

## 超声测量视神经鞘直径预测颅内压变化的 临床研究进展

黄京菊 吕盛秋 陈蒙华

广西医科大学第二附属医院重症医学科, 广西壮族自治区南宁 530000

通信作者: 陈蒙华, Email: cmhnn@sina.com

**【摘要】** 视神经鞘(ONS)是硬脑膜的延续,其内的脑脊液与颅内脑脊液自由相通,压力可以通过脑脊液传递到ONS,视神经鞘直径(ONSD)能随颅内压(ICP)变化而产生相应变化。由于超声测量ONSD相比其他ICP监测手段具有廉价、安全、简单的优点,可在临床上推广使用。本文就传统ICP监测手段的变化、超声监测ONSD变化在评价治疗效果、预测疾病转归及超声监测ICP与有创监测ICP结果的矛盾性等部分国内外相关研究进展进行综述,以期为临床医生推广该技术提供参考。

**【关键词】** 视神经鞘直径; 颅内压监测; 超声

**基金项目:** 广西壮族自治区医药卫生自筹经费科研课题(Z2021533)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2022.06.028

### Clinical progress of ultrasound measurement of optic nerve sheath diameter in predicting intracranial hypertension

Huang Jingju, Lyu Shengqiu, Chen Menghua

Department of Intensive Care Unit, The Second Affiliated Hospital of Guangxi Medical University, Nanning 530000, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China

Corresponding author: Chen Menghua, Email: cmhnn@sina.com

**【Abstract】** The optic nerve sheath (ONS) is the continuation of the intracranial dura mater. The cerebrospinal fluid in it is freely communicated with the intracranial cerebrospinal fluid. The pressure can be transmitted to the optic nerve sheath through the cerebrospinal fluid, so optic nerve sheath diameter (ONSD) can be used to predict intracranial pressure (ICP) changes. Compared with other ICP monitoring methods, the ultrasound measurement of ONSD has the advantages of being cheap, safe, and simple, and can be widely used in the clinic. This article reviews the changes of traditional ICP monitoring methods, the changes of the ONSD monitored by ultrasound in evaluating the treatment effect and predicting the disease prognosis, and the contradiction between the results of ultrasound monitoring ICP and invasive monitoring ICP at home and abroad, to provide a reference for clinicians to promote and apply this technology.

**【Key words】** Optic nerve sheath diameter; Intracranial pressure monitor; Ultrasound

**Fund program:** Self-Funded Scientific Research Project of Guangxi Zhuang Autonomous Region Health Commission (Z2021533)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2022.06.028

颅内压(intracranial pressure, ICP)是指颅腔内容物对颅腔内壁的压力,颅腔内容物则包括脑组织、血液、脑脊液。颅内任一成分发生变化时,ICP也随之发生相应的变化。若ICP持续升高,逐渐接近平均动脉压时,心脏越来越难以将血液泵入颅内空间,导致脑血流和脑灌注普遍减少,最终导致脑缺血和脑梗死,造成继发性脑损伤,严重者会形成脑疝而导致死亡<sup>[1]</sup>。视神经鞘(optic nerve sheath, ONS)是硬脑膜的延续,其内的脑脊液与颅内脑脊液自由相通,当ICP升高时,压力可以通过脑脊液传递到ONS,表现为ONS直径(ONS diameter, ONSD)的增加<sup>[2]</sup>。因此,临床医生可通过超声方法精确测量ONSD的动态变化,从而预测ICP的变化趋势,为指导危重症患者、尤其是昏迷患者的救治提供重要参考。

#### 1 传统ICP监测手段的变化

ICP的变化是神经重症患者病情变化的风向标。ICP

监测是神经重症患者评估的重要组成部分。ICP监测手段很多,传统的有创ICP监测技术被认为是ICP监测的“金标准”,可直接读出患者当时ICP的数值,但其缺点也较为明显,使用有创ICP监测的患者常有出血、感染的风险,而这些风险可能会对危重症患者产生致命的打击<sup>[3]</sup>。于是,无创ICP监测技术越来越受到临床医务工作者的关注。

磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)能从图像上中线的移位、脑沟变窄、脑回肿胀来判断ICP是否增高<sup>[4]</sup>。但MRI需要高昂的费用支出,且外出转运的过程中也会有各种风险。再者, MRI报告结果需要的时间更长,不能及时地给出患者是否存在ICP增高的情况,对患者的诊治可能会造成延误。

电子计算机断层扫描(computerised tomography, CT)也是临床上常用的无创监测ICP的技术,图像出现中线移位超过5 mm和10 mm可判断ICP增高及增高程度<sup>[5]</sup>。且相较

MRI 而言, CT 价格更便宜, 得到结果的速度也更快。但 CT 检查也难以定量判断患者 ICP 增高的数值, 对于细微的中线移位不敏感, 不能察觉轻微的 ICP 变化。患者亦需要有转运条件; 而对于危重症患者常存在生命体征不稳定的情况, 不能离开高级生命支持设备, 患者外出行 CT 检查也有一定风险。

经颅多普勒超声 (transcranial Doppler, TCD) 在监测 ICP 增高方面的价值已得到证实, 可以通过频谱形态和参数来预测 ICP; 而且 TCD 也能在床旁进行, 不受地点及患者状况的限制。但 TCD 的操作难度较高, 对图像和数值的判读均有一定困难, 对操作者的要求也较高。研究表明, 采用 TCD 监测 ICP 的敏感度较超声测量 ONSD 低 [受试者工作特征曲线下面积 (area under receiver operator characteristic curve, AUC) 和 95% 可信区间 (95% confidence interval, 95%CI) 分别为 0.85 (0.78 ~ 0.91 和 0.94 (0.91 ~ 0.96)]<sup>[5]</sup>。

相比而言, 通过超声测量 ONSD 监测 ICP 不失为一种很好的选择。越来越多的临床工作者把超声测量的 ONSD 改变作为 ICP 变化的重要指标<sup>[6]</sup>。该技术是基于以下原理: 视神经是胚胎发生过程中间脑的一种外在形式, 且被 ONS 所包裹。ONS 源自 3 层脑膜并向眼眶突出, 其内的脑脊液与颅内脑脊液自由相通, 脑脊液在颅内蛛网膜下腔和眶内蛛网膜下腔之间自由移动, 二者承受着相同的压力变化, 颅内压力经脑脊液传导至视神经周围并作用于 ONS, 进而导致 ONSD 发生相应变化。一项儿科的研究显示, 采用超声测量 ONSD 能较好地替代 MRI, 避免了转运患者的风险, 也节约了医疗费用<sup>[7]</sup>。还有学者通过测定 130 例神经内科患者的脑脊液压力及其 ONSD, 同时收集患者性别、年龄、身高和体质量指数 (body mass index, BMI), 通过逐步回归法计算出 ICP 与 ONSD 的相关公式:  $ICP = 53.373 \times ONSD \text{ 平均值} + 8.669 \times BMI - 309.183$ <sup>[8]</sup>。表明 ICP 与 ONSD 具有明显相关性。由于 ONSD 的增大对诊断 ICP 增高具有很高的敏感度和特异度, 已广泛用于脑外伤、颅内出血和脑梗死等患者 ICP 的监测, 在不能使用有创 ICP 监测或在放置有创 ICP 监测之前, 采用超声测量 ONSD 能较早地辨别出 ICP 增高的患者, 为早期识别 ICP 增高并进行干预提供了临床证据<sup>[9]</sup>。总而言之, 采用超声测量 ONSD 监测 ICP 有着较高的准确度, 在避免了传统 ICP 监测技术缺点的同时, 又能在床旁进行操作, 测量方法较为简单, 适用范围广; 且超声机易得、廉价, 使得超声测量 ONSD 监测 ICP 的方法更容易在基层医院推广应用。

## 2 采用超声监测 ONSD 的变化评价疗效

采用超声测量 ONSD 在临床上的应用首先是被用来评估 ICP 增高患者降颅压的效果。

采用超声测量 ONSD 能够监测降颅压的疗效是基于 ICP 升高而增宽的 ONSD 能够及时地随着 ICP 的下降而回缩的观点。Launey 等<sup>[10]</sup> 纳入了 13 例需要甘露醇治疗的 ICP 升高患者, 记录了患者在使用甘露醇前后有创测量的 ICP 值和超声测得的 ONSD, 证实输注甘露醇前后 ICP 和 ONSD 之间存在显著相关性。Chen 等<sup>[11]</sup> 收集了 66 例 ICP

患者行腰椎穿刺前后 5 min ICP 和 ONSD 的数据, 结果显示, 无论患者的 ICP 是否正常, 在 ICP 下降的情况下, ONSD 均同步下降, 且降颅压前后 ONSD 的差值与 ICP 差值一致。有些临床案例也直接选择使用超声测量 ONSD 来评估降颅压的情况<sup>[12]</sup>。基于 ONS 的解剖基础及既往的临床研究数据, 采用超声测量 ONSD 评估 ICP 增高患者降颅压的效果也具有应用前景。

部分治疗手段可能会带来 ICP 升高的风险, 此时采用超声测量 ONSD 能及时指导规避 ICP 升高的危险。

在患者住院期间, 生命支持及治疗手段繁多, 治疗过程中, 对神经功能的评估尤其重要。由于超声测量 ONSD 可以在床边进行, 在不干扰医疗操作的同时可记录患者 ONSD 的变化, 以达到监测患者 ICP 变化的目的。重症监护病房 (intensive care unit, ICU) 患者日常液体复苏治疗有可能会发生液体过负荷的情况; 而液体过负荷会加重脑水肿, 出现颅内高压, 导致不良事件的发生。在赵士兵等<sup>[13]</sup> 的研究中采用监测重型颅脑损伤术后患者进入 ICU 时及第 1、3、7 d 的 ONSD 和每天的液体管理策略, 以便可以随时在床边筛查出 ICP 增高的患者。体外循环支持技术常有出血、梗死的风险, 可能表现为脑水肿、ICP 升高, 需要可靠的神经功能监测手段。Rivas-Rangel 等<sup>[14]</sup> 在小儿体外生命支持 6 h 时测定 ONSD, 结果显示, 患儿 ONSD 越大, 预后越差。所以当体外循环支持患者无法外出检查时, 可采用超声测量 ONSD 来监测 ICP, 对患者神经功能进行实时评估。采用超声测量 ONSD 由于其安全、简便、易操作在 ICU 中得到广泛应用。因此, 对于一些可能造成 ICP 波动的操作, 可以考虑将采用超声测量的 ONSD 作为及时调整治疗方案的指标。

## 3 采用超声监测 ONSD 的变化预测疾病转归

ICP 监测是神经功能评估的重要组成部分。在许多研究中, 采用超声测量 ONSD 预测 ICP 的变化与患者的神经功能预后息息相关。

心搏骤停患者神经功能预后评估一直是研究的热点, Zhang 等<sup>[15]</sup> 认为, ONSD 是预测心肺复苏术后患者神经功能预后的一个有价值的非侵入性指标。Park 等<sup>[16]</sup> 通过对 36 例心搏骤停患者的临床资料进行分析显示, 在心肺复苏术后 24、48、72 h 后采用超声测量 ONSD 均能较好地预测患者 3 个月后神经功能预后, ONSD 越大, 患者 3 个月后的神经功能越差。提示在心肺复苏术后 24 h 应监测患者的 ONSD, 在预测患者 ICP 的同时, 也能帮助医生判断患者神经功能预后。

采用超声测量 ONSD 预测 ICP 在新型冠状病毒感染 (新冠感染) 疫情期间也发挥了一定作用, Battaglini 等<sup>[17]</sup> 发现, ONSD 较大的重型新型冠状病毒感染患者在 ICU 住院时间也较长, 提示新冠感染患者可能会出现神经系统并发症, 所以临床医生也应关注新冠感染患者的 ICP 监测, 及时干预 ICP 增高, 可缩短住院时间。此外, 在神经系统疾病中, ONSD > 5.0 mm 提示卒中患者的高病死率<sup>[18]</sup>。采用超声测量 ONSD 还能解决老年颅脑损伤患者 ICP 升高的诊断问

题,并能较好地预测神经功能预后<sup>[19]</sup>。

综上,神经功能预后评估非常重要,不仅能为患者节约不必要的医疗费用,还能提供预后判断的有力证据。因此,临床工作者应重视采用超声测量 ONSD 提供预后预测的价值。

#### 4 采用超声监测 ICP 和有创监测 ICP 结果的矛盾性

大多数研究证明:超声检查发现 ONSD 增宽能够较敏感地反映 ICP 升高。但也有研究显示,已经增宽的 ONSD 不会随着有效治疗后 ICP 的下降而迅速变窄。Bäuerle 等<sup>[20]</sup>发现,在 ICP 增高的蛛网膜下腔出血患者经治疗后,ICP 虽降至正常,但 ONSD 未发生明显变化,其机制尚不清楚,考虑 ONSD 未发生变化的原因:一是患者由于暴露在较高的 ICP 下,ONS 回缩能力受损;二是基于调查人群均是脑出血患者,颅内凝固的血液可能堵塞 ONS 的复杂结构,导致 ICP 的改变不能正确传导至 ONS 内,使 ONS 未发生相应的变化。同样,在一项儿科的研究中也发现了类似的现象,Kerscher 等<sup>[21]</sup>观察到 ICP 升高患儿经降颅压治疗后,ICP 下降时,ONSD 也有下降,但在最初 ICP 明显下降的过程中,患儿 ONSD 未发生明显变化。在 ICP 下降时,ΔICP 和 ΔONSD 并未找到线性关系。关于 ONSD 不会随着 ICP 降低的原因,各研究认为 ICP 增高是一种病理状态,对颅腔内壁的压力增加,而 ONS 是硬脑膜的延续,属于颅腔内壁的一部分,ICP 升高可能会对 ONS 造成破坏。在此前提下,ONS 就无法对 ICP 的下降产生反应。因此,并不能完全依靠超声测量 ONSD 来评估 ICP 治疗的效果。

#### 5 总结与展望

综上所述,ICP 的高低变化与患者的神经功能预后相关,ONS 由于与颅内相通,采用超声测量 ONSD 能较好地反映 ICP 的情况。在临床诊疗各个阶段,采用超声测量 ONSD 都能发挥作用。超声测量 ONSD 的方法简单、适用范围广,且具有超声机易获得、廉价、能在床旁使用的优点,可在治疗过程中及时识别 ICP 增高,起到预警作用。同时,ONSD 也是评估患者预后的重要指标。但超声测量 ONSD 变化对降颅压的疗效评估上仍有些争议,主要表现在 ICP 下降的同时,增宽的 ONSD 并没有回缩或延迟回缩,因此,用 ONSD 的变化去评估降颅压治疗的有效性还需要更多研究来证实。在更多、样本量更大的研究结果得出前,应充分结合患者的临床症状和其他指标进行降颅压疗效的评估。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

#### 参考文献

- [1] Weidner N, Kretschmann J, Bomberg H, et al. Real-time evaluation of optic nerve sheath diameter (ONSD) in awake, spontaneously breathing patients [J]. *J Clin Med*, 2021, 10 (16): 3549. DOI: 10.3390/jcm10163549.
- [2] Goeres P, Zeiler FA, Unger B, et al. Ultrasound assessment of optic nerve sheath diameter in healthy volunteers [J]. *J Crit Care*, 2016, 31 (1): 168–171. DOI: 10.1016/j.jcrc.2015.10.009.
- [3] Anania P, Battaglini D, Miller JP, et al. Escalation therapy in severe traumatic brain injury: how long is intracranial pressure monitoring necessary? [J]. *Neurosurg Rev*, 2021, 44 (5): 2415–2423. DOI: 10.1007/s10143-020-01438-5.
- [4] Vaiman M, Gottlieb P, Bekerman I. Quantitative relations between the eyeball, the optic nerve, and the optic canal important for

- intracranial pressure monitoring [J]. *Head Face Med*, 2014, 10: 32. DOI: 10.1186/1746-160X-10-32.
- [5] Fernando SM, Tran A, Cheng W, et al. Diagnosis of elevated intracranial pressure in critically ill adults: systematic review and meta-analysis [J]. *BMJ*, 2019, 366: l4225. DOI: 10.1136/bmj.l4225.
- [6] 冯顺易,张萌,吕广卫,等.视神经鞘直径预测急性一氧化碳中毒迟发性脑病的临床价值[J].*中国中西医结合急救杂志*, 2022, 29 (2): 159–162. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2022.02.007.
- [7] Kerscher SR, Zipfel J, Groeschel S, et al. Comparison of B-Scan ultrasound and MRI-based optic nerve sheath diameter (ONSD) measurements in children [J]. *Pediatr Neurol*, 2021, 124: 15–20. DOI: 10.1016/j.pediatrneurol.2021.08.002.
- [8] 李臻,张旭乡,杨惠青,等.超声测量视神经鞘直径预测颅内压的影响因素研究[J].*中国超声医学杂志*, 2018, 34 (11): 961–964. DOI: 10.3969/j.issn.1002-0101.2018.11.001.
- [9] Amini A, Kariman H, Arhami Dolatabadi A, et al. Use of the sonographic diameter of optic nerve sheath to estimate intracranial pressure [J]. *Am J Emerg Med*, 2013, 31 (1): 236–239. DOI: 10.1016/j.ajem.2012.06.025.
- [10] Launey Y, Nessler N, Le Maguet P, et al. Effect of osmotherapy on optic nerve sheath diameter in patients with increased intracranial pressure [J]. *J Neurotrauma*, 2014, 31 (10): 984–988. DOI: 10.1089/neu.2012.2829.
- [11] Chen LM, Wang LJ, 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. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2018-312934.
- [12] Lochner P, Nardone R, Tezzon F, et al. Optic nerve sonography to monitor treatment efficacy in idiopathic intracranial hypertension: a case report [J]. *J Neuroimaging*, 2013, 23 (4): 533–534. DOI: 10.1111/jon.12005.
- [13] 赵士兵,徐德才,李锐,等.限制性液体管理策略对重型颅脑损伤患者的临床效果:51例前瞻性随机对照临床试验[J].*南方医科大学学报*, 2021, 41 (1): 111–115. DOI: 10.12122/j.issn.1673-4254.2021.01.16.
- [14] Rivas-Rangel J, Garcia-Arellano M, Marquez-Romero JM. Correlation between optic nerve sheath diameter and extracorporeal life support time [J]. *An Pediatr (Engl Ed)*, 2021: S1695–4033 (20)30521-X. DOI: 10.1016/j.anpedi.2020.09.021.
- [15] Zhang YW, Zhang S, Gao H, et al. Prognostic role of optic nerve sheath diameter for neurological outcomes in post-cardiac arrest patients: a systematic review and meta-analysis [J]. *Biomed Res Int*, 2020: 5219367. DOI: 10.1155/2020/5219367.
- [16] Park JS, Cho Y, You Y, et al. Optimal timing to measure optic nerve sheath diameter as a prognostic predictor in post-cardiac arrest patients treated with targeted temperature management [J]. *Resuscitation*, 2019, 143: 173–179. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2019.07.004.
- [17] Battaglini D, Santori G, Chandrapham K, et al. Neurological complications and noninvasive multimodal neuromonitoring in critically ill mechanically ventilated COVID-19 patients [J]. *Front Neurol*, 2020, 11: 602114. DOI: 10.3389/fneur.2020.602114.
- [18] Seyedhosseini J, Aghili M, Vahidi E, et al. Association of optic nerve sheath diameter in ocular ultrasound with prognosis in patients presenting with acute stroke symptoms [J]. *Turk J Emerg Med*, 2019, 19 (4): 132–135. DOI: 10.1016/j.tjem.2019.07.001.
- [19] Seyedhosseini J, Aghili M, Vahidi E, et al. Association of optic nerve sheath diameter in ocular ultrasound with prognosis in patients presenting with acute stroke symptoms [J]. *Turk J Emerg Med*, 2019, 19 (4): 132–135. DOI: 10.1016/j.tjem.2019.07.001.
- [20] Bäuerle J, Niesen WD, Egger K, et al. Enlarged optic nerve sheath in aneurysmal subarachnoid hemorrhage despite normal intracranial pressure [J]. *J Neuroimaging*, 2016, 26 (2): 194–196. DOI: 10.1111/jon.12287.
- [21] Kerscher SR, Schoni D, Neuhoeffer F, et al. The relation of optic nerve sheath diameter (ONSD) and intracranial pressure (ICP) in pediatric neurosurgery practice-Part II: Influence of wakefulness, method of ICP measurement, intra-individual ONSD-ICP correlation and changes after therapy [J]. *Childs Nerv Syst*, 2020, 36 (1): 107–115. DOI: 10.1007/s00381-019-04336-4.

(收稿日期:2022-05-12)