

发展性阅读障碍儿童视听觉整合的事件相关电位研究

何胜昔 尹文刚 杨志伟

【摘要】目的 探讨阅读障碍者对视听觉双通道信息加工的处理能力的差异。方法 要求被试辨认同时呈现的左右单侧视野视觉刺激与高低纯音的四种组合关系。结果 1. 头皮前部听觉相关波形 P₆₀的峰潜伏期的组间主效应显著, N160波幅的组间主效应显著; 2. 头皮后部视觉相关波形 P₁₁₀的峰潜伏期的组间主效应显著, 阅读障碍儿童的峰潜伏期明显的比正常儿童延迟, 分别为 130. 4ms和 102. 5ms; 3. 阅读障碍儿童对同时呈现的视听觉信号辨认的正确率为 78. 9%, 与正常对照组比较差异有显著性; 但反应时差异无显著性。结论 阅读障碍儿童对视听觉信息的加工符合视听信息整合的相互作用模式, 但是, 工作效能比正常儿童弱, 主要的表现仍然是潜伏期的显著延长, 波幅强度较低。当双通道信息输入时, 阅读障碍儿童的行为表现与单通道信息加工模式明显不同, 可能由于心理资源有限, 不能同时处理过多的外界刺激, 以致错误率高。

【关键词】 发展性阅读障碍; 视听觉整合; 相互作用; 事件相关电位

Chinese developmental dyslexia: audio-visual integration ERP study HE Sheng-xi, YN Wen-gang, YANG Zhi-wei. Key Laboratory of Mental Health, Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100871, China

【Abstract】 Objective To explore the neuropsychological feature of developmental dyslexia, especially in audio-visual integration **Methods** The combinations of lateral visual stimuli with pure tones auditory stimuli were presented and the scalp potentials were recorded by ERP analyses system. **Results** Firstly, the significant main effect exists between two children in auditory-related brain potential such as P₆₀, N160. Secondly, the main effect of latency of P110 is significant. The latency of dyslexia is more delayed markedly than that of normal. Thirdly, the accuracy of dyslexia is lower than that of normal but the response time doesn't reach the significant level. **Conclusion** The processing of audio-visual integration of development dyslexia is in according with the model of interaction. The significant delay of latency and the marked descent of amplitude perhaps are the main neuropsychological character in dyslexia. On the other hand, the behavior results of dyslexia differ from single modal. Those results elucidate dyslexia may have limited mental resource that they couldn't deal with so much signals.

【Key words】 Development dyslexia; Audio-visual integration; Interaction; Event-related potentials

汉语发展性阅读障碍者是一个异质性群体, 其病因复杂多样, 各个体之间表现的症状也各不相同, 本实验在已有实验基础上进一步探讨他们对双通道信息加工的处理能力的差异特征。

对象与方法

一、对象

21名小学四年级阅读障碍儿童 (Reading Disorder, RD), 女 9, 男 12; 年龄为 (10. 2 ± 0. 5) 岁, 以及 21名与其年龄、性别和文化水平匹配的正常对照组儿童参加了本实验。视力正常或者矫正视力正常。RD及对照组的选择和评价标准参看文献 [1]。

二、实验方法

该实验分为 2 个部分, 第 1 部分是固定单侧视野与纯音的关系: 视觉刺激的呈现方法及控制条件与文

献 [1] 相同; 听觉刺激的呈现方法及控制条件与文献 [2] 相同; 右侧视野视觉刺激与 500Hz 声音刺激同时呈现, 左侧视野视觉刺激与 1000Hz 声音刺激同时呈现, 每组视听刺激呈现时间为 50ms, 重复 80 次, 用电脑显示屏和音箱同时随机连续呈现。通过练习, 使被试确认视听刺激结合的规律。并且按要求注意到右侧“ ” + 500Hz 声音时用右手按右键, 左侧“ ” + 1000Hz 用左手按左键。第 2 部分是不固定单侧视野与纯音的关系: 视听觉刺激的呈现方法及控制条件与上相同; 左右侧视野视觉刺激都可能与 500Hz 或者 1000Hz 声音刺激同时呈现, 每组视听刺激呈现时间为 50ms, 重复 80 次, 用电脑显示屏和音箱同时随机连续呈现。通过练习, 使被试确认掌握按键的规律: 只要注意到右侧“ ” 时用右手按右键, 左侧“ ” 时用左手按左键, 无需理会声音的特征。

三、数据采集及处理

被试坐在舒适的沙发上, 与电脑屏幕的距离为 80 cm, 在光线较暗的隔音室休息 5 min, 调整心情, 适应环境。实验仪器为德国的 BrainProduct, BP-ERP 工

基金项目: 国际阅读障碍联合项目 (DA); 深圳市科技计划项目 (200304207)

作者单位: 100000 北京, 中国科学院心理研究所, 中国科学院研究生院 (何胜昔、尹文刚); 深圳市精神卫生研究所 (杨志伟)

作站,采用 64 导电极帽记录脑电波,参考电极置于双侧耳后乳突,同时记录水平眼电(左右眼外侧,HEOG)和垂直眼电(左眼上下眶,VEOG),滤波带通为 0.01 ~ 70 Hz,采样频率为 500 Hz,头皮电阻均小于 5 K,视觉刺激信号呈现前 152ms 至其呈现后 600ms 的脑电进行分析,并以零点前 152ms 作为基线。自动矫正伪迹,波幅大于 $\pm 50\mu\text{V}$ 者,在叠加中被自动剔除。

根据实验设计对 EEG 分类叠加,可得到两类被试各四种不同 ERP 波形,根据总平均图的特点结合前人的工作设定测量窗口。在本实验中,与视觉刺激相关的波形主要表现在枕叶,顶叶,因而选择了在枕叶 $O_1 \sim O_2$ 以及顶叶 $P_5 \sim P_6$ 两对电极位点突出的波形成分 C_1 和 P_{110} ;与听觉刺激相关的波形主要表现在颞叶,额叶,因而选择在 $FP_1 \sim FP_2$, $F_5 \sim F_6$, $T_3 \sim T_4$, $C_5 \sim C_6$ 四对电极位点突出的波形成分 P_{60} 和 N_{160} ,其峰值的测量窗口为平均峰值左右各 40ms,并对各波形成分的波峰和潜伏期的数据进行统计分析。

根据被试的分类,对刺激类型(四个水平,右侧 + 500Hz 纯音,左侧 + 1000Hz 纯音,右侧 + 纯音,左侧 + 纯音) * 半球(两个水平,左 - 右) * 电极位置的分布(2 + 4 个水平,前部和后部分别进行统计分析)三因素重复测量的 ANOVA 分析。

结 果

一、两组儿童对视听觉刺激信号反应时的测定结果

阅读障碍儿童对同时呈现的视听觉信号的正确率与正常对照组比较差异有显著性 ($P < 0.05$);两组儿童的反应时差异无显著性 ($P > 0.05$)。

表 1 两组儿童双侧视野反应时和正确率测定结果 ($\bar{x} \pm s$)

被试分组 刺激类型	人数	阅读障碍		正常对照	
		反应时 (ms)	正确率 (%)	反应时 (ms)	正确率 (%)
Right+500Hz	21	743.2 \pm 246.3	63.3 \pm 22.3	761.8 \pm 31.1	87.5 \pm 0.8
Left+1000Hz	21	718.3 \pm 205.8	85.0 \pm 19.2	760.6 \pm 40.6	94.8 \pm 3.4
Right+pure	21	749.4 \pm 230.9	84.3 \pm 15.4	756.5 \pm 03.3	94.2 \pm 1.7
Left+pure	21	755.4 \pm 242.2	83.1 \pm 16.2	760.9 \pm 37.6	92.7 \pm 0.0

二、两组儿童视听觉刺激信号 ERP 波形数据分析结果

头皮前部 P_{60} 的峰潜伏期的组间主效应显著 ($P < 0.0001$),阅读障碍儿童的峰潜伏期明显比正常儿童延迟,分别为 87.6ms 和 55.6ms;有左右半球主效应 ($P < 0.05$);波幅的组间主效应接近显著水平 ($P = 0.068$);刺激类型主效应显著 ($P < 0.001$);左右半球和刺激类型的交互作用显著 ($P < 0.001$);左右半球和刺激类型与组间的交互作用显著 ($P < 0.05$)。

头皮前部 N_{160} 的峰潜伏期的组间主效应接近显著水平 ($P = 0.062$);刺激类型主效应显著 ($P < 0.01$);组间和刺激类型的交互作用显著 ($P < 0.001$);

N_{240} 波幅的组间主效应显著 ($P < 0.001$),刺激类型主效应显著 ($P < 0.001$);有左右半球主效应 ($P < 0.01$),左右半球和刺激类型的交互作用显著 ($P < 0.0001$)。

头皮后部 C_1 的峰潜伏期的组间主效应显著 ($P < 0.0001$),阅读障碍儿童的峰潜伏期长于正常儿童,分别为 (69.8 + 3.635)ms 和 (44.2 + 3.635)ms;有左右半球主效应 ($P < 0.05$);与刺激类型有交互作用 ($P < 0.05$),主要表现为,右侧视野投射时,左半球枕叶的峰潜伏期比右半球延迟,而左侧视野投射时正好相反;波幅的组间主效应不显著 ($P = 0.212$),刺激类型与左右半球有交互作用 ($P < 0.001$),右侧视野投射激活左半球枕叶的波幅高于右半球,而左侧视野投射使右侧枕叶的波幅相对较高。

头皮后部 P_{110} 的峰潜伏期的组间主效应显著 ($P < 0.0001$),阅读障碍儿童的峰潜伏期明显的比正常儿童延迟,分别为 130.4ms 和 102.5ms;刺激类型主效应显著 ($P < 0.001$);组间和左右半球之间的交互作用显著 ($P < 0.05$);而且刺激类型和左右半球之间有交互作用 ($P < 0.001$); P_{110} 波幅的组间主效应不显著 ($P = 0.191$);组间,刺激类型和左右半球之间的交互作用显著 ($P < 0.01$)。

讨 论

现有的结果表明,阅读障碍儿童视觉加工的效能比正常儿童差,尤其表现在对右侧视野视觉信号的加工时左侧枕叶的激活速度较慢^[1];同时也已证实汉语阅读障碍儿童听觉功能也存在缺陷,脑电波形潜伏期延迟,波幅强度低。该实验进一步探讨阅读障碍儿童当视觉和听觉信息同时出现时,对视听觉信息整合能力的表现。

首先,本实验发现,阅读障碍儿童与正常儿童一样,对视听双通道刺激信号加工的 ERP 波形具有整合优势,既表现出相对的独立性,又有相互促进作用。独立性表现为,单侧视野投射的加工模式特征未因听觉刺激的加入而发生质的改变,对双通道信息中的视觉信息加工的波形在枕叶与单视觉刺激的波形一致,具有相同的特征,即左右侧视野投射与左右侧半球的交互作用显著,波形成分一致;而双通道信息中的听觉信息加工仍主要表现在头皮前部的波形变化上,只是由于视觉信息的脑电活动的影响,波形有变化,显得更复杂,但与听觉加工相关的差异仍体现在颞叶;促进作用表现为,各 ERP 波形成分的潜伏期均与单通道信号刺激提前,有促进的作用。已有的研究认为,参与视听信息整合的脑区为两种可能的工作模式:1)融合 (Convergence)即视觉和听觉刺激激活相同的脑区;2)相互作用 (Interaction)即视听觉刺激的激活总量与单独视觉和听觉呈现引起的激活的总和是不完全相同的^[2,3]。本实验结果证明大脑皮层处理视听信息的整

合为相互作用工作模式,既具有相对的独立性,又有相互促进作用。

其次,两组儿童在双通道实验模式中的脑电 ERP 波形的差异与在单通道视、听觉信号加工中的情况一致。与正常儿童比较,阅读障碍儿童与视觉加工相关的枕叶各波形成分的潜伏期与正常儿童相比均显著延长。这说明在双通道信号处理过程中,阅读障碍儿童对视觉信号的加工也存在着与单通道信号加工同样的问题,也就是说,阅读障碍儿童的视觉功能缺陷在双通道信号刺激中仍然存在,并对信息的加工产生影响,这可能是造成儿童心理效能降低的一个原因。而且,阅读障碍儿童在颞叶与听觉相关的波形也表现出与单通道听觉加工同样的特点,P60潜伏期也明显延迟,N160的波幅也显著降低。这说明其听觉缺陷同样影响着多通道的信号加工,可能是造成其心理效能降低的另一个原因。

最后,本实验使用视听双通道刺激信号也得到一些与单通道实验不一样的行为结果。使用单通道的研究范式通常发现阅读障碍儿童的反应时比正常儿童更长;而正确率没有差异。但有趣的是本实验的结果与单通道的发现相反:阅读障碍儿童视听辨认的反应时与正常儿童没有明显差异,与此同时,他们的准确率却比正常儿童明显降低。但是,这些结果并不是相互矛盾的,他们之间存在内在的一致性,都是阅读障碍者的有限的注意资源在不同实验条件下的反应。

总之,阅读障碍儿童对视听觉信息的整合符合视听信息整合的相互作用模式,与单通道模式相比,双通道实验范式不仅能够有效探测阅读障碍儿童的波形分布特点,而且其行为实验结果更能体现阅读障碍儿童注意资源有限的特点。已有实验表明在双通道条件下

知觉来自两个通道的信息比知觉来自一个通道的信息需要更多的心理资源^[4,5]。而且,有研究发现阅读障碍儿童同时存在注意缺陷,并因此而提出选择性空间注意缺陷理论^[6,7]。在本系列实验中,单通道条件下,阅读障碍儿童通过延长反应时来维持了和正常儿童水平大致相当的正确率;而在双通道实验中他们也不能像正常儿童一样维持一个稳定而有效的反应模式。这些结果说明汉语阅读障碍儿童不仅有视听觉功能的异常,而且也存在注意分配、心理资源有限等更一般的问题。因而,本实验在一定程度上支持阅读障碍的注意缺陷理论,但这种缺陷与汉语阅读障碍者形音义表征的学习障碍之间的关系还需进一步探讨。

参 考 文 献

- 1 何胜昔,尹文刚,杨志伟. 发展性阅读障碍儿童听觉功能的事件相关电位研究. 中国行为医学科学, 2006, 15: 117-118, 181.
- 2 Breznitz Z, Meyler A. Speed of lower-level auditory and visual processing as a basic factor in dyslexia: electrophysiological evidence. *Brain and Language*, 2003, 85: 166-184.
- 3 Breznitz Z, Misra M. Speed of processing of the visual-orthographic and auditory-phonological systems in adult dyslexics: the contribution of asynchrony to word recognition deficits. *Brain and Language*, 2003, 85: 486-502.
- 4 Teder-Slejer WA, McDonaldb JJ, Russoa FD, et al. An analysis of audio-visual crossmodal integration by means of event-related potential (ERP) recordings. *Cognitive Brain Research*, 2002, 14: 106-114.
- 5 Andrew A, Alexander A, Christina M. Cortical operational synchrony during audio-visual speech integration. *Brain and Language*, 2003, 85: 297-312.
- 6 Andrea F, Maria LL, Pierluigi P, et al. Auditory and visual automatic attention deficits in developmental dyslexia. *Cognitive Brain Research*, 2003, 16: 185-191.
- 7 Christopher IP, Kevin NO, Gil B, et al. Auditory perceptual grouping and attention in dyslexia. *Cognitive Brain Research*, 2005, 24: 343-354.

(收稿日期: 2005 - 07 - 20)

(本文编辑:冯学泉)