DOI:10.16016/j.1000-5404.202102093

# CT 征象预测原发性脑干出血患者意识障碍程度的价值

刘国芳[1],孙 娟[2],陈珍珍[2],左诗怡[2],张 磊[1],黄文杰[1],张 冬[1],胡志安[3],刘 勇[2],姚忠祥[3] 400037 重庆,陆军军医大学(第三军医大学)第二附属医院:放射科[1],疼痛与康复医学科[2];400038 重庆,陆军军医大学(第三军医大学)基础医学院生理学教研室,脑与智能研究院[3]

[**摘要**] **目的** 分析 CT 征象对原发性脑干出血患者意识障碍程度的预测价值。**方法** 收集 2011 年 8 月至 2020 年 10 月陆军军医大学第二附属医院收治的 377 例脑干出血患者,筛选出 107 例原发性脑干出血患者,按意识障碍程度分为神志清醒、嗜睡、昏睡、昏迷 4 个等级,先使用 Mann-Whitney *U* 检验与 Spearman 相关性分析对可能影响意识障碍程度的因素(性别、年龄、CT 征象、出血分期)进行单因素分析,对具有统计学意义的因素再行有序多分类 Logistic 回归分析,探讨其与意识障碍程度的关系,寻找预测意识障碍程度的 CT 征象。**结果** Mann-Whitney *U* 检验提示性别与意识障碍程度无显著相关,而脑干出血是否破入脑室、是否累及中脑与意识障碍程度显著相关。Spearman 相关性分析发现年龄与意识障碍程度无显著相关,而出血分期、出血平均 CT 值与意识障碍程度呈弱相关,出血形态差异性、密度异质性与意识障碍程度呈中等强度相关,出血量及血肿横断位最长径线与意识障碍程度呈强相关。进一步对单因素分析与意识障碍程度有统计学意义的因素进行有序多分类 Logistic 回归分析提示:①脑干出血患者出血量越多或血肿横断位最长径越长,意识障碍程度越严重;②脑干出血量>5~10 mL 患者意识障碍程度至少加重一级的可能性是≤2 mL 患者的 8.05 倍;血肿横断位最长径线>3~4 cm 患者意识障碍程度至少加重一级的可能性是≤2 cm 患者的 16.66 倍;③出血形态差异性、密度异质性、出血是否累及中脑、是否破入脑室与意识障碍程度无显著相关。**结论** 原发性脑干出血患者出血量和血肿横断位最长径线长度与意识障碍程度呈正相关,且当脑干出血量>5~10 mL 或血肿横断位最长径线>3~4 cm 时能提示意识障碍程度等级变化。

[**关键词**] 原发性脑干出血;CT 征象;意识障碍;预测;出血量;血肿横断位最长径线

[**中图法分类号**] R743.34; R749.13; R814.42 [**文献标志码**] A

# Predictive value of CT signs for disorders of consciousness in patients with primary brainstem hemorrhage

LIU Guofang[1], SUN Juan[2], CHEN Zhenzhen[2], ZUO Shiyi[2], ZHANG Lei[1], HUANG Wenjie[1], ZHANG Dong[1], HU Zhi'an[3], LIU Yong[2], YAO Zhongxiang[3] [1]Department of Radiology, [2]Department of Pain and Rehabilitation, Second Affiliated Hospital, Army Medical University (Third Military Medical University), Chongqing, 400037; [3]Department of Physiology, College of Basic Medical Sciences, Army Medical University (Third Military Medical University), Chongqing, 400038, China

[**Abstract**] **Objective** To analyze the value of CT signs in the prediction of disorders of consciousness (DOC) in patients with primary brainstem hemorrhage (PBH). **Methods** A total of 377 patients with brainstem hemorrhage admitted to the Second Affiliated Hospital of Army Medical University from

[**基金项目**] 国家自然科学基金创新研究群体项目(31921003)

[**通信作者**] 姚忠祥,E-mail: yaozhx@yahoo.com

刘 勇,E-mail: lzsht@aliyum.com

1000-5404/Copyright © 2021, 陆军军医大学(第三军医大学)。这篇开放获取文章遵循 CC BY 许可协议(https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

August 2011 to October 2020 were recruited, and 107 patients with PBH were screened out. According to the level of their consciousness, they were divided into 4 levels, that is, consciousness, somnolence, sopor and coma. Mann-Whitney *U* and Spearman rank correlation tests were used to perform univariate analysis on the factors that may affect DOC (gender, age, CT signs, bleeding stage), and ordinal multinomial logistic regression analysis was carried out for those with significance ($P<0.05$) to explore the correlation of these indicators with consciousness level in order to explore the CT signs that can predict the level of DOC. **Results** Mann-Whitney *U* test showed that gender had no significant correlation with DOC, while whether being broken into the ventricle or involved in the midbrain were significantly correlated. Spearman rank correlation analysis indicated that age was not significantly related with DOC, while bleeding stages and average CT values were weakly correlated with DOC, differences of shape and heterogeneity of density were moderately correlated with DOC, and bleeding volume and greatest hemorrhage diameter were highly correlated with DOC. Ordinal multinomial logistic regression analysis showed that: ① The greater bleeding volume or the greatest hemorrhage diameters of the hematoma are, the more serious DOC in PBH patients is. ② The probability of aggravating the DOC level in patients with >5~10 mL brainstem bleeding was 8.05 times higher than that in patients with ≤2 mL bleeding volume. The patients with greatest hemorrhage diameters of >3~4 cm in hematoma had the possibility of aggravating the DOC level at least 1 grade, which was 16.66 times higher than those with ≤2 cm. ③ There were no significant correlations among DOC and the differences of shape, heterogeneity of density, whether the hemorrhage being involved in the midbrain and broken into the brain ventricle or not. **Conclusion** In PBH patients, bleeding volume and greatest hemorrhage diameters of hematoma are positively correlated with DOC level. Bleeding volume of brainstem bleeding of >5~10 mL or greatest hemorrhage diameter of >3~4 cm indicates the changes of DOC level.

[**Key words**] primary brainstem hemorrhage; CT signs; disorders of consciousness; predication; bleeding volume; greatest hemorrhage diameter

Supported by the Fund for Innovative Research Groups of National Natural Science Foundation of China (31921003). Corresponding author: YAO Zhognxiang, E-mail: yaozhx@yahoo.com; LIU Yong, E-mail: lzsht@aliyum.com

原发性脑干出血(primary brainstem hemorrhage,PBH)是脑出血预后最差的亚型之一,约占脑出血患者的10%,其致死率为40%~60%[1-2]。意识障碍是脑干出血重要临床表现[3],早期准确判断意识障碍程度对患者的诊治具有重要意义。

意识障碍的主要评估方法包括:①临床检查,如有无自发睁眼活动等;②评估量表,如格拉斯哥昏迷量表(Glasgow coma scale,GCS)、全面无反应量表(Full outline of unresponsiveness,FOUR)等;③神经影像学检查,如功能性磁共振成像(functional magnetic resonance imaging,fMRI)及正电子发射计算机断层显像(positron emission tomography,PET),以及脑电图(electroencephalogram,EEG)技术等[4]。神经影像学检查方法在意识障碍临床评估中的价值并未得到充分认可,证据级别主要是低,推荐强度均为弱[4]。电子计算机断层扫描(computed tomography,CT)是医学影像学检查中应用最广泛的检查之一,传统CT诊断出血定性容易、定量难,但随着人工智能的进步与发展,为将CT征象应用于脑出血精准诊疗提供了可能[5]。本研究回顾性分析了原发性脑干出血患者的CT征象,并对其与意识障碍程度进行相关分析,试图从客观的CT征象角度来预测患者的意识障碍程度,为临床诊治原发性脑干出血提供更准确的辅助手段。

## 1 资料与方法

### 1.1 纳入及排除标准

本研究回顾性分析了2011年8月至2020年10月经陆军军医大学第二附属医院急诊科与神经外科收治的脑干出血患者377例,从中筛选出符合纳入和排除标准的原发性脑干出血患者107例。本研究在医院伦理委员会监督下按相关流程进行(2021-研第089-01),所有患者或其家属签署了诊疗知情同意书。

纳入标准:①在本院行CT扫描并判定为原发性脑干出血[6];②所有患者CT扫描前已经过临床医护进行专业神经检查评估意识障碍程度;③CT扫描前未经手术治疗;④CT扫描图像质量合格,至少由2名有

经验的放射科医师及深睿医疗人工智能软件正确分析脑出血CT征象;⑤意识评估与CT扫描时间间隔固定(急诊患者两者间隔小于0.5 h,住院患者病情稳定且相隔时间小于3 h)。

排除标准:①脑干出血合并能引起意识改变的全身基础疾病患者:如严重糖尿病、肾衰竭、肝硬化、晚期恶性肿瘤等;②脑干出血合并药物、中毒等引起的意识障碍患者;③脑干出血合并脑实质其他部位出血、肿瘤等病变患者;④外伤、肿瘤等继发原因引起的脑干出血。

### 1.2 CT扫描方法

所有患者行颅脑横断位常规扫描,以听眦线为基线,扫描范围为从颅顶至颅底;CT扫描参数为:视野25 cm,层厚5 mm或10 mm,间距1.5 mm。经过软件后处理技术CT图像层厚1~10 mm。CT机型包括西门子双源CT、GE16层CT、GE64层CT、GE88层CT、GE128层CT、东芝640层CT。

### 1.3 意识障碍判断标准与分组

意识障碍临床表现可从3个维度表征:意识内容、觉醒程度以及自愿运动行为能力[7]。本研究基于文献资料[8]并根据对患者门诊及住院病历查阅筛选,选择以觉醒程度改变为主的意识障碍进行分析,按觉醒程度依次降低将意识障碍程度分为神志清醒、嗜睡、昏睡、昏迷4个等级组。神志清醒指无意识障碍。嗜睡表现为睡眠时间过度延长,能唤醒并勉强配合检查及回答简单问题,但停止刺激后继续入睡。昏睡指处于沉睡状态,必须较强刺激或高声呼唤才能唤醒,对语言反应能力部分丧失,只能做含糊、简单、不完全答话,停止刺激后很快入睡。昏迷指意识完全丧失,无法唤醒,无有目的自主活动,不能自发睁眼。按严重程度又将昏迷分为浅昏迷、中昏迷、深昏迷。

### 1.4 数据采集及图像分析方法

根据年龄分为两组:<60岁组和≥60岁组。根据脑出血后不同时期病理学变化[9],将脑出血分为4期:超急性期(≤6 h)、急性期(7~72 h)、亚急性期(3 d至2周)、慢性期(2周以上)。CT图像征象分析由1名主治放射医师和1名副主任放射医师分别对脑干出血部位、形态差异性、密度异质性及是否破入脑室等指标进行分析,意见不一致时,讨论协商统一。根据脑干出血位置分中脑、脑桥、延髓3个部位,基于文献[14]将脑干出血是否累及中脑分为出血累及中脑和未累及中脑两组;出血部位的形态差异性、密度异质性基于文献[10]分别分为Ⅰ~Ⅴ级,从Ⅰ~Ⅴ级依次表现为形态逐渐不规则、密度逐渐不均匀,其中密度异质性指超过20 $mm^2$范围CT值相差20 Hu或以上;将Ⅰ、Ⅱ级定义为形态规则、密度均匀;Ⅲ~Ⅴ级定义为形态不规则、密度不均匀。将形态差异性分为形态规则、形态不规则两组;将密度异质性分为密度均匀、密度不均匀两组。另外,将CT扫描数据导入深睿医疗人工智能软件分析其出血量[11]、血肿横断位最长径线、出血平均CT值等指标。将出血量(0.06~39.37) mL分为≤2 mL组、>2~5 mL组、>5~10 mL组、>10 mL组[12];将血肿横断位最长径线(0.4~5.6) cm分为≤2 cm组、>2~3 cm组、>3~4 cm组、>4 cm组;将出血平均CT值(27.7~55.9) Hu分为≤30 Hu组、>30~40 Hu组、>40~50 Hu组、>50~60 Hu组;根据出血是否进入第四脑室或脑干周围脑池分为破入脑室组和未破入脑室组。

### 1.5 原发性脑干出血判断意识障碍程度影响因素的分析

对脑干出血患者性别、年龄、出血分期、出血部位、是否破入脑室、出血量(mL)、血肿横断位最长径线(cm)、平均CT值(Hu)、形态差异性、密度异质性是否能反应意识障碍程度进行单因素分析,筛选有意义的变量,对差异具有统计学意义($P<0.05$)的因素再进行有序多分类Logistic分析,寻找与意识障碍程度相关的主要因素。

### 1.6 统计学分析

应用SPSS 24.0统计软件进行分析。计量资料数据依据相应标准进行分组,归类后为有序分类资料。单因素分析根据变量类型分别采用Mann-Whitney $U$检验与Spearman相关性分析。再对Mann-Whitney $U$检验中具有统计学意义($P<0.05$)与Spearman相关性分析中度、强相关性的因素进一步使用有序多分类Logistic回归分析,运用Wald检验其回归系数,检验标准$\alpha=0.05$。

## 2 结果

### 2.1 预测意识障碍程度因素的单因素分析

Mann-Whitney $U$检验结果提示,性别与意识障碍程度差异无统计学意义($P=0.25$);出血是否累及中脑、是否破入脑室与意识障碍程度差异有统计学意义($P<0.001$)。

Spearman相关性分析显示,年龄与意识障碍程度无显著相关($r=0.94$,$P=0.070$);出血分期、平均CT值与意识障碍程度的相关性系数分别为-0.29、0.34,与意识障碍程度呈弱相关($P=0.003$,$P<0.001$);形态差异性、密度异质性与意识障碍程度的相关系数分别为0.42、0.43,与意识障碍程度呈中度相关($P$均<0.001);出血量、血肿横断位最长径线与意识障碍程度的相关性系数分别为0.70、0.72,与意识障碍程度

呈强相关($P$ 均<0.001)。

2.2 预测意识障碍程度有序多分类 Logistic 回归分析

2.2.1 总体模型评估 模型对分数函数拟合度 $P$<0.001($\chi^2$=87.53,$P$<0.05)有效,平行线检验 $P$>0.05($\chi^2$=14.13 $P$=0.82)通过,因此,有序多分类 Logistic 模型分析可行。

2.2.2 CT 征象 表 1、2 中出血量以≤2 mL 为基线,>2~5 mL、>5~10 mL、>10 mL 的估算值分别是 0.96、2.09、2.26,呈依次递增趋势。表明出血量越多,提示意识障碍程度加重。$P$ 值分别为 0.21、0.02、0.05,提示>5~10 mL 组与≤2 mL 组差异有统计学意义($P$<0.05)。$OR$ 值为 8.05,即脑干出血量>5~10 mL 患者的意识障碍程度至少加重一级的可能性是≤2 mL 患者的 8.05 倍;出血量>2~5 mL 患者与≤2 mL 患者意识障碍程度等级不会明显改变;当患者出血量>10 mL 时,仅从出血量来考虑意识障碍程度已无明显意义。同理,血肿横断位最长径线越长,提示意识障碍程度加重,最长径线>3~4 cm 患者意识障碍程度加重一级的可能性是≤2 cm 患者的 16.66 倍;最长径线>2~3 cm 患者与≤2 cm 患者意识障碍程度等级不会显著改变。

CT 征象中的出血是否累及中脑、是否破入脑室、出血部位的形态差异性、密度异质性的 $P$ 值分别为 0.89、0.17、0.90、0.30,因此,它们对判断意识障碍程度差异均无统计学意义。

**表 1 原发性脑干出血患者意识障碍程度与 CT 征象有序多分类 Logistic 回归分析**

| 项目 | 估算 | 标准误差 | *Wald* | *df* | *P* 值 | 95%*CI* | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 下限 | 上限 |
| 意识障碍程度 | | | | | | | |
| 神志清醒 | 1.584 | 0.794 | 3.979 | 1 | 0.046 | 0.028 | 3.141 |
| 嗜睡 | 2.575 | 0.827 | 9.699 | 1 | 0.002 | 0.954 | 4.196 |
| 昏睡 | 3.445 | 0.858 | 16.123 | 1 | 0.000 | 1.763 | 5.126 |
| 昏迷 | 0[a] | | | | | | |
| 出血量/mL | | | | | | | |
| >10 | 2.256 | 1.154 | 3.825 | 1 | 0.050 | −0.005 | 4.518 |
| >5~10 | 2.086 | 0.888 | 5.515 | 1 | 0.019 | 0.345 | 3.827 |
| >2~5 | 0.961 | 0.771 | 1.553 | 1 | 0.213 | −0.551 | 2.473 |
| ≤2 | 0[a] | . | . | 0 | . | . | . |
| 是否累及中脑 | | | | | | | |
| 是 | 0.076 | 0.542 | 0.020 | 1 | 0.888 | −0.986 | 1.139 |
| 否 | 0[a] | . | . | 0 | . | . | . |
| 横断位最长径线/cm | | | | | | | |
| >4 | 21.478 | 0.000 | . | 1 | . | 21.478 | 21.478 |
| >3~4 | 2.813 | 1.008 | 7.784 | 1 | 0.005 | 0.837 | 4.790 |
| >2~3 | 0.878 | 0.715 | 1.510 | 1 | 0.219 | −0.523 | 2.279 |
| ≤2 | 0[a] | . | . | 0 | . | . | . |
| 密度异质性 | | | | | | | |
| 均匀 | −0.574 | 0.549 | 1.094 | 1 | 0.296 | −1.649 | 0.502 |
| 不均匀 | 0[a] | . | . | 0 | . | . | . |
| 形态差异性 | | | | | | | |
| 规则 | 0.082 | 0.633 | 0.017 | 1 | 0.896 | −1.158 | 1.322 |
| 不规则 | 0[a] | . | . | 0 | . | . | . |
| 是否破入脑室 | | | | | | | |
| 是 | 1.296 | 0.954 | 1.845 | 1 | 0.174 | −0.574 | 3.166 |
| 否 | 0[a] | . | . | 0 | . | . | . |

a:与自身比较(统计软件自动生成)

**表 2 出血量/横断位最长径线预测原发性脑干出血患者意识障碍等级分析**

| 项目 | 估算 | *OR* 值 | *P* 值 |
|---|---|---|---|
| 出血量/mL | | | |
| >5~10 | 2.086 | 8.052 | 0.019 |
| ≤2 | 0[a] | | |
| 横断位最长径线/cm | | | |
| >3~4 | 2.813 | 16.660 | 0.005 |
| ≤2 | 0[a] | | |

a:与自身比较(统计软件自动生成)

## 3 讨论

决定意识觉醒程度的区域主要分布于脑干网状结构的特异性及非特异性上行投射系统[13],其激活大脑皮层并维持兴奋,使人处于觉醒状态,从而产生意识内容。以上即是本研究选择研究原发性脑干出血与意识障碍与医学影像学相关分析的理论基础。

出血量是分析脑出血 CT 征象以及临床诊疗过程中最重要的指标之一[12]。本研究结果显示患者脑干出血量多,则意识障碍程度加重,脑干出血量>5~10 mL 患者意识障碍程度较≤2 mL 患者至少加重一级的可能性大(*OR*>1)。脑出血的血肿横断位最长径线是放射科医师分析出血 CT 征象的常规测量指标,出血量是基于出血体积测量,而血肿横断位最长径线是计算体积的其中之一径线[16]。本研究结果还显示血肿横断位最长径线>3~4 cm 患者意识障碍程度较≤2 cm 患者至少加重一级的可能性大(*OR*>1)。虽然脑出血是一个动态变化过程,但脑干部位由于缺少吸收血肿的胶质细胞而对血肿吸收缓慢[17],本研究结果亦显示脑干出血分期也与意识障碍程度呈弱相关性。因此,我们认为脑干出血量增多或血肿横断位最长径线较长提示意识障碍程度加重。另外,脑干出血量>5~10 mL 患者意识障碍程度较≤2 mL 患者或血肿横断位最长径线>3~4 cm 患者较≤2 cm 者意识障碍程度至少加重一级的可能性大(*OR*>1),这可以为原发性脑干出血意识障碍程度评估中提供新的参考,比如可以考虑在意识障碍程度的评估量表中进行加分。虽然本研究由于样本量不够大,未能找到它们之间的确切定量关系,但已提示在一定范围内,出血量或血肿横断位最长径线可能是脑干出血患者意识障碍程度的客观指标之一。

脑干的中脑和上脑桥的头端网状结构与间脑核共同作用维持前脑的觉醒意识[14],但是本研究没有发现脑干出血累及中脑与否跟意识障碍程度的相关性,这可能与本研究虽选择脑干出血但是排除了间脑核部位出血有关。另外,有研究证实脑干出血破入脑室之后血液本身对脑室系统产生炎症反应,冲击下丘脑,导致意识障碍程度加重[15],但本研究并没有发现破入脑室者意识障碍程度较未破入者有明显差异,这可能与本研究破入脑室者病例较少有关,还需进一步研究。

脑出血的形态差异性、密度异质性、平均 CT 值是放射科医师分析血肿征象的常规观察指标,本研究结果并没有显示其与意识障碍程度显著相关。虽然对脑出血部位形态差异性、密度异质性已选择相同参考标准分析[10],但其判断相对出血量及血肿横断位最长径线仍然不够精确,以往研究关于两者对脑出血预后等的结果也不一致[18]。关于脑出血 CT 值的研究较少,使用静态平均 CT 值作为观察指标,主要以动态观察为主[19-20],仅有较早的研究结果提示,平均 CT 值可作为判断血肿性质的依据之一[21],平均 CT 值 50~60 Hu 多为新鲜出血,60~70 Hu 多为陈旧液性血肿,70~80 Hu 多为混杂小血块黏稠液性血肿,80~90 Hu 多为凝固性血肿。本研究结果显示脑干出血平均 CT 值均<60 Hu,属于新鲜出血类型,对判断意识障碍程度无统计学意义;后续研究可进一步分析 CT 值动态变化与意识障碍程度是否相关。

意识障碍程度的诊断一直是临床诊断的难点,传统方法主要依赖临床医护人员进行神经系统体格检查及评估量表评估,但这些证据的等级较低[4]。随着医学检验技术发展,特别是功能磁共振、电生理学、机电接口等技术的应用,在检测意识程度方面有了一些新进展[22-25]。目前影像学应用于意识障碍程度研究主要是正电子发射计算机断层显像(positron emission computed tomography, PET)、磁共振成像(magnetic resonance imaging,MRI),但其检查时间较长、对患者制动要求很高,意识障碍患者很难配合,且价格昂贵。

CT 扫描应用广泛,检查快速,价格适中,但是由于意识障碍的发生主要位于大脑皮质及脑干[13],普通 CT 检查分辨率的局限性使其很难进行精确识别,因此,之前较少使用 CT 扫描判断意识障碍程度。目前,随着人工智能技术在医学影像领域的应用[26],为 CT 检查方法应用于各类疾病的诊断提供了新的可能。本研究分析了原发性脑干出血患者 CT 征象,由医师和人工智能系统进行综合分析,使结果更为客观。另外,CT 机型众多,包括单排 CT、多排 CT、螺旋 CT、双能 CT、宝石 CT、能谱 CT 等,CT 层厚是 CT 应用过程中评价质量的重要性能参数[27],根据机型及后处理技术不同,头颅 CT 图像层厚范围常为 1~10 mm,但本研究未

限制 CT 机型及图像层厚范围,这对 CT 的应用条件限制低,可行性高,适用于医疗条件不同的各级医院选择不同的 CT 机型开展意识障碍程度的诊断。

综上,运用 CT 扫描能通过出血量或血肿横断位最长径线预测原发性脑干出血患者的意识障碍程度,即出血量越多或血肿横断位最长径线越长,提示意识障碍程度越严重;出血量>5~10 mL 比≤2 mL 时或血肿横断位最长径线>3~4 cm 比径线≤2 cm 时,意识障碍程度等级至少加重一级的可能性较大,为脑干出血意识障碍评估中提供了新的参考。本研究对 CT 图像的层厚无限制,具有人工智能应用系统时可选择出血量或横断位最长径线综合参考预测意识障碍程度;在基层医院 CT 设备较落后亦无人工智能系统时,可选择血肿最长径作为预测参考,因此本研究具有推广价值。再次,随着人工智能大数据在脑出血预测模型的应用[28],使用脑出血量定量预测意识障碍程度也成为可能。

**志谢** 感谢北京深睿博联科技有限责任公司技术运营部姜国兴工程师对收集脑干出血原始数据过程中提供的人工智能技术支持!感谢西南大学经济管理学院统计学院梁义娟讲师对本研究原始数据的预估判断及统计学方法选择的帮助!

**利益冲突声明** 所有作者声明无利益冲突

## 参考文献:

[1] HUANG K B, JI Z, SUN L H, *et al*. Development and validation of a grading scale for primary pontine hemorrhage [J]. Stroke, 2017, 48(1): 63-69. DOI: 10.1161/STROKEAHA.116.015326.

[2] 葛红飞, 张超, 尹怡,等. 原发性脑干出血患者死亡的独立危险因素分析[J]. 中华神经外科杂志, 2019, 35(6): 588-591. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-2346.2019.06.010.
GE H F, ZHANG C, YIN Y, *et al*. Analysis of independent risk factors in deaths of patients with primary brainstem hemorrhage [J]. Chin J Neurosurg, 2019, 35(6): 588-591. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-2346.2019.06.010.

[3] 邓鹏程, 郭西良, 丁俊. 自发性脑干出血患者的脑干出血的原因,影响因素及出血量和预后的相关性分析[J]. 湖南师范大学学报(医学版), 2019, 16(1):138-141.
DENG P C, GUO X L, DING J. Correlation analysis of causes, influencing factors, bleeding volume and prognosis of brainstem hemorrhage in patients with spontaneous brain stem hemorrhage[J]. J Hunan Normal Univ(Med Sci), 2019, 16(1):138-141.

[4] KONDZIELLA D, BENDER A, DISERENS K, *et al*. European academy of neurology guideline on the diagnosis of coma and other disorders of consciousness[J]. Eur J Neurol, 2020, 27(5): 741-756. DOI:10.1111/ene.14151.

[5] 王任直, 常健博, 冯铭. 出血性卒中精准诊断、评估、预测及治疗展望[J]. 中国现代神经疾病杂志, 2019, 19(9): 618-621.
WANG R Z, CHANG J B, FENG M. Prospects for precious diagnosis, assessment, prediction and treatment of hemorrhagic stroke[J]. Chin J Contemp Neurol Neurosurg, 2019, 19(9): 618-621.

[6] HEMPHILL J C, GREENBERG S M, ANDERSON G C, *et al*. Guidelines for the management of spontaneous intracerebral hemorrhage: A guideline for healthcare professionals from the american heart association/american stroke association [J]. Stroke, 2015, 46(7): 2032-2060. DOI: 10.1161/STR.0000000000000069.

[7] OWEN A M. Improving diagnosis and prognosis in disorders of consciousness[J]. Brain, 2020, 143(4): 1050-1053. DOI:10.1093/brain/awaa056.

[8] 贾建平,陈生第. 神经病学[M]. 8 版. 北京:人民卫生出版社,2018:62-63.
JIA J P, CHEN S D. Neurology[M]. 8th ed. Beijing: People's Medical Publishing House, 2018: 62-63.

[9] 韩萍,于春水. 医学影像诊断学[M]. 4 版. 北京:人民卫生出版社,2016:84-85.
HAN P, YU C S. Medical imaging diagnostics[M]. 4 ed. Beijing: People's Medical Publishing House, 2016:84-85.

[10] BARRAS C D, TRESS B M, CHRISTENSEN S, *et al*. Density and shape as CT predictors of intracerebral hemorrhage growth [J]. Stroke, 2009, 40(4): 1325-1331. DOI:10.1161/STROKEAHA.108.536888.

[11] 王霁雯, 林雨, 熊建华,等. 基于深度学习的自发性脑出血 CT 影像分割算法精准计算病灶体积的应用探讨[J]. 中华放射学杂志, 2019, 53(11): 941-945. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2019.11.003.
WANG J W, LIN Y, XIONG J H, *et al*. Evaluation of spontaneous intracerebral hemorrhage by using CT image segmentation and volume assessment based on deep learning [J]. Chin J Radiol, 2019, 53(11): 941-945. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2019.11.003.

[12] 丁向前, 李泽福. 脑干出血的外科治疗现状及进展[J]. 医学综述, 2017, 23(21): 4252-4255,4261. DOI:10.3969/j.issn.1006-2084.2017.21.018.
DING X Q, LI Z F. Current status and progress of surgical treatment for brain stem hemorrhage[J]. Med Recapitul, 2017, 23(21): 4252-4255,4261. DOI:10.3969/j.issn.1006-2084.2017.21.018.

[13] 万学红,卢学峰. 诊断学[M]. 9 版. 北京:人民卫生出版社,2018:84-85.
WAN X H, LU X F. Diagnostics[M]. 9 ed. Beijing:

People's Medical Publishing House, 2018: 84-85.

[14] GURYILDIRIM M, KOCAK M, DUA S G. Teaching NeuroImages: Spinal cord herniation after cervical corpectomy[J]. Neurology, 2019, 93(18): e1744. DOI: 10.1212/WNL.0000000000008401.

[15] ZIAI W C, THOMPSON C B, MAYO S, *et al*. Intracranial hypertension and cerebral perfusion pressure insults in adult hypertensive intraventricular hemorrhage: occurrence and associations with outcome[J]. Crit Care Med, 2019, 47(8): 1125-1134. DOI:10.1097/CCM.0000000000003848.

[16] 徐兴华, 陈晓雷, 张军, 等. 多田公式计算脑内血肿体积的准确性和可靠性[J]. 中国神经精神疾病杂志, 2015, 41(2): 87-91.
XU X H, CHEN X L, ZHANG J, *et al*. Study on the accuracy and reliability of the ABC/2 formula for volume assessment of intracerebral hematoma[J]. Chin J Nerv Ment Dis, 2015, 41(2): 87-91.

[17] 陈立华, 徐如祥. 高血压脑干出血的微创治疗[J]. 中华神经创伤外科电子杂志. 2016, 2(4):252-254. DOI: 10.3877/cma.j.issn.2095-9141.2016.04.016.
CHEN L H, XU R X. Minimally invasive treatment of hypertensive brainstem hemorrhage [J]. Chin J Neurotraumatic Surg (Electron Ed). 2016, 2(4):252-254. DOI:10.3877/cma.j.issn.2095-9141.2016.04.016.

[18] 夏捷生, 冯建飞, 李巧玲, 等. 自发性脑出血破入脑室与否的预后比较分析[J]. 临床神经外科杂志, 2019, 16(5): 369-375. DOI: 10.3969/j.issn.1672-777.0.2019.05.001.
XIA J S, FENG J F, LI Q L, *et al*. Prognostic comparison and analysis of spontaneous intracerebral hemorrhage with or without ventricular extension[J]. J Clin Neurosurg, 2019, 16(5): 369-375. DOI: 10.3969/j.issn.1672-777.0.2019.05.001.

[19] ORITO K, HIROHATA M, NAKAMURA Y, *et al*. Leakage sign for primary intracerebral hemorrhage: a novel predictor of hematoma growth[J]. Stroke, 2016, 47(4): 958-963. DOI:10.1161/STROKEAHA.115.011578.

[20] 刘悦, 沈正奎, 李颖慧, 等. 立体定向微创技术治疗脑出血再出血风险的预测指标分析[J]. 神经损伤与功能重建, 2019, 14(6): 281-284. DOI: 10.16780/j.cnki.sjssgncj.2019.06.004.
LIU Y, SHEN Z K, LI Y H, *et al*. Factors for predicting postoperative rebleeding after minimally invasive stereotactic surgery for intracerebral hemorrhage[J]. Neural Inj Funct Reconstr, 2019, 14(6): 281-284. DOI: 10.16780/j.cnki.sjssgncj.2019.06.004.

[21] 杨丰才, 刘彬, 毕言俊. 头颅CT值在高血压脑出血微创术中应用的临床研究[J]. 中国煤炭工业医学杂志, 2012, 15(9): 1343-1345.
YANG F C, LIU B, BI Y J. Clinical study on the application of head CT value in minimally invasive surgery for hypertensive cerebral hemorrhage [J]. Chin J Coal Ind Med, 2012, 15(9): 1343-1345.

[22] ANNEN J, LAUREYS S, GOSSERIES O. Brain-computer interfaces for consciousness assessment and communication in severely brain-injured patients[J]. Handb Clin Neurol, 2020, 168: 137-152. DOI: 10.1016/B978-0-444-63934-9.00011-1.

[23] JAIN R, RAMAKRISHNAN A G. Electrophysiological and neuroimaging studies-during resting state and sensory stimulation in disorders of consciousness: a review [J]. Front Neurosci, 2020, 14: 555093. DOI: 10.3389/fnins.2020.555093.

[24] CRONE J S, LUTKENHOFF E S, VESPA P M, *et al*. A systematic investigation of the association between network dynamics in the human brain and the state of consciousness [J]. Neurosci Conscious, 2020, 2020(1): niaa008. DOI: 10.1093/nc/niaa008.

[25] LI X X, TAN X F, WANG P Y, *et al*. Chronic disorders of consciousness: a case report with longitudinal evaluation of disease progression using 7T magnetic resonance imaging [J]. BMC Neurol, 2020, 20(1): 396. DOI: 10.1186/s12883-020-01973-0.

[26] ORLHAC F, FROUIN F, NIOCHE C, *et al*. Validation of A method to compensate multicenter effects affecting CT radiomics[J]. Radiology, 2019, 291(1): 53-59. DOI: 10.1148/radiol.2019182023.

[27] MILLER D D, BROWN E W. How cognitive machines can augment medical imaging [J]. AJR Am J Roentgenol, 2019, 212(1): 9-14. DOI:10.2214/AJR.18.19914.

[28] 郑越, 王彦文, 吴雅娴, 等. 人工智能在脑出血中的临床应用现状与未来展望[J]. 预防医学情报杂志, 2021, 37(2): 289-296.
ZHENG Y, WANG Y W, WU Y X, *et al*. Clinical application of artificial intelligence in cerebral hemorrhage current situation and future prospects[J]. J Prev Med Inf, 2021, 37(2): 289-296.

(**收稿**:2021-02-20;**修回**:2021-06-04)

(编辑 吴培红)