Journal of Memory and Language, 41*(4), 496−518. https://doi.org/10.1006/jmla.1999.2654

Dijkstra, T., Timmermans, M., & Schriefers, H. (2000). On being blinded by your other language: Effects of task demands on interlingual homograph recognition. *Journal of Memory and Language, 42*(4), 445−464. https://doi.org/10.1006/jmla.1999.2697

Dijkstra, T., & van Heuven, W. J. B. (1998). The BIA model and bilingual word recognition. In J. Grainger & A. M. Jacobs (Eds.), *Localist connectionist approaches to human cognition* (pp. 189−225). Lawrence Erlbaum Associates.

Dijkstra, T., & van Heuven, W. J. B. (2002). The architecture of the bilingual word recognition system: From identification to decision. *Bilingualism: Language and Cognition*, *5*(3), 175−197. https://doi.org/10.1017/S1366728902003012

Dimitropoulou, M., Duñabeitia, J. A., & Carreiras, M. (2011). Two words, one meaning: Evidence of automatic co-activation of translation equivalents. *Frontiers in Psychology, 2*, Article 188. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00188

Dumay, N., & Gaskell, M. G. (2007). Sleep-associated changes in the mental representation of spoken words. *Psychological Science*, *18*(1), 35−39. https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2007.01845.x

Dumay, N., & Gaskell, M. G. (2012). Overnight lexical consolidation revealed by speech segmentation. *Cognition, 123*(1), 119−132. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2011.12.009

Duyck, W., Vanderelst, D., Desmet, T., & Hartsuiker, R. J. (2008). The frequency effect in second-language visual word recognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, *15*(4), 850−855. https://doi.org/10.3758/PBR.15.4.850

Ecke, P., & Hall, C. J. (2022). Bilingual aspects of the ontogenesis model: Parasitic connections at all levels of representation? *Bilingualism: Language and Cognition*, *25*(2), 208−209. https://doi.org/10.1017/S1366728921000675

Elgort, I. (2011). Deliberate learning and vocabulary

acquisition in a second language. *Language Learning, 61*(2), 367−413. https://doi.org/10.1111/j.1467-9922.2010.00613.x

Elgort, I., Perfetti, C. A., Rickles, B., & Stafura, J. Z. (2015). Contextual learning of L2 word meanings: Second language proficiency modulates behavioural and ERP indicators of learning. *Language, Cognition and Neuroscience*, *30*(5), 506−528. https://doi.org/10.1080/23273798.2014.942673

Ellis, N. C. (2002). Frequency effects in language processing: A review with implications for theories of implicit and explicit language acquisition. *Studies in Second Language Acquisition*, *24*(2), 143−188. https://doi.org/10.1017/S0272263102002024

Elston-Güttler, K. E., Paulmann, S., & Kotz, S. A. (2005). Who's in control? Proficiency and L1 influence on L2 processing. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *17*(10), 1593−1610. https://doi.org/10.1162/089892905774597245

Escudero, P., Hayes-Harb, R., & Mitterer, H. (2008). Novel second-language words and asymmetric lexical access. *Journal of Phonetics, 36*(2), 345−360. https://doi.org/10.1016/j.wocn.2007.11.002

Fitzpatrick, T., & Izura, C. (2011). Word association in L1 and L2: An exploratory study of response types, response times, and interlingual mediation. *Studies in Second Language Acquisition, 33*(3), 373−398. https://doi.org/10.1017/S0272263111000027

Flege, J. E., & Liu, S. (2001). The effect of experience on adults' acquisition of a second language. *Studies in Second Language Acquisition, 23*(4), 527−552. https://doi.org/10.1017/S0272263101004041

Francis, W. S., & Strobach, E. N. (2013). The bilingual L2 advantage in recognition memory. *Psychonomic Bulletin & Review, 20*(6), 1296−1303. https://doi.org/10.3758/s13423-013-0427-y

French, R. M. (1999). Catastrophic forgetting in connectionist networks. *Trends in Cognitive Sciences*, *3*(4), 128−135. https://doi.org/10.1016/S1364-6613(99)01294-2

French, R. M. (2022). A simple recurrent network model of bilingual memory. In M. A. Gernsbacher & S. J. Derry (Eds.), *Proceedings of the Twentieth Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 368−373). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315782416-73

Gais, S., Lucas, B., & Born, J. (2006). Sleep after learning aids memory recall. *Learning & Memory, 13*(3), 259−262. https://doi.org/10.1101/lm.132106

Gollan, T. H., Montoya, R. I., Cera, C., & Sandoval, T. C. (2008). More use almost always means a smaller frequency effect: Aging, bilingualism, and the weaker links hypothesis. *Journal of Memory and Language*, *58*(3), 787−814. https://doi.org/10.1016/j.jml.2007.07.001

Gollan, T. H., Slattery, T. J., Goldenberg, D., Van Assche, E., Duyck, W., & Rayner, K. (2011). Frequency drives lexical access in reading but not in speaking: The frequency-lag hypothesis. *Journal of Experimental Psychology: General*, *140*(2), 186−209. https://doi.org/10.1037/a0022256

González, D. M., & Milne, D. E. D. (2014). Connecting theory and practice: A connectionist approach to second language acquisition [Unpublished doctoral dissertation] Harvard University.

Gor, K., & Cook, S. V. (2020). A mare in a pub? Nonnative facilitation in phonological priming. *Second Language Research, 36*(1), 123−140. https://doi.org/10.1177/0267658318769962

Gor, K., Cook, S., Bordag, D., Chrabaszcz, A., & Opitz, A. (2021). Fuzzy lexical representations in adult second language speakers. *Frontiers in Psychology*, *12*, 732030. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.732030

Granena, G., & Long, M. H. (2013). Age of onset, length of residence, language aptitude, and ultimate L2 attainment in three linguistic domains. *Second Language Research*, *29*(3), 311−343. https://doi.org/10.1177/0267658312461497

Hall, C. J. (2002). The automatic cognate form assumption: Evidence for the parasitic model of vocabulary development. *International Review of Applied Linguistics in Language Teaching, 40*(2), 69−87. https://doi.org/10.1515/iral.2002.008

Hall, C. J., & Schultz, M. (1994). Los errores de marco sintáctico: Evidencia del Modelo Parasitario del léxico mental en un segundo idioma [Syntactic frame errors: Evidence for the Parasitic Model of the second language mental lexicon]. *Estudios de Lingüística Aplicada, 12* (19/20), 376−389.

Hernandez, A., & Li, P. (2007). Age of acquisition: Its neural and computational mechanisms. *Psychological Bulletin*, *133*(4), 638−650. https://doi.org/10.1037/0033-2909.133.4.638

Heyer, V., & Clahsen, H. (2015). Late bilinguals see a scan in scanner and in scandal: Dissecting formal overlap from morphological priming in the processing of derived words. *Bilingualism: Language and Cognition*, *18*(3), 543−550. https://doi.org/10.1017/S1366728914000662

Jacquet, M., & French, R. M. (2002). The BIA++: Extending the BIA+ to a dynamical distributed connectionist framework. *Bilingualism: Language and Cognition*, *5*(3), 202−205. https://doi.org/10.1017/S1366728902223019

James, D. L., & Miikkulainen, R. (1995). SARDNET: A self-organizing feature map for sequences. In G. Tesauro, D. S. Touretzky, & T. K. Leen (Eds.), *Advances in neural information processing systems 7* (pp. 577−584). MIT Press.

Jiang, N., & Forster, K. I. (2001). Cross-language priming asymmetries in lexical decision and episodic recognition. *Journal of Memory and Language*, *44*(1), 32−51. https://doi.org/10.1006/jmla.2000.2737

Jiang, N., & Zhang, J. (2021). Form prominence in the L2 lexicon: Further evidence from word association. *Second Language Research*, *37*(1), 69−90. https://doi.org/10.1177/0267658319827053

Joanisse, M. F., & McClelland, J. L. (2015). Connectionist perspectives on language learning, representation and processing. *WIREs Cognitive Science*, *6*(3), 235−247. https://doi.org/10.1002/wcs.1340

Kahraman, H., & Beyersmann, E. (2024). Sand, sandpaper, and sandwiches: Evidence from a masked compound priming task in L1 and L2 speakers of English. *Journal of Cognition*, *7*(1), 30. https://doi.org/10.5334/joc.350

Kousaie, S., & Phillips, N. A. (2010). Age-related differences in interlingual priming: A behavioural and electrophysiological investigation. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, *18*(1), 22−55. https://doi.org/10.1080/13825585.2010.510555

Kroll, J. F., & Stewart, E. (1994). Category interference in translation and picture naming: Evidence for asymmetric connections between bilingual memory representations. *Journal of Memory and Language, 33*(2), 149−174. https://doi.org/10.1006/jmla.1994.1008

Kroll, J. F., & Tokowicz, N. (2005). Models of bilingual representation and processing: Looking back and to the future. In J. F. Kroll & A. M. B. de Groot (Eds.), *Handbook of bilingualism: Psycholinguistic approaches* (pp. 531−553). Oxford University Press.

Kumaran, D., Hassabis, D., & McClelland, J. L. (2016). What learning systems do intelligent agents need? Complementary learning systems theory updated. *Trends in Cognitive Sciences*, *20*(7), 512−534. https://doi.org/10.1016/j.tics.2016.05.004

Kuperman, V., & Van Dyke, J. A. (2013). Reassessing word frequency as a determinant of word recognition for skilled and unskilled readers. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 39*(3), 802−823. https://doi.org/10.1037/a0030859

Li, K. (2023). Age as a factor determining effectiveness of L2 acquisition. *Journal of Language Teaching*, *3*(9), 8−13. https://doi.org/10.54475/jlt.2023.021

Li, M., Jiang, N., & Gor, K. (2017). L1 and L2 processing of compound words: Evidence from masked priming experiments in English. *Bilingualism: Language and Cognition, 20*(2), 384−402. https://doi.org/10.1017/S1366728915000681

Li, P., & Farkas, I. (2002). A self-organizing connectionist model of bilingual processing. In R. R. Heredia & J. Altarriba (Eds.), *Bilingual sentence processing* (pp. 59−85). North-Holland/Elsevier. https://doi.org/10.1016/S0166-4115(02)80006-1

Li, P., & Xu, Q. (2023). Computational modeling of bilingual language learning: Current models and future directions. *Language Learning, 73*(S2), 17−64. https://doi.org/10.1111/lang.12529

Li, P., & Zhao, X. (2013a). Self-organizing map models of language acquisition. *Frontiers in Psychology, 4*, Article 828. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00828

Li, P., & Zhao, X. (2013b). Connectionist models of second language acquisition. In M. del P. García Mayo (Ed.), *Contemporary approaches to second language acquisition* (pp. 177−198). John Benjamins Publishing Company. https://doi.org/10.1075/aals.9.12ch9

Li, P., & Zhao, X. (2022). Computational mechanisms of development? Connectionism and bilingual lexical representation. *Bilingualism: Language and Cognition, 25*(2), 224−225. https://doi.org/10.1017/S1366728921000432

Li, P., Zhao, X., & Mac Whinney, B. (2007). Dynamic self-organization and early lexical development in children. *Cognitive Science, 31*(4), 581−612. https://doi.org/10.1080/15326900701399905

Lindsay, S., & Gaskell, M. G. (2009). Spaced learning and the lexical integration of novel words. In N. A. Taatgen & H. van Rijn (Eds.), *Proceedings of the 31st Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 2517−2522). Amsterdam.

Lindsay, S., & Gaskell, M. G. (2010). A complementary systems account of word learning in L1 and L2. *Language Learning, 60*(S2), 45−63. https://doi.org/10.1111/j.1467-9922.2010.00600.x

Mackay, I. R. A., & Flege, J. E. (2004). Effects of the age of second language learning on the duration of first and second language sentences: The role of suppression. *Applied Psycholinguistics, 25*(3), 373−396. https://doi.org/10.1017/S0142716404001171

MacWhinney, B. (2012). The logic of the unified model. In S. Gass & A. Mackey (Eds.), *The Routledge handbook of second language acquisition* (pp. 211−227). Routledge.

Marian, V., & Spivey, M. (2003). Competing activation in bilingual language processing: Within- and between-language competition. *Bilingualism: Language and Cognition, 6*(2), 97−115. https://doi.org/10.1017/S1366728903001068

Matusevych, Y., Alishahi, A., & Backus, A. (2017). The impact of first and second language exposure on learning second language constructions. *Bilingualism: Language and Cognition, 20*(1), 128−149. https://doi.org/10.1017/S1366728915000607

McClelland, J. L., McNaughton, B. L., & O'Reilly, R. C. (1995). Why there are complementary learning systems in the hippocampus and neocortex: Insights from the successes and failures of connectionist models of learning and memory. *Psychological Review, 102*(3), 419−457. https://doi.org/10.1037/0033-295X.102.3.419

McClelland, J. L., & Rumelhart, D. E. (1981). An interactive activation model of context effects in letter perception: I. An account of basic findings. *Psychological Review, 88*(5), 375−407. https://doi.org/10.1037/0033-295X.88.5.375

McClelland, J. L., Rumelhart, D. E., & Hinton, G. E. (1986). The appeal of parallel distributed processing. In D. E. Rumelhart & J. L. McClelland (Eds.), *Parallel distributed processing: Explorations in the microstructure of cognition* (Vol. 1, pp. 3−32). MIT Press.

McCloskey, M., & Cohen, N. J. (1989). Catastrophic

interference in connectionist networks: The sequential learning problem. *Psychology of Learning and Motivation*, *24*, 109−165. https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60536-8

McMillen, S., Griffin, Z. M., Peña, E. D., Bedore, L. M., & Oppenheim, G. M. (2020). “Did I say cherry?” Error patterns on a blocked cyclic naming task for bilingual children with and without developmental language disorder. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *63*(4), 1148−1164. https://doi.org/10.1044/2019_JSLHR-19-00041

Meara, P. (1978). Learners’ word associations in French. *Interlanguage Studies Bulletin, 3*(2), 192−211. http://www.jstor.org/stable/43136005

Midgley, K. J., Holcomb, P. J., & Grainger, J. (2009). Masked repetition and translation priming in second language learners: A window on the time-course of form and meaning activation using ERPs. *Psychophysiology, 46*(3), 551−565. https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2009.00784.x

Mok, P. & Yu, A.C.L. (2017). The effects of language immersion on the bilingual lexicon: Evidence from Chinese-English bilinguals. *Linguistic Approaches to Bilingualism, 7*(5), 614−636. https://doi.org/10.1075/lab.15029.mok

Morgan-Short, K., Finger, I., Grey, S., & Ullman, M. T. (2012). Second language processing shows increased native-like neural responses after months of no exposure. *PLoS ONE, 7*(3), e32974. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0032974

Nakayama, M., Ida, K., & Lupker, S. J. (2016). Cross-script L2-L1 noncognate translation priming in lexical decision depends on L2 proficiency: Evidence from Japanese−English bilinguals. *Bilingualism: Language and Cognition*, *19*(5), 1001−1022. https://doi.org/10.1017/S1366728915000462

Namei, S. (2004). Bilingual lexical development: A Persian−Swedish word association study. *International Journal of Applied Linguistics*, *14*(3), 363−388. https://doi.org/10.1111/j.1473-4192.2004.00070.x

Nation, I. S. P. (2001). *Learning vocabulary in another language*. Cambridge University Press.

Park, K., Gor, K., & Jiang, N. (2025). Are L2 orthographic representations fuzzy? Effects of word frequency and spelling proficiency on orthographic priming in L1 and L2. *Applied Psycholinguistics*, *46*, e17. https://doi.org/10.1017/S0142716425100064

Pelzl, E., Jończyk, R., & van Hell, J. G. (2024). Second language knowledge can influence native language performance in exclusively native contexts: An approximate replication of Van Hell & Dijkstra (2002). *Studies in Second Language Acquisition*, *46*(5), 1457−1474. https://doi.org/10.1017/S0272263124000457

Perfetti, C. A., & Hart, L. (2008). The lexical quality hypothesis. In L. Verhoeven, C. Elbro, & P. Reitsma (Eds.), *Precursors of functional literacy* (pp. 189−213). John Benjamins Publishing Company.

Pulvermüller, F. (2001). Connectionist Models of Language Processing. In N. J. Smelser & P. B. Baltes (Eds.), *International encyclopedia of the social & behavioral sciences* (pp. 2580−2584). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B0-08-043076-7/00567-2

Puscama, M. G. (2024). Semantic network development in L2 Spanish and its impact on processing skills: A multisession eye-tracking study. *Languages*, *9*(2), 43. https://doi.org/10.3390/languages9020043

Sabourin, L., Brien, C., & Burkholder, M. (2014). The effect of age of L2 acquisition on the organization of the bilingual lexicon: Evidence from masked priming. *Bilingualism: Language and Cognition, 17*(3), 542−555. https://doi.org/10.1017/S1366728913000643

Saito, K. (2024). Age effects in spoken second language vocabulary attainment beyond the critical period. *Studies in Second Language Acquisition*, *46*(1), 3−27. https://doi.org/10.1017/S0272263122000432

Saville-Troike, M. (2006). *Introducing second language acquisition*. Cambridge University Press.

Schepens, J., van Hout, R., & Jaeger, T. F. (2020). Big data suggest strong constraints of linguistic similarity on adult language learning. *Cognition, 194*, 104056. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2019.104056

Schepens, J. J., van Hout, R. W. N. M., & van der Slik, F. W. P. (2022). Linguistic dissimilarity increases age-related decline in adult language learning. *Studies in Second Language Acquisition, 45*(1), 167−188. https://doi.org/10.1017/S0272263122000067

Schoonbaert, S., Duyck, W., Brysbaert, M., & Hartsuiker, R. J. (2009). Semantic and translation priming from a first language to a second and back: Making sense of the findings. *Memory & Cognition*, *37*(5), 569−586. https://doi.org/10.3758/MC.37.5.569

Sebastián‐Gallés, N., & Díaz, B. (2012). First and second language speech perception: Graded learning. *Language Learning, 62*(Suppl 2), 131−147. https://doi.org/10.1111/j.1467-9922.2012.00709.x

Segalowitz, N., & De Almeida, R. G. (2002). Conceptual representation of verbs in bilinguals: Semantic field effects and a second-language performance paradox. *Brain and Language, 81*(1−3), 517−531. https://doi.org/10.1006/brln.2001.2544

Shirai, Y. (Ed.). (2018). *Connectionism and second language acquisition*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203118085

Singleton, D., & Pfenninger, S. E. (2022). Age. In S. Li, P. Hiver, & M. Papi (Eds.), *The Routledge handbook of second language acquisition and individual differences* (pp. 251−265). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781003270546-21

Sunderman, G., & Kroll, J. F. (2006). First language activation during second language lexical processing: An investigation of lexical form, meaning, and grammatical

class. *Studies in Second Language Acquisition, 28*(3), 387−422. https://doi.org/10.1017/S0272263106060177

Takashima, A., Bakker, I., Van Hell, J. G., Janzen, G., & McQueen, J. M. (2017). Interaction between episodic and semantic memory networks in the acquisition and consolidation of novel spoken words. *Brain and Language, 167*, 44−60. https://doi.org/10.1016/j.bandl.2016.05.009

Todorova, L., Neville, D. A., & Piai, V. (2020). Lexical-semantic and executive deficits revealed by computational modelling: A drift diffusion model perspective. *Neuropsychologia, 146*, 107560. https:// doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2020.107560

van der Ven, F., Takashima, A., Segers, E., & Verhoeven, L. (2015). Learning word meanings: Overnight integration and study modality effects. *PLoS one, 10*(5), e0124926. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0124926

Van Wijnendaele, I., & Brysbaert, M. (2002). Visual word recognition in bilinguals: Phonological priming from the second to the first language. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 28*(3), 616−627. https://doi.org/10.1037/0096-1523.28.3.616

Wang, X. (2013). Language dominance in translation priming: Evidence from balanced and unbalanced Chinese-English bilinguals. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 66*(4), 727−743. https://doi.org/10.1080/17470218.2012.716072

Wanner-Kawahara, J., Yoshihara, M., Lupker, S. J., Verdonschot, R. G., & Nakayama, M. (2022). Morphological priming effects in L2 English verbs for Japanese-English bilinguals. *Frontiers in Psychology, 13,* 742965. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.742965

Wartenburger, I., Heekeren, H. R., Abutalebi, J., Cappa, S. F., Villringer, A., & Perani, D. (2003). Early setting of grammatical processing in the bilingual brain. *Neuron, 37*(1), 159−170. https://doi.org/10.1016/S0896-6273(02)01150-9

Weber, A., & Cutler, A. (2004). Lexical competition in non-native spoken-word recognition. *Journal of Memory and Language, 50*(1), 1−25. https://doi.org/10.1016/S0749-596X(03)00105-0

Wen, Y., & van Heuven, W. J. B. (2017). Non-cognate translation priming in masked priming lexical decision experiments: A meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review, 24*(3), 879−886. https://doi.org/10.3758/s13423-016-1151-1

Whitford, V., & Titone, D. (2012). Second-language experience modulates first- and second-language word frequency effects: Evidence from eye movement measures of natural paragraph reading. *Psychonomic Bulletin & Review, 19*(1), 73−80. https://doi.org/10.3758/s13423-011-0179-5

Wolter, B. (2001). Comparing the L1 and L2 mental lexicon. *Studies in Second Language Acquisition, 23*(1), 41−69. https://doi.org/10.1017/S0272263101001024

Yaş, E. (2024). The role of age in second language acquisition. *Cankaya University Journal of Humanities and Social Sciences*, *18*(2), 265−276. https://doi.org/10.47777/cankujhss.1570045

Zareva, A. (2007). Structure of the second language mental lexicon: How does it compare to native speakers' lexical organization? *Second Language Research, 23*(2), 123−153. https://doi.org/10.1177/0267658307076543

Zhang, X., Yang, J., Wang, R., & Li, P. (2020). A neuroimaging study of semantic representation in first and second languages. *Language, Cognition and Neuroscience*, *35*(10), 1223−1238. https://doi.org/10.1080/23273798.2020.1738509

Zhao, X., & Li, P. (2010). Bilingual lexical interactions in an unsupervised neural network model. *International Journal of Bilingual Education and Bilingualism, 13*(5), 505−524. https://doi.org/10.1080/13670050.2010.488284

Zhao, X., & Li, P. (2013). Simulating cross-language priming with a dynamic computational model of the lexicon. *Bilingualism: Language and Cognition*, *16*(2), 288−303. https://doi.org/10.1017/S1366728912000624

Zhao, X., & Li, P. (2022). Fuzzy or clear? A computational approach towards dynamic L2 lexical-semantic representation. *Frontiers in Communication, 6*, 726443. https://dx.doi.org/10.3389/fcomm.2021.726443

Zhao, X., Li, P., Liu, Y., Fang, X., & Shu, H. (2011). Cross-language priming in Chinese−English bilinguals with different second language proficiency levels. *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society* (Vol. 33, pp. 801−806). Cognitive Science Society.

The developmental mechanisms of L2 lexical representation from “parasitic” to independent: A comparative analysis of connectionist models

LI Ziyi, LU Tianyi, YAO Panpan

(*Cognitive Science and Allied Health School, Beijing Language and Culture University, Beijing* 100083, *China*)

Abstract: In the field of second language acquisition (SLA), a central question concerns how second language (L2) lexical representations develop from an initial “parasitic” state, reliant on the first language (L1), into a relatively independent system. To further elucidate the cognitive mechanisms underlying this shift, the current study summarizes classic phenomena and influencing factors in L2 lexical acquisition and systematically compares six connectionist models of L2 vocabulary learning. Specifically, the potential cognitive mechanisms are examined from four perspectives: (1) lexical competition and recognition, as captured by the Bilingual Interactive Activation (BIA) model; (2) developmental dimensions, including the Lexical Entrenchment Account, the Fuzzy Lexical Representations hypothesis, and the Ontogenesis Model of the L2 Lexical Representation; (3) computational modeling, with a focus on the Developmental Lexicon II; and (4) neurocognitive foundations, drawing on the Complementary Learning Systems (CLS) framework. Moreover, given the substantial differences between Chinese and alphabetic writing systems, this paper calls for more empirical research in Chinese−English/English−Chinese bilingual contexts. Future research should also consider non-linguistic cognitive factors, incorporate developmental perspectives, and employ computational modeling techniques to further advance the understanding of the cognitive mechanisms underlying L2 lexical acquisition.

Keywords: L2 lexical representation, “parasitic” representation, independent lexical representation, Connectionist framework