

技术赋能孤独症儿童社交技能改善的有效性：一项伞状综述

An Umbrella Review on the Effectiveness of Technology in Enhancing Social Skills for

Children with Autism

张方玉, 逯行*, 孙紫怡

浙江师范大学 教育学院

* 1020352929@qq.com

【摘要】 技术干预是提升自闭症谱系障碍(ASD)儿童社交技能的有效方法。但现有系统综述缺乏更高层级的证据整合, 以分析不同技术效果并探究异质性来源。本研究采用伞状综述方法, 遵循 PRISMA 指南检索了五大数据库, 共纳入 15 篇系统综述与元分析。研究使用 AMSTAR 2 和校正覆盖面积(CCA)评估其方法学质量与研究重叠度, 并进行数据合成。结果显示, 技术干预对 ASD 儿童社交技能有显著积极影响($SMD = 0.54$, 95% CI : 0.40 - 0.68), 非语言沟通领域效果尤为突出。亚组分析表明基于计算机的干预效果更佳, 但组内异质性较大。元回归分析揭示干预效果可能具年龄特异性, 这解释了研究间的部分异质性。

【关键词】 孤独症儿童; 技术赋能; 社交技能; 伞状综述

Abstract: While technology interventions effectively enhance social skills in children with Autism Spectrum Disorder (ASD), existing reviews lack high-level synthesis on different technologies' effects and sources of heterogeneity. This study employed an umbrella review methodology, adhering to PRISMA guidelines to search five major databases, ultimately including 15 systematic reviews and meta-analyses. Methodological quality and study overlap were assessed using AMSTAR 2 and corrected coverage area (CCA), followed by data synthesis. Results showed a significant positive effect of technology on social skills ($SMD = 0.54$, 95% CI : 0.40–0.68), especially in nonverbal communication. Subgroup analysis identified computer-based interventions as superior, despite high heterogeneity. Meta-regression analysis revealed potential age-specific effects of interventions, explaining part of the observed heterogeneity across studies.

Keywords: Children with autism, Technology-enabled, Social skills, Umbrella review

1.引言

第五版《精神障碍诊断与统计手册》指出自闭症谱系障碍(ASD)是一系列神经发育障碍的统称, 包括自闭症、阿斯伯格综合征(AS)以及未另行指明的广泛性发育障碍(PDD-NOS), 其诊断标准主要聚焦于社交沟通障碍和兴趣重复行为两大核心维度(American Psychiatric Association, 2013)。近年许多大规模研究证实, 自闭症谱系障碍的发生率在过去几十年中呈现出显著且持续的增长趋势(Myers et al., 2019), 这一不断攀升的数据凸显了为 ASD 群体提供有效干预的紧迫性。但目前尚缺乏充分证据支持纯技术干预的有效性。因此本研究针对 ASD 儿童社交技能的干预展开研究, 其中社交技能具体表现为社交情感互动的能力、非语言沟通方式, 以及人际关系的建立、维系与理解能力的维度(American Psychiatric Association, 2013)。相关研究指出自闭症患者及其家庭由于耗时耗力及成本问题难以真正获得传统的干预(Rogge & Janssen, 2019)。而技术赋能的社交技能干预具有可重复性、稳定性以及 ASD 儿童偏好的无

需社交互动的优势。有实证研究发现,与传统工具相比,使用数字工具干预的 ASD 儿童在社交沟通技能方面有明显的进步(Trémaud et al., 2021)。涉及 ASD 儿童的技术干预类型主要包括计算机程序、平板电脑应用程序机器人、交互式 DVD、沉浸式技术等(Mittal et al., 2024; Sandgreen et al., 2021),因此本伞状综述的技术干预包括所有借助技术设备、软件应用、数字平台以及技术交互等辅助手段。早期研究和临床观察表明自闭症谱系障碍个体普遍对通过电子屏幕呈现的视觉信息表现出强烈的偏好和学习倾向(Mineo et al., 2009),因此研究者们可以以技术干预的手段来吸引 ASD 儿童的注意力,凸显出数字技术为 ASD 儿童核心缺陷提供补偿性训练机会方面的优势。

目前学界已经有较多关于此主题的系统综述和元分析。然而,这些综述或元分析的结论可能存在不一致,并且技术干预效果的总体强度并不明确。例如,有元分析指出基于人机交互(HCI)的干预有中等程度的积极效果(Liu et al., 2025),而另一项针对虚拟现实(VR)的元分析则显示出较低的效应量($SMD = 0.2$; Karami et al., 2021),同时新兴的生成式人工智能(GAI)干预又被证明具有较强的正向影响(Feng et al., 2025),这种研究的不一致性可能是因技术类型差异而影响了干预结果。这凸显了开展伞状综述的必要性,因此本研究旨在通过伞状综述的方法,系统性地梳理、评价和综合现有关于技术干预改善 ASD 儿童社交技能有效性的系统综述与元分析证据,以评估其对 ASD 儿童社交技能方面的整体效果,并探讨可能影响效果的关键因素,以期为该领域技术干预的未来发展与应用提供参考。

2.研究方法

2.1. 研究指南

本研究为技术干预对 ASD 儿童社交技能改善的伞状综述。本综述与元分析技术遵循系统评价和元分析的首选报告项目(PRISMA)指南(Page et al., 2021),遵循指南清单能够确保系统评价和元分析的透明度、质量及可重复性。

2.2. 纳入与排除标准

本研究的纳入标准采用 PICOS 框架制定,包括人群、干预类型、对照、结局指标与研究设计五个维度。研究选择的人群为平均年龄 ≤ 18 岁的 ASD 人群。重点关注的干预措施是技术干预,包括技术总称、沉浸式技术、机器人技术、有科技辅助的沟通技术、移动与可穿戴技术、视频与其他技术,纳入研究需至少包含一项技术干预。对照组则包括未接受干预或使用非技术干预措施的对照组,且均需涉及自闭症患者。主要干预结果以社交技能相关的三维度指标为评估标准(Myers et al., 2019),同时研究仅纳入发表于同行评审期刊的英文文章。

2.3. 检索策略与筛选流程

我们在 ERIC、web of science、Scopus、Taylor&Francis Online 以及 Pubmed 五个数据库中进行了文献检索,搜索 2005 年 1 月至 2025 年 12 月近 20 年的相关研究,共检索到 1562 篇元分析或系统综述。检索策略主要以 PICOS 框架为基础,人群(P)涵盖自闭症谱系障碍(autism spectrum disorder)、儿童(child)等;干预(I)涉及技术辅助(technology-based)、虚拟现实(virtual reality)、机器人(robot)、移动应用(mobile application)等多种技术类型;结果(O)聚焦社交技能(social skill)、社交沟通(social communication)等;研究设计(S)限定为系统综述(systematic review)与元分析(meta-analysis),通过布尔逻辑运算符对检索词进行组合,并对选定文献的参考文献列表进行了人工审查。本伞状综述所有数据库的检索均在同一天完成,确保研究的一致性。文献的筛选主要采用 Endnote 21 软件开展,首先我们排除了 300 篇重复文献,剩下 1262 篇供后续选择与分析。通过对文献标题和摘要的初筛,排除了 1145 与研究不相关的文献。最后对剩余的 117 篇文献进行全文阅读与评估,最终共有 15 篇被整合到本伞状综述中。图 1 完整呈现了遵循 PRISMA 指南的研究筛选流程。

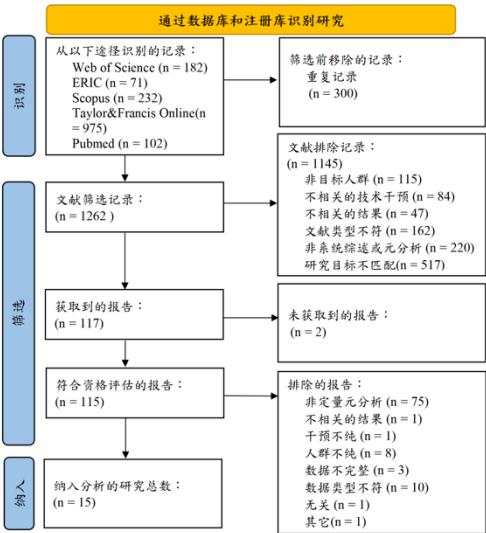


图 1 PRISMA 流程图

2.4. 数据提取与数据项

本研究的数据提取工作采用 Microsoft Excel 软件进行记录，提取的数据项包括基本的研究信息(作者和发表年份)、样本特征、干预措施、结局指标、总样本量、纳入研究数量、所使用的统计模型(随机效应模型或固定效应模型)和计算效应量类型(MD 或 SMD)、效应量以及 95% 置信区间，表 1 对纳入研究的特征进行了系统总结。

表 1 纳入研究的特征

第一作者 (年份)	年 龄 混 入	干预技术	结果	总样本量 (干预组/对照 组)	研 究 数 量	统计模型/ 效应量类型	效应量 (95%置信区间)
Sandgreen(2020)	1	Digital intervention	Social Skills	844(426/418)	17	REM,SMD	0.32(0.12,0.51)
Zhi(2021)	0	TBI	Emotion Recognition	538	14	REM,SMD	0.9(0.53,1.28)
Santos(2023)	0	Robotics	Complex interpersonal interactions	96(48/48)	4	REM,SMD	0.22(-0.52,0.97)
Sandbank(2023)	0	Technology based	Social communication	550(278/272)	17	REM,SMD	0.33(0.02,0.64)
Mittal(2024)	0	immersive VR	social skills	210(105/105)	3	REM,MD	1.43(0.01,2.84)
Farashi(2022)	0	CP	emotion recognition	57	4	REM,SMD	1(0.7,1.3)
Karami(2021)	1	VR	SCS	204(109/95)	5	REM,SMD	0.2(-0.25,0.65)
Liu(2024)	1	HCI-based	SST	877	20	REM,SMD	0.398(0.265,0.53)
Li(2023)	1	Immersive VR	social and/or affective skills	259 (124/135)	5	REM,SMD	0.285(0.132,0.438)
Feng(2025)	0	GAI	social-emotional development	1562	35	REM,SMD	0.734(0.63,0.838)
Soares(2020)	0	BITs	Social skills training (SST)	138	4	REM,SMD	0.93(0.57,1.29)
Barton(2017)	0	Technology-Aided	Social skills	NR	4	REM,SMD	0.79(0.25,1.33)
Xu(2024)	0	Digital Interventions	SES	1160	22	REM,SMD	0.72(0.35,1.08)

第一作者 (年份)	年 龄 混 入	干预技术	结果	总样本量 (干预组/对照 组)	研 究 数 量	统计模型/ 效应量类型	效应量 (95%置信区间)
Wang(2025)	0	gamified interventions	Social interaction and communication	75	5	REM,SMD	0.46(0.08,0.85)
Kouroupa(2022)	0	social robots	social outcomes	(119/NR)	7	REM,SMD	0.35(0.09,0.61)

Notes REM=随机效应模型; SMD=标准化均数差; MD=均数差; IG=干预组; CG=控制组; TBI =基于技术的干预; CP =计算机化训练项目; HCI-based=人机交互干预;Age_mix 0:纯净组, 1:成人混入组

2.5. 方法学质量评价与研究重叠

我们采用了包含 16 项的 AMSTAR 2 工具对纳入研究开展方法学质量评估(Shea et al., 2017), 并基于 7 个关键评估维度对纳入研究进行总体置信度评级。研究发现 15 项元分析之间存在差异, 纳入研究的总体置信度评级中, 低质量研究占 4 项, 极低质量研究占 11 项。为进一步评估证据可靠性, 研究采用推荐分级的评估、制定与评价(GRADE)系统明确了各结局指标的证据质量。通过校正覆盖面积(CCA)方法评估发现(Pieper et al., 2014), 本研究纳入的各个元分析之间的研究重叠度处于较低水平, 计算的 CCA 值为 4.48%, 表明纳入研究具有一定的独立性。

2.6. 数据合成与分析

由于各元分析所使用的效应量类型和方向可能存在差异, 本研究根据实际情况将其统一转化为 SMD 后, 采用随机效应模型合并效应量, 通过计算 Cochran’s Q 和 I² 来评估异质性大小。为深入探究导致异质性的因素, 我们根据干预技术类型、受试者年龄构成进行亚组分析。并采用留一法进行敏感性分析, 通过重新计算合并效应量来评估研究结果的稳健性。以绘制漏斗图的方式直观评估潜在发表偏倚, 研究所有数据整合过程主要使用 Rstudio 的 meta 包完成。

3.研究结果

3.1. 技术赋能对孤独症儿童社交技能的影响

3.1.1. 整体社交技能

通过元分析技术对纳入的元分析效应量进行合并, 见图 2 森林图显示, 接受技术干预的 ASD 儿童整体的社交技能有中等程度的提升(SMD = 0.54, 95%CI: 0.40-0.68),但同时也表明了各研究间存在明显的异质性(I² = 76.3%), 说明干预效果存在系统性差异。

3.1.2. 其他社交技能领域

本研究依据 DSM-5 社交技能的三个维度对纳入研究进行了亚组分析。如表 2 所示, 特定的社交技能维度间的干预效果差异未达到统计学显著性水平(p = .093), 这种统计上的不显著性可能是因为各亚组纳入的研究数量较少。然而, 从效应量的大小来看, “非语言沟通行为”领域的合并效应量最大(SMD = 0.77)。“社交情感互动”领域干预效应量较小(SMD = 0.39), 而综合型的社交技能领域合并效应量中等(SMD = 0.50)。

表 2 技术干预对 ASD 儿童特定社交技能领域的影响

社交技能领域	研究数量	效应量(95%置信区间)	I ² 统计量(%)
社交情感互动	5	0.39(0.28,0.50)	0
非语言沟通行为	4	0.77(0.43,1.10)	85.2
综合型	6	0.50(0.32,0.69)	81.4

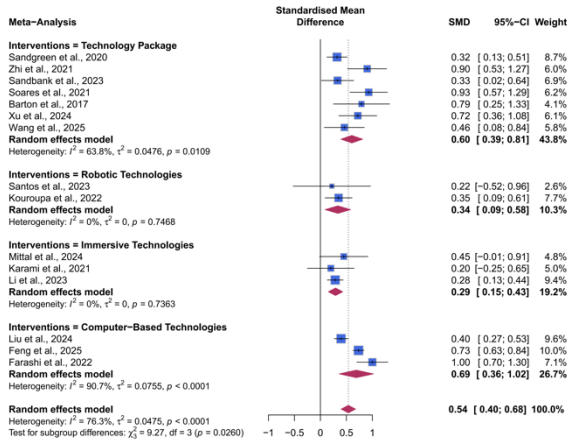


图2 技术干预对ASD儿童整体社交技能影响的森林图

3.2. 异质性来源

为了探究异质性的原因，我们开展了一系列调节变量分析，包括基于干预类型的亚组分析以及考察年龄混合情况(即纳入成人参与者)的元回归分析。一些理论上重要的调节变量，如基线自闭症谱系障碍严重程度或功能水平，由于所纳入的元分析报告不一致，因此无法进行分析。如图2结果显示，不同技术类型之间的效应量存在显著差异($p = .026$)。其中基于计算机的干预($SMD = 0.69$)和技术综合干预($SMD = 0.60$)对ASD儿童社交技能的影响显示出中等偏大的效应。而机器人技术($SMD = 0.34$)和沉浸式技术($SMD = 0.29$)的效应量较小。针对纳入的部分元分析($n = 4$)中存在纳入少量成人样本的原始研究的情况，我们以是否夹带成年人(0/1)预测效应量，评估年龄混入对总体效应量的系统性影响。如表3的元回归结果表明“年龄混入”是一个显著的异质性来源($p = .003$)，能够解释约58.7%的研究间异质性。未混入成人样本的元分析($n = 11$)合并的效应量为 $SMD = 0.65$ ，显著高于混入部分成人样本的元分析($n = 4$)的效应量($SMD = 0.32$)。这说明该变量对效应量有显著的调节作用，因此纳入的元分析中夹带成年人的做法可能会系统性地降低技术干预对儿童及青少年群体中的真实效果，基于技术的干预可能对儿童或青少年人群的效果更为显著。

表3 年龄混合调节效应的元回归分析

调节变量	研究数量	β 系数	95%置信区间	z 值	p 值
基准组 (仅包含儿童/青少年)	11	0.65	[0.52, 0.79]	9.66	<.0001
年龄混合组 (包含成人)	4	-0.33	[-0.55, -0.11]	-2.98	0.0029

Notes 模型解释的异质性质量 (R^2): 58.7%;调节变量检验 (QM): $QM(1) = 8.86$, $p = .003$;剩余异质性检验 (QE): $QE(13) = 25.16$, $p = .022$

3.3. 敏感性分析与发表偏倚

为了检验本研究合并效应量估计的稳健性，我们进行了留一法敏感性分析。分析的结果表明，本伞状综述关于技术干预对ASD儿童社交技能具有中等正向效果的总体结论是稳健的。为了评估潜在的发表偏倚对本研究合并结果的影响，我们采用了漏斗图和 Egger's 检验进行发表偏倚评估。如图3所示，纳入研究的效应量在视觉上大致对称地分布于合并效应量的两侧，未观察到明显不对称现象。同时研究进一步采用 Egger's 检验，结果未达统计学显著性($p = .982$)，发表偏倚可忽略不计。

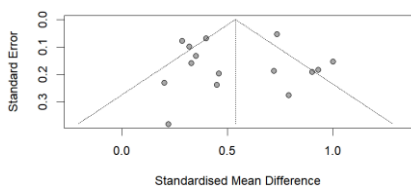


图3 技术干预对ASD儿童整体社交技能影响的漏斗图

4. 讨论

4.1. 技术赋能的效果

4.1.1. 技术干预对社交技能的整体及领域效应

本研究得出的 ASD 儿童整体社交技能改善具有中等程度的效果($SMD = 0.54$)与 Wang et al. (2025)所报告的效应量($SMD = 0.46$)相近。然而有部分研究指出技术干预对 ASD 儿童社交技能的改善的效果有限(Karami et al., 2021; Santos et al., 2023)。有研究发现, 自闭症儿童电子屏幕的使用时长与自闭症症状严重程度呈正相关(Dong et al., 2021)., 因此这些基于元分析技术得出的矛盾结论可能源于 ASD 症状严重程度或其它谱系障碍类型、受试者年龄、干预类型、干预时长以及干预次数等差异(Farashi et al., 2022; Santos et al., 2023)。同时在特定的社交技能领域也存在类似的矛盾, Barton et al. (2017)的研究中报告了技术干预对 ASD 儿童社交情感互动领域的的能力具有中等程度的影响, 而 Sandbank et al. (2020)的研究中发现对 ASD 儿童社交情感能力的干预效果不显著。这些差异化结果表明干预效果受到技术类型、ASD 严重程度等多重因素的影响。尽管其对研究间异质性解释力较低, 但我们仍需关注效应量大小呈现出的趋势, 即技术干预在改善“非语言沟通行为”方面可能远比在改善“社交情感互动”方面更为有效。这一结果推论与 Pi et al. (2022)研究中指出的技术辅助能够显著提升 ASD 儿童情绪识别能力结果一致。同时另一项元分析也指出, 相较于语言沟通技能、认知技能、日常生活技能, 数字干预对提升 ASD 儿童情绪情感技能方面具有更显著的效果(Xu et al., 2024)。因此本研究的综合效应为临床评估与应用提供指导, 其领域效应定位了当前技术的应用边界, 即当前大多数技术类型更善于通过针对性的训练模块来提升 ASD 儿童眼神交流或面部识别等相对静态的技能, 但其在模拟和促进 ASD 儿童复杂动态的社交互动方面仍面临挑战, 这正凸显了研究的意义。未来研究可以利用深度学习等技术, 聚焦提升交互深度与情境智能, 旨在为 ASD 儿童提供更接近真实情境、更具个性化的干预方案。

4.1.2. 不同干预类型的效果差异与异质性分析

亚组分析进一步揭示了不同技术干预类型对 ASD 儿童社交技能的差异化影响。以往研究呈现出的沉浸式类技术干预对 ASD 儿童社交技能的影响结果存在差异, 例如在沉浸式 VR 技术干预方面, 有研究发现沉浸式 VR 技术对 ASD 儿童整体社交技能有显著的改善效果(Mittal et al., 2024), 而 Li et al. (2023)的研究发现沉浸式 VR 技术对 ASD 儿童整体社交技能的影响有限, 只有微小程度的促进效果。我们的研究表明基于计算机的干预对 ASD 儿童社交技能的改善效果大于使用机器人技术或沉浸式技术的干预效果, 这一结论与后者的发现相呼应。一方面原因可能是高沉浸式 VR 技术会引发网络眩晕、焦虑或感官紊乱等副作用(Kellmeyer, 2018), 另一方面原因可能是技术类型的应用倾向及各亚组所纳入的研究较少。因此技术类型及其临床应用边界对评估干预效果也至关重要, 这为一线实践者提供了新的决策依据。

4.1.3. 受试者年龄构成的调节作用

本研究的一个重要发现是技术干预的效果在纯粹的儿童青少年群体中更为显著。在无法对 ASD 儿童基线社交功能水平进行亚组分析的情况下, 研究量化了年龄混入对异质性的影响, 通过元回归分析表明所纳入的研究中“是否混入成年人”这一调节变量解释了研究间 58.73% 的异质性。这可能意味着技术干预的效果具有年龄特异性。有研究表明, 针对 ASD 儿童的干预越早越好, 大脑的高可塑性会使得干预效果可能更为显著(Canoy & Boholano, 2015), 而混入成年人样本可能会稀释这种针对特定年龄段的干预效应。这为技术干预引入了发展观的视角, 强调干预方案需要与儿童的年龄和认知动态匹配, 为 ASD 儿童实现个性化支持奠定了基础。然而, 研究的分析数据仍存在异质性, 除了可能存在的技术干预类型、受试者年龄构成等因素的影响, 还受到所纳入研究的方法学质量较低及 GRADE 证据等级较低的影响, 即纳入研究在整合原始研究时存在关键维度的缺陷, 构成了异质性的来源, 会对研究结论的稳定性产生影响, 因此我们解读分析数据时应该要保持谨慎的态度。

4.2. 局限性与未来研究

由于本研究所纳入的大部分元分析或系统综述未能提供统一或完整的 ASD 儿童基线功能数据, 因此根据 ASD 儿童的基线功能水平进行亚组分析具有一定挑战性, 但必须认识到这一特征可能会对研究结果产生影响。未来研究应系统探究基线功能水平、持续时间、频率及是否有其他人员辅助等要素对社交技能结果的影响。本研究的 GRADE 证据评级质量为低或极低, 这归因于纳入研究较高的偏倚风险与异质性, 表明当前结论尚不稳健。未来元分析或综述需遵循规范的方法学并统一基线等各指标, 以更准确地评估其真实效果。同时目前技术干预对 ASD 患者在“人际关系的建立、维系与理解”这一较为高级社交技能维度上关注度不足, 所纳入研究均没有涉及到对这一方面的干预, 这为未来的技术创新和研究指明了重要方向。

5. 结论

本研究揭示了技术干预在改善自闭症谱系障碍儿童社交技能方面的巨大潜力。在对 ASD 教育应用或临床治疗实践中, 相关专业人员应优先考虑采用基于计算机的干预模式, 因其普及性及在提升社交技能方面的效果可能优于机器人或沉浸式技术。同时, 在对社交技能方面的干预领域应侧重于“非语言沟通行为”等已被证明效果较为显著的领域, 并将干预对象聚焦于纯粹的未成年群体, 能够获得更佳的干预效果, 因此在解读和应用这些元分析的结论时, 应优先考虑那些样本年龄界定更为纯粹的研究。总体而言, 技术干预为改善 ASD 儿童的核心社交障碍提供了具有潜力且有效的方案和策略, 有助于减轻 ASD 患者及其家属的焦虑情绪, 帮助医疗等相关特殊教育人员缓解这一公共健康挑战。

参考文献

- American Psychiatric Association, DSM-5 Task Force. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5™* (5th ed.). American Psychiatric Publishing, Inc.. <https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596>
- Barton, E., Pustejovsky, J. E., Maggin, D. M., & Reichow, B. (2017). Technology-aided instruction and intervention for students with ASD: A meta-analysis using novel methods of estimating effect sizes for single-case research. *Remedial and Special Education*, 38(6), 371-386. <https://doi.org/10.1177/074193251772950>
- Canoy, J. P., & Boholano, H. B. (2015). Early Start DENVER Model: A Meta-Analysis. *Journal of Education and Learning*, 9(4), 314-327. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v9i4.2494>
- Dong, H. Y., Wang, B., Li, H. H., Yue, X. J., & Jia, F. Y. (2021). Correlation Between Screen Time and Autistic Symptoms as Well as Development Quotients in Children With Autism Spectrum Disorder. *Frontiers in psychiatry*, 12, 619994. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2021.619994>
- Farashi, S., Bashirian, S., Jenabi, E., & Razjouyan, K. (2022). Effectiveness of virtual reality and computerized training programs for enhancing emotion recognition in people with autism spectrum disorder: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Developmental Disabilities*, 70(1), 110-126. <https://doi.org/10.1080/20473869.2022.2063656>
- Feng, X., Guan, W., & Xu, E. (2025). The impact of generative artificial intelligence on the social-emotional skills of children with autism spectrum disorder: a meta-analysis of 38 experimental and quasi-experimental studies. *International Journal of Developmental Disabilities*, 1-13. <https://doi.org/10.1080/20473869.2025.2511661>
- Karami, B., Koushki, R., Arabgol, F., Rahmani, M., & Vahabie, A. H. (2021). Effectiveness of Virtual/Augmented Reality-Based Therapeutic Interventions on Individuals With Autism Spectrum Disorder: A Comprehensive Meta-Analysis. *Frontiers in psychiatry*, 12, 665326. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2021.665326>
- Kellmeyer P. (2018). Neurophilosophical and Ethical Aspects of Virtual Reality Therapy in Neurology and Psychiatry. *Cambridge quarterly of healthcare ethics : CQ, the international journal of healthcare ethics committees*, 27(4), 610-627. <https://doi.org/10.1017/S0963180118000129>
- Li, C., Belter, M., Liu, J., & Lukosch, H. (2023). Immersive virtual reality enabled interventions for autism spectrum disorder: a systematic review and meta-analysis. *Electronics*, 12(11), 2497. <https://doi.org/10.3390/electronics12112497>
- Liu, Y., Ma, Y., Huang, L., Xiao, C., & Ding, T. (2025). The effects of human-computer interaction-based interventions for autism

- spectrum disorder: a meta-analysis. *Education and Information Technologies*, 30(7), 8353–8372. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-13096-x>
- Mineo, B. A., Ziegler, W., Gill, S., & Salkin, D. (2009). Engagement with electronic screen media among students with autism spectrum disorders. *Journal of autism and developmental disorders*, 39(1), 172–187. <https://doi.org/10.1007/s10803-008-0616-0>
- Mittal, P., Bhadania, M., Tondak, N., Ajmera, P., Yadav, S., Kukreti, A., Kalra, S., & Ajmera, P. (2024). Effect of immersive virtual reality-based training on cognitive, social, and emotional skills in children and adolescents with autism spectrum disorder: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Research in developmental disabilities*, 151, 104771. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2024.104771>
- Myers, S. M., Voigt, R. G., Colligan, R. C., Weaver, A. L., Storlie, C. B., Stoeckel, R. E., Port, J. D., & Katusic, S. K. (2019). Autism Spectrum Disorder: Incidence and Time Trends Over Two Decades in a Population-Based Birth Cohort. *Journal of autism and developmental disorders*, 49(4), 1455–1474. <https://doi.org/10.1007/s10803-018-3834-0>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, 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., McGuinness, L. A., Stewart, L. A., Thomas, J., Tricco, A. C., Welch, V. A., Whiting, P., & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ (Clinical research ed.)*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pi, H. J., Kallapiran, K., Munivenkatappa, S., Kandasamy, P., Kirubakaran, R., Russell, P., & Eapen, V. (2022). Meta-Analysis of RCTs of Technology-Assisted Parent-Mediated Interventions for Children with ASD. *Journal of autism and developmental disorders*, 52(8), 3325–3343. <https://doi.org/10.1007/s10803-021-05206-2>
- Pieper, D., Antoine, S. L., Mathes, T., Neugebauer, E. A., & Eikermann, M. (2014). Systematic review finds overlapping reviews were not mentioned in every other overview. *Journal of clinical epidemiology*, 67(4), 368–375. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2013.11.007>
- Rogge, N., & Janssen, J. (2019). The Economic Costs of Autism Spectrum Disorder: A Literature Review. *J Autism Dev Disord* 49, 2873–2900. <https://doi.org/10.1007/s10803-019-04014-z>
- Sandbank, M., Bottema-Beutel, K., Crowley, S., Cassidy, M., Dunham, K., Feldman, J. I., Crank, J., Albarran, S. A., Raj, S., Mahub, P., & Woynaroski, T. G. (2020). Project AIM: Autism intervention meta-analysis for studies of young children. *Psychological Bulletin*, 146(1), 1–29. <https://doi.org/10.1037/bul0000215>
- Sandgreen, H., Frederiksen, L. H., & Bilenberg, N. (2021). Digital Interventions for Autism Spectrum Disorder: A Meta-analysis. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 51(9), 3138–3152. <https://doi.org/10.1007/s10803-020-04778-9>
- Santos, L., Annunziata, S., Geminiani, A., Ivani, A., Giubergia, A., Garofalo, D., Caglio, A., Brazzoli, E., Lipari, R., Carrozza, M. C., Ambrosini, E., Olivieri, I., & Pedrocchi, A. (2023). Applications of robotics for autism spectrum disorder: a scoping review. *Review Journal of Autism and Developmental Disorders*, 12, 455–476. <https://doi.org/10.1007/s40489-023-00402-5>
- Shea, B. J., Reeves, B. C., Wells, G., Thuku, M., Hamel, C., Moran, J., Moher, D., Tugwell, P., Welch, V., Kristjansson, E., & Henry, D. A. (2017). AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both. *BMJ (Clinical research ed.)*, 358, j4008. <https://doi.org/10.1136/bmj.j4008>
- Trémaud, M., Aguiar, Y.-P., Pavani, J.-B., Gepner, B., & Tardif, C. (2021). What Do Digital Tools Add to Classical Tools For sociocommunicative and Adaptive Skills In children With Autism Spectrum Disorder? *L'Année psychologique*, 121(4), 361-392. <https://doi.org/10.3917/anpsy1.214.0361>
- Wang, T., Ma, H., Ge, H., Sun, Y., Kwok, T. T. O., Liu, X., Wang, Y., Lau, W. K. W., & Zhang, W. (2025). The use of gamified interventions to enhance social interaction and communication among people with autism spectrum disorder: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Nursing Studies*, 165, 105037. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2025.105037>
- Xu, F., Gage, N., Zeng, S., Zhang, M., Iun, A., O’Riordan, M., & Kim, E. (2024). The use of digital interventions for children and adolescents with autism Spectrum disorder—a Meta-analysis. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 1-17. <https://doi.org/10.1007/s10803-024-06563-4>

