

# 事件相关电位联合昏迷恢复量表对意识障碍患儿预后评估的临床应用研究

张蒙<sup>1</sup>, 杨健全<sup>1</sup>, 沈文宾<sup>1</sup>, 尹保奇<sup>1</sup>, 郝汇睿<sup>1</sup>, 赵永红<sup>1</sup>, 李宏磊<sup>1</sup>, 李恩耀<sup>1,2</sup>

**【摘要】 目的:**探讨失匹配负波(MMN)、P300 检查联合昏迷恢复量表(CRS-R)在意识障碍患儿预后判断中的临床应用价值。**方法:**回顾性研究 42 例意识障碍(DOC)患儿的临床资料。记录患儿的基本资料、昏迷恢复量表修订版(CRS-R)评分和事件相关电位(Event-Related Potential,ERP)结果。以入院后 6 个月、脱离 MCS 或死亡为研究终点,根据 CRS-R 评分采用床旁评估或电话随访追踪患儿预后。分别对患儿临床资料、量表及 ERP 指标进行单因素分析,筛选出有意义指标,对其采用二元 Logistic 回归分析法(逐步法-向前),建立回归模型,绘制 ROC 曲线,判断预后评估的价值。**结果:**单因素分析发现,2 组患儿 CRS-R 评分、失匹配负波(MMN)潜伏期与波幅、P300 波幅差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。多因素 Logistic 回归分析发现:MMN 潜伏期每增加 10ms,患儿清醒的概率是原来的 0.548 倍,差异具有统计学意义( $OR = 0.548$ , 95%CI 0.344–0.872,  $P = 0.011$ );MMN 波幅每增加 0.1uv,患儿预后清醒的概率增加 0.34 倍,差异具有统计学意义( $OR = 1.34$ , 95%CI 1.060–1.695,  $P = 0.014$ );P300 波幅每增加 0.1uv,患儿预后清醒的概率增加 0.261 倍( $OR = 1.261$ , 95%CI 0.986–1.612,  $P = 0.064$ );对模型进行检验, $\chi^2 = 9.917$ ,  $P = 0.271$ , 模型拟合效果良好。绘制 ROC 曲线发现,MMN 潜伏期、MMN 波幅与 P300 波幅 3 种方法联合所对应的 AUC 值最高,为 0.938,  $P < 0.001$ 。**结论:**MMN 潜伏期与波幅、P300 波幅均与 DOC 患儿的预后相关,3 种指标联合检测的准确率、特异性、敏感度均最高,可对 DOC 患儿的预后判断提供依据,有一定的临床应用价值。

**【关键词】** 意识障碍;事件相关电位;昏迷恢复量表;预后

**【中图分类号】** R49;R651.15    **【DOI】** 10.3870/zgkfr.2023.02.005

**Clinical application of event-related potential combined with coma recovery scale in evaluating the prognosis of children with disorder of consciousness** Zhang Meng, Yang Jianquan, Shen Wenbin, et al. Department of Child Rehabilitation, The Fifth Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450000, China

**【Abstract】 Objective:** To explore the clinical value of mismatched negative wave (MMN) and P300 combined with coma recovery scale (CRS-R) in predicting the prognosis of children with disorder of consciousness(DOC). **Methods:** The clinical data of 42 children with DOC were studied retrospectively. The basic data, the score of revised coma recovery scale (CRS-R) and the results of event-related potential (ERP) were recorded. The end point of the study was 6 months after admission, leaving minimally conscious state or death. The prognosis was followed up by bedside evaluation or telephone follow-up according to CRS-R score. The clinical data, scale and ERP index were analyzed by univariate analysis, and the indexes related to prognosis were screened. Binary Logistic regression analysis was used to establish a regression model, draw ROC curve, and judge the value of prognosis evaluation. **Results:** The univariate analysis showed that there were significant differences in CRS-R score, latency and amplitude of MMN, amplitude of P300. Multivariate Logistic regression analysis showed that for every 10 ms increase in MMN latency, the probability of awakening was 0.548 times higher than that of the original ( $OR = 0.548$ , 95%CI: 0.344–0.872,  $P = 0.011$ ), and the probability of conscious prognosis increased 0.34 times when the amplitude of MMN increased ( $OR = 1.34$ , 95%CI: 1.060–1.695,  $P = 0.014$ ). When the amplitude of P300 increased with 0.1 uV, the probability of clear prognosis increased by 0.261 times ( $OR = 1.261$ , 95%CI: 0.986–1.612,  $P = 0.064$ ),

and the model was tested:  $\chi^2 = 9.917$ ,  $P = 0.271$ , which showed a good fitting effect. By drawing the ROC curve, it was found that the AUC value of the combination of MMN latency, MMN amplitude and P300 amplitude was the highest, 0.938 ( $P < 0.001$ ).

**Conclusion:** The latency and amplitude of MMN and the amplitude of P300 are related to the prognosis of children with DOC. The combined detection of the three

基金项目:河南省自然科学基金面上项目(212300410399),河南省卫健委项目(LHGJ20190430、LHGJ20190410),郑州市协同创新重大专项(18XTZX12003)

收稿日期:2022-06-24

作者单位:1. 郑州大学第五附属医院儿童康复科,郑州 450000;2. 河南省康复医学重点实验室,郑州 450000

作者简介:张蒙(1995-),女,硕士研究生在读,主要从事儿童重症康复方面的研究。

通讯作者:李恩耀,13526676676@126.com

indexes has the highest accuracy, specificity and sensitivity, which can provide a basis for judging the prognosis of children with DOC and has a certain clinical application value.

**【Key words】** disorder of consciousness; event-related potential; coma recovery scale; prognosis

意识障碍(disorder of consciousness, DOC)主要包括昏迷、植物状态(vegetative state, VS)/无反应觉醒综合征(unresponsive wakefulness syndrome, UWS)和最小意识状态(minimally conscious state, MCS)<sup>[1]</sup>,患者的持续和恢复时间不等,与脑损伤的严重程度密切相关<sup>[2]</sup>;意识水平可经过脱离微意识状态(emergence from minimally conscious state, eMCS)而逐渐清醒<sup>[3]</sup>。不同于成人DOC,儿童神经系统尚处于发育期,发育中的神经系统的可塑性是有别于成人的最大特征<sup>[4]</sup>,故儿童DOC的评估特点及预后有其特殊性,如何更加准确评估患儿预后情况成为临床工作中尤为关注的问题。近年来事件相关电位(event-related potential, ERP)作为一种发展迅速的新型脑功能监测方法,可用于评估早期脑损伤程度及预后情况<sup>[5]</sup>,其客观且不易受到干扰的特性与临床量表优势互补,能够提高危重患者脑功能状态的早期识别及预后判断的准确性<sup>[6]</sup>。ERP中的失匹配负波(mismatch negativity, MMN)与P300成分在成人DOC预后判断中已被证实具有重要的指导价值。昏迷恢复量表修订版(coma recovery scale-revised, CRS-R)是目前国际公认鉴别植物状态和最小意识状态的测量工具,用于意识状态的诊断及鉴别诊断<sup>[7]</sup>,同时具有一定的预后价值<sup>[8]</sup>。本文选用ERP与CRS-R量表联合应用,探讨两者在DOC患儿预后判断中的临床应用价值。

## 1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析来自郑州大学第五附属医院于2020年1月~2021年12月收治的DOC患儿。纳入标准:年龄<14岁;入院时意识障碍病程<6个月;入院时CRS-R评分诊断为VS/UWS或MCS;在院期间持续进行康复治疗;入院后完善了ERP检查。排除标准:患者生命体征不稳定及其他原因在院期间被迫停止康复治疗;发病前有明确的神经方面的疾病;患有听力疾患,无法配合ERP检查;患有影响大脑活动的代谢性疾病;出院后未完成随访者。共有45例DOC患儿,其中2名因失访脱落,另有1名因肺炎、癫痫频发而间断停止康复治疗,共有42例患者入组,其中男26例,女16例;年龄7月~12岁7月,病程0.5~5.5个月;脑外伤致意识障碍11例,非外伤所致31例。42例患儿根据是否清醒分为清醒组15例和未清醒组27例。2组患儿病程比较差异有统计学意义

( $P<0.05$ ),2组患儿性别、月龄、病因比较差异无统计学意义,见表1。本研究通过郑州大学第五附属医院医学伦理委员会的批准(Y2021062)。

表1 2组一般资料比较

组别	n	性别(例,%)		月龄(月)		病因(例,%)		病程(月)	
		男	女	M(P25,P75)		外伤	非外伤	M(P25,P75)	
清醒组	15	7(46.6)	8(54.4)	50(27,85)		4(26.7)	11(73.3)	1(1,2)	
未清醒组	27	19(70.4)	8(29.6)	38(21,78)		7(25.9)	20(74.1)	2(1,4)	
$\chi^2/z$ 值		2.315		1.326		0.003		3.175	
P值		0.136		0.185		0.960		0.002	

1.2 方法 入院后连续对患者进行5日的CRS-R量表评估<sup>[9]</sup>,随机选取不同的时间点进行,将评估所得最高分作为患者的最终分<sup>[10]</sup>,根据量表结果判断患儿入院时的意识状态<sup>[6]</sup>。由2名神经内科医生及2名儿童康复科医生(包括1名管床医生)分别进行评估,评估者对DOC有丰富的临床经验且对CRS-R量表的操作熟悉。评估时根据正常儿童生长发育适当的行为及认知迹象监测<sup>[11]</sup>,如2岁左右的患儿可识别玩具、知道手机的主要功能、可理解简单的表达即认为患儿清醒,并不要求其完全准确的沟通能力。对存在争议的量表评分进行讨论并重新进行评估,保证数据的客观与准确。入院后10d内完成ERP检测,采用日本光电肌电诱发电位仪(MEB-2306C),按10-20系统记录患者的脑电变化,参考电极A1、A2位于左右耳垂,地线置于前额部正中央,电极与皮肤间阻抗小于5kΩ,滤波范围0.5~100Hz。测MMN时记录Cz,Fz的波幅及潜伏期,取其平均值,由偏差刺激诱发的相关电位减去标准刺激诱发的相关电位,得到的波形中位于100~250ms范围内的最大负相波为MMN<sup>[12]</sup>。P300记录Cz,Fz波幅及潜伏期,得到的波形中位于250~450ms范围内的最大正相波确认为P300<sup>[13]</sup>。患者主要接受以促醒为主的治疗方案。①促醒康复治疗:所有患儿均予以高压氧、正中神经电刺激、传统的针灸、电针、中药等促醒治疗,根据患儿情况适当增加物理因子治疗,保持良肢位的摆放、维持肢体关节活动度,改善吞咽功能;无颅骨缺损的患儿均给予经颅磁刺激、经颅直流电刺激治疗等;②对症支持治疗:营养神经、纠正水电解质平衡紊乱、促进脑代谢等对症支持治疗;③防治并发症:调节胃肠道问题,防治便秘及腹泻,防治长期卧床导致坠积性肺炎,防治癫痫频发等。

1.3 统计学方法 采用SPSS 26.0统计学软件进行分析。正态分布计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,组间比较采用两独立样本t检验;非正态分布计量资料以M(P25,

P75)表示,组间比较采用 MannWhitney U 检验;计数资料以例(%)表示,组间比较采用  $\chi^2$  检验。入院时 2 组间患儿的年龄、病程采用 MannWhitney U 检验;性别、病因采用  $\chi^2$  检验;CRS-R 量表评分(连续评估所得的最高值)、MMN 潜伏期与波幅、P300 潜伏期与波幅均采用两独立样本 t 检验。对患儿入院时的各指标进行单因素分析,将筛选出有统计学意义的影响因子纳入 Logistic 回归(逐步法-向前)进行多因素分析,并对模型进行检验;绘制 ROC 曲线确定曲线下面积(Area under curve, AUC),用灵敏度、特异度、约登指数评价效能;以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 单因素分析结果** 2 组 CRS-R 量表、MMN 潜伏期和波幅、P300 潜伏期和波幅结果比较 清醒组 CRS-R 评分、MMN 波幅、P300 波幅明显高于未清醒组, MMN 潜伏期明显低于未清醒组( $P < 0.01$ ), 而 2 组 P300 潜伏期比较无统计学差异, 见表 2。入组时研究对象 MCS 患儿 7 例, UWS /VS 患儿 35 例;追访 6 个月后 7 例 MCS 患儿均清醒, 35 例 UWS 患儿 8 例清醒, 18 例患儿恢复至 MCS,仍有 9 人为 UWS。

表 2 2 组单因素分析  $\bar{x} \pm s$

组别	n	CRS-R 评分 (分)	MMN 潜伏期 (ms)	MMN 波幅 (uv)	P300 潜伏期 (ms)	P300 波幅 (uv)
清醒组	15	7.73 ± 1.83	244.33 ± 30.51	1.45 ± 0.62	382.13 ± 14.62	1.12 ± 0.67
未清醒组	27	6.22 ± 0.85	273.22 ± 20.36	0.83 ± 0.45	390.07 ± 23.27	0.60 ± 0.30
t 值		3.664	3.677	3.704	1.194	2.846
P 值		0.001	0.001	0.001	0.241	0.011

**2.2 不同病因意识障碍患儿恢复情况** 11 例脑外伤患儿有 4 例清醒;非外伤患儿 31 例,共 11 例清醒;非外伤组包括 12 例颅内感染(脑炎)患儿,6 例清醒,18 例缺氧缺血性脑病患儿有 4 例清醒,1 例脑出血患儿,在 2 月内迅速苏醒,见表 3。因样本量较少,不再对病因进一步做统计学分析。

表 3 不同病因 2 组清醒率比较 例

病因	清醒组(15)		未清醒组(27)		清醒率(%)
	MCS	UWS	MCS	UWS	
脑外伤(11)	4	5	2	36.4	
缺氧(18)	4	8	6	22.2	
脑炎(12)	6	4	2	50.0	
脑出血(1)	1	0	0	100	

**2.3 多因素分析结果** 以患儿是否清醒为因变量,清醒赋值为 1,未清醒赋值为 0;单因素分析结果中 5 个相关指标为自变量,将 MMN 潜伏期、MMN 波幅、P300 波幅、CRS-R 评分及病程纳入多因素 logistic 回归分析(逐步法-向前),自变量病程、CRS-R 评分、MMN 波幅、MMN 潜伏期、P300 波幅等均为连续型数值变量。结果发现:MMN 潜伏期、MMN 波幅和

P300 波幅进入最终多因素 Logistic 回归模型;MMN 潜伏期每增加 10ms,患儿清醒的概率为原来的 0.548 倍,差异具有统计学意义( $OR = 0.548$ , 95%CI 0.344 - 0.872,  $P = 0.011$ );MMN 波幅每增加 0.1uv,患儿清醒的概率增加 0.34 倍,差异具有统计学意义( $OR = 1.34$ , 95%CI 1.060 - 1.695,  $P = 0.014$ );P300 波幅每增加 0.1uv,患儿清醒的概率增加 0.261 倍( $OR = 1.261$ , 95%CI 0.986 - 1.612,  $P = 0.064$ );见表 4。

表 4 多因素 logistic 回归分析

变量	回归系数	标准误	Wald $\chi^2$ 值	OR 值	P 值	95% CI
MMN 潜伏期(ms/10)	-0.062	0.237	6.440	0.548	0.011	0.344~0.872
MMN 波幅(uv * 10)	0.293	0.120	5.983	1.340	0.014	1.060~1.695
P300 波幅(uv * 10)	0.232	0.125	3.424	1.261	0.064	0.986~1.612

注:为便于临床解释,在进行 logistic 回归时 MMN 潜伏期缩小 10 倍,MMN 波幅、P300 波幅均扩大 10 倍

**2.4 模型拟合优度检验及 ROC 曲线** Logistic 回归模型的 Hosmer-Lemeshow 检验(MMN 潜伏期、MMN 波幅、P300 波幅联合)的  $\chi^2$  值为 9.917,  $P = 0.271$ , 证明模型拟合效果良好。为了验证各指标的准确性、灵敏度及特异度,采用 SPSS 26.0 软件绘制 ROC 曲线,见图 1,根据 ROC 曲线计算各指标的灵敏度及特异度,得出对应的曲线下面积(area under curve, AUC);各项指标的 AUC 值均大于 0.7,提示预测价值具有临床参考意义,见表 5。基于多因素 logistic 回归模型绘制联合 ROC 曲线,见图 1,并计算曲线下面积、灵敏度及特异度,结果显示:AUC 为 0.938 ( $P < 0.001$ ),大于单项指标,且特异度及灵敏度均较高。表明 3 种方法联合应用评估 DOC 患儿预后的价值最高。

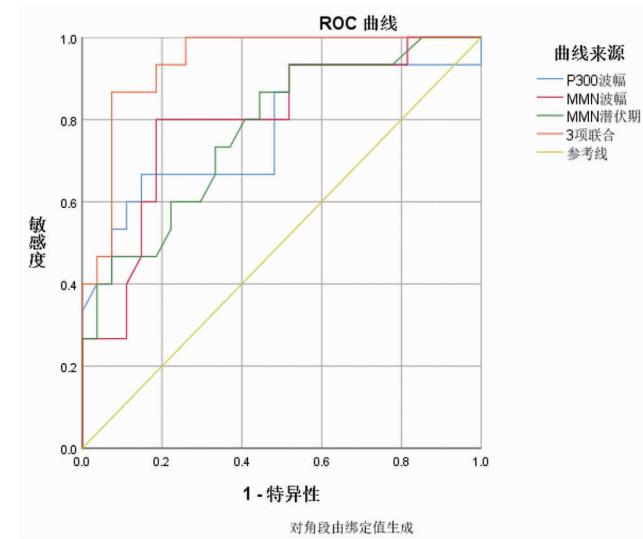


图 1 ROC 曲线

## 3 讨论

儿童 DOC 的预后是临床医生及家属关注的重点

表5 ROC曲线分析

变量	AUC值	标准误	P值	95% CI	敏感性	特异性	约登指数
P300 波幅(uv)	0.774	0.083	0.004	0.612~0.936	67%	85%	0.519
MMN 波幅(uv)	0.796	0.074	0.002	0.652~0.941	80%	82%	0.615
MMN 潜伏期(ms)	0.774	0.075	0.004	0.627~0.921	13%	44%	0.422
联合应用	0.938	0.035	<0.001	0.869~1.000	87%	93%	0.793

问题,儿童神经系统尚处于发育阶段,预后尚不明确。本研究中纳入42例患儿,其中缺血缺氧性脑病占18例(43%),是本文中儿童DOC的主要病因,与Marta等<sup>[14]</sup>研究结果不一致,目前尚无明确的研究指出儿童DOC的主要病因,仍需进一步研究。年龄、病程等因素与患儿预后无显著差异,但在一定程度上,年龄越小的患儿,神经系统发育尚不完全,预后存在更多不确定性<sup>[11]</sup>;另有研究表明,患儿清醒多集中在病程前6个月,后续清醒率虽有增加但增加缓慢<sup>[15~16]</sup>。

ERP是指与一定心理活动(即事件)相关联的脑电位变化,分为内源性成分和外源性成分,内源性成分反映患者认知及注意力等,MMN、P300均属于内源性成分中反映意识状态的重要指标<sup>[17]</sup>。ERP具有不受镇静药物、意识及认知功能影响等优点,是神经电生理指标中有预测价值的指标<sup>[5]</sup>,通过背景活动及大脑皮层对简单指令的反应变化评估患儿脑损伤的严重程度及预后结局<sup>[18]</sup>。潜伏期越长,波幅越小,脑功能越差<sup>[19]</sup>,预后相对较差,与本研究结果一致。

CRS-R评分被认为是诊断DOC的“金标准”<sup>[20]</sup>,它提供了包括听觉、视觉、语言、运动、交流和觉醒等6个方面的信息,可用于VS和MCS的鉴别诊断<sup>[21]</sup>,也用于患者的预后评估<sup>[22]</sup>,是目前应用最广泛的昏迷评估方法。但在临床实际操作中,评分易受客观因素的影响,如存在气管插管、运动功能受损、听视力受损等情况时,会影响量表的判断<sup>[23]</sup>。研究表明,15个月以下的儿童不能遵循指令<sup>[11]</sup>,4岁以下儿童不建议使用CRS-R量表,因为许多项目依赖于言语,但目前尚无明确的用于儿童DOC的量表。本文研究结果证实,在儿童DOC预后评估中,CRS-R量表评分无统计学差异,阐释了CRS-R量表在儿童DOC中应用的局限性。Hernandez等<sup>[24]</sup>研究指出,对于DOC患者的预后评估,将多项指标结合时的预测效果更加显著,包括病因、量表评估等结果,因此,DOC患儿预后评估仍需我们更进一步的研究,同时也亟待适用于儿童DOC量表的出现。

本研究证实了ERP在儿童DOC预后分析中的应用价值,本文结果显示2组患儿MMN潜伏期与波幅均有统计学差异,P300波幅虽无统计学差异,但P值接近0.05,考虑与纳入样本量不足有关,进一步扩大样本量有望增加其统计学差异的显著性。近几年,有

学者观察到P300之后出现的“晚期正电位”(late parietal positivity,LPP),被认为是情绪信息的高级认知加工成分,表明DOC患者残存部分高级认知功能,还可能预示着良好的预后<sup>[25]</sup>。有研究表明,当LPP出现时,患者3个月清醒率可达90%以上<sup>[26]</sup>。本研究中一例患儿为脑出血,且在入院后2月内迅速清醒,在其P300后并未发现LPP;考虑与样本量较小及LPP不宜引出有关,目前尚无明确的证据证明其与意识水平的关系。以上研究均基于成人,尚无对儿童LPP的研究,希望接下来的研究可以对其进行进一步探讨。

脑损伤后DOC患者中多数患者残存部分认知功能,但由于该类患者存在运动功能碍,或注意力差,或易疲劳,导致检测及预后评估工作难度非常大。ERP检测充分利用其不受认知功能影响等优点,提高了对预后评估的准确性。该模型运用联合检测的方法解释了儿童DOC与MMN、P300的相关性。结果显示,联合3种方法所测的回归模型AUC值为0.938,在预测结果中准确率高达88.1%。本研究中纳入一名患者因“溺水”后意识障碍入院,通过各项检查及临床表现确诊为“皮质盲”,患者量表评分在视觉一项中无法计入得分,因此CRS-R量表评分首次评估只有5分,但通过临床医生评估患儿意识状态为MCS,揭示了量表评估的局限性。联合指标的ROC曲线显示:ERP联合CRS-R的特异性和敏感性为最高,量表因年龄及言语等问题,其局限性在儿童DOC中更加明显,因此,在儿童DOC预后评估方面,我们尤其推荐使用ERP的检测。

本研究尚存不足之处,首先样本量较小,并未对病因进行进一步分析,杨华等<sup>[27]</sup>的研究表明,病因与DOC患者预后密切相关,其中尤以外伤患者预后更好,就本结果而言,儿童DOC并未发现外伤患者预后较好,考虑与本研究的样本量较小有关。但从表3可简单看出缺氧在各种病因中预后清醒率相对最低,脑炎患儿清醒率最高。此外,本研究并未对治疗及康复等因素进行考虑,治疗与康复亦会不同程度地影响患者的临床演变进程<sup>[28~29]</sup>。

在6个月随访中,本研究中纳入的MCS患儿7例,均恢复清醒;35例UWS患儿中8例清醒,9例仍未为UWS,其余18例恢复至MCS。可见,UWS患儿恢复清醒的难度较大,概率较低,多数可恢复至MCS,但

进一步恢复难度较大；不同的诊断结果对于预后的指导意义影响深远，因此我们呼吁对意识障碍的患者尽可能明确诊断，并进一步结合电生理检查，提高预后的准确性。本研究针对 DOC 儿童，结合 ERP 各项检测手段，明确了 ERP 对儿童 DOC 的预后评估的准确性、特异性及灵敏度均较高，结合 ERP 本身具有操作简单、结果判断快速、客观性等优点，肯定了其在临床应用中的价值，值得进一步深入探索。

## 【参考文献】

- [1] Moutouh A L, van Hedel H, Meyer-Heim A, et al. High-density electroencephalographic recordings during sleep in children with disorders of consciousness[J]. Neuroimage Clin, 2016, 19(11): 468-475.
- [2] 孙晓琴, 冯英, 肖农. 事件相关电位 P300 在意识障碍预后评估中的应用进展[J]. 中国康复理论与实践, 2020, 26(7): 784-787.
- [3] Edlow B L, Claassen J, Schiff N D, et al. Recovery from disorders of consciousness: mechanisms, prognosis and emerging therapies[J]. Nat Rev Neurol, 2021, 17(3): 135-156.
- [4] Molteni E, Slomine B S, Castelli E, et al. International survey on diagnostic and prognostic procedures in pediatric disorders of consciousness[J]. Brain Inj, 2019, 33(4): 517-528.
- [5] Kotchoubey B. Evoked and event-related potentials in disorders of consciousness: A quantitative review[J]. Conscious Cogn, 2017, 54(9): 155-167.
- [6] Duszyk A, Dovgialo M, Pietrzak M, et al. Event-related potentials in the odd-ball paradigm and behavioral scales for the assessment of children and adolescents with disorders of consciousness: A proof of concept study[J]. Clin Neuropsychol, 2019, 33(2): 419-437.
- [7] 燕晓翔, 徐梅, 王古月, 等. 跨学科多量表评定神经重症患者意识的信度研究[J]. 中国康复医学杂志, 2018, 33(02): 137-140.
- [8] 陈炎, 何艳斌, 虞容豪. 修订版昏迷恢复量表对长期意识障碍患者的预后评估[J]. 实用医学杂志, 2019, 35(18): 2905-2908.
- [9] Wannez S, Heine L, Thonnard M, et al. The repetition of behavioral assessments in diagnosis of disorders of consciousness[J]. Ann Neurol, 2017, 81(6): 883-889.
- [10] Dovgialo M, Chabuda A, Duszyk A, et al. Assessment of Statistically Significant Command-Following in Pediatric Patients with Disorders of Consciousness, Based on Visual, Auditory and Tactile Event-Related Potentials[J]. Int J Neural Syst. 2019, 29(3): 1850048.
- [11] Ismail Y F, T. S G, Ljubisavljevic R M. Brain Data in Pediatric Disorders of Consciousness: Special Considerations[J]. J Clin Neurophysiol. 2022, 39(1): 49-58.
- [12] 周茜茜. 失匹配负性波在昏迷患者意识水平评估中的应用价值[D]. 昆明医科大学, 2017.
- [13] 刘婉清. 事件相关电位对意识障碍水平评估及预测价值研究[D]. 郑州大学, 2020.
- [14] Hernandez M, Calderon G, Tejada P C, et al. Prolonged disorder of consciousness in children, an update[J]. Andes Pediatr, 2021, 92(1): 15-24.
- [15] 孙晓琴. 体躯感觉诱发电位预测儿童严重意识障碍中远期预后的价值及意义[D]. 重庆医科大学儿科学, 2020.
- [16] Molteni E, Colombo K, Pastore V, et al. Joint Neuropsychological Assessment through Coma/Near Coma and Level of Cognitive Functioning Assessment Scales Reduces Negative Findings in Pediatric Disorders of Consciousness[J]. Brain Sci, 2020, 10(3): 162.
- [17] 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, 15(14): 555093.
- [18] Calcus A, Deltenre P, Hoonhorst I, et al. MMN and P300 are both modulated by the featured/featureless nature of deviant stimuli[J]. Clin Neurophysiol, 2015, 126(9): 1727-1734.
- [19] 王婷, 宋涛, 陶希, 等. P300 在慢性意识障碍患者意识水平评估中的应用价值分析[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2020, 42(10): 894-896.
- [20] Bodine C E, Seu A, Roth E A, et al. Examining the Functional-ity of the MATADOC With the CRS-R: A Pilot Study[J]. J Music Ther, 2020, 57(4): 432-454.
- [21] 沈抒. 修订版昏迷恢复量表简介及临床研究进展[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2015, 37(08): 628-630.
- [22] 中国医师协会神经修复专业委员会意识障碍与促醒学组. 慢性意识障碍诊断与治疗中国专家共识[J]. 中华神经医学杂志, 2020, 19(10): 977-982.
- [23] Boltzmann M, Schmidt S B, Gutenbrunner C, et al. The influence of the CRS-R score on functional outcome in patients with severe brain injury receiving early rehabilitation[J]. BMC Neurol, 2021, 21(1): 44.
- [24] Song M, Yang Y, Yang Z, et al. Prognostic models for prolonged disorders of consciousness: an integrative review[J]. Cell Mol Life Sci, 2020, 77(20): 3945-3961.
- [25] Wu M, Li F, Wu Y, et al. Impaired Frontoparietal Connectivity in Traumatic Individuals with Disorders of Consciousness: A Dynamic Brain Network Analysis[J]. Aging Dis, 2020, 11(2): 301-314.
- [26] Morlet D, Fischer C. MMN and novelty P3 in coma and other altered states of consciousness: a review[J]. Brain Topogr, 2014, 27(4): 467-479.
- [27] 杨华, 高勇, 周定富, 等. 儿童创伤性颅脑损伤康复治疗相关因素及预后分析[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2012, 34(07): 511-515.
- [28] Thibaut A, Schiff N, Giacino J, et al. Therapeutic interventions in patients with prolonged disorders of consciousness[J]. Lancet Neurol, 2019, 18(6): 600-614.
- [29] 刘华, 何金华, 熊裕娟, 等. 重复经颅磁刺激对重症脑损伤后意识障碍患儿神经电生理及临床疗效的影响[J]. 中国康复, 2021, 36(1): 34-37.