

儿童干眼诊断的研究进展

阳 丹^{1,2}, 曾庆延^{2,3}

引用: 阳丹, 曾庆延. 儿童干眼诊断的研究进展. 国际眼科杂志, 2026, 26(1): 67-73.

基金项目: 武汉市卫健委科研项目资助 (No. WX23A20)
作者单位: ¹(430060) 中国湖北省武汉市, 武汉大学人民医院眼科中心; ²(430060) 中国湖北省武汉市, 武汉大学附属爱尔眼科医院; ³(430000) 中国湖北省武汉市, 武汉爱尔眼科医院汉口医院
作者简介: 阳丹, 在职硕士研究生, 住院医师, 研究方向: 眼表及角膜疾病。
通讯作者: 曾庆延, 女, 主任医师, 博士研究生导师, 研究方向: 眼表及角膜疾病. zengqingyan@aierchina.com
收稿日期: 2025-04-01 修回日期: 2025-11-21

摘要
干眼在儿童中的发病率逐年上升, 但由于其泪膜功能单位的生理特点及症状不典型, 且体征与成人存在差异, 临床诊断面临挑战。正常儿童泪液分泌量较高, 睑板腺结构相对完整, 睑脂成分与理化性质更利于泪膜稳定。与成人相比, 儿童干眼的病因更多与睑板腺功能障碍、过敏性眼病、角膜塑形镜配戴、环境因素 (如电子设备使用增加) 及系统性疾病密切相关。儿童干眼症状常表现为非特异性行为, 如频繁眨眼、揉眼, 且因表达能力有限而易被漏诊。儿童干眼的体征也可表现为结膜充血、泪河高度降低、角膜上皮点状病变, 但通常较成人轻微或不典型。诊断时需结合年龄特异性泪液参数 (如 Schirmer 试验、泪膜破裂时间) 及眼表检查, 并注意与成人干眼的差异。未来, 有必要进一步建立适合儿童的诊断标准, 以改善患儿眼表健康及视觉质量。
关键词: 干眼; 诊断; 儿童
DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2026.1.12

Research progress on the diagnosis of dry eye in children

Yang Dan^{1,2}, Zeng Qingyan^{2,3}

Foundation item: Science and Research Fund Project of Wuhan Municipal Health Commission (No. WX23A20)
¹Eye Center, Renmin Hospital of Wuhan University, Wuhan 430060, Hubei Province, China; ²Aier Eye Hospital Affiliated to Wuhan University, Wuhan 430060, Hubei Province, China; ³Wuhan Aier Hankou Eye Hospital, Wuhan 430000, Hubei Province, China
Correspondence to: Zeng Qingyan. Aier Eye Hospital Affiliated to Wuhan University, Wuhan 430060, Hubei Province, China; Wuhan Aier Hankou Eye Hospital, Wuhan 430000, Hubei Province, China. zengqingyan@aierchina.com
Received: 2025-04-01 Accepted: 2025-11-21

Abstract

• The prevalence of dry eye among children has been progressively increasing each year; however, clinical diagnosis remains challenging due to the unique physiological attributes of the pediatric tear film functional unit, as well as symptoms that are often atypical and clinical signs that differ from those seen in adults. In healthy children, tear secretion is generally greater, the meibomian gland structure is typically more intact, and the meibum composition and physicochemical properties are more favorable for the maintenance of tear film stability. Compared to adults, the etiology of pediatric dry eye is more frequently associated with meibomian gland dysfunction, allergic ocular conditions, orthokeratology lens wear, environmental influences, such as growing screen time, and systemic disorders. Affected children frequently exhibit non-specific symptoms such as excessive blinking or rubbing of the eyes, which may be overlooked due to their limited ability to verbalize discomfort. Clinical signs can include conjunctival hyperemia, decreased tear meniscus height, and corneal epithelial punctate lesions, though these tend to be milder or less distinct compared with adults. Diagnostic requires the use of age-appropriate tear metrics, such as the Schirmer test and tear film breakup time, alongside ocular surface evaluation, with particular attention to features specific to children that distinguish it from dry eye in adults. Going forward, it is essential to establish and validate pediatric-specific diagnostic criteria to improve ocular surface health and maximize visual quality in this vulnerable population.
• **KEYWORDS:** dry eye; diagnosis; children

Citation: Yang D, Zeng QY. Research progress on the diagnosis of dry eye in children. Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci), 2026, 26(1): 67-73.

0 引言

流行病学调查发现, 干眼发病群体逐渐趋向年轻化, 儿童患者数量持续攀升^[1-2]。然而, 由于儿童往往难以准确描述症状且检查配合度较差, 导致其干眼问题容易被忽视^[2]。干眼不仅会影响患儿的视觉功能、学习表现和生活质量, 严重时甚至可能造成不可逆的视力损害。因此, 早期诊断和干预显得尤为重要, 但目前临床实践中, 儿童干眼诊断多沿用成人标准, 尚无针对儿童干眼的诊断标准共识。然而, 儿童泪膜功能单位的独特生理特性导致其干眼临床表现与成人存在差异, 使得成人干眼标准对儿童的适用性可能受限。本文将结合儿童泪膜功能单位生理特点及儿童干眼症状、体征等研究进展进行综述, 以期提高临床医生对儿童干眼的认识, 为儿童干眼的诊断提供参考。

1 儿童泪膜功能单位的生理特点

泪膜功能单位是由角膜、结膜、眼睑、睫毛、泪腺、副泪腺及其之间的神经链接组成,具有平衡泪膜稳态、形成眼表光滑界面、抵御外界刺激等重要作用,通过神经系统调节泪腺、睑板腺和杯状细胞分泌使泪膜达到稳态,以维持眼表状态^[3-4]。儿童处于生长发育阶段,自新生儿期至婴幼儿及儿童期,其泪液分泌量、睑板腺形态结构、睑脂化学成分、结膜杯状细胞密度以及泪膜稳定性均呈现动态演变。泪膜功能单位与成人相比存在诸多差异。

1.1 泪液分泌量 Schirmer 试验显示正常足月新生儿泪液分泌量低于成人,之后迅速增加,出生后 2-4 wk 与成人相当^[5-6]。该阶段,其泪液系统呈“低基础、高反射”特点,基

础分泌量约为 6.2±2.15 mm/5 min,而刺激足底可诱发强烈的反射性分泌(19.2±4.94 mm/5 min)^[7]。早产儿各时间点的泪液分泌量均显著低于足月儿,提示系统成熟度可能与胎龄密切相关^[7-9]。至儿童期,泪液分泌量旺盛,系统评价提示其 Schirmer 测定值可能略高于成人^[10],该结论亦得到多项观察性研究支持(表 1)^[11-15]。然而,在反映泪液容积的指标上表现不一:泪河高度受测量仪器影响,Keratograph 所报告的儿童正常值为 0.18-0.22 mm^[16-18],而 OCT 约为 0.31 mm^[12,19];目前直接比较儿童与成人泪河高度的研究仍较有限,一项 OCT 研究显示两组间无显著差异^[20];而使用 5 s 泪液测量法显示儿童泪液量略低于成人^[21]。

表 1 新生儿(出生 0-28 d)及正常儿童(1-18 岁)泪液量及泪膜破裂时间研究

文献	研究对象	样本量 (男/女)	人群	出生时间/ 年龄	Schirmer 试验 ($\bar{x}\pm s$,mm/5 min)	泪液量的其他 检查方法及设备	TBUT ($\bar{x}\pm s$,s)
Isenberg 等 ^[8] , 1998(美国)	早产儿和 足月儿	足月儿: 34 例 (未说明) 早产儿: 36 例 (未说明)	医院	出生后 39.1± 29.4(3-100)h 足月儿:孕后 38-42 wk 出生 早产儿:孕后 25.4-37(30.7± 3.3)wk 出生	足月儿:基础泪液:9.2± 4.3;反射性泪液:13.2± 6.5 早产儿:基础泪液:6.2± 4.5;反射性泪液:7.4± 4.8		
Toker 等 ^[5] , 2002 (土耳其)	早产儿和 足月儿	足月儿: 96 例 (未说明) 早产儿: 22 例 (未说明)	医院	足月儿:孕后 >38 wk 出生 早产儿:孕后 <38 wk 出生	足月儿:总泪液:出生 2 d:16.3±3.6;出生 2 wk:18.1±3.4;出生 4 wk:19.5±4.1;基础泪 液:出生 2 d:7.3±3.2;出 生 2 wk:8.1±2.8;出生 4 wk:9.0±3.1 早产儿:总泪液:出生 2 d:7.4±3.2;出生 2 wk: 9.6±3.6;出生 4 wk: 11.5±3;基础泪液:出生 2 d:3.5±1.3;出生 2 wk: 4.5±1.3;出生 4 wk:5.7± 1.5		
Isenberg 等 ^[38] , 2003(美国)	新生儿	198 例 (100/98)	医院	新生儿			NIBUT:出生时 32.5± 5.2。男:出生时 35.1± 4.2;出生 3 mo:28.9± 2.6;出生 6 mo:26.7± 1.2;女:出生时 29.4± 4.5;出生 3 mo:29.7± 3.7;出生 6 mo:28.0±0.1
Akar 等 ^[6] , 2004 (土耳其)	早产儿和 足月儿	足月儿: 75 例 早产儿: 63 例 男/女为 72/66	医院	出生后 2 d 足月儿:孕后 38-42 wk 出生 早产儿:孕后 27-37 wk 出生	足月儿:基础泪液:出生 2 d:8.8±3.2;出生 2 wk: 13.1±5.5;出生 4 wk: 17.7±6.1;出生 8 wk: 21.6±4.8;反射性泪液: 出生 2 d:10.3±4.4;出生 2 wk:16.3±7.5;出生 4 wk:19.6±5.9;出生 8 wk:24.6±5.9 早产儿:基础泪液:出生 2 d:4.8±4.1;出生 2 wk: 5.0±3.4;出生 4 wk: 11.3±6.7;出生 8 wk: 16.3±4.2;反射性泪液: 出生 2 d:6.1±3.9;出生 2 wk:6.4±3.8;出生 4 wk:13.6±6.4;出生 8 wk:19.2±2.9		

续表 1 新生儿(出生 0-28 d)及正常儿童(1-18 岁)泪液量及泪膜破裂时间研究							
文献	研究对象	样本量 (男/女)	人群	出生时间/ 年龄	Schirmer 试验($\bar{x}\pm s$, mm/5 min)	泪液量的其他 检查方法及设备	TBUT ($\bar{x}\pm s$, s)
Dogru 等 ^[9] , 2004 (土耳其)	早产儿和 足月儿	足月儿: 25 例 (13/12) 早产儿: 24 例 (13/11)	医院	出生后 4 wk 足月儿: 孕后 37-41 wk 出生 早产儿: 孕后 24-35 wk 出生	足月儿: 基础泪液: 15± 3.5; 情绪性泪液(鼻刺 激): 18.75±4.5 早产儿: 基础泪液: 1.5± 2.5; 情绪性泪液(鼻刺 激): 4.15±2.5		
Rohatgi 等 ^[7] , 2005(印度)	足月儿	102 例 (65/37)	医院	孕后≥37 wk 出生 出生后 6 h	总泪液: 23.2±3.96; 基础 泪液: 6.2±2.15; 情绪泪 液(刺激脚底): 19.2± 4.94		
Qian 等 ^[17] , 2023(中国)	儿童	45 (23/22)	医院	9.0(6.5-10.0) 岁		泪河高度: 0.18 (0.15-0.23) mm	NIBUT: 12.44 (8.68-18.03)
刘畅等 ^[21] , 2022(中国)	儿童	49 例 (20/29)	医院	9.49±2.02 (7-14) 岁		速沐: 3.71± 2.56 mm/5 s(5 s 泪液分泌测量法: SMTube 测量)	
Li 等 ^[11] , 2024(中国)	儿童	60 例 (32/28)	医院	9.82±2.59 (6-14) 岁	总泪液: 15.17±3.83 (6-24)		NIBUT: 11.09±5.25 (2.17-24.03)
Martin- García 等 ^[20] , 2023(西班牙)	儿童	86 (45/41)	医院	11.7±3.1 (7-17) 岁		泪河高度: 217.40± 71.40 μm。≤12 岁: 208.90±66.57 μm; >12 岁: 229.80± 77.21 μm, Spectralis OCT	NIBUT: 12.24
Wang 等 ^[16] , 2016(中国)	无干眼的 近视儿童	201 例 (98/103)	医院	11.75±1.95 (7-18) 岁		泪河高度: 0.22±0.03 mm (Keratograph 5M)	NIBUT: 13.14±3.67
Aydemir 等 ^[19] , 2022(土耳其)	儿童	60 (22/38)	医院	11.9±3.63 (6-18) 岁	总泪液: 15.66±3.91	泪河高度: 311.68±3.54 μm (Spectralis OCT)	FBUT: 12.55± 1.92
Yetkin 等 ^[41] , 2024(土耳其)	儿童	20 (10/10)	医院	12±2 岁	基础泪液: 13±2		FBUT: 12±2
Wu 等 ^[18] , 2024(中国)	儿童	31 (不详)	医院	12.16±2.30 岁		泪河高度: 0.22 ±0.05 mm (Keratograph 5M)	NIBUT: 16.60±7.24
Bayat 等 ^[12] , 2022(土耳其)	儿童	75 (37/38)	医院	12.39±3.53 岁	总泪液: 15.76±3.71	泪河高度: 312.07±5.1 μm (Spectralis OCT)	FBUT: 11.55± 1.89
Kiziltoprak 等 ^[13] , 2020(土耳其)	儿童	53 例 (40/13)	医院	14.2±2.0 (10-18) 岁	基础泪液: 14.78±4.00 (8-30)		FBUT: 12.01± 3.20 (8-18)
Koca 等 ^[14] , 2022(土耳其)	儿童	43 例 (18/25)	医院	14.4±2.5 (9-18) 岁	基础泪液: 15.09±1.54 (11-21)		FBUT: 17.42±2.65 (10-23)
Jankauskiene 等 ^[15] , 2023 (立陶宛)	儿童	41 例 (12/29)	未报道	14.9±4.8 (14-18) 岁	基础泪液: 17.1±5.2		FBUT: 13.2±4.74

注:总泪液分泌量测定(Schirmer 无麻醉测试)直接将无菌 Schirmer 测试条末端置于颞下结膜囊内,5 min 后取出,测量泪液浸湿试纸的长度。基础泪液分泌量测定(Schirmer 麻醉测试)表面麻醉后,余方法同总泪液分泌量测定。反射性泪液分泌量=总泪液分泌量-基础泪液分泌量。情绪性泪液分泌量为 Schirmer 试验(无麻醉药)联合鼻刺激或刺激脚底(因不同文献对 Schirmer I 及 Schirmer II 的定义不同,为避免表述混乱,此表未做说明)。TBUT 为泪膜破裂时间,FBUT 为荧光素染色泪膜破裂时间,NIBUT 为非侵入性泪膜破裂时间。

1.2 睑板腺 儿童期睑板腺结构呈现动态发育特征。与成人相比,儿童睑板腺的特点:(1)儿童的眼睑宽度小于成人,但其睑板腺形态与成人相似。研究证实,婴儿早在1月龄时,其腺体便已完整地分布于整个睑板上^[22]。(2)儿童睑板腺的数量、腺管宽度及腺泡面积随年龄增长呈现渐进性演变,其中青春期可能为发育的关键阶段。研究表明,0-12岁期间,腺体数量与年龄仅呈弱正相关;而至12-18岁青少年期,其上睑睑板腺的导管数量、相对宽度及腺泡面积百分比均显著超越3-11岁儿童水平^[22-23]。这一阶段性差异或源于青春期雄激素水平升高,后者可刺激睑板腺导管增宽及腺泡面积增大。但有研究指出,7-14岁正常儿童的睑板腺腺管数量与年龄无显著相关性^[24],认为腺体数量在出生时已基本确定。且相较于低龄儿童,年长儿童配合度较好,眼睑暴露更充分,因而对腺体数量的评估更为全面,不易造成低估。(3)正常儿童睑板腺导管形态存在多样性。研究表明,7-14岁儿童可观察到垂直、弯曲、重叠、钩状及U形等多种导管形态,但其形态差异与年龄无显著相关性;生理性结膜滤泡可显著加重导管的变形程度^[24],该形态变化究竟受先天或后天因素影响,目前尚未明确,仍需进一步研究予以验证。

随着生长发育的推进,儿童睑板腺的形态和功能也呈动态变化。睑板腺萎缩(meibomian gland atrophy, MGA)是一种慢性眼表疾病,以腺体结构破坏和分泌功能减退为主要特征,其本质为睑板腺腺体单位发生不可逆的退行性病变,可导致泪膜稳定性下降及眼表微环境紊乱。研究表明,正常儿童中亦可出现睑板腺萎缩^[22-26],但在3岁以下儿童中通常不明显^[22]。随年龄增长,儿童睑板腺萎缩程度逐渐加重^[24,26],但多数表现为轻度。一项针对4-17岁儿童的研究($n=99$)显示,42%的正常儿童存在MGA,其中71.4%为轻度萎缩,37%伴有睑板腺扭曲^[25]。儿童上下睑MGA表现也存在差异。Ansari等^[27]的综述对8项研究(均应用了五分法评分标准:0分:无缺失;1分: $\leq 25\%$;2分:26%-50%;3分:51%-75%;4分: $>75\%$)进行汇总分析,结果显示上睑平均加权评分(0.95 ± 0.53 分)显著高于下睑(0.74 ± 0.75 分)($P<0.001$)。现有研究关于儿童MGA与性别的关系尚不一致。一项针对日本1月龄-12岁健康儿童($n=78$)的研究显示,男孩的MGA评分高于女孩^[22],但一项基于美国4-17岁健康儿童的研究($n=99$)并未发现性别与MGA的显著关联,但指出男性更易出现腺体迂曲($P<0.05$)^[25]。此类差异可能与地域或年龄因素有关,需进一步研究证实。

1.3 睑脂 睑脂主要由非极性的蜡酯、胆固醇酯和甘油三酯等组成,也包含少量极性的游离脂肪酸、磷脂等^[28]。蜡酯和胆固醇酯是睑脂中的主要部分,约占其总量的61.0%-85.1%^[29]。儿童的睑脂成分与成人存在差异,其脂肪酸组成和理化性质可能更有利于维持泪膜的稳定性。

睑板腺功能障碍(meibomian gland dysfunction, MGD)是一种多因素导致的以睑板腺阻塞、腺泡萎缩及分泌睑脂的质和(或)量异常为主要病理特征的慢性眼表疾病,可影响泪膜稳定性。研究表明,胆固醇酯含量减少会降低泪膜稳定性(如MGD)^[30-32]。值得注意的是,正常婴儿睑脂中胆固醇酯相对含量仅为成人的60%,与MGD患者相当;同时,婴幼儿的蜡酯含量亦显著低于青少年及成人,而甘油酯(含甘油三酯)的相对含量则无显著年龄差异^[30]。

在维持泪膜蒸发速率稳定性方面,睑脂的质量及其理化性质(如饱和度和有序性和相变温度)可能比其绝对数量或某些成分含量更具关键影响^[30-31,33]。研究表明,相较于成人,儿童和婴儿睑脂的理化性质更有利于泪膜稳定性的维持,其可促进泪膜铺展,增强变形能力,并加速眨眼后泪膜恢复^[32,34]。

1.4 结膜杯状细胞 结膜杯状细胞是眼表黏蛋白的主要来源,其密度在儿童与成人之间存在差异。正常成人的结膜杯状细胞密度变异范围较大,为 $24-226\text{ cells/mm}^2$ ^[2,35]。健康儿童的密度总体可能低于成人,但受取样方法、样本量及年龄等因素影响,不同研究报道的数值差异较大。例如,正常足月儿下方球结膜的杯状细胞密度($739\pm 503\text{ cells/mm}^2$)高于早产儿($393\pm 484\text{ cells/mm}^2$)^[9]。在年龄较大的儿童群体中,上方球结膜的检测结果因方法不同而异:结膜刷细胞学检查(7-17岁, $n=20$)所得的密度为 $60.5\pm 1.2(40-84)\text{ cells/mm}^2$ ^[36],而结膜印迹细胞学检查(10-17岁, $n=55$)所获密度为 $410.3\pm 190.5(120-850)\text{ cells/mm}^2$ ^[37]。

1.5 泪膜 儿童泪膜处于持续发育阶段。研究显示,新生儿及婴儿($n=198$)的泪膜脂质层厚度(tear film lipid layer thickness, LLT)在出生后6 mo内普遍高于成人,约83.3%的婴儿LLT $\geq 80\text{ nm}$,而成人中70%的LLT $\leq 70\text{ nm}$ (依据Tearscope Plus脂质干涉条纹分级)^[38]。新生儿非侵入性泪膜破裂时间(non-invasive tear break-up time, NIBUT)为 $32.5\pm 5.2\text{ s}$,较成人($17.9\pm 14.1\text{ s}$)显著延长,且男性出生时NIBUT更长,于3-6 mo时与女性趋于一致^[38]。儿童期泪膜稳定性呈动态演变。一项大样本研究($n=2094$)指出,6-11岁儿童的NIBUT随年龄增长由 $14.1\pm 5.7\text{ s}$ 延长至 $16.3\pm 4.8\text{ s}$,其中男性儿童的增幅更为显著^[39]。这一动态特征在7-20岁年龄段得到进一步印证,该群体的平均NIBUT高达24.6 s,已显著高于成人水平(14.8 s)^[40]。需注意,不同的测量方法可能导致数值存在差异,如NIBUT^[11,16-18,20]所获数值通常高于FBUT^[13,15,19,41],见表1。总体而言,健康儿童的泪膜稳定性在关键发育阶段整体优于成人。

综上,儿童泪膜功能具有发育相关性特征,与成人存在显著差异。具体表现为:泪液分泌量呈年龄依赖性变化,新生儿期较低,儿童期略高于成人;结膜杯状细胞密度可能低于成人。尽管睑板腺形态分布与成人相似,但功能更优,提现为睑脂理化性质更稳定、脂质层更厚,从而显著增强泪膜稳定性,延长破裂时间。此外,儿童MGA多表现为轻度。

2 儿童干眼临床特点

2.1 病因与危险因素 成人干眼的危险因素主要涉及年龄、性别及种族,而儿童则更多与MGD、过敏性结膜炎、屈光不正等相关^[42]。儿童睑板腺因腺管及腺泡较小,开口更易受炎症等刺激引发功能障碍。研究表明,过敏性结膜炎患儿的睑板腺萎缩程度更高,睑缘异常突出,且睑脂质量、排出能力、泪膜破裂时间(tear break-up time, TBUT)及LLT均显著低于健康儿童^[43-44]。眨眼有助于维持泪膜完整,但屈光不正或过度使用视频终端设备可引起眨眼异常,从而降低泪膜稳定性,增加干眼发生风险。异常眨眼儿童的泪膜稳定性指标(TBUT、LLT、泪河高度)均显著低于正常儿童^[45]。

值得注意的是,全身性疾病也可导致儿童干眼的发生,越是低龄儿童存在水液缺乏者,越需考虑全身性疾病可能。印度研究($n=1\,023$)显示,儿童期(0-11岁)和青春早期(12-21岁)干眼的主要病因为MGD(49%),其次为Stevens-Johnson综合征(33%)及维生素A缺乏症(9%),由后两者引发的水液缺乏型干眼(Schirmer I试验 $\leq 10\text{ mm}/5\text{ min}$)占比随年龄递减:婴儿期92%(<1岁)、幼儿期96%(1-2岁)、儿童早期76%(3-5岁)、儿童中期68%(6-11岁),此类患者较蒸发过强型更易出现严重视力损害或失明,其中81%归因于Stevens-Johnson综合征^[46]。其他儿童中常见的危险因素也会导致干眼,如眼局部因素(儿童高发的睑缘炎)、生活方式^[47]相关(塑形镜配戴)、环境(被动吸烟)等,存在这些情况时,需注意干眼的可能,避免漏诊。

2.2 症状 干眼的症状评估对其诊断至关重要。研究表明,18岁以下年轻干眼患者的症状谱与成人存在重叠,但其具体表现则因年龄而异,评估时需加以区分。在青少年群体中,其症状与成人高度相似(如眼干、刺激、畏光及视物模糊),并常引发阅读困难与注意力下降等影响学习表现的功能性问题^[48]。然而,该群体可能因学业压力而未能充分表述症状,造成评估不足。相反,低龄儿童受限于认知与表达能力,往往无法准确陈述不适,其症状更多以行为异常呈现,如揉眼、频繁眨眼等,此类表现易被忽视。研究显示,儿童揉眼行为与干眼症状之间存在显著相关性^[49]。一项针对3-13岁干眼患儿研究($n=420$)显示,最常见临床症状包括频繁瞬目(45.2%)、眼痒(31.9%)和异物感(20.95%)^[50]。

目前,干眼症状问卷主要用于成人的筛查与诊断,尚缺乏儿童专用版本。一项针对6-15岁儿童($n=62$)的研究对多种成人问卷,包括干眼症状调查问卷(SANDE)、眼表疾病指数(OSDI)、数字评定量表(INR)、眼部舒适指数(OCI)、干眼五项量表(DEQ-5)和即时眼部症状调查(IOSS),进行了适用性评估,结果显示DEQ-5和IOSS在儿童中具有与成人相当的可重复性(DEQ-5>6分为症状阳性),但儿童完成问卷需家长协助,且耗时较长^[51]。此外,简化版OSDI-6仅包含6个问题,其操作耗时及对外部协助的依赖均低于完整版,且与完整版OSDI或DEQ-5相比表现出更高的一致性,因而可能更适用于儿童干眼的临床评估^[52]。

2.3 泪液相关检查 儿童干眼的检查项目与成人相似,包括泪液分泌量、睑板腺、脂质层、泪膜稳定性检查。

2.3.1 泪液分泌量 Schirmer试验是目前评估儿童干眼泪液分泌量的主要方法。台湾一项回顾性研究显示:水液缺乏型干眼(Schirmer试验 $<5\text{ mm}/5\text{ min}$)患病率呈现年龄相关性:18岁以下人群为0.52%,显著低于成人(18-39岁:3.94%,40-64岁:10.08%,>65岁:20.72%),但该群体角膜上皮损伤风险最高^[53]。一项涵盖420例干眼儿童的研究表明,81.0%患儿基础泪液分泌试验(Schirmer II试验)结果 $<10\text{ mm}/5\text{ min}$,其中19% $<5\text{ mm}/5\text{ min}$;所有患儿中23.8%出现角膜上皮点状着色(1-4象限)^[50]。但由于Schirmer试纸刺激性较强,34%患儿无法配合TBUT和Schirmer试验^[54]。近年推出的速沐快速泪河检测试纸具有无创、快捷、配合度高等优点,研究表明其适用于儿童泪液分泌的检测与研究^[21]。

2.3.2 睑板腺及脂质层 MGD是儿童干眼的重要诱因。印度横断面研究(≤ 21 岁, $n=1\,023$)发现:MGD在青少年早期(12-18岁)和晚期(19-21岁)干眼患者中分别占51%和66%^[46]。正常儿童睑脂含量少于成人但更具生理优势,故干眼患儿即便泪膜脂质层低于成人,但临床表现仍较成人轻微。随年龄增长,睑板腺萎缩逐渐加重,提示健康儿童睑板腺生理状态相对优于成人,因此干眼患儿的睑板腺萎缩病理改变程度也相对较轻。研究($n=98$)显示,6-14岁干眼患儿上下睑MGA评分(睑板腺腺体缺失评分:0分:无缺失,1分: $\leq 1/3$,2分: $1/3 < \text{腺体缺失} \leq 2/3$,3分: $>2/3$)为1分,高于正常儿童(0.35 ± 0.60 分),且LLT($54.9 \pm 23.2\text{ nm}$)变薄,但二者无相关性^[55]。

中重度MGA的儿童还需关注血免疫指标。研究(6-17岁)发现:在16例严重MGA(至少一个眼睑腺体萎缩 $\geq 33\%$)患儿中,62.5%的患儿自身免疫生物标志物检测阳性(18.8%类风湿因子阳性,6.25%抗SSA/SSB抗体阳性,31.3%的早期干燥综合征生物标志物阳性,6.25%的抗核抗体阳性/类风湿因子阴性),但均无全身症状,与对照组(无明显MGA)无显著统计学差异,作者认为潜在的自身免疫性疾病可能会增加罹患严重MGA的风险^[56]。与儿童相比,干燥综合征、银屑病、Stevens-Johnson综合征等自身免疫性疾病也可改变成人睑板腺及眼表特征^[27],但目前尚无专门针对成人睑板腺萎缩患者血免疫指标的研究。还有研究发现,与成人不同,儿童过敏性结膜炎缓解后睑板腺结构与功能似乎所改善,可能与儿童更强的修复潜能有关^[57]。

2.3.3 泪膜稳定性 儿童干眼以TBUT缩短的脂质异常型为主^[50,55]。研究显示,儿童干眼患者中FBUT $<5\text{ s}$ 的占比达85%-100%^[50,55]。研究(6-14岁, $n=98$)显示:干眼儿童的平均NIBUT为 $6.24(4.17-9.23)\text{ s}$,LLT为 $54.9 \pm 23.2\text{ nm}$,LLT与平均NIBUT呈正相关,而不完全眨眼比例与其呈负相关^[55]。异常瞬目也与儿童干眼的泪膜稳定性相关。一项针对85名3-13岁儿童的研究发现,异常瞬目患儿的病程与首次及平均NIBUT均呈显著负相关,表明干眼可能是导致儿童(排除其他因素后)异常瞬目的主要原因^[58]。

综上,儿童干眼以脂质异常型为主要特征,表现为TBUT缩短及LLT变薄,多伴有睑板腺轻度缺失。水液缺乏型占比低且程度较轻,但角膜上皮损伤风险较高。

3 儿童干眼诊断的特殊性

儿童较强的基础泪液分泌可能代偿早期泪腺功能不全,延迟干眼症状出现,增加早期识别难度。其活跃的反射性分泌(表1)易致Schirmer试验假阴性,故需结合TBUT和症状综合评估。儿童睑板腺结构较完整且睑脂成分更优,通常有利于泪膜稳定,但受局部及环境因素影响,临床仍以蒸发过强型干眼为主。因儿童睑板腺形态改变轻微,早期MGD易被常规检查遗漏。儿童泪膜稳定性受眨眼频率、睑脂质量及眼表光滑度等因素调节。正常情况下,其生理性眨眼与泪膜理化特性协调维持稳态;若上述因素失衡,则导致泪膜稳定性下降。此时,儿童可能通过代偿性增加眨眼频率缓解干眼症状,致使主观症状与客观检查结果存在一定差异。

4 儿童干眼诊断中存在的问题与解决方案

4.1 问题

4.1.1 缺乏诊断共识和儿童相关正常值 目前国内外尚缺

乏针对儿童干眼共识性的诊断标准,临床仍沿用成人标准。儿童泪膜功能处于动态变化阶段,其生理特点(如较高的基础泪液分泌、较快的眼表修复能力)可能导致常规检查结果不典型。然而,关于健康儿童眼表变量的数据较少,难以与成人进行有效比较^[10]。此外,随着生活方式和环境的改变,健康儿童眼表参数研究也面临诸多挑战。

4.1.2 症状表述性 低龄儿童症状表述及判断能力有限,导致基于主观评估的工具(如 OSDI 问卷)应用受限,需依赖家长代述,可能引入偏倚。青少年则可能学业压力或社交因素而主动隐瞒症状。由于症状评估直接影响就诊时机及诊断准确性,儿童干眼的早期识别与病情评估面临显著挑战。

4.1.3 诊断阈值 目前,儿童干眼尚缺乏专属诊断标准,直接应用成人标准存在明显局限性。研究显示,当直接沿用成人标准,约 33.33% 的健康儿童可能被误诊为干眼^[59]。尽管该标准或可适用于 12-18 岁青少年,但对低龄儿童则需采用更低的诊断阈值^[60]。目前关于诊断阈值如何调整尚未达成共识。

4.1.4 检查的配合性 儿童检查的配合度较差,临床结果差异度大,如 Schirmer 试验,由于检查时的刺激性及耗时过长使儿童难以配合完成。

4.2 解决方案

4.2.1 诊断需综合评估 综合病史采集(环境因素、用药史、系统性疾病史、电子产品使用情况)、症状评估(家长观察和儿童主诉)及客观检查(TBUT、Schirmer 试验、睑板腺检查等)等多方面信息,存在相关危险因素(如过敏)时应重点关注。

4.2.2 结合儿童特点优化症状评估 将异常行为(揉眼、频繁眨眼)纳入儿童干眼症状评估。干眼问卷可参考 DEQ-5 和 OSDI-6,其中 DEQ-5 评分>6 分或 OSDI-6 评分≥4 分可作为阳性判断标准。未来可能需研发适用于儿童特点的干眼问卷量表并评估其诊断界值。

4.2.3 确立儿童泪膜异常标准 从目前临床研究结果看,儿童眼表泪膜参数如 TBUT、Schirmer 试验的正常值与成人类似甚至略优于成人,因此 BUT 的诊断标准不应低于成人,可参照《中国干眼专家共识:检查和诊断(2020 年)》^[61],进行儿童干眼诊断:FBUT<5 s 或 NIBUT<10 s 或 Schirmer I 试验(无麻醉)≤5 mm/5 min。对于角膜荧光素染色阳性的儿童,要高度关注是否存在干眼尤其是水液缺乏型干眼。

4.2.4 提升检查配合度及准确性 开发应用更无创、快速以及智能设备及方法检测儿童患者。如速沐试纸查泪液量、共焦显微镜检查蠕形螨感染等。

5 小结

儿童与成人干眼病因、临床特点、分型存在差异,在临床工作中诊断儿童干眼时需考虑到这一点。建议在未来对健康儿童进行大规模多中心人群研究以确定儿童各年龄段干眼诊断的特异性指标和阈值,制定分层、精准的儿童干眼诊断标准。尤其亟需研发适用于不同年龄段的儿童干眼症状问卷,以指导儿童干眼筛查及临床治疗。随着儿童干眼患病率的逐年上升,对儿童干眼需予以重视,早预防、早诊断、早治疗,以尽量减少对儿童视觉质量和生活质量的影响。

致谢:衷心感谢基金项目负责人湛丹主任在本文撰写过程中给予的宝贵指导与大力支持。

利益冲突声明:本文不存在利益冲突。

作者贡献声明:阳丹论文选题与修改,初稿撰写,文献检索,数据分析;曾庆延选题指导,论文修改及审阅。所有作者阅读并同意最终的文本。

参考文献

[1] 黄勤竹, 陈如, 周洁, 等. 中国 18 岁以下青少年干眼患病率 meta 分析. 世界临床药物, 2022,43(4):449-453.

[2] Villani E, Nucci P, Benitez - del - Castillo JM, et al. Expert consensus on pediatric dry eye: Insights from a European Delphi study. Ocul Surf, 2025,37:189-197.

[3] 洪晶. 解读国际泪膜与眼表协会 2017 年干眼专家共识中的干眼病理生理机制. 中华眼科杂志, 2018,54(6):415-418.

[4] Craig JP, Nichols KK, Akpek EK, et al. TFOS DEWS II definition and classification report. Ocul Surf, 2017,15(3):276-283.

[5] Toker E, Yenice Ö, Ögüt MS, et al. Tear production during the neonatal period. Am J Ophthalmol, 2002,133(6):746-749.

[6] Akar Y, Cira A, Apaydin C, et al. The effect of prematurity on tear production. Curr Eye Res, 2004,28(2):145-151.

[7] Rohatgi J, Gupta VP, Mittal S, et al. Onset and pattern of tear secretions in full-term neonates. Orbit, 2005,24(4):231-238.

[8] Isenberg SJ, Apt L, McCarty J, et al. Development of tearing in preterm and term neonates. Arch Ophthalmol, 1998,116(6):773-776.

[9] Dogru M, Karakaya H, Baykara M, et al. Tear function and ocular surface findings in premature and term babies. Ophthalmology, 2004, 111(5):901-905.

[10] Chidi-Egboka NC, Briggs NE, Jalbert I, et al. The ocular surface in children: a review of current knowledge and meta-analysis of tear film stability and tear secretion in children. Ocul Surf, 2019,17(1):28-39.

[11] Li JP, Qin XL, Jiang H, et al. Morphological and functional characteristics of the meibomian gland in pediatric patients with epiblepharon. BMC Ophthalmol, 2024,24(1):84.

[12] Bayat AH, Aydemir E, Aydemir GA, et al. Assessment of tear film anomalies in childhood obesity. Klin Monbl Augenheilkd, 2022,239(3):331-337.

[13] Kiziltoprak H, Koc M, Tekin K, et al. Local ocular surface alterations in children with Hashimoto's thyroiditis. Ocul Immunol Inflamm, 2020,28(5):791-797.

[14] Koca S, Koca SB, inan S. Ocular surface alterations and changes of meibomian glands with meibography in type 1 diabetic children. Int Ophthalmol, 2022,42(5):1613-1621.

[15] Jankauskiene J, Jarusaitiene D. Symptoms and signs of dry eye in children with Graves ophthalmopathy. Saudi J Ophthalmol, 2023,37(2):149-153.

[16] Wang X, Lu XX, Yang J, et al. Evaluation of dry eye and meibomian gland dysfunction in teenagers with myopia through noninvasive keratograph. J Ophthalmol, 2016,2016:6761206.

[17] Qian SY, Dou RH, Wang QW, et al. Morphological changes in the meibomian gland in children with tic disorders. Quant Imaging Med Surg, 2023,13(10):6374-6383.

[18] Wu Y, Wu S, Yu Y, et al. Blinking characteristics analyzed by a deep learning model and the relationship with tear film stability in children with long-term use of orthokeratology. Front Cell Dev Biol, 2024,12:1517240.

[19] Aydemir E, Aydemir GA, Kalınlı M. Evaluation of ocular surface in children with attention deficit hyperactivity disorder with respect to methylphenidate treatment. Arq Bras Oftalmol, 2022,87(2):0290.

[20] Martín-García B, Palomo-Álvarez C, Piedrahita-Alonso E, et al. Lower tear Meniscus height measured by optical coherence tomography in children. Ophthalmic Physiologic Optic, 2023,43(5):1059-1064.

- [21] 刘畅, 范春雷, 甄妮, 等. 5秒泪液分泌测量法在7~14岁正常儿童的初步应用. 眼科, 2022,31(4):301-304.
- [22] Shirakawa R, Arita R, Amano S. Meibomian gland morphology in Japanese infants, children, and adults observed using a mobile pen-shaped infrared meibography device. *Am J Ophthalmol*, 2013,155(6):1099-1103.e1.
- [23] Wu Y, Li HL, Tang Y, et al. Morphological evaluation of meibomian glands in children and adolescents using noncontact infrared meibography. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*, 2017,54(2):78-83.
- [24] Zhao YY, Chen SP, Wang SR, et al. The significance of meibomian gland changes in asymptomatic children. *Ocul Surf*, 2018,16(3):301-305.
- [25] Gupta PK, Stevens MN, Kashyap N, et al. Prevalence of meibomian gland atrophy in a pediatric population. *Cornea*, 2018,37(4):426-430.
- [26] Tichenor AA, Ziemanski JF, Ngo W, et al. Tear film and meibomian gland characteristics in adolescents. *Cornea*, 2019,38(12):1475-1482.
- [27] Ansari SM, Nguyen T, Khankan R, et al. Meibomian gland characteristics in children: A narrative review. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2025,45(6):1244-1260.
- [28] Butovich IA. Meibomian glands, meibum, and meibogenesis. *Exp Eye Res*, 2017,163:2-16.
- [29] Pucker AD, Nichols JJ. Analysis of meibum and tear lipids. *Ocul Surf*, 2012,10(4):230-250.
- [30] Shrestha RK, Borchman D, Foulks GN, et al. Analysis of the composition of lipid in human meibum from normal infants, children, adolescents, adults, and adults with meibomian gland dysfunction Using ¹H-NMR spectroscopy. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2011,52(10):7350-7358.
- [31] Borchman D, Ramasubramanian A, Foulks GN. Human meibum cholesteryl and wax ester variability with age, sex, and meibomian gland dysfunction. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2019,60(6):2286-2293.
- [32] Kaercher T, Möbius D, Welt R. Biophysical behaviour of the infant Meibomian lipid layer. *Int Ophthalmol*, 1994,18(1):15-19.
- [33] Ashraf Z, Pasha U, Greenstone V, et al. Quantification of human sebum on skin and human meibum on the eye lid margin using sebutape[®], spectroscopy and chemical analysis. *Curr Eye Res*, 2011,36(6):553-562.
- [34] Mudgil P, Borchman D, Ramasubramanian A. Insights into tear film stability from babies and young adults: a study of human meibum lipid conformation and rheology. *Int J Mol Sci*, 2018,19(11):3502.
- [35] Doughty MJ. Goblet cells of the normal human bulbar conjunctiva and their assessment by impression cytology sampling. *Ocul Surf*, 2012,10(3):149-169.
- [36] Gunay M, Celik G, Yildiz E, et al. Ocular surface characteristics in diabetic children. *Curr Eye Res*, 2016,41(12):1526-1531.
- [37] Asik A, Aydemir GA, Aydemir E, et al. Alterations in the tear film and ocular surface in pediatric migraine patients. *Indian J Ophthalmol*, 2024,72(11):1618-1623.
- [38] Isenberg SJ, Del Signore M, Chen A, et al. The lipid layer and stability of the precocular tear film in newborns and infants. *Ophthalmology*, 2003,110(7):1408-1411.
- [39] Da Silva F, Linhares JMM, Jorge J, et al. Tear film stability in children: Age and sex associations explored through non-invasive tear break-up time. *Contact Lens Anterior Eye*, 2025,48(3):102351.
- [40] Mohidin N, Bay TC, Yap M. Non-invasive tear break-up time in normal Malays. *Clin Exp Optom*, 2002,85(1):37-41.
- [41] Yetkin E, Aksoy Aydemir G, Bilen A, et al. Evaluation of Dry Eye Disease Characteristics of Children With Type 1 and Type 2 Diabetes Mellitus and MODY. *Eye Contact Lens*, 2024,50(2):79-83.
- [42] 解睿, 王志容, 朱颖婷, 等. 儿童干眼流行病学与危险因素的研究进展. 中华眼科杂志, 2023,59(4):321-325.
- [43] Yang BY, Wen KY, Li J, et al. Quantitative evaluation of lipid layer thickness and blinking in children with allergic conjunctivitis. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2021,259(9):2795-2805.
- [44] He WF, Zheng JW, Huang BG, et al. Meibomian gland atrophy in children with allergic conjunctivitis. *Int J Ophthalmol*, 2025,18(5):832-839.
- [45] Zhao H, Wu SN, Cheng Z, et al. Mean tear-film lipid layer thickness and video display terminal time as risk factors for abnormal blinking in children. *Front Med*, 2021,8:785901.
- [46] Donthineni PR, Das AV, Basu SY. Dry eye disease in children and adolescents in India. *Ocul Surf*, 2020,18(4):777-782.
- [47] 金子群, 李从心, 温莹. 生活方式与儿童干眼相关性的研究进展. 国际眼科杂志, 2023,23(9):1503-1506.
- [48] Stapleton F, Velez F G, Lau C, Wolffsohn J S. Dry eye disease in the young: A narrative review. *Ocul Surf*, 2024,31:11-20.
- [49] Wang N, Zhuang XY, Zhong XW, et al. Questionnaire analysis on incidence and risk factors of dry eye in children from a myopia outpatient clinic. *Front Med*, 2022,9:846709.
- [50] 王欢, 孙则红. 420例儿童干眼的相关因素分析. 中国斜视与小儿眼科杂志, 2014,2:28-30
- [51] Chidi - Egboka NC, Golebiowski B, Lee SY, et al. Dry eye symptoms in children: can we reliably measure them? *Ophthalmic Physiologic Optic*, 2021,41(1):105-115.
- [52] Wolffsohn JS, Benítez-Del-Castillo JM, Loya-García D, et al. TFOS DEWS III: Diagnostic Methodology. *Am J Ophthalmol*, 2025,279:387-450.
- [53] Hung N, Kang EY, Lee TW, et al. The risks of corneal surface damage in aqueous-deficient dry eye disease: a 17-year population-based study in Taiwan. *Am J Ophthalmol*, 2021,227:231-239.
- [54] Bingöl Kızıltuğ P, Büyüktepe T, Yalçındağ FN, et al. Ocular Findings of Pediatric Dry Eye Related to Graft-Versus-Host Disease. *Turk J Ophthalmol*, 2021,51(3):134-138.
- [55] 宁玉贤, 赵少贞. 非侵入性眼表综合分析仪及 Lipiview 眼表面干涉仪评估儿童干眼的特点. 眼科新进展, 2019,39(1):72-74
- [56] Cremers SL, Khan ARG, Ahn J, et al. New indicator of children's excessive electronic screen use and factors in meibomian gland atrophy. *Am J Ophthalmol*, 2021,229:63-70.
- [57] Wu YQ, Jiang H, Zhou XJ, et al. Morphological and functional changes of meibomian glands in pediatric and adult patients with allergic conjunctivitis. *J Clin Med*, 2022,11(5):1427.
- [58] 李柯然, 李苛苛, 童楠, 等. 非侵入式眼表分析仪评价儿童异常瞬目症与干眼的相关性. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2019,21(8):630-635.
- [59] Rojas-Carabali W, Uribe-Reina P, Muñoz-Ortiz J, et al. High prevalence of abnormal ocular surface tests in a healthy pediatric population. *Clin Ophthalmol*, 2020,14:3427-3438.
- [60] Yang YF, Wu QH, Pan W, et al. Characteristics of the ocular surface in myopic child candidates of orthokeratology lens wear. *Ophthalmol Ther*, 2023,12(6):3067-3079.
- [61] 亚洲干眼协会中国分会, 海峡两岸医药卫生交流协会眼科学专业委员会眼表与泪液病学组, 中国医师协会眼科医师分会眼表与干眼学组. 中国干眼专家共识:检查和诊断(2020年). 中华眼科杂志, 2020,56(10):741-747.