

• 综 述 • DOI:10.3969/j.issn.1672-9455.2026.02.022

超声测量视神经鞘直径评估颅内压的研究进展^{*}

张 静¹, 孙 建¹综述, 刘晓琴^{2△}审校

1. 青海大学临床医学院, 青海西宁 810000; 2. 青海省人民医院重症医学科, 青海西宁 810000

摘 要: 颅内压(ICP)升高往往提示预后不良甚至导致死亡。超声测量视神经鞘直径(ONSD)作为一种无创评估 ICP 的方法, 具有价格低廉、安全可靠、操作简单等优点, 在临床上具有广泛的应用潜力。该文从超声测量 ONSD 评估 ICP 升高的机制、操作方法、临床应用及进展等角度出发, 探讨了其在不同地区(如高海拔地区)及不同民族中的应用情况, 表明 ONSD 与 ICP 升高存在显著线性相关性, 且具有较高的灵敏度和特异度, 但在高海拔地区, ONSD 受低氧等因素影响, 其正常值范围可能高于海平面地区, 且存在民族差异, 需综合考虑多种因素以提高诊断准确度。目前, 超声测量 ONSD 在评估 ICP 升高方面虽有诸多优点, 但仍存在一些不足, 如在特殊环境下的正常值范围界定不够精准等。未来需进一步探索超声测量 ONSD 与其他检测手段的联合应用, 以提高诊断准确度和可靠性, 推动其在临床中的广泛应用。

关键词: 颅内压; 超声; 视神经鞘直径; 眼球横径; 高海拔地区; 预后

中图法分类号: R445.1; R741.04

文献标志码: A

文章编号: 1672-9455(2026)02-0283-06

Research progress on the assessment of intracranial pressure using ultrasound measurement of optic nerve sheath diameter^{*}

ZHANG Jing¹, SUN Jian¹, LIU Xiaoqin^{2△}

1. Qinghai University School of Clinical Medicine, Xining, Qinghai 810000, China;

2. Department of Critical Care Medicine, Qinghai Provincial People's
Hospital, Xining, Qinghai 810000, China

Abstract: Elevated intracranial pressure (ICP) often indicates a poor prognosis and may even lead to death. Ultrasound measurement of optic nerve sheath diameter (ONSD) is a non-invasive method for assessing ICP, its advantages of low cost, safety and reliability and ease of operation make it highly promising for clinical application. This article explores the mechanisms, operational methods, clinical applications and advancements of ultrasound measurement of ONSD for assessing elevated ICP, as well as its application in different regions (such as high-altitude areas) and among different ethnic groups. The summary found that ONSD is significantly linearly correlated with increased ICP, with high sensitivity and specificity. However, in high-altitude regions, ONSD is influenced by factors such as hypoxia, resulting in a higher normal range compared to sea-level regions, and there are ethnic differences, necessitating consideration of multiple factors to improve diagnostic accuracy. Currently, while ultrasound measurement of ONSD has numerous advantages in assessing increased intracranial pressure, it still has some limitations, such as insufficient precision in defining normal value ranges under special environmental conditions. Future efforts should focus on further optimizing measurement techniques, expanding sample sizes to more precisely determine normal value ranges for different populations, and exploring combined applications with other diagnostic methods to enhance diagnostic accuracy and reliability, thereby promoting its broader clinical application.

Key words: intracranial pressure; ultrasound; optic nerve sheath diameter; eyeball transverse diameter; high-altitude areas; prognosis

颅内压(ICP)是指颅腔内容物对颅腔壁上所产生的压力, 也称为脑压。对于维持正常脑功能和脑血循环具有重要意义^[1]。在颅脑损伤、颅内感染等颅内疾

病发生后, ICP 常升高, 过高的 ICP 会导致脑疝, 且治疗效果不佳, 具有极高的致残率、致死率, 影响患者预后^[2-3]。及时准确地评估 ICP 对于指导治疗、改善预

^{*} 基金项目: 青海省卫生健康委员会课题项目(2022-wjzdx-09)。

[△] 通信作者, E-mail: lxq-0314@163.com。

引用格式: 张静, 孙建, 刘晓琴. 超声测量视神经鞘直径评估颅内压的研究进展[J]. 检验医学与临床, 2026, 23(2): 283-288.

后至至关重要^[4]。脑室内压监测被认为是 ICP 监测的“金标准”，因其技术难度高，存在出血、感染及创伤等风险^[5]无法在临床常规开展。CT 和 MRI 检查也可用于评估 ICP^[6-7]，但由于神经重症患者病情危重、变化迅速，完成 CT、MRI 检查具有一定风险，因此，寻找更安全、有效的 ICP 评估方法对于提高患者的生存质量和降低病死率具有重要意义。基于视神经鞘的特殊解剖结构，当 ICP 升高时，脑脊液会积聚在视神经鞘间隙，导致视神经鞘直径(ONSD)增宽。超声检查可以捕捉到这种变化，从而间接评估 ICP。超声测量 ONSD 对估计 ICP 升高表现出较高的准确度，并且与侵入性检测方法具有很强的相关性^[8]。因此，超声测量 ONSD 被认为是评估 ICP 最有效的无创技术之一^[9]。便携式超声设备的发展使得在包括高海拔地区在内的远程或特殊环境中超声测量 ONSD 成为可能。研究发现，随着海拔逐渐升高，ONSD 也迅速增加^[10-12]。本文就超声测量 ONSD 评估 ICP 升高的机制、超声测量 ONSD 的技术发展及测量新方法进行综述。

1 超声测量 ONSD 评估 ICP 升高的机制

视神经鞘是由脑膜延伸形成的被膜，包裹着视神经。脑膜从内到外依次为软脑膜、蛛网膜和硬脑膜，它们与蛛网膜下腔中的少量脑脊液相接。由于视神经鞘具有特殊弹性的微小梁网结构，它能够对 ICP 的变化作出迅速反应。ICP 升高时，脑脊液会通过蛛网膜下腔流向视神经周围，导致视神经鞘扩张。WANG 等^[13]研究发现，ICP 升高会导致压力通过这些空间传递，从而导致 ONSD 膨胀。有研究进一步表明，在 ICP 降低的情况下，ONSD 出现减小的现象^[14-15]。这种压力依赖的行为可能是由于视神经鞘特有的弹性特征所致^[16]。KILLER 等^[17]研究发现，人类视神经周围的蛛网膜下腔包含多种小梁、间隔和粗柱，随着 ICP 的增加，这些小梁会伸展，进而导致视神经鞘的扩张。HANSEN 等^[18]研究发现，视神经鞘的扩张通常在眼球后方的前段较为显著，特别是在眼球后 3 mm 位置，扩张程度的不同可能部分归因于神经和鞘之间蛛网膜下腔小梁纤维分布的不均匀。在进行超声测量 ONSD 时，通常以视乳头中点为起点作垂线，在垂线 3 mm 处作视神经长轴的垂直线，垂直线与视神经鞘外侧壁交点间的距离即为 ONSD。

2 超声测量 ONSD 技术的发展

早在 1996 年，HANSEN 等^[18]研究发现，ONSD 最宽的区域位于眼球后 3 mm 处，范围在 2.1~4.8 mm，当向蛛网膜下腔注入液体时，ONSD 的最大值为 6.5 mm，利用频率 4~12 MHz 的线阵探头进行超声检查时，ONSD 呈现为一种线性的、边界清晰的低回声结构。一项关于 ONSD 测量预测成人重型颅脑损伤患者 ICP 升高的 Meta 分析显示，所有纳入的研究均选择在视网膜后 3 mm 位置测定 ONSD^[19]。2003

年，BLAIVAS 等^[20]的研究虽然存在样本量较小的问题($n=35$)，但该研究仍被视为临床应用中的早期步骤之一，该研究中最重要发现是，与 CT 检查结果相比，ONSD 的灵敏度和特异度分别为 100% 和 95%^[20]。此外，CARDIM 等^[21]研究表明，在评估脑外伤患者的 ICP 升高时，不同 ONSD 临界值无须根据年龄或性别进行调整，在脑外伤患者中，性别和年龄对 ONSD 无显著影响。

超声测量 ONSD 与 ICP 升高之间存在显著的线性相关关系^[22]。有研究表明，ICP 升高会导致 ONSD 扩张，且这种变化可以进行实时监测^[23-24]，表明 ONSD 可作为评估 ICP 变化的敏感指标^[25]。此外，通过对比 ICP 升高患者腰椎穿刺前后 ONSD 的变化，进一步证实了 ONSD 与 ICP 之间的密切关系^[26-27]。另有研究表明， $\text{ONSD} > 5.85 \text{ mm}$ 预测脑脊液压力 $> 20 \text{ mmHg}$ 时，其灵敏度为 92.3%，特异度为 85.7%^[15]。尽管 ONSD 对评估 ICP 升高具有较高的灵敏度和特异度，但用于预测 $\text{ICP} > 20 \text{ mmHg}$ 的 ONSD 临界值一直难以确定，但 MILLER 等^[25]研究提出 4.1~7.2 mm 为预测 $\text{ICP} > 20 \text{ mmHg}$ 的 ONSD 临界值。超声技术具有便捷、无创的特点，但其测量精确性和稳定性不足。因此，为了提高测量的准确性和可靠性，超声测量眼球横径(ETD)及 ONSD/ETD 比值被引入使用^[28-29]。

3 视神经鞘超声检查评估 ICP 升高的新方法

3.1 ONSD 与 ETD 比值

已有研究证实，ONSD 可用于预测颅内高压^[25,30]，该指标的应用存在局限性^[9,31]。第一，影响 ONSD 的因素尚未完全明确；第二，用于诊断颅内高压的 ONSD 正常范围或阈值尚不明确，且可能存在重叠；第三，ONSD 的可靠性需要进一步提高。因此，目前有研究采用 CT 检查测量 ONSD/ETD 比值来评估 ICP。VAIMAN 等^[32]对 312 例成年患者的 CT 数据进行了回顾性分析，测量了距眼球 3 mm 和 8~10 mm 处的 ONSD 及 ETD，并计算了 ONSD/ETD 比值，结果显示，CT 检查结果显示血肿患者的 ONSD 均升高，且在 8~10 mm 处测量的 ONSD 和计算的 ONSD/ETD 比值(0.29 ± 0.05)明显高于健康人(0.19 ± 0.02)，提示在创伤性脑损伤伴出血患者中，超声测量距眼球 8~10 mm 处的 ONSD 并计算 ONSD/ETD 比值能够更准确地评估 ICP 升高。

郑茜等^[33]研究表明，超声测量的 ONSD/ETD 比值在诊断 ICP 升高方面具有较高的准确度，最佳截断值为 0.248，优于 CT 测量。尽管研究结果受到文献数量和患者病因差异的影响，但超声测量因其安全性和便利性，在诊断 ICP 升高方面显示出潜在优势。孙亮亮等^[34]通过对 54 例颅脑损伤患者数据的回顾性分析发现，ICP 升高组患者的 ONSD 和 ONSD/ETD 比值显著高于正常组，且与 ICP 呈正相关。受试者工作

特征(ROC)曲线分析结果显示,ONSD/ETD 比值预测 ICP 升高的准确度较高,其灵敏度为 90.0%,特异度为 82.7%,最佳截断值为 0.25^[34]。以上研究表明,超声测量 ONSD 与 ETD 比值是评估创伤性脑损伤患者 ICP 的有效手段,能够准确预测 ICP 升高。另有研究表明,超声 ONSD/ETD 比值可能是预测 TBI 患者颅内高压的可靠指标^[35]。陈志鹏等^[36]通过对 50 例脑水肿患者的临床资料进行回顾性分析,使用超声测定 ONSD 和 ETD,并根据 ICP 监测值将患者分组,结果发现,ONSD 和 ONSD/ETD 比值是 ICP 升高的独立危险因素,其中 ONSD/ETD 比值在预测 ICP 升高方面表现出较高的曲线下面积(0.952)、特异度(96.80%)和灵敏度(78.90%),且与 ICP 呈正相关。因此,ONSD/ETD 比值被认为是评估脑水肿患者 ICP 升高的有效预测指标。与单独使用 ONSD 相比,ONSD/ETD 比值的联合评估可能更为准确^[37-38],因为它减少了个体差异的影响,并提供了更客观的 ICP 评估指标。

3.2 视神经蛛网膜下腔(ONSAS) CHEN 等^[39]通过高分辨率超声测量 ONSAS 和 ONSD 评估视盘水肿是否由 ICP 升高引起,结果显示,ICP 升高患者的蛛网膜下腔和 ONSD 显著大于其他组,并在诊断 ICP 升高时表现出极高的灵敏度,提示超声测量蛛网膜下腔和 ONSD 是预测 ICP 增高的敏感参数。STEINBORN 等^[40]研究验证了高分辨率经眶超声在儿童中评估 ICP 的准确性,通过对 81 例有急性神经系统症状患儿进行超声检查,测量了 ONSD 并观察了 ONSAS 的超微结构,结果显示,ICP 升高患儿的平均 ONSD 为 6.85 mm,其中 80% 的患儿 ONSAS 呈现微囊性外观,而无 ICP 升高患儿的平均 ONSD 为 5.77 mm,87.5% 的患儿 ONSAS 呈现正常均匀外观,提示经眶超声是一种快速无创的 ICP 评估方法,不仅测量 ONSD,评估 ONSAS 的超微结构也是一个有益的参数。

以上研究均证明,ONSAS 的超声检查是评估儿童颅内高压的一种有效、无创方法。STEINBORN 等^[40]发现,高分辨率经眶超声不仅能测量 ONSD,还能评估蛛网膜下腔的超微结构,为 ICP 的快速评估提供帮助。CHEN 等^[39]研究进一步证实,扩大的蛛网膜下腔和 ONSD 是预测 ICP 升高的灵敏指标。这些研究共同证实了 ONSD 和 ONSAS 超微结构在无创评估 ICP 中的重要性,为临床提供了一种灵敏且实用的工具,有助于及时做出治疗决策。

3.3 视神经鞘变形指数(DI) 有研究表明,视神经鞘(ONS)的变形能力可以作为评估颅内高压的一个新指标。PADAYACHY 等^[41]研究认为,ICP 的升高和扩张可能导致神经鞘的硬度增加,他们假设随着 ICP 的升高,视神经鞘变得更硬。通过超声估计视神经鞘两侧的横向运动,并使用傅里叶分析提取与心率

相对应的位移幅度,通过计算视神经鞘每侧位移的归一化绝对差值,得到了一个衡量视神经鞘变形的指标,称为 DI。PADAYACHY 等^[41]研究发现,ICP 较高患者组(ICP $\geq$ 20 mm Hg)的 DI 显著低于 ICP 正常患者组,DI 中位数分别为 0.11 和 0.24($P=0.002$)。这一发现表明,视神经鞘的变形能力可能与 ICP 增高相关,为无创评估 ICP 提供了新的视角。PADAYACHY 等^[42]另一项研究验证了 DI 和 ONSD 联合使用在诊断儿童颅内高压中的准确性,该研究纳入了 28 例研究对象,其中 19 例有高 ICP,结果显示,高 ICP 组的 DI 显著低于正常 ICP 组,且 DI 与 ONSD 联合使用能显著提高诊断的准确度和灵敏度。

综上所述,视神经鞘的变形能力,特别是通过 DI 值的测量,为无创评估颅内高压提供了一个新的维度。DI 与 ONSD 结合使用时,能更准确地诊断颅内高压。

4 高海拔地区 ONSD 变化及对 ICP 的影响

由于高海拔地区的特殊环境,如低氧和气压变化,ICP 的变化可能与平原地区有所不同。一项在哥伦比亚哥(海拔 2 640 m)的研究中,健康成年人的平均 ONSD 为 0.449 cm(右眼)和 0.454 cm(左眼),且约有 10.8% 的健康人群 ONSD $>$ 0.55 cm^[10]。这表明在高原地区,ONSD 的正常值范围可能高于海平面地区。此外,该研究表明,海拔高度每增加 1 000 m,ONSD 可能增加 0.14 mm。这种变化可能与高原地区脑血管通透性增加有关,而不一定与 ICP 增高直接相关。

吴海涛等^[43]的一项研究发现,在青海省西宁地区藏族成年人的 ONSD 相较于汉族成年人普遍较大,这一差异在不同性别、年龄和体质量指数分组中均得到了体现。这项研究不仅揭示了不同民族间在 ONSD 上的差异,而且对于高海拔地区颅脑损伤患者的研究具有重要的启示。这意味着在实际应用中需要考虑这些因素对结果的影响。因此,在高原环境下,ONSD 测量 ICP 的准确度可能会受到一定影响,需要综合考虑多种因素,如个体的适应情况、测量技术的标准化等,以提高诊断的准确度。这些研究提供了在高海拔地区进行颅脑损伤研究的可行性依据,为后续的研究和临床实践提供了宝贵的数据支持。

5 总结与展望

5.1 超声测量 ONSD:一种无创便携的 ICP 评估工具 超声测量 ONSD 是一种无创、简便且成本低的 ICP 评估工具^[44],具有较高的灵敏度和特异度,能快速反映 ICP 变化,适用于脑外伤、颅内出血等患者的监测^[45],尤其在无法进行有创监测时,如院前急救和重症监护中,具有广阔的应用前景。它通过测量眼球后 3 mm 处的 ONSD 来评估 ICP,与 ICP 升高有显著相关性。

5.2 挑战与争议 (1)测量准确度受限:超声检查的

准确度受操作者经验和设备性能的影响,经验丰富的操作者能更准确地识别和进行测量,而不同设备的性能差异也会显著影响结果。(2)多种因素干扰测量结果:在评估视神经鞘变化时,需要考虑多种生理和病理因素。ONSD 的测量结果也受多种因素影响,包括脑脊液压力的变化、ICP 升高导致的视神经鞘扩张,以及个体生理特征(如性别、身高)等。在病理方面,可能由于视神经本身的炎性病变而发生改变,当发生急性视神经炎时,病灶周围可能会水肿,ONSD 也会随之发生变化^[46]。腰椎穿刺等侵入性操作、手术及青光眼等也可能干扰 ICP 的评估。因此,在评估时需要综合考虑这些因素,以实现更准确的诊断和治疗。(3)缺乏统一的诊断标准:ONSD 的临界值和正常值在不同研究中存在差异,不同年龄和种族之间也存在变异,目前尚缺乏统一的诊断标准。

5.3 对未来发展趋势的展望 未来需要更多研究来确定最佳的临界值和操作流程,在不同疾病和不同人群中建立更为精确的 ONSD 测量标准,以提高非侵入性 ICP 监测的准确度和适用性,使其成为评估 ICP 更可靠的工具,进一步拓展其在临床中的应用范围。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突。
作者贡献 张静:撰写论文;孙建:文献查阅;刘晓琴:审校及论文修改。

参考文献

[1] CANAC N, JALALEDDINI K, THORPE S G, et al. Review: pathophysiology of intracranial hypertension and noninvasive intracranial pressure monitoring[J]. *Fluids Barriers CNS*, 2020, 17(1):40.

[2] 朴莲花, 冉红伟, 申平花, 等. 超声多模式评估脑出血患者颅内压增高的临床价值[J]. *中风与神经疾病杂志*, 2022, 39(1):22-24.

[3] GEDENO K, NEME D, JEMAL B, et al. Evidence-based management of adult traumatic brain injury with raised intracranial pressure in intensive critical care unit at resource-limited settings: a literature review[J]. *Ann Med Surg (Lond)*, 2023, 85(12):5983-6000.

[4] JIANG J K, XIE X J. Ultrasound measurement of optic nerve sheath diameter for intracranial pressure monitoring [J]. *Interdisciplin Neurosurg*, 2025, 41:102091.

[5] CHEN F, ZHANG S K, LI B Z, et al. A review of invasive intracranial pressure monitoring following surgery for hypertensive cerebral hemorrhage[J]. *Front Neurol*, 2023, 14:1108722.

[6] PANDIT A S, CHINA M, JAIN R, et al. The utility of MRI radiological biomarkers in determining intracranial pressure[J]. *Sci Rep*, 2024,

14(1):23238.

[7] KASINATHAN S, DURAISAMY S, VERMA R N. Diagnostic evaluation of optic nerve sheath diameter in predicting elevated intracranial pressure among neurocritically ill patients: a prospective observational study[J]. *Int J Crit Illn Inj Sci*, 2024, 14(3):120-128.

[8] CHEN W T, ZHANG X, YE X X, et al. Diagnostic accuracy of optic nerve sheath diameter on ultrasound for the detection of increased intracranial pressure in patients with traumatic brain injury: a systematic review and Meta-analysis[J]. *Biomed Rep*, 2023, 19(6):103.

[9] MARTÍNEZ-PALACIOS K, VÁSQUEZ-GARCÍA S, FARIYIKE O A, et al. Using optic nerve sheath diameter for intracranial pressure (ICP) monitoring in traumatic brain injury: a scoping review [J]. *Neurocrit Care*, 2024, 40(3):1193-1212.

[10] RODRÍGUEZ E E, CARRIZOSA GONZALEZ J A, RODRIGUEZ D R. Optic nerve sheath diameter at high altitude: standardized measures in healthy volunteers[J]. *Ultrasound J*, 2022, 14(1):46.

[11] TSAI T Y, GOZARI G, SU Y C, et al. Optic nerve sheath diameter changes at high altitude and in acute mountain sickness: Meta-regression analyses[J]. *Bri J Ophthalmol*, 2022, 106(5):731-735.

[12] 郭雅, 鲍海华, 陶涛, 等. 急性高原反应所致脑改变的多模态 MRI 研究进展[J]. *磁共振成像*, 2025, 16(7):135-139.

[13] WANG L J, CHEN H X, CHEN Y, et al. Optic nerve sheath diameter ultrasonography for elevated intracranial pressure detection [J]. *Ann Clin Transl Neurol*, 2020, 7(5):865-868.

[14] CHEN L M, WANG L J, HU Y, et al. Ultrasonic measurement of optic nerve sheath diameter: a non-invasive surrogate approach for dynamic, real-time evaluation of intracranial pressure[J]. *Br J Ophthalmol*, 2019, 103(4):437-441.

[15] CHOPRA A, DAS P K, PARASHAR S, et al. Clinical relevance of transorbital ultrasonographic measurement of optic nerve sheath diameter (ONSD) for estimation of intracranial pressure following cerebrospinal fluid diversion surgery[J]. *Cureus*, 2022, 14(5):e25200.

[16] LE A, SHIN A, PARK J, et al. Bilaminar structure of the human optic nerve sheath[J]. *Curr*

- Eye Res, 2020, 45(7): 864-872.
- [17] KILLER H E, LAENG H R, FLAMMER J, et al. Architecture of arachnoid trabeculae, pillars, and septa in the subarachnoid space of the human optic nerve: anatomy and clinical considerations[J]. Br J Ophthalmol, 2003, 87(6): 777-781.
- [18] HANSEN H C, HELMKE K. The subarachnoid space surrounding the optic nerves. An ultrasound study of the optic nerve sheath[J]. Surg Radiol Anat, 1996, 18(4): 323-328.
- [19] LEE S H, KIM H S, YUN S J. Optic nerve sheath diameter measurement for predicting raised intracranial pressure in adult patients with severe traumatic brain injury: a Meta-analysis[J]. J Crit Care, 2020, 56: 182-187.
- [20] BLAIVAS M, THEODORO D, SIERZENSKI P R. Elevated intracranial pressure detected by bedside emergency ultrasonography of the optic nerve sheath[J]. Acad Emerg Med, 2003, 10(4): 376-381.
- [21] CARDIM D, CZOSNYKA M, CHANDRAPATHAM K, et al. Effects of age and sex on optic nerve sheath diameter in healthy volunteers and patients with traumatic brain injury[J]. Front Neurol, 2020, 11: 764.
- [22] CHANG T, YAN X G, ZHAO C, et al. Noninvasive evaluation of intracranial pressure in patients with traumatic brain injury by transcranial Doppler ultrasound[J]. Brain Behav, 2021, 11(12): e2396.
- [23] OKPARA S E, UCHE E O, ILOANUSI N I, et al. Correlation of the transorbital ultrasonographic optic nerve sheath diameter with intracranial pressure measured intraoperatively in infants with hydrocephalus[J]. J Neurosurg Pediatr, 2024, 33(4): 334-342.
- [24] 王彬彬, 岳震. 神经重症患者术后视神经鞘直径与有创颅内压相关性研究[J]. 南京医科大学学报(自然科学版), 2023, 43(12): 1694-1698.
- [25] MILLER A C. What's new in critical illness and injury science? Sonographic assessment of optic nerve sheath diameter as a marker for raised intracranial pressure[J]. Int J Crit Illn Inj Sci, 2024, 14(3): 117-119.
- [26] LOCHNER P, CZOSNYKA M, NALDI A, et al. Optic nerve sheath diameter: present and future perspectives for neurologists and critical care physicians[J]. Neurol Sci, 2019, 40(12): 2447-2457.
- [27] BOZDOĞAN Z, ŞENEL E, ÖZMUK Ö, et al. Comparison of optic nerve sheath diameters measured by optic ultrasonography before and after lumbar puncture in idiopathic intracranial hypertension patients[J]. Noro Psikiyatr Ars, 2023, 60(2): 117-123.
- [28] KIM D H, JUN J S, KIM R. Ultrasonographic measurement of the optic nerve sheath diameter and its association with eyeball transverse diameter in 585 healthy volunteers[J]. Sci Rep, 2017, 7(1): 15906.
- [29] ZHU S, CHENG C, ZHAO D J, et al. The clinical and prognostic values of optic nerve sheath diameter and optic nerve sheath diameter/eyeball transverse diameter ratio in comatose patients with supratentorial lesions [J]. BMC Neurol, 2021, 21(1): 259.
- [30] RAJENDRAN G, MAHALINGAM S, RAMKUMAR A, et al. Diagnostic accuracy of optic nerve sheath diameter using ultrasonography for raised intracranial pressure in pediatric patients: a systematic review and Meta-analysis [J]. World Neurosurg, 2024, 190: e1000-e1017.
- [31] RAJAJEE V, WILLIAMSON C A, FONTANA R J, et al. Noninvasive intracranial pressure assessment in acute liver failure [J]. Neurocrit Care, 2018, 29(2): 280-290.
- [32] VAIMAN M, SIGAL T, KIMIAGAR I, et al. Intracranial pressure assessment in traumatic head injury with hemorrhage via optic nerve sheath diameter [J]. J Neurotrauma, 2016, 33(23): 2147-2153.
- [33] 郑茜, 刘祎晨, 张卓, 等. 超声和 CT 测量视神经鞘直径与眼球横径比值诊断颅内压增高的 Meta 分析[J]. 中国急救医学, 2024, 44(12): 1047-1055.
- [34] 孙亮亮, 李芳琳, 杨娜, 等. 超声测量视神经鞘直径与眼球横径比值在颅脑损伤患者颅内压监测中的应用[C]//中国医师协会神经外科医师分会. 第十八届中国医师协会神经外科医师年会摘要集. 北京: 中国医师协会, 2024: 325-326.
- [35] DU J, DENG Y J, LI H, et al. Ratio of optic nerve sheath diameter to eyeball transverse diameter by ultrasound can predict intracranial hypertension in traumatic brain injury patients: a prospective study[J]. Neurocrit Care, 2020, 32(2): 478-485.
- [36] 陈志鹏, 陈荣城, 林炜宏, 等. 视神经鞘直径与眼球横径比值在脑水肿患者颅内压监测的应用[J]. 中国当代医药, 2024, 31(23): 45-48.

[37] ŞIK N, ULUSOY E, ÇITLENBIK H, et al. The role of sonographic optic nerve sheath diameter measurements in pediatric head trauma[J]. J Ultrasound, 2022, 25(4): 957-963.

[38] MELETH H A, MARAMATTOM B V. Ultrasound-derived optic nerve sheath diameter to eyeball transverse diameter ratio in the diagnosis of acute meningitis in adults[J]. Ann Indian Acad Neurol, 2024, 27(2): 214-217.

[39] CHEN Q, CHEN W M, WANG M, et al. High-resolution transbulbar ultrasonography helping differentiate intracranial hypertension in bilateral optic disc oedema patients[J]. Acta Ophthalmol, 2017, 95(6): e481-e485.

[40] STEINBORN M, FRIEDMANN M, MAKOWSKI C, et al. High resolution transbulbar sonography in children with suspicion of increased intracranial pressure[J]. Childs Nerv Syst, 2016, 32(4): 655-660.

[41] PADAYACHY L, BREKKEN R, FIEGGEN G, et al. Pulsatile dynamics of the optic nerve sheath and intracranial pressure; an exploratory in vivo investigation [J]. Neurosurgery, 2016, 79(1): 100-107.

[42] PADAYACHY L, BREKKEN R, FIEGGEN G, et al. Noninvasive transorbital assessment of the optic nerve sheath in children; relationship between optic nerve sheath diameter, deformability index, and intracranial pressure [J]. Oper Neurosurg, 2019, 16(6): 726-733.

[43] 吴海涛, 侯明, 鲍海咏, 等. 西宁地区不同民族成年人视神经鞘直径比较[J]. 安徽医学, 2021, 42(4): 407-409.

[44] HIRZALLAH M I, LOCHNER P, HAFEEZ M U, et al. Optic nerve sheath diameter point-of-care ultrasonography quality criteria checklist: an international consensus statement on optic nerve sheath diameter imaging and measurement[J]. Crit Care Med, 2024, 52(10): 1543-1556.

[45] LAU T, AHN J S, MANJI R, et al. A narrative review of point of care ultrasound assessment of the optic nerve in emergency medicine[J]. Life, 2023, 13(2): 531.

[46] LOCHNER P, LEONE M A, COPPO L, et al. B-mode transorbital ultrasononography for the diagnosis of acute optic neuritis. A systematic review[J]. Clin Neurophysiol, 2016, 127(1): 803-809.

(收稿日期: 2025-04-25 修回日期: 2025-08-19)

(编辑: 李菲菲 熊欣然)

(上接第 282 页)

[56] TANG Y C, XU X J, GUO S X, et al. An increased abundance of tumor-infiltrating regulatory T cells is correlated with the progression and prognosis of pancreatic ductal adenocarcinoma[J]. PLoS One, 2014, 9(3): e91551.

[57] HU L Y, ZHU M Y, SHEN Y Y, et al. The prognostic value of intratumoral and peritumoral tumor-infiltrating FoxP3⁺ Treg cells in of pancreatic adenocarcinoma: a Meta-analysis [J]. World J Surg Oncol, 2021, 19(1): 300.

[58] WANG X F, WANG L, MO Q J, et al. Changes of Th17/Treg cell and related cytokines in pancreatic cancer patients [J]. Int J Clin Exp Pathol, 2015, 8(5): 5702-5708.

[59] ZHANG Y Q, LAZARUS J, STEELE N G, et al. Regulatory T-cell depletion alters the tumor microenvironment and accelerates pancreatic carcinogenesis[J]. Cancer Discov, 2020, 10(3): 422-439.

[60] ZHANG Y Q, YAN W, MATHEW E, et al. CD4⁺ T lymphocyte ablation prevents pancreatic carcinogenesis in mice[J]. Cancer Immunol Res, 2014, 2(5): 423-435.

[61] XUE M L, ZHU Y W, JIANG Y S, et al. Schwann cells regulate tumor cells and cancer-associated fibroblasts in the pancreatic ductal adenocarcinoma microenvironment[J]. Nat Commun, 2023, 14(1): 4600.

[62] ZHANG B, GUO X F, HUANG L Y, et al. Tumour-associated macrophages and Schwann cells promote perineural invasion via paracrine loop in pancreatic ductal adenocarcinoma[J]. Br J Cancer, 2024, 130(4): 542-554.

[63] SALOMAN J L, SINGHI A D, HARTMAN D J, et al. Systemic depletion of nerve growth factor inhibits disease progression in a genetically engineered model of pancreatic ductal adenocarcinoma[J]. Pancreas, 2018, 47(7): 856-863.

(收稿日期: 2025-02-23 修回日期: 2025-07-31)

(编辑: 李菲菲 王明丰)