

## 发展性阅读障碍的 ERP 研究\*

沙淑颖 周晓林 孟祥芝

(教育部人文社会科学天津师范大学心理与行为科学重点研究基地, 天津 300074)

(北京大学心理学系, 北京大学脑科学与认知科学中心, 北京 100871)

**摘要** 行为实验已经发现, 语音能力的缺损是拼音文字发展性阅读障碍的核心。然而近年来行为研究和神经生理学的研究也发现, 发展性阅读障碍与基本知觉障碍有关。事件相关电位(event-related potentials, 简称 ERP)作为一种独特的电生理学研究手段, 从一个更为直观的角度验证了行为实验的结果, 推动了发展性阅读障碍的进展。语言认知水平 ERP 研究表明, 发展性阅读障碍者在存在语音加工和信息整合的缺陷。感知觉加工层次的 ERP 研究结果则不尽一致, 有的研究发现, 阅读障碍存在着基本的听觉加工缺陷; 有的研究则发现发展性阅读障碍存在言语声音加工的缺陷, 而对非言语声音的加工与正常读者没有显著差别; 有的研究支持大细胞通路受损假说, 发现阅读障碍在低对比度和低空间频率上存在视觉加工的缺陷, 有的研究结果则没有发现发展性阅读障碍者与正常读者在不同对比度和空间频率上的差异。

**关键词** 发展性阅读障碍, ERP, 语音缺陷假说, Odball 范式。

**分类号** B842

### 1 引言

发展性阅读障碍是指某些儿童具有正常的智力水平和接受教育的机会, 没有明显的神经或器质上的损伤, 却在标准阅读测验上的成绩低于正常读者约两个年级<sup>[1]</sup>。研究者在几乎所有的语言和文字系统中都发现了阅读障碍, 其发生率约在 4%~9% 之间<sup>[2]</sup>, 尽管随着年龄和认知的发展, 阅读障碍可能会得到某种补偿, 但一些认知缺陷会持续到成年期。

阅读是一个包括多种认知能力的复杂任务, 它既包括基本的感知觉加工, 也包括复杂的认知言语加工, 两者在时间进程上大致表现为早和晚的差别。无论哪个方面能力的受损原则上都会妨碍阅读, 不同的阅读障碍可能具有不同的病理模式。尽管语音缺陷是阅读障碍中的核心缺陷, 但不可否认, 可能存在着具有其他缺陷的阅读障碍亚群体。近来许多研究发现, 阅读障碍者存在听觉、视觉和本体觉以及注意力的不恰当分配等基本认知缺陷<sup>[3-5]</sup>。对语音加工缺陷和基本认知加工异常在发展性阅读障碍中作用的强调就构成了阅读困难研究的两种理论倾向。一类理论强调阅读障碍的语言特异性, 认为阅读障碍来自于语言学层次上的加工障碍, 阅读困难者对其他信息认知加工的能力相对保持完好。另一类理论强调发展性阅读障碍的非语言特性, 认为阅读困难是由更基本的视觉、听觉或注意障碍造成。

对发展性阅读障碍神经科学的研究手段主要有功能性核磁共振(fMRI), 正电子发射断层扫描(PET), 事件相关电位(ERP)等技术<sup>[6]</sup>, 而 ERP 因其高时间分辨率, 无创伤性和适用年龄范围广而具有其他研究手段所没有的优点。发展性阅读障碍的 ERP 研究与行为实验以及其它脑成像技术研究相互印证, 取得了一些新的发现, 如发展性阅读障碍在认知加工时间进程上的异常, 从而推动了发展性阅读障碍的研究进展。本文将从语言加工、听觉加工和视觉加工 3 个方面介绍近年来发展性阅读障碍 ERP 研究的进展。

收稿日期: 2002-08-30

\* 本研究得到国家攀登计划(批准号: 95-专-09)、国家自然科学基金(30070260)、教育部博士点基金(99000127)、科学技术重点项目基金(01002)、人文社会科学重点研究基地重大项目基金, 以及高等学校骨干教师基金的资助。

## 2 语言层次的 ERP 研究

### 2.1 语音加工

Peabody 图片词汇测验(PPVT-R)是一个良好的词汇知识测验<sup>[7]</sup>。在计算机上实施 Peabody 测验时,对每个项目,被试都会看到一个和听觉呈现的单词配对呈现的图片,单词和图片可以是一致的,也可以是不一致的。在听觉呈现单词的同时,进行 ERP 记录。和图片不一致的听觉呈现的单词会诱发两个波成分。(1)语音失匹配波(PMN),当起始的音素和期待的单词的首位音素不一致时,会引发 PMN。(2)N400,由语义期待失败引起。呈现的单词的语义和期待的单词的语义不一致时,就会引发 N400。有研究者指出,PMN 可能反映了词汇识别过程中的亚词汇加工,而 N400 反映了词汇识别后的言语和阅读加工<sup>[8]</sup>。只有在测试所用单词在被试的词汇知识水平内时,这些效应才出现,超出了被试的词汇水平,这些波就没有区分度了。

Macpherson 等人<sup>[9]</sup>使用诱发电位法,考察了不同类型的阅读障碍(包括有语音缺陷的阅读障碍和没有语音缺陷的阅读障碍)和正常读者在语音加工过程中的大脑激活情况。与图片词汇测验所不同的是,该研究以听觉的形式向被试呈现口语词,被试的任务是判断启动刺激和探测刺激的起始(initial)音素是否相同,记录被试的 ERP。结果发现正常读者的 ERP 在押韵目标词上出现 N400 效应,具体说来,在目标词出现 250~450ms 之间,押韵目标词 ERP 波幅小于不押韵的目标词 ERP 的波幅,这种效应广泛分布在双侧皮层(颞中顶,顶叶和枕叶),在后脑区达到顶峰。非语音障碍的阅读障碍者在这个时间段出现了同样的 N400 启动效应,但只在颞中顶。语音障碍者在 250~450ms 之间没有出现任何效应,但在 450~550ms 之间在后脑区出现了启动效应。

### 2.2 Token Test

Token test 在口语理解测验中广泛应用<sup>[10]</sup>。在 ERP 测验中,计算机呈现一系列颜色几何图形,一个活动的指示图标在图形之间移动,触摸其中的一个或两个图形。随即呈现一个口语句子,描述指示图标的指示情况。这种描述有对的,也有错的(各占 50%)。要求被试注视这个活动的指示图标,听口语描述,并判断正误。错误的描述包含一个和指示图标不匹配的单词,单词出现时,记录 ERP。例如图标触摸了黑色方块,口头描述是:“黑色圆圈”或“黑色方块”。不匹配的词可能是图形的形状,也可能是图形的颜色词。研究发现,ERP 能够区分活动图标的正确指示和错误指示。

Connolly 等人<sup>[11]</sup>采用 Token test 和 N400 范式,进行了一例深度阅读障碍的个案研究,结果发现,无论结尾单词是在正字法层次,还是在语音层次,亦或是在语义层面上不符合预期,该被试都没有出现 N400 效应,这说明该被试加工词汇/亚词汇特征的能力以及把结尾单词整合到句子语境中的能力下降。Neville 等人<sup>[12]</sup>也采用 N400 范式,以视觉形式逐个单词地呈现句子,记录每个单词呈现后的 ERP,结果发现语义符合语境和不符合语境的单词都产生了 N400 效应,而且就两组被试来说,不符合语境的单词所引发的 N400 比符合语境的单词引发的 N400 要大,实词比虚词引发的 N400 成分要大。但是在后脑区,在各种条件下,阅读障碍者的 N400 要比控制组的 N400 要大。Neville 解释说,这是因为阅读障碍者在把单词整合到句子中时补偿性地消耗了更多的认知资源。因为相比之下,句子的每个单词诱发的 P150 和 P350 在阅读障碍组中要比在控制组中的波幅小,P150 和 P350 反映了早期认知加工。作者解释说,这在一定程度上反映了阅读障碍者早期感觉加工的缺陷。Fabrice 等人<sup>[13]</sup>采用 Neville 的实验范式,记录了阅读障碍组和控制组在句子阅读任务中的 ERP,发现在结尾单词不符合语境的情况下,阅读障碍组和控制组都出现了 N400 效应,但是阅读障碍组的潜伏期比控制组要长 70ms。更重要的一点,也是他们和 Neville 不同的发现是,在句子结尾单词符合语境的情况下,在阅读障碍者身上出现了 N400 效应,而在控制组身上却没出现。Fabrice 指出,这是因为阅读障碍者在把单词的意义整合到句子的上下文时存在着困难。作者还认为阅读障碍者整合句子意义的困难是短时记忆缺陷的产物,如果阅读障碍者存在工作记忆中保留信息的困难,那么他们就不能将

这些单词整合成一个完整句子的表征。

### 2.3 句法加工

Fabrice 的研究<sup>[13]</sup>记录了句子呈现后 ERP 的晚期成分,发现在符合语境的条件下,从 600ms 开始,阅读障碍者和控制组的 ERP 出现了差异。这种差异表现为,阅读障碍者的 ERP 趋向正性(控制组趋向为负)。作者指出,这个晚期效应反映了阅读障碍组在句法解析时比控制组遇到了更大的困难。这与临床阅读测验中阅读障碍组比控制组需要更多的时间这一发现是一致的。

### 2.4 词汇通达

阅读障碍的语音缺陷假说认为阅读障碍者在由语音通达词汇语义的过程中存在困难。Georgiewa 等<sup>[14]</sup>把 ERP 和 fMRI 相结合,研究了 9 个阅读障碍和 8 个正常读者的语音加工特征。他们把材料分为 1 个音节、4 个音节的真词和假词,视觉呈现这些材料,记录 250~500ms 的 ERP。发现在假词阅读任务中,阅读障碍者左侧前额的 ERP 和控制组有显著差异。作者解释说,这是因为假词阅读对语音解码能力的要求更高。两组被试左前额神经活动的差异和 fMRI 研究的结果一致。Taylor 和 Keenan<sup>[15]</sup>记录了词汇判断任务中,阅读障碍者和正常被试的 ERP,发现阅读障碍者的 N200 和 P300 的潜伏期大于正常被试。但是作者指出,既然阅读障碍可能有视觉加工的缺陷,因此两组被试潜伏期的差别也可能反映了阅读障碍者视觉信息加工时间的延长。

## 3 感知觉加工的 ERP 研究

### 3.1 听觉加工的研究

对发展性阅读障碍者听觉加工特征的 ERP 研究多采用听觉 Oddball 范式。Oddball 范式又分为主动 Oddball 范式和被动 Oddball 范式。主动 Oddball 范式的要点是:对同一感觉通路的一系列刺激由两种刺激组成,一种刺激出现的概率很大(如 85%),称为标准刺激,另一种刺激出现的概率较小(15%),称为偏差刺激。两种刺激出现的顺序是随机的,因而对被试来说偏差刺激具有偶然性。实验中让被试发现偏差刺激后尽快按键或计数,在偏差刺激出现后约 300ms 可以观察到一个正波,此即 P300。研究发现,在一般非注意条件下或偏差刺激与被试的任务无关时不能引起 P300。双重任务的实验证明,在一定程度上,P300 和投入的心理资源量成正相关。被动 Oddball 范式和主动 Oddball 范式的不同指出在于,它不要求被试投入注意力资源,在实验过程中将被试的注意力转移到其它的非实验刺激上去(如在听觉实验中让被试注视屏幕上的刺激,忽视耳朵中传入的声音刺激),当偏差刺激出现时就会诱发失匹配负波(MMN)。刺激的频率、持续时间的长短、甚至于更复杂的声音变化都会引起 MMN,如 MMN 可以由音素的变换引起,也可以由纯音对序列的倒置引起。标准刺激和偏差刺激的差别越大,MMN 出现的越早,波幅也越大<sup>[16]</sup>。已有大量的证据表明,MMN 可以作为诊断阅读障碍神经异常的线索<sup>[17]</sup>。

有研究者指出,言语知觉是语音加工的前提条件<sup>[18,19]</sup>。Schulte-Körne 等人<sup>[20]</sup>以 MMN 为指标,采用被动听觉 Oddball 范式,在刺激为言语条件和非言语条件下比较了阅读障碍组和控制组的成年人在辨别标准刺激和偏差刺激时的差异。言语刺激是音节(标准刺激/da/和偏差刺激/ba/),非言语刺激是纯音(1000Hz 为标准刺激,1050Hz 为偏差刺激)。他们发现,纯音刺激所引发的 MMN 在两组被试间没有显著差异,而言语刺激在阅读障碍组中诱发的 MMN 波幅要比在控制组中诱发的 MMN 的波幅要小。作者解释说,这个结果反映了阅读障碍者对听觉瞬时信息加工的缺陷,但由于阅读障碍者只在对言语刺激的加工上和控制组有显著差异,而在对非言语刺激,纯音刺激的加工上和控制组没有显著差异,因此阅读障碍者的听觉信息加工缺陷是基于言语知觉的。随后,Schulte-Körne<sup>[21]</sup>使用频率结构相同的标准刺激和偏差刺激的,变化声音持续时间的模式子,以 MMN 为指标,考察了成年阅读障碍者与控制组在听觉时间加工上的差异,结果发现阅读障碍者在 250~600ms 区域失匹配负波显著小于控制组。由于在研究中作者操纵了声音的时间性

质,所以作者认为阅读障碍者存在听觉时间加工能力的缺陷。结合两个研究, Schulte-Körne<sup>[21]</sup>认为,言语声音中的瞬时信息性质导致了阅读障碍者 MMN 的波幅比控制组小,即阅读障碍者存在听觉瞬时信息加工的缺陷。

然而,另一些 ERP 的听觉研究表明,阅读障碍不仅存在着和语音相关的听觉加工障碍,还存在着更一般的听觉加工缺陷。MMN 的研究发现表明,阅读障碍对言语声音和非言语声音的辨别都存在着困难。Baldeweg 等人的研究<sup>[22]</sup>表明阅读障碍可能在辨别音高中存在困难。Baldeweg 等改变声音的呈现时间,保持音频不变,结果没有发现阅读障碍和控制组的差异,也没发现两者行为表现的差异。然而在控制刺激呈现时间不变,改变音高的条件下,阅读障碍组的 MMN 比控制组的要小,说明阅读障碍者对音高的区分存在困难。

研究发现,P300 长的潜伏期和小的波幅反映了阅读障碍者的听觉加工障碍<sup>[15]</sup>。Erez 和 Pratt<sup>[23]</sup>采用 ERP 主动听觉 Oddball 范式,使用两类实验材料:纯音刺激和 2 个无意义单音节,结果发现阅读障碍组 P300 的波幅显著小于控制组。他们解释说,这反映了阅读障碍儿童注意力资源不足或者是不能恰当地分配注意力资源。Duncan 等人<sup>[24]</sup>指出,异常的 P300 反映了大脑的不成熟状态,这种不成熟状态阻碍正常的认知、阅读。Bernal 等人<sup>[25]</sup>采用主动听觉 Oddball 范式,以 3000Hz 的纯音为标准刺激,1000Hz 的纯音为偏差刺激,发现差的读者在 P300 的波幅和潜伏期上与控制组都没有显著差异。对于标准刺激,阅读障碍的 N200 的波幅比控制组要大;无论是标准刺激还是偏差刺激,在阅读障碍者组中诱发的 P200 的波幅都比控制组大。作者解释说,这表明在信息加工过程中,差的读者在信息加工中过早地消耗了注意力资源,而正常读者则在 300ms 时恰当地消耗注意力资源,从而表现为 P300 的波幅上升。

### 3.2 视觉加工的研究

心理物理学研究表明发展性阅读障碍可能存在着视知觉缺陷。一般认为发展性阅读障碍的大细胞视觉通路受损,但只有少数的 ERP 研究验证这一假设,且结果很不一致。Livingstone<sup>[26]</sup>记录被试在知觉低视觉对比度和快速反转棋盘格时的 VEP(visual evoked potentials),发现发展性阅读障碍的 VEP 较控制组减弱,从而为大细胞视觉缺陷假说提供了解剖学上的证据。Romani 等人<sup>[27]</sup>的研究结果也支持了大细胞缺陷假说,表示这种缺陷同刺激的空间频率和时间频率有关。他变化棋盘格的大小(0.5 和 2 周期/每度),以及旋转的频率(2.1Hz 和 8Hz);亮度和对比度适中,在 4 个实验条件下保持恒定。结果发现在 2 周期/每度条件下两组被试的瞬时 VEP(2.1Hz)参数没有显著差异,在 0.5 周期/每度条件下,阅读障碍的 N70 波幅显著小于控制组,潜伏期显著短于控制组。在不同的刺激大小下,对于基本频率(8Hz),阅读障碍稳态的 VEP 第 2,3 调波的波幅,都比控制组小。

Johannes 等<sup>[28]</sup>重复了 Livingstone 的实验,采用了几个不同的反转速度 and 对比度水平,却没有发现在视觉对比度和快速反转模式下,阅读障碍组和控制组的差异。Schulte-Körne<sup>[29]</sup>变换空间频率(2 和 11.33 周期/每度)和对比度(0.2, 0.4, 0.6, 0.8),则发现阅读障碍和正常读者在不同的空间频率和对比度下,VEP 的波幅并没有区别。

Fabrice<sup>[13]</sup>在阅读障碍者和正常被试中考察了感觉认知加工过程的交互作用。实验时一个单词,一个单词地呈现句子。呈现速度为快(SOA=100ms),慢(SOA=700ms)两个条件,同时记录他们的早期成分波,即 N1-P2 复合成分,这个波反应了早期的感觉加工状况。结果没发现阅读障碍者 N1-P2 复合成分的异常,因此作者认为阅读障碍者不存在早期视觉加工的缺陷;在快速呈现时,阅读障碍和控制组的差异并没有显著大于慢速呈现时两组被试的差异,从而否定阅读障碍的快速信息加工缺陷假设。然而 Nevill<sup>[12]</sup>的结果却与之相反,他利用 ERP 听觉和视觉任务 Oddball 范式,操纵刺激呈现的速度,发现在快速呈现时阅读障碍组 ERP 波幅显著小于控制组。而且,阅读障碍组的 P150 和 P350 显著小于控制组。但是颅相地形图分析发

现这种现象只在枕区出现,而 Fabrice 的实验没有记录枕区的 ERP。

#### 4 小结

无论是强调发展性阅读障碍者的语言加工缺陷,还是强调他们基本知觉加工过程的缺陷,大部分的 ERP 研究验证了行为实验的研究结论,而且从一个更为直观的角度为某一理论或观点提供了进一步的支持,使我们能够了解认知加工的时间进程,观察到阅读障碍者和正常被试在不同认知能力上的差异,考察基本认知加工和复杂语言加工的相互作用。

综观对阅读障碍的 ERP 研究,我们不难看出,在语言任务的研究中,对句子加工和信息整合的研究远少于对词汇识别和语音加工的研究。在基本感知加工的研究中,对视觉加工研究的量和程度都远不及对听觉加工的研究。有关阅读障碍的不同亚类型和阅读障碍者工作记忆的 ERP 研究还不多见,对汉语阅读障碍的 ERP 研究还是空白。汉语有其不同于拼音文字的书写系统,行为研究表明,汉字的认知加工和中文发展障碍者的字词加工在很多方面不同于拼音文字的加工。找出汉字加工和拼音文字加工的神经生理基础的异同以及不同文字系统下阅读障碍神经生理基础的异同,对探索人类语言加工的普遍性和特异性具有重要意义。

#### 参考文献

- [1] 孟祥芝,周晓林. 发展性阅读障碍的生理基础. 心理科学进展, 2001,10(1): 7~10
- [2] Shaywitz S E, Shaywitz B A, Fletcher J M, Escobar M D. Reading disability in boys and girls. J AM Med Assoc, 1990,264: 998~1002
- [3] Grant A C, Zangaladze A, Thiagarajah M C, Sathian K. Tactile perception in developmental dyslexia: a psychophysical study using gratings. Neuropsychology,1999,37:1201~1211
- [4] 孟祥芝,周晓林,曾飏. 动态视觉加工与儿童汉字阅读. 心理学报, 2002,34(1): 16~22
- [5] 孟祥芝,周晓林,曾飏. 发展性阅读障碍与知觉加工. 心理学报, 2002,34(4): 337~342
- [6] 周晓林,孟祥芝,陈宜张. 发展性阅读障碍的脑功能成像研究. 中国神经科学杂志,2002,18(2): 568~572
- [7] Dunn L M, Peabody picture Vocabulary test-Revised. Minnesota:American Guidance Service,1981
- [8] Connolly J F, Phillips N A. Event-related potential components reflect phonological and semantic processing of the terminal word of spoken sentences. Journal of Cognitive Neuroscience,1994,6: 256~266
- [9] McPherson W B, et al. A study of reading disability using event-related brain potentials elicited during auditory alliteration judgments. Developmental Neuropsychology, 1999,15(3): 359~378
- [10] Boller F, Vignolo L A. Latent sensory aphasia in hemisphere-damaged patients: an experimental study with the Token Test. Brain,1966,89: 815~824
- [11] Connolly J F, Phillips N A, Forbes K A. The effects of phonological and semantic features of sentence-ending words on visual event-related brain potentials. Clinical Neurophysiology, 1995,95: 276~217
- [12] Neville H J, Coffey S A, Holcomb P J, Tallal P. The neurobiology of sensory and language processing in language-impaired children. Journal of Cognitive Neuroscience, 1993,5: 235~253
- [13] Robinchon F, Besson M, Habib M. An electrophysiology study of dyslexic and control adults in a sentence reading task. Biological Psychology, 2002,59: 22~53
- [14] Georgiewa P, Rzanny R, Gaser C et al. Phonological processing in dyslexic children: a study combining functional imaging and event related potentials. Neuroscience Letter, 2002,318: 5~8
- [15] Taylor M J, Keenan N K. Event-related potentials to visual and language stimuli in normal and dyslexic children. Psychophysiology, 1990,27: 318~327
- [16] 魏景汉,罗跃嘉. 认知时间相关脑电位教程. 北京: 经济日报出版社, 2002. 32
- [17] Kujala T, Näätänen R. The mismatch negativity in evaluating central auditory dysfunction in dyslexia, Neuroscience and

- Biobehavioral Review. 2001,23: 535~543
- [18] MacBride-Chang C, Phonological processing, speech perception ,and reading disability: an integrative review, Education Psychology, 1995, 23: 109~120
- [19] Schulte-köme G, Demel W et al. The role of phonological awareness, speech perception, and auditory temporal processing for dyslexia. European Child and Adolescent Psychiatry Supplement, 1999,3: 21~34
- [20] Schulte-köme G, Demel W, et al. Auditory processing and dyslexic :evidence for a specific speech processing deficit. NeuroReport, 1998, 9: 337~340
- [21] Schulte-köme G, Demel W, et al. Pre-attentive processing of auditory patterns in dyslexic human subjects. Neuroscience Letter, 1999, 276: 657~663
- [22] Baldeweg Y, Richardson A et al. Impaired auditory frequency discrimination in dyslexia detected with mismatch evoked potentials. Annals of Neurology, 1999, 45: 479~503
- [23] Erez A, Pratt H. Auditory event-related potentials among dyslexic and normal-reading children: 3 let and midline comparison. International Journal of Neuroscience, 1992, 63: 247~264
- [24] Duncan C, Rumsey J, et al. Developmental dyslexia and attention dysfunction in adults: Brain potentials indices of information processing. Psychophysiology, 1994, 24: 386~401
- [25] Jorge Bernal, Thalí a Harmony et al. Auditory event-related potentials in poor readers, International Journal of Psychophysiology, 2000, 36: 11~23
- [26] Livingstone, et al. Physiological and anatomical evidence for a magnocellular defect in developmental dyslexia. Proceedings of the National Academy of Sciences, USA, 1991,88: 7943~7947
- [27] Romani A, et al. Visual evoked potential abnormalities in dyslexic children. Functional Neurology, 2001,16(3): 219~229
- [28] Johannes S, et al. Developmental dyslexia: Passive visual stimulation provides no evidence for a magnocellular processing defect. Neuropsychology, 1996, 34(11): 1123~1127
- [29] Schulte-Körne G, et al. Attenuated hemispheric lateralization in dyslexia: evidence of a visual processing deficit. NeuroReport, 1999, 10(17): 3697~3701

## ERP Studies of Developmental Dyslexia

Sha Shuying , Zhou Xiaolin , Meng Xiangzhi

(The Research Center of Psychology and Behavior , Tianjin Normal University , Tianjin 300074 )

(Department of Psychology, Peking University, Beijing, 100871)

**Abstract** Behavioral studies found that deficits in phonological processing plays a major role in developmental dyslexia. Behavioral and neurophysiological studies in recent years also found that developmental dyslexia is related to deficits in basic auditory and visual processing as well. As a non-invasive technique with high time resolution, event-related potentials (ERP) measured on dyslexics confirmed the discoveries of behavioral studies about phonological processing and information integrating. However, results from auditory ERP studies were less consistent, and visual ERP studies on development dyslexia are still lacking, suggesting that more systematic studies are being wanted.

**Key words:** development dyslexia, ERP, phonological deficit hypothesis, Oddball paradigm.