

振幅整合脑电图与窒息新生儿桡动脉血气分析和头颅MRI的相关性

曾利明, 黄俊, 杨庆
安徽医科大学附属巢湖医院儿科, 安徽 合肥 238000

【摘要】目的:探讨窒息新生儿振幅整合脑电图(aEEG)检查结果与桡动脉血气分析和头颅MRI检查结果的相关性。**方法:**回顾性研究确诊为新生儿窒息的50例患儿的临床资料,分析不同窒息程度与aEEG异常程度、睡眠-觉醒周期情况和有无痫样活动之间的相关性;分析aEEG异常程度与桡动脉血气结果以及MRI异常程度的相关性。**结果:**患儿窒息程度与aEEG异常程度、睡眠-觉醒周期情况、有无痫样活动均呈正相关($P<0.05$);不同aEEG异常程度的患儿之间,pH、氧分压(PO_2)、二氧化碳分压(PCO_2)、碱剩余(BE)水平均有显著差异($P<0.05$),aEEG正常组 PCO_2 水平显著低于aEEG轻度异常组($P<0.05$),BE水平显著高于aEEG轻度异常组($P<0.05$),aEEG正常组和aEEG轻度异常组pH、 PO_2 和BE水平均显著高于aEEG重度异常组, PCO_2 水平则显著低于aEEG重度异常组,差异有统计学意义($P<0.05$);患儿aEEG异常程度与MRI异常程度呈正相关($P<0.05$)。**结论:**窒息新生儿aEEG检查结果与桡动脉血气分析和头颅MRI检查结果密切相关,可用于新生儿窒息的超早期诊断。

【关键词】新生儿窒息;振幅整合脑电图;桡动脉;动脉血气分析;磁共振成像

【中图分类号】R722.12

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2022)08-1020-05

Correlations of amplitude-integrated electroencephalogram with radial artery blood gas analysis and cranial MRI in asphyxiated newborns

ZENG Liming, HUANG Jun, YANG Qing

Department of Pediatrics, Chaohu Hospital of Anhui Medical University, Hefei 238000, China

Abstract: Objective To investigate the correlations of amplitude-integrated electroencephalogram (aEEG) with radial artery blood gas analysis and cranial MRI in newborns with asphyxia. **Methods** The clinical data of 50 children with neonatal asphyxia were analyzed retrospectively. The correlations of different asphyxia degrees with the degree of aEEG abnormality, sleep-wake cycle and epileptiform activity were analyzed. In addition, the correlations of the degree of aEEG abnormality with the results of radial artery blood gas analysis and the degree of MRI abnormality were studied. **Results** The degree of asphyxia was positively correlated with the degree of aEEG abnormality, sleep-wake cycle and epileptiform activity ($P<0.05$). There were significant differences in pH, partial pressure of oxygen (PO_2), partial pressure of carbon dioxide (PCO_2) and base excess (BE) between children with different degrees of aEEG abnormality ($P<0.05$). Compared with those in mild abnormal aEEG group, the PCO_2 level in normal aEEG group was significantly lower ($P<0.05$), and the BE level was significantly higher ($P<0.05$). The pH, PO_2 and BE levels in normal aEEG group and mild abnormal aEEG group were significantly higher than those in severe abnormal aEEG group, but the PCO_2 level in severe abnormal aEEG group was significantly higher than in the other groups ($P<0.05$). There was a positive correlation between degree of aEEG abnormality and degree of MRI abnormality ($P<0.05$). **Conclusion** The aEEG examination result of asphyxiated newborns is closely related to the results of radial artery blood gas analysis and cranial MRI, and therefore can be used for the ultra-early diagnosis of asphyxia in newborns.

Keywords: neonatal asphyxia; amplitude-integrated electroencephalogram; radial artery; arterial blood gas analysis; magnetic resonance imaging

【收稿日期】2022-02-18

【作者简介】曾利明, 主治医师, 研究方向: 新生儿神经系统监护, E-mail: zengliming1985@163.com

【通信作者】杨庆, 副主任医师, 研究方向: 新生儿耳畸形矫正, E-mail: yangqing110988@163.com

前言

新生儿窒息是胎儿出生后最为常见的急性病之一,该病可导致低氧血症、高碳酸血症等病理生理改变,如果诊断和治疗不及时,则可引起不可逆性脑损

伤,死亡率较高,即使存活,也可能抑制智力和运动发育能力,并导致癫痫的发生,引发远期后遗症,给患儿及其家庭生活质量均带来极大影响,因此,早期诊断并给予针对性干预至关重要。采用一种操作简便、耗时短、无创且可靠性高的检查手段以及时诊断十分必要。振幅整合脑电图(aEEG)可在患儿床边进行,操作流程简单,可动态监测与分析患儿的脑功能,目前在临床应用十分广泛^[1-3]。安徽医科大学附属巢湖医院于近年引进aEEG检查设备,并在儿科逐步开展临床应用。本研究分析窒息新生儿aEEG检查结果与桡动脉血气分析和头颅MRI检查结果的相关性,以探讨aEEG在新生儿窒息早期诊断和病情严重程度判断中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析2020年6月到2021年6月间安徽医科大学附属巢湖医院收治的明确诊断为新生儿窒息的50例患儿的临床资料。纳入标准:(1)胎龄≤42周;(2)出生后6 h内入院者;(3)均符合《新生儿窒息诊断的专家共识》^[4]中的诊断标准。排除标准:(1)患有先天性或遗传性疾病;(2)明确为其他疾病导致的脑损伤,如电解质紊乱、低血糖或重症感染;(3)临床资料不完善者。50例患儿男32例,女18例;胎龄30~41周,平均(37.05±1.32)周;出生体质量1 450~4 450 g,平均(2 343.10±150.42)g;分娩方式:自然分娩24例,剖宫产26例,依据出生时Apgar评分分为轻度窒息37例(4-7分),重度窒息13例(0-3分)。

1.2 检查方法

1.2.1 aEEG检查和判断标准 所有患儿均于出生后24 h内开始进行aEEG检查,监测时间4~6 h,仪器为NIHON KOHDEN脑电图信息采集工作站(日本光电工业株式会社,EEG-1200C)。具体操作步骤为:常规消毒头部局部皮肤,涂抹专用导电膏,按照脑电图国际标准的10/20系统,采用8通道法安置电极,戴电极帽进行固定,安置参考电极,位置选择前额正中,滤波频率设定为0.5~35.0 Hz,最终呈现为波谱带,观察背景活动图、睡眠-觉醒周期、痫样活动3个方面的特征^[5]。背景活动图:(1)下边界振幅在5~7或10 μV之间波动,上边界振幅在10~25 μV波动,最大波动不超过50 μV,则为aEEG正常;(2)如果背景活动不连续,下边界振幅波动不超过5 μV,上边界振幅超过10 μV,则为aEEG轻度异常;(3)如果背景活动不连续,下边界振幅波动范围0~2 μV,暴发时的振幅超过25 μV,或背景活动连续,振幅显著降低,上边界振幅不超过10 μV,下边界振幅不超过5 μV或在5 μV上下波动,则为aEEG

中-重度异常;(4)背景活动主要为电静止,上边界振幅不超过5 μV,则为aEEG重度异常。3种情况均可伴或不伴痫样活动。睡眠-觉醒周期:(1)观察到明显且较为清晰的正弦曲线变化,持续时间>20 min;(2)不成熟:下边界存在周期变化,但并不明显,或并不完全;(3)无:未发现正弦曲线变化。痫样活动:(1)观察到单个发生的惊厥发作为单次发作;(2)30 min内观察到2次以上的惊厥发作为反复发作;(3)观察到持续30 min以上的痫样放电则为癫痫持续状态。

1.2.2 桡动脉血气分析 所有患儿均采用桡动脉采血方式,桡动脉搏动明显者可采用一字定位法,搏动不明显者可采用十字定位法,再取5号头皮针于患儿手掌横纹上方1 cm桡动脉搏动处进针,采集约1 mL血,拔出针头并封闭针头,立即于床边采用动脉血气分析仪进行检测,获得pH值、氧分压(PO₂)、二氧化碳分压(PCO₂)和碱剩余(BE)值。

1.2.3 MRI检查 采用GE 3.0T磁共振仪进行检查。所有患儿均于出生后3~7 d内完成检查,在检查前30 min均给予苯巴比妥静脉推注。新生儿窒息MRI异常分度包括轻度异常、中度异常和重度异常^[6]。

1.3 观察指标

(1)比较不同窒息程度与aEEG异常程度、睡眠-觉醒周期情况 and 有无痫样活动之间的相关性;(2)比较aEEG异常程度与桡动脉血气结果的相关性;(3)比较aEEG异常程度与MRI异常程度的相关性。

1.4 统计学方法

采用SPSS20.0统计学软件进行数据统计,符合正态分布和方差齐性的计量资料以均数±标准差表示,多组间比较采用方差分析,进一步两两比较采用LSD-*t*检验,计数资料以百分比表示,相关性分析采用Spearman等级资料相关系数,*P*<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患儿窒息程度与aEEG异常程度的相关性

50例患儿中,aEEG正常者24例(48.0%),轻度异常者16例(32.0%),重度异常者10例(20.0%),患儿窒息程度与aEEG异常程度呈正相关(*r*=0.466, *P*<0.01,表1)。

表1 患儿窒息程度与aEEG异常程度的相关性(例)
Table 1 Correlation between the degree of asphyxia and the degree of aEEG abnormality(cases)

组别	<i>n</i>	aEEG		
		正常	轻度异常	重度异常
轻度窒息组	37	23	9	5
重度窒息组	13	1	7	5

2.2 患儿窒息程度与睡眠-觉醒周期情况的相关性

50例患儿中,有成熟睡眠-觉醒周期者19例(38.0%),有未成熟睡眠-觉醒周期者24例(48.0%),无睡眠-觉醒周期者7例(14.0%),患儿窒息程度与睡眠-觉醒周期情况呈正相关($r=0.282, P=0.047$,表2)。

表2 患儿窒息程度与睡眠-觉醒周期情况的相关性(例)
Table 2 Correlation between the degree of asphyxia and sleep-wake cycle (cases)

组别	n	睡眠-觉醒周期		
		成熟	不成熟	无
轻度窒息组	37	17	16	4
重度窒息组	13	2	8	3

2.3 患儿窒息程度与有无痫样活动的相关性

50例患儿中,有痫样活动者12例(24.0%),无痫样活动者38例(76.0%),患儿窒息程度与有无痫样活动呈正相关($r=0.414, P=0.003$,表3)。

表3 患儿窒息程度与有无痫样活动的相关性(例)
Table 3 Correlation between the degree of asphyxia and epileptiform activity (cases)

组别	n	有无痫样活动	
		无	有
轻度窒息组	37	32	5
重度窒息组	13	6	7

2.4 患儿aEEG异常程度与桡动脉血气分析结果的相关性

不同aEEG异常程度的患儿之间,pH、PO₂、PCO₂、BE水平均有显著差异($P<0.05$),其中,aEEG正常组与aEEG轻度异常组之间pH、PO₂水平比较,差异均无统计学意义($P>0.05$),aEEG正常组PCO₂水平显著低于aEEG轻度异常组($P<0.05$),BE水平显著高于aEEG轻度异常组($P<0.05$),aEEG正常组和aEEG轻度异常组pH、PO₂和BE水平均显著高于aEEG重度异常组,PCO₂水平则显著低于aEEG重度异常组,差异有统计学意义($P<0.05$),见表4。

2.5 患儿aEEG异常程度与MRI异常程度的相关性

50例患儿中,MRI轻度异常24例(48.0%),中度异常18例(36.0%),重度异常8例(16.0%),患儿aEEG异常程度与MRI异常程度呈正相关($r=0.643, P=0.000$,表5)。

3 讨论

新生儿窒息最易导致缺氧和缺血的发生,引起脑损伤的风险较高。常规EEG虽然一直是诊断脑损伤的金标准,灵敏度和特异度相对较高,但其操作十分复杂,需要接受过专业培训的脑电图医生方可进行操作和结果分析,极易受外界环境的影响而导致结果出现误差,且无法在患儿床边直接进行监测^[7]。aEEG则是常规脑电图的简化监测手段,于20世纪60年代末期间问世,现已广泛应用于婴幼儿、新生儿重症

表4 患儿aEEG异常程度与桡动脉血气分析结果的相关性($\bar{x} \pm s$)

Table 4 Correlation between the degree of aEEG abnormality and the results of radial artery blood gas analysis (Mean±SD)

组别	n	pH	PO ₂ /mmHg	PCO ₂ /mmHg	BE
aEEG正常组	24	7.32±0.08*	88.05±7.56*	41.66±5.69*	-8.02±2.45*
aEEG轻度异常组	16	7.31±0.09*	87.22±9.86*	46.50±6.80*#	-11.10±3.05*#
aEEG重度异常组	10	7.22±0.10	74.50±15.23	52.33±8.45	-13.56±4.09
F值		4.893	6.790	9.136	13.148
P值		0.012	0.003	0.000	0.000

*:与aEEG重度异常组比较, $P<0.05$;#:与aEEG正常组比较, $P<0.05$

表5 患儿aEEG异常程度与MRI异常程度的相关性(例)
Table 5 Correlation between the degree of aEEG abnormality and the degree of MRI abnormality in children (cases)

组别	n	MRI异常程度		
		轻度	中度	重度
aEEG正常组	24	19	5	0
aEEG轻度异常组	16	3	11	2
aEEG重度异常组	10	2	2	6

监护中^[8]。专业医生将aEEG趋势图结合原始EEG与实时的阻抗值完成脑功能状态的判读,具体来说是通过分析上下边界电压值、谱带宽度与下边界波动性等情况,分析脑活动的放电情况^[9]。原始EEG图形和aEEG图形通过半对数算法进行整合,以反映EEG最大和最小振幅情况,整合时间为6 s/次^[10]。研究证实,该方法与常规EEG监测结果具有高度一致性,其可靠性已获得大量临床研究和指南的认可,且

操作简便,报告结果简洁而直观,临床医生经过专业培训后即可获得相似的可靠性结果^[11];另外,该方法可在床旁直接进行操作,无需移动位置,对于急性期和重症患儿来说更为适用^[12]。

aEEG对于大脑缺氧缺血的敏感度较高,可显示脑功能状态的有效信息。本研究纳入的窒息新生儿中,aEEG正常者占48.0%,轻度异常者占32.0%,重度异常者占20%,患儿不同窒息程度与aEEG异常程度呈正相关,说明aEEG异常程度越重,窒息程度则越重。轻度窒息亦可导致组织氧供应不足,可引起缺氧性脑病,但是脑部缺氧耐受时间较短,有研究显示约为5 min,短时间缺氧后,如果给予及时干预,可获得快速恢复,形成后遗症的风险相对较小,如果未能得到及时纠正,则可能产生不同程度的脑损伤,甚至是永久性脑损伤,因此即使是轻度窒息新生儿,也应尽早进行aEEG监测,以及时发现脑损伤的存在并予以干预,阻止病情进展^[13]。有学者证实,当aEEG显示背景活动不连续、睡眠-觉醒周期不成熟、出现痫样活动时,患儿窒息程度可能更重,且存在脑损伤的风险较高^[14]。本研究亦得出类似结论,患儿不同窒息程度与睡眠-觉醒周期情况以及有无痫样活动均呈正相关,同样说明如果aEEG显示为睡眠-觉醒周期未成熟或者无睡眠-觉醒周期,或者显示为有痫样活动,患儿的窒息程度则越重,因此早期监测aEEG,对于联合判断窒息程度和脑损伤程度均十分有利。

新生儿动脉血气分析可选择多个解剖部位进行采血,如桡动脉、颞动脉、脐动脉等^[15-16]。脐动脉采血通常于出生后1 min进行,桡动脉搏动较易扪及,操作程序简化度高,时间短,受患儿体位的影响程度极小,亦可在床边快速进行,且所需针头小,对新生儿的损伤程度轻^[17]。因此本研究选择对窒息新生儿进行桡动脉血气分析。窒息新生儿可能出现代谢性酸中毒的情况,在各项动脉血气指标中, PO_2 、 PCO_2 仅可反映采血瞬时的情况,受吸氧、药物等因素的影响较大,尤其是 PO_2 的稳定性较弱,pH和BE值则相对稳定性较高,可良好反映体内缺氧和酸中毒的严重情况^[18]。国内学者的研究发现,新生儿窒息桡动脉血气分析结果中pH值和氧合指数可敏感地反应窒息新生儿脑损伤的程度^[19]。本研究中aEEG正常组与轻度异常组之间pH、 PO_2 差异不显著,而 PCO_2 、BE差异显著,aEEG正常组和aEEG轻度异常组pH、 PO_2 和BE水平均显著高于aEEG重度异常组, PCO_2 水平则显著低于aEEG重度异常组,这一结果说明pH、 PO_2 和BE水平越低, PCO_2 水平越高,患儿aEEG异常程度则越重,窒息程度亦越严重,出现脑损伤的风险则越高。因此,在进行桡动脉血气分析的同时,早期进行

aEEG的监测,可有助于及时发现脑损伤的发生与进展,并有针对性地纠正酸碱平衡,促进正常代谢功能的快速恢复。

目前,CT、MRI、颅内压监测以及常规EEG仍然是临床上评估脑损伤的常用检查方法,各有优势与缺陷^[20-21]。其中,MRI虽然可清晰分辨脑灰白质,并可显示窒息发生后脑组织缺氧缺血再灌注的表现,在脑损伤的诊断中具有较高的准确率,但是MRI检查需要通过注射镇静剂使患儿处于安静状态才可进行检查,对于处于急性期的患儿来说,无法早期进行检查,可能贻误病情,且仪器价格高昂,在国内医院的普及率有所不足,临床应用受到限制。本研究中患儿aEEG异常程度与MRI异常程度呈正相关,说明MRI异常程度越重,患儿aEEG异常程度越重,脑损伤的风险可能越高。进一步通过数据分析发现,aEEG正常组中主要为MRI轻度异常者,未发现重度异常者,aEEG轻度异常组中则以MRI中度异常者为主,aEEG重度异常组中则以MRI重度异常者为主,因此,相对于MRI检查,aEEG在新生儿窒息的超早期诊断和病情程度判断中应用更为广泛。

综上所述,窒息新生儿aEEG检查结果与桡动脉血气分析和头颅MRI检查结果密切相关,aEEG操作简便,可靠性高,可动态监测新生儿的脑电活动情况,及时发现脑损伤的发生与进展,且在时效性方面优于MRI,可用于新生儿窒息的超早期诊断。

【参考文献】

- [1] Pu Y, Zhu Z, Yang Q, et al. Significance of amplitude integrated electroencephalography in early stage of neonatal hypoxic-ischemic encephalopathy and cerebral function monitoring in Neonatal Intensive Care Units[J]. Am J Transl Res, 2021, 13(8): 9437-9443.
- [2] Hellström-Westas L. Amplitude-integrated electroencephalography for seizure detection in newborn infants[J]. Semin Fetal Neonatal Med, 2018, 23(3): 175-182.
- [3] Bruns N, Blumenthal S, Meyer I, et al. Application of an amplitude-integrated EEG monitor (cerebral function monitor) to neonates[J]. J Vis Exp, 2017, 127: 55985.
- [4] 虞人杰,叶鸿瑁,朱建幸,等. 新生儿窒息诊断的专家共识[J]. 中华围产医学杂志, 2016, 19(1): 3-6.
Yu RJ, Ye HM, Zhu JX, et al. Expert consensus on the diagnosis of neonatal asphyxia[J]. Chinese Journal of Perinatal Medicine, 2016, 19(1): 3-6.
- [5] 中华医学会儿科学分会围产专业委员会. 新生儿振幅整合脑电图临床应用专家共识[J]. 中华新生儿科杂志, 2019, 34(1): 3-7.
Perinatal Professional Committee, Scientific Branch, Chinese Medical Association. Expert consensus on clinical application of amplitude integrated EEG in newborns[J]. Chinese Journal of Neonatal Pediatrics, 2019, 34(1): 3-7.
- [6] 邵肖梅,叶鸿瑁,邱小汕. 实用新生儿学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2010: 222-225.
Shao XM, Ye HM, Qiu XS. Practical neonatology[M]. Beijing: People's Health Publishing House, 2010: 222-225.
- [7] Pisani F, Spagnoli C. Monitoring of newborns at high risk for brain injury[J]. Ital J Pediatr, 2016, 42(1): 48.
- [8] Freund B, Probasco JC, Ritzl EK. Seizure incidence in the acute postneurosurgical period diagnosed using continuous electroencephalography[J]. J Neurosurg, 2018. DOI: 10.3171/2018.1.JNS171466.

- [9] Wang Z, Zhang P, Zhou W, et al. Electroencephalography monitoring in the neonatal intensive care unit: a Chinese perspective[J]. *Transl Pediatr*, 2021, 10(3): 552-559.
- [10] 曾丽春, 何玲, 陈丽萍, 等. 振幅整合脑电图与常规脑电图在新生儿脑损伤的诊断效果对比观察[J]. *医学信息*, 2015, 28(28): 306.
- Zeng LC, He L, Chen LP, et al. Comparative observation of amplitude integrated EEG and routine EEG in the diagnosis of neonatal brain injury[J]. *Medical Information*, 2015, 28(28): 306.
- [11] Kobayashi S, Kamishima M, Yokoi K, et al. Unusual presentation of acute encephalopathy with biphasic seizures and late reduced diffusion in Miller-Dieker syndrome[J]. *BMJ Case Rep*, 2022, 15(3): e248190.
- [12] Weeke LC, Dix LM, Groenendaal F, et al. Severe hypercapnia causes reversible depression of aEEG background activity in neonates: an observational study[J]. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*, 2017, 102(5): F383-F388.
- [13] 张小雪. 振幅整合脑电图联合磁共振成像评估早产儿脑损伤的价值探讨[D]. 邯郸: 河北工程大学, 2019.
- Zhang XX. The value of amplitude integrated electroencephalogram combined with magnetic resonance imaging in evaluating brain injury in premature infants[D]. Handan: Hebei Engineering University, 2019.
- [14] 王璇, 迟姗姗, 王小雨, 等. 振幅整合脑电图监测在新生儿脑损伤患儿中的应用价值[J]. *临床医学研究与实践*, 2022, 7(11): 101-104.
- Wang X, Chi SS, Wang XY, et al. Application value of amplitude integrated EEG monitoring in newborns with brain injury[J]. *Clinical Research and Practice*, 2022, 7(11): 101-104.
- [15] 宋焕清, 宋红, 李晶晶, 等. 脐动脉血气和出生后1 h血气在新生儿窒息诊断中的关系[J]. *航空航天医学杂志*, 2021, 32(2): 129-131.
- Song HQ, Song H, Li JJ, et al. Relationship between umbilical artery blood gas and 1 h postnatal blood gas in the diagnosis of neonatal asphyxia[J]. *Journal of Aerospace Medicine*, 2021, 32(2): 129-131.
- [16] 中华医学会围产医学分会新生儿复苏学组. 新生儿脐动脉血气分析临床应用专家共识(2021)[J]. *中华围产医学杂志*, 2021, 24(6): 401-405.
- Neonatal Resuscitation Group, Perinatal Branch, Chinese Medical Association. Expert consensus on clinical application of neonatal umbilical artery blood gas analysis (2021)[J]. *Chinese Journal of Perinatal Medicine*, 2021, 24(6): 401-405.
- [17] 徐雪兰. 新生儿桡动脉、股静脉采血方式的应用价值分析[J]. *中外医学研究*, 2019, 17(21): 161-163.
- Xu XL. Analysis on the applied value of blood collection methods of radial artery and femoral vein in newborns[J]. *Chinese and Foreign Medical Research*, 2019, 17(21): 161-163.
- [18] Leinonen E, Gissler M, Haataja L, et al. Umbilical artery pH and base excess at birth are poor predictors of neurodevelopmental morbidity in early childhood[J]. *Acta Paediatr*, 2019, 108(10): 1801-1810.
- [19] 黄丽莎, 李经猷, 陈丽秋, 等. 新生儿窒息血气分析指标变化与血清神经系统相关性蛋白的分析研究[J]. *中国医药科学*, 2018, 8(24): 76-78.
- Huang LS, Li JY, Chen LQ, et al. Analysis and study on changes of blood gas analysis indexes and serum nervous system related proteins in newborns with asphyxia[J]. *China Medicine and Pharmacy*, 2018, 8(24): 76-78.
- [20] Squires JH, Beluk NH, Lee VK, et al. Feasibility and safety of contrast-enhanced ultrasound of the neonatal brain: a prospective study using MRI as the reference standard[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2022, 218(1): 152-161.
- [21] Shope C, Alshareef M, Larrew T, et al. Utility of a pediatric fast magnetic resonance imaging protocol as surveillance scanning for traumatic brain injury[J]. *J Neurosurg Pediatr*, 2021, 27(4): 475-481.

(编辑: 黄开颜)