

TRIAGEM PRECOCE DO AUTISMO BASEADO NO ENGAJAMENTO VISUAL: UMA REVISÃO DE ESCOPO

EARLY SCREENING FOR AUTISM BASED ON VISUAL ENGAGEMENT: A SCOPING REVIEW

DETECCIÓN PRECOZ DEL AUTISMO BASADA EN LA ESTIMULACIÓN VISUAL: UNA REVISIÓN EXPLORATORIA

Manoela Crescêncio Pereira¹

João Rodrigo Maciel Portes²

Luana Azzi da Silva³

Jamir João Sardá Junior⁴

RESUMO: O diagnóstico do Transtorno do Espectro Autista (TEA) é clínico e realizado segundo o Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais - V TR. A natureza heterogênea do TEA, a limitação de protocolos de triagem e diagnóstico, e a necessidade de profissionais especializados dificultam a realização de uma avaliação precoce. Diante deste cenário, realizou-se uma revisão de escopo, tendo por objetivo compreender como o engajamento visual pode ser avaliado como um biomarcador para a triagem do TEA. Foram consultadas as bases de dados BVS e PubMed utilizando os descritores: “*visual engagement AND eye-tracking AND autism OR ASD*” e “*assessment AND autism OR ASD AND eye-tracking OR eye engagement OR visual engagement*”. Selecionou-se os artigos publicados entre 2021 e 2025, com pesquisas clínicas envolvendo grupos com idade média de seis anos. Foram localizados, após a revisão por pares duplo-cega, 21 artigos sobre o tema. Os principais resultados demonstraram que crianças com TEA apresentam padrões com maior engajamento visual em áreas não sociais, padrões de olhar mais aleatórios, menor atenção a rostos, maior preferência visual por objetos e fundos e resposta reduzida a sinais de atenção compartilhada. Esses resultados sugerem potencial para o uso do engajamento visual como um possível biomarcador para desenvolver uma ferramenta de triagem do TEA.

Palavras-chave: Atenção social. Transtorno do espectro autista. Avaliação. Tecnologia de rastreamento ocular. Triagem.

¹ Discente do Mestrado Profissional em Psicologia na Universidade UNIVALI.

² Docente do Mestrado Profissional em Psicologia na Universidade UNIVALI.

³ Discente do curso de graduação em Psicologia na Faculdade UNIVALI.

⁴ Docente do Mestrado Profissional em Psicologia na Faculdade UNIVALI.

ABSTRACT: The diagnosis of Autism Spectrum Disorder (ASD) is clinical and performed according to the Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders - VTR. The heterogeneous nature of ASD, the limitations of screening and diagnostic protocols, and the need for specialized professionals hinder early assessment. Given this scenario, a scoping review was conducted to understand how visual engagement can be evaluated as a biomarker for ASD screening. The BVS and PubMed databases were consulted using the descriptors: “visual engagement AND eye-tracking AND autism OR ASD” and “assessment AND autism OR ASD AND eye-tracking OR eye engagement OR visual engagement”. Articles published between 2021 and 2025 were selected, with clinical research involving groups with an average age of six years. After double-blind peer review, 21 articles on the topic were located. The main results demonstrated that children with ASD exhibit patterns with greater visual engagement in non-social areas, more random gaze patterns, less attention to faces, a greater visual preference for objects and backgrounds, and a reduced response to shared attention cues. These results suggest potential for the use of visual engagement as a possible biomarker to develop an ASD screening tool.

Keywords: Social Attention. Autism spectrum disorder. Assessment. Eye tracking technology. Triage.

RESUMEN: El diagnóstico del Trastorno del Espectro Autista (TEA) es clínico y se realiza según el Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales (DSM-V). La naturaleza heterogénea del TEA, las limitaciones de los protocolos de detección y diagnóstico, y la necesidad de profesionales especializados dificultan la evaluación temprana. Ante este escenario, se realizó una revisión exploratoria para comprender cómo se puede evaluar la participación visual como biomarcador para la detección del TEA. Se consultaron las bases de datos BVS y PubMed utilizando los descriptores: “participación visual Y seguimiento ocular Y autismo O TEA” y “evaluación Y autismo O TEA Y seguimiento ocular O participación ocular O participación visual”. Se seleccionaron artículos publicados entre 2021 y 2025, con investigación clínica que involucraba grupos con una edad promedio de seis años. Después de una revisión por pares doble ciego, se localizaron 21 artículos sobre el tema. Los resultados principales demostraron que los niños con TEA presentan patrones con mayor implicación visual en áreas no sociales, patrones de mirada más aleatorios, menor atención a los rostros, mayor preferencia visual por objetos y fondos, y menor respuesta a las señales de atención compartida. Estos resultados sugieren el potencial de la implicación visual como posible biomarcador para desarrollar una herramienta de detección del TEA.

Palabras clave: Atención social. Trastorno del espectro autista. Evaluación. Tecnología de seguimiento ocular. Triage.

INTRODUÇÃO

O diagnóstico do Transtorno do Espectro Autista (TEA) é clínico, baseado nos critérios do Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais (DSM - 5 TR) ou Classificação Internacional de Doenças (CID). Dentre os principais critérios de diagnóstico do DSM-5 destacam-se principalmente: a) déficits persistentes na comunicação e interação social; b) padrões repetitivos e restritos de comportamento e interesse; c) os sintomas devem estar presentes precocemente no período de desenvolvimento ou iniciar assim que ocorram demandas sociais; d) os sintomas descritos devem causar prejuízos significativos no funcionamento de uma ou mais áreas importantes da vida do indivíduo; e) é necessária a exclusão de outra condição que explique os sintomas (APA, 2022).

O TEA apresenta 3 diferentes níveis de suporte segundo o DSM V-TR (APA, 2022), além disto, este quadro pode estar associado a diferentes condições conhecidas como comorbidades. Segundo Soke *et al.* (2018) em 2010 foi constatado nos Estados Unidos que mais de 95% das crianças e adolescentes com TEA possuíam no mínimo uma comorbidade concomitante ao TEA. Entre as comorbidades mais frequentes estão: deficiência intelectual (DI), Transtorno de déficit de atenção e hiperatividade (TDAH), problemas comportamentais, Distúrbio do sono, Distúrbio do processamento sensorial e gastrointestinal, condições genéticas associadas ao TEA como X frágil (Soke *et al.*, 2018).

A avaliação diagnóstica do TEA é clínica e geralmente realizada por médico especialista, como os pediatras e neuropediatras, no Brasil. Segundo o Ministério da Saúde, no Brasil, o início da identificação precoce da condição deve ocorrer durante as consultas de puericultura nos serviços de Atenção Primária a Saúde. Segundo a indicação do Ministério da Saúde o diagnóstico deve iniciar por um protocolo de triagem, sendo sugerido o M-CHAT, que consta nas cadernetas de saúde no Brasil (Brasil, 2021). Após identificados sinais no processo de triagem, o profissional da área da Saúde Primária deverá encaminhar o paciente ao especialista, que realizará avaliação clínica para diagnosticar ou não a condição.

Entre os recursos que podem auxiliar o processo de avaliação clínica estão os protocolos padronizados baseados nos critérios especificados pelo DSM-V ou CID, alguns desses protocolos são reconhecidos como “padrão ouro”, aumentando a margem de segurança no diagnóstico. Dentre os diversos instrumentos existentes, são considerados como “padrão ouro” para o diagnóstico do TEA os protocolos ADI-R (Rutter *et al.*, 2003) e o ADOS-2 (Rutter & Lord, 2012), porém, o uso desses protocolos por profissionais é limitado. O ADI-R é um

protocolo de diagnóstico de TEA realizado através de um questionário, caso o paciente seja menor de idade ou incapaz de responder por si, é aplicado o questionário com os cuidadores principais, caso seja maior de idade o questionário é realizado com o próprio paciente. A avaliação do ADI-R exige formação do avaliador com empresa credenciada e tem duração aproximada de 90 a 150 minutos. O ADOS-2 é um protocolo de avaliação para diagnóstico do TEA de observação direta com o paciente durante brincadeiras, atividades e perguntas. A avaliação do ADOS-2 exige formação do avaliador com empresa credenciada e tem duração aproximada de 60 minutos.

Apenas o ADI-R possui tradução e validação para a população Brasileira (Becker *et al.*, 2012), porém, publicado em uma única pesquisa. Além disso, este ainda não é comercializado na língua portuguesa Brasileira. Para uso destes protocolos, além da aquisição dos materiais, é necessário treinamento para habilitar o avaliador. Essas exigências tornam o processo de diagnóstico de alto custo e com um grande tempo de espera devido ao número restrito de profissionais capacitados para este fim (Jones *et al.*, 2023a). Apesar de não serem reconhecidos como “padrão ouro”, encontramos outros protocolos utilizados para triagem do TEA no Brasil. No que tange aos instrumentos de triagem do TEA no Brasil, estão traduzidos, adaptados e validados: Autistic Traits of Evaluation Scale (ATA); Autism Behavior Checklist (ABC); Childhood Autism Rating Scale (CARS); Escala de Responsividade Social 2º Edição (SRS-2); Autism Screening Questionnaire (ASQ); Modified Checklist for Autism in Toddlers (M-CHAT) (Silva e Elias, 2020). Para triagem foi identificado ainda o Protocolo de Avaliação para Crianças com Suspeita de Transtornos do Espectro do Autismo (PROTEA-R), um instrumento não verbal de avaliação para crianças entre 24 e 60 meses de idade, construído por pesquisadores brasileiros (Silva e Elias, 2020).

No estudo de protocolos que auxiliam o processo de avaliação do risco de TEA se faz necessário considerar que essa é uma condição altamente heterogênea, apresentando características individuais variáveis dentro do espectro que dificultam o processo de diagnóstico precoce (Chetcuti *et al.*, 2024). Sendo assim, o reconhecimento de possíveis biomarcadores para avaliações que auxiliem o processo de avaliação do TEA, têm sido pesquisados com objetivo de ampliar as tecnologias. A pesquisa por novos protocolos que auxiliem na triagem do TEA geralmente objetiva acelerar o processo de diagnóstico precoce sem diminuir a precisão diagnóstica, diminuindo a necessidade de especialização dos profissionais e a alta carga horária envolvida nesta atividade, consequentemente reduzindo o investimento necessário das famílias

e do sistema de saúde (Jones *et al.*, 2023a; Chetcuti *et al.*, 2024).

As principais desvantagens dos protocolos regulares existentes em uso atualmente, em comparação aos que utilizam ferramentas computacionais, são: a alta necessidade de treinamento dos profissionais para utilizar esses protocolos, o risco de viés, além de um alto custo devido às muitas horas e profissionais necessários para aplicação (Chetcuti *et al.*, 2024). O profissional que utiliza estes protocolos, sem o treinamento necessário e supervisão adequada, corre o risco de erros na aplicação destas ferramentas. Também é necessário considerar que protocolos que envolvem a análise de comportamentos levam horas para serem aplicados, e por isso costumam ter um alto custo financeiro, levando a população a esperar meses ou até anos para um resultado (Chetcuti *et al.*, 2024; Wei *et al.*, 2024). Associado a isto, os pais ao responderem escalas e questionários, podem também apresentar viés na observação de comportamentos por desconhecerem conceitos sobre desenvolvimento infantil, além da ausência da observação frequente e imparcial. Diante disto, a pesquisa de biomarcadores para triagem do TEA auxiliaria na redução destas dificuldades.

Biomarcadores são características genéticas, neurais, fisiológicas e comportamentais que podem ser utilizadas como indicadores para identificar diferentes processos relacionados a uma condição, como por exemplo, o TEA (Alcañiz *et al.*, 2021). Na pesquisa por possíveis biomarcadores para a triagem do TEA, as pesquisas têm utilizado ressonância magnética e eletroencefalograma para verificação de atividade neural. Para avaliações fisiológicas, diferentes indicadores, como a frequência cardíaca, têm sido utilizados, e, o uso de sensores para gerar indicadores comportamentais na avaliação do movimento corporal e do engajamento visual como possíveis biomarcadores do TEA (Alcañiz *et al.*, 2021; Minissi *et al.*, 2024; Sun *et al.*, 2024). Antes de os bebês explorarem seu mundo engatinhando ou andando, eles exploram o ambiente social onde estão inseridos através do olhar. O engajamento visual é uma das formas de observar e aprender o ambiente social em que o ser humano está inserido (Jones *et al.*, 2023a). Existem outras formas de interação e aprendizagem com o ambiente social, como a linguagem, por exemplo, porém, a detecção visual continua sendo um dos principais meios de interação, passando a ser considerado um possível biomarcador para triagem do TEA. O registro do engajamento visual, realizado por sensores de rastreamento ocular, tem se mostrado um dos biomarcadores com melhor potencial devido sua viabilidade, sensibilidade e por ser menos invasivo na avaliação de crianças (Alcañiz *et al.*, 2021; Sun *et al.*, 2024).

Observando essas nuances, alguns pesquisadores têm indicado que a avaliação do TEA

por meio do engajamento visual apresenta sensibilidade apenas nos primeiros anos de vida, quando ainda há pouca interferência na aprendizagem de comportamentos sociais como camuflagem social. Apesar de os estudos da revisão pesquisarem populações com idade média de 6 anos, alguns autores subdividiram os grupos por idade na análise de correlação dos resultados e observaram haver uma sensibilidade maior em crianças menores (Congiu *et al.*, 2024; Ziv *et al.*, 2024).

Baseado nesses pressupostos, o presente estudo pretendeu realizar uma revisão de escopo com o intuito de compreender como o engajamento visual pode ser utilizado como um biomarcador para a triagem do TEA a partir da tecnologia de rastreamento visual.

MÉTODOS

As revisões de escopo são geralmente realizadas para compreender tipos de pesquisa, como e por quem foram realizadas, entre outras categorias desconhecidas (Cordeiro e Soares, 2020). Dado o crescente interesse em aprimorar o processo de investigação precoce do TEA através do estudo de biomarcadores, este método é adequado para verificar as evidências disponíveis e nortear futuras pesquisas.

Esta revisão de escopo foi conduzida nas bases de dados PubMed e BVS, utilizando os descritores: “*visual engagement AND eye-tracking AND autism OR ASD*” e “*assessment AND autism OR ASD AND eye-tracking OR eye engagement OR visual engagement*”. A coleta de dados ocorreu entre fevereiro e julho de 2025. Com o intuito de selecionar trabalhos recentes, foram filtradas publicações realizadas apenas nos últimos 5 anos. Foi estabelecido um período de tempo de 5 anos, visando identificar tecnologias mais recentes de rastreadores oculares utilizados nas pesquisas clínicas. Os descritores em português foram utilizados, porém, os resultados encontrados foram os mesmos dos descritores em inglês, por isso optou-se em inserir na revisão apenas os descritores em inglês.

Outras revisões de literatura sobre o mesmo tema foram encontradas (Hou *et al.*, 2024; Minissi *et al.*, 2022), porém, ao estudar as mesmas, se identificou que seus principais objetivos consistiam em resumir a evidência sobre o desempenho do engajamento visual social medido por rastreador ocular. Apesar de os resultados destas revisões indicarem características do engajamento visual social como um forte potencial como biomarcador para a triagem do TEA, não descreviam informações sobre os estímulos utilizados nas avaliações clínicas do engajamento visual social, informação necessária para o desenvolvimento de novos estímulos

em futuras pesquisas. Justifica-se a exclusão de estudos de revisão nos critérios descritos a seguir, priorizando os estudos clínicos experimentais, uma vez que esses delineamentos fornecem evidências mais robustas e descrições mais detalhada dos estímulos e tecnologias utilizadas nas pesquisas.

A busca foi dividida em três fases: levantamento material bibliográfico nas bases de dados e exportação para o software RAYYAN excluindo os artigos duplicados; seleção dos artigos em revisão por pares duplo-cega seguindo metodologia PRISMA-ScR (Page *et al.*, 2021), baseado nos critérios de inclusão por meio da leitura de título e resumo; análise dos artigos. Como critérios de inclusão foram definidos os estudos que avaliassem engajamento visual; estudos voltados à crianças com idade média igual ou inferior a 6 anos; estudos utilizando tecnologia de rastreamento ocular (*eye-tracking*); estudos em que o público possuía exclusivamente pessoas com TEA (ou pertencentes ao grupo de risco). Adotou-se como critérios de exclusão: artigos onde 50% dos participantes apresentavam idade média superior a 6 anos, estudos envolvendo crianças com outras condições além do TEA, estudos envolvendo animais e revisões de literatura. Apesar de o TEA ser uma condição que apresenta com frequência comorbidades, essas geralmente não são diagnosticadas antes dos 6 anos, como por exemplo o Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) e Transtorno Opositor Desafiador (TOD). Na terceira fase, os artigos foram categorizados seguindo a estrutura PCC (população, conceito e contexto), com ênfase nos programas utilizados para triagem e o recurso visual desenvolvido para analisar o engajamento visual.

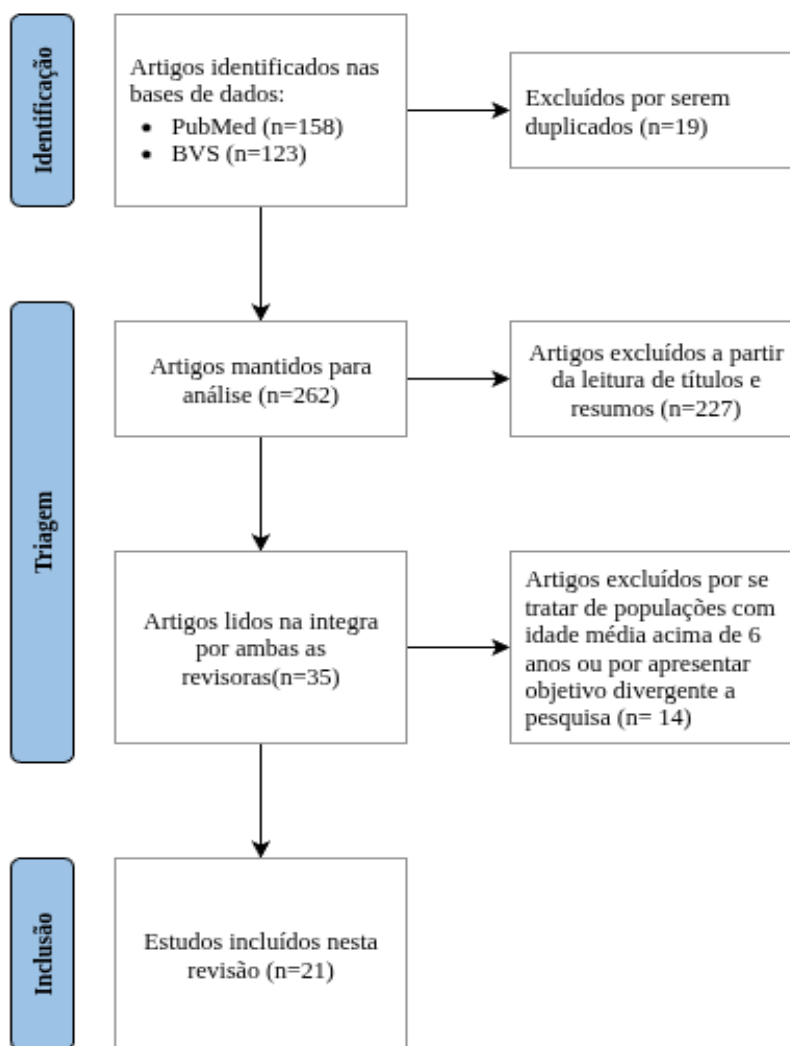
PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DE DADOS

A busca inicial com os descritores apresentados acima resultou em um total de 281 artigos. Inicialmente, foram descartados 19 artigos excluídos por estarem duplicados. Após a leitura dos títulos e resumos foram excluídos 205 artigos que não atendiam aos critérios de inclusão. Portanto, foi realizada a leitura integral de 57 artigos, sendo que mediante esta etapa foram excluídos outros 34 artigos, de acordo com os critérios de inclusão e exclusão. Ao final, a primeira revisora incluiu um total de 23 artigos. A segunda revisora realizou a leitura dos títulos e resumos excluindo 258 artigos, chegando também ao total de 23 artigos. Em análise as revisoras concordaram em excluir 3 artigos selecionados inicialmente pela primeira revisora, e incluir um novo artigo selecionado pela segunda revisora, concluindo a revisão com uma seleção total de 21 artigos. Os principais resultados da revisão foram descritos na Figura 1 que apresenta uma

síntese do processo metodológico.

Os principais resultados da revisão estão descritos na Figura 1 que apresenta uma síntese do processo metodológico.

Figura 1 – Fonte da revisão de literatura



Fonte: Pereira et al., 2026.

Os achados dos estudos selecionados foram sintetizados de forma descritiva, incluindo informações sobre população, formas de intervenção, comparação e resultados, de acordo com a metodologia PCC para revisão de escopo (Cordeiro e Soares, 2020). Na tabela 1 encontram-se também os dados de hardware e software utilizados.

RESULTADOS

Em análise dos 21 artigos selecionados foi possível organizar os dados centrais expositivos na tabela 1. Na primeira coluna foram listados os títulos dos artigos e dos autores envolvidos, na segunda coluna se encontram as informações referentes aos hardwares e softwares utilizados, além da população envolvida na pesquisa experimental clínica.

Figura 2 - Descrição dos artigos da Revisão de Escopo

Artigo – Autor	Hardware - Software – População
Oculomotor randomness is higher in autistic children and increases with the severity of symptoms (Ziv et al., 2024).	EyeLink 1000+. Não foi identificado o software utilizado. População: 189 crianças com TEA e 41 crianças com DT, com idade entre 1 a 11 anos.
Development and Replication of Objective Measurements of Social Visual Engagement to Aid in Early Diagnosis and Assessment of Autism (Jones et al., 2023a).	Um hardware e software de rastreamento ocular criado pela ISCAN Inc., e uma unidade de rastreamento ocular projetada internamente pela SensoMotoric Instruments, GmbH. População: 719 no estudo de descoberta, faixa etária entre 16 e 30 meses (estudo de descoberta). Foram recrutadas crianças que tinham suspeita ou diagnóstico de TEA.
Eye-Tracking-Based Measurement of Social Visual Engagement Compared With Expert Clinical Diagnosis of Autism (Jones et al., 2023b).	Foi utilizado o eye-tracking hardware e software criado pela SensoMotoric Instruments, GmbH (Teltow, Alemanha). População: 475 crianças com suspeita de TEA, faixa etária entre 16 a 30 meses.
High-Risk Siblings without Autism: Insights from a Clinical and Eye-Tracking Study (Costanzo et al., 2022).	Dispositivo SMI Eye Tracking fornecido pela SensoMotoric Instruments. As sugestões de posicionamento fornecidas pelo software SMI iViewX. População: 17 crianças com TEA, 19 com alto risco de TEA (irmãos com TEA) e 16 com DT. Faixa etária entre 18 e 33 meses.
Early identification of autism spectrum disorder based on machine learning with eye-tracking data (Wei et al., 2024).	O rastreador foi o binocular Tobii 4C. Não identificado software. População: 246 crianças com TEA e 203 com DT, faixa etária entre 1 e 6 anos.
Eye-tracking correlates of response to joint attention in preschool children with autism spectrum disorder (Belen et al., 2023).	Rastreador ocular Tobii X2-60 e software Tobii Studio. População: 60 crianças com TEA e 17 com DT, faixa etária entre 31 e 72 meses.

Autism symptoms, functional impairments, and gaze fixation measured using an eye-tracker in 6-year-old children (Mori et al., 2023). Hardware Gazefinder, software Stata 15.0. População: 761 crianças sem TEA, faixa etária na média de 6 anos.

Biosignal comparison for autism assessment using machine learning models and virtual reality (Minissi et al., 2024). O CAVE *Automatic Virtual Environment* foi escolhido como sistema de RV. A interação no VE foi realizada pelo Azure Kinect DK. O Tobii Pro Glasses 2 foi usado durante a experiência virtual. Processamento dos dados com um log personalizado (Unity®). População: 39 crianças com TEA e 42 com DT, faixa etária entre 3 e 7 anos.

Eye gaze as a biomarker in the recognition of autism spectrum disorder using virtual reality and machine learning: A proof of concept for diagnosis (Alcañiz et al., 2021). O ambiente virtual foi projetado por um sistema CAVE™ 2D. Utilizaram o Tobii Pro Glasses 2. Para processamento de dados foi desenvolvido um sistema próprio. População: 35 crianças com TEA e 20 com DT, faixa etária entre 4 e 7 anos.

New eye tracking metrics system: the value in early diagnosis of autism spectrum disorder (Wang et al., 2024). Hardware Tobii X3-120 e software Tobii Pro. População: 39 crianças com alto risco de TEA, faixa etária entre 18 e 84 meses.

Feasibility of a 2-minute eye-tracking protocol to support the early identification of autism (Chetcuti et al., 2024). Hardware e software Gazefinder (modelo GP-100 EA 'Cena 1S4'). População: 51 bebês com alto risco de TEA, faixa etária entre 9 e 16 meses.

Attention toward Social and Non-Social Stimuli in Preschool Children with Autism Spectrum Disorder: A Paired Preference Eye-Tracking Study (Congiu et al., 2024). Rastreador ocular Tobii-T60, software Tobii Studio versão 2.3. População: 19 crianças com TEA e 19 com DT, faixa etária média de aproximadamente 58 meses.

Visual preference for social vs. non-social images in young children with autism spectrum disorders (Vacas et al., 2021). Hardware Tobii X2-30. Não identificado software. População: 19 crianças com TEA e 19 com TD, faixa etária média de 54 meses.

Interest paradigm for early identification of autism spectrum disorder: an analysis from Hardware EyeLink 1000 Plus Eye Tracker com um sistema de EEG de 32 derivações.. O pré-processamento dos dados brutos do tamanho da pupila foi realizado usando o MATLAB2019.

<p>electroencephalography combined with eye tracking (Sun et al., 2024).</p>	<p>População: 32 crianças com TEA e 27 com DT, faixa etária entre 2 e 4 anos.</p>
<p>How 18-month-olds with Later Autism Look at Other Children Interacting: The Timing of Gaze Allocation (Viktorsson et al., 2024).</p>	<p>Hardware Tobii 1750 e Tobii TX300. Os dados foram analisados usando scripts personalizados escritos em MATLAB. População: 98 crianças com alto risco de TEA(possuem irmãos com TEA), acompanhados dos 18 aos 36 meses.</p>
<p>Children with autism observe social interactions in an idiosyncratic manner (Avni et al., 2020).</p>	<p>Hardware EyeLink 1000+. Os dados foram coletados e analisados usando o Experiment Builder e o Data Viewer. População: 71 crianças com TEA e 40 com DT, média de 5 anos.</p>
<p>Basic oculomotor function is similar in young children with ASD and typically developing controls (Avni et al., 2021).</p>	<p>Hardware EyeLink 1000+ e software G*power versão 3.1.9.4. População: 90 crianças com TEA e 54 com DT, de 1 a 10 anos.</p>
<p>Development of a visual attention based decision support system for autism spectrum disorder screening (Ozdemir et al., 2022).</p>	<p>Hardware SMI-Red250 e software SMI Experiment Center™ 3.6 e o banco de dados. População: 61 crianças com TEA e 72 com DT, 26 a 36 meses.</p>
<p>Visual Traces of language acquisition in toddlers with autism spectrum disorder during the second year of life (Habayeb et al., 2021).</p>	<p>Um hardware e software de rastreamento ocular próprio, criado pela ISCAN Inc . População: 28 crianças com DT e 56 com TEA, 10 a 25 meses.</p>
<p>Comparison of Visual Fixation Trajectories in Toddlers with Autism Spectrum Disorder and Typical Development: A Markov Chain Model (Masedu et al., 2021).</p>	<p>Hardware Tobii T120- Eye Tracker e o Tobii Studio™ Analysis. População: 18 crianças com TEA e 18 com DT, faixa etária entre 12 e 36 meses.</p>
<p>The impact of social complexity on the visual exploration of others' actions in preschoolers with autism spectrum disorder (Robain et al., 2021).</p>	<p>Hardware TX300 e software Tobii Studio 3.1.6. População: 37 crianças com TEA e 26 com DT, média de 3,60 anos.</p>

Fonte: Pereira et al., 2026.

Dos 21 artigos encontrados, 4 foram oriundos de pesquisas realizadas nos Estados Unidos, 3 da Itália, 3 de Israel, 3 da China, 2 da Espanha, 2 da Austrália, 1 da Turquia, 1 da Suécia,

1 da Suíça e 1 da Argentina. Grande parte das pesquisas foram realizadas em países desenvolvidos, demonstrando a carência de estudos nos países em desenvolvimento. Existem inúmeros e diferentes protocolos de avaliação que podem auxiliar no processo de triagem do TEA em diferentes idades. Alguns exemplos de protocolos de avaliação do TEA encontrados nesta revisão são: M-CHAT-R/F, Autism Diagnostic Observation Schedule (ADOS-2), Autism Diagnostic Interview-Revised (ADI-R), CARS (Escala de avaliação de autismo na infância), Escala de Observação do Autismo para Bebês (AOSI), Quociente do Espectro do Autismo (QA). Outros protocolos que não tem por finalidade a triagem ou diagnóstico também podem ser utilizados, pois auxiliam a corroborar o critério E do DSM-V TR, excluindo outras possíveis condições que possam explicar melhor os sintomas.

Dezoito pesquisas utilizaram o protocolo ADOS e duas o ADI-R para diagnóstico do TEA. Para triagem de TEA, duas pesquisas utilizaram o M-CHAT, uma utilizou a CARS, uma utilizou o AOSI (Escala de Observação para bebês). Para obter dados do desenvolvimento em geral, três pesquisas utilizaram a Escala Bayley, quatro a Escala Wechsler, nove a Escala Mullen (MSEL), três *MacArthur-Bates Communicative Development Inventories*, dois a ERS (Escala de Responsividade Social), uma as Escalas de Desenvolvimento Mental de Griffiths-*Extended Revised*, cinco a Vineland-II, um a SRS, dois o Questionário de Comunicação Social (SCQ), um a GDS (Escala de Desenvolvimento de Gesell), um a SACS-R (*Social Attention and Communication Surveillance-Revised*), um o IBQ-R (Questionário de Comportamento Infantil Revisado), um a DAS-II (Escala de Habilidade Diferencial - II edição), um a bateria Leiter-R Vr, um o PEP-3 (Perfil Psicoeducacional revisado), um o NVIQ (QI não verbal) e um o VIQ (QI verbal). O protocolo mais utilizado foi o ADOS-2, conhecido por ser um dos poucos protocolos internacionais padrão ouro para diagnóstico do TEA, porém ainda sem tradução e validação no Brasil.

Diferentes estímulos de engajamento visual foram encontrados nas pesquisas utilizando rastreador ocular para reconhecimento de características do engajamento visual de crianças com TEA. Nesta revisão puderam ser observadas: 4 pesquisas utilizando um grupo de imagens estáticas (Congiu *et al.*, 2024; Vacas *et al.*, 2021; Sun *et al.*, 2024; Masedu *et al.*, 2021), 4 pesquisas apresentaram vídeos com uma pessoa compartilhando atenção em relação a um objeto com expectador (Costanzo *et al.*, 2022; Wei *et al.*, 2024; Belen *et al.*, 2023; Wang *et al.*, 2024), 8 pesquisas utilizaram vídeos contendo duas ou mais pessoas em interação social (Ziv *et al.*, 2024; Jones *et al.*, 2023a; b; Viktorsson *et al.*, 2024; Avni *et al.*, 2021; Ozdemir *et al.*, 2022; Robain *et al.*, 2021;

Habayeb *et al.*, 2021), 1 pesquisa usou um vídeo que consiste de um único adulto falando em direção a câmera com o foco na região da face (Mori *et al.*, 2023), 2 pesquisas envolvendo realidade virtual demonstrando cenas sociais entre personagens que são avatares virtuais em ambientes sociais simulados (Minissi *et al.*, 2024; Alcañiz *et al.*, 2021), 1 pesquisa utilizou apenas cenas de animações cinematográficas (Avni *et al.*, 2020) e 1 última pesquisa utilizou um vídeo misto com imagens geométricas paralelamente a imagens sociais (Chetcuti *et al.*, 2024).

Foram identificados diferentes modelos de *hardwares* e *softwares* nas pesquisas. Os rastreadores oculares identificados foram: 9 pesquisas usaram rastreadores da marca Tobii, 4 pesquisas EyeLink 1000+, 2 utilizaram rastreadores SMI *eye tracking*, 2 utilizaram o sistema CAVE, 2 utilizaram o Gazefinder, 3 pesquisas utilizaram rastreadores exclusivos desenvolvidos pelas equipes em parceria com a SensoMotoric/ISCAN. A marca mais utilizada foi a Tobii, porém os modelos de rastreadores identificados nestas pesquisas apresentaram uma ampla variação: 2 pesquisas utilizaram o Tobii TX-300, e as demais pesquisas utilizaram modelos diferentes entre si: Tobii 4C, Tobii X2-60, Tobii X3-120, Tobii T-60, Tobii X2-30, Tobii 1750 e Tobii T120. Foi possível constatar que rastreadores oculares móveis se mostraram mais efetivos do que óculos de *eye gaze* para avaliação de engajamento visual em crianças pequenas (Jones *et al.*, 2023a; b; Minissi *et al.*, 2024, Alcañiz *et al.*, 2021).

Movimentos oculares podem ser uma rica fonte de informação sobre processos cerebrais, e recentemente tem sido alvo de pesquisas que avaliam o desempenho de medidas de engajamento visual social para auxiliar na triagem do TEA (Ziv *et al.*, 2024; Jones *et al.*, 2023b). O engajamento visual social de crianças com TEA demonstrou padrões diferentes de comportamento se comparado com o engajamento visual social de crianças com desenvolvimento típico. Essa análise pode ser obtida por meio dos registros realizados com o uso de aparelhos de rastreamento ocular.

DISCUSSÃO

Existem evidências da diferença no padrão de movimentação ocular e engajamento visual de crianças com TEA em relação a crianças com DT enquanto assistiram imagens e vídeos com diferentes estímulos. A fixação em diferentes regiões de interesse diante dos diferentes estímulos, e as medidas de aleatoriedade a partir de intervalos inter-sacadas, identificaram padrões distintos entre crianças com TEA e com DT. Realizando análises comparativas dentro do grupo DT ao assistir um mesmo vídeo, foi observado um padrão similar

de engajamento visual, diferente do grupo TEA que ao ser comparado entre si apresentaram padrões de olhar com maior aleatoriedade (Ziv *et al.*, 2024; Jones *et al.*, 2023b; Avni *et al.*, 2021). As pesquisas indicaram que o engajamento visual de pessoas com TEA tendem a ser mais direcionados a áreas não sociais e apresentar maior de aleatoriedade entre indivíduos.

Embora haja um consenso entre pesquisadores neste sentido (Ziv *et al.*, 2024; Jones *et al.*, 2023b; Avni *et al.*, 2021), não há uma explicação consensual sobre o porquê deste padrão de aleatoriedade e de preferência por áreas não sociais. Uma hipótese é que a aleatoriedade no padrão de engajamento social pode estar associada às diferenças entre indivíduos dentro do espectro TEA. Também observou-se que muitas pesquisas evidenciaram maior engajamento visual em figuras humanas, principalmente na região face/olhos nos grupos de crianças com DT, comparado ao engajamento visual dos grupos de crianças com TEA que apresentaram preferência por áreas não sociais (Jones *et al.*, 2023b; Wei *et al.*, 2024; Belen *et al.*, 2023; Mori *et al.*, 2023; Alcañiz *et al.*, 2021; Congiu *et al.*, 2024; Chetcuti *et al.*, 2024; Vacas *et al.*, 2021; Masedu *et al.*, 2021). Outras pesquisas identificaram que crianças com TEA apresentaram menor deslocamento de olhar entre dois pontos, pessoa-pessoa ou pessoa-objeto, avaliando o engajamento visual no compartilhamento de atenção (Wang *et al.*, 2024). O comportamento de um padrão mais aleatório do engajamento visual, voltado a evitar figuras sociais, pode refletir e estar associado com os sintomas centrais de dificuldade de comunicação e socialização. A hipótese dos autores diante desta revisão é de que, por observar pouco ou nada a região da face, as crianças têm maior dificuldade de aprender a comunicação verbal e não verbal.

Alguns estudos, ao separar a região facial em olhos e boca, observaram que a região da boca não se mostrou um possível biomarcador para mensuração do engajamento visual de pessoas com TEA, porém, a região dos olhos sim (Belen *et al.*, 2023; Mori *et al.*, 2023). A região dos olhos se mostrou como área de pouco engajamento visual principalmente para quadros mais graves de TEA (Belen *et al.*, 2023; Mori *et al.*, 2023). Para estes autores que observaram este fato, a hipótese levantada é de que devido a dificuldade social as crianças preferem fixar o olhar em partes do corpo diferente do rosto, isto pode ser explicado em parte pelo fato da região do rosto estar associada a comunicação verbal e não verbal, sendo assim uma região geralmente evitada.

Crianças com TEA apresentaram um maior engajamento visual em brinquedos de interesse, cores de contraste, áreas de geometria, objetos e elementos de fundo (Jones *et al.*, 2023a; b; Chetcuti *et al.*, 2024; Sun *et al.*, 2024; Ozdemir *et al.*, 2022). Alguns estudos identificaram ainda uma preferência acentuada no engajamento visual do grupo TEA em figuras adultas em

detrimento de figuras infantis (Alcañiz *et al.*, 2021) e mais reduzida em meninas do que em meninos (Viktorsson *et al.*, 2024). O estudo de Jones *et al.* (2023a) identificou uma vulnerabilidade individual que pessoas com TEA apresentam diante de conteúdos sociais. A pesquisa de Chetcuti *et al.* (2024) também associou comportamentos de TEA a maior tempo de duração do olhar para geometrias, considerando a dificuldade social como critério diagnóstico da condição. Para Sun *et al.* (2024) o interesse em objetos em detrimento de pessoas pode ser explicado por uma preferência visual por previsibilidade, tendo natureza mais previsível do que a ação de seres humanos.

As pesquisas analisadas tiveram como público alvo crianças, com idade média de 6 anos, porém, alguns pesquisadores buscando ampliar as análises subdividiram o grupo TEA por idades e constataram que quanto menor a idade maior a sensibilidade para a avaliação da variação do engajamento visual (Ziv *et al.*, 2024; Congiu *et al.*, 2024). Ao avaliar o engajamento visual para faces expressando diferentes emoções, uma pesquisa constatou que o grupo TEA e o grupo DT engajaram igualmente em faces felizes, porém, em faces raivosas ou neutras as crianças com TEA apresentaram um menor engajamento visual do que crianças com DT (Vacas *et al.*, 2021). Segundo os autores, esse achado corrobora com outras evidências já publicadas que indicam que pessoas com TEA apresentam maior sensibilidade emocional e emoções negativas comprometidas (Vacas *et al.*, 2021).

Ao analisar vídeos naturalistas comparados a vídeos de animação, foi possível verificar uma melhor sensibilidade para análise da diferença de engajamento visual de crianças com TEA e crianças com DT em vídeos naturalistas (Avni *et al.*, 2021; Robain *et al.*, 2021). A pesquisa de Avni *et al.* (2021) continha uma animação com cenas cortadas, áudio em inglês, diferente do vídeo naturalista sem cortes e em hebraico. O estudo conduzido por estes autores incluiu crianças do centro de pesquisa em Israel, porém, não descreve se a língua nativa das crianças era o hebraico. De acordo com Avni *et al.* (2021), percebeu-se que o conteúdo do vídeo influencia na capacidade de identificar as características compatíveis com o TEA pela medição do engajamento visual social. Os estudos que utilizaram vídeos como estímulo predominaram, e foi constatado que os estímulos eram de curta duração, sendo o mais curto com duração de 35 segundos (Wang *et al.*, 2024) e o mais longo com duração de 12,6 minutos (Jones *et al.*, 2023a). Apesar disso, a duração das sessões variava de acordo com a necessidade de calibração do aparelho antes de apresentar o estímulo, e forma de finalização da sessão. As diferentes taxas de amostragem por si só criam viés de medição sistemático, sistemas de 30 Hz não conseguem

detectar micro sacadas que os sistemas de 1000 Hz capturam facilmente. A medida de Hertz (Hz) permite identificar quantas vezes uma nova imagem pode ser mostrada na tela por segundo, ou no rastreador ocular, das imagens por segundo que são capturadas.

CONCLUSÃO

A presente revisão alcançou o objetivo de compreender como o engajamento visual pode ser avaliado como um possível biomarcador para a triagem de TEA. Compreendeu-se que existem diferentes possibilidades de estímulos como vídeos e imagens estáticas que podem ser utilizados para análise do engajamento visual social. Também foi possível identificar diferentes rastreadores oculares e softwares que permitem a configuração e a análise de comportamentos visuais como o engajamento visual social. Apesar destas variações e limitações dos estudos analisados, foi possível observar que a maior parte dos estudos que obtiveram bons resultados, comparando a avaliação do engajamento visual social com a avaliação clínica regular do TEA, utilizaram vídeos e identificaram padrões mais aleatórios de engajamento visual entre o grupo TEA, sendo que o grupo DT apresentou padrões mais similares de engajamento visual social diante do mesmo estímulo.

Entre as limitações nos estudos revisados encontramos também a substancial heterogeneidade técnica entre os estímulos utilizados nas pesquisas, o que torna as comparações entre os estudos difíceis de serem realizadas. Além disso, algumas apresentações com duração de poucos segundos parecem identificar principalmente respostas de orientação inicial e preferências visuais básicas, enquanto apresentações com mais de 86 segundos permitem o processamento social complexo e padrões de atenção sustentada. Outra característica limitante é a ampla variedade de sistemas de rastreamento ocular utilizados nas pesquisas, o que dificulta ainda mais a análise comparativa. A heterogeneidade técnica torna as comparações entre estudos sem padronização apropriada. Também foi identificado uma preocupação centrada na faixa etária, alguns estudos identificaram uma sensibilidade maior do rastreador visual em idades inferiores a três anos, porém, essa conclusão foi apresentada por poucos estudos. Apesar de o engajamento visual social ser indicado como um possível biomarcador do TEA, ainda há um déficit de trabalhos nesta temática, principalmente no Brasil. Esta revisão identificou três importantes limitações nas pesquisas encontradas: 1) baixa produção científica nesta temática; 2) ampla variedade de hardwares e softwares utilizados e 3) ampla variedade de estímulos utilizados. Conclui-se que, para melhores evidências do engajamento visual social, é necessária

a ampliação de pesquisas sobre a temática, utilizando o mesmo estímulo de vídeo e o mesmo hardware e software de análise em replicações visando produzir evidências mais robustas.

REFERÊNCIAS

- 1 ALCANIZ, M., Chicci-Giglioli, I. A., Carrasco-Ribelles, L. A., Marín-Morales, J., Minissi, M. E., Teruel-García, G., Sirera, M., & Abad, L. (2021). Eye gaze as a biomarker in the recognition of autism spectrum disorder using virtual reality and machine learning: A proof of concept for diagnosis. *Autism Research*, 15(1), 131-145. <https://doi.org/10.1002/aur.2636>
- 2 AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION. (2022). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition*. DSM-5-TR. American Psychiatric Publishing.
- 3 AVNI, I., Meiri, G., Bar-Sinai, A., Reboh, D., Manelis, L., Flusser, H., Michaelovski, A., Menashe, I., & Dinstein, I. (2020). Children with autism observe social interactions in an idiosyncratic manner. *Autism Research*, 13(6), 935-946. <https://doi.org/10.1002/aur.2234>
- 4 AVNI, I., Meiri, G., Michaelovski, A., Menashe, I., Shmuelof, L., & Dinstein, I. (2021). Basic oculomotor function is similar in young children with ASD and typically developing controls. *Autism Research*, 14(12), 2580-2591. <https://doi.org/10.1002/aur.2592>
- 5 BRASIL. (2021). *Vigilância em saúde - TEA*. <https://linhasdecuidado.saude.gov.br/portal/transtorno-do-espectro-autista/unidade-de-atencao-primaria/vigilancia-em-saude/#pills-aspectos-gerais-autismo>
- 6 BECKER, M. M., Wagner, M. B., Bosa, C. A., Schmidt, C., Longo, D., Papaleo, C., & Riesgo, R. S. (2012). Translation and validation of Autism Diagnostic Interview-Revised (ADI-R) for autism diagnosis in Brazil. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, 70(3), 185-190. <https://doi.org/10.1590/S0004-282X2012000300006>
- 7 CHETCUTI, L., Varcin, K. J., Boutrus, M., Smith, J., Bent, C. A., Whitehouse, A. J. O., & Hudry, K. (2024). Feasibility of a 2-minute eye-tracking protocol to support the early identification of autism. *Scientific Reports*, 14(1), 5117. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-55643-z>
- 8 CONGIU, S., Doneddu, G., & Fadda, R. (2024). Attention toward Social and Non-Social Stimuli in Preschool Children with Autism Spectrum Disorder: A Paired Preference Eye-Tracking Study. *Int J Environ Res Public Health*, (21)4, 421-421. <https://doi.org/10.3390/ijerph21040421>
- 9 CORDEIRO, L.; Soares, C. B. (2020). Revisão de escopo: potencialidades para a síntese de metodologias utilizadas em pesquisa primária qualitativa. *BIS*, 20(2), 37-43. <https://doi.org/10.52753/bis.2019.v20.34471>
- 10 COSTANZO, V., Narzisi, A., Cerullo, S., Crifaci, G., Boncoddò, M., Turi, M., Apicella, F., Tancredi, R., Muratori, F., Calderoni, S., & Billeci, L. (2022). High-Risk Siblings without Autism: Insights from a Clinical and Eye-Tracking Study. *Journal of personalized medicine*, 12(11), 1789. <https://doi.org/10.3390/jpm12111789>

- 11 DE BELEN, R. A., Pincham, H., Hodge, A., Silove, N., Sowmya, A., Bednarz, T., & Eapen, V. (2023). Eye-tracking correlates of response to joint attention in preschool children with autism spectrum disorder. *BMC psychiatry*, 23(1), 211. <https://doi.org/10.1186/s12888-023-04585-3>
- 12 HABAYEB, S., Tsang, T., Saulnier, C., Klaiman, C., Jones, W., Klin, A., & Edwards, L. (2021). Visual Traces of Language Acquisition in Toddlers with Autism Spectrum Disorder During the Second Year of Life. *J Autism Dev Disord*, 51(7), 2519-2530. <https://doi.org/10.1007/s10803-020-04730-x>
- 13 HOU, W., Jiang, Y., Yang, Y., Zhu, L., & Li, J. (2024). Evaluating the validity of eye-tracking tasks and stimuli in detecting high-risk infants later diagnosed with autism: A meta-analysis. *Clinical Psychology Review*, 112, 102466-102466. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2024.102466>
- 14 JONES, W., Klaiman, C., Richardson, S., Aoki, C., Smith, C., Minjarez, M., Bernier, R., Pedapati, E., Bishop, S., Ence, W., Wainer, A., Moriuchi, J., Tay, S. W., & Klin, A. (2023a). Eye-Tracking-Based Measurement of Social Visual Engagement Compared With Expert Clinical Diagnosis of Autism. *JAMA*, 330(9), 854-865. <https://doi.org/10.1001/jama.2023.13295>
- 15 JONES, W., Klaiman, C., Richardson, S., Lambha, M., Reid, M., Hamner, T., Beacham, C., Lewis, P., Paredes, J., Edwards, L., Marrus, N., Constantino, J. N., Shultz, S., & Klin, A. (2023b). Development and Replication of Objective Measurements of Social Visual Engagement to Aid in Early Diagnosis and Assessment of Autism. *JAMA network open*, 6(9), e2330145. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2023.30145>
- 16 MASEDU, F., Vagnetti, R., Pino, M. C., Valenti, M., & Mazza, M. (2021). Comparison of Visual Fixation Trajectories in Toddlers with Autism Spectrum Disorder and Typical Development: A Markov Chain Model. *Brain Sciences*, 12(1), 10. <https://doi.org/10.3390/brainsci12010010>
- 17 MINISSI, M. E., Giglioli, I. A. C., Mantovani, F., & Raya, M. A. (2022). Assessment of the Autism Spectrum Disorder Based on Machine Learning and Social Visual Attention: A Systematic Review. *J Autism Dev Disord*, 52(5), 2187-2202. <https://doi.org/10.1007/s10803-021-05106-5>
- 18 MINISSI, M. E., Altozano, A., Marín-Morales, J., Giglioli, I. A. C., Mantovani, F., & Alcañiz, M. Biosignal comparison for autism assessment using machine learning models and virtual reality. *Computers in Biology and Medicine*, 171, 108194. <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2024.108194>
- 19 MORI, T., Tsuchiya, K., Harada, T., Nakayasu, C., Okumura, A., Nishimura, T., Katayama, T., & Endo, M. (2023). Autism symptoms, functional impairments, and gaze fixation measured using an eye-tracker in 6-year-old children. *Frontiers in Psychiatry*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2023.1250763>
- 20 OZDEMIR, S., Akin-Bulbul, I., Kok, I., & Ozdemir, S. (2022). Development of a visual attention based decision support system for autism spectrum disorder screening. *In J Psychophysiol*, 173, 69-81. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2022.01.004>

- 21 PAGE, M. J., McKenzie, J. E., Bossuvt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shanser, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *British Medical Journal*, 372(71). <https://doi.org/10.1136/bmj.n171>
- 22 ROBAIN, F., Kojovic, N., Solazzo, S., Glaser, B., Franchini, M., & Schaer, M. (2021). The impact of social complexity on the visual exploration of others' actions in preschoolers with autism spectrum disorder. *BMC Psychology*, (9)1, 50. <https://doi.org/10.1186/s40359-021-00532-2>
- 23 RUTTER, M., Le Couteur, A., & Lord, C. (2003). *Autism diagnostic interview revised manual (ADI-R)*. Western Psychological Services.
- 24 RUTTER, M., & Lord, C. (2012). *Autism diagnostic observation schedule: second edition (ADOS-2)*. Western Psychological Services.
- 25 SILVA, C. C. E., & Elias, L. C. S. (2020). Instrumentos de Avaliação no Transtorno do Espectro Autista: Uma Revisão Sistemática. *Avaliação Psicológica*, (19)2, 189–197. <https://doi.org/10.15689/ap.2020.1902.09>
- 26 SOKE, G. N., Maenner, M. J., Christensen, D., Spencer, M. K., & Schieve, L. A. (2018). Prevalence of Co-occurring Medical and Behavioral Conditions/Symptoms Among 4- and 8-Year-Old Children with Autism Spectrum Disorder in Selected Areas of the United States in 2010. *J Autism Dev Disord*, 48(8), 2663–2676. <https://doi.org/10.1007/s10803-018-3521-1>
- 27 SUN, B., Calvert, E. I., Ye, A., Mao, H., Liu, K., Wang, R. K., Wang, X-Y., Wu, Z-L, Wei, Z., & Kong, X-J. (2024). Interest paradigm for early identification of autism spectrum disorder: an analysis from electroencephalography combined with eye tracking. *Front. Neurosci.*, 18. <https://doi.org/10.3389/fnins.2024.1502045>
- 28 VACAS, J., Antolí, A., Sánchez-Raya, A., Pérez-Dueñas, C., & Cuadrado, F. (2021). Visual preference for social vs. non-social images in young children with autism spectrum disorders. An eye tracking study. *PLOS ONE*, 16(6), e0252795. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0252795>
- 29 VIKTORSSON, C., Bölte, S., & Falck-Ytter, T. (2023). How 18-month-olds with Later Autism Look at Other Children Interacting: The Timing of Gaze Allocation. *J Autism Dev Disord*, 54(11), 4091–4101. <https://doi.org/10.1007/s10803-023-06118-z>
- 30 WANG, R. K., Kwong, K., Liu, K., & Kong, X-J. (2024). New eye tracking metrics system: the value in early diagnosis of autism spectrum disorder. *Front. Psychiatry*, 15. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2024.1518180>
- 31 WEI, Q., Dong, W., Yu, D., Wang, K., Yang, T., Xiao, Y., Long, D., Xiong, H., Chen, J., Xu, X., & Li, T. (2024). Early identification of autism spectrum disorder based on machine learning with eye-tracking data. *Journal of affective disorders*, 358, 326–334. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2024.04.049>

32 ZIV, I., Avni, I., Dinstein, I., Meiri, G., & Bonne, Y. S. (2024). Oculomotor randomness is higher in autistic children and increases with the severity of symptoms. *Autism Res.*,17(2), 249-265. <https://doi.org/10.1002/aur.3083>