

Literature Review on the Application of Eye Movement Technology in Autism Research

Jing Liu

Tianjin Normal University, Tianjin
Email: 1103307089@qq.com

Received: Mar. 30th, 2020; accepted: May 4th, 2020; published: May 11th, 2020

Abstract

As the number of children with autism has increased in recent years, and the incidence of the disorder is on the rise worldwide, there has been a significant increase in attention and research on autism and various disorders in groups like them. Much of the research on people with autism has also focused on the exploration of three typical traits: speech development, cognitive development and social interaction. Disorders of speech development and social interaction have become major barriers to communication between autistic patients and the outside world. Eye movement technology has been used for decades to investigate certain behaviors in the general population, and recent research has extended it to people with autism spectrum disorders. In this review, we discuss the use of eye movement techniques to explore the characteristics of gaze patterns and speech acquisition in autistic individuals, in conjunction with relevant studies at home and abroad. In addition, a systematic summary of the eye movement research of patients with autism spectrum disorder is made, which is expected to provide a basis for further research.

Keywords

Autism Spectrum, Gaze Mode, Speech Development, Eye Movement Technology

眼动技术在自闭症研究中应用的文献综述

刘 静

天津师范大学, 天津
Email: 1103307089@qq.com

收稿日期: 2020年3月30日; 录用日期: 2020年5月4日; 发布日期: 2020年5月11日

摘 要

随着近几年来自闭症儿童越来越多, 发病率在全球范围内不断上升, 所以对自闭症以及他们这类群体各

种障碍的关注度以及研究也就显著增加。大部分对于自闭症患者的研究也集中于言语发展、认知发展以及社会交往三个典型特征的探索。其中言语发展以及社会交往的障碍已经成为阻碍自闭症患者与外界沟通的主要障碍。几十年来,眼动技术一直被用于调查正常人群的某些行为,最近的研究已经将其扩展到自闭症谱系障碍患者。在这篇综述中,我们结合国内外的有关研究讨论了使用眼动研究技术来探讨自闭症患者在凝视模式以及言语习得方面的特点。并对自闭症谱系患者的眼动研究进行一个系统性的总结,希望以此为以后的深入研究提供依据。

关键词

自闭症谱系患者, 凝视模式, 言语发展, 眼动技术

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

自闭症谱系障碍(ASD)是一种以重复行为和交流障碍为特征的终身神经发育疾病(American Psychiatric Association, 2013)。1943年堪纳(Kanner)首次提出“自闭症”这一名称,至今自闭症仍然是一种病因不明、无治愈方法的广泛性发展障碍。自闭症作为一种症候群,其具体症状因人而异,社会性障碍、交流障碍与想象障碍是自闭症的三个典型障碍。在过去的十年里,有观点认为自闭症并不是一种分类障碍,而是一种连续统一体,与阿斯伯格综合症和广泛性发育障碍一起存在(PDD-NOS)。这些症状统称为自闭症谱系障碍(ASDs, DSM-IV; 美国精神病学协会, 2000年)。Kanner首先描述的典型自闭症通常与智力迟钝有关。然而,大约有20%的自闭症患者的智商处于平均水平或高于平均水平。患有阿斯伯格综合症(AS)的人不会出现语言迟缓或智力迟钝,但在社交互动、重复行为的异常模式和社交困难方面具有自闭症的特征。自闭症的发病率在全球范围内不断上升,英国的患病率约为每1000人中有10人患有自闭症(1%) (Au-Yeung, Benson, Castelhana, & Rayner, 2011),近几年也在呼吁对患有自闭症的儿童进行更多的研究以改变这种现状。近几年的研究也都由于自闭症病因的不明确和无固定的治疗方法而越来越偏向于基础性的研究,有大量研究表明自闭症患者的社交行为,包括他们与他人的眼神交流,都受到了损害,但造成这种损害的过程仍然难以捉摸。

本文集中于对自闭症患者凝视行为以及言语习得方面的特点,特别是对其眼动研究的结果进行探讨,深入解读前人文献,希望以此能够总结经验,促进自闭症儿童相关障碍的解读,最终为以后的深入研究乃至对其康复与治疗提供依据。

2. 眼动技术在自闭症研究上的优势

Kanner对自闭症的最初描述突出了社会和情感方面的障碍,认为这些障碍似乎是自闭症所独有的,而沟通障碍和重复行为模式也出现在其他疾病中。许多研究试图通过调查自闭症患者的社会信息处理来探究这些社会缺陷的本质。那么随着科学技术的不断发展,后期的相关研究则应用更加方便且结果更加明显的眼动追踪技术来进行,但在此之前我们也要了解前人对于自闭症患者社会交往方面的研究,了解其社会交往方面的特征与缺陷,以及以往研究的不足之处,从而更加深入的讨论眼动技术对于此研究的优势。

以往的研究主要应用的材料中最常用的刺激物是人脸图片，但也有使用社会互动的录像带、人声和抽象的动画等材料进行实验。研究结果也表明，这类社会信息的感知与自闭症患者所观察到的社会交互作用缺陷密切相关(Joseph & Tager-Flusberg, 2004)。研究通过简单拍摄被试的反应来收集数据，例如当他们看图片或观看视频剪辑可以给一个粗略的指示他们的凝视方向。后来更专业的设备可以更准确地确定视线的方向，一种技术是使用巩膜搜索线圈，这是一种隐形眼镜，结合线圈和受试者头部周围的磁场，一种侵入性较小的方法是用红外线照射眼睛，然后用摄像机捕捉反射的图像，瞳孔的位置提供了足够的信息来确定一个物体在屏幕上的哪个位置，除了瞳孔外，还可以捕捉到眼睛的反射，这两点的相对位置与头部位置的关系更为独立。

应该注意的是，尽管在处理方式上存在差异，但在自闭症患者面部处理任务中实际表现视线方位和轨迹是不能准确确定的，而现代眼球追踪技术可以更准确地确定视线的方向以及注视的具体时间与注视轨迹，从而使实验更加具体清晰(Gramatikov, Zalloutm, Wu, Hunter, & Guyton, 2007)。同时在这篇综述中，也将叙述眼动技术对于自闭症患者凝视模式以及言语发展的研究以及研究结果给我们的启示。

3. 自闭症研究中的眼动技术的应用

3.1. 眼动技术简介

长期以来，凝视行为的研究一直被用来研究刺激是如何被处理的。这背后的前提是，当一个人直视(注视)一个物体时，它的图像落在中央凹，这是视网膜上专门用来进行详细视觉处理的部分。因此，眼睛需要移动，以检查整个视觉场景的细节。因此，凝视行为的记录表明了一个人在视觉场景中寻找详细信息的位置。这在与认知能力测试(如 ToM 测试)或情绪识别测试相结合时非常有用，因为它除了提供一个人在测试中的总体得分之外，还提供了其他信息。关于测试刺激的哪一部分的信息可以为受试者提供他或她可能用来完成测试的策略。

早期关于观看行为的研究只是简单地将被试观看图片或视频片段的过程拍摄下来，然后对录像进行评分，以获得他们注视方向的粗略指示。现代眼球追踪技术可以更准确地确定视线的方向。目前也在研究相关的新设备，以提高其准确度。眼动仪数据采集的时间分辨率根据所用眼动仪的类型和型号而有所不同，瞳孔追踪器和瞳孔追踪器的采样率一般在 50 赫兹到 2 千赫兹之间(例如：ASL R6 型)。对中央凹的直接跟踪可在最高 200 Hz 的速度下完成。涉及直接检测中心凹时空间分辨率从视角的 0.005 度到 0.5 度(ASL 模型 310)或约 0.1 度的方法。有研究已经采用 II 型头戴式眼动仪系统记录眼球运动。该系统将眼位信息在线解析为注视、扫视和眨眼三个阶段。该算法测量眼球运动、速度和加速度，并在其中任何一个测量值超过阈值(运动：0.10°，速度：30°/s，加速度：8000°/s²)时识别扫视。当速度降到 35°/s 以下，扫视结束。瞳孔大小被连续记录下来，并被系统用来检测眨眼(Neumann, Spezio, & Piven, 2006)。

3.2. 眼动技术对自闭症患者凝视模式的研究

长期以来，眼球追踪一直被用于研究正常成年人的凝视模式。最近它被用于研究自闭症患者。如前所述，研究通常涉及人的图像或视频剪辑，或只是人脸。正常的成年人在看脸的时候会有一种特定的凝视模式，主要集中在眼睛上，也包括鼻子和嘴巴，也就是所谓的核心特征(Langdell, 1978; Luria & Strauss, 1978)。其中一项研究使用眼球追踪技术对 5 名成年自闭症男性患者和 5 名对照组患者进行眼部运动监测，同时对他们进行面部表情照片的情绪识别测试。自闭症患者花较少的时间检查脸部的核心特征(眼睛、鼻子和嘴巴；随后的分析表明，这种影响是由眼睛和鼻子注视时间的减少引起的)(Pelphrey, Sasson, Reznick, Paul, Goldman, & Piven, 2002)。同样的，当从注视角度分析注视数据时，自闭症组中注视这些核心面部特征的人更少，尽管这些差异在个体特征层面上并不显著。道尔顿等人在一项神经成像研究中也发现了类

似的结果。被试完成了两项任务，同时他们眼球运动被监测，并使用 fMRI 记录大脑活动。任务 1 包括区分情绪和中性的面部表情。任务二涉及判断一张脸是熟悉的还是不熟悉的。在这两项任务中，自闭症组对眼睛区域的注视较少。然而，自闭症组和对照组之间在注视的次数上，或者在注视嘴的次数上没有任何区别(Dalton, Nacewicz, Johnstone, Schaefer, Gernsbacher, Goldsmith, Alexander, & Davidson, 2005)。克林等人研究了 15 名患有自闭症的年轻男性和 15 名对照组的注视模式，他们在观看具有社会互动特征的电影剪辑时，眼球追踪也可以用于视频剪辑。研究人员没有给受试者任何具体的任务，只是让他们观看视频片段。视频剪辑比单个人的静态照片在生态上更有效，因为它们模拟了现实生活中的社交场景，场景中有多个分散注意力的人和物体。和静态照片一样，而自闭症组则很少看角色的眼睛。相比之下，他们更频繁地观察嘴和身体，以及场景中的其他物体(Klin, Jones, Schultz, Volkmar, & Cohen, 2002)。另一项研究的主要发现是，对嘴的注视是自闭症患者社交能力的重要预测因素。自闭症认知功能的研究很少能够证明正式测试的分数与社交能力或残疾之间的联系。这一发现表明，眼球追踪可能是缩小自闭症患者在认知测试中的表现与日常社交能力之间差距的一种方法。

另一个卓有成效的方法是研究自闭症患者和其他临床群体的凝视行为之间的相似之处。在患有杏仁核损伤的患者中，也发现了眼睛固定减少的现象，这增加了自闭症患者的固定模式异常是由杏仁核功能异常引起的可能性(Adolphs, Gosselin, Buchanan, Tranel, Schyns, & Damasio, 2005)。人们还发现自闭症患者与患者有另一个共同特征——识别恐惧面部表情的能力下降，这在 SM 患者身上被证明是由于眼睛注视的减少(Pelphrey, Sasson, Reznick, Paul, Goldman, & Piven, 2002)。与这些发现一致的是，最近的一项研究发现，对眼睛注视较少的自闭症患者识别恐惧的能力较差(Corden, Chilvers, & Skuse, 2007)。

研究注视模式的一个局限是，它们不能表明大脑如何使用它接收到的视觉信息。例如，即使一个人表现出正常的注视，他们也可能不会利用眼睛中的信息。Spezio 等人使用眼球追踪和一种呈现刺激的新方法，来研究受试者使用面部的哪些部位来识别情绪表情(Spezio, Adolphs, Hurley, & Piven, 2007)。使用所谓的气泡法中他们创造的图像中只有脸部的某些部分是可见的。他们发现，像克林等人研究相同，自闭症患者对嘴有更多的注视，而自闭症患者更依赖嘴中的信息来识别情绪(Gosselin & Schyns, 2001)。有相关研究显示了这种结果，他们的实验中将脸分为两种一种为气泡脸一种为整体脸，又划分为正置脸和倒置脸来进行自闭症患者以及正常人的对比，结果显示自闭症组表现出对嘴的期望偏倚，而正常组花更多时间注视眼睛；自闭症组在气泡脸上对于脸上局部的特征与正常人无差异，但是通过自闭症患者对整体脸的注视过程进行更详细的时间划分可以得出，自闭症患者在早期(200~400 ms)就已经开始注视脸部嘴巴的位置了，而正常人更加偏向于看眼睛。这样的结果是由于自闭症患者对固定嘴巴的异常偏倚并不是由于自下而上的特征显著性的过分敏感所引起的，而是由分配视觉注意力的自上而下的异常策略所引起的(Neumann, Spezio, & Piven, 2006)。

综上所述，对自闭症患者在眼动方面的研究应用主要倾向于其对人脸的注视，注视更倾向于嘴巴，注视眼睛的时间较少，有研究给出的研究假设主要有三点：一种可能性是，自闭症患者很少直视眼睛，因为眼神接触会导致情绪困扰。另一种可能性是，他们不正常地被吸引到嘴巴，因为它提供了突出的特征，如运动和声音发射。然而，第三种可能性是，看嘴是一种补偿策略，当自闭症患者的眼睛提供的信息较少时，从人脸的其他部分提取社会意义。目前没有确切的研究证明自闭症患者出现这种倾向的详细原因，但是这可以成为我们后续研究的一个方向。

3.3. 眼动技术对自闭症患者言语发展的研究

在上述研究中我们探讨了眼动技术应用于自闭症患者凝视模式方面的研究，那么不同的研究侧重点是不同的。因此接下来我们从另一个侧面出发，讨论眼动技术对于自闭症患者言语缺陷方面的研究，使

我们对自闭症的眼动研究有一个全新的理解。

众所周知社会交往障碍的典型表现就是言语方面的障碍，而自闭症患者的典型障碍之一就是言语障碍，那么就有需要我们去更深一步的进行考虑，到底是自闭症患者言语形成有问题还是仅仅在言语产生方面有问题，这都是我们要讨论的问题。

有眼动研究表明，在言语习得的阶段自闭症儿童以及自闭症高危儿童(自闭症儿童的兄弟姐妹)词语习得的障碍与视线追进行为不相关，却与目标物体的注视时间比率相关(Gliga, Elsabbagh, Hudry, Charman, & Johnson, 2012)。提供多重线索能够有效提高此类儿童对目标物体的注视时间比率从而提高词语习得的成绩(Akechi, Kikuchi, Tojo, Osanai, & Hasegawa, 2013)。在此基础上有一项眼动研究，深入探讨了自闭症儿童在社会与感知线索下习得词语的特点，该研究通过在基线、一致和矛盾三种实验条件下考察感知线索和社会性线索在自闭症谱系障碍儿童词语习得中的相对作用。眼动结果表明，此类儿童在脸部注视模式和视线追随行为上与普通儿童存在差异。这说明，虽然社会性线索在此类儿童与普通儿童的词语习得中具有相同的相对作用，但他们获取社会性信息的方式与普通儿童存在差异，在一致条件下，自闭症儿童对有趣物体的注视时间比率和脸部至有趣物体的眼跳发生率均显著提高，表明在自闭症儿童词语习得中，社会性线索均具有相似的促进作用或优势作用(荆伟, 方俊明 & 赵微, 2014)。

所以综上所述我们可以看出，前人对于自闭症儿童亦或是自闭症患者言语方面障碍的研究不是非常的深入，尽管有人对其中的某些结果提出质疑或者是猜测，但是我们可以从中得到很多的启发，自闭症患者在言语方面是存在缺陷的，到底是由于这种缺陷是言语形成就有问题还是言语产出存在问题我们就不得而知。但是通过前人探索我们可以了解到在言语学习这一方面自闭症儿童与正常儿童确实是存在差异的，那么我们是否可以通过深入了解其注视模式与视线追随的特点。从他们的角度出发，寻找其感兴趣的点从而引导其习得词汇和言语。这为我们以后的研究和引导自闭症患者的成长打下了坚实的基础。也为我们以后的研究打开新思路，即在言语产生过程中自闭症患者的特点是如何的呢；或者在高性能自闭症患者中，他言语产出时的眼动特点与正常人有无差异都是值得我们深入探讨的。

4. 讨论

目前对自闭症患者眼动的研究是在眼动技术发展起来之后才进行的，大量的研究主要集中于对人脸部位的注视倾向的研究，主要目的是探讨这种注视倾向对于自闭症患者社交障碍的影响以及在这其中是否起到了有关的作用，为缓解自闭症的社交障碍和让自闭症患者早日融入社会，成为一个真正的社会人贡献出不少的力量。

尽管也出现了一些相反方面的发现，但是大多数眼动研究结果表明自闭症患者看待社会刺激的方式是不同的，尤其是较少关注脸部的眼部区域，关于对嘴巴区域的注视，一些研究发现固在增加，但另一些研究发现没有明显的区别，这些也都是值得我们再深入进一步进行研究和探讨的。而在词汇习得方面的眼动研究也表明了，自闭症儿童的注视模式与视线追随的特点是不同的，自闭症儿童更倾向于对新奇事物的学习。确定其出现这种差异的具体原因是什么，以及后天的学习教育培训是否会缓解或者改变这种注视模式都是值得我们深入探讨的。眼动跟踪技术可以对行为进行直接、客观和定量的观察，通过对注视模式的分析，可以指出场景中的哪些信息对大脑是可用的。它在行为和神经影像学研究中的应用潜力尚未完全实现。正如在这篇文章中回顾的研究中所显示的，它可以用于研究自闭症患者大脑活动异常和任务表现下降背后的机制。由于眼球追踪的成本相对较低，它也可以用于更大规模的研究。迄今为止，大多数研究都是基于相对较小的研究对象群体。更大的研究将增加早期发现的重量，减少眼睛注视，并澄清自闭症患者是否也表现出对嘴的不正常注视。如果眼动跟踪研究的范围扩大，以调查异常注视模式延伸到其他刺激的程度，这将是有益的。自闭症的社会知觉缺陷并不局限于熟悉的刺激，如面孔，而是

扩展到高度抽象的刺激，如动画形状。它也可以与眼球追踪结合使用。同样，我们也不知道自闭症的注视异常是否局限于社会刺激，在这种异常的根源得到解决之前，这个问题需要得到解决。而且言语产生过程中自闭症患者的特点是如何的；或者在高功能自闭症患者中，他言语产出时的眼动特点与正常人有无差异都是值得我们深入探讨的。

还有一个需要探讨的问题就是研究的生态效度的问题，即正在研究的刺激在多大程度上近似于真实情况。虽然眼球追踪技术的非侵入性和现实社会互动视频的使用可以增强其生态有效性，但仍存在一些限制。例如除了一些特殊真实场景的研究外，大部分实验研究通常是不涉及真人，而是使用人的照片和录像。在以后应用眼动技术研究自闭症患者眼睛注视的区域特征时应该重视这一问题，因为照片不会像真人一样回头看被摄者，生态效度这一问题也需要我们在后续的实验中重视利用起来。我们对于前人文献的总结概括，有助于我们能更好的进行后续的研究，这也有利于我们为自闭症行为干预的未来发展贡献出自己的一份力，让他们能够在社会生活当中更好的发展自己。

参考文献

- 荆伟, 方俊明, 赵微(2014). 自闭症谱系障碍儿童在多重线索下习得词语的眼动研究. *心理学报*, *46*(3), 385-395.
- Adolphs, R., Gosselin, F., Buchanan, T. W., Tranel, D., Schyns, P., & Damasio, A. R. (2005). A Mechanism for Impaired Fear Recognition after Amygdala Damage. *Nature*, *433*, 68-72. <https://doi.org/10.1038/nature03086>
- Akechi, H., Kikuchi, Y., Tojo, Y., Osanai, H., & Hasegawa, T. (2013). Brief Report: Pointing Cues Facilitate Word Learning in Children with Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *43*, 230-235. <https://doi.org/10.1007/s10803-012-1555-3>
- American Psychiatric Association (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (5th ed.). Arlington, VA: American Psychiatric Publishing. <https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596>
- Au-Yeung, S. K., Benson, V., Castelhana, M. S., & Rayner, K. (2011). Eye Movement Sequences during Simple versus Complex Information Processing of Scenes in Autism Spectrum Disorder. *Autism Research and Treatment*, *2011*, Article ID: 657383. <https://doi.org/10.1155/2011/657383>
- Corden, B., Chilvers, R., & Skuse, D. (2007). Avoidance of Emotionally Arousing Stimuli Predicts Social-Perceptual Impairment in Aspergers Syndrome. *Neuropsychologia*, *46*, 137-147. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2007.08.005>
- Dalton, K. M., Nacewicz, B. M., Johnstone, T., Schaefer, H. S., Gernsbacher, M. A., Goldsmith, H. H., Alexander, A. L., & Davidson R. J. (2005). Gaze Fixation and the Neural Circuitry of Face Processing in Autism. *Nature Neuroscience*, *8*, 519-526. <https://doi.org/10.1038/nn1421>
- Gluga, T., Elsabbagh, M., Hudry, K., Charman, T., & Johnson, M. H. (2012). Gaze Following, Gaze Reading, and Word Learning in Children at Risk for Autism. *Child Development*, *83*, 926-938. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2012.01750.x>
- Gosselin, F., & Schyns, P. G. (2001). Bubbles: A Technique to Reveal the Use of Information in Recognition Tasks. *Vision Research*, *41*, 2261-2271. [https://doi.org/10.1016/S0042-6989\(01\)00097-9](https://doi.org/10.1016/S0042-6989(01)00097-9)
- Gramatikov, B. I., Zalloutm, O. H., Wu, Y. K., Hunter, D. G., & Guyton, D. L. (2007). Directional Eye Fixation Sensor Using Birefringence-Based Foveal Detection. *Applied Optics*, *46*, 1809-1818. <https://doi.org/10.1364/AO.46.001809>
- Joseph, R. M., & Tager-Flusberg, H. (2004). The Relationship of Theory of Mind and Executive Functions to Symptom Type and Severity in Children with Autism. *Development and Psychopathology*, *16*, 137-155. <https://doi.org/10.1017/S095457940404444X>
- Klin, A., Jones, W., Schultz, R., Volkmar, F., & Cohen, D. (2002). Visual Fixation Patterns during Viewing of Naturalistic Social Situations as Predictors of Social Competence in Individuals with Autism. *Archives of General Psychiatry*, *59*, 809-816. <https://doi.org/10.1001/archpsyc.59.9.809>
- Langdell, T. (1978). Recognition of Faces: An Approach to the Study of Autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *19*, 255-268. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1978.tb00468.x>
- Luria, S. M., & Strauss, M. S. (1978). Comparison of Eye Movements over Faces in Photographic Positives and Negatives. *Perception*, *7*, 349-358. <https://doi.org/10.1068/p070349>
- Neumann, D., Spezio, M. L., & Piven, J. (2006). Looking You in the Mouth: Abnormal Gaze in Autism Resulting from Impaired Top-Down Modulation of Visual Attention. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *1*, 194-202.

<https://doi.org/10.1093/scan/nsl030>

Pelphrey, K. A., Sasson, N. J., Reznick, J. S., Paul, G., Goldman, B. D., & Piven, J. (2002). Visual Scanning of Faces in Autism. *The Journal of Autism and Developmental Disorders*, 32, 249-261. <https://doi.org/10.1023/A:1016374617369>

Spezio, M. L., Adolphs, R., Hurley, R. S., & Piven, J. (2007). Abnormal Use of Facial Information in High-Functioning Autism. *The Journal of Autism and Developmental Disorders*, 19, 363-387.