

听障大学生汉语阅读中的绕口令效应：口语经验和阅读能力的影响*

兰泽波^{1,2} 宋子明³ 姜琨⁴ 闫国利¹

(1 教育部人文社会科学重点研究基地天津师范大学心理与行为研究院, 天津师范大学心理学部, 学生心理发展与学习天津市高校社会科学实验室, 天津 300387) (2 福建医科大学健康学院, 福州 350122) (3 鲁东大学教育科学学院, 烟台 264025)
(4 天津理工大学心理健康教育与咨询中心, 天津 300384)

摘要 听障者阅读时是否激活语音信息是听障者阅读研究领域的热点问题之一。本研究使用眼动技术, 采用绕口令材料, 考察口语经验和阅读能力对听障大学生汉语阅读中语音激活的影响。结果发现, 口语经验较多且阅读能力较高(OHRH)的听障大学生的绕口令效应大于口语经验较少但阅读能力较高(OLRH)的听障大学生, OLRH组的绕口令效应大于口语经验较少且阅读能力较低(OLRL)的听障大学生。局部指标分析发现OHRH和OLRH组在早期和晚期指标上均存在绕口令效应, OLRL组只在晚期指标上才出现绕口令效应。结果表明, 口语经验和阅读能力影响听障大学生汉语阅读中的语音激活。

关键词 听障大学生, 绕口令效应, 语音激活, 口语经验, 阅读能力。

分类号 B842

1 引言

健听者在词汇识别时会激活该词汇的语音信息(Ziegler et al., 2014), Perfetti 和 Sandak(2000)认为阅读建立在基础的语言加工上, 包括语音加工, 因此语音加工在健听者阅读中起着重要作用。听障者双耳存在不同程度的永久性听力损失, 听不到或听不清周围的言语, 言语能力较差。听障者阅读时能否激活语音信息? 对此, 研究者进行了大量研究, 并提出相应的理论模型阐述听障者阅读时语音信息的激活情况。一些研究发现听障者与健听者相似, 阅读时能够激活语音信息(咎飞, 谭和平, 2005; Blythe et al., 2018; Transler & Reitsma, 2005)。例如, Friesen 和 Joannis(2012)采用真假词判断任务发现, 听障成人只在同音假词条件下表现出同音假词效应, 而健听者则在同音真词、同音假词两种条件下均表现出该效应, 表明听障成人在词汇识别时能够激活语音表征, 但激活程度可能比健听者要弱。因此, 有研究者认为听障者的词汇识别过程与健听者类似, 提出听障者词汇识别的双通道模型(a dual-route cascaded model of reading by deaf adults)(Elliott et al., 2012)。该模型认为听障者可通过唇读、手语等视觉语言获

得口语语音, 称其为视觉音素。视觉音素的作用类似于健听者词汇识别中的口语语音, 两者只在结构和数量上存在差异, 随着听障者口语经验增多, 他们的视觉音素更接近健听者的口语语音。基于该观点, 听障者在词汇识别中能够激活语音信息, 语音加工在其阅读中起重要作用。

然而, 仍然有一些研究发现听障者阅读时无法激活语音信息(王志强, 王雁, 2016; Bélanger et al., 2012; Bélanger et al., 2013)。例如, Fariña 等(2017)采用真假词判断任务发现, 听障成人判断同音假词的反应时与拼写控制假词的反应时无显著差异, 未表现出与健听者相似的同音假词效应。因此, 研究者认为听障者的词汇识别过程与健听者不同, 提出听障者交互激活模型(deaf bilingual interactive activation model)(Ormel et al., 2012)。该模型认为听障者主要通过手语习得词汇, 在词汇识别中, 一旦激活了词汇的正字法表征, 对应的手语表征也将被激活。词汇正字法表征能够直接激活语义表征, 也可通过手语表征间接激活语义表征。基于该观点, 听障者在词汇识别中对语音信息的激活较弱, 语音加工在听障者阅读中的作用有限。

Kyle(2015)认为研究结果存在分歧与听障者的

收稿日期: 2022-03-15

* 基金项目: 天津市教学成果奖重点培育项目(PYJJ-039)。

通讯作者: 闫国利, E-mail: psyyl@163.com。

口语经验、阅读能力等个体因素有关。一方面, 虽然听障者的听力水平无法达到健听者水平, 但部分听障者佩戴助听设备, 经过语言康复干预, 能够获得一定程度的口语能力。故相比口语经验较少的听障者, 口语经验较多者更可能激活语音信息。另一方面, 听障者阅读词汇习得模型(model of reading vocabulary acquisition for deaf children) (Hermans et al., 2008) 认为, 使用手语的听障者在学习书面词汇时需要借助实时手语翻译获得词汇语义, 随着阅读经验增加、阅读能力提高, 书面词汇的正字法表征与语义系统将紧密相联, 听障者逐渐减弱对手语的依赖, 发展出口语语音表征。故相比阅读能力较低的听障者, 阅读能力较高者更可能激活语音信息。

为验证上述理论假设, 研究者开始关注听障者的口语经验和阅读能力对其语音加工的影响。兰泽波等(2020)采用错误中断范式发现, 口语熟练的听障大学生在汉语句子的阅读中激活了语音信息, 口语不熟练者则未激活。Yan等(2021)采用相同范式发现, 阅读能力较高的听障中学生在汉语句子的阅读中激活了语音信息, 阅读能力较低者则未激活。错误中断范式利用在句中采用同音字替代目标字的方式来考察听障者是否激活词汇的语音表征, 读者阅读时频繁遇到同音错误字, 容易意识到该错误, 采用相应的策略进行阅读(Thierfelder et al., 2020)。绕口令效应(tongue twister effect)是指读者阅读绕口令的时间显著长于阅读正常句子的时间, 是揭示语音信息在阅读中起作用的有力证据(Zhang & Perfetti, 1993)。McCutchen和Perfetti(1982)指出读者阅读绕口令时会自动激活词汇的语音表征, 并存储在工作记忆中。绕口令存在大量的同音字或近音字, 导致工作记忆中储存的语音表征存在混淆, 影响读者正常的语义提取和理解。因此, 读者阅读绕口令的时间更长与阅读时自动激活的语音表征有密切联系。相比错误中断范式, 绕口令阅读能够在生态效度更高的自然情境中综合考察听障者阅读时的语音加工过程(闫国利等, 2019)。

以往研究表明, 绕口令阅读能够有效地考察听障者阅读时语音激活情况(兰泽波等, 2022; Hanson et al., 1991; Li & Lin, 2020)。例如, 兰泽波等采用眼动技术实时记录听障者阅读绕口令和正常句时的眼动数据, 发现听障大学生表现出一定的绕口令效应, 但显著弱于健听学生, 并且听障大

学生的绕口令效应比健听学生出现更晚。

综上所述, 本研究采用绕口令作为实验材料, 结合眼动技术要求听障大学生进行自然的阅读理解, 考察口语经验和阅读能力对听障大学生汉语阅读中语音激活的影响。如果口语经验较多的听障大学生的绕口令效应大于口语经验较少者, 则表明口语经验影响听障大学生阅读中的语音激活; 如果高阅读能力听障大学生的绕口令效应大于低阅读能力者, 则表明阅读能力影响听障大学生阅读中的语音激活。

2 研究方法

2.1 被试

以闫国利等(2017)实验中的阅读速度为指标, 采用G*power预估被试量。统计检验力0.8时, 需要8名被试。63名听障大学生参加实验(男27名, 女36名), 视力或矫正视力正常。所有被试在3岁前(学语前)失聪(失聪平均年龄为 1.04 ± 0.99 岁), 听障等级为一级或二级, 听损程度大于70dB(平均听损程度为 101 ± 15 dB), 属于重度听力障碍, 未植入人工耳蜗, 47名学生佩戴助听设备(佩戴平均年龄为 3.76 ± 3.24 岁, 听损程度为 98 ± 14 dB)。实验结束后被试获得一定报酬。

所有被试完成语言经历和语言水平问卷、瑞文推理能力测验和阅读流畅性测验。

(1) 语言经历和语言水平问卷。采用Marian等(2007)编制的语言经历和语言水平问卷, 测量听障大学生的口语和手语的经历及水平。语言经历问卷要求被试评定自己接触每种语言时间的百分比: “请列出目前你所接触每种语言(口语和手语)时间的百分比(各项百分比之和应为100%)”。语言水平问卷要求被试分别评定语言表达和语言理解水平: “在1~10的数值范围之内, 标出你的口语表达能力、理解能力方面的水平”。采用Li等(2020)推荐的计算方式计算被试的整体语言水平。

(2) 瑞文推理能力测验。采用李丹等(1988)修订的瑞文测验联合型, 由A、AB、B、C、D、E六个单元构成, 每单元12题, 共72题。

(3) 阅读流畅性测验。采用三分钟快速阅读测验(程亚华, 伍新春, 2018), 包含100个简单句子, 要求学生在三分钟内快速默读句子, 并对句子意思进行正误判断。例如, “燕子会飞(√); 太阳从西边升起(×)”。计算学生回答正确题项的总字数减去回答错误题项的总字数。

根据被试的语言经历和阅读流畅性将其分为三组：(1) 口语经验多、阅读能力高的听障大学生(OHRH)，25 名；(2) 口语经验少、阅读能力高的听

障大学生(OLRH)，24 名；(3) 口语经验少、阅读能力低的听障大学生(OLRL)，14 名。三组听障大学生的信息见表 1。

表 1 听障大学生人口学信息比较 [M(SE)]

人口学变量	OHRH (n=25)	OLRH (n=24)	OLRL (n=14)	F
年龄(岁)	22.34(0.28)	22.91(0.25)	22.34(0.37)	1.34
口语使用比例	0.75(0.03)	0.19(0.02)	0.10(0.04)	148.30***
手语使用比例	0.25(0.03)	0.81(0.02)	0.90(0.04)	148.30***
口语水平	0.64(0.03)	0.32(0.03)	0.14(0.05)	51.66***
手语水平	0.49(0.04)	0.72(0.02)	0.63(0.03)	12.60***
智力(IQ)	113.00(2.53)	111.79(2.92)	112.75(4.39)	0.05
阅读流畅性(字/分钟)	453.40(20.87)	444.53(19.91)	264.05(13.88)	21.76***
听力损失程度(dB)	95.64(3.04)	102.29(2.61)	107.36(3.61)	3.40*
听障时间(岁)	1.18(0.22)	1.02(0.17)	0.82(0.29)	0.59

注：* $p<0.05$ ，*** $p<0.001$ 。

单因素方差分析检验三组学生在人口学变量上的差异，年龄 [$F(2, 60)=1.34, p=0.27$]、智力 [$F(2, 60)=0.05, p=0.95$] 和听障时间 [$F(2, 60)=0.59, p=0.60$] 上主效应不显著。口语使用比例 [$F(2, 60)=148.30, p<0.001$]、口语水平 [$F(2, 60)=51.66, p<0.001$]、手语水平 [$F(2, 60)=12.60, p<0.001$]、阅读流畅性 [$F(2, 60)=21.76, p<0.001$] 和听力损失程度上主效应显著 [$F(2, 60)=3.40, p<0.05$]。事后比较分析表明，OHRH 组和 OLRH 组只在口语经验和手语经验上存在差异，OHRH 组的口语使用比例和口语水平显著高于 OLRH 组 ($ps<0.001$)，在手语使用比例和手语水平上则是 OLRH 组显著高于 OHRH 组 ($ps<0.05$)，两组的阅读流畅性 [$t(60)=0.34, p=0.94$] 和听力损失程度 [$t(60)=-1.67, p=0.23$] 差异不显著。OLRH 组和 OLRL 组在阅读流畅性和口语水平上存在差异，OLRH 组的阅读流畅性 [$t(60)=5.79, p<0.001$] 和口语水平 [$t(60)=3.38, p<0.01$] 显著高于 OLRL 组，在口语使用比例 [$t(60)=2.00, p=0.12$]、手语水平 [$t(60)=1.75, p=0.20$] 和听力损失程度 [$t(60)=-1.08, p=0.53$] 上两组差异不显著。

2.2 实验材料

采用闫国利等 (2017) 研究中的材料。绕口令选自《绕口令小辞典》(张喜燕, 2014) 和《播音员主持人训练手册：绕口令》(王克瑞, 杜丽华, 2012)。正常句与绕口令在结构、字数和意义上相匹配，正常句中无语音相近的字，如表 2 所示。句

子长度为 17~24 个字 ($M=21.05, SD=2.02$)。实验材料分为 2 组，每组 8 个练习句和 56 个实验句(绕口令和正常句各 28 句，绕口令与其匹配的正常句不出现在同一组内)，50% 的句子后设置简单的“是否”阅读理解判断题。被试随机接受其中一组实验。

表 2 实验句子材料示例

句子类型	示例
绕口令	史老师时常讲时事而石老师时常读报纸。
控制句	王老师经常讲政治而何老师经常读报纸。

注：加粗显示的汉字为语音重复字。

2.3 实验设计

3(组别：OHRH、OLRH、OLRL) \times 2(句子类型：绕口令、正常句)混合实验设计，组别为被试间变量，句子类型为被试内变量。

2.4 实验仪器

EyeLink Portable Duo 型眼动仪，采样频率 500 Hz。被试机为 Dell 笔记本电脑，水平宽 34.3 厘米，垂直高 18 厘米，分辨率 1920 \times 1080 像素，刷新频率 60 Hz。被试眼睛距屏幕 50 厘米，每个汉字 50 \times 50 像素，视角约 1 $^{\circ}$ 。

2.5 实验程序

主试通过 PPT 演示文稿呈现指导语，被试理解实验程序后进行实验。实验开始前进行三点校准，校准成功后进入正式实验。每个试次先在屏

幕左侧出现一个漂移校准点，漂移校准点中心与句子首字中心位置重合，被试注视到漂移校准点且稳定后，呈现句子。被试理解完句义，点击键盘上的空格键，句子消失。若句子后设置有阅读理解判断题，点击“F”或“J”键进行是否判断，问题即消失。句子随机呈现，必要时重新校准，实验过程约35分钟。

2.6 数据分析

因变量包括正确率、整体眼动指标和局部眼动指标。整体眼动指标指从宏观上分析读者的眼动特征，揭示读者的整体阅读效率。选取阅读速度、平均注视时间、注视次数和回视次数，其中阅读速度对阅读过程更为敏感，反映读者对文本的加工效率，是考察绕口令效应主要的参考指标。局部眼动指标指分析兴趣区的注视时间，揭示绕口令效应的时间进程。选取首次注视时间、凝视时间、回视路径时间和总注视时间，首次注视时间和凝视时间反映早期词汇加工，回视路径时间和总注视时间反映晚期的词汇加工和句子整合。本研究将每个字作为兴趣区，排除句首和句尾各一个字后，计算所有字的平均值。

分析眼动数据之前，删除以下异常数据：(1) 短于80 ms或长于1200 ms的注视点；(2) 注视点少于3个或者追踪丢失的试次(2.14%)。参考指南(Meteyard & Davies, 2020)，采用线性混合模型(linear mixed model, LMM)和广义线性模型(generalized linear mixed model, GLMM)分析眼动指标。在R 4.1.0中使用lme4包(Bates et al., 2014)和lmerTest包(Kuznetsova et al., 2017)进行模型分析，使用emmeans 1.5.2-1进行简单效应分析。眼动指标(除注视次数和回视次数)进行log化处理。组别(OHRH vs. OLRH、OLRH vs. OLRL)、句子类型(绕口令 vs. 正常句)及其交互作用作为固定效应，被试和项目作为随机效应。全模型的随机效应包括被试层面的随机斜率和截距、项目层面的随机斜率和截距，通过主成分分析(Bates et al., 2015)选择

最优模型，报告回归系数(b)，标准误(SE)， t/z 值， p 值和95%置信区间。每个指标上使用BayesFactor包的lmBF函数(Morey et al., 2015)进行贝叶斯因子分析，来确定三组听障大学生绕口令效应的证据强度。参考Yao等(2022)的研究，贝叶斯因子由“包括绕口令效应、被试和项目截距的模型”与“只包括被试和项目截距的零模型”比值所得，比值大于1时被认为倾向于存在绕口令效应。

3 结果

3.1 正确率

OLRH组和OLRL组中各有1名学生眼动追踪失败。阅读理解判断的平均正确率：OHRH组77%($SD=10\%$)、OLRH组79%($SD=7\%$)、OLRL组74%($SD=11\%$)，重复测量方差分析表明，组别和句子类型主效应不显著($ps>0.05$)，交互作用不显著[$F(2, 58)=0.73, p=0.48$]，三组被试在绕口令和正常句上的阅读理解正确率无显著差异($ps>0.05$)。

3.2 整体眼动指标分析

三组被试阅读绕口令和正常句子的整体眼动指标的描述统计结果见表3，线性混合模型统计结果见表4。

句子类型在各眼动指标上均显著($|t|s\geq 4.11, ps<0.001$)，相比正常句，被试阅读绕口令时，阅读速度显著降低，平均注视时间、注视次数和回视次数显著增加。交互作用表现在阅读速度上，OLRH组和OHRH组在绕口令和正常句上的交互作用边缘显著($b=0.05, SE=0.03, t=1.73, p=0.09$)，OLRL组和OLRH组在绕口令和正常句上的交互作用边缘显著($b=0.07, SE=0.04, t=1.73, p=0.09$)。简单效应分析表明，三组被试在绕口令上的阅读速度均显著慢于正常句(OHRH: $b=0.19, SE=0.03, t=7.28, p<0.001$; OLRH: $b=0.14, SE=0.03, t=5.15, p<0.001$; OLRL: $b=0.08, SE=0.04, t=2.33, p<0.05$)，OHRH组绕口令效应最大，OLRH组次之，OLRL组最小。

表3 整体眼动指标的描述统计结果 [$M(SE)$]

眼动指标	OHRH		OLRH		OLRL	
	正常句	绕口令	正常句	绕口令	正常句	绕口令
阅读速度(字/分钟)	189(3)	160(3)	196(4)	168(4)	160(4)	148(4)
平均注视时间(ms)	243(1)	248(1)	262(2)	269(2)	247(2)	251(1)
注视次数(次)	30.80(0.65)	35.97(0.79)	27.72(0.58)	31.59(0.66)	35.63(1.04)	38.00(1.10)
回视次数(次)	9.25(0.25)	11.01(0.29)	8.60(0.25)	9.78(0.28)	12.30(0.44)	12.91(0.46)

表 4 整体眼动指标上的线性混合模型分析结果

效应	阅读速度					平均注视时间				
	<i>b</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	95%CI	<i>b</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	95%CI
截距	5.00	0.06	90.25	<0.001	[4.89, 5.11]	5.52	0.01	368.96	<0.001	[5.49, 5.55]
OLRH vs. OHRH	0.05	0.11	0.42	0.68	[-0.17, 0.26]	0.07	0.03	2.29	<0.05	[0.01, 0.14]
OLRL vs. OLRH	-0.17	0.13	-1.31	0.20	[-0.43, 0.09]	-0.06	0.04	-1.53	0.13	[-0.13, 0.02]
绕口令 vs. 正常句	-0.14	0.02	-6.39	<0.001	[-0.18, -0.10]	0.02	0.00	5.30	<0.001	[0.01, 0.03]
(OLRH vs. OHRH)×(绕口令 vs. 正常句)	0.05	0.03	1.73	0.09	[-0.01, 0.11]	0.00	0.01	0.14	0.89	[-0.01, 0.02]
(OLRL vs. OLRH)×(绕口令 vs. 正常句)	0.07	0.04	1.73	0.09	[-0.01, 0.14]	-0.00	0.01	-0.56	0.58	[-0.02, 0.01]

效应	注视次数					回视次数				
	<i>b</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	95%CI	<i>b</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	95%CI
截距	3.41	0.05	62.24	<0.001	[3.30, 3.52]	2.22	0.07	32.00	<0.001	[2.08, 2.35]
OLRH vs. OHRH	-0.11	0.11	-1.04	0.30	[-0.32, 0.10]	-0.12	0.14	-0.89	0.37	[-0.39, 0.15]
OLRL vs. OLRH	0.21	0.13	1.65	0.10	[-0.04, 0.47]	0.36	0.17	2.18	<0.05	[0.04, 0.69]
绕口令 vs. 正常句	0.12	0.02	5.05	<0.001	[0.08, 0.17]	0.14	0.03	4.11	<0.001	[0.07, 0.20]
(OLRH vs. OHRH) × (绕口令 vs. 正常句)	-0.06	0.04	-1.51	0.13	[-0.14, 0.02]	-0.09	0.05	-1.57	0.12	[-0.19, 0.02]
(OLRL vs. OLRH) × (绕口令 vs. 正常句)	-0.05	0.04	-1.17	0.24	[-0.13, 0.03]	-0.08	0.06	-1.50	0.13	[-0.19, 0.03]

注：显著结果加粗显示，以下同。

贝叶斯因子分析发现，阅读速度上，OHRH 组和 OLRH 组均高于 100，OLRL 组 13.91；平均注视时间上，OHRH 组和 OLRH 组均高于 100，OLRL 组 14.53；注视次数上，OHRH 组和 OLRH 组均高于 100，OLRL 组 1.29；回视次数上，OHRH 组和 OLRH 组均高于 100，OLRL 组 0.23。以上结果表明，在各指标上均有极强的证据

支持 OHRH 和 OLRH 组存在绕口令效应，只在阅读速度和平均注视时间上有较强的证据支持 OLRL 组存在绕口令效应。

3.3 局部眼动指标分析

三组被试阅读绕口令和正常句子的局部眼动指标的描述统计结果见表 5，线性混合模型统计结果见表 6。

表 5 局部眼动指标的描述统计结果 [*M*(*SE*)]

眼动指标	OHRH		OLRH		OLRL	
	正常句	绕口令	正常句	绕口令	正常句	绕口令
首次注视时间(ms)	252(1)	257(1)	272(2)	280(2)	255(2)	256(2)
凝视时间(ms)	267(1)	276(2)	286(2)	340(2)	271(2)	274(1)
回视路径时间(ms)	587(12)	658(14)	617(14)	685(15)	728(22)	728(21)
总注视时间(ms)	490(4)	555(4)	489(4)	547(4)	549(6)	580(6)

句子类型在各眼动指标上均显著 ($|t|s \geq 3.87$, $ps < 0.001$)，与阅读正常句相比，被试阅读绕口令时的注视时间显著更长。交互作用表现在凝视时间和回视路径时间上，OLRL 组和 OLRH 组在绕口令和正常句上的交互作用边缘显著 (凝视时间: $b = -0.02$, $SE = 0.01$, $t = -1.95$, $p = 0.06$; 回视路径时间: $b = -0.05$, $SE = 0.02$, $t = -1.99$, $p = 0.05$)。简单效应分析表明，OLRH 组在绕口令上的凝视时间和回视路径时间显著长于正常句 (凝视时间: $b = 0.04$, $SE = 0.01$, $t = 4.78$, $p < 0.001$; 回视路径时间: $b = 0.07$, $SE = 0.01$, $t = 4.94$, $p < 0.001$)，而 OLRL 组在绕口令上的凝视时间和回视路径时间与正常句差异不显著 (凝视时间:

$b = 0.01$, $SE = 0.01$, $t = 1.15$, $p = 0.23$; 回视路径时间: $b = 0.02$, $SE = 0.02$, $t = 1.20$, $p = 0.23$)。

贝叶斯因子分析发现，首次注视时间上，OHRH 组 3.01，OLRH 组 11.79，OLRL 组 0.04；凝视时间上，OHRH 组和 OLRH 组均高于 100，OLRL 组 0.06；回视路径时间上，OHRH 组和 OLRH 组均高于 100，OLRL 组 0.05；总注视时间上，三组被试均高于 100。以上结果表明，在各指标上均有中等程度以上证据支持 OHRH 和 OLRH 组存在绕口令效应，只在总注视时间上有极强的证据支持 OLRL 组存在绕口令效应。

表 6 局部眼动指标上的线性混合模型分析结果

效应	首次注视时间					凝视时间				
	<i>b</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	95%CI	<i>b</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	95%CI
截距	5.49	0.02	337.65	<0.001	[5.46, 5.52]	5.54	0.02	339.74	<0.001	[5.51, 5.57]
OLRH vs. OHRH	0.07	0.03	2.11	<0.05	[0.01, 0.14]	0.07	0.03	2.08	<0.05	[0.00, 0.14]
OLRL vs. OLRH	-0.06	0.04	-1.55	0.13	[-0.15, 0.02]	-0.06	0.04	-1.55	0.13	[-0.14, 0.02]
绕口令 vs. 正常句	0.02	0.00	3.87	<0.001	[0.01, 0.02]	0.03	0.00	5.29	<0.001	[0.02, 0.03]
(OLRH vs. OHRH)×(绕口令 vs. 正常句)	0.00	0.01	0.49	0.63	[-0.01, 0.02]	0.01	0.01	0.75	0.46	[-0.01, 0.03]
(OLRL vs. OLRH)×(绕口令 vs. 正常句)	-0.02	0.01	-1.67	0.10	[-0.04, 0.00]	-0.02	0.01	-1.95	0.06	[-0.05, 0.00]
效应	回视路径时间					总注视时间				
	<i>b</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	95%CI	<i>b</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	95%CI
截距	5.99	0.03	235.52	<0.001	[5.94, 6.04]	6.02	0.04	166.57	<0.001	[5.95, 6.09]
OLRH vs. OHRH	0.05	0.05	1.05	0.30	[-0.05, 0.15]	0.01	0.07	0.11	0.92	[-0.13, 0.14]
OLRL vs. OLRH	0.04	0.06	0.64	0.52	[-0.08, 0.16]	0.07	0.08	0.87	0.39	[-0.09, 0.24]
绕口令 vs. 正常句	0.06	0.01	6.51	<0.001	[0.04, 0.08]	0.09	0.02	5.60	<0.001	[0.06, 0.13]
(OLRH vs. OHRH)×(绕口令 vs. 正常句)	-0.01	0.02	-0.68	0.50	[-0.05, 0.03]	-0.03	0.02	-1.51	0.14	[-0.08, 0.01]
(OLRL vs. OLRH)×(绕口令 vs. 正常句)	-0.05	0.02	-1.99	0.05	[-0.10, -0.00]	-0.03	0.03	-1.13	0.26	[-0.09, 0.02]

4 讨论

4.1 口语经验对听障大学生阅读中语音激活的影响

本研究发现在阅读速度上，OHRH 组听障大学生的绕口令效应大于 OLRH 组，表明控制阅读能力，口语经验较多的听障大学生语音激活更强。以往研究发现通过唇读和言语训练，听障儿童能够发展出语音表征能力 (Harris & Moreno, 2006)。Harris 等 (2017) 发现，课堂上接受口语教学的听障儿童阅读测验得分显著高于接受手语教学的听障儿童，词汇知识和口语阅读是听障儿童阅读能力重要的预测因子。因此，口语经验较多的听障大学生经过言语训练，能够获得丰富的语音信息，在阅读中语音信息的激活更强。而口语经验较少的听障大学生虽然经过双语教学等阅读教学指导，但由于无法有效地通达口语语音，他们在阅读中语音信息的激活要弱于口语经验较多的听障大学生。

本研究发现，虽然在阅读速度上口语经验影响听障大学生语音信息的激活，但在局部指标分析中，OHRH 组和 OLRH 组不存在显著的交互作用，均存在稳定的绕口令效应，表明口语经验仅影响听障大学生语音激活的强度，不影响语音激活的时间进程，他们在词汇识别的早期加工阶段就已经激活语音表征，并持续到句子整合阶段。

4.2 阅读能力对听障大学生阅读中语音激活的影响

阅读能力是否影响听障者阅读中的语音激

活，以往研究存在争议。一方面，Bélangier 等 (2013) 采用边界范式发现，高、低阅读能力的听障成人未激活语音信息。另一方面，Yan 等 (2021) 采用错误中断范式发现阅读能力较高的听障中学生激活了语音信息，阅读能力较低者没有激活。与前人研究相比，本研究采用绕口令阅读任务，更符合自然情境，同时以往研究较少报告听障者的口语经验，本研究发现 OLRH 组听障大学生的绕口令效应大于 OLRL 组，表明控制口语经验，阅读能力较高的听障大学生语音激活更强。

此外，局部指标分析发现 OLRH 组在所有指标上均存在绕口令效应，而 OLRL 组只在总注视时间上存在绕口令效应，表明 OLRL 组听障大学生的绕口令效应只在词汇识别的晚期阶段出现。因此，阅读能力不仅影响听障大学生语音激活的强度，也影响语音激活的时间进程，阅读能力较低的听障大学生仅在词汇识别的晚期阶段才表现出语音激活。

4.3 口语经验和阅读能力对听障大学生阅读认知加工机制的影响

本研究结果表明，口语经验和阅读能力影响听障大学生句子阅读中的语音激活，反映出不同口语经验和不同阅读能力听障大学生的阅读认知加工机制可能有所不同。OHRH 组听障大学生阅读时语音表征的激活最强，阅读加工机制更符合听障者词汇识别中的双通道模型；而 OLRL 组听障大

学生阅读时语音表征的激活较弱, 阅读加工机制更符合听障者词汇识别中的交互激活模型。值得注意的是, 与 OLRL 组相比, OLRH 组听障大学生阅读时也能够激活稳定的语音表征, 符合听障者阅读词汇习得模型的观点。未来研究可以通过横断发展研究和纵向追踪研究等方式来考察口语经验较少的听障者从阅读初学者到熟练阅读者的阅读认知机制变化过程。

5 结论

口语经验和阅读能力影响听障大学生汉语阅读中的语音激活。控制阅读能力, 口语经验较多者语音激活更强; 控制口语经验, 阅读能力较高者语音激活更强。在时间进程上, OLRH 和 OLRH 组听障大学生在词汇识别早期就已激活语音信息, 并持续到句子整合阶段, OLRL 组听障大学生只在词汇识别晚期才激活语音信息。

参 考 文 献

- 程亚华, 伍新春. (2018). 小学一年级阅读流畅性对二、三年级阅读理解的预测. *心理发展与教育*, 34(3), 314–321.
- 兰泽波, 梁晓伟, 王正光, 姜琨, 孟珠, 闫国利. (2020). 听障大学生句子阅读中语音加工的眼动研究. *心理科学*, 43(4), 997–1003.
- 兰泽波, 林梅, 宋子明, 孟珠, 姜琨, 闫国利. (2022). 听障大学生阅读中的语音激活: 来自绕口令效应的证据. *心理科学*, 45(2), 491–497.
- 李丹, 胡克定, 陈国鹏, 金瑜, 李眉. (1988). 瑞文测验联合型 (CRT) 上海市区试测报告. *心理科学通讯*, (4), 29–33.
- 王克瑞, 杜丽华. (2012). *播音员主持人训练手册: 绕口令*. 北京: 中国广播电视出版社.
- 王志强, 王雁. (2016). 语音与字形在高频汉字识别中的作用——基于听障大学生与健听大学生的比较研究. *中国特殊教育*, (11), 26–31, 43.
- 闫国利, 兰泽波, 孟珠, 王影超, 王正光. (2019). 听障者语音编码的研究范式述评. *心理科学*, 42(2), 500–505.
- 闫国利, 宋子明, 刘璐, 孟珠. (2017). 绕口令效应对汉语阅读影响的眼动研究. *心理科学*, 40(2), 290–295.
- 管飞, 谭和平. (2005). 聋生汉字识别的同音判断与启动效应实验研究. *心理科学*, 28(5), 1089–1095.
- 张喜燕. (2014). *绕口令小辞典*. 北京: 商务印书馆国际有限公司.
- Bates, D., Kliegl, R., Vasishth, S., & Baayen, H. (2015). *Parsimonious mixed models*. Retrieved December 1, 2021, from arXiv:1506.04967v2
- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2014). Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1–48.
- Bélanger, N. N., Baum, S. R., & Mayberry, R. I. (2012). Reading difficulties in adult deaf readers of French: Phonological codes, not guilty! *Scientific Studies of Reading*, 16(3), 263–285.
- Bélanger, N. N., Mayberry, R. I., & Rayner, K. (2013). Orthographic and phonological preview benefits: Parafoveal processing in skilled and less-skilled deaf readers. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 66(11), 2237–2252.
- Blythe, H. I., Dickins, J. H., Kennedy, C. R., & Liversedge, S. P. (2018). Phonological processing during silent reading in teenagers who are deaf/hard of hearing: An eye movement investigation. *Developmental Science*, 21(5), e12643.
- Elliott, E. A., Braun, M., Kuhlmann, M., & Jacobs, A. M. (2012). A dual-route cascaded model of reading by deaf adults: Evidence for grapheme to viseme conversion. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 17(2), 227–243.
- Fariña, N., Duñabeitia, J. A., & Carreiras, M. (2017). Phonological and orthographic coding in deaf skilled readers. *Cognition*, 168, 27–33.
- Friesen, D. C., & Joanisse, M. F. (2012). Homophone effects in deaf readers: Evidence from lexical decision. *Reading and Writing*, 25(2), 375–388.
- Hanson, V. L., Goodell, E. W., & Perfetti, C. A. (1991). Tongue-twister effects in the silent reading of hearing and deaf college students. *Journal of Memory and Language*, 30(3), 319–330.
- Harris, M., & Moreno, C. (2006). Speech reading and learning to read: A comparison of 8-year-old profoundly deaf children with good and poor reading ability. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 11(2), 189–201.
- Harris, M., Terlektsi, E., & Kyle, F. E. (2017). Concurrent and longitudinal predictors of reading for deaf and hearing children in primary school. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 22(2), 233–242.
- Hermans, D., Knoors, H., Ormel, E., & Verhoeven, L. (2008). Modeling reading vocabulary learning in deaf children in bilingual education programs. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 13(2), 155–174.
- Kuznetsova, A., Brockhoff, P. B., & Christensen, R. H. B. (2017). lmerTest package: Tests in linear mixed effects models. *Journal of Statistical Software*, 82(13), 1–26.
- Kyle, F. E. (2015). Research methods in studying reading and literacy development in deaf children who sign. In E. Orfanidou, B. Woll, & G. Morgan (Eds.), *Research methods in sign language studies: A practical guide* (pp. 300–318). Chichester, United Kingdom: Wiley.
- Li, D. G., & Lin, K. (2020). DHH students' phoneme repetition awareness in sentence reading. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 25(4), 505–516.
- Li, P., Zhang, F., Yu, A. Y., & Zhao, X. W. (2020). Language History Questionnaire (LHQ3): An enhanced tool for assessing multilingual

- experience. *Bilingualism: Language and Cognition*, 23(5), 938–944.
- Marian, V., Blumenfeld, H. K., & Kaushanskaya, M. (2007). The Language Experience and Proficiency Questionnaire (LEAP-Q): Assessing language profiles in bilinguals and multilinguals. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 50(4), 940–967.
- McCutchen, D., & Perfetti, C. A. (1982). The visual tongue-twister effect: Phonological activation in silent reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 21(6), 672–687.
- Meteyard, L., & Davies, R. A. I. (2020). Best practice guidance for linear mixed-effects models in psychological science. *Journal of Memory and Language*, 112, 104092.
- Morey, R. D., Rouder, J. N., & Jamil, X. (2015). *BayesFactor: Computation of Bayes factors for common designs. Version 0.9.12*. Retrieved December 1, 2021, from <http://bayesfactorpcl.r-forge.r-project.org>
- Ormel, E., Hermans, D., Knoors, H., & Verhoeven, L. (2012). Cross-language effects in written word recognition: The case of bilingual deaf children. *Bilingualism: Language and Cognition*, 15(2), 288–303.
- Perfetti, C. A., & Sandak, R. (2000). Reading optimally builds on spoken language: Implications for deaf readers. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 5(1), 32–50.
- Thierfelder, P., Wigglesworth, G., & Tang, G. (2020). Orthographic and phonological activation in Hong Kong deaf readers: An eye-tracking study. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 73(12), 2217–2235.
- Transler, C., & Reitsma, P. (2005). Phonological coding in reading of deaf children: Pseudohomophone effects in lexical decision. *British Journal of Developmental Psychology*, 23(4), 525–542.
- Yan, G. L., Lan, Z. B., Meng, Z., Wang, Y. C., & Benson, V. (2021). Phonological coding during sentence reading in Chinese deaf readers: An eye-tracking study. *Scientific Studies of Reading*, 25(4), 287–303.
- Yao, P. P., Staub, A., & Li, X. S. (2022). Predictability eliminates neighborhood effects during Chinese sentence reading. *Psychonomic Bulletin & Review*, 29(2), 243–252.
- Zhang, S., & Perfetti, C. A. (1993). The tongue-twister effect in reading Chinese. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19(5), 1082–1093.
- Ziegler, J. C., Bertrand, D., Lété, B., & Grainger, J. (2014). Orthographic and phonological contributions to reading development: Tracking developmental trajectories using masked priming. *Developmental Psychology*, 50(4), 1026–1036.

Tongue Twister Effect of Chinese Reading in Deaf College Students: The Influence of Oral Experience and Reading Ability

LAN Zebo^{1,2}, SONG Ziming³, JIANG Kun⁴, YAN Guoli¹

(1 Key Research Base of Humanities and Social Sciences of the Ministry of Education, Academy of Psychology and Behavior, Faculty of Psychology, Tianjin Social Science Laboratory of Students' Mental Development and Learning, Tianjin Normal University, Tianjin 300387;

2 School of Health, Fujian Medical University, Fuzhou 350122; 3 School of Education Science, Ludong University, Yantai 264025;

4 Mental Health Education and Consultation Center, Tianjin University of Technology, Tianjin 300384)

Abstract

It is a hot issue in the field of deaf reading whether they activate phonological information in reading. This study used eye-tracking technology, and selected tongue twister sentences as materials to investigate the effects of oral experience and reading ability on phonological activation during Chinese sentence reading in deaf college students. The results showed that the tongue twister effects of the deaf students with more oral experience and higher reading ability (OHRH) were greater than that of the deaf students with less oral experience and higher reading ability (OLRH). The tongue twister effects of OLRH deaf students were greater than that of the deaf students with less oral experience and lower reading ability (OLRL). The local analyses of eye movement measures showed that the tongue twister effects of the OHRH and OLRH deaf students were observed in the early and late measures, while the tongue twister effects of the OLRL deaf students were only observed in the late measures. These results suggest that oral experience and reading ability affect phonological activation during sentence reading in deaf college students.

Key words deaf college students, tongue twister effects, phonological activation, oral experience, reading ability.