

中西方纯失读症在视觉词形加工机制上的差异

张劫 陈钟琴 罗本燕

【摘要】 纯失读症是损害定位于阅读早期阶段即词形加工的功能障碍,症状单一且病变部位特殊,多累及视觉词形加工区域。文字阅读作为一种获得性高级神经功能,与文化密切相关,故比较中西方纯失读症的异同能够更加深入地了解视觉词形加工机制。中西方纯失读症具有不同临床表现,文字信号特征的差异性根本原因,视觉词形加工区域的可塑性是神经生物学基础。中西方文字阅读均呈现左侧半球偏侧化特点,但汉语纯失读症的特殊现象可推测右侧大脑半球在汉语加工中的作用更为突出。中西方阅读的fMRI研究均提示视觉词形加工区域内部存在等级结构,对应于亚词汇加工的分级制度,但尚不足以解释汉语纯失读症中词长效应阙如等现象。汉字辨认可能更依赖于腹侧视觉通路即整字的加工。

【关键词】 阅读障碍,单纯性; 中国; 综述

The differences of visual word form processing mechanism between Chinese and Western pure alexia

ZHANG Jie, CHEN Zhong-qin, LUO Ben-yan

Department of Neurology, the First Affiliated Hospital, Zhejiang University, Hangzhou 310003, Zhejiang, China

Corresponding author: LUO Ben-yan (Email: luobenyan@zju.edu.cn)

【Abstract】 Pure alexia is a dysfunction with simple symptoms and specific impaired regions, which happens at early stage of reading called visual word form processing, and involves visual word form area (VWFA). Reading as an acquired higher nervous function is closely related with culture, so the comparison between Chinese and Western pure alexia could lead to further understanding of visual word form processing mechanism. As the different clinical manifestations of pure alexia in Chinese and Western cultures, the signal distinction of words is the primary cause whereas the plasticity of VWFA is the neurobiological basis. Chinese and Western reading both present left-hemispheric lateralization, but based on the special feature of Chinese pure alexia, it is inferred that the right hemispheric may play a more outstanding role in Chinese word processing. In fMRI research on Chinese and Western reading, it is indicated that there is hierarchical organization in VWFA, which is corresponding to hierarchical coding in sublexical processing, but it cannot elucidate some phenomena in Chinese pure alexia such as absence of word-length effect (WLE). Chinese word recognition might largely rely on ventral visual pathway, i.e. the whole word processing.

【Key words】 Alexia, pure; China; Review

This study was supported by the National High Technology Research and Development Program of China (863 Program, No. 2012AA02A604).

人类拥有远超乎动物的发达的语言能力,文字更是人类所特有的视觉语言体系,因此,阅读的信

息处理是高级神经功能的研究热点之一。视觉刺激呈现在视网膜后,通过视觉通路传导至大脑皮质以产生视觉,但这并非阅读的终点,自视觉呈现至认知完成仍需一系列复杂的加工过程。阅读涉及广泛的大脑皮质连接网络,其中,双通路模型已获得神经心理学和功能影像学的支持,认为文字的识别始于字形处理,再通过词汇通路和非词汇通路获得音义^[1-2]。

doi: 10.3969/j.issn.1672-6731.2016.05.003

基金项目:国家高技术研究发展计划(863计划)项目(项目编号:2012AA02A604)

作者单位:310003 杭州,浙江大学附属第一医院神经内科

通讯作者:罗本燕(Email:luobenyan@zju.edu.cn)

失读症(alexia)系有受教育经历的人由于脑损伤导致文字理解能力减退或丧失,伴或不伴朗读障碍。纯失读症症状相对单一,不伴复述、书写等其他语言障碍,属外周性失读症(peripheral alexia),定位于阅读早期阶段即视觉词形加工(visual word form processing)^[3],即受损阶段恰为双通路模型起点,因此,纯失读症有别于语音或语义提取障碍的中央性失读症,相对罕见而特殊,是研究视觉词形加工机制难得的模型。

文字是人类记录语言信息的符号系统,由同种文化群体之间交流信息的需要而约定俗成,因此,阅读作为一种获得性高级神经功能与文化密切相关。随着近年来中西方阅读加工机制的异同逐渐获得国际认可,视觉词形加工机制的经典模型——纯失读症的语言文化差异引起研究者的关注和重视。

一、视觉词形加工及其文化差异的神经生物学基础

1. 视觉词形加工机制的共同基础——视觉词形加工区域 “视觉词形(VWF)”的概念最早由Warrington和Shallice^[4]提出,指文字经过抽象化后呈现的视觉识别特征,与字体、大小、颜色、视野位置等属性无关。正常者由此形成自视觉至心理字典(mental lexicon)^[5]的唯一映射关系。因此,视觉词形有别于普通视觉刺激,是学习和特定语言环境中累积的视觉经验,与正字法规则(orthographic regularity)密切相关。基于功能影像学和心理神经学证据,Cohen等^[6]于2000年提出视觉词形加工区域(VWFA)假说,通过精确的fMRI研究证实大脑皮质存在主管“视觉词形”这一抽象概念的职能区域,并将左侧梭状回定义为视觉词形加工区域。Jobard等^[7]对27名正常对照者的fMRI研究进行Meta分析,由此确定视觉词形加工区域在标准三维空间的坐标($x = -44, y = -58, z = -15$)。此后的纯失读症影像学研究表明支持视觉词形加工区域的存在提供了证据,显示出二者之间的密切联系。纯失读症极为罕见,多为个案报道^[8-13],群体特异性病灶叠加图谱(group-specific lesion overlap maps)的应用使纯失读症的结构影像学在群体水平上表现出良好的信度和效度^[14-15];进一步采用减影分析(subtraction analysis)技术可以清晰辨别纯失读症与偏盲失读症病灶分布的差异,前者病灶更偏向外侧和腹侧,与正常人的视觉词形加工区域中心坐标相吻合^[14]。

此外,PET研究显示,在默读和理解单词任务中,同向偏盲症组、偏盲失读症组和正常对照组在左侧颞枕叶交界区存在普遍、偏侧的激活,此阅读功能区恰与纯失读症组的病变区域相重叠^[16],从神经病学和功能影像学两方面支持该区域在单字辨认中的核心作用。

2. 中西方阅读机制差异的基础 (1)文字信号的特殊性:关于纯失读症的结构影像学 and 正常人的功能影像学研究表明,位于左侧枕颞沟外侧的视觉词形加工区域具有视觉词形加工作用^[17-19]。Price和Devlin^[20]回顾多项功能影像学研究,发现所谓的视觉词形加工区域在除视觉词形加工外的任务中(如图形命名、阅读盲文和手势)均可观察到激活现象。文字源于图画,又有别于图画。同为视觉信号,中国象形文字属图标与字母之间的中间形态;那么,不同信号是连续变化,还是本质不同?文字含义对大脑区域的激活是否必需?视觉词形加工区域是否为文字处理专属区域,能否被其他相似的视觉信号激活?这是十几年来备受争议的问题。从人类发展历史看,语言符号的发展需经历漫长的历史时期。文字在发展早期均是图画形式的表意文字,发展至后期成为记录语音的表音文字。原始人采用图标虽能进行信息交流,但与语言并无联系;表意的图画发展到与语言相结合、能够完整地书写由声音构成的语言,才能成为语言的有效记录,即成熟文字。现代学者提供了其背后的功能影像学证据,Leff等^[16]研究发现,可读性强的假词和真词在fMRI上激活视觉词形加工区域的程度几乎相同,而不符合拼读规则的辅音字符串则未显示出与之相当的激活强度。此外,在文字、乐谱、指示性标志、旗帜/商标共4种不同视觉符号作为刺激的研究中,双侧梭状回均参与各类符号刺激的信息处理,且与符号有无实际含义无关;对有象征意义刺激的选择性在符合正字法规则的文字和乐谱刺激中尤为显著^[21]。由此可见,就视觉词形加工层面而言,文字符号形式超过其内在含义,视觉词形加工区域对刺激的选择性体现出文字符号形式的特殊性。(2)视觉词形加工区域的可塑性:视觉词形加工区域在发育学上具有可塑性和动态性。与文字的历史演变过程相似,视觉词形加工区域的形成也经历了从无到有、从简单到系统的过程,逐渐演化出对词形信息的敏感性,从而有别于一般的图像信息处理。儿童在形成成熟的阅读能力前,视觉词形加工

区域所对应的皮质并未显示出即将成为拼写系统的倾向;但是,视觉词形加工区域的空间坐标在人群中具有相当稳定的可重复性,提示该区域存在特定的内在性质和连接模式,促使其在个体发育中特化为阅读的视觉词形加工区域^[22]。视觉词形加工区域并非先天性的,其内部可塑性使后天的文字学习得以实现;同时,在识字能力的获得过程中,该区域逐渐形成以正字法为基准的加工原则。视觉词形加工区域在词形加工过程中的意义相当于信息筛选,其内部神经元进行“符号形状是否符合某语言拼写规则”的运算和判断,符合某种正字法规则的字符信息才能产生足够的激活强度,进而传导至后续通路以实现语音和语义的激活。一项关于儿童发展性阅读障碍的研究显示,阅读障碍的神经生物学特征受文化制约^[23]。以汉字和英语为例,在结构组成上,汉字由笔画和部件构成,有别于独立的字母文字;在音节数目上,汉字均为单音节,英语单词可为多音节;在阅读规则上,汉字为正字法-音韵转换,英语为字素-音素转换^[24]。不同的文字具有各自的语言学特点,并利用视觉词形加工区域的可塑性催生出加工部位以及整体阅读或部件拼读策略的微妙差异。

二、不同文化下的半球偏侧化与纯失读症

1. 汉字加工的半球偏侧化特点 处理汉字的视觉词形加工区域靠近拼音文字的视觉词形加工区域,但具体位置存在细微差异^[23]。语言具有获得性且语言加工区域具有可塑性。语言刺激的文化特征演化出相应功能部位的解剖学差异,可能是中西方纯失语症具有不同临床表现和加工机制的根本原因。基于象形文字的图形属性强于字母文字且结构复杂程度超过字母,而右侧大脑半球是视空间结构的优势侧别,因此,有学者提出右脑假说,即汉字较字母文字更依赖右侧大脑半球的加工,从而使汉字阅读的半球偏侧化研究一度成为热点。近义词和同音字判断的实验范式显示,与英语阅读相比,汉字阅读涉及更多的右侧大脑半球皮质区域(如 Brodmann 分区 47/45、7、40/39 区和右侧视觉皮质)^[25]。后续更多研究表明,汉字加工不论字或词,在额颞叶均为左侧大脑半球优势,在视觉皮质、顶叶和小脑则为右侧优势^[26]。一项 Meta 分析共纳入 20 余项包括正字法、语音和语义共 3 种任务在内的功能影像学研究表明,提示汉字识别过程存在与任务性质无关的子网络,支持右侧梭状回参与汉字加工的

观点^[24]。此外,相比在语音和语义任务中的反应,左侧梭状回中部在正字法任务中表现出更强的激活,在右侧梭状回中部也观察到类似效应^[26]。总之,汉字加工虽为左侧半球偏侧化,但右侧大脑半球的参与度更高,即偏侧化程度不如字母文字明显。右侧大脑半球在汉字加工的词汇水平具有重要作用,与字母文字相比,其额外激活右侧视觉皮质和右侧梭状回^[27]。

2. 中西方纯失读症右侧大脑半球现象的比较

尽管文字阅读存在明显的左侧半球偏侧化,但在字母文字体系纯失读症中可以观察到右侧大脑半球参与阅读的现象。字母文字体系纯失读症患者常保留单个字母辨认能力,并自行发展出逐字母(LBL)阅读的策略,成为字母文字体系纯失读症的主要特点。逐字母阅读策略的病理生理学机制包括两种观点,一种认为是左侧大脑半球的残留功能,另一种则认为是右侧大脑半球的代替作用。有文献报道 1 例神经外胚层肿瘤切除术后纯失读症患者,因全切除左侧颞枕叶,与脑梗死后残留部分左侧大脑半球的病理生理学基础不同,完全排除左侧大脑半球后部在逐字母阅读中的作用,而强调视觉词形加工区域的右侧大脑半球对称区(R-LWFA)在逐字母阅读策略中的重要作用^[28]。此外,国内有神经病学家根据汉语纯失读症特征性病理改变部位和临床表现以及神经心理学测验支持汉字加工的右侧大脑半球学说^[29-30]。有研究显示,右侧大脑半球可以通过“视觉词形-正字法-词义提取”通路获得词义,这种避开语音激活过程而获得字意的阅读方式称为隐性阅读。隐性阅读可以保留正字法加工能力和部分词义。一项神经心理学研究比较中西方纯失读症患者的隐性阅读水平,结果显示,汉语纯失读症患者词汇判断正确率远高于英语纯失读症患者^[30]。Chen 等^[30]在 2 例累及胼胝体的脑梗死患者中发现左半视野失读症,但左半视野仍保留正字法加工能力,由于左半视野失读症完全排除左侧大脑半球的作用,故为汉语纯失读症中右侧大脑半球视觉词形加工敏感性提供了可靠证据。上述研究表明,汉语纯失读症患者右侧大脑半球加工效率明显强于字母文字,此与正常人的功能影像学研究结果相一致。

三、纯失读症的亚词汇加工策略:整体还是部件?

1. 视觉词形加工区域的等级结构与亚词汇加工

亚词汇存在于各类文字中,是构成文字的基本单位。各国的语言研究者们致力于亚词汇水平的加工策略,且各自持有不同观点。Dehaene 等^[31]提出局部联合检测单元(LCD)模型,认为视觉词形加工区域内部神经元组成检测单元,呈空间等级分布。Vinckier 等^[32]设计一系列不同水平的字符串刺激,发现梭状回前部对高水平的刺激有更高的选择性,提示神经元检测单元(neuronal detector)的复杂性在梭状回呈现由后往前的递增。象形文字体系的亚词汇是否存在相似的等级效应,引起汉语研究者的兴趣。首先,有学者发现部件位置信息在部件水平激活中的关键作用和义旁加工对识别语素文字的作用,提示汉字辨认存在亚词汇加工^[33-34]。重复知盲(RB)试验显示,在快速系列视觉呈现(RSVP)技术条件下,除两个完全相同的汉字在先后呈现时可出现辨认障碍外,仅某个部件重复的两个汉字也可出现相同效应,进一步支持汉字辨认存在亚词汇加工^[35]。全脑 fMRI 研究显示,多个汉语加工区域中确实存在分级编码制度,表现为腹背侧视觉通路的空间梯度,即属于腹侧视觉通路的左侧颞枕叶呈现出前-后梯度,梭状回前部对真汉字的选择性更高;属于背侧视觉通路的双侧顶上沟呈现出正中-外侧梯度,其侧缘对真汉字的选择性更高^[36]。在汉语纯失读症的个案报道中观察到逐个部件(RBR)阅读策略和部件整合障碍,如读“样”字时的反应为“木加羊”,患者明知是简单的汉字却无法达到有效整合^[11]。值得一提的是,尽管逐个部件阅读与逐个字母阅读在形式上相似,但在阅读策略的本质相差甚远。逐个字母阅读策略重点在于读出各个字母名称后的拼读,通过左侧额下回和缘上回的口语工作记忆加工以恢复单词的辨认^[28];由于汉字属于语素文字而非音素文字,逐个部件阅读策略无法做到拼读,即使存在声旁,其表音作用随意而有限,使得该策略的有效性受限,无法明显提高汉字阅读的准确性和速度。汉字部件间的相互作用在更大程度上依赖于正字法规则,纯失读症病灶恰阻碍相应功能的实现。纯失读症可能是通过梭状回前部的选择性障碍导致对高水平刺激(如整体的真汉字)的失辨认,而不影响低水平刺激(如偏旁)。这种在亚词汇和整体两个水平的分离现象亦从神经病理学角度支持了汉字词形加工的等级制度。字母文字体系和象形文字体系在腹侧视觉通路亚词汇研究中的结论逐渐趋同,亚词汇加工理论

的相似性实现了不同文化人群视觉词形加工区域内部结构的统一,但这种一致性仍不足以解释汉语纯失读症中某些不同于字母文字纯失读症的特殊现象,文字的亚词汇加工策略尚待其他理论加以补充解释。

2. 腹背侧双视觉通路学说与整字加工优势 为完善视觉词形加工理论,字母文字体系研究首先提出腹背侧双视觉通路学说,即腹侧和背侧两条视觉通路在文字辨认方面各有专攻,分别对应整体和部件的加工策略,即位于颞枕叶的腹侧视觉通路负责自动的平行识别,位于顶叶的背侧视觉通路负责连续的逐个字母阅读^[37]。负责平行识别的腹侧视觉通路由于识别效率较高而在正常人中占优势,功能影像学已从视觉词形加工区域水平证实神经元调控对整字具有高度的选择性,且视觉词形加工区域对真字中的字母改变较假字更敏感^[38]。低效率的背侧视觉通路则仅能显现于特定的病理或实验条件。纯失读症的词长效应(WLE)^[39]和康复过程中呈现的逐个部件阅读策略是低效率视觉通路的典型表现。上述两种现象作为字母文字体系纯失读症的基本特征已广泛认可,并成为纯失读症有别于偏盲失读症的诊断标准之一^[6]。纯失读症的颞枕叶病变除视觉词形加工区域外,还包括位于颞枕叶的腹侧视觉通路。因此,尽管视觉词形加工区域的右侧大脑半球镜像区域可以替代视觉词形加工区域完成字形的识别并通过胼胝体有序传导至左侧大脑半球,但腹侧平行加工通路受损无可替代,仅依赖背侧视觉通路以获得文字的识别,从而显现出逐个字母阅读的加工策略^[28]。由此可见,腹背侧双视觉通路学说能够解释字母文字体系纯失读症发病前后的阅读策略转换和康复特点。后续研究显示,汉语阅读也存在腹背侧双视觉通路,但与字母文字体系有所不同^[40]。有学者通过空隙分解汉字以增加部件间距的方式发现,空隙同时调控腹侧和背侧两条视觉通路,正常汉字倾向于腹侧视觉通路的平行加工,而空隙分解后的汉字则更多地依赖于背侧视觉通路^[40]。相比字母文字体系,空隙分解对汉字的影响更大,且在双侧楔叶和右侧舌回观察到英语中阙如的空隙水平效应(spacing level effect),提示汉字辨认更依赖腹侧视觉通路的视空间加工。fMRI 快速适应技术显示的双侧腹侧视觉通路神经适应效应仅局限于相同汉字,部件相同的不同汉字则未显示出激活减退现象,支持神经元调

整 (neuronal tuning) 对汉字整字具有高度选择性的观点^[41]。上述双侧腹侧视觉皮质的神经分析提示, 汉字作为相互区别的整体呈现, 而无亚词汇水平的整合, 这与字母文字体系的左侧偏侧化、等级表达特点形成鲜明对比。追溯此种差异的起源, 应考虑文字加工的神经生物学基础受文化制约。有学者认为, 中国儿童的汉字学习始于笔画少、结构简单的汉字, 使得早期语言的学习经验偏向于整体观念, 皮质相应神经元群体由此完成语言差异相关的塑形^[41]。汉语纯失读症中词长效应的阙如值得语言学家、神经心理学家和神经病学家们的共同思考。汉语纯失读症研究仅在独体字和合体字阅读反应时间(RT)方面存在差异, 合体字的部件数目与反应时间之间并未表现出单调递增的线性关系^[11]。究其原因:(1)从汉字结构看, 紧密的视觉结构、高度的空间灵活性使部件位置、形状、方向各异, 与由左向右、线性的字母文字体系截然不同。(2)相较字母文字纯失读症的逐个字母阅读策略, 汉字的逐个部件阅读策略仅见于个案或某些特定文字的阅读, 不具有普遍性和有效性, 更无法像逐个字母阅读一样成为临床特征和诊断标准。(3)功能影像学研究表明, 汉字辨认更依赖于腹侧视觉通路即整字的加工。总之, 亚词汇水平加工的各种观点既相互矛盾又互为补充, 为中西方纯失读症发生机制的阐明提供了丰富的理论基础。

四、小结

本文以正常人阅读的神经心理学和功能影像学结论为依据, 以中西方纯失读症不同现象为切入点, 相对系统地比较汉字与字母文字视觉词形加工机制的异同, 并从文字构造、神经生物学、病理学等方面讨论了现象背后的原因。近年来, 越来越多关于汉语阅读机制的功能影像学研究获得国际认可, 研究品质和影响力逐渐提高, 为阅读功能的研究作出了贡献; 然而, 汉语纯失读症的神经心理学和功能影像学研究依然少见, 研究结论也远无字母文字纯失读症那么成熟和系统。究其原因, 一是纯失读症发病率低, 二是目前临床对该病的重视程度和鉴别能力有限, 三是研究模型缺乏创新性。通过比较中西方纯失读症可以看出, 许多有关阅读机制的问题亟待深入探索, 如激活视觉词形加工区域的刺激特性、内部等级结构、右侧大脑半球在纯失读症中的作用、亚词汇加工的优先策略等, 这些问题的提出和解决有助于更深入地了解纯失读症的视觉词

形加工机制、解释汉语失读症中特有的现象。辅以神经心理学测验和功能影像学研究, 相信今后的汉语纯失读症研究能够为大脑阅读机制的研究注入别样的色彩和生机。

参 考 文 献

- [1] Fiebach CJ, Friederici AD, Muller K, von Cramon DY. fMRI evidence for dual routes to the mental lexicon in visual word recognition. *J Cogn Neurosci*, 2002, 14:11-23.
- [2] Ripamonti E, Aggujaro S, Molteni F, Zonca G, Frustaci M, Luzzatti C. The anatomical foundations of acquired reading disorders: a neuropsychological verification of the dual-route model of reading. *Brain Lang*, 2014, 134:44-67.
- [3] Woollams AM, Hoffman P, Roberts DJ, Lambon Ralph MA, Patterson KE. What lies beneath: a comparison of reading aloud in pure alexia and semantic dementia. *Cogn Neuropsychol*, 2014, 31:461-481.
- [4] Warrington EK, Shallice T. Word-form dyslexia. *Brain*, 1980, 103:99-112.
- [5] Elman JL. An alternative view of the mental lexicon. *Trends Cogn Sci*, 2004, 8:301-306.
- [6] Cohen L, Dehaene S, Naccache L, Lehericy S, Dehaene - Lambert G, Hénaff MA, Michel F. The visual word form area: spatial and temporal characterization of an initial stage of reading in normal subjects and posterior split-brain patients. *Brain*, 2000, 123:291-307.
- [7] Jobard G, Crivello F, Tzourio-Mazoyer N. Evaluation of the dual route theory of reading: a meta-analysis of 35 neuroimaging studies. *Neuroimage*, 2003, 20:693-712.
- [8] Huang M, Baskin DS, Fung S. Glioblastoma presenting with pure alexia and palinopsia involving the left inferior occipital gyrus and visual word form area evaluated with functional magnetic resonance imaging and diffusion tensor imaging tractography. *World Neurosurg*, 2015. [Epub ahead of print]
- [9] Tokuda N, Kondo M, Kasai T, Kimura A, Nakagawa M, Mizuno T. A case of pure alexia and foreign accent syndrome following acute encephalopathy in the presence of anti-glutamate receptor antibodies. *Rinsho Shinkeigaku*, 2015, 55:728-731.
- [10] Mares I, Custodio P, Fonseca J, Bentes C, Guerreiro M, Guimarães N, Pavão Martins I. To read or not to read: a neurophysiological study. *Neurocase*, 2015, 21:793-801.
- [11] Chen Z, Shao H, Xu M, Peng G, Liu P, Liu X, Shan C, Weng X, Luo B. Is radical-by-radical reading strategy effective for Chinese pure alexia: a case study. *Neuropsychology*, 2015, 29:402-408.
- [12] Lesniak M, Soluch P, Stępień U, Czepiel W, Seniów J. Pure alexia after damage to the right fusiform gyrus in a right-handed male. *Neurol Neurochir Pol*, 2014, 48:373-377.
- [13] Sharma B, Handa R, Prakash S, Nagpal K, Bhana I, Gupta PK, Kumar S, Sisodiya MS. Posterior cerebral artery stroke presenting as alexia without agraphia. *Am J Emerg Med*, 2014, 32:1553.
- [14] Pflughaupt T, Gutbrod K, Wurtz P, von Wartburg R, Nyffeler T, de Haan B, Karnath HO, Mueri RM. About the role of visual field defects in pure alexia. *Brain*, 2009, 132:1907-1917.
- [15] Leff AP, Spitsyna G, Plant GT, Wise RJ. Structural anatomy of pure and hemianopic alexia. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 2006, 77:1004-1007.
- [16] Leff AP, Crewes H, Plant GT, Scott SK, Kennard C, Wise RJ. The functional anatomy of single-word reading in patients with hemianopic and pure alexia. *Brain*, 2001, 124:510-521.

- [17] Dehaene S, Cohen L. The unique role of the visual word form area in reading. *Trends Cogn Sci*, 2011, 15:254-262.
- [18] Roberts DJ, Lambon Ralph MA, Kim E, Tainturier MJ, Beeson PM, Rapcsak SZ, Woollams AM. Processing deficits for familiar and novel faces in patients with left posterior fusiform lesions. *Cortex*, 2015, 72:79-96.
- [19] Turkeltaub PE, Goldberg EM, Postman - Caucheteux WA, Palovcak M, Quinn C, Cantor C, Coslett HB. Alexia due to ischemic stroke of the visual word form area. *Neurocase*, 2014, 20:230-235.
- [20] Price CJ, Devlin JT. The myth of the visual word form area. *Neuroimage* 2003, 19:473-481.
- [21] Muayqil T, Davies - Thompson J, Barton JJ. Representation of visual symbols in the visual word processing network. *Neuropsychologia*, 2015, 69:232-241.
- [22] Cohen L, Lehericy S, Chochon F, Lemer C, Rivaud S, Dehaene S. Language - specific tuning of visual cortex: functional properties of the visual word form area. *Brain*, 2002, 125:1054-1069.
- [23] Siok WT, Perfetti CA, Jin Z, Tan LH. Biological abnormality of impaired reading is constrained by culture. *Nature*, 2004, 431:71-76.
- [24] Wu CY, Ho MH, Chen SH. A meta-analysis of fMRI studies on Chinese orthographic, phonological, and semantic processing. *Neuroimage*, 2012, 63:381-391.
- [25] Tan LH, Liu HL, Perfetti CA, Spinks JA, Fox PT, Gao JH. The neural system underlying Chinese logograph reading. *Neuroimage*, 2001, 13:836-846.
- [26] Tan LH, Spinks JA, Gao JH, Liu HL, Perfetti CA, Xiong JH, Stofer KA, Pu YL, Liu YJ, Fox PT. Brain activation in the processing of Chinese characters and words: a functional MRI study. *Hum Brain Mapp*, 2000, 10:16-27.
- [27] Guo Y, Burgund ED. Task effects in the mid-fusiform gyrus: a comparison of orthographic, phonological, and semantic processing of Chinese characters. *Brain Lang*, 2010, 115:113-120.
- [28] Cohen L, Henry C, Dehaene S, Martinaud O, Lehericy S, Lemer C, Ferrieux S. The pathophysiology of letter-by-letter reading. *Neuropsychologia*, 2004, 42:1768-1780.
- [29] Shan CL, Zhu RJ, Xu MW, Luo BY, Weng XC. Implicit reading in Chinese pure alexia. *Brain Lang*, 2010, 114:147-156.
- [30] Chen ZQ, Luo BY, Xu MW, Shang DS, Liang H. Visual word form processing in the right hemisphere: evidence from neuropsychological investigations in two Chinese patients with a splenium lesion. *Aphasiology*, 2013, 27:1200-1213.
- [31] Dehaene S, Cohen L, Sigman M, Vinckier F. The neural code for written words: a proposal. *Trends Cogn Sci*, 2005, 9:335-341.
- [32] Vinckier F, Dehaene S, Jobert A, Dubus JP, Sigman M, Cohen L. Hierarchical coding of letter strings in the ventral stream: dissecting the inner organization of the visual word-form system. *Neuron*, 2007, 55:143-156.
- [33] Taft M, Zhu XP, Peng DL. Positional specificity of radicals in Chinese character recognition. *J Mem Lang*, 1999, 40:498-519.
- [34] Feldman LB, Siok WT. Semantic radicals contribute to the visual identification of Chinese characters. *J Mem Lang*, 1999, 40:559-576.
- [35] Yeh SL, Li JL. Sublexical processing in visual recognition of Chinese characters: evidence from repetition blindness for subcharacter components. *Brain Lang*, 2004, 88:47-53.
- [36] Chan ST, Tang SW, Tang KW, Lee WK, Lo SS, Kwong KK. Hierarchical coding of characters in the ventral and dorsal visual streams of Chinese language processing. *Neuroimage*, 2009, 48:423-435.
- [37] Cohen L, Dehaene S, Vinckier F, Jobert A, Montavont A. Reading normal and degraded words: contribution of the dorsal and ventral visual pathways. *Neuroimage*, 2008, 40:353-366.
- [38] Glezer LS, Jiang X, Riesenhuber M. Evidence for highly selective neuronal tuning to whole words in the "visual word form area". *Neuron*, 2009, 62:199-204.
- [39] Johnson RL, Raphail AM. Untangling letter confusability and word length effects in pure alexia. *Cogn Neuropsychol*, 2016. [Epub ahead of print]
- [40] Sun Y, Yang Y, Desroches AS, Liu L, Peng D. The role of the ventral and dorsal pathways in reading Chinese characters and English words. *Brain Lang*, 2011, 119:80-88.
- [41] Mo C, Yu M, Seger C, Mo L. Holistic neural coding of Chinese character forms in bilateral ventral visual system. *Brain Lang*, 2015, 141:28-34.

(收稿日期:2016-03-22)

· 小词典 ·

中英文对照名词词汇(三)

连线测验 Trail Making Test(TMT)

临床痴呆评价量表 Clinical Dementia Rating Scale(CDR)

路易体痴呆 dementia with Lewy bodies(DLB)

路易小体 Lewy body(LB)

慢性阻塞性肺病

chronic obstructive pulmonary disease(COPD)

美国国立卫生研究院卒中量表

National Institutes of Health Stroke Scale(NIHSS)

美国精神障碍诊断与统计手册第3版

Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders Third Edition(DSM-III)

蒙特利尔认知评价量表

Montreal Cognitive Assessment(MoCA)

面肌痉挛 hemifacial spasm(HFS)

脑白质疏松症 leukoaraiosis(LA)

脑默认网络 default mode network(DMN)

欧洲肝脏研究学会

European Association for the Study of the Liver(EASL)

帕金森病 Parkinson's disease(PD)

帕金森病痴呆 Parkinson's disease with dementia(PDD)

帕金森病睡眠量表 Parkinson's Disease Sleep Scale(PDSS)

皮质基底节变性 corticobasal ganglionic degeneration(CBD)

匹兹堡复合物B Pittsburgh compound B(PIB)

匹兹堡睡眠质量指数 Pittsburgh Sleep Quality Index(PSQI)

平均扩散率 mean diffusivity(MD)

破碎红纤维 ragged red fiber(RRF)

5-羟色胺和去甲肾上腺素再摄取抑制剂

serotonin and norepinephrine reuptake inhibitor(SNRI)