

专家述评



[专家简介]李昉晔, 副主任医师, 副教授, 临床和科研方向为内镜神经外科学, 擅长内镜微创治疗垂体瘤、颅咽管瘤、视神经病变、脑膜瘤、脊索瘤、颅底肿瘤、脑转移瘤、颅脑损伤、脑出血等。世界华人神经外科协会神经内镜青年医师联盟成员, 中国研究型医院学会精准神经外科专业委员会委员; 获2025年“颅阵·军医亮剑”手术视频大赛一等奖, 2024年北京内镜神经外科国际学术研讨会“优秀论文奖”, 2024年北京神经外科年会手术比赛一等奖, 2022年全国内镜神经外科学术大会和2023年中国颅底大会手术比赛三等奖; 获中华医学科技奖三等奖, 承担多项国家、省部级课题。

经鼻内镜视神经减压治疗外伤性视神经病变的研究进展及展望

王哲^{1,2,3}, 李昉晔¹

¹解放军总医院第一医学中心神经外科医学部, 北京 100853; ²解放军医学院, 北京 100853; ³解放军总医院海南医院神经外科, 海南三亚 572013

摘要:外伤性视神经病变(tramatic optic neuropathy, TON)是由于颅面部外伤引起的视神经损伤, 表现为视力急剧下降或完全失明。TON的临床干预措施包括单纯观察、糖皮质激素治疗和视神经减压, 但其最佳治疗方法存在争议。随着内镜技术的发展, 经鼻内镜视神经减压术逐渐成为治疗TON的主流方法。尽管如此, 目前缺乏高质量的随机对照试验评估其疗效, 且治疗效果受多种因素影响, 包括手术时机、视力丧失严重程度、视神经管骨折、视神经鞘切开及筛窦和(或)蝶窦内出血等。本文就近年来经鼻内镜视神经减压治疗TON的临床疗效、预后因素及技术创新等进行总结分析。

关键词:外伤性视神经病变; 视神经减压术; 神经内镜; 治疗; 预后因素

中图分类号:R774.6

文献标志码:A

文章编号:2095-5227(2025)09-0825-07

DOI: 10.12435/j.issn.2095-5227.24071602

引用本文:王哲, 李昉晔.经鼻内镜视神经减压治疗外伤性视神经病变的研究进展及展望 [J].解放军医学院学报, 2025, 46 (9): 825-831.

Research advances and prospect of endoscopic transnasal optic nerve decompression for traumatic optic neuropathy

WANG Zhe^{1,2,3}, LI Fangye¹

¹Senior Department of Neurosurgery, the First Medical Center of PLA General Hospital, Beijing 100853, China; ²Chinese PLA Medical School, Beijing 100853, China; ³Department of Neurosurgery, Hainan Hospital of PLA General Hospital, Sanya 572013, Hainan Province, China

Corresponding author: LI Fangye. Email: leefangye@126.com

Abstract: Traumatic optic neuropathy (TON) is an injury to the optic nerve caused by craniomaxillofacial trauma, characterized by a sudden decline in vision or complete blindness. Clinical interventions for TON include simple observation, corticosteroid therapy, and optic nerve decompression. However, there is controversy over which treatment method is optimal. With advancements in endoscopic techniques, endoscopic transnasal optic nerve decompression (ETOND) has increasingly become a mainstream method for treating TON. Despite this, there is a lack of high-quality randomized controlled trials to evaluate its efficacy. Furthermore, treatment outcomes are influenced by several factors, including the timing of surgery, the severity of vision loss, optic canal fractures, optic nerve sheath incision, and hemorrhage within the ethmoid and/or sphenoid sinuses. This review provides an overview of the recent clinical efficacy, prognostic factors, and technological innovations in ETOND for the treatment of TON.

Keywords: traumatic optic neuropathy; optic nerve decompression; neuroendoscopes; therapy; prognostic factors

收稿日期: 2024-07-16

基金项目: 海南省自然科学基金青年基金项目(819QN378); 省部级课题

第一作者: 王哲, 在读硕士, 住院医师。Email: wangzplagh@163.com

通信作者: 李昉晔, 博士, 副主任医师。Email: leefangye@126.com

Cited as: Wang ZH, Li FY. Research advances and prospect of endoscopic transnasal optic nerve decompression for traumatic optic neuropathy[J]. Acad J Chin PLA Med Sch, 2025, 46(9): 825-831.

外伤性视神经病变(traumatic optic neuropathy, TON)是一种由于颅面部外伤引起的视神经损伤,通常表现为视力急剧下降或完全失明,占闭合性颅脑损伤的0.5%~5.0%^[1]。主要的致伤原因为交通伤、坠落伤和击打伤,多发于中青年男性^[2]。尽管发生率较低,但TON会对患者的视觉功能造成严重损害,严重影响其生活质量和社会参与能力,导致家庭劳动力的缺失。由于其病理机制复杂且预后不确定,TON的治疗一直是神经外科、眼科和耳鼻喉科领域的难题。

TON的主要治疗措施包括单纯观察、糖皮质激素治疗和视神经减压。随着内镜技术与设备的迅猛发展及微创理念的普及,经鼻内镜视神经减压术(endoscopic transnasal optic nerve decompression, ETOND)因创伤小、出血少、手术时间短、颜面部不留瘢痕等优点,日渐成为目前治疗TON的主流术式^[3]。尽管如此,目前仍缺乏高质量的随机对照试验评估其疗效,且现有的回顾性研究报道中,受到相关预后因素的影响,不同文献报道的ETOND有效率差异很大^[4]。因此,本文重点讨论其临床疗效、预后因素及技术创新等方面,以期为临床实践提供参考,并为未来研究提供方向。

1 TON的病理生理学

TON按致伤机制可分为直接TON和间接TON。直接TON是指外力直接作用于视神经而产生的病变,视神经存在明显的解剖结构破坏,如锐器伤;间接TON是非穿透性创伤产生的钝性外力作用于颅面部,能量通过颅骨骨质的传导,间接作用于视神经而产生的病变^[5]。直接TON的发病率较低,且预后很差,临床上以间接TON更为常见^[6]。视神经主要由视网膜神经节细胞(retinal ganglion cells, RGCs)的轴突组成,解剖上可分为球内段、眶内段、管内段、颅内段。钝性外力传递到颅骨的变形应力集中于视神经管区域,而视神经的硬脑膜鞘又紧贴于管内骨膜上,外力传导至视神经管时缺少缓冲,因此管内段视神经是TON最常见的病变部位^[4]。

TON的病理机制复杂,通常分为原发性和继发性损伤^[7]。在外力作用下,视神经管遭受变形和骨折,视神经管骨性结构变化进一步导致视神经

受压和挫伤,从而引发视神经轴突损伤。在狭窄的视神经管内,创伤和血管缺血导致视神经水肿,随着时间推移,骨筋膜室综合征的发生进一步限制血液供应,损害了存活的RGCs,并形成了细胞凋亡的恶性循环。以减轻视神经水肿、视神经减压为目标的药物和手术治疗手段旨在打破这种恶性循环,尽可能挽救损伤后幸存的RGCs。

2 TON的治疗

目前无高质量的随机对照研究确定统一的TON治疗方案^[8]。主要治疗方式包括单纯观察、糖皮质激素治疗、手术治疗,但均存在一定局限性。

2.1 单纯观察

目前研究对未经治疗的TON自然病程了解有限,也无法预测初诊TON的自发视力恢复率。自20世纪80年代初以来,未经治疗的TON病例报告的自发视力改善率为0~70%^[1]。基于如此宽泛的自发视力改善率范围,临床实践中对于初治TON的决策充满了不确定性和复杂性。1999年,Levin等^[9]进行的国际视神经创伤研究报道,与单独观察相比,糖皮质激素治疗和手术减压这两种主要治疗方法尚未显示出明确的临床益处。然而由于招募失败,2年后不得不转为观察性研究,证据级别有限。单纯观察的效果难以预测,特别是对于无光感的患者,且延误治疗可能导致视神经损伤的进一步恶化。因此,在临床实践中应谨慎考虑这一方法。

2.2 糖皮质激素治疗

早期研究中,急性脊髓损伤患者给予大剂量甲泼尼龙冲击治疗后,患者的运动和感觉功能显著改善,因此糖皮质激素冲击治疗在许多国家作为急性脊髓损伤的必要治疗措施^[10]。鉴于其在脊髓损伤中的应用,大剂量糖皮质激素冲击治疗逐渐在TON的治疗中得到推广^[7]。然而,目前仍缺乏糖皮质激素治疗作用的高质量循证医学证据,糖皮质激素冲击疗法尚存争议。有研究表明糖皮质激素在一定程度上改善了视力,尤其在创伤后数小时内早期给药^[11-12]。也有研究显示,大剂量使用糖皮质激素并不能改善TON患者的视觉功能^[13-17],甚至激素治疗的结局相比观察的结局更差^[18]。同时,大剂量糖皮质激素冲击治疗可能导

致严重的不良反应，如引起感染加重、消化性溃疡、出血及血糖升高等。因此，应根据患者的病情谨慎考虑糖皮质激素在TON治疗中的使用和剂量。

2.3 手术治疗

视神经减压术是临床上针对TON的常见治疗手段。与药物治疗的化学减压相比，其是一种更直接的物理减压。视神经减压术目的在于清除损伤部位的异物、骨折片及视神经管周围骨性结构，清除视神经周围水肿，解除对视神经的压迫，为视神经水肿和血运恢复创造空间，促进视觉功能恢复。主要术式包括经眶筛蝶窦视神经减压术、经颅视神经减压术及ETOND。经眶入路由于面部骨缺损、眶内感染和面部瘢痕等并发症，近年来在TON手术中应用较少^[17]。经颅入路对于神经外科医师而言技术成熟，术野清晰、操作空间大且减压充分，能同时处理颅内出血和脑挫裂伤及视神经周围的骨折片。但该手术入路创伤大、手术时间长，会留下明显的手术切口瘢痕，术中牵拉脑组织可能导致进一步损伤^[19]。ETOND与传统经颅入路相比，侵入性小、出血少、颜面部无瘢痕，

并能充分暴露眶尖和视神经管，逐渐成为视神经手术减压优先考虑的手术方式^[3]。

3 ETOND的疗效及预后因素

ETOND通常被认为是治疗TON的有效策略，无论是否联合激素治疗^[4, 20]。本文总结了近年来关于TON手术结果的研究(表1, 表2)。初治TON患者ETOND术后，儿童视力改善率为45.8%~80.5%^[21-24]，成人视力改善率为38.39%~92.11%^[20, 25-41]。而激素治疗无效的TON患者，经ETOND治疗后成人改善率为18.75%~81.18%^[42-51]。相关预后因素影响ETOND的治疗效果，这些因素复杂且可能相互关联。根据现有的文献，影响预后的因素有手术时机、视力丧失严重程度、视神经管骨折(Optic Canal Fracture, OCF)、视神经鞘切开及筛窦和(或)蝶窦内出血。因此，ETOND的手术指征应个体化，并应考虑所有相关因素(表3)。

3.1 手术时机

手术时机指外伤至手术的时间间隔。虽然各研究都在探讨干预的最佳时机，但大规模的前瞻

表1 ETOND治疗初治TON的研究总结

Tab. 1 Summary of ETOND in newly diagnosed TON

作者	年份	病例总数	干预措施及有效率	
			ETOND±激素	对照
王洪财等 ^[27]	2023	43	ETOND+激素 13/19(68.42%)	扩大ETOND+激素 9/24(37.5%)
Zhao等 ^[28]	2022	44	ETOND+激素 20/44(45.5%)	-
郭海星等 ^[29]	2022	52	ETOND+激素 13/20 (65.00%)	经颅入路+激素 19/32(59.37%)
Gao等 ^[20]	2022	140	ETOND±激素 76/100(76%)	单纯激素 15/40(38%)
Yan等 ^[30]	2021	72	ETOND+激素 39/72(54.2%)	-
Song等 ^[31]	2021	96	ETOND 49/96(51.0%)	-
李勇刚等 ^[32]	2021	49	ETOND+激素 12/21(57.1%)	鼻旁经筛蝶入路 14/28(50%)
Lin等 ^[33]	2020	72	ETOND+激素 39/72(54.17%)	-
徐远志等 ^[34]	2020	29(32眼)	ETOND 19/32 (59.4%)	-
王巧苏等 ^[35]	2018	100	ETOND+激素 38/50(76.0%)	激素 18/50(36.0%)
李启利等 ^[26]	2018	76	ETOND 35/38 (92.11%)	经颅入路 27/38(71.05%)
苏小妹等 ^[36]	2017	109(110眼)	ETOND+激素 61/110 (55.5%)	-
石东风等 ^[25]	2017	112	ETOND+激素 43/112 (38.39%)	-
江良锋等 ^[37]	2017	53(55眼)	ETOND+激素 19/30(63.33%)	激素 6/25(24%)
陈敏等 ^[38]	2017	212(217眼)	ETOND+激素 118/217(54.38%)	-
刘卫平等 ^[39]	2015	68	ETOND 56/68(82.4%)	-
Song等 ^[40]	2013	85	ETOND 38/85(44.7%)	-
Yang等 ^[41]	2012	96	ETOND+激素 39/96(40.6%)	-
李永等 ^[21]	2022	47(儿童)	ETOND±激素 28/47(59.6%)	-
Yu等 ^[24]	2018	62(儿童)	ETOND+激素 34/62(54.84%)	-
Chen等 ^[22]	2018	29(儿童)	ETOND+激素 11/24(45.83%)	激素 3/5(60%)
Peng等 ^[23]	2011	41(儿童)	ETOND+激素 33/41(80.48%)	-

表2 ETOND治疗激素治疗无效TON的研究总结

Tab. 2 Summary of ETOND for steroid therapy-resistant TON

作者	年份	病例总数	ETOND±激素有效率
Zhao等 ^[42]	2021	479	ETOND+激素 205/479(42.78%)
Sun等 ^[43]	2021	16	ETOND+激素 3/16(18.75%)
Li等 ^[44]	2020	22	ETOND+激素 13/22(59.1%)
杨常华等 ^[45]	2020	38	ETOND 22/38(57.89%)
Gupta等 ^[46]	2018	20	ETOND+激素 16/20(80%)
周立萍等 ^[47]	2018	19	ETOND 11/19(57.89%)
Yan等 ^[48]	2017	1275	ETOND+激素 1035/1275(81.18%)
Yu等 ^[49]	2016	96(无光感)	ETOND+激素 45/96(46.9%)
张庆翔等 ^[50]	2015	39	ETOND+激素 12/39(30.77%)
Xu等 ^[51]	2014	74	ETOND+激素 47/74(63.5%)

表3 ETOND术后视力改善影响因素

Tab. 3 Summary of prognostic factors of visual improvement after ETOND

作者	手术时机/d	残余视力	OCF	筛后和(或)视神经 蝶窦内出血鞘切开	
Zhao等 ^[28]	7	预后佳	不影响	-	不影响
李永等 ^[21]	7	预后佳	预后差	-	-
郭海星等 ^[29]	-	预后佳	-	-	-
Gao等 ^[20]	-	预后佳	-	-	-
Zhao等 ^[42]	-	预后佳	-	-	-
Yan等 ^[30]	7	预后佳	-	-	-
Song等 ^[31]	-	预后佳	-	预后差	-
李勇刚等 ^[32]	尽早	预后佳	不影响	-	-
Lin等 ^[33]	尽早	预后佳	不影响	不影响	-
Yu等 ^[24]	不影响	预后佳	预后差	预后差	-
Ma等 ^[52]	尽早	预后佳	预后差	-	-
Yan等 ^[48]	-	-	预后差	-	-
苏小妹等 ^[36]	不影响	预后佳	-	-	不影响
石东风等 ^[25]	3	预后佳	-	预后差	-
江良锋等 ^[37]	3	不影响	不影响	-	-
陈敏等 ^[38]	-	预后佳	预后差	-	-
Yu等 ^[49]	3	-	-	-	-
张庆翔等 ^[50]	不影响	预后佳	-	-	不影响
Emanuelli等 ^[53]	激素治疗 12~24 h内	-	-	-	-
Song等 ^[40]	3	-	-	预后差	-
Yang等 ^[41]	3	预后佳	-	预后差	-
谢民强等 ^[54]	-	预后佳	OCF部位 影响预后	-	-

性研究尚未进行,目前大多数结论都是基于不同作者的经验。对于合适的减压手术时机存在很大分歧,没有足够的证据来确定金标准。目前多数学者认为,早期干预(7 d内甚至3 d内)是术后视力改善的良好预后因素^[21,25,28,30,32-33,37,40-41,49,52-53]。一些

学者建议更积极的手术干预,建议在损伤后48 h内或类固醇治疗后12~24 h手术减压^[53,55]。而Gao等^[20]对于延迟治疗长达21~90 d的患者进行ETOND,23/32(72%)的患者出现视力改善。在最近一项关于手术时机的荟萃分析研究中,早期组(3 d内接受手术的患者)有57%的视力改善,而晚期组(>7 d)有51%的视力改善,这说明手术时机不是唯一影响TON患者视力预后的因素。对延迟就诊的TON患者,手术干预仍有效,但手术疗效可能更多与视神经损伤的严重程度有关。

3.2 视力丧失的严重程度

ETOND的临床效果不仅取决于手术时机,还取决于初始视力丧失的严重程度。伤后视力丧失缓急与疗效相关,伤后视力延迟丧失是保护因素^[54]。可能的原因是,相比伤后视力立即丧失的患者,视力延迟丧失者视神经收到的卡压更轻,RGCs死亡恶性循环进展更慢,为药物治疗和手术治疗打破恶性循环争取了时间。此外,残余视力与视神经损伤程度密切相关,是预测术后预后的重要指标^[56]。视神经损伤后有残余视力的患者可能经历了视神经不完全断裂或缺血性坏死,这导致大量RGCs存活。相比之下,无光感的患者可能遭受了严重或不可逆的视神经破坏,导致很少有RGCs存活^[4]。绝大多数研究认为,ETOND术后,残余视力患者的视力改善率高于无光感患者^[20-21,24,25,28-33,36,38,41,42,50,52,54]。然而,Ma等^[52]发现,残余视力与视力改善程度无相关性,术前视力较好的患者有时比术前视力较差的患者视力改善程度低。此外,对于无光感TON患者,视神经萎缩也是视觉预后的重要预测指标。Yu等^[49]报道ETOND治疗无光感TON,非萎缩患者有效率(51.3%)显著高于萎缩患者(25.0%)。因此,无光感患者在完成必要的临床评估后,应进行ETOND手术以挽救视力。

3.3 OCF

OCF对ETOND术后视力恢复的影响存在争议。一些研究认为,OCF与TON术后视力恢复无关^[28,32-33,37]。然而,有文献报道OCF患者在ETOND术后的视力改善率低于非OCF患者^[21,24,38,48,52]。其中Yan等^[48]在1项纳入1 275例患者的多中心研究中发现,OCF患者的初始视力显著低于非OCF患者,且OCF患者(78.4%)的ETOND术后的视力改善率低于无OCF患者(87.6%)。根据OCF的严重程度可以将其分为3种

类型：无移位的OCF、无视神经撞击的移位OCF和撞击视神经的移位OCF。不同类型的OCF患者在ETOND后的视力改善率也有所不同，其中撞击视神经的移位OCF改善率最低^[48]。此外，OCF的部位也会影响ETOND术后视力的恢复效果。研究发现，视神经管内外侧壁同时骨折手术效果最佳(55.6%，10/18眼)，其次为内侧壁骨折(45.7%，21/46眼)，最差为没有骨折(20%，4/20眼)和单纯外侧壁骨折患者^[54]。因此，应综合考虑OCF的类型和位置，以优化手术方案，提高TON患者的视力预后。高分辨率CT是评估TON患者是否存在OCF的常用手段，但仍有约20%的漏检率^[48]。因此，在评估头部外伤后突发视力丧失的患者时，需注意诊断OCF的影像学证据的可靠性。术前决策时不应将影像学检查的OCF结果作为判断预后的唯一指标，而应结合其他临床指标和诊断手段，以提高治疗决策的准确性。

3.4 视神经鞘切开

目前普遍认为视神经减压应遵循3个原则：(1)开放眶尖至视神经管颅内口全程；(2)去除视神经管壁周径的1/2；(3)切开总腱环及视神经鞘膜^[57]。但随着对疾病认识及解剖学理解的深入，关于术中是否切开视神经鞘膜目前国内外尚有争议^[28,58]。视神经鞘是颅中窝硬脑膜向前方的延续，包裹着视神经(从视神经管至眼球后极)，其前端增厚形成环状致密结缔组织，称为Zinn环或总腱环。支持视神经鞘切开减压者认为，仅靠骨减压可能无法完全缓解创伤后筋膜室综合征，最好的缓解方法是释放包围视神经的收缩鞘^[59]。且有研究报道，术前有残余视力的患者骨减压联合视神经鞘切开比单独行骨减压的患者视力改善率更高(分别为46%和33%)，这种差异在没有OCF的患者中尤为明显^[60]。但也有研究表明，视神经鞘切开与视力结局没有显著关联^[28,36,50-51]。此外，切开视神经鞘的风险不容忽视，如损伤视神经、眼动脉、脑脊液漏等^[4]。由此，有学者主张切开视神经鞘膜时，采用间断、点状切开的方法，即在视神经鞘上做5~6个约1 mm的点状切口，达到减压目的同时降低了并发症风险，能较好地保持二者之间的平衡^[61]。

3.5 筛窦和(或)蝶窦内出血

大多数研究认为，筛窦和(或)蝶窦内出血是影响ETOND术后视力恢复的危险因素，并且建议在术中清除积血，但其影响最终视力结局的确切机

制仍不清楚^[24-25,31,40-41]。据推测，筛窦和(或)蝶窦内出血可能与颅面部受到的能量冲击密切相关^[40]，导致局部创伤的严重程度增加；并且可能诱发加重视神经损伤的有毒物质^[62]，从而削弱ETOND的疗效。

4 技术创新

尽管ETOND相对于经颅入路可以更好地暴露眶尖和视神经管，但术中脑脊液漏、颈内动脉破裂和硬脑膜暴露等关键并发症不可忽视^[63]。此外，蝶窦结构变异对术中视神经管的准确定位造成一定程度干扰。近年来，导航系统的发展使外科医师能够在显示患者三维CT数据的显示器上实时可视化手术器械的实际位置，帮助外科医师在面对创伤或肿瘤病变引起的解剖变形时精确定位目标区域^[64]。Song等^[31]将导航系统与ETOND结合，实现了精确定位、完全减压和低并发症发生率(均未发生颈动脉破裂)。儿童的鼻窦、颅底、眼眶和视神经管尚未完全发育，故儿童的ETOND相比成人困难得多。Yu等^[24]对蝶窦发育不完全的儿童TON患者，使用导航系统定位视神经管，也提高了ETOND的有效性和安全性。因此，导航辅助ETOND是一种可行、安全、实用且微创的方法。

此外，有学者对手术减压范围的扩大进行了探索。视柱是连接蝶骨体和蝶骨小翼的小骨柱，故也是蝶骨的后根，位于视神经管和眶上裂之间^[65]。视神经仅在视柱段完全被骨性结构包绕形成视环，此处为视神经管最狭窄的部位，且视神经承受的骨性压力有2/3来源于视柱^[27]。王洪财等^[27]认为在视柱磨除、视环充分开放后，视神经方能获得足够的骨性减压，ETOND联合视柱磨除较常规减压有效率更高。但在视柱磨除视神经管扩大减压术中，磨除或分离视柱时海绵窦出血延长手术时间，同时视柱下后方的颈内动脉损伤风险不容忽视。

5 未来展望

TON的治疗仍存在诸多争议，尤其在术式选择、干预时机与疗效评估等方面，尚缺乏统一标准。目前，ETOND已成为治疗TON的重要手段。然而，其临床效果受到多种因素的影响，包括手术时机、初始视力丧失的严重程度、OCF的存在与类型及视神经鞘切开等。尽管ETOND在治疗TON方面有诸多优势，但仍存在一定风险。由于

手术区域解剖结构复杂且操作空间狭小,若患者存在严重的颅底骨折,导致解剖标志不清,则显著增加手术操作难度。由于颈内动脉和筛板毗邻视神经管,在减压过程中易被手术器械或骨碎片误伤,因此需要术者具备丰富的经验,以确保手术的安全性和有效性。此外,患者存在颈内动脉破裂风险、颈内动脉假性动脉瘤、手术入路或视神经邻近结构严重感染,或因严重全身疾病、凝血功能障碍等原因无法耐受全麻,均视为该术式禁忌证^[66]。

结合本文的文献分析以及本中心的临床实践,我们认为:(1)ETOND不应仅作为激素无效后的补救选择。对于存在残余视力、视神经影像受压明确的患者,ETOND作为早期干预手段具有一定的疗效。我们更倾向于将其联合激素作为早期治疗方案,而非在激素失败后才予以考虑。(2)手术时间窗不必拘泥于早期3~7d的传统认识。虽然文献中普遍支持3~7d手术,但依据本中心的临床经验,即便在延迟至2~3周后行减压,部分患者仍可获得有意义的视觉改善。这提示延迟手术的选择应更多基于“是否仍有可逆性神经功能障碍”而非机械的时间限制。(3)对于是否行视神经鞘切开,目前无统一共识。我们认为对于影像学提示视神经鞘张力显著增高的患者,点状鞘切开可能带来额外获益,但不建议常规执行,尤其是在无OCF、鞘膜水肿或鞘膜下积血时应慎行。此外,尽管TON是一种重度致盲性疾病,其治疗策略却长期缺乏高质量的循证支撑。截至目前,尚无规模足够、设计完善的多中心随机对照试验明确支持激素或视神经减压手术的疗效优势。一方面,TON患者病情急、异质性强,难以标准化分组,且部分患者具有自限性恢复倾向,导致疗效判断困难;另一方面,伦理问题也是TON研究无法进行大样本随机分组的重要瓶颈,早期经典研究(如国际视神经创伤研究IONTS)因伦理及招募问题被迫中止,暴露出RCT设计在TON研究中存在诸多现实困境。因此我们认为,在当前条件下,与其强行追求传统RCT,不如推动建立多中心真实世界注册研究平台,结合影像学数据、视力视野记录、视觉电生理指标,形成更具现实价值的大样本、长期随访证据。同时,基于机器学习的分层建模与风险预测的工具,或许能为未来的“个体化决策”提供可行替代路径。

作者贡献 王哲: 论文撰写; 李昉晔: 审读和修订, 监督指导。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突。

参考文献

- 1 Chalela JA. Traumatic optic neuropathy: the forgotten concussion [J]. *Mil Med*, 2023, 188 (1/2): 398-400.
- 2 Alnahdi A, Alqazlan Z, Alqahtani A, et al. Direct vs. indirect etiology of traumatic optic neuropathy [J]. *J Healthc Sci*, 2023, 3 (9): 346-352.
- 3 Muthukumar R, Kumari RM, Shenbagavalli S, et al. Surgical outcome in patients with traumatic and atraumatic optic neuropathy following endoscopic optic nerve decompression [J]. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg*, 2024, 76 (2): 1569-1574.
- 4 Lin JQ, Hu WL, Wu Q, et al. An evolving perspective of endoscopic transnasal optic canal decompression for traumatic optic neuropathy in clinic [J]. *Neurosurg Rev*, 2021, 44 (1): 19-27.
- 5 Hosseini Siyanaki MR, Azab MA, Lucke-Wold B. Traumatic optic neuropathy: update on management [J]. *Encyclopedia*, 2023, 3 (1): 88-101.
- 6 Miller NR. Traumatic optic neuropathy [J]. *J Neurol Surg B Skull Base*, 2021, 82 (1): 107-115.
- 7 Koh Y, Gandhi RA, Rousselot A, et al. Traumatic Optic Neuropathy: A Review and Update on Investigations and Management by Asia Pacific Ophthalmic Trauma Society [J]. *J Trauma Treat*, 2022, 11 (8): 523.
- 8 Wladis EJ, Aakalu VK, Sobel RK, et al. Interventions for indirect traumatic optic neuropathy: a report by the American academy of ophthalmology [J]. *Ophthalmology*, 2021, 128 (6): 928-937.
- 9 Levin LA, Beck RW, Joseph MP, et al. The treatment of traumatic optic neuropathy: the International Optic Nerve Trauma Study [J]. *Ophthalmology*, 1999, 106 (7): 1268-1277.
- 10 Lambrechts MJ, Issa TZ, Hilibrand AS. Updates in the early management of acute spinal cord injury [J]. *J Am Acad Orthop Surg*, 2023, 31 (17): e619-e632.
- 11 Carta A, Ferrigno L, Leaci R, et al. Long-term outcome after conservative treatment of indirect traumatic optic neuropathy [J]. *Eur J Ophthalmol*, 2006, 16 (6): 847-850.
- 12 Lai IL, Liao HT, Chen CT. Risk factors analysis for the outcome of indirect traumatic optic neuropathy with steroid pulse therapy [J]. *Ann Plast Surg*, 2016, 76 (Suppl 1): S60-S67.
- 13 Entezari M, Rajavi Z, Sedighi N, et al. High-dose intravenous methylprednisolone in recent traumatic optic neuropathy; a randomized double-masked placebo-controlled clinical trial [J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2007, 245 (9): 1267-1271.
- 14 Hsieh CH, Kuo YR, Hung HC, et al. Indirect traumatic optic neuropathy complicated with periorbital facial bone fracture [J]. *J Trauma*, 2004, 56 (4): 795-801.
- 15 Lee KF, Muhd Nor NI, Yaakub A, et al. Traumatic optic neuropathy: a review of 24 patients [J]. *Int J Ophthalmol*, 2010, 3 (2): 175-178.
- 16 Blanch RJ, Joseph IJ, Cockerham K. Traumatic optic neuropathy management: a systematic review [J]. *Eye (Lond)*, 2024, 38 (12): 2312-2318.
- 17 Chen B, Zhang HS, Zhai Q, et al. Traumatic optic neuropathy: a review of current studies [J]. *Neurosurg Rev*, 2022, 45 (3): 1895-1913.

- 18 Sefi-Yurdakul N, Koç F. Risk factors affecting the visual outcome in patients with indirect traumatic optic neuropathy [J]. *Int Ophthalmol*, 2018, 38 (4): 1647-1652.
- 19 代从新, 孙博文, 康军. 外伤性视神经病变治疗的研究进展 [J]. *中华医学杂志*, 2022, 102 (29): 2303-2306.
- 20 Gao Y, Li JM, Ma H, et al. Endoscopic trans-ethmoidal optic canal decompression is an optimal choice to save vision for indirect traumatic optic neuropathy [J]. *Acta Ophthalmol*, 2022, 100 (2): e491-e501.
- 21 李永, 孙博文, 孙思, 等. 经鼻内镜视神经管减压对儿童外伤性视神经病变的疗效及其影响因素 [J]. *中华医学杂志*, 2022, 102 (47): 3769-3773.
- 22 Chen M, Jiang Y, Zhang JS, et al. Clinical treatment of traumatic optic neuropathy in children: Summary of 29 cases [J]. *Exp Ther Med*, 2018, 16 (4): 3562-3566.
- 23 Peng AQ, Li YZ, Hu P, et al. Endoscopic optic nerve decompression for traumatic optic neuropathy in children [J]. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 2011, 75 (8): 992-998.
- 24 Yu B, Chen YB, Ma YJ, et al. Outcome of endoscopic trans-ethmoidal optic canal decompression for indirect traumatic optic neuropathy in children [J]. *BMC Ophthalmol*, 2018, 18 (1): 152.
- 25 石东风, 陈明清, 朱向红. 鼻内镜视神经减压术对外伤性视神经病变的疗效及预后的影响因素 [J]. *中国实用神经疾病杂志*, 2017, 20 (11): 119-121.
- 26 李启利, 张学兴, 孙淑君. 鼻内镜下经蝶筛窦径路行视神经减压术治疗外伤性视神经损伤的疗效 [J]. *安徽医学*, 2018, 39 (8): 998-1000.
- 27 王洪财, 谢作润, 童贻蕾, 等. 神经内镜经鼻蝶窦入路视神经管减压术治疗外伤性视神经病变的临床疗效 [J]. *中华神经外科杂志*, 2023, 39 (11): 1103-1109.
- 28 Zhao X, Jin M, Xie XY, et al. Vision improvement in indirect traumatic optic neuropathy treated by endoscopic transnasal optic canal decompression [J]. *Am J Otolaryngol*, 2022, 43 (3): 103453.
- 29 郭海星, 陈奎, 梁文佳, 等. 外伤性视神经病变经视神经管减压术后临床疗效分析 [J]. *中华眼外伤职业眼病杂志*, 2022, 44 (8): 611-616.
- 30 Yan W, Lin JQ, Hu WL, et al. Combination analysis on the impact of the initial vision and surgical time for the prognosis of indirect traumatic optic neuropathy after endoscopic transnasal optic canal decompression [J]. *Neurosurg Rev*, 2021, 44 (2): 945-952.
- 31 Song XF, Wang YF, Li LH, et al. Predictors for surgeries with the endoscope-navigation system for traumatic optic neuropathy and its clinical assessment [J]. *J Craniofac Surg*, 2021, 32 (7): 2479-2483.
- 32 李勇刚, 马峻, 雪亮, 等. 经蝶筛视神经管减压术治疗外伤性视神经病变的疗效及影响因素分析 [J]. *中华神经创伤外科电子杂志*, 2021, 7 (3): 151-155.
- 33 Lin JQ, Hu WL, Wu Q, et al. Analysis of prognostic factors for the indirect traumatic optic neuropathy underwent endoscopic transnasal optic canal decompression [J]. *J Craniofac Surg*, 2020, 31 (5): 1266-1269.
- 34 徐远志, 薛亚军, 汤俊佳, 等. 神经内镜经筛蝶窦入路视神经管减压术治疗创伤性视神经病变的临床疗效 [J]. *中华神经外科杂志*, 2020, 36 (2): 168-172.
- 35 王巧苏, 周明辉, 路剑英. 外伤性视神经病变鼻内镜下视神经减压术的效果 [J]. *中华眼外伤职业眼病杂志*, 2018, 40 (3): 195-198.
- 36 苏小妹, 邱前辉, 詹建东, 等. 鼻内镜下视神经减压术治疗外伤性视神经损伤临床观察 [J]. *中国耳鼻咽喉颅底外科杂志*, 2017, 23 (4): 323-327.
- 37 江良锋, 曾毅, 倪丽艳, 等. 鼻内镜下视神经减压术对外伤性视神经病变疗效评价及预后因素分析 [J]. *中国内镜杂志*, 2017, 23 (1): 29-32.
- 38 陈敏, 姜彦, 庞文会, 等. 鼻内镜下视神经减压术治疗外伤性视神经病 212 例报告 [J]. *临床耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2017, 31 (18): 1411-1414.
- 39 刘卫平, 高大宽, 伊西才, 等. 经鼻内窥镜视神经管减压手术探讨 [J]. *中华神经外科疾病研究杂志*, 2015, 14 (6): 539-542.
- 40 Song YX, Li HQ, Ma YH, et al. Analysis of prognostic factors of endoscopic optic nerve decompression in traumatic blindness [J]. *Acta Otolaryngol*, 2013, 133 (11): 1196-1200.
- 41 Yang QT, Zhang GH, Liu X, et al. The therapeutic efficacy of endoscopic optic nerve decompression and its effects on the prognoses of 96 cases of traumatic optic neuropathy [J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2012, 72 (5): 1350-1355.
- 42 Zhao SF, Yong L, Zhang JL, et al. Role of delayed wider endoscopic optic decompression for traumatic optic neuropathy: a single-center surgical experience [J]. *Ann Transl Med*, 2021, 9 (2): 136.
- 43 Sun JW, Cai XJ, Zou WT, et al. Outcome of endoscopic optic nerve decompression for traumatic optic neuropathy [J]. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 2021, 130 (1): 56-59.
- 44 Li J, Ran QS, Hao B, et al. Transsphenoidal Optic Canal Decompression for Traumatic Optic Neuropathy Assisted by a Computed Tomography Image Postprocessing Technique [J/OL]. <https://doi.org/10.1155/2020/1870745>.
- 45 杨常华, 程鹏. 鼻内镜经蝶窦视神经减压术治疗视神经损伤临床分析 [J]. *医药论坛杂志*, 2020, 41 (7): 134-136.
- 46 Gupta D, Gadodia M. Transnasal endoscopic optic nerve decompression in post traumatic optic neuropathy [J]. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg*, 2018, 70 (1): 49-52.
- 47 周立萍, 李佳, 郝冰, 等. 鼻内镜经蝶窦视神经减压术治疗视神经损伤临床分析 [J]. *创伤外科杂志*, 2018, 20 (6): 422-426.
- 48 Yan WT, Chen YB, Qian ZB, et al. Incidence of optic canal fracture in the traumatic optic neuropathy and its effect on the visual outcome [J]. *Br J Ophthalmol*, 2017, 101 (3): 261-267.
- 49 Yu B, Ma Y, Tu Y, et al. The Outcome of Endoscopic Transethmoidal Optic Canal Decompression for Indirect Traumatic Optic Neuropathy with No-Light-Perception [J/OL]. <https://doi.org/10.1155/2016/6492858>.
- 50 张庆翔, 刘宏刚, 李光飞, 等. 经鼻视神经减压治疗外伤性视神经病的远期疗效随访 [J]. *临床耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2015, 29 (12): 1082-1085.
- 51 Xu R, Chen FH, Zuo KJ, et al. Endoscopic optic nerve decompression for patients with traumatic optic neuropathy: is nerve sheath incision necessary? [J]. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec*, 2014, 76 (1): 44-49.
- 52 Ma YJ, Yu B, Tu YH, et al. Prognostic factors of trans-ethmoidal optic canal decompression for indirect traumatic optic neuropathy [J]. *Int J Ophthalmol*, 2018, 11 (7): 1222-1226.
- 53 Emanuelli E, Bignami M, Digilio E, et al. Post-traumatic optic neuropathy: our surgical and medical protocol [J]. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2015, 272 (11): 3301-3309.