

ONSD 和 ONSD/ETD 早期评估脑卒中患者住院期间预后的研究

赵立娜 黄秋萍 黄培杰 赵奇 谢晖 王瑞兰

上海交通大学附属第一人民医院危重病科 200080

通信作者:王瑞兰, Email: wangyusun@hotmail.com

【摘要】 目的 评估超声测量视神经鞘直径(ONSD)及 ONSD/ 眼球横径(ETD) 比值对脑卒中患者住院期间预后的预测价值。方法 选择 2017 年 11 月至 2018 年 11 月于上海交通大学附属第一人民医院危重病科就诊的脑卒中成人患者(缺血性脑卒中、出血性脑卒中)。所有患者均于入院当天行床边超声,经眼眶检测眼球后 3 mm 处 ONSD 以及 ETD,计算 ONSD/ETD 比值;同时记录患者基线资料及出院时生存状态。根据生存状态将患者分为存活组和死亡组,利用局部加权回归散点平滑法(LOWESS)和受试者工作特征曲线(ROC)确定 ONSD、ONSD/ETD 预测脑卒中患者不良预后的阈值;利用多因素回归分析明确 ONSD、ONSD/ETD 与预后的关系。结果 最终纳入 83 例患者,其中存活出院 38 例(45.8%),死亡 45 例(54.2%)。与存活组比较,死亡组格拉斯哥昏迷评分(GCS)、中线移位、ONSD、ONSD/ETD 差异均存在统计学意义[GCS(分): 4.7 ± 2.8 比 11.0 ± 3.2 , 中线移位(mm): 5.8 ± 5.9 比 1.3 ± 2.6 , ONSD(mm): 5.5 ± 0.4 比 4.4 ± 0.5 , ONSD/ETD: 0.25 ± 0.02 比 0.20 ± 0.02 , 均 $P < 0.05$]。采用 LOWESS 方法及 ROC 曲线确定 ONSD、ONSD/ETD 预测脑卒中患者不良预后的阈值分别为 5.0 mm 和 0.25。调整混杂因素对预后的影响,建立 ONSD 预测不良预后的模型,并绘制对应的 ROC 曲线,其 ROC 曲线下面积(AUC)为 0.978,最佳预测概率临界值为 0.870,敏感度为 89%,特异度为 100%。同样方法获得 ONSD/ETD 预测不良预后模型, AUC 为 0.988,最佳预测概率临界值为 0.768, 敏感度为 94%,特异度为 97%。ONSD/ETD 的稳定性优于 ONSD, ONSD 变异系数为 0.14, ONSD/ETD 变异系数为 0.13。结论 ONSD 和 ONSD/ETD 与脑卒中患者住院期间预后显著相关, ONSD >5.0 mm 或 ONSD/ETD >0.25 时病死率明显升高。超声测量视神经鞘可能会成为早期评估脑卒中患者临床预后的一个新指标。

【关键词】 脑卒中; 颅内压; 超声; 预后; 视神经鞘直径

基金项目:上海市卫生计生系统重要薄弱学科建设计划项目(2016-41)

临床试验注册:中国临床试验注册中心, ChiCTR-ROC-17011806

DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2019.10.012

Optic nerve sheath diameter and eyeball transverse diameter as a useful tool for the clinical prognosis in patients with stroke during hospitalization

Zhao Lina, Huang Qiuping, Huang Peijie, Zhao Qi, Xie Hui, Wang Ruilan

Department of Critical Care Medicine, Shanghai General Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200080, China

Corresponding author: Wang Ruilan, Email: wangyusun@hotmail.com

【Abstract】 **Objective** To evaluate the prognostic value of ultrasonographic measurement of optic nerve sheath diameter (ONSD) and ONSD/eyeball transverse diameter (ETD) ratio in stroke patients during hospitalization. **Methods** Adult patients with stroke (ischemic stroke or hemorrhagic stroke) admitted to department of critical care medicine of Shanghai General Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine from November 2017 to November 2018 were enrolled. On the day of admission, ONSD and ETD (retina-retina at 3 mm behind the globe along) were detected by ultrasound, the ONSD/ETD ratio was calculated, and the baseline data and outcomes were recorded. Patients were divided into survival group and death group according to their survival status. Locally weighted scatterplot smoothing (LOWESS) and the receiver operating characteristic (ROC) curve were used to calculate the thresholds of ONSD and ONSD/ETD. The correlation between ONSD, ONSD/ETD and prognosis were assessed. **Results** Thirty-eight of 83 patients (45.8%) survived and were discharged from the hospital, while 45 patients died (54.2%). There were significant differences in Glasgow coma score (GCS), shifting of the middle structure, ONSD and ONSD/ETD between the death group and the survival group [GCS: 4.7 ± 2.8 vs. 11.0 ± 3.2 , shifting of the middle structure (mm): 5.8 ± 5.9 vs. 1.3 ± 2.6 , ONSD (mm): 5.5 ± 0.4 vs. 4.4 ± 0.5 , ONSD/ETD: 0.25 ± 0.02 vs. 0.20 ± 0.02 , all $P < 0.05$]. LOWESS and ROC curve analysis suggested thresholds of ONSD and ONSD/ETD for predicting adverse prognosis of stroke patients were 5.0 mm and 0.25, respectively. By adjusting the influence of confounding factors on prognosis, a prediction model based on ONSD was established, and the ROC curve was drawn. The area under the curve (AUC) was 0.978, the optimal predictive point of the model was 0.870, the sensitivity was 89%, and the specificity was 100%. The ONSD/ETD prediction model was also obtained, and the AUC was 0.988, the optimal prediction threshold of the model was 0.768, and the sensitivity for predicting adverse clinical prognosis was 94%, and the specificity was 97%. The stability of ONSD/ETD

was better than that of ONSD. ONSD coefficient of variation was 0.14, and ONSD/ETD coefficient of variation was 0.13.

Conclusions ONSD and ONSD/ETD were significantly correlated with the prognosis of critical patients with stroke. The mortality increased significantly in patients with an ONSD greater than 5.0 mm and ONSD/ETD greater than 0.25. ONSD and ONSD/ETD may be promising tools for early assessment of clinical outcomes in these patients.

【Key words】 Stroke; Intracranial pressure; Ultrasound; Outcome; Optic nerve sheath diameter

Fund program: Construction Plan of Weak Subjects in Shanghai Health System (2016-41)

Trial Registration: Chinese Clinical Trial Registry, ChiCTR-ROC-17011806

DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2019.10.012

脑卒中是全世界范围内成人死亡的主要原因。据统计我国每年约有240万人新发脑卒中,110万人死于脑卒中^[1]。脑卒中患者混杂因素很多,可导致不良预后,其中神经系统严重损害引起的颅内压(ICP)增高是患者死亡和致残的重要原因。

随着床旁超声技术的普及,超声监测视神经鞘直径(ONSD)近年来成为监测ICP行之有效的方法。此方法经过简单培训后易于掌握,具有可重复性,可在床边进行,监测时无需特殊体位,最重要的是完全无创^[2]。现有的临床研究已证实超声监测ONSD与ICP具有良好的相关性^[3-8],并且认为ONSD增宽是早期预测ICP增高的敏感指标^[9-10]。由于ICP增高是造成脑卒中患者不良预后的主要原因,而超声监测ONSD可以早期、实时、有效地监测ICP,因此本研究旨在建立超声监测ONSD评估脑卒中患者住院期间预后模型,并分析其可能的影响因素。

1 资料与方法

1.1 患者纳入及排除标准:选择2017年11月至2018年11月在本院危重病科就诊的脑卒中患者。

1.1.1 纳入标准:符合缺血性脑卒中和出血性脑卒中诊断标准;年龄>18岁。

1.1.2 排除标准:严重眼外伤、视神经炎、青光眼、视神经肿瘤等眼科疾病患者;病史中未记录存在眼球病变,但左、右眼ONSD值相差较大者。

1.1.3 伦理学:本研究符合医学伦理学标准,获得医院伦理委员会审批(批准号:2017-38),并在中国临床试验注册中心注册(注册号:ChiCTR-ROC-17011806)。所有患者因为家属选择或病情的原因均按照指南给予标准的内科治疗。所有患者或家属均签署知情同意书。

1.2 基本数据收集:每位患者均在入院24 h内经眼眶检测眼球后3 mm处ONSD以及眼球横径(ETD),并计算ONSD/ETD比值;此外记录患者的性别、年龄、入院时收缩压(SBP)、舒张压(DBP)、病因分型(缺血性脑卒中、出血性脑卒中)、格拉斯哥昏迷评分(GCS)、血糖水平、动脉血氧分压、动脉血二氧化碳分压以及头颅影像学显示中线结构移位水平

等一般基线资料。出院时记录患者的生存状态,并根据其生存状态将入选患者分为存活组和死亡组。GCS评分由接诊医生评估;放射科医生、危重病科医生以及接诊医生对于患者分组等均未知。

1.3 超声测量方法:于患者入院24 h内使用便携式彩色超声仪(SonoSite MicroMaxx,美国)测定ONSD及ETD。受检者平卧,头正中位,嘱患者轻闭双眼,并用敷贴对双眼进行保护,以9 MHz超声探头对双侧眼球后3 mm处ONSD及ETD进行检查,左、右眼各进行3次测定,取平均值,精确至0.1 mm,保存图像。ONSD测量由2名经过床旁ONSD测量训练的危重病科医生完成。

1.4 统计学方法:采用Excel 2013软件建立数据库,SAS 9.4和SPSS 19.0统计软件进行数据分析。对连续性变量进行正态分布检验,符合正态分布的变量以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,采用 t 检验、方差分析进行比较;分类变量以构成比或百分比表示,采用 χ^2 检验或Fisher确切概率法进行比较。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

利用ONSD及ONSD/ETD与生存结局进行单因素Logistic回归分析,得到每个对象的预测生存概率。通过局部加权回归散点平滑法(LOWESS)和受试者工作特征曲线(ROC)确定ONSD及ONSD/ETD预测脑卒中患者不良预后的阈值。采用回归分析确定影响预后的相关因素,建立预测不良预后模型,并用ROC曲线筛选最佳预测概率临界值。

2 结果

2.1 患者一般资料(表1):本研究共对93例患者进行了ONSD、ETD检测,其中8例在入组后24 h内死亡,2例在后期发现存在眼部或视神经疾患,均未能纳入研究。最终83例患者纳入本研究,年龄(70.2 ± 16.1)岁;男性43例(51.8%),女性40例(48.2%);缺血性脑卒中25例,出血性脑卒中58例;住院期间存活38例(45.8%),死亡45例(54.2%)。存活组与死亡组GCS评分和中线移位差异有统计学意义(均 $P < 0.01$)。死亡组ONSD及ONSD/ETD明显大于存活组(均 $P < 0.01$)。ONSD/ETD的稳定

表1 不同预后两组脑卒中患者基线资料比较

组别	例数 (例)	性别(例)		年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	基础疾病[个, $M(Q_L, Q_U)$]	血糖(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	PaCO ₂ (mmHg, $\bar{x} \pm s$)	PaO ₂ (mmHg, $\bar{x} \pm s$)	中线移位 (mm, $\bar{x} \pm s$)
		男性	女性						
全体患者	83	43	40	70.2 ± 16.1	1(0, 2)	9.6 ± 4.4	39.2 ± 11.9	130.8 ± 71.6	3.7 ± 5.1
存活组	38	19	19	72.7 ± 15.4	1(0, 2)	9.2 ± 4.9	39.4 ± 8.8	116.7 ± 46.4	1.3 ± 2.6
死亡组	45	24	21	68.0 ± 16.6	1(0, 2)	10.0 ± 3.8	39.0 ± 14.0	142.0 ± 85.6	5.8 ± 5.9
$\chi^2/t/U$ 值		0.092		-1.197	1.244	1.135	0.750	1.824	4.134
P 值		0.762		0.234	0.214	0.259	0.456	0.072	0.000

组别	例数 (例)	GCS 评分 (分, $\bar{x} \pm s$)	收缩压(mmHg, 舒张压(mmHg), $\bar{x} \pm s$)		MAP(mmHg, $\bar{x} \pm s$)	ETD (mm, $\bar{x} \pm s$)	ONSD (mm, $\bar{x} \pm s$)	ONSD/ETD ($\bar{x} \pm s$)
			$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$				
全体患者	83	7.6 ± 4.4	168.1 ± 38.0	90.1 ± 19.6	116.1 ± 22.0	21.8 ± 1.1	5.0 ± 0.7	0.23 ± 0.03
存活组	38	11.0 ± 3.2	171.9 ± 31.9	88.1 ± 18.8	116.1 ± 20.6	21.9 ± 1.2	4.4 ± 0.5	0.20 ± 0.02
死亡组	45	4.7 ± 2.8	164.8 ± 42.6	91.8 ± 20.2	116.1 ± 23.3	21.8 ± 1.0	5.5 ± 0.4	0.25 ± 0.02
t 值		-10.434	-1.874	0.005	-1.302	-0.401	11.596	12.614
P 值		0.000	0.064	0.996	0.196	0.690	0.000	0.000

注: PaCO₂ 为动脉血二氧化碳分压, PaO₂ 为动脉血氧分压, GCS 为格拉斯哥昏迷评分, MAP 为平均动脉压, ETD 为眼球横径, ONSD 为视神经鞘直径; 1 mmHg=0.133 kPa

性优于 ONSD, ONSD 变异系数为 0.14, ONSD/ETD 变异系数为 0.13。

2.2 ONSD、ONSD/ETD 预测脑卒中患者不良预后的阈值探索: 通过 LOWESS 方法绘制 ONSD 生存概率曲线(图 1), 进而获得 ONSD 的两个切点值分别为 4.8 mm、5.6 mm; 从曲线中可以看出, ONSD 在 4.8 ~ 5.6 mm 时, ONSD 与患者预后呈线性相关。由此根据 ONSD 切点值将患者分为 <4.8 mm、4.8 ~ 5.6 mm 和 >5.6 mm, 结果显示, 死亡组与存活组患者 ONSD 分布差异有统计学意义($\chi^2=47.230, P<0.001$; 表 2)。

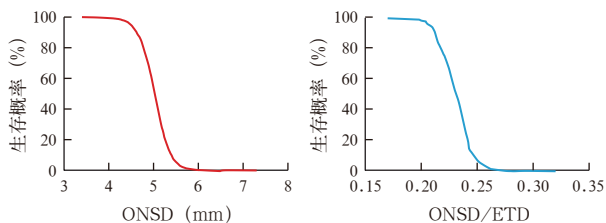


图1 局部加权回归散点平滑法(LOWESS)探索视神经鞘直径(ONSD)及其与眼球横径(ETD)比值预测脑卒中患者不良预后的切点值

表2 不同预后两组脑卒中患者 ONSD 以及 ONSD/ETD 界值分布比较

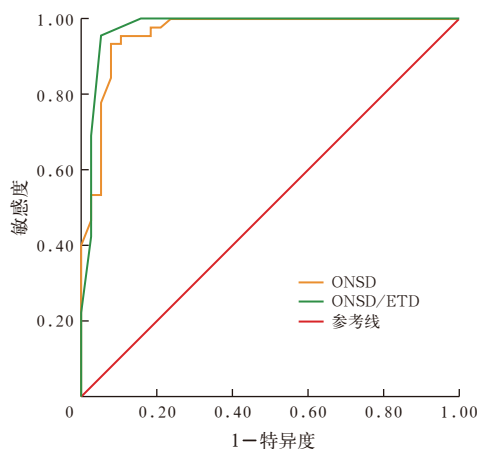
组别	例数 (例)	ONSD [例(%)] ^a		
		<4.8 mm	4.8 ~ 5.6 mm	>5.6 mm
全体患者	83	28(33.7)	33(39.8)	22(26.5)
存活组	38	28(73.7)	9(23.7)	1(2.6)
死亡组	45	0(0)	24(53.3)	21(46.7)

组别	例数 (例)	ONSD/ETD [例(%)] ^a		
		<0.23	0.23 ~ 0.27	>0.27
全体患者	83	32(38.6)	41(49.4)	10(12.0)
存活组	38	32(84.2)	6(15.8)	0(0)
死亡组	45	0(0)	35(77.8)	10(22.2)

注: ONSD 为视神经鞘直径, ONSD/ETD 为视神经鞘直径与眼球横径比值; 两组间比较, ^aP<0.01

以同样的方法获得 ONSD/ETD 预测脑卒中患者不良预后的切点值, ONSD/ETD 在 0.23 ~ 0.27 时, 与患者预后呈线性相关(图 1)。由此根据 ONSD/ETD 切点值将患者分为 <0.23、0.23 ~ 0.27、>0.27, 结果显示, 死亡组与存活组患者 ONSD/ETD 分布差异有统计学意义($\chi^2=52.910, P<0.001$; 表 2)。

进一步建立 ROC 曲线, 精确 ONSD 及 ONSD/ETD 预测脑卒中患者不良预后的阈值, 图 2 所示, ONSD 的最佳阈值是 5.0 mm, 此时敏感度为 93%, 特异度为 92%; ONSD/ETD 的最佳阈值是 0.25, 此时敏感度为 96%, 特异度为 95%。



注: ONSD 为视神经鞘直径, ONSD/ETD 为视神经鞘直径与眼球横径比值, ROC 曲线为受试者工作特征曲线

图2 超声监测 ONSD、ONSD/ETD 预测脑卒中患者住院期间预后最佳阈值的 ROC 曲线

2.3 超声监测视神经鞘评估脑卒中患者预后的模型: 采用单因素回归分析对影响患者预后的因素进行统计, 表 3 显示, GCS 评分、中线移位、ONSD、ONSD/ETD 与脑卒中患者不良预后显著相关。为了

消除混杂因素的影响,根据单因素分析结果,选择合适的因素($P < 0.05$ 的变量)进入多因素回归模型,并通过统计学方法进一步筛选分析。

表3 影响脑卒中患者住院期间预后的单因素分析

指标	P 值	OR 值	95%CI
性别	0.762	0.875	0.369 ~ 2.077
年龄	0.186	0.981	0.954 ~ 1.009
基础疾病	0.222	0.782	0.528 ~ 1.159
血糖	0.382	1.050	0.941 ~ 1.172
GCS 评分	<0.001	0.567	0.453 ~ 0.711
中线移位	0.001	1.284	1.107 ~ 1.489
ONSD	<0.001	1.877	1.402 ~ 2.514
ONSD/ETD	<0.001	6.756	2.445 ~ 18.660
MAP	0.987	1.000	0.981 ~ 1.020
收缩压	0.395	0.995	0.984 ~ 1.007
舒张压	0.390	1.010	0.987 ~ 1.033
PaCO ₂	0.875	0.997	0.958 ~ 1.037
PaO ₂	0.148	1.006	0.998 ~ 1.013

注:GCS为格拉斯哥昏迷评分,ONSD为视神经鞘直径,ONSD/ETD为视神经鞘直径与眼球横径比值,MAP为平均动脉压,PaCO₂为动脉血二氧化碳分压,PaO₂为动脉血氧分压,OR为优势比,95%CI为95%可信区间

表4~5显示,将ONSD或ONSD/ETD分别纳入Logistic回归模型进行多因素分析,并建立预后判断模型: $P = 1 / (1 + e^{-Y})$,其中P为脑卒中患者住院期间死亡的概率,GCS、ONSD和ONSD/ETD均取实际值。结果显示,ONSD或ONSD/ETD每增加一个单位,对应死亡风险分别增加1.534倍和3.625倍。ONSD模型: $Y = -18.00 - 0.4966 \times GCS + 0.4279 \times ONSD$; ONSD/ETD模型: $Y = -26.53 - 0.4537 \times GCS + 1.2879 \times ONSD/ETD$ 。根据建立的模型分别绘制ROC曲线(图3),ONSD预测模型的ROC曲线下面积(AUC)为0.978,根据约登指数选择本模型最佳预测概率临界值为0.870,此时敏感度为89%,特异度为100%。ONSD/ETD预测模型的AUC为0.988,最佳预测概率临界值为0.768时,敏感度为94%,特异度为97%。

表4 ONSD预测模型评估脑卒中患者住院期间预后

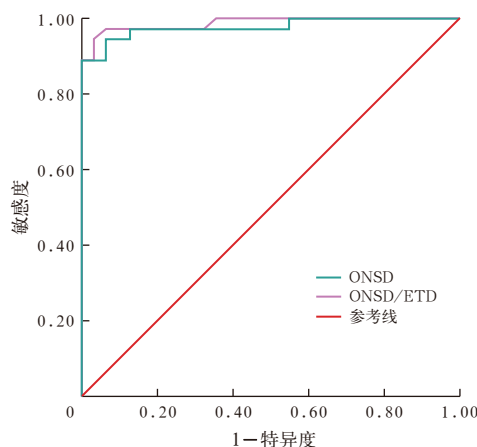
预测变量	OR 值	95%CI	β 值
GCS 评分	0.609	0.434 ~ 0.854	-0.487
ONSD 模型	1.534	1.142 ~ 2.061	0.428

注:ONSD为视神经鞘直径,GCS为格拉斯哥昏迷评分,OR为优势比,95%CI为95%可信区间

表5 ONSD/ETD预测模型评估脑卒中患者住院期间预后

预测变量	OR 值	95%CI	β 值
GCS 评分	0.635	0.427 ~ 0.945	-0.454
ONSD/ETD 模型	3.625	1.465 ~ 8.972	1.288

注:ONSD/ETD为视神经鞘直径与眼球横径比值,GCS为格拉斯哥昏迷评分,OR为优势比,95%CI为95%可信区间



注:ONSD为视神经鞘直径,ONSD/ETD为视神经鞘直径与眼球横径比值,ROC曲线为受试者工作特征曲线

图3 超声监测ONSD、ONSD/ETD模型预测脑卒中患者住院期间预后的ROC曲线

3 讨论

本研究结果表明,通过超声测量ONSD预测脑卒中患者住院期间预后具有较高的敏感度及特异度。我们证实超声测量ONSD为早期预测脑卒中患者的生存状态提供了有力的帮助。当患者入院时,无创超声监测ONSD可以快捷、有效地筛查高ICP患者,同时可早期预测患者的预后。超声测量ONSD具有简单易学、重复性高、价格低廉等优点,约5min内即可完成检测^[11];并且不同测量者之间以及同一测量者多次测量的结果间差异很小^[12]。因此,超声测量ONSD可以作为早期预测脑卒中患者出院时生存状态的首选无创性检测技术。

在脑卒中患者中因ICP增高的影响,神经系统不可逆转损伤往往在发病数分钟内就开始发生,近40年来,研究人员对此进行了各项研究,但由于在最初36~48h内患者的临床状态不确定,目前临床常用的评估方法,如神经系统查体、头颅CT、磁共振成像(MRI)、脑组织氧耗等由于敏感度和特异度较差,不能早期有效评估患者病情,预测预后。因此寻找更为可靠、实用、客观的预测手段至关重要。

本研究的目的是评估超声测量视神经鞘早期预测脑卒中患者住院期间的预后,在ICU住院期间提高预测患者不良临床结局的能力,从而给家属提供更加可靠的信息,对于帮助家属以及医护人员决定后续的治疗及护理水平至关重要。

对于ONSD与患者预后的研究,以往主要集中于心肺复苏患者^[13],对于脑卒中等其他神经重症患者研究较少。既往研究显示,ONSD与颅脑外伤患者的存活率存在相关性,但对于ONSD预测预

后的阈值尚不明确^[14]。本研究结果得出 ONSD 预测脑卒中患者不良预后的最佳阈值为 5.0 mm；当 ONSD > 5.0 mm 时脑卒中患者发生不良预后的概率明显升高。

ONSD 被认为是反映 ICP 升高的间接标志物，近些年来通过超声测量 ONSD 来评估 ICP 增高的研究在国外已经开展，但在亚洲大多数国家还没有得到足够的重视及推广。有研究表明，健康成人 ONSD 除与 ICP 有明确的相关性外，还与 ETD 存在独立相关，而 ONSD/ETD 与性别、身高、体重、体重指数以及头围无关，健康成人的 ONSD/ETD 均值为 0.18^[15]。因此，相对 ONSD 而言，ONSD/ETD 较稳定，研究表明，用 CT 检测 ONSD/ETD 较稳定，或许可以用来反映 ICP^[16]。本研究结果进一步证实，超声测量 ONSD/ETD 预测脑卒中患者不良预后的最佳阈值为 0.25；当 ONSD/ETD > 0.25 时患者预后不佳，此时诊断的敏感度为 96%，特异度为 95%。

由于随着 ICP 升高，患者会出现视神经扭曲、视神经头部向玻璃体突出等变化，因此不同的研究者对于测量起点的描述并不相同。近年来，有研究者用头颅 CT、MRI 测量 ONSD 来评估 ICP^[17-19]。有研究显示，用头颅 CT 测量球后 3 mm 处 ONSD 不稳定，而球后 10 mm 的 ONSD 测量值更稳定^[16]，因此，未来研究应该探讨 ONSD 不同测量深度的差异及其他潜在影响因素。

本研究有一定的局限性：首先，虽然每位患者最终的 ONSD、ETD 测定值是双眼 6 次测量结果的均值，然而某些因素，如探头的角度等有可能会影响测量值。其次，本研究为单中心研究，样本量有限。为了使超声测量 ONSD 能够广泛地运用于临床，成为一项可靠的诊断技术，帮助医生能够早期有效地识别 ICP 增高患者，预测脑卒中等神经重症患者的预后，未来还需要进行多中心、大样本量研究。

4 结论

ONSD 和 ONSD/ETD 与脑卒中患者住院期间预后显著相关。ONSD > 5.0 mm、ONSD/ETD > 0.25 的患者病死率明显升高。超声测量视神经鞘可能会成为早期评估脑卒中患者临床预后的一个新指标。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

[1] 王陇德,王金环,彭斌,等.《中国脑卒中防治报告 2016》概要[J]. 中国脑血管病杂志, 2017, 14 (4): 217-224. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5921.2017.04.010.
Wang LD, Wang JH, Peng B, et al. Summary of Chinese stroke

prevention report 2016 [J]. Chin J Cerebrovasc Dis, 2017, 14 (4): 217-224. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5921.2017.04.010.

[2] Antonelli M, Azoulay E, Bonten M, et al. Year in review in Intensive Care Medicine, 2008: I. Brain injury and neurology, renal failure and endocrinology, metabolism and nutrition, sepsis, infections and pneumonia [J]. Intensive Care Med, 2009, 35 (1): 30-44. DOI: 10.1007/s00134-008-1371-6.

[3] Rajajee V, Vanaman M, Fletcher JJ, et al. Optic nerve ultrasound for the detection of raised intracranial pressure [J]. Neurocrit Care, 2011, 5 (3): 506-515. DOI: 10.1007/s12028-011-9606-8.

[4] Strumwasser A, Kwan RO, Yeung L, et al. Sonographic optic nerve sheath diameter as an estimate of intracranial pressure in adult trauma [J]. J Surg Res, 2011, 170 (2): 265-271. DOI: 10.1016/j.jss.2011.03.009.

[5] Geeraerts T, Merceron S, Benhamou D, et al. Non-invasive assessment of intracranial pressure using ocular sonography in neurocritical care patients [J]. Intensive Care Med, 2008, 34 (11): 2062-2067. DOI: 10.1007/s00134-008-1149-x.

[6] Soldatos T, Karakitsos D, Chatzimichail K, et al. Optic nerve sonography in the diagnostic evaluation of adult brain injury [J]. Crit Care, 2008, 12 (3): R67. DOI: 10.1186/cc6897.

[7] Kimberly HH, Shah S, Marill K, et al. Correlation of optic nerve sheath diameter with direct measurement of intracranial pressure [J]. Acad Emerg Med, 2008, 15 (2): 201-204. DOI: 10.1111/j.1553-2712.2007.00031.x.

[8] Moretti R, Pizzi B, Cassini F, et al. Reliability of optic nerve ultrasound for the evaluation of patients with spontaneous intracranial hemorrhage [J]. Neurocrit Care, 2009, 11 (3): 406-410. DOI: 10.1007/s12028-009-9250-8.

[9] Goel RS, Goyal NK, Dharap SB, et al. Utility of optic nerve ultrasonography in head injury [J]. Injury, 2008, 39 (5): 519-524. DOI: 10.1016/j.injury.2007.09.029.

[10] Watanabe A, Kinouchi H, Horikoshi T, et al. Effect of intracranial pressure on the diameter of the optic nerve sheath [J]. J Neurosurg, 2008, 109 (2): 255-258. DOI: 10.3171/JNS/2008/109/8/0255.

[11] Potgieter DW, Kippin A, Ngu F, et al. Can accurate ultrasonographic measurement of the optic nerve sheath diameter (a non-invasive measure of intracranial pressure) be taught to novice operators in a single training session? [J]. Anaesth Intensive Care, 2011, 39 (1): 95-100. DOI: 10.1177/0310057X1103900116.

[12] Ballantyne SA, O'Neill G, Hamilton R, et al. Observer variation in the sonographic measurement of optic nerve sheath diameter in normal adults [J]. Eur J Ultrasound, 2002, 15 (3): 145-149. DOI: 10.1016/S0929-8266(02)00036-8.

[13] Chelly J, Deye N, Guichard JP, et al. The optic nerve sheath diameter as a useful tool for early prediction of outcome after cardiac arrest: a prospective pilot study [J]. Resuscitation, 2016, 103: 7-13. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2016.03.006.

[14] Sekhon MS, McBeth P, Zou J, et al. Association between optic nerve sheath diameter and mortality in patients with severe traumatic brain injury [J]. Neurocrit Care, 2014, 21 (2): 245-252. DOI: 10.1007/s12028-014-0003-y.

[15] 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. DOI: 10.1038/s41598-017-16173-z.

[16] 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.

[17] del Saz-Saucedo P, Redondo-González O, Mateu-Mateu Á, et al. Sonographic assessment of the optic nerve sheath diameter in the diagnosis of idiopathic intracranial hypertension [J]. J Neurol Sci, 2016, 361: 122-127. DOI: 10.1016/j.jns.2015.12.032.

[18] Geeraerts T, Newcombe VF, Coles JP, et al. Use of T2-weighted magnetic resonance imaging of the optic nerve sheath to detect raised intracranial pressure [J]. Crit Care, 2008, 12 (5): R114. DOI: 10.1186/cc7006.

[19] Legrand A, Jeanjean P, Delanghe F, et al. Estimation of optic nerve sheath diameter on an initial brain computed tomography scan can contribute prognostic information in traumatic brain injury patients [J]. Crit Care, 2013, 17 (2): R61. DOI: 10.1186/cc12589.

(收稿日期: 2019-09-25)