

床旁超声监测视神经鞘直径评价重型颅脑创伤患者预后临床研究

韩冰莎 李娇 李翔 栗艳茹 张磊 赵敬河 冯光

【摘要】 目的 探讨床旁超声测量视神经鞘直径(ONSD)对重型颅脑创伤患者预后的评估价值。**方法** 纳入2017年4月至2019年4月共78例重型颅脑创伤患者,入院后均行有创性颅内压监测和床旁超声ONSD测量,比较平卧位与30°头高位、通气治疗前30 min与治疗后30 min、甘露醇治疗前30 min与治疗后30 min双眼ONSD超声测量值;通过受试者工作特征(ROC)曲线分析ONSD超声测量值对重型颅脑创伤患者预后不良的预测价值。**结果** 预后不良组[Glasgow预后分级(GOS)评分1~3分]患者入院后连续5 d平均颅内压高于预后良好组(GOS评分4~5分; $t=2.111, P=0.038$)。经30°头高位、通气和甘露醇治疗30 min, ONSD超声测量值分别低于平卧位($F=6.644, P=0.012$)、通气治疗前30 min($F=4.492, P=0.037$)和甘露醇治疗前30 min($F=5.552, P=0.021$),而且预后不良组ONSD超声测量值高于预后良好组(体位变化: $F=16.751, P=0.000$;通气治疗: $F=29.776, P=0.000$;甘露醇治疗: $F=12.465, P=0.002$)。Pearson相关分析,治疗前平卧位ONSD超声测量值与颅内压呈正相关($r=0.691, P=0.000$);ROC曲线显示,治疗前平卧位ONSD预测患者预后不良的曲线下面积为0.776(95%CI:0.826~0.978, $P=0.000$)、最佳临界值5.53 mm,灵敏度91.52%、特异度87.14%。**结论** 床旁超声动态检测ONSD有助于早期评估重型颅脑创伤患者预后,指导制定降低颅内压的综合治疗策略。

【关键词】 脑损伤,创伤性; 预后; 视神经; 脑超声描记术; ROC曲线

Clinical application of optic nerve sheath diameter by bedside ultrasound in the prognosis assessment of severe traumatic brain injury

HAN Bing-sha, LI Jiao, LI Xiang, LI Yan-ru, ZHANG Lei, ZHAO Jing-he, FENG Guang

Department of Neurosurgery ICU, He'nan Provincial People's Hospital; People's Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450003, He'nan, China

Corresponding author: FENG Guang (Email: fgwxh@163.com)

【Abstract】 Objective To evaluate the clinical value of bedside ultrasound measurement of optic nerve sheath diameter (ONSD) in the prognosis of severe traumatic brain injury (sTBI). **Methods** A total of 78 sTBI patients admitted to Department of Neurosurgery ICU of He'nan Provincial People's Hospital from April 2017 to April 2019 were enrolled. Intracranial pressure (ICP) monitoring probe was placed when the patient was admitted, and bedside ultrasound was used to detect the ONSD. The values of ONSD in supine position and 30° head-up position, 30 min before and after ventilation, and 30 min before and after mannitol treatment were observed and analyzed. Receiver operating characteristic curve (ROC) was used to analyze the predictive value of ONSD for unfavourable prognosis of sTBI patients. **Results** The mean ICP in unfavourable prognosis group [Glasgow Outcome Scale (GOS) score 1-3] was higher than that in favourable prognosis group (GOS score 4-5; $t=2.111, P=0.038$). After 30° head-up position, 30 min after ventilation and mannitol treatment, the values of ONSD were lower than supine position ($F=6.644, P=0.012$), and 30 min before ventilation ($F=4.492, P=0.037$) and mannitol treatment ($F=5.552, P=0.021$), and ONSD in unfavourable prognosis group were higher than those in favourable prognosis group (posture change: $F=16.751, P=0.000$; ventilation treatment: $F=29.776, P=0.000$; application of mannitol: $F=12.465, P=0.002$). There was a positive correlation between ONSD and ICP ($r=0.691, P=0.000$). ONSD

doi: 10.3969/j.issn.1672-6731.2020.08.006

基金项目:河南省医学科技攻关计划项目(项目编号:SBGJ2018063)

作者单位:450003 河南省人民医院 郑州大学人民医院神经外科ICU

通讯作者:冯光,Email:fgwxh@163.com

at 5.53 mm was the optimal threshold for unfavourable prognosis, the area under the curve (AUC) was 0.776 (95% CI: 0.826–0.978, $P = 0.000$). The sensitivity was 91.52% and the specificity was 87.14%.

Conclusions Dynamic detection of ONSD by bedside ultrasound is helpful to evaluate the prognosis of sTBI, and guide the precise treatment of severe ICP.

【Key words】 Brain injuries, traumatic; Prognosis; Optic nerve; Echoencephalography; ROC curve

This study was supported by He'nan Provincial Medical Science and Technology Project (No. SBCJ2018063).

Conflicts of interest: none declared

近年来我国颅脑创伤(TBI)发生率呈逐年上升趋势,其中重型颅脑创伤(sTBI)病死率和预后不良率分别高达21.8%和49.9%^[1],已成为公共安全领域重点关注的问题。神经重症监护单元对颅内压(ICP)的监测和个体化治疗是救治重型颅脑创伤患者的关键,但术中留置有创性颅内压监测探头有可能增加并发症发生风险和经济负担^[2]。因此,探讨无创性神经监测目标导向性动态评估价值成为当前重型颅脑创伤相关研究之热点,尤以超声、CT或MRI视神经鞘直径(ONSD)测量技术倍受关注。针对重型颅脑创伤患者的超声技术研究表明,眼球后ONSD扩张与颅内压增高存在一定关联性,不仅是一项判断颅内压变化的有效参考指标,并可无创性、实时、动态监测患者病情变化^[3]。目前有关重型颅脑创伤患者治疗后其ONSD是否随颅内压降低而同步降低的研究较少,尤其针对ONSD判断重型颅脑创伤患者预后临床价值的研究更是鲜见报道。在本研究中,我们采用床旁超声监测技术对重型颅脑创伤患者降颅压治疗前后ONSD变化进行监测,从而评估该项技术对临床预后的预测价值。

对象与方法

一、观察对象

1. 纳入标准 (1)重型颅脑创伤的诊断符合美国脑外伤基金会(BTF)第四版《重型颅脑创伤救治指南》^[4]标准。(2)有明确的头部外伤史,且经CT证实存在器质性脑损伤。(3)入院时Glasgow昏迷量表(GCS)评分 ≤ 8 分。(4)年龄18~80岁。(5)创伤后<6h入院且无院外治疗史。(6)本研究各项程序均参照《赫尔辛基宣言》伦理标准实施,并经河南省人民医院伦理委员会批准(审批号:2017-018),患者或家属对研究项目知情同意并签署知情同意书。

2. 排除标准 (1)合并严重心、肺、肝、肾功能障

碍。(2)入院时存在严重复合伤、休克、多器官功能衰竭。(3)入院时双侧瞳孔散大、濒死或入院<6h死亡。(4)颅内动脉瘤或动-静畸形致脑出血。

3. 一般资料 选择2017年4月至2019年4月在河南省人民医院神经外科ICU住院治疗的重型颅脑创伤患者共78例,男性47例,女性31例;年龄26~78岁,平均 (55.31 ± 12.67) 岁;体重指数(BMI) $16 \sim 35 \text{ kg/m}^2$,平均 $(25.38 \pm 5.14) \text{ kg/m}^2$;吸烟史17例(21.79%),饮酒史26例(33.33%)。既往病史包括糖尿病(23例占29.49%)、高血压(28例占35.90%)、冠心病(16例占20.51%)、房颤(15例占19.23%)、高脂血症(19例占24.36%)、脑卒中(12例占15.38%)。致伤原因分别为交通事故伤(47例占60.26%)或坠落伤(31例占39.74%);损伤类型包括硬膜下出血(17例占21.79%)、颅内血肿(15例占19.23%)、蛛网膜下腔出血(14例占17.95%)、脑挫裂伤(21例占26.92%)和其他损伤(11例占14.10%)。其中,重型颅脑创伤30例(38.46%)、特重型48例(61.54%);入院时GCS评分3~8分,平均 (5.61 ± 1.40) 分。

二、观察方法

1. 颅内压监测 患者仰卧位,气管插管全身麻醉,经额角穿刺,于冠状缝前1cm、中线旁2.50cm处做体表切口,然后置入82-6653脑室型微型传感器探头(美国Codman Johnson & Johnson公司),连续监测5d(死亡患者截至死亡)。为了避免评阅偏倚,操作机器前调零,记录患者每小时读数并取平均值。

2. 超声测量视神经鞘直径 (1)仪器与材料: M9超声监测仪由深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司提供,高频线阵型超声探头频率5~10MHz; IV3000型3M无菌透明贴膜为英国Smith & Nephew Medical公司产品。(2)检测方法:患者平卧、头部正中位,闭合双眼;3M无菌透明贴膜覆盖双眼,以视乳

头后3 mm处作为测量点,扫描过程中探头垂直于眼动脉长轴,避免压迫眼球。分别测量平卧位与30°头高位、通气治疗前30 min与治疗后30 min、甘露醇治疗前30 min与治疗后30 min双眼ONSD,连续测量5 d(死亡患者检测时间截止至死亡),取平均值。

3. 治疗方法 患者入院后即行生命体征、脑氧饱和度,以及经颅多普勒超声(TCD)等神经重症多模态监测。(1)降低颅内压:在监测血清钠离子浓度和渗透压的基础上间断应用高渗性降颅压药物,质量分数为20%甘露醇0.50 g/kg经中心静脉快速滴注,监测过程中若患者血浆渗透压 >320 mOsm/L(290~310 mOsm/L),或出现血压及心排量下降、缺氧性应激反应和酸中毒等低血容量表现,须及时停止输注甘露醇。(2)通气治疗:保持呼吸道通畅,床头抬高30°,在呼气末二氧化碳监测技术的指导下调整呼吸机参数,使二氧化碳分压(PaCO₂)维持在30~35 mm Hg(1 mm Hg = 0.133 kPa),维持时间 ≤ 30 min。(3)其他辅助措施:维持核心体温于32.0~36.5 °C,同时予以镇静、镇痛药物使脑电双频指数(BIS)维持在40~50;优化血压使脑灌注压(CPP)控制在60~70 mm Hg;创伤早期(<7 d)预防性应用丙戊酸类药物,防止出现癫痫发作;恶性颅内高压患者通过脑室外引流术或去骨瓣减压术等神经重症集束化措施,控制其脑损伤进一步恶化。

4. 观察指标 (1)昏迷程度评价:根据GCS量表睁眼反应、语言反应及肢体动作等对患者昏迷程度和伤情进行评价,总评分3~15分, >14 分为正常、13~14分轻度昏迷、9~12分中度昏迷、3~8分重度昏迷,分值越低、昏迷程度越严重;其中13~15分为轻型、9~12分为中型、6~8分为重型、3~5分为特重型,重型和特重型患者均以颅内压增高为主要表现^[5-6]。(2)预后评价:出院后6个月,采用Glasgow预后分级(GOS)评价神经功能缺损程度,5分,恢复良好,可正常生活,但遗留轻残;4分,中残,可独立生活或在保护下工作;3分,重残,不能独立生活,需他人照顾;2分,植物状态生存,仅存在眼部活动和睡眠周期;1分,死亡^[7]。

三、统计分析方法

采用Epidata 3.1软件进行数据录入,SPSS 23.0统计软件进行数据处理与分析。计数资料以相对数构成比(%)或率(%)表示,行 χ^2 检验。根据Kolmogorov-Smirnov(K-S)检验行正态性检验,呈正态分布的计量资料以均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,采

用两独立样本的 t 检验;两组患者平卧位与30°头高位、通气治疗前30 min与治疗后30 min、甘露醇治疗前30 min与治疗后30 min双眼ONSD的比较,采用前后测量设计的方差分析。采用Pearson相关分析对ONSD与颅内压的相关性进行分析;采用受试者工作特征(ROC)曲线评价治疗前平卧位ONSD对重型颅脑创伤患者预后不良的预测价值。以 $P \leq 0.05$ 为差异具有统计学意义。

结 果

根据GOS评分,将纳入的78例患者分为预后良好组(4~5分,33例)和预后不良组(1~3分,45例),两组患者性别、年龄、体重指数、创伤至入院时间、致伤原因、损伤类型、颅脑创伤严重程度、入院时GCS评分,以及既往病史等基线资料差异无统计学意义(均 $P > 0.05$,表1),具有可比性。

两组患者入院后持续监测颅内压5 d,预后良好组颅内压为(19.52 \pm 7.53) mm Hg、预后不良组(23.53 \pm 9.27) mm Hg,预后不良组高于预后良好组且差异具有统计学意义($t = 2.111, P = 0.038$)。

两组患者30°头高位、通气治疗后30 min、甘露醇治疗前30 min ONSD分别低于平卧位($P = 0.012$)、通气治疗前30 min($P = 0.037$)和甘露醇治疗前30 min($P = 0.021$)的超声测量值,治疗前后差异具有统计学意义;而且预后不良组ONSD超声测量值高于预后良好组,差异亦有统计学意义($P = 0.000, 0.000, 0.002$;表2,3)。

Pearson相关分析显示,治疗前平卧位ONSD超声测量值与颅内压呈正相关($r = 0.691, P = 0.000$)。由ROC曲线可见,治疗前平卧位ONSD预测患者预后不良(GOS评分1~3分)的曲线下面积(AUC)为0.776(95%CI:0.826~0.978, $P = 0.000$),最佳临界值为5.53 mm,灵敏度91.52%、特异度87.14%(图1)。

讨 论

根据流行病学调查,我国重型颅脑创伤年发病率为55.4~64.1/10万例、病死率为13/10万例^[8];而由中国颅脑创伤数据库和国际颅脑创伤预后及临床研究(IMPACT)数据库提供的资料则显示,重型颅脑创伤患者预后不良^[9]。重型颅脑创伤系指创伤后昏迷时间超过6小时且GCS评分3~8分,或创伤后24小时内意识状态恶化,再次昏迷6小时以上,并伴明显神经系统阳性体征^[10]。研究表明,采取集

表 1 预后良好组与预后不良组患者一般资料的比较

Table 1. Comparison of general data between patients in favourable prognosis group and unfavourable prognosis group

观察指标	预后良好组 (n=33)	预后不良组 (n=45)	χ^2 或t值	P值
性别[例(%)]			1.825	0.177
男性	17(51.51)	30(66.67)		
女性	16(48.49)	15(33.33)		
年龄($\bar{x}\pm s$,岁)	55.42±13.43	55.22±12.24	0.069	0.945
BMI($\bar{x}\pm s$,kg/m ²)	24.42±4.35	26.09±5.58	1.424	0.159
创伤至入院时间($\bar{x}\pm s$,h)	26.70±15.53	30.24±15.26	1.007	0.317
吸烟史[例(%)]	9(27.27)	8(17.78)	1.007	0.316
饮酒史[例(%)]	14(42.42)	12(26.67)	2.127	0.145
糖尿病[例(%)]	9(27.27)	14(31.11)	0.135	0.713
高血压[例(%)]	13(39.39)	15(33.33)	0.305	0.581
冠心病[例(%)]	6(18.18)	10(22.22)	0.191	0.662
房颤[例(%)]	9(27.27)	6(13.33)	2.382	0.123
高脂血症[例(%)]	11(33.33)	8(17.78)	2.500	0.114
脑卒中[例(%)]	5(15.15)	7(15.56)	0.002	0.961
致伤原因[例(%)]			0.273	0.601
交通事故伤	21(63.64)	26(57.78)		
坠落伤	12(36.36)	19(42.22)		
损伤类型[例(%)]			3.395	0.494
硬膜下出血	8(24.24)	9(20.00)		
颅内血肿	6(18.18)	9(20.00)		
蛛网膜下腔出血	7(21.21)	7(15.56)		
脑挫裂伤	10(30.30)	11(24.44)		
其他	2(6.07)	9(20.00)		
颅脑创伤严重程度[例(%)]			0.021	0.885
特重型	13(39.39)	17(37.78)		
重型	20(60.61)	28(62.22)		
入院时GCS($\bar{x}\pm s$,评分)	5.55±1.56	5.84±1.71	0.803	0.431

Two-independent-sample *t* test for comparison of age, BMI, time from onset to admission and GCS score on admission, and χ^2 test for comparison of others, 年龄、BMI、创伤至入院时间和入院时 GCS 评分的比较行两独立样本的 *t* 检验,其余各项行 χ^2 检验。BMI, body mass index, 体重指数; GCS, Glasgow Coma Scale, Glasgow 昏迷量表

表 2 预后良好组与预后不良组患者不同干预治疗前后 ONSD 测值的比较($\bar{x}\pm s$,mm)

Table 2. Comparison of ONSD between favourable prognosis group and unfavourable prognosis group before and after different intervention ($\bar{x}\pm s$, mm)

组别	例数	体位变化	
		平卧位	30°头高位
预后良好组	33	5.38±0.54	5.17±0.50
预后不良组	45	5.61±0.45	5.38±0.49

组别	例数	通气治疗	
		治疗前	治疗后
预后良好组	33	5.32±0.50	5.12±0.52
预后不良组	45	5.57±0.44	5.35±0.40

组别	例数	甘露醇治疗	
		治疗前	治疗后
预后良好组	33	5.35±0.51	5.16±0.50
预后不良组	45	5.56±0.41	5.38±0.42

表 3 预后良好组与预后不良组患者不同干预治疗前后 ONSD 测值的前后测量设计的方差分析表

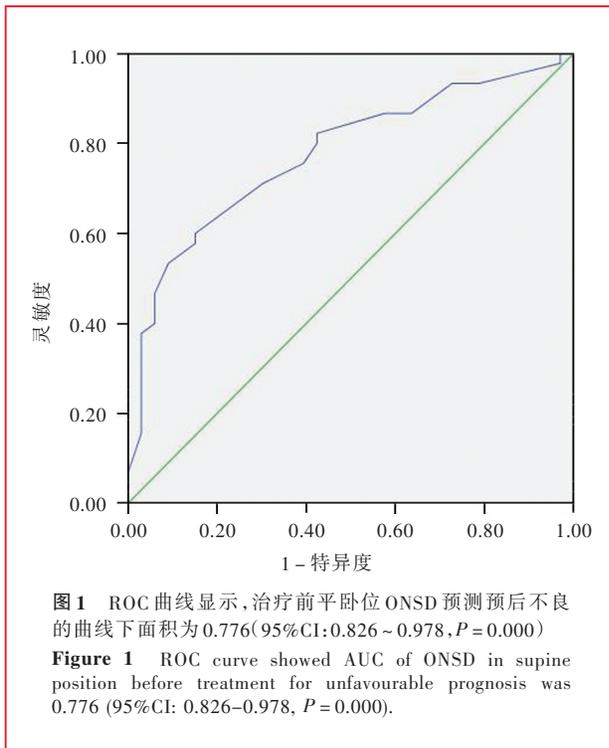
Table 3. ANOVA for pre- and post-measurement design of ONSD before and after intervention between patients with favourable prognosis and unfavourable prognosis

变异来源	SS	df	MS	F值	P值
体位变化					
处理因素	1.701	1	1.701	16.751	0.000
测量时间	2.120	1	2.120	6.644	0.012
处理因素×测量时间	1.588	1	1.588	13.439	0.001
组间误差	31.158	76	0.410		
组内误差	1.800	76	0.024		
通气治疗					
处理因素	1.889	1	1.889	29.776	0.000
测量时间	1.842	1	1.842	4.492	0.037
处理因素×测量时间	1.607	1	1.607	21.108	0.000
组间误差	24.255	76	0.319		
组内误差	7.718	76	0.102		
甘露醇治疗					
处理因素	1.261	1	1.261	12.465	0.002
测量时间	1.759	1	1.759	5.552	0.021
处理因素×测量时间	0.985	1	0.985	10.173	0.005
组间误差	24.077	76	0.317		
组内误差	7.686	76	0.101		

束化神经重症管理,对重型颅脑创伤患者早期施行有效监测、处置和规范化治疗,可改善预后^[11]。

床旁超声监测操作简便、动态、可重复性佳,是无创性监测重型颅脑创伤患者颅内压变化的有效方法^[12],有研究显示,ONSD 超声测量值与创伤后颅内压变化呈正相关,超声波可于颅内压增高数分钟

后即观察到 ONSD 的同步变化,这种变化早于视乳头水肿^[13]。其病理生理学机制可能为颅内压增高时筛板两侧压力差减小,使自眼内向视神经方向运行的轴浆滞留于筛板区,导致 ONSD 相应增加^[14]。本研究 Pearson 相关分析提示,重型颅脑创伤患者治疗前平卧位 ONSD 超声测量值与颅内压呈正相关,



提示床旁超声测量ONSD可于创伤后早期准确反映颅内压力变化,是一种较为可靠且无创的颅内压监测方法。

重型颅脑创伤后继发的持续性颅内高压不仅可诱发脑疝形成,而且由于脑灌注压降低使患者发生弥漫性脑缺血的风险明显增加^[15]。欧洲开展的一项多中心前瞻性临床试验结果证实,颅内压增高可导致患者预后不良,随着颅内压的持续增高,病死率亦随之上升,当颅内压 >35 mm Hg时病死率可高达51.6%^[16]。本研究预后不良组患者ONSD超声测量值均显著高于预后良好组,提示ONSD超声测量值可作为反映颅内压、监测伤情和评估预后的间接和有效的标志物。

重型颅脑创伤患者创伤后均可出现颅内压增高、脑血流自动调节能力失调和血脑屏障损害等病理生理变化,针对这些脑损伤机制所采取的救治策略主要以颅内压和(或)脑灌注压管控为导向,同时平衡胶体渗透压与脑毛细血管静水压^[17]。(1)保持30°头高位:这种体位姿势既能保证脑代谢所需的血流量,同时又可将毛细血管静水压控制在较低水平,以利于脑水肿吸收、缓解早期脑缺血、改善临床预后。(2)甘露醇降低颅内压:甘露醇具有建立血管内与组织间液之间渗透压梯度的作用,可将水分自组织间液移至血管内,从而减轻脑组织水肿。本研究所有患者均予间断性20%甘露醇快速静脉滴注

(0.50 g/kg)治疗,鉴于甘露醇的渗透性利尿作用易诱发低血容量变化,故治疗期间须严密监测血清钠离子浓度和渗透压,若血浆渗透压 >320 mOsm/L或出现明显的低血容量性表现时则应即刻停止输注甘露醇。(3)通气治疗:根据美国脑外伤基金会第四版《重型颅脑创伤救治指南》^[4],通气治疗仅可作为降低颅内压的临时措施。我们的经验是:对于无脑缺氧的患者,应通过局部脑氧饱和度($rcSO_2$)或TCD监测技术测定最佳 $PaCO_2$,并使其在30分钟内维持于30~35 mm Hg,这样可在降低颅内压的同时保证脑组织灌注,从而减少静脉血回流、降低动脉血流量,避免发生继发性急性脑损伤。对本研究两组患者的观察显示,30°头高位、通气治疗后30分钟和甘露醇治疗后30分钟,ONSD超声测量值分别低于平卧位、通气治疗前30分钟和甘露醇治疗前30分钟,提示经过上述治疗,ONSD呈现与颅内压同步降低之趋势,可能与视神经鞘管弹性回缩和蛛网膜下腔各种小梁重新折叠而致其压力下降有关。

虽然各项研究所制定的ONSD阈值有所差异,但以5.0~5.9 mm作为超声测量ONSD阈值范围的专业指标,已在本研究领域达成共识^[18-19]。本研究绘制的ROC曲线显示,采用治疗前平卧位ONSD超声测量值预测重型颅脑创伤患者预后不良的曲线下面积为0.776(95%CI:0.826~0.978, $P=0.000$)、最佳临界值5.53 mm,灵敏度为91.52%、特异度87.14%,提示通过超声波测量ONSD可以作为重型颅脑创伤患者临床预后判断的快速筛查指标。

综上所述,优化监测导向的神经重症监护管理是重型颅脑创伤患者获得良好临床转归的重要环节^[20],尤其床旁超声监测ONSD具有快速、无创、有效反映颅内压变化之优势,有望成为早期评估重型颅脑创伤患者临床预后的重要指标之一。由于本研究样本量小、随访时间短,且采用超声测量ONSD存在主观偏倚,相关研究结论尚待进一步研究加以验证。

利益冲突 无

参 考 文 献

- [1] Cardinell BA, Addington CP, Stabenfeldt SE, La Belle JT. Multi-biomarker detection following traumatic brain injury [J]. Crit Rev Biomed Eng, 2019, 47:193-206.
- [2] Lele A, Kannan N, Vavilala MS, Sharma D, Mossa-Basha M, Agyem K, Mock C, Pandey RM, Dash HH, Mahapatra A, Gupta D. Patients who benefit from intracranial pressure monitoring without cerebrospinal fluid drainage after severe traumatic brain

- injury[J]. Neurosurgery, 2019, 85:231-239.
- [3] Khandelwal A, Kapoor I, Mahajan C, Prabhakar H. Effect of positive end-expiratory pressure on optic nerve sheath diameter in pediatric patients with traumatic brain injury[J]. J Pediatr Neurosci, 2018, 13:165-169.
- [4] Carney N, Totten AM, O'Reilly C, Ullman JS, Hawryluk GWJ, Bell MJ, Bratton SL, Chesnut R, Harris OA, Kisson N, Rubiano AM, Shutter L, Tasker RC, Vavilala MS, Wilberger J, Wright DW, Ghajar J. Guidelines for the management of severe traumatic brain injury, fourth edition[J]. Neurosurgery, 2017, 80:6-15.
- [5] Green SM, Haukoos JS, Schriger DL. How to measure the Glasgow Coma Scale[J]. Ann Emerg Med, 2017, 70:158-160.
- [6] Kim H, Lee HS, Ahn SY, Park SC, Huh W. Factors associated postoperative hydrocephalus in patients with traumatic acute subdural hemorrhage[J]. J Korean Neurosurg Soc, 2017, 60:730-737.
- [7] McMillan T, Wilson L, Ponsford J, Levin H, Teasdale G, Bond M. The Glasgow Outcome Scale: 40 years of application and refinement[J]. Nat Rev Neurol, 2016, 12:477-485.
- [8] Zheng F, Xu H, von Spreckelsen N, Stavrinou P, Timmer M, Goldbrunner R, Cao F, Ran Q, Li G, Fan R, Zhang Q, Chen W, Yao S, Krischek B. Early or late cranioplasty following decompressive craniotomy for traumatic brain injury: a systematic review and meta-analysis[J]. J Int Med Res, 2018, 46:2503-2512.
- [9] Park YS, Kogeichi Y, Shida Y, Nakase H. Efficacy of the all-in-one therapeutic strategy for severe traumatic brain injury: preliminary outcome and limitation[J]. Korean J Neurotrauma, 2018, 14:6-13.
- [10] Aiolfi A, Benjamin E, Khor D, Inaba K, Lam L, Demetriades D. Brain trauma foundation guidelines for intracranial pressure monitoring: compliance and effect on outcome[J]. World J Surg, 2017, 41:1543-1549.
- [11] Wang YH, Yang LK, Cai XJ, Zhu J, Wang JC, Chen L, Liu B, Gao ZY, Sun CG, Wang CL. The treatment of severe and the most severely brain injury by controlled decompression[J]. Zhonghua Shen Jing Wai Ke Za Zhi, 2010, 26:819-822. [王玉海, 杨理坤, 蔡学见, 朱军, 王剑超, 陈磊, 刘斌, 高泽勇, 孙呈国, 王春莉. 控制减压治疗重型、特重型颅脑伤[J]. 中华神经外科杂志, 2010, 26:819-822.]
- [12] Gründe PO. Critical evaluation of the lund concept for treatment of severe traumatic head injury, 25 - years after its introduction[J]. Front Neurol, 2017, 8:315.
- [13] Banerjee A, Bala R, Saini S. Ultrasonographic measurement of optic nerve sheath diameter: a point of care test helps in prognostication of Intensive Care Unit patients[J]. Indian J Anaesth, 2017, 61:262-265.
- [14] Sadrameli SS, Wong MS, Kabir R, Wiese JR, Podell K, Volpi JJ, Gadhia RR. Changes in transcranial sonographic measurement of the optic nerve sheath diameter in non - concussed collegiate soccer players across a single season[J]. Cureus, 2018, 10:e3090.
- [15] Cai KS. Clinical analysis of 46 cases of severe cranioerebral injury with cerebral palsy treated by bilateral large bone flap decompression[J]. Zhonghua Shen Jing Wai Ke Ji Bing Yan Jiu Za Zhi, 2015, 14:274-276. [蔡可胜. 双侧大骨瓣减压治疗重型颅脑损伤脑疝患者 46 例临床分析[J]. 中华神经外科疾病研究杂志, 2015, 14:274-276.]
- [16] Munakomi S, Cherian I. Newer insights to pathogenesis of traumatic brain injury[J]. Asian J Neurosurg, 2017, 12:362-364.
- [17] Ren J, Wu X, Huang J, Cao X, Yuan Q, Zhang D, Du Z, Zhong P, Hu J. Intracranial pressure monitoring - aided management associated with favorable outcomes in patients with hypertension-related spontaneous intracerebral hemorrhage[J]. Transl Stroke Res, 2020, 35:145-165.
- [18] Munawar K, Khan MT, Hussain SW, Qadeer A, Shad ZS, Bano S, Abdullah A. Optic nerve sheath diameter correlation with elevated intracranial pressure determined via ultrasound[J]. Cureus, 2019, 11:e4145.
- [19] Soliman I, Johnson GGRJ, Gillman LM, Zeiler FA, Faqih F, Aletreby WT, Balhamar A, Mahmood NN, Ahmad Mumtaz S, Alharthy A, Lazaridis C, Karakitsos D. New optic nerve sonography quality criteria in the diagnostic evaluation of traumatic brain injury[J]. Crit Care Res Pract, 2018:ID3589762.
- [20] Zhi DS, Zhang GB, Yan H. A review of fundamental and clinical study on traumatic brain injury in last 10 years. Zhongguo Xian Dai Shen Jing Ji Bing Za Zhi, 2010, 10:83-91. [只达石, 张国斌, 闫华. 颅脑创伤基础与临床研究十年回顾. 中国现代神经疾病杂志, 2010, 10:83-91.]

(收稿日期:2020-08-24)

(本文编辑:彭一帆)

· 小词典 ·

中英文对照名词词汇(三)

压力反应性指数 pressure reactivity index(PRX)
 压力支持水平 pressure support(PS)
 氧合指数 oxygenation index(OI)
 游离线粒体 extracellular mitochondria(exMTs)
 增强现实 augmented reality(AR)
 整合素样金属蛋白酶与凝血酶 13 型
 disintegrin and metalloproteinase with thrombospondin

motif-13(ADAMTS13)
 中性粒细胞胞外诱捕网
 neutrophil extracellular traps(NETs)
 Youden 指数 Youden index(YI)
 蛛网膜下腔出血 subarachnoid hemorrhage(SAH)
 组织因子 tissue factor(TF)
 最适脑灌注压 optimal cerebral perfusion pressure(CPPopt)