

汉语阅读障碍儿童的发育性眼动评估

王海英 邢秀丽 王立书 陈丽萍 王彦君

天津职业大学眼视光工程学院 300410

通信作者:王海英, Email:152989251@qq.com

【摘要】目的 分析汉语发展性阅读障碍儿童发育性眼动 (DEM) 测试结果及其与识字量的关系。**方法** 采用横断面研究设计, 纳入 2019 年 9—12 月天津 10 所小学的 5 年级学生 1 243 人, 其中男 664 人, 女 579 人; 平均年龄 (10.68±0.53) 岁。对所有受检者进行中文识字量和智力测验, 将识字量在平均值以下的 85 名阅读障碍儿童作为试验组, 选取同期 54 名阅读能力正常的儿童作为对照组。2 个组儿童进行 DEM 测试, 分别测试纵向时间、横向校对时间、横纵时间比和错误总数。比较不同性别检出率、2 个组组内不同性别儿童及 2 个组间 DEM 测试各检测指标的差异, 分析 2 个组儿童的识字量与纵向时间、横向校对时间、横纵时间比和错误总数的相关性。**结果** 阅读障碍儿童的总检出率为 6.83% (85/1 243), 其中男生检出率为 9.33% (62/664), 高于女生的 3.97% (23/579), 差异有统计学意义 ($\chi^2 = 13.974, P < 0.001$)。对照组不同性别儿童年龄、识字量、纵向时间、横向校对时间和横纵时间比的比较差异均无统计学意义 (均 $P > 0.05$)。试验组女生识字量多于男生, 差异有统计学意义 ($t = -2.259, P = 0.027$), 不同性别间年龄、纵向时间、横向校对时间和横纵时间比的比较差异均无统计学意义 (均 $P > 0.05$)。试验组纵向时间和横向校对时间均长于对照组, 差异均有统计学意义 ($t = -4.848, -4.297$, 均 $P < 0.001$)。2 个组横纵时间比的比较差异无统计学意义 ($t = 0.126, P = 0.900$)。试验组错误总数为 0 (0, 1) 个, 多于对照组的 0 (0, 0) 个, 差异有统计学意义 ($H = 1.979, P = 0.001$)。2 个组儿童的识字量与纵向时间、横向校对时间和错误总数均呈负相关 ($r = -0.397, P < 0.001; r = -0.355, P < 0.001; r_s = -0.180, P = 0.034$), 与横纵时间比无明显相关性 ($r = 0.038, P = 0.656$)。**结论** 汉语发展性阅读障碍儿童较正常儿童的 DEM 测试得分偏高, 不同性别间各 DEM 测试值无明显差异。识字量得分与 DEM 测试值存在相关性。

【关键词】 阅读障碍; 儿童; 语言测试; 识字量; 发育性眼动测试; 检出率; 中文

基金项目: 天津市自然科学基金项目 (18JCYBJC25800); 天津市科技计划项目-科学技术普及活动项目 (20KPHDRC00010)

DOI:10.3760/cma.j.cn115989-20201011-00685

Developmental eye movement assessment in Chinese children with developmental dyslexia

Wang Haiying, Xing Xiuli, Wang Lishu, Chen Liping, Wang Yanjun

School of Optometry, Tianjin Vocational Institute, Tianjin 300410, China

Corresponding author: Wang Haiying, Email:152989251@qq.com

【Abstract】Objective To analyze the relationship between the developmental eye movement (DEM) test results and the vocabulary size in Chinese children with developmental dyslexia. **Methods** A cross-sectional study was conducted. A total of 1 243 fifth grade students from 10 primary schools were enrolled from September to December 2019 in Tianjin, among which there were 664 males and 579 females, with the average age of (10.68±0.53) years old. The Chinese vocabulary test and intelligence test were carried out. Eighty-five dyslexic children with subaverage vocabulary size were selected as the experimental group and 54 normal children were selected as the control group. The DEM test was conducted in the two groups, and the vertical time, the horizontal adjustment time, the ratio of horizontal to vertical time and the total number of errors were recorded and analyzed. The differences in positive rate of dyslexia, various DEM test indicators between different genders and different groups were analyzed. The correlations between vocabulary size and vertical time, horizontal adjustment time, the ratio of horizontal to vertical time and the total number of errors were analyzed. This study protocol adhered to the Declaration of Helsinki and was approved by an Ethics Committee of School of Optometry, Tianjin Vocational Institute (No. ysgxyl001). Written informed consent was obtained from the guardian of each subject. **Results** The total positive rate of dyslexia was 6.83% (85/1 243), and the positive rate of 9.33% (62/664) in boys was higher than 3.97% (23/579) in girls, with a significant difference between them ($\chi^2 = 13.974, P < 0.001$). There were no statistically significant differences in age, vocabulary size, vertical time, horizontal adjustment time, and the ratio of horizontal to vertical time between different genders in the control group (all at $P > 0.05$). The vocabulary size of girls in the experimental group was

larger than that of boys, showing a statistically significant difference ($t = -2.259, P = 0.027$). There was no significant difference in age, vertical time, horizontal adjustment time, and the ratio of horizontal to vertical time (all at $P > 0.05$). The vertical time and horizontal adjustment time of the experimental group were longer than those of the control group, and the differences were statistically significant ($t = -4.848, -4.297$; both at $P < 0.001$). There was no statistically significant difference in the ratio of horizontal to vertical time between the two groups ($t = 0.126, P = 0.900$). The total number of errors was 0(0,1) in the experimental group, which was higher than the control group 0(0,0), with a significant difference between them ($H = 1.979, P = 0.001$). The vocabulary size of students in the two groups was negatively correlated with the vertical time, horizontal adjustment time and the total number of errors ($r = -0.397, P < 0.001; r = -0.355, P < 0.001; r_s = -0.180, P = 0.034$), and was not obviously correlated with the ratio of horizontal to vertical time ($r = 0.038, P = 0.656$). **Conclusions** The DEM test scores of Chinese children with developmental dyslexia are higher than those of normal children, and there is no difference between different genders. The lower the scores of vocabulary size test, the higher the scores of DEM test.

[Key words] Dyslexia; Child; Language test; Vocabulary size; Developmental eye movement test; Detection rate; Chinese

Fund program: Tianjin Natural Science Foundation (18JCYBJC25800); Tianjin Science and Technology Planning Project-Science and Technology Popularization Project (20KPHDRC00010)

DOI:10.3760/cma.j.cn115989-20201011-00685

阅读障碍又称读写困难,一般分为获得性阅读障碍和发展性阅读障碍。获得性阅读障碍是个体由于后天脑损伤造成的。发展性阅读障碍常见于学龄期儿童,个体不存在可见的脑损伤、精神障碍和视力低下,具有中等或以上的智力水平,在享有与同龄人同等、充分的教育条件下,表现出与同龄人及自身其他能力不匹配的阅读能力低下,其发病机制尚不清楚。眼球运动是阅读中眼球的一项复杂活动,通过检查眼球运动可以了解阅读过程中的视觉加工过程。已有研究证明,眼球运动异常与阅读障碍有相关性^[1]。阅读障碍儿童与正常儿童之间的眼球运动存在差异,阅读障碍儿童在阅读时会出现注视时间延长,扫视和回视现象增多^[2]。眼动异常可表现为眼跳潜伏期长、注视时间长、眼跳幅度小、注视次数和眼跳次数多等^[3]。阅读能力不同的群体在阅读中表现的眼动模式也不同。发育性眼动(developmental eye movement, DEM)测试是评估眼动的一种方式,虽然 DEM 测试没有提供注视时间、回视次数等眼球运动的直接参数,但是能够评价眼球运动中的注视和眼跳功能,评估与学习有关的视觉问题。既往研究表明,语言习惯、文化和教育环境对 DEM 测试值有影响,早期有研究针对英语为母语的儿童进行 DEM 测试,提出了 6~13 岁儿童英语阅读的 DEM 标准值^[4]。有研究针对西班牙儿童进行 DEM 测试,发现结果与美国儿童相似^[5]。也有针对葡萄牙儿童的 DEM 测试研究,发现不同年龄段横向和纵向时间均小于美国儿童^[6]。对中国香港讲粤语儿童的研究发现,讲粤语儿童的纵向时间、横向时间、横纵时间比和错误总数均小于美国儿童和西班牙儿童^[7]。DEM 测试值不仅与母语有关,还与年龄相关,随着年龄的增

长,眼球运动功能逐渐发育成熟,阅读速度变快,DEM 测试值随之下降^[6,8]。本研究拟对天津 10 所小学的 5 年级学生进行阅读障碍筛查,分析阅读障碍儿童 DEM 测试各项指标的变化与识字量的关系。

1 资料与方法

1.1 一般资料

采用横断面研究设计,纳入 2019 年 9—12 月天津 10 所小学入校检查的 5 年级学生 1 243 人,其中男 664 人,女 579 人;年龄 9.08~12.25 岁,平均(10.68±0.53)岁,将识字量在平均值以下的 85 名阅读障碍儿童作为试验组。试验组纳入标准:(1)主视眼视力≥4.8;(2)识字量小于本学校学生的平均识字量 1 个标准差;(3)智商值>90。选取同期阅读能力正常的 54 名儿童为对照组。对照组纳入标准:(1)习惯用眼视力≥4.8;(2)识字量在平均值以上;(3)智商值>90。2 个组排除标准:(1)有任何眼部疾病或眼部器质性病变者;(2)既往有视觉训练史者;(3)有注意缺陷多动障碍者;(4)有眼部或头部手术史者。试验组男 62 例,女 23 例,年龄(10.68±0.53)岁,对照组男 37 例,女 17 例,年龄(10.65±0.40)岁,2 个组性别构成比和年龄比较,差异均无统计学意义($t = -4.000, P = 0.690; \chi^2 = 0.315, P = 0.570$)。本研究遵循《赫尔辛基宣言》,符合国家卫健委 2016 年颁布的《涉及人体的医学科学技术研究管理办法》和 2019 年颁布的《涉及人的临床研究伦理审查委员会建设指南》,研究方案经天津职业大学眼视光工程学院伦理委员会批准(批文号:ysgxyll001)。所有受检者监护人均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 中文识字量检测 参照文献[9]的方法,采用《小学生汉字识字量测试》进行中文识字量检测,选取 10 组汉字,每组汉字 6~33 个,每组个数不等且难度依次增加。检测时要求被检者按照前后顺序依次对每个汉字进行组词。检测在教室进行,每个桌安排 1 名学生,检查者来回巡视,确保学生独立完成作答,检测时间为 50 min。检测结束后判卷,每个汉字组词正确得 1 分。每组的总分乘以每组难度系数获得每组得分,各组得分相加后,再与基础分相加,得到该被检者的识字量总分。5 年级学生的基础分值为 1 305。

1.2.2 瑞文智力测试 采用《联合瑞文推理测验修订版》进行测试,测试内容均为图形,测试题目共 6 组,每组 12 题,共计 72 题;被检者需按照顺序作答,答对 1 题得 1 分,将得分按照《5~16 岁儿童常模分数换算表》换算,得到被检者的智商值。此项检查在中文识字量检查后休息 15 min 进行,测试时长为 40 min。

1.2.3 DEM 测试 所有参与本试验的检查者均经过统一的标准化培训。针对筛选出来的试验组和对照组同学进行 DEM 测试,测试在一个安静的教室进行,包括 1 个预测验卡片和 3 个检查卡片,被检者通过预测验后,才能进行 A、B、C 3 个卡片的测验,A 卡和 B 卡是 2 列纵向排列的数字,C 卡是横向排列的数字。A 卡和 B 卡要求被检者按照垂直方向依次大声朗读数字,C 卡要求被检者按照水平方向依次大声朗读数字,检查者按照实际情况记录纵向时间(读 A 卡和 B 卡所用的时间总和)、横向时间(读 C 卡所用时间)和错误个数及类型。被检者可能犯的错误的类型包括读数错误、遗漏错误、增加错误和换位错误,因为遗漏错误和增加错误会影响读数时间,如果同时出现以上 2 种类型的错误,需要依据公式进行时间调整,错误总数为所有错误个数之和。横向校对时间=横向原始时间×80/(80-遗漏错误个数+增加错误个数);横纵时间比=横向时间/纵向时间。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 20.0 统计学软件进行统计分析。计量资料数据经 Shapiro-Wilk 检验,满足正态分布者以 mean±SD 表示,不满足正态分布者以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示。试验组和对照组性别构成比的比较以及试验组内不同性别间阅读障碍检

出率的比较均采用 χ^2 检验。试验组与对照组的年龄、纵向时间、横向校对时间、横纵时间比及 2 个组内不同性别受检者的年龄、识字量、纵向时间、横向校对时间、横纵时间比差异比较均采用独立样本 t 检验,错误总数比较采用 Kruskal-Wallis 检验。识字量与纵向时间、横向校对时间、横纵时间比相关性分析采用 Pearson 相关分析,与错误总数相关性分析采用 Spearman 相关分析。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 不同性别儿童检出率比较

发展性阅读障碍的总检出率为 6.83% (85/1 243),其中男生检出率为 9.33% (62/664),高于女生的 3.97% (23/579),差异有统计学意义 ($\chi^2 = 13.974, P<0.001$)。

2.2 不同性别儿童年龄、识字量和 DEM 测试值比较

对照组不同性别儿童年龄、识字量、纵向时间、横向校对时间、横纵时间比和错误总数比较差异均无统计学意义(均 $P>0.05$) (表 1)。试验组女生识字量多于男生,差异有统计学意义 ($t = -2.259, P = 0.027$),不同性别儿童年龄和各 DEM 测试值比较差异均无统计学意义(均 $P>0.05$) (表 2)。

2.3 试验组与对照组 DEM 测试各指标比较

试验组纵向时间、横向校对时间均长于对照组,差异均有统计学意义 ($t = -4.848, -4.297$, 均 $P<0.001$), 2 个组横纵时间比的比较差异无统计学意义 ($t = 0.126, P = 0.900$) (表 3)。试验组错误总数为 0(0, 1) 个,多于对照组的 0(0, 0) 个,差异有统计学意义 ($H = 1.979, P = 0.001$)。

2.4 2 个组儿童识字量与 DEM 测试值的相关性

2 个组儿童识字量与纵向时间、横向校对时间和错误总数均呈负相关 ($r = -0.397, P<0.001; r = -0.355, P<0.001; r_s = -0.180, P = 0.034$) (图 1),识字量与横纵时间比无明显相关性 ($r = 0.038, P = 0.656$)。

表 1 对照组不同性别儿童年龄、识字量和 DEM 各测试值比较 (mean±SD)
Table 1 Comparison of age, vocabulary size and DEM test values of children between different genders in the control group (mean±SD)

| 性别 | 例数 | 年龄(个月) | 识字量(个) | 纵向时间(s) | 横向校对时间(s) | 横纵时间比 |
|-------|----|-------------|-----------------|------------|------------|-----------|
| 男 | 37 | 128.35±4.87 | 2 981.91±162.50 | 31.52±5.95 | 34.46±6.52 | 1.10±0.18 |
| 女 | 17 | 126.59±4.60 | 2 987.85±166.01 | 33.09±4.61 | 35.76±4.81 | 1.09±0.10 |
| t 值 | | 1.258 | -0.124 | -0.962 | -0.735 | 0.418 |
| P 值 | | 0.214 | 0.902 | 0.341 | 0.466 | 0.678 |

注:(独立样本 t 检验) DEM:发育性眼动
Note:(Independent samples t -test) DEM:developmental eye movement

表 2 试验组不同性别儿童年龄、识字量和 DEM 各测试值比较
Table 1 Comparison of age, vocabulary size and DEM test values of children between different genders in the experimental group

| 性别 | 例数 | 年龄 ^a (mean±SD, 个月) | 识字量 ^a (mean±SD, 个) | 纵向时间 ^a (mean±SD, s) | 横向校对时间 ^a (mean±SD, s) | 横纵时间比 ^a (mean±SD) | 错误总数 ^b [M(Q ₁ , Q ₃), 个] |
|-------|----|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|--|
| 男 | 62 | 129.02±6.64 | 2 179.41±257.52 | 36.86±6.46 | 39.24±7.81 | 1.08±0.14 | 0 (0, 1) |
| 女 | 23 | 126.00±5.00 | 2 310.79±174.00 | 37.81±6.04 | 42.39±6.25 | 1.12±1.44 | 1 (0, 2) |
| t/H 值 | | 1.978 | -2.259 | -0.613 | -1.737 | -1.066 | 1.979 |
| P 值 | | 0.510 | 0.027 | 0.541 | 0.086 | 0.290 | 0.127 |

注: (a: 独立样本 t 检验; b: Kruskal-Wallis 检验) DEM: 发育性眼动
Note: (a: Independent samples t-test; b: Kruskal-Wallis test) DEM: developmental eye movement

表 3 试验组与对照组 DEM 各测试值比较 (mean±SD)
Table 3 Comparison of DEM test values between the two groups (mean±SD)

| 组别 | 例数 | 纵向时间 (s) | 横向校对时间 (s) | 横纵时间比 |
|-----|----|------------|------------|-----------|
| 对照组 | 54 | 32.02±5.57 | 34.87±6.02 | 1.10±0.15 |
| 试验组 | 85 | 37.12±6.33 | 40.09±7.51 | 1.09±0.14 |
| t 值 | | -4.848 | -4.297 | 0.126 |
| P 值 | | <0.001 | <0.001 | 0.900 |

注: (独立样本 t 检验) DEM: 发育性眼动
Note: (Independent samples t-test) DEM: developmental eye movement

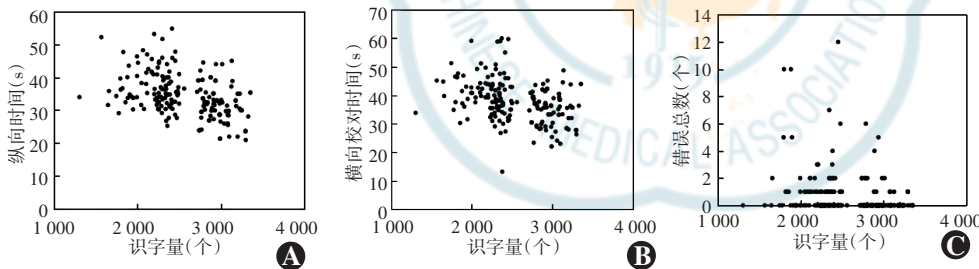


图 1 2 个组学生识字量与 DEM 测试各指标的相关性分析 A: 纵向时间与识字量呈负相关 ($r = -0.397, P < 0.001$) (Pearson 相关分析, $n = 139$) B: 横向校对时间与识字量呈负相关 ($r = -0.355, P < 0.001$) (Pearson 相关分析, $n = 139$) C: 错误总数与识字量呈负相关 ($r_s = -0.180, P = 0.034$) (Spearman 相关分析, $n = 139$)

Figure 1 Correlation analysis between vocabulary size and DEM test indicators in the two groups

A: Vertical time was negatively correlated with vocabulary size ($r = -0.397, P < 0.001$) (Pearson correlation analysis, $n = 139$) B: Horizontal adjustment time was negatively correlated with the vocabulary size ($r = -0.355, P < 0.001$) (Pearson correlation analysis, $n = 139$) C: The total number of errors was negatively correlated with vocabulary size ($r_s = -0.180, P = 0.034$) (Spearman correlation analysis, $n = 139$)

3 讨论

研究表明,在使用字母拼字文字的西方国家学龄儿童发展性阅读障碍的检出率为 5%~17%^[10],在非字母拼字文字的研究中,Stevenson 等^[11]发现汉语母语人群中学龄儿童发展性阅读障碍的发生率与英语母语人群相近。中国研究者也发现母语为汉语的儿童中存在发展性阅读障碍,他们采用低成就和不一致分别定义阅读障碍,得出阅读障碍的检出率分别为 4.55% 和

7.96%^[12]。本研究中阅读障碍的总检出率为 6.83%,其中男生的检出率较高,可能与男生对于语言的神经元反应低于女生有关^[13]。试验组男生的识字量低于女生,推测可能是由于有阅读障碍的男生更不喜欢学习造成的。本研究中男生和女生的 DEM 测试值间差异无统计学意义,与以往研究结果一致^[8]。

本研究通过对比试验组和对照组的 DEM 测试值发现,对照组的纵向时间和横向校对时间更短,阅读时出错概率更低。阅读障碍儿童由于内部语言监控系统 and 运动语言编程存在困难,出现阅读流畅缺陷,主要表现为阅读准确性差、阅读缓慢^[14]。在德国阅读障碍儿童的研究中发现,阅读障碍儿童阅读速度慢与较多的扫视次数有关^[15-16],扫视能力差导致阅读时间增长,从而使 DEM 测试横向时间增长,DEM 的测试值与阅读能力存在负相关性^[17]。有研究也发现学习障碍儿童的 DEM 测试值偏高^[18-19]。本研究中,对照组和试验组的平均年龄为 10.7 岁,在其他接近本研究年龄段儿童的类似研究中,通过对比发现,母语为英语和西班牙语的儿童各 DEM 测试值相差不大^[5],天津和南京讲普通话的儿童各 DEM 测试值相差不大^[8],可能是因为英语和西班牙语都是由多音节组成,英语是字母语言,单词的发音由单音节或者多音节组成,西班牙语也有类似的特征,西班牙语的 9 个数字中 5 个是 2 个甚至 3 个音节,而中文只有 1 个音节,所以粤语和普通话儿童纵向时间和横向校对用时偏少。对于天津儿童的 DEM 测试结果分析发现,对照组较粤语儿童稍长,试验组明显长于

中,通过对比发现,母语为英语和西班牙语的儿童各 DEM 测试值相差不大^[5],天津和南京讲普通话的儿童各 DEM 测试值相差不大^[8],可能是因为英语和西班牙语都是由多音节组成,英语是字母语言,单词的发音由单音节或者多音节组成,西班牙语也有类似的特征,西班牙语的 9 个数字中 5 个是 2 个甚至 3 个音节,而中文只有 1 个音节,所以粤语和普通话儿童纵向时间和横向校对用时偏少。对于天津儿童的 DEM 测试结果分析发现,对照组较粤语儿童稍长,试验组明显长于

粤语儿童。对照组的天津儿童的错误个数明显少于其他语言儿童, 试验组也稍少于其他语言儿童。除了语言习惯, 也可能与教育制度有关, 中国香港和天津儿童在 3~4 岁开始进入幼儿园, 接受数字和读音的阅读教育, 而西方国家的儿童一般在 5 岁开始接受学前教育, 而且中国父母对孩子教育的关心程度较高, 因此中国儿童可能拥有更好的阅读质量和更快的阅读速度。在本研究中试验组和对照组的纵向时间、横向校对时间和错误总数均低于该年龄段的期望值, 因此针对不同语言和教育制度的被检者应设定不同的标准值。本研究还发现, 识字量与纵向时间、横向校对时间和错误总数均呈负相关。

在阅读障碍的诊断过程中, 识字量检查相对复杂, 需要较长的检查时间且需要判卷。DEM 测试较简单, 在大规模进行阅读障碍筛查时, 本研究认为可以利用 DEM 测试先对儿童进行大规模筛查, 然后进行后续检查, 诊断出阅读障碍儿童。但是本研究样本量较小, 在后续研究中需扩大样本量进一步研究。

综上所述, 本研究结果显示汉语发展性阅读障碍儿童较正常儿童 DEM 测试值偏高, 不同性别间 DEM 测试值无明显差异, 识字量与 DEM 测试值存在相关性。本研究为天津地区筛查阅读障碍儿童的标准值提供了参考, DEM 测试方法简单快捷, 值得进一步推广。

利益冲突 所有作者均声明不存在任何利益冲突

参考文献

- [1] Serdjukova J, Ekimane L, Valeinis J, et al. How strong and weak readers perform on the developmental eye movement test (DEM): norms for Latvian school-aged children [J]. *Read Writ*, 2016, 30: 233-252. DOI: 10.1007/s11145-016-9671-7.
- [2] Kunert R, Scheepers C. Speed and accuracy of dyslexic versus typical word recognition: an eye-movement investigation [J/OL]. *Front Psychol*, 2014, 5: 1129 [2021-04-29]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25346708/>. DOI: 10.3389/fpsyg.2014.01129.
- [3] 李秀红, 静进, 杨德胜, 等. 影响汉语阅读障碍儿童文章阅读眼动特征的认知因素 [J]. *中国心理卫生杂志*, 2011, 25(5): 350-355. DOI: 10.3969/j.issn.1000-6729.2011.05.008.
Li XH, Jing J, Yang DS, et al. Cognitive factors related to the eye-movement indexes of children with Chinese reading disorder during reading article [J]. *Chin Ment Health J*, 2011, 25(5): 350-355. DOI: 10.3969/j.issn.1000-6729.2011.05.008.
- [4] Garzia RP, Richman JE, Nicholson SB, et al. A new visual-verbal saccade test: the development eye movement test (DEM) [J]. *J Am Optom Assoc*, 1990, 61(2): 124-135.
- [5] Fernandez-Velazquez FJ, Fernandez-Fidalgo MJ. Do DEM test scores change with respect to the language? Norms for Spanish-speaking population [J]. *Optom Vis Sci*, 1995, 72(12): 902-906. DOI: 10.1097/00006324-199512000-00009.
- [6] Baptista AM, de Sousa RA, Casal CC, et al. Norms for the developmental eye movement test for Portuguese children [J]. *Optom Vis Sci*, 2011, 88(7): 864-871. DOI: 10.1097/OPX.0b013e3182195dae.
- [7] Pang PC, Lam CS, Woo GC. The developmental eye movement (DEM) test and Cantonese-speaking children in Hong Kong SAR, China [J]. *Clin Exp Optom*, 2010, 93(4): 213-223. DOI: 10.1111/j.1444-0938.2010.00470.x.
- [8] Xie Y, Shi C, Tong M, et al. Developmental eye movement (DEM) test norms for mandarin Chinese-speaking Chinese children [J/OL]. *PLoS One*, 2016, 11(2): e0148481 [2021-05-04]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26881754/>. DOI: 10.1371/journal.pone.0148481.
- [9] Zhao J, Qian Y, Bi HY, et al. The visual magnocellular-dorsal dysfunction in Chinese children with developmental dyslexia impedes Chinese character recognition [J/OL]. *Sci Rep*, 2014, 4: 7068 [2021-05-04]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25412386/>. DOI: 10.1038/srep07068.
- [10] Eicher JD, Gruen JR. Imaging-genetics in dyslexia: connecting risk genetic variants to brain neuroimaging and ultimately to reading impairments [J]. *Mol Genet Metab*, 2013, 110(3): 201-212. DOI: 10.1016/j.ymgme.2013.07.001.
- [11] Stevenson HW, Stigler JW, Lucker GW, et al. Reading disabilities: the case of Chinese, Japanese, and English [J]. *Child Dev*, 1982, 53(5): 1164-1181.
- [12] 张承芬, 张景焕, 殷荣生, 等. 关于我国学生汉语阅读困难的研究 [J]. *心理科学*, 1996, 19(4): 222-226, 256.
Zhang CF, Zhang JH, Yin RS, et al. Experimental research on the reading disability of Chinese students [J]. *J Psychol Sci*, 1996, 19(4): 222-226, 256.
- [13] Hynd GW, Hall J, Novey ES, et al. Dyslexia and corpus callosum morphology [J]. *Arch Neurol*, 1995, 52(1): 32-38. DOI: 10.1001/archneur.1995.00540250036010.
- [14] Little CW, Hart SA, Quinn JM, et al. Exploring the co-development of reading fluency and reading comprehension: a twin study [J]. *Child Dev*, 2017, 88(3): 934-945. DOI: 10.1111/cdev.12670.
- [15] Trauzettel-Klosinski S, Koitzsch AM, Dürrwächter U, et al. Eye movements in German-speaking children with and without dyslexia when reading aloud [J]. *Acta Ophthalmol*, 2010, 88(6): 681-691. DOI: 10.1111/j.1755-3768.2009.01523.x.
- [16] Seassau M, Bucci MP. Reading and visual search: a developmental study in normal children [J/OL]. *PLoS One*, 2013, 8(7): e70261 [2021-05-05]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23894627/>. DOI: 10.1371/journal.pone.0070261.
- [17] Palomo-Alvarez C, Puell MC. Relationship between oculomotor scanning determined by the DEM test and a contextual reading test in schoolchildren with reading difficulties [J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2009, 247(9): 1243-1249. DOI: 10.1007/s00417-009-1076-8.
- [18] Bilbao C, Piñero DP. Clinical characterization of oculomotricity in children with and without specific learning disorders [J/OL]. *Brain Sci*, 2020, 10(11): 836 [2021-05-05]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33187134/>. DOI: 10.3390/brainsci10110836.
- [19] Moiroud L, Gerard CL, Peyre H, et al. Developmental eye movement test and dyslexic children: a pilot study with eye movement recordings [J/OL]. *PLoS One*, 2018, 13(9): e0200907 [2021-05-05]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30192750/>. DOI: 10.1371/journal.pone.0200907.

(收稿日期: 2021-05-11 修回日期: 2021-11-01)

(本文编辑: 刘艳 施晓萌)