

## . 论 著 .

## 高压氧对重型颅脑损伤合并肺部感染病人血清炎性指标的影响

郭博升 赵振升 闵翠丽 刘许昌 常青 张伟

【摘要】目的 观察高压氧(HBO)治疗对重型颅脑损伤合并肺部感染病人血清C反应蛋白(CRP)、降钙素原(PCT)、内毒素等炎性指标的影响。方法 2020年6月至2022年3月前瞻性收集重度颅脑损伤合并肺部感染60例,分为对照组与观察组,每组30例。对照组行降低颅内压、应用抗生素等常规治疗,观察组在对照组治疗的基础上加用高压氧治疗。比较两组病人治疗前、治疗后1~6周血清CRP、PCT、内毒素水平。结果 治疗前,两组病人血清CRP、PCT、内毒素水平均无统计学差异( $P>0.05$ )。治疗后1~6周,两组三项血清炎性指标均明显下降( $P<0.05$ ),而且观察组明显低于对照组( $P<0.05$ )。结论 HBO治疗可快速降低重度颅脑损伤合并肺部感染病人血清CRP、PCT、内毒素等指标,这提示联合监测三个指标可指导病人的治疗。

【关键词】重型颅脑损伤;肺部感染;高压氧;血清;C-反应蛋白;降钙素原;内毒素

【文章编号】1009-153X(2024)10-0590-05 【文献标志码】A 【中国图书资料分类号】R 651.1\*5

Effect of hyperbaric oxygen treatment on serum inflammatory markers of patients with severe traumatic brain injury complicated with pulmonary infection

GUO Bo-sheng<sup>1</sup>, ZHAO Zhen-sheng<sup>2</sup>, MIN Cui-li<sup>3</sup>, LIU Xu-chang<sup>1</sup>, CHANG Qing<sup>1</sup>, ZHANG Wei<sup>1</sup>. 1. Department of Neurosurgery, Yidu Central Hospital of Weifang, Weifang 262500, China; 2. Department of Hyperbaric Oxygen, Yidu Central Hospital of Weifang, Weifang 262500, China; 3. Department of Laboratory Medicine, Yidu Central Hospital of Weifang, Weifang 262500, China

【Abstract】Objective To explore the effect of hyperbaric oxygen (HBO) treatment on inflammatory markers including serum C-reactive protein (CRP), procalcitonin (PCT), and endotoxin in patients with severe traumatic brain injury (sTBI) complicated with pulmonary infection. Methods From June 2020 to March 2022, 60 patients with sTBI combined with pulmonary infection were prospectively collected and divided into a control group and an observation group, with 30 cases in each group. The control group received conventional treatments such as reducing intracranial pressure and applying antibiotics, while the observation group received HBO therapy in addition to the treatment of the control group. The levels of serum CRP, PCT, and endotoxin in the two groups were compared before treatment and 1 to 6 weeks after treatment. Results Before treatment, there was no statistically significant difference in the levels of serum CRP, PCT, and endotoxin between the two groups ( $P>0.05$ ). From 1 to 6 weeks after treatment, the three serum inflammatory markers in both groups decreased significantly ( $P<0.05$ ), and those in the observation group were significantly lower than those in the control group ( $P<0.05$ ). Conclusion HBO treatment can rapidly reduce the levels of serum CRP, PCT, and endotoxin in patients with sTBI complicated with pulmonary infection, suggesting that combined monitoring of these three indicators can guide the treatment of patients with sTBI complicated with pulmonary infection.

【Key words】Severe traumatic brain injury; Pulmonary infection; Hyperbaric oxygen; Serum; C-reactive protein; Procalcitonin; Endotoxin

重型颅脑损伤病人多存在较长时间的意识障碍,导致吸入性肺炎、神经源性肺水肿等发生率较高<sup>[1,2]</sup>。炎性指标反映感染程度、治疗效果,可用于指导治疗<sup>[3]</sup>。高压氧(hyperbaric oxygen, HBO)能通过提高组织内氧含量和氧的弥散距离而改善组织代谢,

减轻炎性反应,是治疗颅脑损伤的常用方法<sup>[4,5]</sup>。研究发现 HBO 可促进重型颅脑损伤病人肺部感染恢复<sup>[6]</sup>。本文探讨 HBO 对重型颅脑损伤合并肺部感染病人血清C-反应蛋白(C-reactive protein, CRP)、降钙素原(procalcitonin, PCT)、内毒素的影响。

## 1 资料与方法

1.1 病例选择标准 重度颅脑损伤;伤后昏迷12 h以上;意识障碍逐渐加重或再次出现昏迷;有明显神经系统阳性体征;体温、呼吸、血压、脉搏有明显改变。排除标准:未经处理的活动性出血及出血性疾病、恶

doi:10.13798/j.issn.1009-153X.2024.10.004

基金项目:潍坊市卫健委科研项目计划(WFSWJK-2020-308)

作者单位:262500 山东青州,山东第二医科大学附属潍坊市益都中心医院神经外科(郭博升、刘许昌、常青、张伟),高压氧科(赵振升),检验科(闵翠丽)

通信作者:张伟,Email: xiaoweige82@163.com

性肿瘤;治疗中死亡;存在 HBO 治疗禁忌症。

1.2 研究对象 2020 年 6 月至 2022 年 3 月前瞻性收治符合标准的重型颅脑损伤合并肺部感染 60 例,其中 30 例采用常规治疗(对照组),30 例在常规治疗基础上增加 HBO 治疗(观察组),每组 30 例。两组病人性别、年龄、吸烟史、饮酒史、治疗前 GCS 评分无统计学差异( $P>0.05$ ,表 1)。

1.3 肺部感染的诊断标准<sup>[7]</sup> 出现咳嗽、痰黏稠,肺部出现湿罗音,并有下列情况之一:①发热;②白细胞总数和(或)嗜中性粒细胞比例增高;③X 线检查显示肺部有炎性浸润性病变。

1.4 治疗方法

1.4.1 对照组 予以去骨瓣减压术、预防性亚低温、高渗性治疗、脑脊液引流、抗感染、营养支持、维持水电解质平衡等治疗<sup>[8]</sup>。

1.4.2 观察组 在对照组基础上加用 HBO 治疗。HBO 治疗共 3 个疗程,15 d 为一疗程,第一疗程结束后休息 5 d,第二疗程结束后休息 10 d,总时间共 60 d。治疗方案:加压 20 min,稳压 70 min,减压 20 min,稳压时吸氧 20 min×3,休息 5 min×2,1 天 1 次,15 次为 1 疗程。

1.5 血清 CRP、PCT、内毒素水平的测定 治疗前及治疗 1~6 周固定时间采集清晨静脉血测定血清 CRP、PCT、内毒素水平(连续测量 6 次,每周 1 次)。试剂盒与配套仪器购自深圳市国赛生物技术有限公司。变化值定义为某指标当前时间点与治疗前水平的差值,如 CRP 第 6 周的下降值为第 6 周 CPR 水平与治疗前 CPR 水平的差。

1.6 统计学处理 采用 SPSS 22.0 软件处理;计数资料采用 $\chi^2$ 检验;正态分布计量资料用 $\bar{x}\pm s$ 表示,采用  $t$  检验;非正态分布计量资料用中位数表示,采用 Wilcoxon

秩和检验; $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组病人治疗前后血清 CRP、PCT、内毒素水平的比较 治疗前,两组病人血清 CRP、PCT、内毒素水平均无统计学差异( $P>0.05$ ;图 1)。治疗 1~6 周,两组病人血清 CRP、PCT 水平均明显下降( $P<0.01$ ;图 1),而且观察组明显低于对照组( $P<0.01$ ;图 1)。治疗 1~6 周,两组血清内毒素水平均明显下降( $P<0.01$ ;图 1);治疗 1、2、6 周,两组血清内毒素水平无统计学差异( $P>0.05$ ;图 1);治疗 3~5 周,观察组血清内毒素水平明显低于对照组( $P<0.05$ ;图 1)。

2.2 两组治疗前后血清 CRP、PCT、内毒素水平变化值的比较 治疗 1~5 周,观察组血清 CRP 下降值均明显高于对照组( $P<0.05$ ;图 2);治疗 1~4 周,观察组血清 PCT 变化值明显高于对照组( $P<0.05$ ;图 2);治疗 4 周,观察组血清内毒素变化值明显高于对照组( $P<0.01$ ;图 2)。

2.3 两组病人的治疗结果 所有病人治疗 6 周,根据临床标准、影像学标准、检验标准、复查 X 线情况,所有病人肺部感染均治愈。

3 讨论

重型颅脑损伤病人多需长期卧床,容易导致坠积性肺炎;同时,伤后神经内分泌变化可造成多种炎症因子的释放,加重肺部感染,形成恶性循环。HBO 对颅脑损伤的治疗作用已经得到认可<sup>[5,9,10]</sup>,可通过增加组织内氧含量、减轻脑水肿、促进神经生长因子分泌<sup>[5]</sup>和星形细胞生长<sup>[11]</sup>起到治疗作用。颅脑损伤合并肺部感染进行 HBO 治疗,炎症反应能更有效地得到控制,而作为 CRP、PCT、内毒素等作为炎症反

表 1 重型颅脑损伤合并肺部感染的基线资料

Table 1 Baseline data of patients with severe traumatic brain injury associated with pulmonary infection

基线资料	对照组( $n=30$ )	观察组( $n=30$ )	统计值	$P$ 值
性别(例)			$\chi^2=0.278$	0.598
男	17(56.7%)	19(63.3%)		
女	13(43.3%)	11(36.7%)		
年龄(岁)	47.4±8.5	46.6±10.8	$t=0.557$	0.456
吸烟史(例)	14(46.7%)	16(53.3%)	$\chi^2=0.267$	0.606
饮酒史(例)	13(43.3%)	11(36.7%)	$\chi^2=0.278$	0.598
入院 GCS 评分(例)			$\chi^2=0.341$	0.559
3~5 分	7(23.3%)	9(30.0%)		
6~8 分	23(76.7%)	21(70.0%)		

注:对照组予以常规治疗;观察组在对照组基础上加用高压氧治疗

应的重要指标可反映炎症治疗效果<sup>[12-14]</sup>。本研究连续监测颅脑损伤合并肺部感染病人这三个指标在 HBO 治疗后的变化,为此类病人抗感染治疗提供参考。

3.1 HBO 对颅脑损伤后肺部感染病人血清 CRP 的影响 CRP 是一种急性时相反应蛋白,主要是白细胞介素 6 刺激肝脏和上皮细胞合成和分泌,在机体发生感染、创伤、手术等时会急剧上升,且升高程度常与炎症反应、组织损伤的程度呈正相关。CRP 激活补体和加强吞噬细胞的吞噬而起调理作用,从而清除入侵机体的病原微生物和损伤、坏死、凋亡的组织细胞,在机体的天然免疫过程中发挥重要的保护作用。

本研究观察组治疗 1~5 周血清 CRP 明显下降。这提示 HBO 治疗能迅速降低血清 CRP,可有助于控制肺部炎症反应。分析原因:HBO 治疗后,无论是

肺泡内氧分压,还是血液氧分压,均明显升高,改善了低氧血症,减轻了肺水肿,减轻炎症反应,从而使血清 CRP 快速下降。于君等<sup>[15]</sup>研究发现 HBO 治疗不仅可改善机体氧供、促进细胞有氧代谢,还能减轻肺水肿、减少气道分泌物、提高纤毛自主活动及气道分泌物排出能力,对抑制病原菌生长、提高巨噬细胞吞噬能力以及减少肝肾功能损害也有积极意义。

3.2 HBO 对颅脑损伤后肺部感染病人血清 PCT 的影响 PCT 是由甲状腺 C 细胞产生的一种糖蛋白,为降钙素前体,无激素活性,可由细菌毒素和炎症细胞因子诱导产生。当细菌感染时,血清 PCT 明显升高,而病毒感染及非感染性炎症一般不升高,因而 PCT 在炎症治疗过程中的价值被越来越重视。本研究结果发现观察组病人 HBO 治疗 1~6 周血清 PCT 明显下降,说明 HBO 治疗可减少 PCT 分泌。而就 PCT 的下

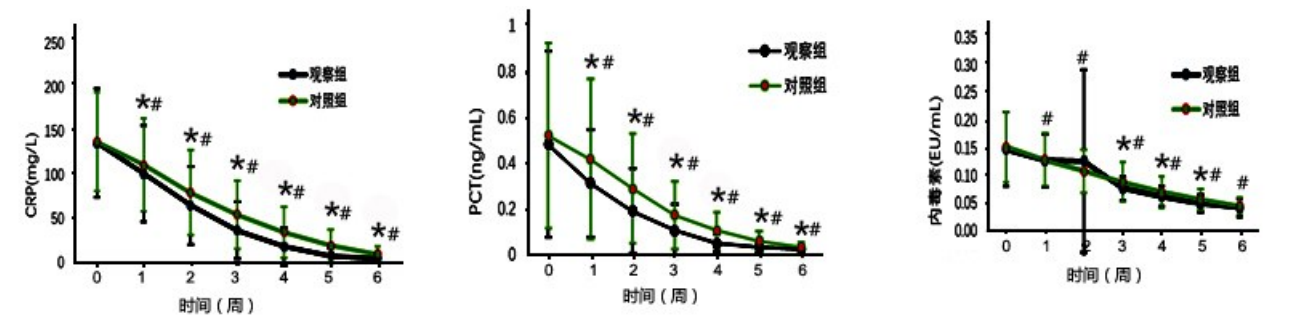


图1 重型颅脑损伤合并肺部感染高压氧治疗前后血清炎症指标(CRP、PCT、内毒素)水平  
与对照组相应值比较,\* $P<0.05$ ;CRP: C-反应蛋白;PCT: 降钙素原;对照组予以常规治疗;观察组在对照组基础上给予高压氧治疗

**Figure 1 Serum levels of CRP, PCT and endotoxin in patients with severe traumatic brain injury complicated with pulmonary infection before and after hyperbaric oxygen treatment**  
\*  $P<0.05$  compared with the control group. CRP: C-reactive protein. PCT: procalcitonin. The patients in the control group were given conventional treatment. The patients in the observation group were given hyperbaric oxygen therapy on the basis of the control group.

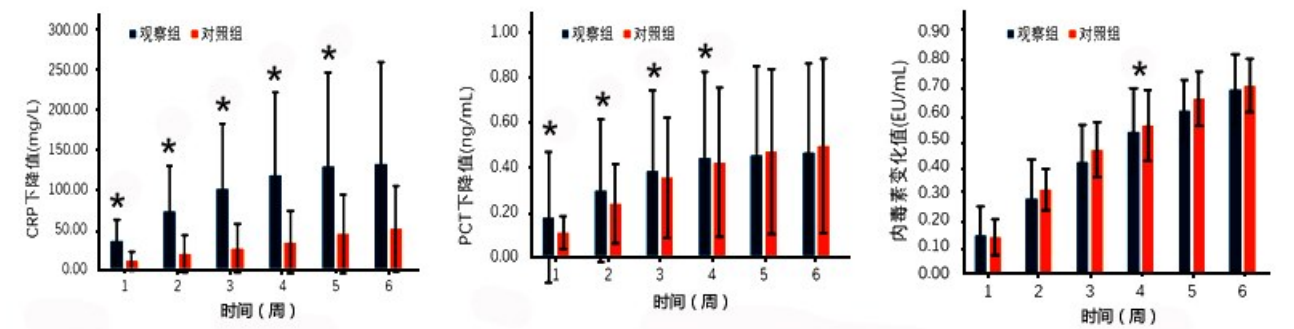


图2 重型颅脑损伤合并肺部感染高压氧治疗前后血清炎症指标(CRP、PCT、内毒素)变化幅度  
与对照组相应值比较,\* $P<0.05$ ;CRP: C-反应蛋白;PCT: 降钙素原;对照组予以常规治疗;观察组在对照组基础上给予高压氧治疗

**Figure 2 Magnitude of changes in serum CRP, PCT, and endotoxin in patients with severe traumatic brain injury complicated with pulmonary infection before and after hyperbaric oxygen treatment**  
\*  $P<0.05$  compared with the control group. CRP: C-reactive protein. PCT: procalcitonin. The patients in the control group were given conventional treatment. The patients in the observation group were given hyperbaric oxygen therapy on the basis of the control group.



降值而言,观察组病人 HBO 治疗 1~4 周血清 PCT 下降值明显高于对照组,说明 HBO 治疗可以使 PCT 迅速下降,尤其是治疗的前 4 周更为明显,因此,血清 PCT 的下降速度对指导治疗的价值和抗生素的选择更具有意义<sup>[16-18]</sup>。分析原因:HBO 治疗使肺泡内氧分压以及血液中氧分压升高,改善低氧血症,减轻肺水肿,降低炎症反应,从而使 PCT 快速下降。隋斌<sup>[19]</sup>研究发现,HBO 可帮助病人迅速改善血氧饱和度,增加血氧弥散率,促进病人脑细胞的新陈代谢,且为损伤部位提供充足的氧流量,加快其脑细胞的氧代谢,促进其脑细胞的修复,有助于抑制炎症因子及自由基物质的释放,从而达到改善其炎症反应的目的。潘文等<sup>[20]</sup>研究发现 HBO 治疗重型颅脑损伤病人能有效降低炎症因子水平,加强抗炎能力。

**3.3 HBO 对颅脑损伤后肺部感染病人血清内毒素的影响** 内毒素是革兰阴性菌细胞壁成分之一,脂质 A 是其主要毒性组分,不同革兰阴性菌的脂质 A 结构相似,具有较高的热稳定性。革兰阴性菌死亡后可释放大量的内毒素,作用于内皮细胞、白细胞等,并可激活补体系统和凝血系统,产生 IL-6、IL-8、TNF- $\alpha$ 、激肽等生物活性物质,作用于体温调节中枢引起发热反应<sup>[21]</sup>,产生炎症级联反应,形成恶性循环,加重感染。刘海冰等<sup>[22]</sup>研究发现革兰阴性菌血流感染病人的内毒素水平明显高于革兰阳性菌感染病人,内毒素是诊断、监测革兰阴性菌感染的重要指标,也是脓毒血症和全身炎症反应综合征的可靠指标。本研究结果表明,观察组 HBO 治疗 1、2 周血清内毒素水平与对照组无统计学差异( $P>0.05$ );但观察组治疗 3~5 周明显下降( $P<0.05$ );其中治疗 4 周,内毒素下降幅度最大( $P<0.05$ )。这说明内毒素对 HBO 治疗反应较迟钝,不像 CRP、PCT,在 HBO 治疗后迅速下降。

**3.4 联合检测血清 CRP、PCT、内毒素的临床意义** 炎症指标 CRP、PCT 及内毒素大致反映重度颅脑损伤病人肺部炎症的进展情况,炎症指标的下降,一定程度上反映病人肺部感染得到控制。本研究结果显示,HBO 治疗颅脑损伤肺部感染病人,血清 CRP、PCT 均明显下降,表明重型颅脑损伤合并肺部感染病人在常规治疗基础上加用 HBO 治疗,可较快降低血清炎症指标,而后炎症指标逐渐趋于平稳,说明在肺部感染的前期应用 HBO 治疗可使炎症指标得到更快的控制。既往,关于 HBO 治疗肺部感染的研究大多关注 CRP、PCT 两个指标的变化,而且缺少长时间治疗疗程的对比。袁春儿等<sup>[6]</sup>给予重型颅脑损伤合并肺部感染病人 HBO 治疗 1 个疗程(2 周)后 CRP、

PCT 明显下降,提示 HBO 对重型颅脑损伤合并肺部感染病人炎症状态有一定抑制作用。苗树船等<sup>[23]</sup>研究发现出血性脑卒中并发肺部感染病人经 HBO 治疗两个疗程后血清 CRP、PCT 明显下降,提示 HBO 可明显降低炎症反应及 CRP、PCT 等炎症指标。本研究应用 HBO 治疗颅脑损伤后肺部感染病人并连续观察 6 周,而且增加血清内毒素作为观察指标,一是探讨 HBO 治疗对血清内毒素变化的影响,二是探讨内毒素在炎症反应中的参考价值。本文结果显示,HBO 治疗后血清内毒素下降速度较 CRP、PCT 慢,说明内毒素对 HBO 治疗的反应比较慢,内毒素作为炎症指标在反应炎症程度方面也较 CRP、PCT 要迟缓。本文病例肺部感染的感染菌类合并革兰阳性菌和阴性杆菌,可以通过血清 CRP、PCT 的变化反应革兰阳性菌感染治疗效果,而内毒素的变化可反映革兰阴性菌感染的治疗效果,这在选择抗菌药物和决定治疗疗程方面可能具有价值<sup>[23,24]</sup>。

本研究的局限性:纳入病例数相对较少,且缺少严格的治疗效果评价体系,容易存在偏倚;另外,颅脑损伤后存在细菌性炎症反应和非细菌性炎症反应,本文未做区别,仅针对细菌性炎症反应进行了观察。下一步研究应进一步增加病例数量,制定更为严格的实验方案,确保结果的可靠性。

综上所述,对于重型颅脑损伤合并肺部感染的病人,HBO 治疗可快速降低血清 CRP、PCT 等炎症指标,对血清内毒素也有一定的降低作用,但降低速度相对缓慢;综合监测这些指标可指导治疗方案的调整。

**【伦理学声明】:**本研究遵循《赫尔辛基宣言》,所有病人或家属均签署知情同意书。本研究方案于 2020 年 12 月 7 日经潍坊市益都中心医院伦理委员会审批,批号为 2020-099。

**【利益冲突声明】:**本文不存在任何利益冲突。

**【作者贡献声明】:**郭博升收集病例资料、撰写文章、修改文章;赵振升提供高压氧治疗方案及研究设计;闵翠丽检测血清炎症指标并进行分析;常青、刘许昌负责收集病例资料;张伟负责修改文章。

**【致谢】:**本研究由潍坊青年人才托举工程支持。

【参考文献】

[1] ZHAI HY, ZHANG QT, LIANG Q. Risk factors, prevention and control of pulmonary infection in patients with severe craniocerebral

injury [J]. Chin J Infec Control, 2017, 16(2): 182-185.

翟红燕,张启田,梁 青. 重症颅脑损伤患者发生肺部感染的危险因素及防治[J]. 中国感染控制杂志,2017,16(2):182-185.

[2] FU YH, WANG L, CHEN CY. Risk factors for pulmonary infection in patients with severe craniocerebral injury [J]. Chin J Infec Control, 2018, 17(9): 783-787.

符永华,王 兰,陈翠云. 重症颅脑损伤患者肺部感染的危险因素[J]. 中国感染控制杂志,2018,17(9):783-787.

[3] SHI WM, GAO YX, MAO MW. Study on the guiding value of serum procalcitonin level for antibiotic use in patients with severe infection [J]. Jilin Med J, 2017, 38(8): 1515-1516.

史未名,高云仙,毛明伟. 血清降钙素原水平对重症合并感染患者抗生素使用的指导价值研究[J]. 吉林医学,2017,38(8):1515-1516.

[4] ZHONG X, SHAN A, XU J, *et al.* Hyperbaric oxygen for severe traumatic brain injury: a randomized trial [J]. J Int Med Res, 2020, 48(10): 300060520939824.

[5] DALY S, THORPE M, ROCKSWOLD S, *et al.* Hyperbaric oxygen therapy in the treatment of acute severe traumatic brain injury: a systematic review [J]. J Neurotrauma, 2018, 35(4): 623-629.

[6] YUAN CE, WU JM, WANG WQ, *et al.* Effects of hyperbaric oxygen on procalcitonin and C- reactive protein in patients with severe craniocerebral injury complicated with pulmonary infection [J]. Chin J Naut Med Hyperb Med, 2016, 23(1): 6-8.

袁春儿,吴坚敏,王伟群,等. 高压氧治疗对重型颅脑损伤合并肺部感染患者降钙素原和C反应蛋白的影响 [J]. 中华航海医学与高气压医学杂志,2016,23(1):6-8.

[7] STRASSBURG A, DALHOFF K, ENGELMANN I, *et al.* Diagnosis of infections in pneumology [J]. Pneumologie, 2010, 64(5): 291-299.

[8] LI CW, YI ZQ, LI L. Advances on treatment of severe traumatic brain injury [J]. Chin J Minimal Invasive Surg, 2016, 16(7): 656-660.

李春伟,伊志强,李 良. 重型创伤性颅脑损伤的治疗进展[J]. 中国微创外科杂志,2016,16(7):656-660.

[9] MATHIEU D, MARRONI A, KOT J. Tenth European Consensus Conference on Hyperbaric Medicine: recommendations for accepted and non- accepted clinical indications and practice of hyperbaric oxygen treatment [J]. DHM, 2017, 47(1): 24-32.

[10] BIGGS AT, DAINER HM, LITTLEJOHN LF. Effect sizes for symptomatic and cognitive improvements in traumatic brain injury following hyperbaric oxygen therapy [J]. J Appl Physiol (Bethesda, Md: 1985), 2021, 130(5): 1594-1603.

[11] XING P, MA K, LI L, *et al.* The protection effect and mechanism of hyperbaric oxygen therapy in rat brain with traumatic injury [J]. Acta Cir Bras, 2018, 33(4): 341-353.

[12] SINHA M, MANTRI S, DESAI S, *et al.* Procalcitonin as an adjunctive biomarker in sepsis [J]. IJA, 2011, 55(3): 266-270.

[13] YANG XW, LI P, ZHANG JC, *et al.* Value of serum procalcitonin monitoring to guiding antibiotic treatment of patients with intracranial infection after severe traumatic brain injury [J]. Chin J Clin Neurosurg, 2014, 19(1): 26-28.

杨晓文,李 萍,张吉才,等. 降钙素原对重型颅脑损伤并发颅内感染后抗生素使用的指导意义[J]. 中国临床神经外科杂志, 2014,19(1):26-28.

[14] LENG Y, CHEN C, ZHANG Y, *et al.* Ability of serum procalcitonin to distinguish focus of infection and pathogen types in patients with bloodstream infection [J]. Ann Transl Med, 2019, 7(7): 135.

[15] YU J, MA FQ, QU LB. Effect of early hyperbaric oxygen therapy on the incidence of complications in patients with severe craniocerebral injury [J]. Chin J Naut Med Hyperb Med, 2022, 29(02): 245-248.

于 君,马丰庆,曲丽波. 早期高压氧治疗对重型颅脑损伤患者并发症发生率的影响[J]. 中华航海医学与高气压医学杂志, 2022,29(2):245-248.

[16] CAI ZF, ZHOU SD, DENG BL, *et el.* Dynamic monitoring serum procalcitonin levels on antibiotic use in elderly patients with severe pneumonia [J]. Chin Remed Clin, 2014, 14(1): 25-27.

蔡卓夫,周舍典,邓白荔,等. 动态监测老年重症肺炎患者血清降钙素原水平对抗菌药使用的影响[J]. 中国药物与临床,2014,14(1):25-27.

[17] LEE CC, KWA A, APISARNTHANARAK A, *et al.* Procalcitonin (PCT)- guided antibiotic stewardship in Asia- Pacific countries: adaptation based on an expert consensus meeting [J]. Clin Chem Lab Med, 2020, 58(12): 1983-1991.

[18] MUN SJ, JIN SK, MOON C, *et al.* Procalcitonin as a predictor of early antibiotic treatment failure in patients with gram- negative bloodstream infections caused by urinary tract infections [J]. Diagn Microbiol Infect Dis, 2021, 99(3): 115256.

[19] SUI B. Clinical effect of standard large traumatic flap decompression combined with hyperbaric oxygen in the treatment of severe cranio- cerebral injury [J]. China Modern Med, 2022, 29(4): 111-114.

隋 斌. 标准外伤大骨瓣减压术联合高压氧治疗重型颅脑损伤患者的临床效果[J]. 中国当代医药,2022,29(4):111-114.

[20] PAN W, WANG ZQ, GAO Y, *et al.* Effect of standard large craniotomy combined with hyperbaric oxygen on hemodynamics and inflammatory stress in elderly patients with severe traumatic craniocere- bral injury [J]. Chin J Gerontol, 2018, 38(24): 5986-5989.

2014; 858496.

[6] ZHAO B, RABINSTEIN A, MURAD MH, *et al.* Sugical and endo-vascular treatment of poor-grade aneurismal subarachnoid hemo-rrhage: a systematic review and meta-analysis [J]. J Neurosurg Sci, 2017, 61(4): 403-415.

[7] GAASCH M, SCHIEFECKER AJ, KOFIER M, *et al.* Cerebral auto-regulation in the prediction of delayecerebral ischemia and clinical outcome in poor-grade aneurismal subarachnoid hemorrhage patients [J]. Crit Care Med, 2018, 46(5): 774-780.

[8] HAN Y, YE F, LONG X, *et al.* Ultra-early treatment for poor-grade aneurismal subarachnoid hemorrhage:a systematic review and meta-analysis [J]. World Neurosurg, 2018, 115: e160-e171.

[9] GARG R, BAR B. Systemic complications following aneurismal sub-arachnoid hemorrhage [J]. Cureurol Neurosci Rep, 2017, 17(1): 7.

[10] SARACEN A, KOTWICA Z, WOZNIAK-KOSEK A, *et al.* Neuro-genic pulmonary edema inaneurysmal suarachnoid hemorrhage [J]. Adv Exp Med Biol, 2016, 952: 35-39.

[11] OTERO HJ, POLLLOCK AN. Neurogenic pulmonary edema [J]. Pe-diatr Emerg Care, 2014, 30: 845.

[12] FONTES RB, AGUIAR PH, ZANETTI MV, *et al.* Acute neurogenic pulmonary edema:case reports and literature review [J]. J Neurosurg Anesthesiol, 2003, 15: 144.

[13] BUSL KM, BLECK TP. Neurogenic pulmonary edema [J]. Crit Care Med, 2015, 43: 1710.

[14] DAVISON DL, TEREK M, CHAWLA LS. Neurogenic pulmonary edema [J]. Crit Care, 2012, 16: 212.

[15] BUSL KM, BLECK TP. Neurogenic pulmonary edema [J]. Crit Care Med, 2015, 43: 1710.

[16] LIU HS, SU Q, ZHAO XD, *et al.* Identification and treatment of the early form of neurogenic pulmonary edema in emergency room [J]. Acta Acad Med Sinic, 2015, 37: 343.

刘升红, 苏 琴, 赵晓东, 等. 神经源性肺水肿早期形成的急诊识别及治疗[J]. 中国医学科学院学报, 2015, 37: 343.

[17] FONTES RB, AGUIAR PH, ZANETTI MV, *et al.* Acute neurogenic pulmonary edema:case report and literature review [J]. J Neurosurg Anesthesiol, 2003, 15: 144.

[18] MORRIS GM, HADLOCK JR, MALBON CC. Cross-regulation between G-protein-coupled receptors: acivation of beta 2-adrener-gic receptors increases alpha 1-adrenergic receptor mRNA levels [J]. J Biol Chem, 1991, 266(4): 2233-2238.

[19] WIEREISIEWSKI DR, MCDEAVITT JT. Pulmonary complication in traumatic brain injury [J]. J Heat Trauma Rehahil, 1998, 13(1): 28-35.

[20] DAVISON DL, TERK M, CHAWLA LS. Neurogenic pulmonary edema [J]. Crti Care, 2012, 16(2): 212.

[21] JUNTILA E, ALA-KOKKO T, OHTONEN P, *et al.* Neurogenic pulmonary edema in patients with nontautomatic intracerebral hemo-rrhage: predictors and association with outcome [J]. Anesth Analg, 2013, 116: 855.

[22] PARK J, WOO H, KANG DH, *et al.* Formal protocol for emergency treatment of ruptured intracrail aneurysms to reduce in-hospital rebleeding and improve clinical outcomes [J]. J Neurosurg, 2015, 122(2): 383-391.

(2023-07-21 收稿, 2024-06-10 修回)

(上接第 594 页)

潘 文, 王振强, 高 原, 等. 标准大骨瓣开颅术联合高压氧对老年重型创伤性颅脑损伤患者血流动力学及炎症应激的影响[J]. 中国老年学杂志, 2018, 38(24): 5986-5989.

[21] TU JJ. Analysis on value of serum procalcitonin and endotoxin in the diagnosis of elderly lower respiratory tract infection [J]. Clin Med Engin, 2020, 27(1): 85-86.

涂继军. 血清降钙素原与内毒素检测在老年下呼吸道感染诊断中的价值分析[J]. 临床医学工程, 2020, 27(1): 85-86.

[22] LIU HB, ZHANG Y, CHEN JG, *et al.* Study on the ability of PCT, CRP and endotoxin to distinguish the types of pathogenic bacteria in bloodstream infection [J]. Lab Med Clin, 2021, 18(14): 1985-1988.

刘海冰, 张 悦, 陈建国, 等. PCT、CRP 及内毒素对血流感染致病菌类型鉴别能力的研究[J]. 检验医学与临床, 2021, 18(14): 1985-1988.

[23] MIAO SC, WANG XY, WANG ER, *et al.* Effect of HBO on inflam-matory markers in patients with hemorrhagic stroke complicated with pulmonary infection [J]. Chongqing Med, 2018, 47(31): 4078-4079, 4084.

苗树船, 王晓燕, 王恩任, 等. HBO 对出血性脑卒中并发肺部感染患者炎症标志物的影响[J]. 重庆医学, 2018, 47(31): 4078-4079, 4084.

[24] WU B, ZHANG QF, WANG F, *et al.* The relationship between serum levels of procalcitonin, endotoxin and C-reactive protein and pathogen-ic bacteria and prognosis in sepsis patients [J]. Chin J Blood Purific, 2022, 21(6): 432-435.

吴 波, 张琼芳, 王 芳, 等. 脓毒血症患者血清 PCT、内毒素、CRP 水平与病原菌及预后的关系分析[J]. 中国血液净化, 2022, 21(6): 432-435.

(2023-06-19 收稿, 2024-04-13 修回)