

事件相关电位技术对孤独症谱系障碍儿童基本视觉功能的研究

袁风云^{1,2,3}, 姚克勤³, 廖可人³, 唐诗迪³, 何胜昔³, 刘正奎^{1,2}

1. 中国科学院心理健康重点实验室/中国科学院心理研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院大学心理系, 北京 100049; 3. 深圳市卫生健康发展研究中心, 广东 深圳 518036

【摘要】目的:采用事件相关电位(ERP)研究技术,探讨孤独症谱系障碍儿童(ASD)视觉能力和特点。**方法:**选取25名10~12岁ASD儿童作为试验组,另选25名年龄、性别相匹配的正常儿童为对照组,通过半视野速示法,考察ASD儿童的视觉系统左右两侧枕叶发育特征。**结果:**①刺激产生的ERP各成分(P1, N2)特征明显;②行为数据显示,ASD儿童的反应时显著延长、正确率低,与正常儿童相比具有显著差异($P<0.05$)。**结论:**与正常儿童相比,ASD儿童对无意义的视觉刺激编码加工阶段、检索提取阶段等方面,可能存在劣势。试验组儿童可能存在视觉功能左右侧加工功能分离不明显,使得加工功能的准确率较低,效率降低。

【关键词】孤独症谱系障碍儿童;单侧视野视觉功能;事件相关电位

【中图分类号】R318;R729

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2019)08-0974-07

Basic visual functions in children with autism spectrum disorder: a research based on event-related potentials

YUAN Fengyun^{1,2,3}, YAO Keqin³, LIAO Keren³, TANG Shidi³, HE Shengxi³, LIU Zhengkui^{1,2}

1. Key Laboratory of Mental Health, Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2. Department of Psychology, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Shenzhen Health Development Research Center, Shenzhen 518036, China

Abstract: Objective To explore the visual abilities and characteristics of children with autism spectrum disorder (ASD) by event-related potential (ERP) technique. **Methods** A total of 25 ASD children aged 10 to 12 years were taken as experimental group, and another 25 age- and gender-matched healthy children were selected as control group. The characteristics of the development of the left and right occipital lobes of the visual system in ASD children were investigated by visual half field technique. **Results** The changes in the various components of ERP (P1 and N2) caused by stimuli were remarkable. The results of behavioral measurement showed that compared with normal controls, ASD children had a prolonged reaction time and a lower accuracy rate, with significant differences ($P<0.05$). **Conclusion** Compared with normal children, ASD children may have disadvantages in the process of meaningless coding visual stimuli and retrieval extraction. The left and right sides of visual functions of children in the experimental group may not have obvious separation of processing functions, which result in low accuracy and efficiency of processing functions.

Keywords: autism spectrum disorder; visual function of unilateral visual field; event-related potential

前言

孤独症谱系障碍(Autism Spectrum Disorder, ASD)是一种严重的神经发育障碍,是广泛性发育障

碍的代表性疾病,主要表现为社会交往障碍、沟通障碍、狭隘兴趣和刻板行为。有研究指出^[1],ASD儿童对他人面部表情感知存在缺陷,可能是这类患者表现出社交障碍的原因之一^[1]。Dawson等^[2]对3~4岁ASD儿童采用事件相关电位(Event-Related Potential, ERP)进行研究发现,当呈现出喜欢、陌生这两类玩具的时候,这批被试ASD儿童的电位波形发生了明显的变化;然而,当呈现出母亲面孔(熟悉的面孔)、陌生脸孔这两类不同脸孔时,被试ASD儿

【收稿日期】2019-03-15

【作者简介】袁风云,主要研究方向:儿童及青少年认知能力及情绪, E-mail: yfy2310@163.com

【通信作者】刘正奎,教授,博士生导师,研究方向:重大应激事件与心理健康及儿童创造力的发展, E-mail: liuzk@psych.ac.cn

童的电位波形没有发生明显改变。研究表明,ASD患者对非生命物体的认知程度,似乎比对面部(脸孔)的认识更加敏感。临床的观察和行为研究均表明,ASD患者从婴幼儿时期开始就出现了对他人面孔缺乏兴趣的表现^[3];在与客体的互动中,ASD患者极少关注对方的表情或者动作,彼此之间罕有目光的接触^[4]。ASD患者通常还表现出与他人对视的回避,表现出彼此之间交流的困难^[5-6]。事实上,以儿童群体为例,ASD患者在判断视线方向的能力,与正常儿童并不存在差异^[7]。

先前的研究主要是从面孔识别、注视加工、表情情绪认识等方面研究ASD儿童的视觉功能,忽视了ADS儿童基本视觉功能因素对上述研究结果的影响和解释^[8-10]。面孔识别、注视加工以及表情情绪加工等都涉及到除视觉基本能力外的感知觉整合、认知能力等更高级的能力,上述能力的缺失,未能证实ASD患者的视觉基本能力是否存在缺陷^[11]。这种在面孔情绪识别任务过程中所表现出来的能力缺陷,以及早期面孔信息的感知能力受损,是否与大脑视觉基本的感觉功能缺陷有关,还有待进一步的分析和研究^[12-13]。

相关研究也提供了启示,何胜昔等^[14]采用单侧视野刺激法,使用高时间频率ERP分析系统记录被试在完成简单视觉任务时的波形,研究阅读障碍儿童视觉功能,该研究揭示阅读障碍儿童的视觉功能发育落后于正常儿童,视觉功能的落后是阅读障碍的原因之一。本研究从中获得以下启示:是否可以采用类似的方法,考察ASD儿童在视觉功能方面的发育情况。综上所述,本研究假设,ASD儿童基本视觉功能的发展落后是ASD儿童对他人面部表情感知存在缺陷和社交障碍等表现的可能原因之一。ASD儿童的基本视觉能力发展与正常儿童存在显著的差异。

1 资料与方法

1.1 被试

选取25名10~12岁的ASD儿童,以及25名与其年龄、性别相匹配的正常对照组儿童参加本研究组织的试验。50名被试视力正常或校正视力正常。

25名ASD儿童均来自广东省深圳市,均被当地三甲医院确诊为ASD,符合美国精神医学学会DSM-5中所列的ASD特征,即具有社会交往障碍、沟通障碍、狭隘兴趣和刻板行为等核心症状^[15-16]。经检查,这25名ASD儿童无明显的视觉和听觉障碍、情绪障碍以及器质性脑病。25名正常对照组儿童均为深圳市某小学的五

级、六年级学生。两组学生的精神神经家族史均为阴性,未服用过抗精神病类药物,自愿参加本次实验,也得到家长同意,并愿意填写书面同意书。

1.2 试验方法

本试验是根据单侧视野投射原理所进行的,又称半视野速示法^[14],本试验使用计算机显示屏代替传统的速示器。试验在计算机显示屏的中央呈现一个“十”符号,要求被试的注视点在这个“十”符号。随后,在“十”符号左右两侧相距8 cm的地方,随机呈现直径为1 cm的黑色圆饼“●”符号50 ms。“十”符号与“●”符号之间的视角为5.7°,这样就可以保证被试在双眼注视的情况下,只能用单视野探测“●”符号的位置,眼球的左右移动会使被试无法注意到“●”符号。

试验进行期间,“●”符号呈现50 ms后,计算机显示屏将会出现空屏。经过练习,被试熟练掌握试验流程,当看到左边出现“●”符号,则按一下键盘的左边;看到右边出现“●”符号,则按一下键盘的右边。随后,进入等待被试反应的间隔期,间隔期设定为200~300 ms。“●”符号在左、右两侧各随机呈现80次。观察两组儿童双侧视野反应时行为反应速度和正确率。

1.3 数据采集及处理

试验中,被试坐在舒适的沙发上,与电脑屏幕的距离为80 cm;首先在光线较暗的隔音室内休息5 min,调整心情,适应环境,再参加实验。

试验使用的实验仪器为德国制造BrainProduct, BP-ERP工作站,该设备使用64导电极帽记录脑电波。根据试验计划,参考电极放置在双侧耳后乳突,同时记录水平眼电(Horizontal Electrooculogram, HEOG)和垂直眼电(Vertical Electrooculogram, VEOG)。滤波带通为0.01~70 Hz,采样频率为500 Hz,头皮电阻均<5 k Ω 。工作站设备对视觉刺激信号呈现前200 ms至其后600 ms期间的脑电进行分析,并以零点前200 ms为基线。同时,试验使用的工作站设备设定为自动矫正伪迹,波幅> $\pm 50 \mu V$ 时,将在叠加中被自动剔除。

根据本试验的设计,对脑电分类的叠加,可以得到两组被试(试验组、对照组)的ERP波形。ERP由多成分组成,习惯上根据波的方向(正P,负N)、潜伏期或出现的顺序来命名,如P1/P100。根据本次试验的ERP总平均图的特点,结合前人的工作设定测量窗口进行分析,可以看到刺激产生的ERP成分P1和N2明显。

1.4 统计学分析

本次试验中,采用数据统计软件 SPSS 22.0 进行统计分析。描述性数据以均数±标准差的方式进行表示。 $P<0.05$ 表示数据差异有统计学意义。

根据被试(试验组、对照组)、刺激类型(左侧视野刺激、右侧视野刺激)以及被试分类与刺激类型的交互作用,采用 2*2 因素方差分析,即组别(两个水平:试验组与对照组)和作业任务(两个水平:左侧视野投射与右侧视野投射),因变量为电极位点 P7、P8(左顶枕叶、右顶枕叶)、O1、OZ、O2(枕叶位)上各个波形的潜伏期与波幅,再根据交互效应的结果,对试验数据进行配对样本 t 检验。

2 结果

本试验共记录到 50 名被试的脑电数据。其中,有 5 位被试未能按照要求完成试验,其中 4 位被试是 ASD 儿童,1 位被试是正常对照组儿童。因此,本试验最终统计出 21 位 ASD 儿童和 24 位正常对照组儿童的脑电数据。

2.1 行为数据

行为数据的结果如表 1 所示。可见 ASD 儿童对单侧视野投射的视觉信号反应时间,与正常对照组儿童有着比较明显的差异,表现为 ASD 儿童行为反应延后,反应时间较正常对照组儿童的长($P<0.001$),两组儿童反应时间有显著差异。对信号反应的正确率两组数据也有显著差别($P<0.05$)。

表1 两组儿童双侧视野反应时间行为测定结果($\bar{x} \pm s$)
Tab.1 Behavioral measurement of two groups of children (Mean±SD)

组别	<i>n</i>	右侧视野		左侧视野	
		反应时间/ms	正确率/%	反应时间/ms	正确率/%
试验组	21	569.1±208.3	52.7±12.5	619.8±137.3	48.6±10.7
对照组	24	294.7±124.7	94.2±8.7	298.3±135.8	90.1±8.2

2.2 ERP 结果

本研究中,在顶枕叶 P7、P8、和枕叶 O1、OZ、O2 等电极位点,均可以看到两个明显的波形成分,即 P1 和 N2。因而,本实验选择与视知觉功能相关的脑区 O1-O2(枕叶)以及 P7-P8(顶枕叶)为主要的观测点。其统计数据如表 2 所示。

在 P1 方面,试验组与对照组两个组别上,P8 波幅值的组间效应差异有统计学意义($P_{\text{group}}<0.05$);而根据刺激类型来看,O1、P7、P8 部位的潜伏期差异有统计学意义($P_{\text{test}}<0.05$),在 O1 上的波幅值差异有统计学意义($P_{\text{test}}<0.05$)。而在组别与刺激类型的交互效应上,在 O1、O2、P7、P8 部位的潜伏期的差异均有统

表2 两组儿童P1波形的ERP数据
Tab.2 Event-related potentials (ERP) data of P1 in two groups of children

电位		试验组		对照组		P_{group}	P_{test}	$P_{\text{group*test}}$
		左侧视野	右侧视野	左侧视野	右侧视野			
O1	潜伏期/ms	114.35±25.67	120.50±21.97	108.83±19.22	133.22±15.80	0.407	0.001*	0.038*
	波幅/μV	1.88±11.25	6.74±9.09	1.93±1.87	3.62±2.34	0.317	0.034*	0.300
O2	潜伏期/ms	118.70±24.73	120.92±23.82	125.92±19.06	108.70±18.27	0.577	0.097	0.032*
	波幅/μV	1.13±14.83	7.38±8.62	2.45±2.26	1.57±2.33	0.214	0.137	0.050
OZ	潜伏期/ms	116.61±24.97	120.67±22.76	118.92±19.60	124.70±19.22	0.482	0.276	0.848
	波幅/μV	1.43±13.92	5.68±7.14	1.68±2.09	2.48±2.70	0.370	0.128	0.295
P7	潜伏期/ms	116.09±22.66	121.33±24.90	99.00±15.63	140.61±10.33	0.784	0.000*	0.000*
	波幅/μV	4.24±8.07	5.28±8.75	1.38±1.63	4.10±2.40	0.114	0.140	0.508
P8	潜伏期/ms	117.22±22.65	122.25±23.76	129.83±19.85	100.00±12.96	0.253	0.004*	0.000*
	波幅/μV	2.08±8.80	7.19±7.54	1.67±2.18	0.65±1.54	0.006*	0.097	0.014*

P_{group} : 试验组 vs. 对照组; P_{test} : 左侧视野刺激 vs. 右侧视野刺激; $P_{\text{group*test}}$: 组别与刺激类型的交互效应; * $P<0.05$

计学意义($P_{\text{group}*\text{test}} < 0.05$), P8的波幅值具有统计学意义($P_{\text{group}*\text{test}} < 0.05$)。在N2方面, 试验组与正常对照组儿童两个组别上, 各组数据均没有显著性差异; 而根据刺激类型的数据来看, 各部位的潜伏期差异没有

统计学意义, 在O1、P7部位的波幅差异有统计学意义($P_{\text{test}} < 0.05$)。组别与刺激类型的交互作用方面, 在P7、P8等部位的潜伏期差异均有统计学意义($P_{\text{group}*\text{test}} < 0.05$), 见表3。

表3 两组儿童N2波形的ERP数据
Tab.3 ERP data of N2 in two groups of children

电位		试验组		对照组		P_{group}	P_{test}	$P_{\text{group}*\text{test}}$
		左侧视野	右侧视野	左侧视野	右侧视野			
O1	潜伏期/ms	161.92±37.04	162.42±33.13	159.42±23.95	163.04±35.54	0.890	0.760	0.817
	波幅/ μV	-10.39±17.40	-3.21±7.07	-4.06±3.73	-2.92±2.14	0.099	0.039*	0.132
O2	潜伏期/ms	171.33±38.11	160.75±33.86	178.33±24.43	167.22±16.82	0.271	0.077	0.965
	波幅/ μV	-11.84±24.04	-4.08±7.42	-3.97±2.75	-4.74±2.06	0.172	0.186	0.106
P7	潜伏期/ms	152.17±38.41	133.92±33.59	149.92±16.31	162.43±39.22	0.056	0.674	0.026*
	波幅/ μV	-6.09±11.93	-3.01±5.45	-4.63±3.07	-1.53±2.03	0.299	0.030*	0.994
P8	潜伏期/ms	159.33±39.84	163.42±34.47	182.25±20.69	160.43±14.61	0.101	0.144	0.034*
	波幅/ μV	-9.48±15.64	-4.78±8.88	-4.33±3.58	-5.49±1.93	0.246	0.355	0.127
OZ	潜伏期/ms	165.00±41.66	166.33±30.60	166.50±31.34	165.30±31.34	0.973	0.992	0.857
	波幅/ μV	-9.81±18.94	-4.61±6.01	-4.30±3.85	-3.09±2.05	0.097	0.131	0.344

在本次研究中, 选取了O1、O2、OZ等3个电极位点的波形图进行比较分析(图1、图2)。从直观上看, 正常对照组儿童的波形图规律性强, 左右侧视野在潜伏期与波幅值上, 没有出现显著差异。

ASD儿童左侧视野的潜伏期均比右侧视野有明显的延迟, 右侧视野的波幅值均比左侧视野高。

3 讨论

在以往的研究中, 对ASD儿童的视觉ERP研究主要为ASD儿童的面孔识别、表情情绪从认知到识别的能力等方面的视知觉能力。本试验采用客观的单侧视野速视法, 将“●”符号作为无意义的视觉刺激材料, 探测ASD儿童的视觉感觉能力与正常儿童的差异。

从本研究中的行为学表现来看, 试验组的反应时明显比对照组的反应时要长[$F(1, 42)=14.882, P<0.001$], 正确率比正常对照组儿童要低[$F(1, 42)=5.310, P<0.05$]。这一结果与ASD儿童视觉相关研究结果基本一致。例如, 许彩娟等^[1]采用ERP方法, 考察了中国ASD儿童对中国人表情面孔的加工, 结果发现, ASD儿童表情面孔工作记忆能力落后于正常儿童, 而加工速度的劣势是ASD儿童表情面孔工作记忆能力不足的重要原因^[1]。

本研究在对比试验组和对照组的脑电图时发

现, 在枕叶O1、O2、OZ脑区采集的部分P1、N2波上, 试验组儿童与对照组儿童的潜伏期数据差异不显著。从直观上看ASD儿童的行为学表现情况, 与其ERP波形显示的情况不相匹配。ERP波形, 反映的是大脑加工刺激信号的状况; 行为学表现, 则是大脑神经系统接收信号后, 经过神经通道的加工, 反馈到儿童的具体行为上。本研究分析试验数据后推测, 两者出现不相匹配的情形, 可能是因为ASD儿童处理无意义刺激信号的视觉神经功能, 比正常对照组儿童迟缓, 最终使得ASD儿童的反应速度显得迟钝。两者之间的矛盾客观存在, 进一步提示, ASD儿童对无意义的视觉刺激编码加工阶段、检索提取阶段等方面, 可能存在劣势。

在本研究中对行为数据, 笔者发现正常对照组儿童左侧视野、右侧视野的反应时基本相同。Schiffer等^[17]的研究认为, 单侧视野刺激能引起对侧脑半球的外纹状皮质的激活。因此, 笔者认为, 正常对照组儿童左枕叶和右枕叶视皮质在加工相同的视觉信号时, 所产生的脑电波形是一致的。而由于对称分布在大脑左右两半球的视皮质结构相同、功能相同^[18], 因此在ERP波形上的表现也是相同的。也就是说, 正常对照组儿童在加工适宜的视觉刺激时, 左右半球的功能是均势的, 没有偏侧化的倾向。

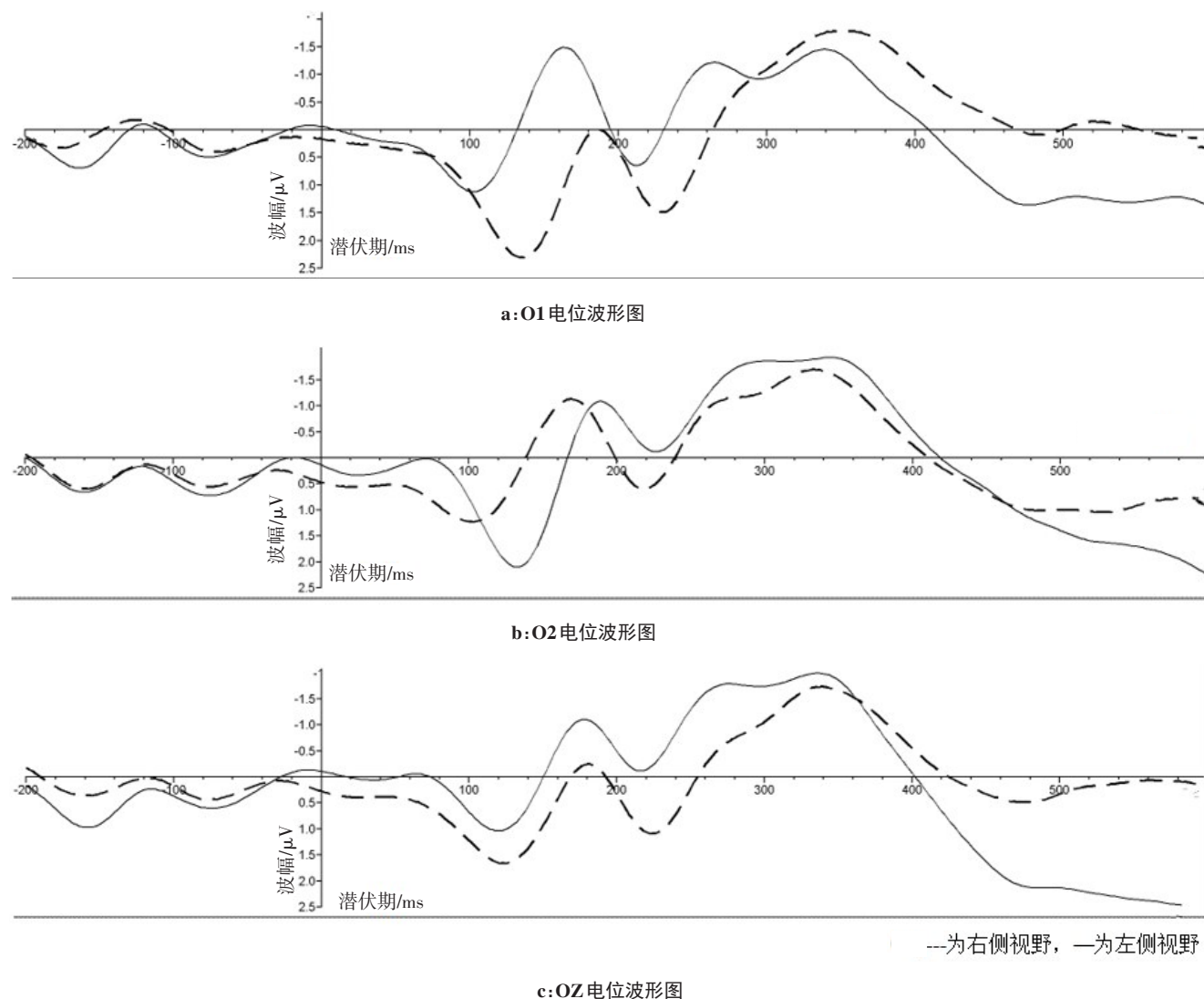


图1 正常儿童 O1, O2, OZ 电位波形图

Fig.1 O1, O2, OZ potential waveforms in normal children

从单侧视野投射的原理来讲,来自左侧的视野投射落在左侧的枕叶上,形成视觉功能加工^[19]。从对照组儿童的P1成分数据上,可以看到,左侧视野的刺激在左枕叶上的潜伏期是108.83 ms,当信号传送到右枕叶时,右枕叶的潜伏期为125.92 ms,两者相差约20 ms;而在试验组儿童的相应数据,分别为114.35和116.09 ms,两者差异不大,基本相同。右侧视野投射的刺激落在右枕叶上,对照组儿童的潜伏期为108.70 ms,信号传送到左枕叶时,其潜伏期则为133.22 ms,两者相差约20 ms,与左侧视野数据相当。而试验组相应的数据分别为120.92与120.50 ms,两者数据基本相同。左枕叶的视觉刺激传达到右枕叶时候,必然会有所延迟,试验组这方面的数据差异不大,几乎没有延迟。因此推测,试验组儿童可能存在视觉功能左右侧加工功能分离不明显,使得加工功能的准确率较低、效率降低。

Hillyard认为,大脑在分别标准和偏差时包括以下两个主要过程:(1)将得到的信息进行分析并分解为一个一个的单位;(2)将这些单元按照出现的概率进行归类。而个体对这种所谓的“单元”的分析归类会根据进入大脑信息的类型和被试接受信息的能力不同有所变化^[20]。反映到本试验中,则是波幅和潜伏期的差异。

与对照组视觉功能不同的是,试验组的视觉功能差异尤其表现在O1的电位变化上:在完成不同刺激任务时,试验组O1的电位变化与对照组儿童有着显著差异。而在O2上,两组被试的差异不明显。这可能是由于右侧视野瞬时系统对信息加工的效率降低,敏感性低而引起的。

综上所述,本实验所采用的ERP技术,从脑功能的角度,证明了ASD儿童与正常儿童的视觉功能存在差异。通过研究结果可以推断,ASD儿童的视觉

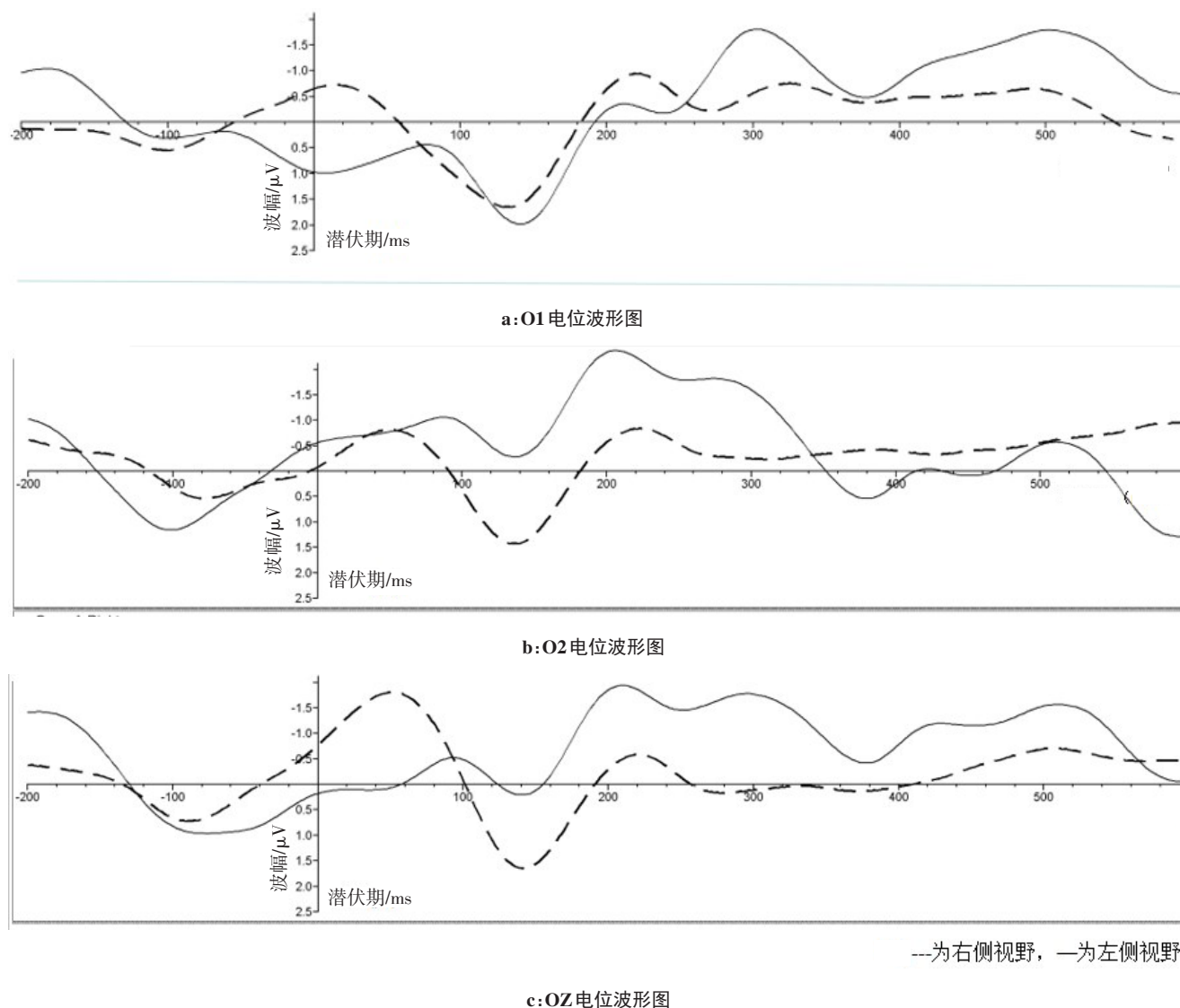


图2 ASD儿童O1,O2,Oz电位波形图

Fig.2 O1, O2, Oz potential waveforms in children with autism spectrum disorder (ASD)

系统的发育可能落后于正常儿童,ASD儿童视觉功能可能存在偏侧化的倾向。

【参考文献】

- [1] 许彩娟,张玲,潘宁,等.孤独症谱系障碍儿童表情面孔工作记忆的事件相关电位研究[J].中国当代儿科杂志,2017,19(3):280-285.
- [2] XU C J, ZHANG L, PAN N, et al. Event-related potential of working memory on emotional face in children with autism spectrum disorder [J]. Chinese Journal of Contemporary Pediatrics, 2017, 19(3): 280-285.
- [3] DAWSON G, CARVER L, MELTZOFF A N, et al. Neural correlates of face and object recognition in young children with autism spectrum disorder, developmental delay, and typical development[J]. Child Dev, 2002, 73(3): 700-717.
- [4] PHILIP R C, WHALLEY H C, STANFIELD A C. Deficits in facial, body movement and vocalemotional processing in autism spectrum disorders[J]. Psychol Med, 2010, 40(11): 1919-1929.
- [5] CHAWARSKA K, VOLKMAR F. Impairments in monkey and human

face recognition in 2-year-old toddlers with autisms spectrum disorder and developmental delay[J]. Dev Sci, 2007, 10(2): 266-279.

- [6] KANNER L. Autistic disturbances of affective contact [J]. Acta Paedopsychiatr, 1968, 35(4): 100-136.
- [7] YIRMIYA N, GAMLIEL I, PILOWSKY T, et al. The development of siblings of children with autism at 4 and 14 months: social engagement, communication, and cognition [J]. J Child Psychol Psychiatry, 2006, 47(5): 511-523.
- [8] VLAMINGS P H, STAUDER J E, VAN SON I A, et al. Atypical visual orienting to gaze and arrow cues in adults with high functioning autism [J]. J Autism Dev Disord, 2005, 35(3): 267-277.
- [9] FRANKLIN A, SOWDEN P, BURLEY R, et al. Color perception in children with autism[J]. J Autism Dev Disord, 2008, 38(10): 1837-1847.
- [10] BERTONE A, MOTTRIN L, JELENIC P, et al. Motion perception in autism: a "complex" issue[J]. J Cogn Neurosci, 2003, 15(2): 218-225.
- [11] 张玲,潘宁,许彩娟,等.高功能孤独症儿童表情面孔工作记忆的损害特征[J].中国儿童保健杂志,2016,24(5):475-478.
- [12] ZHANG L, PAN N, XU C J, et al. Deficit of working memory on emotional faces in children with high-functioning autism[J]. Chinese Journal of Child Health Care, 2016, 24(5): 475-478.

- [11] PAYÁ GONZÁLEZ B, FUENTES MENCHACA N. Neurobiology of autism: neuropathology and neuroimaging studies [J]. *Actas Esp Psiquiatr*, 2007, 35(4): 271-276.
- [12] GUNJI A, INAGAKI M, INOUE Y, et al. Event-related potentials of self-face recognition in children with pervasive developmental disorders [J]. *Brain Dev*, 2009, 31(2): 139-147.
- [13] 李松泽, 胡金生, 李骋诗, 等. 高功能孤独症幼儿空间工作记忆的组块加工缺陷[J]. *心理学报*, 2017, 49(5): 631-642.
- LI S Z, HU J S, LI C S, et al. Chunking processing of spatial working memory in autism preschool children[J]. *Acta Psychologica Sinica*, 2017, 49(5): 631-642.
- [14] 何胜昔, 尹文刚, 杨志伟. 发展性阅读障碍儿童视觉功能的事件相关电位研究[J]. *中国行为医学科学*, 2008, 17(2): 174-176.
- HE S X, YIN W G, YANG Z W. Chinese children developmental dyslexia: a visual event related potential study[J]. *Chinese Journal of Behavioral Medicine and Brain Science*, 2008, 17(2): 174-176.
- [15] Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-5)[Z]. 2013.
- [16] COHEN D J, VOLKMAR F R. Handbook of autism and pervasive developmental disorders[M]. New York: Wiley, 1997.
- [17] SCHIFFER F, MOTTAGHY F M, PANDEY VIMAL R L, et al. Lateral visual field stimulation reveals extrastriate cortical activation in the contralateral hemisphere: an fMRI study[J]. *Psychiatry Res*, 2004, 131(1): 1-9.
- [18] RANGANATH C, D'ESPOSITO M. Directing the mind's eye: prefrontal, inferior and medial temporal mechanisms for visual working memory[J]. *Curr Opin Neurobiol*, 2005, 5(2): 175-182.
- [19] ULAY H T, ERTUĞRUL A. Neuroimaging findings in autism: a brief review[J]. *Turk Psikiyatri Derg*, 2009, 20(2): 164-174.
- [20] KOSHINO H, KANA R K, KELLER T A, et al. fMRI investigation of working memory for faces in autism: visual coding and underconnectivity with frontal areas[J]. *Cerebr Cortex*, 2008, 18(2): 289-300.

(编辑:薛泽玲)