

doi: 10.3978/j.issn.1000-4432.2021.02.01

View this article at: <https://dx.doi.org/10.3978/j.issn.1000-4432.2021.02.01>

儿童圆锥角膜的治疗新进展

周聆¹ 综述 崔冬梅² 审校

- (1. 中山大学中山眼科中心, 眼科学国家重点实验室, 广东省眼科视觉科学重点实验室, 广州 510060;
2. 深圳市眼科医院近视防控科, 深圳眼科学重点实验室, 深圳大学眼视光学院, 广东 深圳 518040)

[摘要] 目前对于成人圆锥角膜(keratoconus, KC)的研究已经很广泛, 而对于儿童KC的研究则较少, 其诊断和治疗常常基于成人KC的研究基础。与成人KC相比, 儿童KC的发展更迅速、造成的后果更严重, 其导致的儿童视觉障碍会追随其一生, 对其生活质量以及教育发展产生严重的负面影响。为了对儿童KC的治疗有较全面的认识和理解, 本文针对近几年儿童KC的治疗进展, 对不同治疗方法的安全性、有效性和治疗时机等方面进行综述。

[关键词] 儿童圆锥角膜; 巩膜镜; 角膜交联术; 角膜基质环植入术; 角膜移植

New progress in the treatment of pediatric keratoconus

ZHOU Ling¹, CUI Dongmei²

(1. State Key Laboratory of Ophthalmology, Zhongshan Ophthalmic Center, Sun Yat-sen University, Guangdong Provincial Key Laboratory of Ophthalmology and Visual Science, Guangzhou 510060; 2. Department of Myopia treatment and Prevention, Shenzhen Eye Hospital, Shenzhen Key Laboratory of Ophthalmology, School of Ophthalmology and Optometry, Shenzhen University, Shenzhen Guangdong 518040, China)

Abstract At present, the research on adult keratoconus has been extensive, while the research on pediatric keratoconus is few. The diagnosis and treatment of pediatric keratoconus are often based on the study of keratoconus in adults. Pediatric keratoconus is more aggressive than adult keratoconus, resulting in visual impairment that can follow throughout their lives and have a serious negative impact on their quality of life and educational development. In this paper, according to the treatment progress of pediatric keratoconus in recent years, the safety, effectiveness, and treatment timing of different treatment methods were summarized, in order to have a more comprehensive understanding of the treatment of pediatric keratoconus.

Keywords pediatric keratoconus; scleral contact lens; corneal cross-linking; intrastromal corneal ring segment; keratoplasty

收稿日期 (Date of reception): 2020-08-23

通信作者 (Corresponding author): 崔冬梅, Email: sarah72@126.com

基金项目 (Foundation item): 广东省自然科学基金 (2017A030313793)。This work was supported by the Guangdong Provincial Natural Science Foundation, China (2017A030313793).

圆锥角膜(keratoconus, KC)是一种渐进性的角膜扩张症,与角膜胶原组织的结构改变有关^[1]。随着KC的进展,角膜逐渐变薄并突出呈锥形,导致患者的不规则角膜散光增加和视力下降。据报道,成人KC的患病率为0.05%^[2],亚洲人KC的发病率是世界总人口发病率的4.4倍^[3]。在亚洲和中东地区的人群中,KC的发病率更高,且发病年龄更小^[4]。目前对于成人KC的研究已相当广泛,治疗方法主要包括根据KC的严重程度而采用的光学矫正方法(框架眼镜、角膜接触镜等)、角膜基质环植入术(intrastromal corneal ring segment, ICRS)、角膜交联术(corneal cross-linking, CXL)及角膜移植(板层或穿透性)等。现阶段对于儿童KC的研究则较少,其诊断和治疗常常基于成人KC的研究基础上,尽管儿童KC与成人KC存在不同之处。为了对儿童KC的治疗有较全面的认识和理解,本文针对儿童KC的特点以及近几年的研究治疗进展,对不同治疗方法的安全性、有效性和治疗时机等方面进行综述。

1 儿童 KC 特点

儿童KC最初常为单侧发病,然而大多数患者最后发展为双侧病变,Li等^[5]发现有50%的KC的对侧眼在16年内也发展成KC。与成人KC相比,儿童KC的病情更严重、病程进展更迅速。Naderan等^[6]评估了初次确诊为KC患者的病情,根据Amsler-Krumeich分类,发现儿童患者的病情明显比成人患者严重($P=0.001$)。并且与成人患者相比,儿童患者角膜前、后表面曲率、角膜散光等显著增加($P<0.05$),角膜中央厚度和最薄点厚度显著降低($P<0.05$)。Chatzis等^[7]研究发现:在年龄为9~19岁的59名KC患者中,88%的患者在首次就诊后出现了进展,即在确诊后的12个月内角膜前表面最大曲率至少增加1.00 D。儿童KC的加速进展与揉眼^[1]和春季角结膜炎^[8]等有关。Léoni-Mesplé等^[9]的一项回顾性研究证实了这一点,研究结果显示:同时诊断为过敏,有频繁地揉眼睛行为,并有KC家族史的患者更容易受影响。此外,Tuft等^[10]对2 723例KC患者进行了回顾性研究,以评估KC导致穿透性角膜移植的危险因素,发病年龄被认为是独立的危险因素之一。在其报告中,诊断时年龄<18岁的患

者比年龄 ≥ 18 岁的患者更快地进展到需要角膜移植的程度。与成人相比,儿童角膜处于一个动态环境中,儿童角膜的胶原重建率更高^[1]。而角膜的成分和结构随着年龄的增长会发生一些变化,其中基质中的非酶交联与年龄呈正相关,这符合被广泛观察到的年龄相关性的角膜硬度增加,同时也解释了随着角膜组织的老化,可能会发生自然交联,使得成人KC有自发稳定的可能^[11-12]。儿童KC的进展一般不会自行停止,这可能会导致儿童患者的视力进行性损害,对他们的生活质量产生负面影响,影响其社会和教育发展。而在KC病程早中期,儿童(尤其是<8岁的患者)难以及时表达视力的损害^[13]。有研究^[14]指出:儿童的高调节能力可以部分补偿KC引起的角膜畸变,使得视觉功能障碍延迟出现,等到发现的时候,往往已对其视力造成了严重损害。因此,早期发现和密切监测对儿童KC患者至关重要。鉴于儿童KC迅速发展的特点,在临床上被动等待其病情的进展,然后根据病情进展的程度来提供治疗可能并不适合儿童KC,医生需要采取更积极的治疗来防止其迅速发展变化^[1]。

2 儿童 KC 的治疗

目前成人KC和儿童KC的治疗方法很相似,许多治疗方法是基于在成人KC人群的有效性和安全性的基础上,而应用于儿童KC的治疗。2019年中国圆锥角膜诊治专家共识^[15]提出了我国的KC分期(分为潜伏期、初发期、完成期和瘢痕期),并对临床KC的诊治提供指导意见。但目前针对儿童KC的治疗目标尚无统一标准,本文根据近几年的研究进展,将从光学矫正和控制病情进展2个方面来阐述儿童KC的治疗。

2.1 光学矫正

2.1.1 硬性透气性接触镜

对于诊断为KC早中期并且无临床进展的儿童患者,使用框架眼镜、硬性透气性接触镜(rigid gas-permeable contact lens, RGP)等方式常常能获得满意的矫正视力。常勇等^[16]对40名年龄为3~16岁的轻中度KC患者配戴RGP矫正进行了3年的随访观察,在配戴期间,矫正视力显著改善,角膜散光降低

(0.88 ± 0.40) D, 而角膜曲率、角膜厚度、角膜内皮细胞密度等眼部参数无明显改变($P > 0.05$), 证明RGP对于儿童KC是安全有效的。Zhang等^[17]也认为RGP能够提供满意的视觉质量, 但同时提出应用RGP时要考虑KC年龄、发病时间、角膜地形图变化等因素, 这些变量会影响患者对镜片的适应性和疾病预后。当KC进一步进展, 角膜不规则性增加时, 配戴RGP难以获得理想的配适, 同时会增加眼表损伤的风险^[18]。

2.1.2 巩膜镜

巩膜镜(scleral contact lens, SCL)目前被认为是角膜扩张疾病(如KC等)视力恢复的主要选择之一, 镜片产生的液体层能够矫正规则和不规则的角膜散光以及角膜前部产生的光学像差, 从而改善视力^[19]。对于使用框架眼镜或RGP矫正视力不满意或者由于KC合并有过敏性角结膜炎、干眼等问题而出现角膜接触镜不耐受的情况, SCL可能是一个理想的选择^[20]。Rathi等^[21]将SCL给予16岁以下KC或同时诊断有春季角结膜炎患者配戴, 结果显示: 配戴SCL能提高矫正视力, 提供良好的舒适度, 同时还有利于改善眼部微环境和眼表健康。虽然SCL对角膜没有直接的机械作用, 但有研究发现配戴SCL后会对角膜的形态产生一定的影响^[22-23]。Severinsky等^[24]给予未经治疗的KC眼短时间(2~5 h)配戴SCL后发现角膜前表面变平坦, 研究者同时提示临床医生, 不要忽视SCL可能会掩盖KC进展的迹象。

2.1.3 ICRS 植入术

ICRS植入术是将由聚甲基丙烯酸甲酯制成的ICRS植入角膜基质隧道内, 使中央角膜变平坦, 改善KC患者的视力, 联合飞秒激光改善了角膜隧道的精度, 提高了该手术的效果^[25]。约有20%不能耐受角膜接触镜的KC患者选择ICRS, 研究^[26]证实该方法在成人中是安全、有效和可逆的。目前ICRS运用于儿童KC的报道较少, 有研究者^[1]认为ICRS不是儿童KC的首选治疗方法, 因为儿童KC的进展更迅速, 还存在患者的揉眼倾向以及患者的管理困难等因素。Alfonso等^[27]回顾性研究了88名10~18岁患者的临床资料, 共118只眼行ICRS植入术, 结果显示: 术后6个月裸眼视力从 0.67 ± 0.37 (LogMAR)提高至 0.37 ± 0.30 (LogMAR) ($P < 0.0001$), 矫正视力从 0.19 ± 0.15 (LogMAR)提高至 0.10 ± 0.12 (LogMAR) ($P < 0.0001$), 散光和彗

差显著下降。在随访的5年期间, 屈光度和视力与6个月的随访相比保持稳定。该研究认为对于儿童KC患者来说, ICRS植入术是一种安全、有效、稳定的恢复视力的方法。在目前的研究中, ICRS主要目的是用于改善视力, 而ICRS植入对KC的进展是否有影响则知之甚少。目前有研究者将ICRS和CXL联合治疗, Abdelmassih等^[28]评价了ICRS植入术后1个月进行CXL对儿童KC患者的安全性和有效性, 纳入12名患者(年龄9~14岁)共17只眼术后随访4年, 结果显示: 裸眼视力和矫正视力明显改善, 角膜曲率和屈光度降低, 且在4年随访期间保持稳定。本研究中唯一报告的并发症是2年后由于血管化和角膜变薄而切除一个环节段。Abozaid等^[29]同样将ICRS和CXL联合, 并应用于儿童KC且同时存在春季角结膜炎的患者, 经过3年的随访观察发现ICRS和CXL联合使用能有效治疗儿童KC, 所有的病例均未发生环节段挤压、角膜血管化或角膜混浊等主要并发症, 但有1例患者显示扩张进展且需要重复交联。

2.1.4 角膜移植

KC发展到晚期, 已经出现角膜全层瘢痕, 只能通过角膜移植获得视力的恢复。移植物存活率、视力预后和术后管理等问题是儿童角膜移植术后关注的重点。Lowe等^[30]研究了765例20岁以下患者行穿透性角膜移植成活率和视力预后的因素, 结果显示: 5岁以下患者的移植物存活率较差, 与其他年龄组相比, 青少年移植物存活率更高。其中年龄<5岁的患者通常因为先天性角膜不透明而接受角膜移植, 而青少年(13~19岁)角膜移植主要用于KC。影响角膜移植物的存活率和视力结果的因素主要是移植物的适应症而不是受植者的年龄。Low等^[31]探讨16岁以下儿童角膜移植术后长期存活率的研究结果显示: 穿透性角膜移植术后1年Kaplan-Meier生存率为92.8%, 2~4年为88.9%, 5~16年为80.9%, 主要观察指标是移植物是否发生混浊丧失光学清晰度。因此儿童KC行角膜移植术的移植成活率和视觉效果都较好。

2.2 控制病情进展

CXL最早于20世纪90年代由Wollensak等^[32]提出。为一种阻止KC进展的新的治疗选择, CXL通

过利用长波紫外线和核黄素在角膜基质内的光化学作用导致胶原纤维间化学键的形成,从而加强角膜硬度,减缓或停止KC的进展^[33]。2010年美国食品和药物管理局(Food and Drug Administration, FDA)指南提出符合以下标准之一(即2年内出现:1)角膜最大曲率增加 ≥ 1.00 D;2)角膜地形图散光增加 ≥ 1.00 D;3)近视等效球镜度增加 -0.50 D;4)RGP镜片曲率半径减少 ≥ 0.1 mm),认为角膜具扩张性,建议行胶原交联术^[13]。目前何时对具有临床进展的儿童KC进行CXL还没有统一标准。

Vinciguerra等^[34]进行了一项随访时间为2年的前瞻性研究,纳入40名年龄小于18岁的进展期KC患者(进展期定义为:前3个月出现近视或散光增加 ≥ 3.00 D,或角膜中央平均曲率增加 ≥ 1.50 D)共40只眼进行CXL。结果显示:随访期间角膜曲率较术前无明显改变($P>0.05$),并且有减少的趋势;术后2年角膜最薄点厚度于术前无明显改变。除有效控制病情进展外,CXL还显著减少了角膜不对称和像差,并提高了患者的裸眼视力和矫正视力。研究者强调对儿童KC早期进展认识的重要性,每3个月对于连续的角膜地形图差异和角膜厚度的随访十分关键,如果能及时较早进行CXL,可能可以减少角膜移植的概率。

Chatzis等^[7]纳入42名9~19岁KC患者共46只眼并进行CXL,观察了儿童KC患者CXL后3年的临床效果,发现CXL能提高矫正视力,在术后早期角膜最大曲率(Kmax)显著降低,但在随访第3年较术前无改善。同样,所有行CXL的患者没有出现明显并发症。其中1例11岁男孩在CXL术后12个月仍出现1.90 D Kmax进展,进行了第2次CXL。提示CXL对控制儿童KC疾病进展的效果可能不像成人那样持久,需要更长时间的随访来验证。由于较高的病情进展率,建议儿童在确诊KC后尽早进行CXL。

在随访时间最长的研究中,Mazzotta等^[35]对47例KC儿童患者的62只眼进行了前瞻性纵向队列研究并完成10年随访,评估了标准CXL手术的有效性和安全性。结果显示:术后10年较术前裸眼视力由0.45发展为0.23(LogMAR) ($P=0.0001$),矫正视力由0.14发展为0.1(LogMAR) ($P=0.019$),约80%的患者随访10年后KC稳定。该研究认为CXL能够延缓儿童KC的进展和改善视功能,其长期稳定性可

能与CXL诱导的角膜胶原更新延迟和自然衰老相关的角膜稳定有关。

大多数研究报道了儿童KC的标准CXL方案,近几年有研究者将其他非标准角膜交联技术包括跨上皮角膜交联(trans-epithelial cross-linking, TE-CXL)和加速角膜交联(accelerated cross-linking, A-CXL)运用于儿童KC的治疗。Nicula等^[36]比较了标准CXL和A-CXL,认为两者都是治疗儿童进展期KC的有效方法。Magli等^[37]将标准CXL和TE-CXL方案进行了比较,结果显示这两种方案对儿童渐进性KC有相似疗效,与标准CXL相比,在1年的随访中TE-CXL疼痛较轻。但Buzzonetti等^[38]提出了不同的结论,该研究对13例8~18岁儿童KC的13只眼睛进行了TE-CXL的前瞻性分析,随访18个月,结果显示其矫正视力有显著提高,但是角膜曲率仍出现进展($P<0.05$),从而认为与标准CXL相比,该方法不能有效阻止儿童KC的进展。

3 结语

许多研究提出儿童KC病情进展迅速,需要更频繁的随访和更早的干预,同时也提醒我们提高对儿童KC早期的重视。关于光学矫正方法,大多数早中期KC患者可以通过配戴RGP获得满意的视力,对于角膜不规则增加难以耐受RGP的患者,SCL和ICRS也是有效的选择。对于有临床进展的儿童KC,CXL能减少将来进行角膜移植的风险。除视觉康复外,对于儿童KC患者采用何种治疗方法,何时进行干预治疗等问题还值得探讨。未来仍需更多研究,以寻求一种安全有效的药物来加厚加固角膜胶原纤维。

开放获取声明

本文适用于知识共享许可协议(Creative Commons),允许第三方用户按照署名(BY)-非商业性使用(NC)-禁止演绎(ND)(CC BY-NC-ND)的方式共享,即允许第三方对本刊发表的文章进行复制、发行、展览、表演、放映、广播或通过信息网络向公众传播,但在这些过程中必须保留作者署名、仅限于非商业性目的、不得进行演绎创作。详情

请访问: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>。

参考文献

- Kankariya VP, Kymionis GD, Diakonis VF, et al. Management of pediatric keratoconus - evolving role of corneal collagen cross-linking: an update[J]. Indian J Ophthalmol, 2013, 61(8): 435-440.
- Mukhtar S, Ambati BK. Pediatric keratoconus: a review of the literature[J]. Int Ophthalmol, 2018, 38: 2257-2266.
- Pearson AR, Soneji B, Sarvananthan N, et al. Does ethnic origin influence the incidence or severity of keratoconus? [J]. Eye, 2000, 14(Pt 4): 625-628.
- Jonas JB, Nangia V, Matin A, et al. Prevalence and associations of keratoconus in rural Maharashtra in central India: the central India eye and medical study[J]. Am J Ophthalmol, 2009, 148(5): 760-765.
- Li X, Rabinowitz YS, Rasheed K, et al. Longitudinal study of the normal eyes in unilateral keratoconus patients[J]. Ophthalmology, 2004, 111(3): 440-446.
- Naderan M, Rajabi MT, Zarrinbakhsh P, et al. Is keratoconus more severe in pediatric population? [J]. Int Ophthalmol, 2017, 37(5): 1169-1173.
- Chatzis N, Hafezi F. Progression of keratoconus and efficacy of corneal collagen cross-linking in children and adolescents[J]. J Refract Surg, 2012, 28(11): 753-758.
- Rabinowitz YS. Keratoconus[J]. Surv Ophthalmol, 1998, 42(4): 297-319.
- Léoni-Mesplé S, Mortemousque B, Mesplé N et al. Epidemiological aspects of keratoconus in children[J]. J Fr Ophtalmol, 2012, 35(10): 776-785.
- Tuft SJ, Moodaley LC, Gregory WM, et al. Prognostic factors for the progression of keratoconus[J]. Ophthalmology, 1994, 101(3): 439-447.
- El Rami H, Chelala E, Dirani A, et al. An update on the safety and efficacy of corneal collagen cross-linking in pediatric keratoconus[J]. Biomed Res Int, 2015, 2015: 257927.
- Blackburn BJ, Jenkins MW, Rollins AM, et al. A review of structural and biomechanical changes in the cornea in aging, disease, and photochemical crosslinking[J]. Front Bioeng Biotechnol, 2019, 7: 66.
- Léoni-Mesplé S, Mortemousque B, Touboul D, et al. Scalability and severity of keratoconus in children[J]. Am J Ophthalmol, 2012, 154: 56-62.e1.
- Schlegel Z, Lteif Y, Bains HS et al. Total, corneal, and internal ocular optical aberrations in patients with keratoconus[J]. J Refract Surg, 2009, 25: S951-S957.
- 中华医学学会眼科学分会角膜病学组. 中国圆锥角膜诊断和治疗专家共识(2019年)[J]. 中华眼科杂志, 2019, 55(12): 891-895. Keratology Group, Chinese Society of Ophthalmology, Chinese Medical Association. Expert consensus on diagnosis and treatment of keratoconus in China (2019)[J]. Chinese Journal of Ophthalmology, 2019, 55(12): 891-895.
- 常勇, 迟惠, 周建兰, 等. 儿童轻中度圆锥角膜患者长期配戴 RGPCL 效果及安全性[J]. 眼科, 2016, 25(5): 317-320. CHANG Yong, CHI Hui, ZHOU Jianlan, et al. The effect of long-term wearing RGPCL for children with keratoconus[J]. Ophthalmology in China, 2016, 25(5): 317-320.
- Zhang XH, Li X. Effect of rigid gas permeable contact lens on keratoconus progression: a review[J]. Int J Ophthalmol, 2020, 13(7): 1124-1131.
- Rathi VM, Mandathara PS, Dumpati S. Contact lens in keratoconus[J]. Indian J Ophthalmol, 2013, 61(8): 410-415.
- Schein OD, Rosenthal P, Ducharme C. A gas-permeable scleral contact lens for visual rehabilitation[J]. Am J Ophthalmol, 1990, 109(3): 318-322.
- Montalt JC, Porcar E, Enrique España-Gregori, et al. Visual quality with corneo-scleral contact lenses for keratoconus management[J]. Cont Lens Anterior Eye, 2018, 41(4): 351-356.
- Rathi VM, Mandathara PS, Vaddavalli PK, et al. Fluid filled scleral contact lens in pediatric patients: Challenges and outcome[J]. Cont Lens Anterior Eye, 2012, 35(4): 189-192.
- Serramito M, Carpena-Torres C, Carballo J, et al. Posterior cornea and thickness changes after scleral lens wear in keratoconus patients[J]. Cont Lens Anterior Eye, 2019, 42(1): 85-91.
- Serramito-Blanco M, Carpena-Torres C, Carballo J, et al. Anterior corneal curvature and aberration changes after scleral lens wear in keratoconus patients with and without ring segments[J]. Eye Contact Lens, 2019, 45(2): 141-148.
- Severinsky B, Fadel D, Davelman J, et al. Effect of scleral lenses on corneal topography in keratoconus: a case series of cross-linked versus non-cross linked eyes[J]. Cornea, 2019, 38(8): 986-991.
- Colin J, Béatrice C, Savary G, et al. Correcting keratoconus with intracorneal rings[J]. J Cataract Refract Surg, 2000, 26(8): 1117-1122.
- Alió JL, Shabayek MH, Artola A. Intracorneal ring segments for keratoconus correction: long term follow-up[J]. J Cataract Refract Surg, 2006, 32(6): 978-985.
- Alfonso JF, Fernández-Vega-Cueto L, Lisa C, et al. Long-term follow-up of intrastromal corneal ring segment implantation in pediatric keratoconus[J]. Cornea, 2019, 38(7): 840-846.
- Abdelmassih Y, El-Khoury S, Dirani A, et al. Safety and efficacy of sequential intracorneal ring segment implantation and cross-linking in pediatric keratoconus[J]. Am J Ophthalmol, 2017, 178: 51-57.
- Abozaid MA, Hassan AA, Abdalla A. Intrastromal corneal ring segments implantation and corneal cross-linking for keratoconus in children with vernal keratoconjunctivitis—three-year results[J]. Clin

- Ophthalmol, 2019, 13: 2151-2157.
30. Lowe MT, Keane MC, Coster DJ, et al. The outcome of corneal transplantation in infants, children, and adolescents[J]. Ophthalmology, 2011, 118(3): 492-497.
 31. Low JR, Anshu A, Tan ACS, et al. The outcomes of primary pediatric keratoplasty in Singapore[J]. Am J Ophthalmol, 2014, 158(3): 496-502.
 32. Wollensak G, Spoerl E, Seiler T. Riboflavin/ultraviolet: an induced collagen crosslinking for the treatment of keratoconus[J]. Am J Ophthalmol, 2003, 135(5): 620-627.
 33. Suri K, Hammersmith KM, Nagra PK. Corneal collagen cross-linking: Ectasia and beyond[J]. Curr Opin Ophthalmol, 2012, 23(4): 280-287.
 34. Vinciguerra P, Albé E, Frueh BE, et al. Two-year corneal cross-linking results in patients younger than 18 years with documented progressive keratoconus[J]. Am J Ophthalmol, 2012, 154(3): 520-526.
 35. Mazzotta C, Traversi C, Baiocchi S, et al. Corneal collagen cross-linking with riboflavin and ultraviolet a light for pediatric keratoconus: ten-year results[J]. Cornea, 2018, 37(5): 560-566.
 36. Nicula CA, Rednik AM, Bulboacă AE, et al. Comparative results between "EPI-off" conventional and accelerated corneal collagen crosslinking for progressive keratoconus in pediatric patients[J]. Ther Clin Risk Manag, 2019, 15: 1483-1490.
 37. Magli A, Forte R, Tortori A, et al. Epithelium-off corneal collagen cross-linking versus transepithelial cross-linking for pediatric keratoconus[J]. Cornea, 2013, 32(5): 597-601.
 38. Buzzonetti L, Petrocelli G. Transepithelial corneal cross-linking in pediatric patients: early results[J]. J Refract Surg, 2012, 28(11): 763-767.

本文引用：周玲, 崔冬梅. 儿童圆锥角膜的治疗新进展[J]. 眼科学报, 2021, 36(12): 959-964. doi: 10.3978/j.issn.1000-4432.2021.02.01

Cite this article as: ZHOU Ling, CUI Dongmei. New progress in the treatment of pediatric keratoconus[J]. Yan Ke Xue Bao, 2021, 36(12): 959-964. doi: 10.3978/j.issn.1000-4432.2021.02.01