

视神经鞘超声检查评估颅内压增高的研究进展

肖楚凡 黄晓玲

摘 要 颅内压增高是临床常见的危重急症之一,严重影响患者脑功能甚至危及患者生命。因此迅速、准确地评估颅内压以便及时采取临床干预和对后续治疗效果至关重要。基于视神经鞘直径能随颅内压力改变的原理,超声测量视神经鞘直径能够无创、快速地评估颅内压增高。本文就国内外视神经鞘超声评估颅内压增高的研究进展进行综述。

关键词 超声检查;视神经鞘;颅内压增高;无创

[中图分类号]R445.1

[文献标识码]A

Progress of optic nerve sheath ultrasonography in evaluating elevated intracranial pressure

XIAO Chufan, HUANG Xiaoling

Department of Ultrasound, the First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China

ABSTRACT Elevated intracranial pressure is one of the critical diseases in clinical practice, which might lead to cerebral dysfunction, even life-threatening condition. Thus, it requires a rapid and accurate diagnosis method to guide timely intervention and to assess follow-up treatment results. Based on the finding that optic nerve sheath diameter can change with intracranial pressure, measurement of optic nerve sheath diameter by ultrasonography can evaluate intracranial pressure in a non-invasive and rapid way. This paper introduces its domestic and abroad research progresses.

KEY WORDS Ultrasonography; Optic nerve sheath; Elevated intracranial pressure; Non-invasive

颅内压增高会导致脑灌注压和脑血流量发生变化,致使病情恶化出现不可逆脑缺血、缺氧及脑疝。所以,对颅内压增高的早期诊断十分重要。目前国际公认评估颅内压增高的金标准是有创性监测^[1],但该过程是侵入性的,可能出现感染、出血等并发症。因此,对颅内压增高的无创性评估在危重症患者的管理中具有重要价值。CT和MRI可用于评估颅内压增高,但存在需要搬运患者和耗时较长等缺点。临床工作中尚需更为简单、便捷的床旁评估方法。自20世纪80年代有研究^[2]通过超声发现视神经鞘直径(optic nerve sheath diameter, ONSD)与颅内压有较好的相关性后,国内外大量研究^[3-9]报道超声测量ONSD对颅内压增高有较好的诊断效能,目前,ONSD作为无创评估颅内压的指标已被广泛用于监测颅内压增高的儿童及成人。本文就视神经鞘超声检查评估颅内压增高的机制、影响因素、临界值及新方法进行综述。

一、视神经鞘超声检查评估颅内压增高的原理

视神经为中枢神经系统的直接延续,其表面被软脑膜、蛛网膜、硬脑膜包裹形成视神经鞘^[10],故视神经鞘的蛛网膜下腔与颅内相通。当颅内压增高时,部分脑脊液经蛛网膜下腔向视

神经周围流动引起视神经鞘扩张。经超声扫查视神经标本显示,起源自眼球后壁粗大条带样低回声的视神经及包绕于视神经的三层鞘膜结构,即软脑膜-蛛网膜下腔-硬脑膜,超声表现为由内向外强-低-强回声的“三明治”结构^[11]。视神经鞘蛛网膜内有小梁结构分布,且前段视神经鞘蛛网膜下腔内的小梁结构较后段分布更稀疏^[10]。当颅内压增高时,视神经鞘前段扩张较后段更明显,以球后3 mm处扩张最为显著,故超声测量ONSD时,以视乳头中点为起点做垂线,取垂线3 mm处做视神经长轴的垂直线^[12]。垂直线与视神经鞘外侧壁交点间距离即为ONSD。

二、ONSD与视神经鞘超声检查评估颅内压的相关性

研究^[3-5]发现,当颅内压增高,可引起ONSD增加,二者呈正相关;Wang等^[6]通过对比颅内压增高患者腰穿前、后5 min内ONSD的变化发现,ONSD可随颅内压力改变发生实时变化。但Hansen等^[4]和Launey等^[13]研究发现,当颅内压超过某特定范围,ONSD与颅内压的线性关系被打破。根据颅内体积/压力关系曲线,小程度的颅内内容物增加并不会导致颅内压立即增高,可能的原因是流动的脑脊液可以进入椎管,且大脑镰和小脑幕

有轻微的可拉伸能力。所以,只有当颅内压超过该压力界限才会引起 ONSD 的改变,这种阈值效应出现在所有患者中,但个体间的阈值水平存在差异。视神经鞘蛛网膜下腔内放射状分布的小梁结构将视神经表面的软膜与蛛网膜连接起来,使视神经鞘的蛛网膜下腔不能无限度的扩张。当颅内压超过某一压力范围上限时,尤其是长时间处于高或极高颅内压(>45~50 mm Hg)时,视神经鞘扩张能力达到饱和,并且视神经鞘可逆性受损导致其不能恢复至基线水平。即使颅内压降至正常范围,超声探测到视神经鞘仍然扩张,即 ONSD 变化相对颅内压变化滞后。若仅依靠 ONSD 指导临床诊断与治疗,阈值效应会使发病前 ONSD 值偏低或视神经鞘弹性偏小的患者因为假阴性而错失治疗机会;滞后效应会使已接受降颅内压治疗且颅内压已恢复正常的患者因为假阳性而面临过度治疗的风险。故在临床运用中不能仅依靠对 ONSD 的单个测量来评估颅内压,对于临床高度怀疑急性颅内压增高的患者,可应用床旁动态测量 ONSD,对颅内压进行系统评估从而指导临床治疗。

三、超声测量 ONSD 的影响因素及其评估颅内压增高的临界值

1. 超声测量 ONSD 的影响因素:向红等^[14]发现 193 例正常成人的 ONSD 平均值为(3.55±0.48)mm,且 ONSD 与性别、头围、身高、体质量均呈正相关($r=0.333, 0.302, 0.321, 0.292$,均 $P<0.001$);罗俏聪等^[15]发现 380 例正常成人的 ONSD 平均值为(4.38±0.49)mm,且 ONSD 与年龄、性别、身高、体质量、体位均无关。王丽娟等^[16]发现 230 例正常成人的 ONSD 范围为 2.65~4.30 mm,但 ONSD 的范围较国外文献^[17]报道范围略小,提示 ONSD 可能存在种族差异,且性别、BMI 是 ONSD 的独立影响因素。ONSD 超声评估颅内压增高影响因素较多,包括种族、年龄、性别、体质量指数、体位、眼球横径(eyeball transverse diameter, ETD)、腰围、头围、探头频率等,目前各项影响因素与 ONSD 的相关性仍存在争议。

2. ONSD 评估颅内压增高的临界值:国内外研究致力于寻找 ONSD 超声评估颅内压增高的临界值,Chiara 等^[18]在对 ONSD 评估颅内压增高的系统评价中显示的临界值范围为 4.8~6.3 mm,但其纳入的研究中大部分研究对象为白种成人。目前国外主要以 ONSD>5 mm^[17]作为诊断颅内压增高的临界值。应用 ONSD 诊断颅内压增高在国内也越来越受到重视,国内多项对成人 ONSD 评估颅内压增高的研究^[7-9]显示,ONSD 诊断颅内压增高的临界值范围为 4.80~5.83 mm。儿童的颅骨、脑及视神经尚处于发育阶段,且不同年龄段儿童间的异质性较大,故定义儿童高颅内压十分困难。一般来说,4 岁以后儿童视神经的发育基本达到成人水平,可以沿用成人的诊断标准。但对于<4 岁的儿童,ONSD 诊断儿童颅内压增高临界值的统一标准为:≤1 岁:4 mm;1~4 岁:4.5 mm;≥4 岁:5 mm^[19]。

四、视神经鞘超声检查评估颅内压增高的新方法

1. 视神经鞘蛛网膜下腔囊性改变程度:Steinborn 等^[20]认为对视神经鞘内蛛网膜下腔的细微结构评估也可用于评估颅内压。经眶高频超声是目前唯一能够无创显示视神经鞘蛛网膜下腔小梁的影像手段。颅内压增高时脑脊液向视神经鞘蛛网膜下腔内流动,脑脊液聚集在小梁内形成小囊肿,通过高频超

声可以显示这种细微结构。其评估颅内压的相应分级标准为:0 级,均匀且致密的高回声;1 级,均匀但非致密的高回声;2 级,合并单个囊肿的高回声;3 级,明显囊性改变;其中 0 级和 1 级表现提示颅内压正常,2 级和 3 级表现提示颅内压增高。视神经鞘内的囊性改变与颅内压增高水平呈正相关,当视神经鞘出现 2 级或 3 级改变时评估颅内压增高的敏感性为 80%,特异性为 87.5%。但该方法对超声探头频率要求较高,且超声对视神经鞘蛛网膜下腔内结构分级存在主观依赖性。

2. ONSD 联合 ETD:眼球的大小和视神经的粗细因人而异。为了避免这种不确定性,Vaiman 等^[21]应用 CT 分别测量 443 例患者的 ETD 及球后 3 mm 处的 ONSD,得到 ONSD/ETD 评估颅内压增高的临界值为 0.19 mm,ONSD/ETD 与颅内压增高有很好的相关性($r=0.82, P<0.05$)。Kim 等^[22]应用超声测量 585 例韩国健康成人的 ONSD,并对其相关影响因素进行多元回归分析,研究表明 ETD 是 ONSD 的独立影响因素(偏回归系数=0.083, $P<0.001$),且 ONSD/ETD 评估颅内压增高的临界值为 0.18,与 Vaiman 等^[21]通过 CT 检测的结果一致。该研究还发现,ONSD/ETD 不受性别、身高、体质量及种族等因素的影响,提示应用 ONSD/ETD 指标可减小个体差异的影响。ONSD/ETD 与颅内压增高的强相关性,以及 ONSD/ETD 不受混杂因素影响均提示,应用 ONSD/ETD 评估颅内压增高可能较 ONSD 更为准确。

3. 视神经鞘形变指数(deformability index, DI):Padayachy 等^[23-24]用新参数 DI 作为量化视神经鞘搏动性质的动态参数。在体内,视神经鞘随心血管搏动发生同步的横向运动,但各个方向的横向位移并非均等。颅内压增高后,视神经鞘因鞘内蛛网膜下腔的脑脊液增多而变得僵硬,此时视神经鞘各个方向的横向位移相较正常颅内压时会趋向均等。DI 参数的获取:通过超声联合斑点追踪技术分别对纵切面下视神经鞘左右侧感兴趣区的横向运动进行自动跟踪,并利用傅立叶分析提取出与心率相对应的感兴趣区横向位移的大小(d_{Left} 和 d_{Right}),DI 的计算公式: $DI=|d_{Left}-d_{Right}|/(d_{Left}+d_{Right})$ 。研究^[23-24]表明,当颅内压增高时,视神经鞘左、右侧横向位移的差值 $|d_{Left}-d_{Right}|$ 减小,DI 相应减小;DI 与颅内压呈负相关($r=-0.72, P<0.05$);DI 评估颅内压增高的临界值为 0.185,敏感性为 89.5%,特异性为 88.9%;回归分析显示 DI 可作为独立预测颅内压增高的因素;且动态参数 DI 联合静态参数 ONSD 能进一步提高评估颅内压增高的准确率。

五、总结与展望

总之,视神经鞘超声检查对颅内压增高有很好的诊断效能,但是 ONSD 评估颅内压增高的临界值和影响因素仍存在争议。在临床应用中需注意视神经鞘阈值效应和滞后效应的存在,了解视神经鞘超声检查对诊断颅内压增高的局限性。相信随着对视神经鞘解剖认识更加深入及超声成像技术的发展,在降低个体差异影响的同时联合多项经眶超声指标(静态参数、动态参数等)能够更客观地评估颅内压。

参考文献

- [1] Harary M, Dolmans RGF, Gormley WB. Intracranial pressure monitoring—review and avenues for development[J]. Sensors

- (Basel), 2018, 18(2):465.
- [2] Aulhorn E. Ophthalmological features of pseudo-tumor cerebri. Report on 18 cases[J]. Documenta Ophthalmologica, 1984, 58(1): 25-33.
- [3] Robba C, Cardim D, Tajsic T, et al. Ultrasound non-invasive measurement of intracranial pressure in neurointensive care: a prospective observational study[J]. PLoS Med, 2017, 14(7):e1002356.
- [4] Hansen HC, Lagrèze W, Krueger O, et al. Dependence of the optic nerve sheath diameter on acutely applied subarachnoidal pressure - an experimental ultrasound study[J]. Acta Ophthalmol, 2011, 89(6): 528-532.
- [5] Maissan IM, Dirven PJ, Haitsma IK, et al. Ultrasonographic measured optic nerve sheath diameter as an accurate and quick monitor for changes in intracranial pressure[J]. J Neurosurg, 2015, 123(3):743-747.
- [6] 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.
- [7] 乐元洁, 贲志飞. 床旁超声和CT重建测量视神经鞘直径监测颅内压的比较研究[J]. 浙江医学, 2017, 39(10):819-823.
- [8] Liu D, Li Z, Zhang X, et al. Assessment of intracranial pressure with ultrasonographic retrobulbar optic nerve sheath diameter measurement[J]. BMC Neurology, 2017, 17(1):188.
- [9] 王菊香, 陈斌, 李克, 等. 超声测量视神经鞘直径在诊断去骨瓣减压术后患者颅内压增高中的价值[J]. 医学综述, 2020, 26(1): 153-158.
- [10] Killer HE, Jaggi GP, Miller NR, et al. Cerebrospinal fluid dynamics between the basal cisterns and the subarachnoid space of the optic nerve in patients with papilloedema[J]. Br J Ophthalmol, 2011, 95(6):822-827.
- [11] 招诒弘. 视神经鞘超声解剖基础及视神经鞘直径超声测值评估颅内压增高的研究[D]. 南宁: 广西医科大学, 2019.
- [12] 王宁利, 刘含若, 庞睿奇, 等. 基于经眶超声的无创颅内压及眼压压力梯度测量方法的操作规范[J]. 中华眼科医学杂志(电子版), 2019, 9(1):67-70.
- [13] 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.
- [14] 向红, 亢春苗, 穆靓, 等. 高频超声测量正常成人球后3 mm处的视神经鞘直径及其相关因素[J]. 广西医学, 2020, 42(9):1065-1068.
- [15] 罗俏聪, 张龙, 李艳雅. 中国健康成人视神经鞘直径的超声解剖学研究[J]. 影像研究与医学应用, 2018, 2(17):46-48.
- [16] 王丽娟, 冯良枢, 姚燕, 等. 超声评估中国健康成年人视神经鞘直径[J]. 中国卒中杂志, 2016, 11(7):556-562.
- [17] Amini A, Kariman H, Dolatabadi AA, 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.
- [18] Chiara R, Gregorio S, Marek C, et al. Optic nerve sheath diameter measured sonographically as non-invasive estimator of intracranial pressure: a systematic review and meta-analysis[J]. Intensive Care Med, 2018, 44(8):1284-1294.
- [19] Moretti R, Pizzi B. Ultrasonography of the optic nerve in neurocritically ill patients[J]. Acta Anaesthesiol Scand, 2011, 55(6): 644-652.
- [20] 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.
- [21] Vaiman M, Sigal T, Kimiagar I, et al. Noninvasive assessment of the intracranial pressure in non-traumatic intracranial hemorrhage[J]. J Clin Neurosci, 2016, 34(1):177-181.
- [22] Kim DH, Jun JS, 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.
- [23] Padayachy L, Brekken R, Fieggan G, et al. Pulsatile dynamics of the optic nerve sheath and intracranial pressure[J]. Neurosurgery, 2016, 79(1):100-107.
- [24] Padayachy L, Brekken R, Fieggan 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(Hagerstown), 2019, 16(6): 726-733.

(收稿日期:2019-07-11)

超声及影像学专业常用术语中英文对照

CDFI (color Doppler flow imaging) —— 彩色多普勒血流成像
 CT (computed tomography) —— 计算机断层成像
 CTA —— CT血管造影
 PET (positron emission tomography) —— 正电子发射计算机断层显像
 DSA (digital subtraction angiography) —— 数字减影血管造影技术
 MRI (magnetic resonance imaging) —— 磁共振成像
 MRA (magnetic resonance angiography) —— 磁共振血管造影
 今后本刊将在文中直接使用以上专业术语的英文缩写, 不再注明英文全称。

本刊编辑部