

方向性与视译认知加工^{*}

——基于近红外脑功能成像技术的实证研究

何妍 李德凤 李丽青

(复旦大学, 上海 200433; 澳门大学, 澳门 999078; 澳门大学, 澳门 999078)

提 要:方向性是口译研究领域颇有争议的问题之一,近年来更是受到翻译过程研究的关注。本研究使用近红外脑功能成像技术探索方向性对学生译员在汉英、英汉视译过程中认知加工的影响,其目标区域为大脑左侧前额叶皮层和布罗卡区。研究结果显示:口译方向对译员视译表现、视译过程中的脑激活模式以及认知负荷均有显著影响,即汉英视译错误率显著高于英汉视译错误率;英汉视译时左侧前额叶激活显著,而汉英视译却没有在目标脑区内引起显著的脑激活。总体而言,相较于基线任务,汉英视译会导致更高的认知负荷。以上结果对视译教学有一定的启示意义,即在视译教学中应强化汉英视译的技巧训练以减轻认知负荷。此外,在教学重点上,汉英视译需关注学生口语表达的准确性、流利性、得体性。

关键词:方向性;视译;认知加工;近红外脑功能成像技术

中图分类号:H319.5

文献标识码:A

文章编号:1000-0100(2020)02-0095-7

DOI 编码:10.16263/j.cnki.23-1071/h.2020.02.015

Directionality and the Cognitive Processing in Sight Translation

— An fNIRS-based Empirical Study

He Yan Li De-feng Li Li-qing

(Fudan University, Shanghai 200433, China; University of Macau, Macau 999078, China;

University of Macau, Macau 999078, China)

Directionality has long been one of the most controversial issues in interpreting studies, with increasing attraction to translation process research. By employing functional near-infrared spectroscopy, the present study investigated the role directionality played towards the cognitive processing of student interpreters in Chinese/English sight translation, locating left prefrontal cortex and Broca's area as its regions of interest. As the results revealed, interpreting direction posed significant impact on interpreters' sight translation performance, brain activation as well as cognitive load during sight translation. Chinese-English direction caused higher error rate as well as higher cognitive load. English-Chinese direction, instead of the other way around, caused significant left prefrontal activation. The aforementioned results brought inspirations towards interpreting teaching, namely — skill oriented training should be strengthened in Chinese-English direction, so as to cut down cognitive load. Besides, correctness, fluency and elegance should be paid more attention in Chinese-English direction.

Key words: directionality; sight translation; cognitive processing; functional near-infrared spectroscopy

1 引言

方向性(directionality)是口译学界最古老的

问题之一(Gile 2005:9),也是最有争议的问题之一(Dejean le Féal 1998:41),对其研究时至今日

* 本文系国家自然科学基金项目“基于眼动和翻译过程数据库的译者认知努力研究”(19BYY126)和湖南省教育厅重点项目“汉英翻译过程数据库的创建及其译者认知努力研究”(19A105)的阶段性成果。

作者电子邮箱:cuteheliu@163.com(何妍)

仍未结束。方向性是指口译员是否应该从其母语或强势语言(A 语)译入其非母语或弱势语言(B 语)。早期的方向性研究大多关注译员在不同方向中表现的优劣。随着翻译过程研究的兴起和发展,口译方向作为实验研究中的变量之一倍受关注;此时口译研究者更多关注译员在不同方向中表现的异同,并对此进行描述。然而,已有方向性研究对口译认知加工的探讨还不充分,且没有达成一致性的结论。Gile 指出:现有实证研究的数量还远不足以形成定论,只有通过大量的实证研究证据才能发现方向性的规律(Gile 2005:22);Pavlović 也认为,方向性问题需要更多的实证研究以完善其理论构建及教学应用(Pavlović 2007:18)。

随着科学技术的发展与应用,翻译认知研究不乏使用前沿技术探索翻译过程中译员的认知活动。功能性近红外光谱技术(functional near-infrared spectroscopy, 简称 fNIRS),也被称为近红外脑功能成像技术,从 20 世纪 70 年代末(Jobsis 1977)问世以来,越来越多地用于研究成人及儿童的大脑功能。fNIRS 采用光学成像的原理,利用近红外光穿过头皮及脑组织,可以直接测量氧合血红蛋白(HbO)浓度、脱氧血红蛋白(HbR)浓度以及总含氧量(HbT)的变化,进而反映出大脑各区域的激活状况(Dieler et al. 2012)及其认知负荷水平。大量研究证实 fNIRS 在研究高级认知活动中的可靠性(Schecklmann et al. 2008, Dieler et al. 2012)。相比其他的成像技术,例如,正电子发射计算机断层扫描(positron emission tomography, 简称 PET)、功能性磁共振成像(functional magnetic resonance imaging, 简称 fMRI),fNIRS 具有非侵入性、生态效度高、噪音低、便携性好等特点,在语言加工相关研究中具有较大优势(Dieler et al. 2012)。可见,本研究使用 fNIRS 尝试探索口译方向对视译过程中认知加工的影响,有很强的可行性及可靠性。

2 文献综述

2.1 单句口译

Quaresima 等人进行一项 fNIRS 研究,考察口译方向对双语者进行单句视译时左脑外侧额叶皮质(left lateral frontal cortex)神经活动的影响。其研究对象为 8 名 A 语为荷兰语、B 语为英语的右利手双语者。实验材料为简短句,例如:(1) I'm eating fish and chips;(2) She writes with a pencil;(3) There is a dead bird on the road 等(Quaresima

et al. 2002:236)。实验任务包括交替进行的双向视译、双向语言转换(language switching)以及朗读,其中朗读为基线任务^①(baseline task),每项任务重复 4 次。实验结果显示:视译过程会激活布罗卡区(Broca's area)的神经活动,但其激活模式并不受口译方向的影响。也就是说,在研究所观察的脑区,视译过程中认知负荷的高低并未受口译方向的影响。

2.2 段落口译

Kurz(1995)在一项脑电图扫描(electroencephalogram, 简称 EEG)研究中调查口译方向对专业译员大脑神经活动的影响。在参加实验的 4 名专业译员中,有 3 名 A 语为德语、B 语为英语,有 1 名 A 语为英语、B 语为法语;3 名为右利手,1 名为左利手。实验材料为国际会议中关于政治、经济主题的真实会议发言录音。实验任务包括交替进行的双向同传以及静息状态,其中每个方向的同传时长 4 分钟,静息状态时长 1 分钟。但由于 EEG 技术的限制,译员在译文表达时只能采用无声同传(mentally simultaneous interpreting)的方式。实验结果显示,同传所激活脑区为左侧颞叶(left temporal lobe)和左侧前额叶皮层(left prefrontal cortex, 简称 LPFC);相对于译入 A 语,译入 B 语时左侧颞叶的激活程度更高,并且右脑活动显著增多,即:译入 B 语会导致更高的认知负荷。这一实验结果在一项后续研究中得到验证(转引自 García 2013:376)。

Tommola et al. (2000/2001)使用 PET 技术考察口译方向对大脑神经活动的影响。8 名专业译员参加该实验,其 A 语为芬兰语、B 语为英语,皆为右利手。实验材料模拟通识类主题的会议发言,两个方向的实验材料难度大致等同。实验任务由静息状态、A 语(芬兰语)跟读、B 语跟读以及双向同传组成,其中跟读及同传的任务时长均为 3.5 至 4 分钟。研究人员分别将 A 语跟读、B 语跟读作为译入 B 语、译入 A 语两个方向同传的基线任务,并通过将两个方向同传任务减去各自的基线任务后的数据进行对比,其结论为:同传所激活脑区为左侧前额叶以及左侧颞下回(left inferior temporal lobe);译入 B 语时,布罗卡区的激活水平更高,产生的认知负荷也更高。

上述实证研究都探讨方向性与口译过程中的认知加工模式,其研究成果提供初步的答案。但对该问题还远不能形成定论,还有继续探讨的空间,原因如下。首先,研究未能达成一致的结论。Kurz(1995)与 Tommola et al. (2000/2001)的研究

显示出译入 B 语会造成更高的认知负荷,而这一结论在 Quaresima et al. (2002) 的研究中并未得到体现。Quaresima 等人的研究仅强调布罗卡区在口译过程中的作用,而 Tammola 等人的研究则认为,左侧前额叶皮层在口译各认知环节中有重要作用。其次,研究设计有待改进。3 项研究的实验材料均由研究人员凭主观判断选取,没有经过严格的变量控制。此外,Kurz 的研究采用无声同传的方式,这与真实情景下的同传任务相差甚远,其研究的生态效度有待推敲。这些研究设计中的不足均会影响研究结果,降低其可靠性。最后,研究所关注语言的种类较为单一,有待扩展。上述研究所关注的语言均属于表音文字(phonographic language)系统,而对表意文字(ideographic language)的研究数量匮乏,所以未能反映该问题的全貌。有研究显示,表意文字(如汉语)与表音文字(如英语)的认知加工模式存在差异(Bolger et al. 2005)。

综上所述,本研究拟考察口译方向对汉语普通话(以下简称汉语, A 语)、英语(B 语)这一语对在视译过程中认知加工的影响。鉴于上述研究结果分别显示出左侧前额叶皮层和布罗卡区参与口译过程的认知加工,本研究的目标区域(Regions of Interest,简称 ROI)即为上述两个脑区,具体研究设计如下。

3 研究设计

3.1 研究问题

本研究尝试探索口译方向对汉语、英语视译过程中认知加工的影响,旨在回答如下几个问题:

(1) 口译方向是否会影响译员表现。如果是,有何种影响;

(2) 口译方向是否会影响视译过程中的脑激活模式。如果是,激活模式有何不同;

(3) 口译方向是否会影响视译过程中的认知负荷。如果是,认知负荷有何不同。

3.2 研究对象

参加实验的被试为澳门大学翻译专业一、二年级的硕士研究生,其 A 语为汉语,B 语为英语。对报名参加实验的学生,我们首先进行汉语和英语的语言测试,测试题目分别参照教育部和国家语言文字工作委员会推出的汉语能力测试以及国际英语语言测试系统(International English Language Testing System,简称 IELTS)中的题目,测试满分为 100 分。测试后我们选取 13 名汉语和英语测试成绩均超过 80 分的学生参加实验。但由

于 2 名学生在实验过程中发生程序性错误,其数据被删除,即本研究所报告数据均来自其余 11 名被试。被试中有 3 名男性、8 名女性;年龄在 22 岁至 30 岁之间,平均年龄为 25.8 岁;B 语习得年龄(age of acquisition)在 8 岁至 13 岁之间,平均习得年龄为 11.0 岁。被试均为右利手,其裸视视力或矫正视力正常,无神经失调、精神或心理障碍病史。被试汉语测试平均成绩为 93.36 ± 2.20 ,英语测试平均成绩为 84.82 ± 2.23 。所有被试自愿参加该实验研究,并在实验后获得物质奖励。此研究符合该校有关科研伦理的相关规定。

3.3 实验材料

我们选取汉语、英语段落为实验材料。相对于单词和句子,将段落作为实验文本能最大程度还原视译的真实情况,从而使研究的生态效度最大化。其体裁类型均为记叙文。经过初步的处理,文本中不含有技术词汇、文化专有项(Culture-Specific Item,简称 CSI)、模糊词语以及带有负面情感或观点的表达。为实现两种语言源语文本最大限度的对等,我们不仅参照 Pavlović 和 Jensen (2009) 及 Chang (2011) 对文本的类型、总长度、适用年级、可译性进行操控,还增加对词频、词语熟悉度的控制,因为有研究显示词频、词语熟悉度会对词语加工产生影响(Liu et al. 2007)。

经过调整,汉语、英语文本在以上几个方面没有显著统计差异(见表₁)。

表₁ 汉语、英语文本可比性

	汉语文本	英语文本
来源	中国台湾 ^② 小学二年级第二学期课本《国语(下)》(Lai, 2006)	美国小学课本 Treasures (Bear, 2009) 第二册
词数均值	54.92	54.67
高频词占比均值	96%	96%
词语熟悉度均值	99.81%	99.36%
可译性均值	3.40	3.37

3.4 实验步骤

实验使用 E-prime 2.0 编写程序。实验包括 4 个任务,即汉语朗读、汉英视译(译入 B 语)、英语朗读、英汉视译(译入 A 语),其中汉语朗读和英语朗读为基线任务。任务顺序采取伪随机分配的模式。每个任务有 6 个试次(trial),其顺序同样为随机分配。每个任务开始前,电脑屏幕会出现该任务的指导语,被试需通过按电脑键盘上的空格键自主

启动该任务。在任务中的每个试次之前,屏幕会呈现注视点(红色加号)1 秒,任务完成后被试需按空格键自主结束该试次。间隔 30 秒(此时屏幕显示白色加号)进入下一个试次,直到该任务结束(见

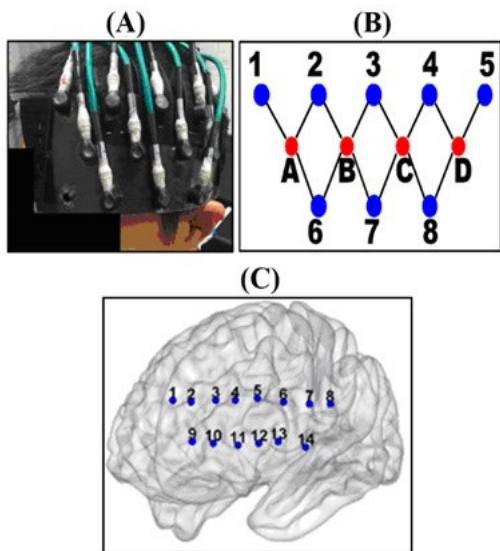
图₁)。被试在实验开始前均进行实验流程培训以及 4 个任务的模拟练习,实验时间长度约为 50 分钟,期间采用专业录音笔全程录音。



图₁ 单项任务的实验流程图

3.5 数据收集与分析

实验使用美国 TechEn 公司生产的连续波 CW6 近红外脑功能成像系统,通过 690 nm 和 830 nm 两种波长的近红外线半导体激光监测布罗卡区和左前额叶皮层血红蛋白浓度变化,采样率为 50Hz。实验使用的测量面板被固定于被试的相应脑区(图₂A),包括 4 个发射光极和 8 个接收光极,光极间距离为 3 厘米,其通道布局如图₂B 所示,共组成 14 个通道(图₂C)。实验结束后,通过 3D 定位仪对各个通道上的坐标进行定位,找出对应脑区。



图₂ fNIRS 数据采集

本研究的行为数据指标为错误率,即朗读/视译出现错误的数量与源语文本长度的比值;所关注错误为基于源语意义的语义错误以及语言使用错误(包括语法错误和不当陈述)(转引自 Chang, Schallert 2007:138)。我们将实验录音进行转写,对照源语文本识别朗读/视译中的错误,并进行再

次核对。使用 SPSS 17.0 统计软件对计算出的错误率进行配对样本 t 检验。

本研究的 fNIRS 数据指标为氧合血红蛋白浓度的相对变化量。研究发现氧合血红蛋白的信噪比^③(Signal-Noise Ratio,简称 SNR)相对于脱氧血红蛋白更高(Ding et al. 2014),因此本研究只报告氧合血红蛋白这一指标。使用 HOMER 2(Huppert et al. 2009)处理 fNIRS 血氧变化信号,得到 14 个通道上氧合血红蛋白浓度变化的平均值。数据分析采用减法范式(subtraction paradigm),即将所研究的认知任务与另一参照任务进行对比(Hervais-Adelman et al. 2015, Tammola et al. 2000/2001)。我们首先将汉英视译与汉语朗读、英汉视译与英语朗读的血氧变化数据分别进行对比,然后将汉英视译减去汉语朗读的血氧变化数据与英汉视译减去英语朗读的血氧变化数据进行对比。上述数据使用统计软件 SPSS 17.0 进行配对样本 t 检验。

4 研究结果

4.1 行为数据

将汉语朗读、汉英视译、英语朗读、英汉视译的口头产出录音进行转写、错误识别、统计分析,其错误率均值依次分别为 0.91%、7.95%、1.64%、5.79%;其中语义错误率均值依次分别为 0.097%、0.305%;语言使用错误率均值依次分别为 0.91%、6.98%、1.64%、2.74%(见表₂)。该结果显示出被试能够成功完成各项任务且正确率保持在较高水平。

对比汉英视译、英汉视译的错误率均值,差异显著($t_{10} = 2.36, p = 0.04$);对比两者的语义错误率均值,差异显著($t_{10} = -7.18, p < 0.001$);对比两者的语言使用错误率均值,差异显著($t_{10} = 5.56, p < 0.001$)(见表₃)。

表₂ 各项任务的行为数据

	汉语朗读	汉英视译	英语朗读	英汉视译
错误率	0.91%	7.95%	1.64%	5.79%
语义错误率	0	0.97%	0	3.05%
语言使用错误率	0.91%	6.98%	1.64%	2.74%

表₃ 汉英视译、英汉视译行为数据的对比

	汉英视译、英汉视译行为数据的对比(配对样本 t 检验)
错误率	$t_{10} = 2.36, p = 0.04$
语义错误率	$t_{10} = -7.18, p < 0.001$
语言使用错误率	$t_{10} = 5.56, p < 0.001$

4.2 fNIRS 数据

对比视译与朗读的血氧变化数据,配对样本 t 检验结果显示,英汉视译相对于英语朗读所激活的通道对应脑区为左侧前额叶(He et al. 2017)。汉英视译相对于汉语朗读没有显著激活,即进行这两项任务时目标脑区的血氧变化值没有显著差别。对比两个方向视译的血氧变化数据(相对于基线任务),配对样本 t 检验结果显示:译入 B 语相对于译入 A 语显著激活通道所对应脑区为布罗卡区(同上)。

5 讨论

本研究使用 fNIRS 考察口译方向对汉语、英语视译认知加工的影响,该研究结果为口译方向性研究提供新的证据,具体讨论如下。

5.1 方向性与译员视译表现

口译产出中错误的多少是衡量译员表现优劣的重要指标。本研究结果显示,汉英视译错误率显著高于英汉视译错误率,这说明口译方向作为本研究中的唯一变量对学生译员表现有显著影响。这与 Nicodemus 和 Emmorey (2015) 的研究结果一致,即对于初级口译员译入 B 语的准确率要低于译入 A 语的。然而该结果与 Tommola 和 Helevä (1998) 以及 Tommola 等人 (2000/2001) 的研究结果相反:后两者都认为学生译员/专业译员译入 B 语的表现更好。该分歧产生原因可能与各研究中实验文本的难度、译员的语言水平以及评判指标的差异有关。分别统计汉英、英汉视译中的语义错误和语言使用错误得出,汉英视译中的语义错误率显著低于英汉视译,而其语言使用错误率却显著高于英汉视译。该结果与 Lee (转自 Chang, Schallert 2007:138) 的研究结论一致:后者认为口译学员译入 A 语时

基于源语意义的错误显著增多;而译入 B 语时语言使用错误显著增多。这是由于译入 A 语时目的语产出水平及监控能力更高,从而使语言使用错误相对较少;而译入 B 语时源语理解水平和记忆能力更高,从而使语义错误相对较少(Dose 2014)。

5.2 方向性与脑激活模式

口译方向对视译过程中的脑激活模式有显著影响。相对于英语朗读,英汉视译时左侧前额叶激活显著,这说明此区域参与英汉视译过程中的认知加工。这一结果与 Kurz (1995) 以及 Tommola et al. (2000/2001) 的研究结果相一致,即 3 项研究都发现翻译过程中左侧前额叶的激活,尽管从翻译模式上来说前者是视译、后两者是同声传译。已有研究发现,左侧前额叶激活与语言编码、工作记忆、语义信息的搜索、存储以及控制等认知环节有密切关系(Tommola et al. 2000/2001)。这就解释左侧前额叶在不同翻译模式下被激活的原因:所有的翻译活动都涉及语义加工,即从源语提取意义表征并将其转化为目标语语言结构。这一研究结果为左侧前额叶在翻译过程中的重要作用提供新的证据。

相对于汉语朗读,汉英视译没有在目标脑区引起显著的脑激活,这一结果与 Kurz (1995) 以及 Tommola et al. (2000/2001) 的研究结果相左,即后两项研究均显示出左侧前额叶显著激活,这一分歧可能来自于语言自身的差异。已有研究所关注的语言均属于表音文字,而汉语属于表意文字,字形与语音之间缺乏明显的形音对应规则(grapheme-phoneme correspondence rules, GPC 规则)(Perfetti et al. 2005),其认知加工的脑激活模式以及加工深度与表音文字存在差异(Liu, Cao 2016; Tan et al. 2005)。有研究指出,汉语从字形到字音的映射会激活位于左侧前额叶的背外侧前额叶(dorsolateral frontal region, 简称 DLPFC),而英语等表音文字激活的则是左后颞叶、顶叶区域(left posterior tempo-parietal regions)(Wu et al. 2012)。也就是说,由于使用减法范式,汉英视译产生的大脑活动可能被汉语朗读产生的大脑活动抵消,因此其激活状况相对于汉语朗读不显著。

5.3 方向性与认知负荷

对比两个方向视译的血氧变化数据(相对于基线任务)得出:汉英视译相对于英汉视译存在显著差异,这说明口译方向对视译认知负荷有显著影响,即译入 B 语会导致更高的认知负荷。这一结果不仅与 Kurz (1995) 以及 Tommola 等人 (2000/2001) 的口译方向性研究结论一致,还与

Pavlović 和 Jensen (2009) 以及 Chang (2011) 的笔译方向性研究结果吻合,再次证明译入 B 语时译员/译者须要付出更多的精力。

Paradis 认为,当双语者选择使用一种语言表达时,其另外一种语言的激活阈值(activation threshold)会被提高,从而在表达时被抑制(Paradis 1994:321)。在翻译过程中,虽然两种语言同时被激活,但其激活水平却不同,即理解过程所使用语言的激活阈值要高于表达过程所使用语言的激活阈值(同上)。也就是说,译入 B 语时,A 语的激活阈值需要被提高,B 语的激活阈值需要被降低;而译入 A 语时则正相反。由于语言的激活阈值取决于使用频度和使用时近性(recency),即使用越频繁、激活间隔时间越短,其激活阈值就越低(同上:320),A 语作为母语或强势语言其激活阈值必然低于 B 语。根据上述理论,译入 B 语时需要将处于低位的激活阈值提高、处于高位的激活阈值降低,这一过程所需认知资源必然大于译入 A 语,因为在译入 A 语时,需要被降低的激活阈值已经处于低位,需要被提高的激活阈值已经处于高位。这就可以解释为何译入 B 语会产生更高的认知负荷。

此外,根据 Kroll 和 Steward 提出的修正层级模型(Revised Hierarchical Model),两种语言之间首先建立词汇连结(lexical link),然后才是概念连结(conceptual link)。译入 A 语主要依靠词汇连结来进行,它只需经过词汇提取的认知操作过程;而译入 B 语主要依靠概念连结来进行,它需要经过概念提取和词汇提取两个认知操作过程(Kroll, Steward 1994:158-162)。虽然该理论以词语翻译为研究对象,但似乎可以在一定程度上解释本研究结果。当然,是否果真如此仍需经过适当的实验手段证实。

6 结束语

本研究使用近红外脑功能成像技术探索口译方向对汉英、英汉视译认知加工的影响,其研究结果为:(1)口译方向对译员视译表现有显著影响,其影响表现为汉英视译错误率显著高于英汉视译错误率。此外,汉英视译中的语义错误率显著低于英汉视译,而其语言使用错误率却显著高于英汉视译;(2)口译方向对视译过程中的脑激活模式有显著影响。相对于各自的基线任务,英汉视译时左侧前额叶激活显著,而汉英视译却没有在目标脑区内引起显著的脑激活;(3)口译方向对视译认知负荷有显著影响,即汉英视译会导致更

高的认知负荷。

本研究对视译教学有一定的启示意义。研究结果显示,学生译员作为不平衡双语者(unbalanced bilingual)在译入 B 语时须要付出更多的认知努力,因此在视译教学中应强化此方向的视译技巧训练,如断句、简化、归纳等,以减轻认知负荷。研究结果还显示,学生译员译入 A 语时语义错误较多,译入 B 语时语言使用错误较多。因此,在译入 A 语的教学需重点关注学生理解、提炼源语意义的能力;而在译入 B 语的教学则需强化学生口语表达的准确性、流利性、得体性,从而提高学生口译质量。

注释

- ①在心理学实验研究中,基线任务通常被作为目标任务的基准和参考,用来衡量干预措施和操作如何影响实验结果。
- ②由于中国台湾的教育体系模仿参照美国的教育体系,因此两者的年级水平具有可比性(Chang 2011:172)。
- ③信噪比是指信号平均强度和噪声平均强度的比值。一般情况下,信噪比越高,噪声越小,信号质量越可靠。

参考文献

- 何妍 李德凤 李丽青. 同声传译方向性问题研究的设计与方法[J]. 外语学刊, 2017(5). || He, Y., Li, D.-F., Li, L.-Q. Directionality in Simultaneous Interpreting[J]. *Foreign Language Research*, 2017(5).
- Bear, D. R. *Treasures: A Reading/Language Arts Program* [M]. New York: Macmillan/McGraw-Hill, 2009.
- Bolger, D. J., Perfetti, C. A., Schneider, W. Cross-cultural Effect on the Brain Revisited: Universal Structures Plus Writing System Variation[J]. *Human Brain Mapping*, 2005(1).
- Chang, C., Schallert, D. L. The Impact of Directionality on Chinese/English Simultaneous Interpreting[J]. *Interpreting*, 2007(2).
- Chang, J. Y. Translation Directionality and the Revised Hierarchical Model: An Eye-tracking Study [A]. In: O'Brien, S. (Ed.), *Cognitive Explorations of Translation* [C]. London: Continuum International Publishing Group, 2011.
- Déjean le Féal, K. Non Nova, Sed Nove [J]. *The Interpreters' Newsletter*, 1998(8).
- Dieler, A. C., Tupak, S. V., Fallgatter, A. J. Functional Near-infrared Spectroscopy for the Assessment of Speech Related Tasks[J]. *Brain and Language*, 2012(2).

- Ding, X. P., Fu, G., Lee, K. Neural Correlates of Own-and Other-race Face Recognition in Children: A Functional Near-infrared Spectroscopy Study [J]. *Neuroimage*, 2014 (10).
- Dose, S. Putting Directionality into Context[J]. *Stellenbosch Papers in Linguistics Plus*, 2014(1).
- García, A. M. Brain Activity During Translation: A Review of the Neuroimaging Evidence as A Testing Ground for Clinically-based Hypotheses[J]. *Journal of Neurolinguistics*, 2013(3).
- Gile, D. Directionality in Conference Interpreting: A Cognitive View [A]. In: Godijns, R. M., Hinderdael, M. (Eds.), *Directionality in Interpreting: The “Retour” or the Native?* [C]. Gent: Communication and Cognition, 2005.
- He, Y., Wang, M., Li, D., Yuan, Z. Optical Mapping of Brain Activation During the English to Chinese and Chinese to English Sight Translation[J]. *Biomedical Optics Express*, 2017(12).
- Hervais-Adelman, A., Moser-Mercer, B., Michel, C. M., Golestani, N. fMRI of Simultaneous Interpretation Reveals the Neural Basis of Extreme Language Control[J]. *Cerebral Cortex*, 2015(12).
- Huppert, T. J., Diamond, S. G., Franceschini, M. A., Boas, D. A. HomER: A Review of Time-series Analysis Methods for Near-infrared Spectroscopy of the Brain[J]. *Applied Optics*, 2009(10).
- Jobsis, F. F. Noninvasive, Infrared Monitoring of Cerebral and Myocardial Oxygen Sufficiency and Circulatory Parameters[J]. *Science*, 1977 (198).
- Kroll, J. F., Steward, E. Category Interference in Translation and Picture Naming: Evidence for Asymmetric Connections Between Bilingual Memory Representations [J]. *Journal of Memory and Language*, 1994(2).
- Kurz, I. Watching the Brain at Work—An Exploratory Study of EEG Changes During Simultaneous Interpreting (SI) [J]. *The Interpreter's Newsletter*, 1995(6).
- Lai, C. S. *Chinese Mandarin: Second Semester of the Second Year*[M]. Taipei: Kang Hsuan Publishing, 2006.
- Liu, H., Cao, F. L1 and L2 Processing in the Bilingual Brain: A Meta-analysis of Neuroimaging Studies [J]. *Brain and Language*, 2016(159).
- Liu, Y., Shu, H., Li, P. Word Naming and Psycholinguistic Norms: Chinese [J]. *Behavior Research Methods*, 2007 (2).
- Nicodemus, B., Emmorey, K. Directionality in ASL-English Interpreting: Accuracy and Articulation Quality in L1 and L2[J]. *Interpreting*, 2015(2).
- Paradis, M. Toward A Neurolinguistic Theory of Simultaneous Translation: The Framework [J]. *International Journal of Psycholinguistics*, 1994(3).
- Pavlović, N. Directionality in Collaborative Translation Processes: A Study of Novice Translators [D]. Universitat Rovira i Virgili, 2007.
- Pavlović, N., Jensen, K. T. H. Eye Tracking Translation Directionality [A]. In: Pym, A., Perekrestenko, A. (Eds.), *Translation Research Projects 2* [C]. Tarragona: Intercultural Studies Group, 2009.
- Perfetti, C. A., Liu, Y., Tan, L. H. The Lexical Constituency Model: Some Implications of Research on Chinese for General Theories of Reading[J]. *Psychological Review*, 2005(1).
- Quaresima, V., Ferrari, M., van der Sluijs, M. C., Menssen, J., Colier, W. N. Lateral Frontal Cortex Oxygenation Changes During Translation and Language Switching Revealed by Non-invasive Near-infrared Multi-point Measurements[J]. *Brain Research Bulletin*, 2002(3).
- Schecklmann, M., Ehlis, A. C., Plichta, M. M., Fallgatter, A. J. Functional Near-infrared Spectroscopy: A Long-term Reliable Tool for Measuring Brain Activity During Verbal Fluency[J]. *Neuroimage*, 2008(1).
- Tan, L. H., Laird, A. R., Li, K., Fox, P. T. Neuroanatomical Correlates of Phonological Processing of Chinese Characters and Alphabetic Words: A Meta-analysis[J]. *Human Brain Mapping*, 2005(1).
- Tommola, J., Helevä, M. Language Direction and Source Text Complexity: Effects on Trainee Performance in Simultaneous Interpreting [A]. In: Bowker, L., Cronin, M., Kenny, D., Pearson, J. (Eds.), *Unity in Diversity: Current Trends in Translation Studies* [C]. Manchester: St. Jerome, 1998.
- Tommola, J., Laine, M., Sunnari, M., Rinne, J. O. Images of Shadowing and Interpreting [J]. *Interpreting*, 2000/2001(2).
- Wu, C. Y., Ho, M. H. R., Chen, S. H. A. A Meta-analysis of fMRI Studies on Chinese Orthographic, Phonological, and Semantic Processing[J]. *Neuroimage*, 2012(1).