

重症超声在重型颅脑损伤术后患者呼吸管理中的应用价值

周桂坤¹ 闫小林² 汲海燕² 李想³ 张照健²
王龙² 时信² 曹立红¹ 雒云祥²

天津市武清区中医医院¹超声科, ²重症医学科, ³手术室, 天津 301700
通信作者: 雒云祥, Email: 279154218@qq.com

【摘要】目的 探讨重症超声在重型颅脑损伤术后患者呼吸管理中的应用价值。**方法** 选择 2019 年至 2021 年天津市武清区中医医院重症监护病房 (ICU) 收治的重型颅脑损伤开颅术后患者 91 例作为研究对象, 随机分为常规诊疗组 (48 例) 和重症超声组 (43 例)。比较两组患者的心肺疾病检出情况以及呼吸衰竭和肺部感染发生率、气管切开率、再次气管插管率、呼吸机支持时间、ICU 住院时间。**结果** 重症超声组患者术后即刻应用超声检查, 心肺疾病即刻检出率为 88.37% (38/43)。在 ICU 住院期间, 重症超声组患者心肺疾病总检出率明显高于常规诊疗组 [100.00% (43/43) 比 85.42% (41/48), $P < 0.05$]。重症超声组患者呼吸衰竭和肺部感染发生率、气管切开率、再次气管插管率均明显低于常规诊疗组 [呼吸衰竭: 11.63% (5/43) 比 43.75% (21/48), 肺部感染: 11.63% (5/43) 比 43.75% (21/48), 气管切开: 6.98% (3/43) 比 31.25% (15/48), 再次气管插管: 9.30% (4/43) 比 37.50% (18/48), 均 $P < 0.05$]。呼吸机支持时间较常规诊疗组明显延长 ($h: 28.05 \pm 9.93$ 比 18.22 ± 10.77 , $P < 0.05$)。两组患者的 ICU 住院时间比较差异无统计学意义 ($d: 9.00 \pm 3.82$ 比 9.85 ± 4.12 , $P > 0.05$)。**结论** 重症超声应用于重型颅脑损伤术后患者能更早检出心肺疾病, 提高心肺疾病检出率, 实时监测、评估和指导治疗。虽然应用重症超声检查后呼吸机支持时间延长, 但能够减少患者呼吸衰竭、肺部感染、气管切开及再次气管插管的发生。

【关键词】 重型颅脑损伤; 呼吸管理; 重症超声; 呼吸衰竭; 气管切开

基金项目: 天津市武清区科技计划项目 (WQKJ201959)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2021.04.011

Application value of severe ultrasound in respiratory management of post-operative patients with severe craniocerebral injury Zhou Guikun¹, Yan Xiaolin², Ji Haiyan², Li Xiang³, Zhang Zhaojian², Wang Long², Shi Xin², Cao Lihong¹, Luo Yunxiang²

¹Department of Ultrasonography, Tianjin Wuqing Traditional Chinese Medicine Hospital, Tianjin 301700, China;

²Department of Critical Care Medicine, Tianjin Wuqing Traditional Chinese Medicine Hospital, Tianjin 301700, China;

³Operation Room, Tianjin Wuqing District Hospital of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 301700, China

Corresponding author: Luo Yunxiang, Email: 279154218@qq.com

【Abstract】Objective To explore the application value of ultrasound in respiratory management of postoperative patients with severe craniocerebral injury. **Methods** Ninety-one patients with postoperative severe craniocerebral injury treated in the intensive care unit (ICU) of Tianjin Wuqing Traditional Chinese Medicine Hospital from 2019 to 2021 were enrolled as the study objects, and they were randomly divided into routine diagnosis and treatment group (48 cases) and severe patients ultrasound group (43 cases). The detection of cardiopulmonary diseases, the incidences of respiratory failure and pulmonary infection, tracheotomy rate, re-intubation rate, ventilator support time and ICU hospitalization time were compared between the two groups. **Results** In the severe patient ultrasound group, the patient after operation might immediately be sent to the ultrasound room to undergo examination, the detection rate of cardiopulmonary disease being 88.37% (38/43). During ICU hospitalization, the total detection rate of cardiopulmonary diseases in severe patient ultrasound group was significantly higher than that in routine diagnosis and treatment group [100.00% (43/43) vs. 85.42% (41/48), $P < 0.05$]. The incidences of respiratory failure, pulmonary infection, tracheotomy and re-intubation in severe patient ultrasound group were significantly lower than those in routine diagnosis and treatment group [respiratory failure: 11.63% (5/43) vs. 43.75% (21/48), pulmonary infection: 11.63% (5/43) vs. 43.75% (21/48), tracheotomy: 6.98% (3/43) vs. 31.25% (15/48), re-intubation: 9.30% (4/43) vs. 37.50% (18/48), all $P < 0.05$]. However, the support time of ventilator was significantly higher than that of routine diagnosis and treatment group (hours: 28.05 ± 9.93 vs. 18.22 ± 10.77 , $P < 0.05$). There was no significant difference in ICU length of stay between the two groups (days: 9.00 ± 3.82 vs. 9.85 ± 4.12 , $P > 0.05$). **Conclusions** The application of severe patient ultrasound in postoperative patients with severe craniocerebral injury can detect cardiopulmonary diseases earlier, improve the detection rate of cardiopulmonary diseases, and monitor, evaluate and guide treatment in real time. Although the ventilator support time is longer in taking severe patient ultrasonography, it can reduce the incidences of respiratory failure, pulmonary infection, tracheotomy and re-endotracheal intubation.

【Key words】 Severe craniocerebral injury; Respiratory management; Severe patient ultrasound; Respiratory failure; Tracheotomy

Fund program: Tianjin Wuqing District Science and Technology Planning Project (WQKJ201959)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2021.04.011

重型颅脑损伤术后患者因神经功能受损,大部分存在意识障碍,无法自主咳痰,咽喉部肌肉松弛,舌根后坠,气道廓清能力下降,加之患者长期卧床,其肺部疾病(如神经源性肺水肿、肺感染、肺不张、坠积性肺炎)以及因肺部疾病、呼吸机支持或应激导致的心脏疾病(如右心及左心功能不全、应激性心肌病)发生率较高,对患者预后、神经功能恢复、住院时间和病死率均有一定影响^[1-2],因此对颅脑损伤术后患者心肺疾病的及早甄别、及时评估与治疗尤为重要。重症超声具有可重复床旁观察患者病情变化的优点,与传统放射学检查方法相比,超声无辐射且费用低,尤其在肺部疾病诊断方面具有较高的敏感性和特异性,甚至被认为可以替代胸部 CT 而常规用于重症医学^[3]。本研究以颅脑损伤术后患者为研究对象,应用床旁重症超声评估患者心、肺情况,并以重症超声为导向指导治疗,从而探索重症超声在颅脑损伤术后患者呼吸管理中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 研究对象及分组:采用前瞻性随机对照研究方法,选择 2019 年至 2021 年在天津市武清区中医医院重症监护病房(ICU)治疗的重型颅脑损伤术后患者,采用随机数字表法将患者分为重症超声组(43 例)和常规诊疗组(48 例)。

1.1.1 纳入标准:① 年龄 ≥ 18 岁;② 存在颅脑损伤,行颅脑手术后收入 ICU;③ 格拉斯哥昏迷评分(GCS) < 8 分。

1.1.2 排除标准:① 存在胸部损伤(如肋骨骨折、血气胸);② 胸壁积气无法行超声检查;③ 呼吸、循环衰竭。

1.1.3 伦理学:本研究符合医学伦理学标准,并经本院医学伦理委员会批准(审批号:2019-010-01),所有治疗和检测均获得患者或家属的知情同意。

1.2 治疗方法:患者术后均留置气管导管转入 ICU,常规给予减轻脑水肿、适度镇静镇痛、维持内环境稳定和化痰、物理排痰、常规吸痰(每 4 h 1 次)以及呼吸机支持、肠内和肠外营养治疗等,监测患者意识和瞳孔(每 1 h 1 次)至病情稳定,术后 1、4、7、10 d 常规复查头部和胸部 CT。

1.2.1 重症超声组:给予重症超声评估及指导治疗。

1.2.1.1 术后呼吸管理策略:患者术后留置气管导管,转入 ICU 后即刻行床旁重症超声对患者双侧肺部 12 个区域及心脏 3 个声窗(胸骨旁、心尖部、剑突下)进行检查[包括肺部超声和心脏超声,应用重症超声病理生理导向急诊检查方案及诊疗流程

(POCCUE)^[4]],评估患者肺部及心脏的结构和功能,了解患者有无肺水肿、肺不张、气胸、胸腔积液、心腔增大、心功能不全等。如出现上述情况,积极查找病因并治疗(如减轻肺水肿、支气管镜吸痰、加强体外物理排痰、胸腔穿刺、改善心功能、调整呼吸机参数等),治疗后行床旁重症超声检查,监测并评估治疗情况,如不满意再次行 POCCUE 流程,直至患者病情趋于好转。之后每日常规行床旁重症超声检查,流程同前述。次日复查头部和胸部 CT,结合神经系统体检、血气分析和重症超声检查结果决定是否拔除气管导管。拔除气管导管的指征:GCS 评分 > 8 分;CT 显示颅内血肿残留少,中线偏移 < 0.5 cm,环池结构可见,脑肿胀轻,肺部炎性渗出少;动脉血氧分压(PaO_2) > 90 mmHg(1 mmHg ≈ 0.133 kPa);床旁重症超声提示,肺部存在滑行征,无静、动态支气管充气征或双肺仅 1 个区域存在静态、动态支气管充气征,无或极少量胸腔积液,无 B 线或双肺仅 1 个区域存在 B7 线;心腔大小无改变、心脏结构与功能大致正常、下腔静脉宽度及变异率无异常。上述标准若有不符者则留置气管导管并给予呼吸机支持继续观察,每日至少进行 1 次床旁重症超声检查及治疗流程,直至超声结果符合上述标准后复查 CT。GCS 评分 > 8 分、颅内情况稳定、肺部情况改善的患者可拔除气管导管,不符合上述情况且估计短期内不能改善者建议行气管切开。拔除气管导管的患者继续在 ICU 接受治疗,监测脉搏血氧饱和度(SpO_2)和血气分析,以 $\text{SpO}_2 \geq 0.94$ 为日常随机观察指标,通过鼻导管、面罩给氧,舌后坠者留置口咽通气管,确诊为肺部感染者给予广谱抗菌药物并进行病原学检查,同时继续每日进行重症超声检查及治疗流程。

1.2.1.2 考虑再次气管插管的可能:以动脉血二氧化碳分压(PaCO_2) > 50 mmHg、 $\text{PaO}_2 < 60$ mmHg、呼吸频率 > 40 次/min 或 < 10 次/min 为标准,结合神经系统检查(GCS 评分 ≤ 8 分且短期内不能改善,CT 显示中线偏移 > 0.5 cm,脑肿胀环池结构模糊)作为是否再次行气管插管的标准,均未达到上述标准者可继续观察,否则行气管插管并给予呼吸机支持。

1.2.1.3 气管切开的手术指征:主要视有无长期留置气管导管的必要而定,如患者存在长期昏迷(GCS 评分 ≤ 8 分)、难以短期控制的肺部感染(结合白细胞计数、降钙素原和 CT 检查结果判断)、需呼吸机持续支持的难以纠正的呼吸衰竭可行气管切开,否则患者在病情稳定后可拔除气管导管。

1.2.2 常规诊疗组:给予术后常规诊疗。次日复查

头部和胸部 CT,结合神经系统体检及血气分析结果决定是否拔除气管导管(拔除指征同重症超声组),上述标准若有不符者则留置气管导管并给予呼吸机支持继续观察。2~3 d 后复查 CT,再按上述标准评定,后续流程同重症超声组,同时注意气道排痰及肠内和肠外营养治疗。考虑再次行气管插管的可能及气管切开的手术指征情况同重症超声组。

1.3 观察指标:比较两组患者呼吸衰竭发生率、肺部感染发生率、气管切开率、再次气管插管率、呼吸机支持时间和 ICU 住院时间。设定 PaO₂<60 mmHg 为标准,连续 2 次血气分析证实患者存在呼吸衰竭。

1.4 统计学方法:使用 SPSS 20.0 统计软件分析数据。计量资料符合正态分布以均数 ± 标准($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用独立样本 *t* 检验,组内比较采用配对 *t* 检验;不符合正态分布以中位数(四分位数) [$M(Q_L, Q_U)$] 表示,采用非参数秩和检验。计数资料以频数(%)表示,采用 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料(表 1):两组患者性别、年龄、疾病严重程度评分等一般资料比较差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$),具有可比性。

2.2 心肺疾病检出情况:重症超声组患者术后即刻超声检查结果显示,局限性肺水肿 18 例、弥漫性肺水肿 2 例、局限性肺不张 + 局限性肺水肿 12 例、坠积性肺不张 4 例、右心房增大及下腔静脉增宽 2 例,即刻检出率为 88.37%。ICU 住院期间,重症超声组心肺疾病总检出率明显高于常规诊疗组[100.00%(43/43)比 85.42%(41/48), $P < 0.05$]。

2.3 并发症、气管切开率、再次气管插管率、呼吸机支持时间和 ICU 住院时间(表 2):重症超声组患者呼吸衰竭和肺部感染发生率、气管切开率和再次气管插管率均明显低于常规诊疗组,呼吸机支持时间较常规诊疗组明显延长(均 $P < 0.05$)。两组患者的 ICU 住院时间比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。

3 讨论

重型颅脑损伤患者往往存在不同程度的意识障碍,且以昏迷状态多见,导致患者气道保护能力受限,并容易发生误吸而引起吸入性肺炎。同时,此部分患者常存在不同程度的肢体活动功能丧失,导致部分患者需要长期卧床,坠积性肺炎发生率较高。而且重症患者在 ICU 住院期间容易发生 ICU 获得性肌无力(ICUAW),此部分患者常同时合并呼吸肌功能障碍,增加了呼吸系统并发症的发生风险^[5-6]。虽然对患者实施了 24 h 监测,并不断优化呼吸管理策略,如预防性翻身拍背、物理排痰、气道分泌物引流、及时清理气道减少误吸以及声门下引流、持续完善呼吸机支持策略,但重型颅脑损伤术后患者存在非常复杂的肺脑交互、心肺交互等一系列病理生理改变,颅内神经损伤及压力的改变可影响或加重肺部疾病,而肺部疾病反之又可加重颅内病变^[7-14],加上个体差异的存在,对于重型颅脑损伤开颅术后患者何时拔除气管导管、何时进行气管切开、能否预防性建立人工气道、如何进行机械通气等问题目前尚无定论^[15-21]。这就要求重症医师不断提高对重症患者病情及并发症的评估能力,而个体化诊疗方案的建立尤为重要。

本研究应用重症超声对重型颅脑损伤术后患者

表 1 是否应用重症超声诊疗两组重型颅脑损伤患者的一般资料比较

组别	例数 (例)	性别(例)		年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	APACHE II 评分 (分, $\bar{x} \pm s$)	GCS 评分 (分, $\bar{x} \pm s$)	基础疾病 (例)	损伤部位(例)		
		男性	女性					硬膜下	硬膜外	其他
常规诊疗组	48	28	20	62.70 ± 13.46	21.67 ± 2.97	6.25 ± 1.19	23	25	13	8
重症超声组	43	25	18	63.30 ± 15.12	21.74 ± 3.30	6.32 ± 1.15	21	29	10	6
t/χ^2 值		0.001		0.205	0.118	0.307	0.008	2.217	0.176	0.128
<i>P</i> 值		0.938		0.838	0.906	0.760	0.930	0.150	0.677	0.743

注: APACHE II 为急性生理学及慢性健康状况评分 II, GCS 为格拉斯哥昏迷评分

表 2 是否应用重症超声诊疗两组重型颅脑损伤患者并发症发生情况、气管切开率、再次气管插管率、呼吸机支持时间和 ICU 住院时间比较

组别	例数 (例)	并发症 [例(%)]		气管切开率 [% (例)]	再次气管插管率 [% (例)]	呼吸机支持时间 (h, $\bar{x} \pm s$)	ICU 住院时间 (d, $\bar{x} \pm s$)
		呼吸衰竭	肺部感染				
常规诊疗组	48	21 (43.75)	21 (43.75)	31.25 (15)	37.50 (18)	18.22 ± 10.77	9.85 ± 4.12
重症超声组	43	5 (11.63)	5 (11.63)	6.98 (3)	9.30 (4)	28.05 ± 9.93	9.00 ± 3.82
χ^2/t 值		11.468	11.468	8.422	9.838	4.510	-1.022
<i>P</i> 值		0.001	0.001	0.004	0.003	0.000	0.310

注: ICU 为重症监护病房

进行检查,术后即刻心肺疾病检出率达 88.37%,ICU 住院期间肺部疾病检出率达 100%,而常规诊疗组患者在 ICU 住院期间的肺部疾病检出率为 85.42%。对于重症超声组检出的心肺疾病患者均改变了诊疗策略,并且得到了良好的效果。术后即刻心肺疾病检出率高,考虑与外伤后误吸、液体复苏、术中呼吸机支持有关,然而重型颅脑损伤患者情况危急,要本着“先救命后治病”的原则救治,因此无法或很难做到术前精准评估,导致无法精准治疗,术后心肺疾病发生率偏高。重症超声组呼吸衰竭和肺部感染发生率、气管切开率和再次气管插管率均明显低于常规诊疗组,考虑是应用重症超声检查甄别出了部分存在较轻程度心肺疾病的患者,这些心肺疾病目前还未对患者造成较大伤害,但有可能导致患者无法早期脱机拔管、需要气管切开等,结合重症超声及其他化验检查结果,发现造成上述情况的原因包括存在误吸、痰栓、肺不张、液体过负荷、呼吸机参数设定不当等,因此及时对上述问题进行干预,阻止其对患者形成进一步伤害,取得了很好的效果。

重症超声组患者呼吸机支持时间较常规诊疗组明显延长,考虑原因为延长呼吸机支持时间能够减轻肺水肿,减少呼吸肌做功,增加氧供,改善了患者的心肺功能以及因肺脑交互或心肺交互所带来的问题。而延长呼吸机支持时间患者却未出现呼吸机相关并发症的原因,考虑为应用床旁重症超声联合血气分析、血流动力学等参数后,依据各患者的个体情况随时调整和优化了呼吸机参数,从而减少了呼吸机相关并发症的发生。两组患者的 ICU 住院时间无明显差异,考虑原因为患者转出 ICU 受到的干扰因素较多,如患者家属及医院方面的因素。

本研究表明,按照目前 ICU 常规诊疗仍不能对重症患者提供更好的评估及治疗,而加入重症超声后,因为其可床旁操作、重复性强、实时监控等优点,可以早期发现患者隐匿的心肺疾病,提前进行干预,并且能够提供实时干预后的监测和评估,优化流程,真正做到个体化诊疗。然而,本研究仍存在不足之处,入选病例较少,并且为单中心研究,时间较短,应用重症超声后能否改善患者预后、提高生存率、促进神经系统恢复尚未知晓,后期应继续增加病例数量进行研究并随访观察。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

[1] Coplin WM, Pierson DJ, Cooley KD, et al. Implications of extubation delay in brain-injured patients meeting standard weaning criteria [J].

- Am J Respir Crit Care Med, 2000, 161 (5): 1530-1536. DOI: 10.1164/ajrcm.161.5.9905102.
- [2] 赵继宗. 神经外科手术精要与并发症 [M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2004: 13.
- [3] Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, et al. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound [J]. Intensive Care Med, 2012, 38 (4): 577-591. DOI: 10.1007/s00134-012-2513-4.
- [4] 周然, 尹万红, 刘冰洋, 等. 重症超声病理生理导向急诊检查方案及诊疗流程 (POCCUE) 在重症患者急性呼吸循环障碍中的价值研究 [J]. 四川大学学报 (医学版), 2019, 50 (6): 792-797. DOI: 10.13464/j.scuxbyxb.2019.06.002.
- [5] Jung B, Moury PH, Mahul M, et al. Diaphragmatic dysfunction in patients with ICU-acquired weakness and its impact on extubation failure [J]. Intensive Care Med, 2016, 42 (5): 853-861. DOI: 10.1007/s00134-015-4125-2.
- [6] Jolley SE, Bunnell AE, Hough CL. ICU-acquired weakness [J]. Chest, 2016, 150 (5): 1129-1140. DOI: 10.1016/j.chest.2016.03.045.
- [7] Davison DL, Terek M, Chawla LS. Neurogenic pulmonary edema [J]. Crit Care, 2012, 16 (2): 212. DOI: 10.1007/978-3-642-25716-2.
- [8] Farooq H, Veerareddy S, Silber E. Neurogenic pulmonary oedema: a rare cause of maternal collapse [J]. BMJ Case Rep, 2017, 2017: bcr2016217375. DOI: 10.1136/bcr-2016-217375.
- [9] van Bussel B, Peters N, Aries M. Neurogenic pulmonary oedema [J]. BMJ Case Rep, 2018, 2018: bcr2017224011. DOI: 10.1136/bcr-2017-224011.
- [10] Dai SS, Wang H, Yang N, et al. Plasma glutamate-modulated interaction of A2AR and mGluR5 on BMDCs aggravates traumatic brain injury-induced acute lung injury [J]. J Exp Med, 2013, 210 (4): 839-851. DOI: 10.1084/jem.20122196.
- [11] Pelosi P, Rocco PR. The lung and the brain: a dangerous cross-talk [J]. Crit Care, 2011, 15 (3): 168. DOI: 10.1186/cc10259.
- [12] Gonzalvo R, Martí-Sistac O, Blanch L, et al. Bench-to-bedside review: brain-lung interaction in the critically ill: a pending issue revisited [J]. Crit Care, 2007, 11 (3): 216. DOI: 10.1186/cc5930.
- [13] Davison DL, Chawla LS, Selassie L, et al. Neurogenic pulmonary edema: successful treatment with IV phenolamine [J]. Chest, 2012, 141 (3): 793-795. DOI: 10.1378/chest.11-0789.
- [14] Quílez ME, López-Aguilar J, Blanch L. Organ crosstalk during acute lung injury, acute respiratory distress syndrome, and mechanical ventilation [J]. Curr Opin Crit Care, 2012, 18 (1): 23-28. DOI: 10.1097/MCC.0b013e32834ef3ea.
- [15] Schramm P, Closhen D, Felkel M, et al. Influence of PEEP on cerebral blood flow and cerebrovascular autoregulation in patients with acute respiratory distress syndrome [J]. J Neurosurg Anesthesiol, 2013, 25 (2): 162-167. DOI: 10.1097/ANA.0b013e32827c2f46.
- [16] Meng LZ, Gelb AW. Regulation of cerebral autoregulation by carbon dioxide [J]. Anesthesiology, 2015, 122 (1): 196-205. DOI: 10.1097/ALN.0000000000000506.
- [17] Asehnoune K, Roquilly A, Cinotti R. Respiratory management in patients with severe brain injury [J]. Crit Care, 2018, 22 (1): 76. DOI: 10.1186/s13054-018-1994-0.
- [18] Asehnoune K, Mrozek S, Perrigault PF, et al. A multi-faceted strategy to reduce ventilation-associated mortality in brain-injured patients. The BI-VILI project: a nationwide quality improvement project [J]. Intensive Care Med, 2017, 43 (7): 957-970. DOI: 10.1007/s00134-017-4764-6.
- [19] 王玉, 陈静然, 王玉妹, 等. 重症脑损伤患者应用小潮气量通气的回顾性观察研究 [J/OL]. 中华重症医学电子杂志 (网络版), 2018, 4 (2): 147-152. DOI: 10.3877/cma.j.issn.2096-1537.2018.02.009.
- [20] 顾彩虹, 谢永鹏, 郑涛, 等. 肺部超声评分对腹腔感染机械通气患者脱机结局的预测价值 [J]. 中华危重病急救医学, 2020, 32 (1): 94-98. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20191127-00017.
- [21] 唐江利, 张华, 陈海丹, 等. PICU 患儿机械通气后呼吸机相关性肺炎的发生情况及影响因素分析 [J]. 中国中西医结合急救杂志, 2019, 26 (6): 655-658. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2019.06.004.

(收稿日期: 2021-05-11)