

词边界信息对发展性阅读障碍儿童朗读和默读影响的眼动研究*

白学军^{1,2} 张明哲^{1,2} 孟红霞³ 谭珂^{1,2} 王雯^{1,2}

(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 300074)

(2 国民心理健康评估与促进协同创新中心, 天津 300074) (3 天津外国语大学基础课教学部, 天津 300204)

摘要 以发展性阅读障碍儿童及其年龄和阅读能力相匹配的儿童为对象, 要求他们朗读或默读正常呈现或以词间空格形式呈现的文本, 采用眼动仪记录儿童的眼动轨迹, 目的是探讨词边界信息的引入对三组儿童朗读和默读的影响。结果发现, 相较于正常儿童, 阅读障碍儿童需要更多的总注视时间和总注视次数, 更短的平均眼跳距离; 与默读相比, 所有儿童在朗读方式下的阅读加工更困难; 相较于默读, 词边界信息更多促进了儿童的朗读。

关键词 词切分, 默读, 朗读, 发展性阅读障碍, 眼动。

分类号 B842.5

1 引言

发展性阅读障碍是指具有正常的智力、教育及社会文化机会, 没有明显的神经或器质上的损伤, 在阅读方面表现出特殊的学习困难状态(《中国精神障碍分类与诊断标准(第三版)》, *The Chinese classification and diagnostic criteria of mental disorders*, 3rd ed., CCMD-III; 中华医学会精神病学分会, 2001)。本研究中的阅读障碍儿童指的就是发展性阅读障碍儿童(以下简称阅读障碍儿童)。有研究发现, 相较于正常儿童, 拼音文字阅读障碍儿童需要更多的注视次数, 更长的注视时间, 更短的眼跳距离和更高的回视频率(Rayner, 2009); 汉语阅读障碍儿童的知觉广度和预视效应均小于正常儿童(熊建萍, 2014), 并且需要较长的注视时间和较短的眼跳距离(隋雪, 姜娜, 钱丽, 2010; 王敬欣, 杨洪艳, 田静, 2010)。

上述研究考查的都是阅读障碍儿童在默读方式下的阅读表现。作为人类最重要的认知活动之一, 阅读包含两种基本方式, 第一是默读(*silent reading*), 第二是朗读(*oral reading*)(Vorstius, Radach, & Lonigan, 2014)。朗读和默读存在如下差异:

第一, 两者的发展时间不同, 默读的发展慢于朗读, 并且两者在个体阅读发展的不同阶段所

起作用不同, 在儿童阶段朗读似乎更重要(Prior et al., 2011; Vorstius et al., 2014; 高敏, 徐迹嘉, 任桂琴, 隋雪, 2016)。第二, 朗读比默读多一个发音任务, 因此朗读需要更多的加工时间(Ashby, Yang, Evans, & Rayner, 2012)。第三, 朗读和默读在认知神经机制方面可能存在一定差异(高敏等, 2016; 臧传丽, 张慢慢, 岳音其, 白学军, 闫国利, 2013; Snellings, van der Leij, de Jong, & Blok, 2009; Vorstius et al., 2014; Wan, Hancock, Moon, & Gillam, 2018; Zhao, Kwok, Liu, Liu, & Huang, 2017)。有研究者认为, 朗读的主要目标不是理解文本内容, 而是读出每一个词汇, 默读的主要目标则是理解文本的意义(Snellings et al., 2009); 有研究使用功能性近红外光谱技术(*functional near infrared spectroscopy*, fNIRS)发现, 朗读时运动区域之间的网络连接更强, 默读时语言区域之间的网络连接更强(Wan et al., 2018); 在最初的视觉编码阶段两者可能就存在一定差异(Zhao et al., 2017); 有研究发现, 一、二年级儿童的重读时间在朗读条件下更长, 三、四、五年级儿童的重读时间在默读条件下更长(Vorstius et al., 2014); 国内研究者以成人为研究对象同样发现, 相较于默读, 朗读需要更多的注视次数和更长的注视时间(臧传丽等, 2013)。

收稿日期: 2018-5-18

* 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(81471629)、全国文化名家暨“四个一批”人才工程项目和天津市杰出津门学者计划。

通讯作者: 白学军, E-mail: bxuejun@126.com。

关于阅读障碍儿童的阅读研究,前人更多探讨的是阅读障碍儿童默读方式下的认知特征。关于阅读障碍儿童朗读方式下的研究数量和结果相对较少。然而,仍然有研究者试图去探讨阅读障碍儿童朗读过程的认知机制。其中, Pan, Laubrock 和 Yan (2016) 通过研究发现,与默读方式相比,朗读条件下阅读障碍儿童的注视时间更长、注视次数更多。

如何提高阅读障碍儿童的阅读效率,一直是研究者非常关注的焦点。有研究发现,阅读障碍儿童较低的阅读表现可能与视觉拥挤效应有关。视觉拥挤效应,即当一个物体被其他物体包围时,对该物体的识别会受到周围物体的影响(范真知, 方方, 陈娟, 2014; Whitney & Levi, 2011)。有研究发现,无论是汉字识别还是文本阅读,汉语阅读障碍儿童都存在一定的视觉拥挤效应,并且阅读障碍儿童的视觉拥挤效应均显著大于正常儿童(郭志英, 2016; 宋星, 2016; Martelli, Di Filippo, Spinelli, & Zoccolotti, 2009)。根据 Li, Rayner 和 Cave (2009) 的中文词切分和识别模型,中文读者阅读过程中需要同时完成词切分和词汇识别过程,两者没有先后之分。因此,相较于正常儿童,由于阅读障碍儿童的视觉拥挤效应更大,使得其更难从传统的中文文本呈现方式中获得词边界信息,进而影响其词切分过程,最终影响其词汇识别过程,导致其较低的阅读效率。

关于词边界信息在拼音文字(尤其是英文)中的作用已经得到了大量研究的证实(Rayner, 2009)。如果将词边界信息(词间空格)引入中文文本,一定程度上减弱拥挤效应,给儿童提供词边界信息,促进儿童的词切分过程,那么是否会提高阅读障碍儿童的阅读效率呢?有研究以中文初学者(小学生和留学生)为研究对象,考察词边界信息的引入对读者阅读表现的影响。结果发现,词边界信息的引入一定程度上促进了中文初学者的阅读效率(白学军等, 2012; Blythe et al., 2012)。此外,有研究还发现,词边界信息的引入对阅读障碍儿童的阅读表现也有一定的促进作用(李莎, 李琳, 王敬欣, McGowan, 2014)。然而,上述研究主要考察的是词边界信息对中文初学者和阅读障碍儿童默读行为的影响。如上所述,儿童阅读能力的发展需要从朗读逐渐过渡到默读,朗读在儿童阅读能力发展的初期起着至关重要的作用。因此,本研究将重点考察引入词边界信息,

一定程度上减弱拥挤效应后,对阅读障碍儿童朗读成绩的影响。如果一定程度上可以提高阅读障碍儿童的朗读效率,那么在从朗读过渡到默读时,是否也会对他们的默读效率产生一定的促进作用,进而从整体上提高阅读障碍儿童的阅读效率。

综上所述,在前人研究的基础上,本研究主要考察以下问题:即引入词边界信息(词间空格),一定程度上减弱拥挤效应、促进儿童的词切分过程后,对三组儿童,尤其是阅读障碍儿童朗读和默读成绩所产生的影响。有研究发现,阅读障碍儿童的视觉拥挤效应比正常儿童大,导致其阅读过程中的词切分存在一定困难,进而影响其阅读效率(郭志英, 2016);在中文文本中引入词边界信息,一定程度上可以促进正常读者的阅读(白学军等, 2012; Blythe et al., 2012)。基于上述研究和 Li 等人(2009)的中文词切分和识别模型的观点,我们假设,引入词边界信息后,相较于正常儿童,可能对阅读障碍儿童的阅读效率产生更大的促进作用。已有研究发现,相较于默读,阅读障碍儿童的朗读效率更低(Pan et al., 2016);引入词边界信息后,对汉语阅读障碍儿童的默读产生了一定的促进作用(李莎等, 2014)。基于上述研究,我们假设,相较于默读,词边界信息的引入对阅读障碍儿童的朗读可能产生更大的促进作用。

2 实验方法

2.1 被试

首先,选取天津市两所普通小学三年级学生478人和五年级学生374人,对他们进行小学生识字量测验(王孝玲, 陶保平, 1996)和联合型瑞文测验。阅读障碍儿童的入组标准为:智力正常,即智力百分等级高于同年级的25%;阅读水平落后,即识字量成绩低于同年级平均水平1.5个标准差。

根据上述两个测验的结果初步筛选出阅读障碍组候选人名单,然后与相应的语文教师和班主任进行沟通,确认选出的阅读障碍儿童没有明显的器质性病变、家庭问题和注意缺陷,近半年未服用过精神类药物等。最终,共筛选出13名五年级阅读障碍儿童(其中11名男生)。根据阅读障碍儿童的年龄和阅读水平,筛选出五年级年龄匹配组儿童(共13名,其中8名男生,以下简称年龄匹配组)和三年级阅读能力匹配组儿童(共14名,其中9名男生,以下简称能力匹配组)。三组儿童的识字量和年龄信息见表1。

表 1 三组儿童的识字量、智力测验分数和年龄信息

被试类型	识字量		智力测验分数		年龄 (月)	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
阅读障碍组	2187	205	52.1	6.0	127.4	6.3
年龄匹配组	2982	114	55.8	5.0	127.9	4.9
能力匹配组	2137	239	47.7	7.7	101	4.9

注: 对三组儿童的识字量成绩进行重复测量的方差分析, 结果发现, 被试类型主效应显著, $F(2, 37) = 77.67, p < 0.001$ 。年龄匹配组的识字量成绩高于阅读障碍组和能力匹配组, $p_s < 0.001$, 阅读障碍组和能力匹配组的识字量成绩差异不显著, $p > 0.05$ 。对三组儿童的智商分数进行方差分析, 结果发现, 被试类型主效应显著, $F(2, 37) = 5.39, p < 0.01$ 。其中, 阅读障碍组的智商分数与年龄匹配组和能力匹配组的差异均不显著, $p_s > 0.05$, 能力匹配组和年龄匹配组的智商分数存在显著差异, $p < 0.01$ 。

2.2 实验设计

本实验采用 3 (被试类型: 阅读障碍组、年龄匹配组和能力匹配组) \times 2 (词边界信息条件: 正常无空格和词间空格) \times 2 (阅读方式: 朗读和默读) 的混合实验设计。其中被试类型为被试间变量, 词边界信息条件和阅读方式为被试内变量。本实验中的空格为全角条件下的空格, 即占一个汉字的空间大小。

2.3 实验材料

根据前人的研究 (沈德立等, 2010) 初步编制 200 个句子, 采用以下步骤确定最终的实验句:

第一步, 邀请不参加正式实验的 12 名大学生对 200 个句子进行通顺性评定, “1” 代表非常不通顺, “7” 代表非常通顺。删除通顺性评定平均分低于 5 的 58 个句子。

第二步, 邀请 10 名小学语文教师和 12 名不参加正式实验的三年级学生对剩下的 142 个句子进行评定, 标记出三年级学生可能不认识的字、词以及理解有困难的句子, 删除有标记的句子 44 句。

第三步, 根据《现代汉语词典》(第六版, 2012) 进行词切分。邀请不参加正式实验的 12 名大学生对剩余的 98 个句子的词切分方式进行评定, 删除词切分一致性在 85% 以下的句子 18 句。最终 80 个句子的通顺性的平均分为 6.2, 词切分的一致性平均为 93%, 范围在 85.1% ~ 100% 之间。80 个句子中, 16 个句子为练习句。

实验材料设置了正常无空格、词间空格、字间空格和非词空格四种条件, 在实验条件间按照拉丁方顺序进行轮组后形成四组实验材料, 每个被试只阅读其中一组。每组包含 64 个句子, 每种词边界信息条件下各 16 个句子, 正常无空格和词间空格条件下的实验句举例见表 2。每组实验句分成两部分, 被试对每部分实验句分别进行朗读和默读, 阅读方式同样按照拉丁方顺序进行平衡。

表 2 不同词边界信息条件下的实验句

词边界信息条件	实验句
正常无空格	校长和许多孩子建立了深厚的友谊。
词间空格	校长和许多孩子建立了深厚的友谊。

另外, 根据实验句子的内容, 每组设置了 20 个阅读理解题, 要求被试做“是”、“否”的按键反应, “是”、“否”反应各占一半。

2.4 仪器

采用加拿大公司 SR-Research 生产的 Eyelink 2000 眼动仪记录被试阅读时的眼动轨迹。该眼动仪的采样率为 1000 HZ。采用眼动仪自带的 Experiment Bulider 软件对所有实验材料进行编程。句子在 19 英寸的 Dell 显示屏上呈现, 该显示屏的刷新率为 72 HZ, 分辨率为 1024 \times 768 像素。被试的眼睛与显示器之间的距离约为 67 cm。所有汉字都采用楷体字, 字体颜色为黑色, 背景为白色。每个汉字的大小为 21 \times 21 像素, 视角约为 0.61°。

2.5 实验程序

(1) 实验在被试所在学校一间安静的房间内, 单独施测。(2) 被试进入房间后, 熟悉环境, 然后坐在离显示屏约 67 cm 处, 告知被试实验过程中尽量保持头部不动。(3) 眼校准, 采用 9 点对被试的眼睛进行校准, 以保证被试眼动轨迹记录的精确性。(4) 呈现指导语: “下面将呈现一些句子, 每次只呈现一句。请你朗读 (或默读) 这些句子并尽可能理解句子的意思。有些句子后面会有一个阅读理解题, 请你根据句子的意思做出“是”或“否”的判断。每看完一句按翻页键继续, 按完翻页键后盯住屏幕中央左侧的黑色原点, 下一个句子就会出现”。(5) 练习阶段, 正式实验前让被试先进行练习, 以保证被试充分了解实验的程序和要求。(6) 练习阶段结束后进入正式实验, 整个实验大约需要 30 分钟。

2.6 数据分析和指标

用 SPSS16.0 对数据结果进行重复测量的方差分析, 并以被试 (F_1) 和项目 (F_2) 作为随机效应。基于以往的研究 (沈德立等, 2010), 本研究采用以下指标: (1) 总注视时间, 指落在句子上的所有注视点的持续时间总和。(2) 平均注视时间, 指位于句子上的所有注视点的持续时间的平均值。(3) 总注视次数, 指位于句子上所有注视点的总个数。(4) 平均眼跳距离, 句子上所有眼跳距离的平均值。(5) 向前眼跳次数, 句子上所有从左向右眼跳的总个数。(6) 回视眼跳次数, 句子上所有从右向左眼跳的总个数。

3 实验结果

阅读障碍组、能力匹配组和年龄匹配组被试阅读理解题的正确率分别为 83.4%、85.0% 和 90.0%, 表明被试认真阅读并理解了句子意思。对三组儿童的正确率进行方差分析发现, 三组儿童的正确率不存在显著差异, $F(2, 37) = 1.148$, $p > 0.05$ 。根据以下标准对数据进行筛选 (Bai, Yan, Liversedge, Zang, & Rayner, 2008): (1) 阅读过程中追踪丢失的句子, 主要由头动引起; (2) 单次注视时间小于 80 ms 或大于 1200 ms; (3) 注视点个数少于三个的句子; (4) 平均数大于或小于三个标准差。剔除数据占总数据的 3.92%。六个眼动指标的结果见表 3。

3.1 总注视时间

统计分析发现, 被试类型的主效应显著,

$F_1(2, 37) = 9.34$, $p_1 < 0.01$, $\eta^2 = 0.34$; $F_2(2, 189) = 13.67$, $p_2 < 0.001$, $\eta^2 = 0.13$ 。Tukey' HSD 检验表明, 年龄匹配组儿童的总注视时间显著短于阅读障碍组和能力匹配组 ($p_s < 0.01$), 表明相较于同年龄正常儿童, 阅读障碍儿童的阅读加工过程更困难, 需要更多的注视时间。词边界信息条件的主效应在被试分析中呈边缘显著状态, $F_1(1, 37) = 4.11$, $p_1 = 0.05$, $\eta^2 = 0.10$ 。阅读方式的主效应显著, $F_1(1, 37) = 91.63$, $p_1 < 0.001$, $\eta^2 = 0.71$; $F_2(1, 189) = 251.82$, $p_2 < 0.001$, $\eta^2 = 0.57$, 表明朗读方式下需要更长的总注视时间。具体见图 1(a)。

阅读方式和词边界信息条件的交互作用显著, $F_1(1, 37) = 4.78$, $p_1 < 0.05$, $\eta^2 = 0.11$, $F_2(1, 189) = 9.63$, $p_2 < 0.01$, $\eta^2 = 0.05$ 。进一步简单效应分析发现, 两种词边界信息条件下, 朗读均比默读需要更多的总注视时间, $p_s < 0.001$ 。而在两种阅读方式下, 词边界信息均不影响读者的阅读, $p_s > 0.05$, 与前人的研究结果一致 (沈德立等, 2010)。这可能是由于本实验中的词间空格条件下, 词与词之间的空格为一个汉字大小的空间, 可能对于小学生尤其是阅读障碍儿童来说空格太大, 因此使得词边界信息对阅读的促进作用减弱 (宋星, 2016)。其他交互作用均不显著, $F_s < 1.46$, $p_s > 0.05$ 。

3.2 平均注视时间

统计分析发现, 被试类型的主效应在项目分析中显著, $F_2(2, 188) = 6.90$, $p_2 < 0.01$, $\eta^2 = 0.07$ 。Tukey' HSD 检验表明, 相较于年龄匹配组和能力

表 3 三组被试在朗读和默读条件下阅读不同词边界信息文本的眼动特征

		总注视时间 (ms)	平均注视时间 (ms)	总注视次数	平均眼跳距离 (字)	向前眼跳次数	回视眼跳次数
朗读	正常无空格 DD	8677 (1907)	297 (40)	20.7 (4.5)	1.2 (0.3)	13.1 (2.4)	4.6 (2.3)
	CL	6668 (891)	326 (41)	16.5 (3.5)	1.4 (0.3)	11.1 (2.3)	3.3 (1.5)
	RL	8840 (1818)	314 (42)	20.4 (4.1)	1.3 (0.4)	12.8 (4.0)	4.9 (3.0)
词间空格	DD	8508 (1783)	273 (38)	21.7 (5.0)	1.7 (0.4)	14.6 (3.1)	4.8 (2.2)
	CL	6818 (1166)	296 (41)	17.8 (4.2)	1.9 (0.4)	12.4 (2.2)	3.7 (1.9)
	RL	8575 (1554)	282 (44)	21.7 (3.9)	1.8 (0.5)	14.1 (2.3)	4.8 (1.8)
正常无空格	DD	5421 (1067)	271 (34)	14.2 (5.3)	1.6 (0.6)	8.6 (2.8)	4.1 (3.0)
	CL	4552 (1450)	273 (41)	12.6 (3.9)	1.6 (0.6)	7.9 (2.4)	3.2 (1.4)
	RL	5850 (1614)	278 (32)	15.5 (4.3)	1.9 (0.5)	9.1 (2.1)	4.6 (2.2)
默读	DD	6421 (1767)	258 (34)	16.8 (6.4)	1.9 (0.6)	11.3 (4.0)	4.3 (2.8)
	CL	4651 (1534)	250 (32)	13.9 (3.8)	2.5 (0.6)	9.6 (2.7)	3.8 (2.0)
	RL	6416 (1366)	266 (31)	17.5 (4.6)	2.4 (0.6)	10.9 (2.4)	5.1 (2.3)

注: DD为阅读障碍组, CL为年龄匹配组, RL为能力匹配组

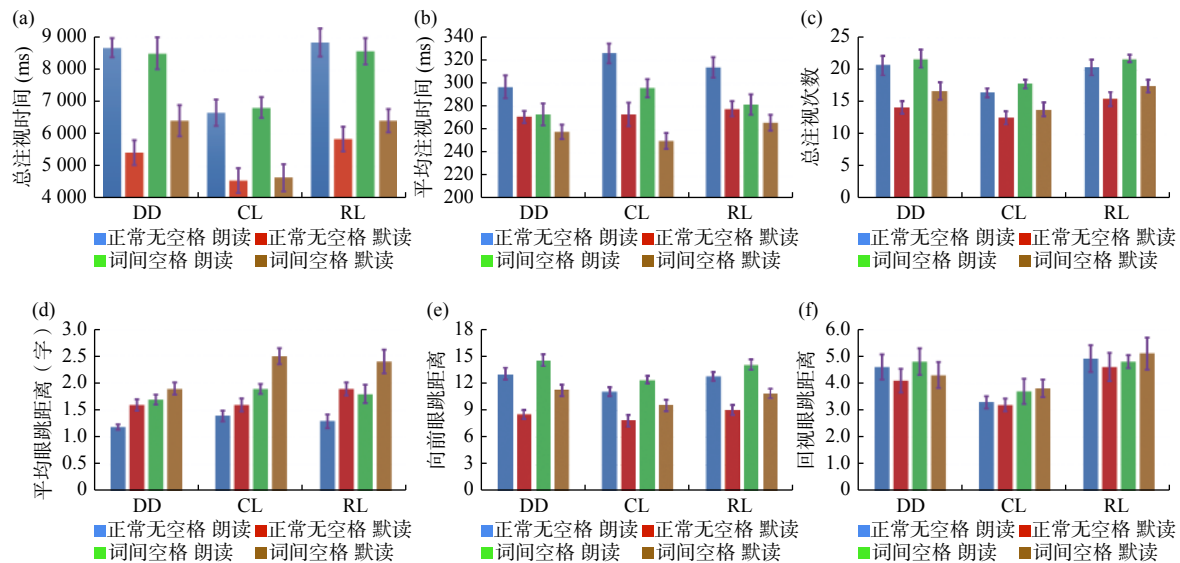


图 1 词边界信息对三组儿童朗读和默读成绩的影响

匹配组儿童，阅读障碍组儿童的平均注视时间更短， $p_s < 0.01$ 。词边界信息条件的主效应显著， $F_1(1, 37) = 94.79$, $p_1 < 0.001$, $\eta^2 = 0.72$; $F_2(1, 188) = 50.93$, $p_2 < 0.001$, $\eta^2 = 0.21$ 。阅读方式的主效应显著， $F_1(1, 37) = 103.71$, $p_1 < 0.001$, $\eta^2 = 0.74$; $F_2(1, 188) = 145.57$, $p_2 < 0.001$, $\eta^2 = 0.44$ ，与前人的研究结果一致（臧传丽等, 2013），表明相较于默读条件，朗读条件需要更长的平均注视时间。具体见图 1 (b)。

词边界信息条件和阅读方式的交互作用显著， $F_1(1, 37) = 12.88$, $p_1 < 0.01$, $\eta^2 = 0.26$; $F_2(1, 188) = 6.88$, $p_2 < 0.05$, $\eta^2 = 0.04$ 。被试类型、词边界信息条件和阅读方式的交互作用在被试分析中显著， $F_1(2, 37) = 3.35$, $p_1 < 0.05$, $\eta^2 = 0.15$ 。经过进一步简单效应检验发现，两种阅读方式下词间空格的平均注视时间更短， $p_s < 0.001$ ，表明词边界信息的引入减少了汉字之间的密度，减少了视觉拥挤效应，使得词间空格条件下的平均注视时间减少。但是朗读条件下的效应量（29 ms）大于默读条件（14 ms），表明相较于默读，词边界信息对朗读的促进作用更大。在两种词边界信息条件下，朗读方式下的平均注视时间均显著长于默读条件， $p_s < 0.001$ 。所有被试在出声朗读条件下的平均注视时间显著长于默读条件，所有被试在词间空格条件下的平均注视时间显著短于正常无空格条件。表明在平均注视时间指标上，三组儿童的眼动特征相似。其他因素的差异均不显著， $F_s < 0.53$, $p_s > 0.05$ 。其他因素的交互作用均不显著， $F_s < 2.43$, $p_s > 0.05$ 。

3.3 总注视次数

被试类型的主效应显著， $F_1(2, 37) = 5.61$, $p_1 < 0.01$, $\eta^2 = 0.23$; $F_2(2, 186) = 41.95$, $p_2 < 0.001$, $\eta^2 = 0.31$ 。Tukey' HSD 检验表明，年龄匹配组的总注视次数均少于阅读障碍组和能力匹配组， $p_s < 0.01$ 。结合总注视时间和平均注视时间两个指标发现，虽然阅读障碍组儿童的平均注视时间较短，但是总注视次数较多，因此使得在总注视时间指标上阅读障碍组显著长于年龄匹配组，表明阅读障碍组儿童更难理解这些实验句，与阅读理解题的正确率结果一致。词边界信息条件的主效应显著， $F_1(1, 37) = 22.67$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.38$; $F_2(1, 186) = 25.11$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.12$ 。与前人的研究结果一致（沈德立等, 2010），词间空格条件需要更多的注视次数。阅读方式的主效应显著， $F_1(1, 37) = 67.22$, $p_1 < 0.001$, $\eta^2 = 0.65$; $F_2(1, 186) = 195.08$, $p_2 < 0.001$, $\eta^2 = 0.51$ ，默读条件下的总注视次数少于朗读条件。结果表明，朗读条件的阅读加工更难。

阅读方式和词边界信息条件的交互作用在被试分析中显著， $F_1(1, 37) = 7.52$, $p_1 < 0.01$, $\eta^2 = 0.17$ 。经过进一步简单效应检验发现，默读方式下，与前人的研究结果一致（沈德立等, 2010），词空格条件下的总注视次数显著多于正常条件， $p < 0.05$ ；而在朗读方式下，两者之

间的差异不显著， $p > 0.05$ ，表明相较于默读，词边界信息对朗读的促进作用更大。其他交互作用均不显著， $F_s < 2.4$, $p_s > 0.05$ 。具体见图 1 (c)。

3.4 平均眼跳距离

被试类型的主效应显著， $F_1(2, 37) = 2.84$, $p_1 <$

0.071, $\eta^2=0.13$; $F_2(2, 188)=27.82$, $p_2<0.001$, $\eta^2=0.23$ 。Tukey' HSD 检验表明, 阅读障碍组儿童的平均眼跳距离均显著短于年龄匹配组和能力匹配组, $p_s<0.05$ 。结合总注视次数指标发现, 正是由于阅读障碍组儿童平均眼跳距离较短, 因此才需要较多的总注视次数。表明阅读障碍组儿童的眼跳策略相对来说比较谨慎和保守, 在阅读过程中存在一定困难。词边界信息条件的主效应显著, $F_1(1, 37)=135.48$, $p_1<0.001$, $\eta^2=0.79$; $F_2(1, 188)=235.79$, $p_2<0.001$, $\eta^2=0.56$ 。相较于正常无空格, 词间空格需要更长的平均眼跳距离, 可能是由于词间空格的引入增加了句子的长度, 使得被试的平均眼跳距离也变长。阅读方式的主效应显著, $F_1(1, 37)=95.79$, $p<0.001$, $\eta^2=0.72$; $F_2(1, 188)=156.00$, $p<0.001$, $\eta^2=0.45$, 朗读条件下的平均眼跳距离较短。具体见图1(d)。

被试类型、词边界信息条件和阅读方式的交互作用在被试分析中显著, $F_1(2, 37)=3.39$, $p<0.05$, $\eta^2=0.16$ 。经过进一步简单效应分析发现, 朗读和默读条件下, 词间空格的平均眼跳距离均显著长于正常无空格条件, $p_s<0.001$, 但是朗读条件下的效应量(0.58字)大于默读条件(0.42字), 表明词边界信息对儿童朗读的促进作用更大。默读条件下, 年龄匹配组儿童的平均眼跳距离显著长于阅读障碍组, $p<0.01$; 词间空格条件下亦有同样的发现, $p<0.01$, 表明相较于年龄匹配组儿童, 阅读障碍组儿童的眼跳策略不太灵活, 更不擅长利用不熟悉的词边界信息。其他交互作用均不显著, $F_s<2.49$, $p_s>0.05$ 。

3.5 向前眼跳次数

被试类型的主效应显著, $F_1(2, 37)=3.96$, $p_1<0.05$, $\eta^2=0.18$; $F_2(2, 189)=19.38$, $p_2<0.001$, $\eta^2=0.17$ 。Tukey' HSD 检验表明, 相较于年龄匹配组, 阅读障碍组和能力匹配组儿童需要较多的向前眼跳次数, $p_s<0.05$ 。结合平均眼跳距离的数据来看, 相较于年龄匹配组儿童, 阅读障碍组儿童的平均眼跳距离较短, 向前眼跳次数较多, 表明阅读障碍组儿童在阅读过程中的确存在一定困难。词边界信息条件的主效应显著, $F_1(1, 37)=107.64$, $p_1<0.001$, $\eta^2=0.74$; $F_2(1, 189)=76.53$, $p_2<0.001$, $\eta^2=0.29$ 。相较于正常无空格条件, 词间空格条件下需要更多的向前眼跳次数, 可能是由于词间空格的引入增加了句子的长度。阅读方式的主效应显著, $F_1(1, 37)=101.80$, $p_1<0.001$,

$\eta^2=0.73$; $F_2(1, 189)=331.18$, $p_2<0.001$, $\eta^2=0.64$, 默读条件下的向前注视次数少于朗读条件。所有交互作用均不显著, $F_s<2.72$, $p_s>0.05$ 。具体见图1(e)。

3.6 回视眼跳次数

被试类型的主效应显著, $F_1(2, 37)=3.26$, $p_1=0.05$, $\eta^2=0.15$; $F_2(2, 183)=25.89$, $p_2<0.001$, $\eta^2=0.22$ 。Tukey' HSD 检验表明, 回视眼跳次数从多到少的顺序为能力匹配组、阅读障碍组和年龄匹配组, 并且年龄匹配组的回视眼跳次数显著少于能力匹配组, $p<0.05$, 其他两者之间的差异不显著。词边界信息条件的主效应显著, $F_1(1, 37)=7.07$, $p_1<0.05$, $\eta^2=0.16$, $F_2(1, 183)=4.22$, $p_2<0.05$, $\eta^2=0.02$ 。表明词边界信息的引入增加了句子的长度, 而且儿童对这种呈现方式不太熟悉, 因此儿童在词间空格条件下有更多的回视眼跳次数。阅读方式的主效应不显著, $F_1(1, 37)=1.85$, $p_1>0.05$; $F_2(1, 183)=0.66$, $p_2>0.05$ 。所有交互作用均不显著, $F_s<1.45$, $p_s>0.05$ 。具体见图1(f)。

从以上数据分析可以看出, 相较于年龄匹配组儿童, 阅读障碍组儿童需要更多的总注视时间和总注视次数, 更短的平均眼跳距离; 与默读相比, 所有儿童在朗读方式下的阅读加工更困难; 词边界信息一定程度上促进了儿童的默读和朗读, 平均注视时间和平均眼跳距离两个指标还可能表明, 词边界信息的引入更多地促进了儿童的朗读。

4 讨论

本研究主要考察在传统中文文本中引入词边界信息(词间空格), 一定程度上减弱儿童的视觉拥挤效应后, 对三组儿童, 尤其是阅读障碍儿童的朗读和默读成绩所产生的影响, 为如何提高阅读障碍儿童的阅读效率提供一定的理论依据和实践意义。结果发现, 与前人的研究结果一致, 相较于正常儿童, 阅读障碍儿童的朗读和默读效率均较低; 词边界信息的引入一定程度上促进了儿童的默读和朗读成绩, 平均注视时间和平均眼跳距离两个指标的结果还可能表明, 词边界信息的引入更多地促进了儿童的朗读成绩。

4.1 阅读障碍儿童阅读时的眼动特征

首先, 本研究进一步验证了阅读障碍儿童阅读时的眼动特征。结果发现, 与前人的研究结果一致(隋雪等, 2010; 王敬欣等, 2010), 相较于年龄匹配组儿童, 阅读障碍组儿童在阅读过程中有

更长的总注视时间、更多的总注视次数和向前眼跳次数。然而,阅读障碍组儿童与能力匹配组儿童具有相似的眼动行为。表明阅读障碍组儿童在阅读过程中的确存在一定困难,这种困难可能更多地体现在语义整合阶段。

如上所述,朗读在儿童阅读能力发展的初期起着非常重要的作用。前人的研究更多探讨的是阅读障碍儿童在默读条件下的表现,本研究进一步探讨了阅读障碍儿童朗读条件下的表现。结果发现,无论是阅读障碍儿童、年龄匹配儿童还是能力匹配儿童,在两种阅读方式下存在相似的差异,即相较于默读方式,朗读方式下儿童的总注视时间和平均注视时间均更长、总注视次数和向前眼跳次数更多、平均眼跳距离更短。结果表明,相较于默读,儿童的朗读加工过程更困难。这与前人的研究结果基本一致(Pan et al., 2016; Vorstius et al., 2014; 臧传丽等, 2013)。本研究虽然未发现被试类型和阅读方式的交互作用,但是可以发现这样的趋势,例如在总注视次数指标上,阅读障碍儿童在朗读和默读方式下的差异量(6.5)要大于年龄匹配组儿童(3.9);在总注视时间指标上,同样存在相似的趋势(阅读障碍儿童和年龄匹配组儿童的差异量分别为3256和2116)。可能的原因是,阅读障碍儿童在声调的分类知觉和语音加工方面存在困难(高敏等, 2016),因此,使得阅读障碍儿童在朗读条件下的加工更困难。当然这还需要进一步的研究来验证。本文未发现显著的三因素交互作用,可能的原因是,词边界信息的引入一定程度上可以促进儿童的阅读过程,但是儿童不熟悉引入词边界信息后的文本呈现方式,抵消了词边界信息对儿童阅读的促进作用,最终反映在眼动指标上的结果是除了平均眼跳距离其他眼动指标均未发现显著的三因素交互作用。

4.2 词边界信息在阅读过程中的作用

关于词边界信息对儿童阅读,尤其是对阅读障碍儿童阅读过程的影响,李莎等人(2014)通过研究发现,相较于正常无空格,词间空格条件下阅读障碍儿童的总句子阅读时间和平均注视时间较短,表明词间空格的引入对阅读障碍儿童的阅读产生了一定的促进作用。李莎等人(2014)认为,可能是由于词间空格的引入减少了阅读障碍儿童的视觉拥挤效应,并且有助于阅读障碍儿童的词切分过程,从而加快了阅读障碍儿童的阅读

速度,提高了阅读障碍儿童的阅读效率。本研究发现,在总注视时间和总注视次数两个指标上,词间空格条件与正常无空格条件下不存在显著差异。然而,相较于正常无空格条件,儿童在词间空格条件下的平均注视时间较短,表明词边界信息的引入一定程度上促进了儿童的阅读。儿童的总注视时间之所以在两种文本呈现方式下不存在显著差异,是由于词间空格的引入,使得句子的水平分布增加,因此词间空格条件下儿童向前的眼跳次数增多,最终使得在总注视时间指标上,词间空格和正常无空格之间不存在显著差异。

与第一个研究假设不同,本研究未发现相较于正常儿童,词边界信息的引入对阅读障碍儿童的促进作用更大。可能的原因是:第一,本研究中的词间空格条件,词与词之间的空格为一个汉字大小的空间,这种词间空格使得与正常无空格条件相比,句子的水平分布变大,这对于小学生尤其是阅读障碍儿童来说空格可能太大,因此使得词边界信息对阅读的促进作用减弱。有研究通过操纵字间距来考察不同程度的视觉拥挤效应对汉语发展性阅读障碍儿童的影响,结果发现,1字间距条件下阅读障碍儿童的注视次数、眼跳次数和回视次数最多(宋星, 2016)。如果引入的词间空格为半个汉字大小,是否就会发现词边界信息的引入对阅读障碍儿童阅读的促进作用更大呢,当然这需要更进一步的研究。第二,选取被试时,由于本研究的重点考察对象为阅读障碍儿童,因此对阅读障碍儿童与年龄匹配组和能力匹配组儿童的智商测验分数进行了严格的匹配,然而年龄匹配组和能力匹配组儿童由于相差两个年级而导致智商测验分数上的差异,这种差异可能导致词边界信息的引入对三组儿童的阅读产生了相似的影响。当然这还需要进一步的研究。

本研究的一个重要发现,即词边界信息的引入可能更多地促进了儿童的朗读。可能的原因是朗读和默读的基本认知加工过程不同。朗读的主要目标是读出文本中的每一个词汇,文本内容的理解成为了次要目标,而默读的主要目标则是理解文本的意义(Snellings et al., 2009)。最近有研究发现,视觉快速同时性加工在中文默读过程中的作用比在朗读过程中更重要,默读和朗读可能在最开始的视觉编码阶段就存在差异(Zhao et al., 2017)。朗读时,读者既需要读出每个字的读音又需要同时完成词切分以理解句子的意思,这无疑

给读者造成了额外的认知负担,尤其对于阅读经验较少的小学生而言。词间空格的引入有助于减少朗读时的认知负荷,使被试完成词切分过程相对更加容易,因此词间空格对三组儿童的阅读都产生了一定的促进作用。值得注意的是,一些研究者认为除了朗读时需要额外的发音外,默读和朗读的认知加工过程相同(Ashby et al., 2012)。本研究的结果表明,除了向后回视次数这一指标不存在差异外,其余眼动指标在默读和朗读都存在差异,这在一定程度上说明默读和朗读这两种基本的阅读方式涉及的认知加工过程可能存在差异。关于这一点,还需要进一步研究来探究。

相较于拼音文字,关于中文的眼动控制模型比较少,而且处在发展的初期。其中,比较有代表性的是Li等人(2009)提出的中文词切分和词汇识别模型。该模型认为,中文读者阅读过程中需要同时完成两个过程,即词切分和词汇识别过程。词切分和词汇识别过程是同时进行的,没有先后之分。相较于正常儿童来说,阅读障碍儿童在阅读正常中文文本时的视觉拥挤效应更大,导致其在词切分时存在很大困难,进而影响了阅读障碍儿童的阅读效率。当在中文文本中引入词边界信息(词间空格)后,有利于读者的词切分过程,尤其是对于阅读水平不高的阅读障碍儿童来说,因此一定程度上可以促进他们的汉字识别和词汇识别过程,进而提高他们的阅读效率。本研究发现,词边界信息的引入对阅读障碍儿童的朗读和默读均产生了一定的促进作用,并且对朗读的促进作用更大,因此本研究结果一定程度上支持了中文词切分和识别模型,为该模型提供了更多的实验证据和数据支持,也有利于扩展该模型,为更进一步地完善中文的眼动控制模型提供实证数据。同时,由于阅读障碍儿童的眼动模式与正常儿童存在不同,因此,根据本研究结果与中文词切分和识别模型,在儿童阅读能力的发展过程中,尤其是在小学低年级阶段,可以考虑在语文教学过程中和小学语文教材中引入一定的词边界信息,从而提高教师的教学效率和学生的学习效率,尤其是阅读障碍儿童的阅读效率。

5 结论

在本研究条件下,可得出如下结论:(1)相较于默读,儿童的朗读过程需要更多的注视时间和注视次数,表明朗读加工过程更困难;(2)相

较于默读,词边界信息的引入更多促进了儿童的朗读过程;(3)引入词边界信息一定程度上可以提高阅读障碍儿童的阅读效率。

参 考 文 献

- 白学军,梁菲菲,闫国利,田瑾,臧传丽,孟红霞.(2012).词边界信息在中文阅读眼跳目标选择中的作用:自中文二语学习者的证据.《心理学报》,44(7),853-867.
- 范真知,方方,陈娟.(2014).视觉拥挤效应的神经机制.《中国科学:生命科学》,44(5),450-462.
- 高敏,徐迺嘉,任桂琴,隋雪.(2016).出声阅读和默读之间的差异.《心理学进展》,24(1),21-30.
- 郭志英.(2016).汉语发展性阅读障碍儿童视觉拥挤效应的研究(博士学位论文).天津师范大学.
- 李莎,李琳,王敬欣,McGowan, V. A. (2014).空格对汉语发展性阅读障碍儿童的影响.第17届全国心理学学术会议论文集,北京.
- 沈德立,白学军,臧传丽,闫国利,冯本才,范晓红.(2010).词切分对初学者句子阅读影响的眼动研究.《心理学报》,42(2),159-172.
- 宋星.(2016).字号和字间距对发展性阅读障碍儿童句子阅读的影响(硕士学位论文).天津师范大学.
- 隋雪,姜娜,钱丽.(2010).汉语发展性阅读障碍儿童词汇阅读的眼动研究.《中国特殊教育》,(3),63-67, doi: 10.3969/j.issn.1007-3728.2010.03.014.
- 王敬欣,杨洪艳,田静.(2010).发展性阅读障碍儿童语篇阅读中的笔画数效应.《中国特殊教育》,(5),36-40, doi: 10.3969/j.issn.1007-3728.2010.05.008.
- 王孝玲,陶保平.(1996).小学生识字量测试题库及评价量表.上海:上海教育出版社.
- 熊建萍.(2014).汉语发展性阅读障碍儿童的眼动研究(博士学位论文).天津师范大学.
- 中华医学会精神病学分会.(2001).CCMD-3 中国精神障碍分类与诊断标准(3版).济南:山东科学技术出版社.
- 臧传丽,张慢慢,岳音其,白学军,闫国利.(2013).副中央凹信息量对中文朗读和默读的调节作用.《心理与行为研究》,11(4),444-450, doi: 10.3969/j.issn.1672-0628.2013.04.003.
- Ashby, J., Yang, J. M., Evans, K. H. C., & Rayner, K. (2012). Eye movements and the perceptual span in silent and oral reading. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 74(4), 634-640.
- Bai, X. J., Yan, G. L., Livingsedge, S. P., Zang, C. L., & Rayner, K. (2008). Reading spaced and unspaced Chinese text: Evidence from eye movements. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 34(5), 1277-1287, doi: 10.1037/0096-1523.34.5.1277.
- Blythe, H. I., Liang, F. F., Zang, C. L., Wang, J. X., Yan, G. L., Bai, X. J.,

- & Liversedge, S. P. (2012). Inserting spaces into Chinese text helps readers to learn new words: An eye movement study. *Journal of Memory and Language*, 67(2), 241–254, doi: [10.1016/j.jml.2012.05.004](https://doi.org/10.1016/j.jml.2012.05.004).
- Li, X.S., Rayner, K., & Cave, K. (2009). On the segmentation of Chinese words during reading. *Cognitive Psychology*, 58, 525–552, doi: [10.1016/j.cogpsych.2009.02.003](https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2009.02.003).
- Martelli, M., Di Filippo, G., Spinelli, D., & Zoccolotti, P. (2009). Crowding, reading, and developmental dyslexia. *Journal of Vision*, 9(4), 14, doi: [10.1167/9.4.14](https://doi.org/10.1167/9.4.14).
- Pan, J., Laubrock, J., & Yan, M. (2016). Parafoveal processing in silent and oral reading: Reading mode influences the relative weighting of phonological and semantic information in Chinese. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 42(8), 1257–1273, doi: [10.1037/xlm0000242](https://doi.org/10.1037/xlm0000242).
- Prior, S. M., Fenwick, K. D., Saunders, K. S., Ouellette, R., O'Quinn, C., & Harvey, S. (2011). Comprehension after oral and silent reading: Does grade level matter? *Literacy Research and Instruction*, 50(3), 183–194, doi: [10.1080/19388071.2010.497202](https://doi.org/10.1080/19388071.2010.497202).
- Rayner, K. (2009). The 35th sir Frederick Bartlett lecture: Eye movements and attention in reading, scene perception, and visual search. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 62(8), 1457–1506, doi: [10.1080/17470210902816461](https://doi.org/10.1080/17470210902816461).
- Snellings, P., van der Leij, A., de Jong, P. F., & Blok, H. (2009). Enhancing the reading fluency and comprehension of children with reading disabilities in an orthographically transparent language. *Journal of Learning Disabilities*, 42(4), 291–305, doi: [10.1177/0022219408331038](https://doi.org/10.1177/0022219408331038).
- Vorstius, C., Radach, R., & Lonigan, C. J. (2014). Eye movements in developing readers: A comparison of silent and oral sentence reading. *Visual Cognition*, 22(3-4), 458–485, doi: [10.1080/13506285.2014.881445](https://doi.org/10.1080/13506285.2014.881445).
- Wan, N., Hancock, A. S., Moon, T. K., & Gillam, R. B. (2018). A functional near-infrared spectroscopic investigation of speech production during reading. *Human Brain Mapping*, 39(3), 1428–1437, doi: [10.1002/hbm.23932](https://doi.org/10.1002/hbm.23932).
- Whitney, D., & Levi, D. M. (2011). Visual crowding: A fundamental limit on conscious perception and object recognition. *Trends in Cognitive Sciences*, 15(4), 160–168, doi: [10.1016/j.tics.2011.02.005](https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.02.005).
- Zhao, J., Kwok, R. K. W., Liu, M. L., Liu, H. L., & Huang, C. (2017). Underlying skills of oral and silent reading fluency in Chinese: Perspective of visual rapid processing. *Frontiers in Psychology*, 7, 2082.

The Effects of Word Segmentation on Chinese Developmental Dyslexia: A comparison in Oral and Silent Sentence Reading

BAI Xuejun^{1,2}, ZHANG Mingzhe^{1,2}, MENG Hongxia³, TAN Ke^{1,2}, WANG Wen^{1,2}

(1 Academy of Psychology and Behavior, Tianjin Normal University, Tianjin 300074, China; 2 Center for Cooperative Innovation in Mental Health Assessment and Promotion, Tianjin 300074, China; 3 Faculty of Fundamental Courses, Tianjin Foreign Studies University, Tianjin 300204, China)

Abstract

In this study, selecting dyslexic children in 5th grade with their corresponding reading level-matched group and age-matched group as subjects, the effects of word segmentation on silent reading and oral reading were discussed. Eye movement was recorded when they read sentences using Eyelink 2000. The results indicated that total fixation duration was shorter, and total number of fixations and number of forward fixations were less for age-matched group than dyslexic group. Children had more difficulties when they read loudly than read silently. Word segmentation had facilitating effect on oral reading.

Key words word segmentation, silent reading, oral reading, developmental dyslexia, eye movement.