【DOI】 10.3969 / j.issn.1671-6450.2026.10.006

论著 · 临床

基于神经电生理指标构建面神经损伤患者的预后预测模型

姜家奇,王晓虹,殷宏宇,梁杨,吴美美

基金项目: 大连市生命健康领域指导计划项目(2024ZDJH01PT024)

作者单位: 116000 辽宁大连,大连理工大学附属中心医院/大连市中心医院神经电生理科
通信作者: 王晓虹,E-mail: Xhwang75@163.com

【摘 要】 **目的** 构建基于神经电生理指标的面神经损伤患者预后预测模型,为临床早期评估预后、制定个体化治疗方案提供客观参考依据。**方法** 回顾性选取 2022 年 1 月—2024 年 11 月大连理工大学附属中心医院/大连市中心医院收治的面神经损伤患者 146 例为研究对象,患者均接受标准治疗方案和眼部护理,治疗 6 个月后根据 House-Brackmann(HB)面神经功能分级系统的预后评估分为预后良好组 116 例和预后不良组 30 例。所有患者进行面神经电图(ENoG)、瞬目反射(BR)、表面肌电图(sEMG)检测,获取神经电生理核心指标面神经复合肌肉动作电位(CMAP)波幅及潜伏期、R1 波波幅及潜伏期、F 波潜伏期及出现率、静息态均方根值(RMS)、收缩态积分肌电值(iEMG);采用 Pearson 或 Spearman 法分析神经电生理指标与基线 HB 分级Ⅳ~Ⅵ级、基线 Sunnybrook 评分的相关性;多因素 Logistic 回归分析面神经损伤患者预后不良的影响因素;结合回归结果绘制列线图预测模型,通过 Bootstrap 自抽样法(抽样次数=1 000)进行内部验证,采用校准曲线、受试者工作特征(ROC)曲线、决策曲线(DCA)分析评估模型的区分度、校准度及临床实用性。**结果** 预后不良组 CMAP 潜伏期、R1 波潜伏期、F 波潜伏期长于预后良好组,静息态 RMS 高于预后良好组,CMAP 波幅、R1 波波幅、F 波出现率、收缩态 iEMG 低于预后良好组(t/P=13.539/<0.001、13.464/<0.001、4.659/<0.001、14.476/<0.001、12.431/<0.001、9.604/<0.001、14.931/<0.001、7.567/<0.001);面神经损伤患者 CMAP 波幅、R1 波波幅、F 波出现率、收缩态 iEMG 与基线 HB 分级均呈显著负相关(r_s/P=−0.829/<0.001、−0.728/<0.001、−0.860/<0.001、−0.675/<0.001),与基线 Sunnybrook 评分呈正相关(r/P=0.791/<0.001、0.696/<0.001、0.832/<0.001、0.643/<0.001);CMAP 潜伏期、R1 波潜伏期、F 波潜伏期、静息态 RMS 与基线 HB 分级呈正相关(r_s/P=0.847/<0.001、0.842/<0.001、0.516/<0.001、0.812/<0.001),与基线 Sunnybrook 评分呈负相关(r/P=−0.815/<0.001、−0.808/<0.001、−0.478/<0.001、−0.776/<0.001);CMAP 潜伏期长、R1 潜伏期长、静息态 RMS 高是面神经损伤患者预后不良的独立危险因素[OR(95%CI)=1.421(1.115~1.813)、1.505(1.047~2.163)、1.088(1.018~1.164)];基于回归结果构建的列线图预测模型经验证,模型预测值与实际预后结局一致性良好(Hosmer-Lemeshow χ^2=5.236,P=0.703),预测面神经损伤患者预后效能显著(曲线下面积为 0.856,敏感度 0.800,特异度 0.781),在广域范围内(0.1~0.6)模型临床净收益率均较高。**结论** 基于 CMAP 潜伏期、R1 潜伏期、静息态 RMS 构建的列线图预测模型,对面神经损伤患者预后具有良好的预测效能,且临床实用性强,可为临床医生早期识别预后不良高危人群、优化治疗方案提供科学依据。

【关键词】 面神经损伤;预后;神经电生理;面神经电图;瞬目反射;表面肌电图;列线图
【中图分类号】 R745.1+2 【文献标识码】 A

Prognostic prediction model for facial nerve injury patients based on neuroelectrophysiological parameters *Jiang Jiaqi, Wang Xiaohong, Yin Hongyu, Liang Yang, Wu Meimei. Neuroelectrophysiology Department, Central Hospital of Dalian University of Technology/Dalian Central Hospital, Liaoning, Dalian* 116000, *China*

Funding program: Dalian Life and Health Field Guidance Plan Project (2024*ZDJH*01*PT*024)

*Corresponding author: Wang Xiaohong, E-mail: Xhwang*75@163.*com*

【**Abstract**】 **Objective** To construct a prognostic prediction model for patients with facial nerve injury based on neuroelectrophysiological parameters, providing an objective reference for early clinical prognosis assessment and personalized treatment planning. **Methods** A total of 146 patients with facial nerve injury admitted to the Central Hospital Affiliated to Dalian University of Technology (Dalian Central Hospital) from January 2022 to November 2024 were enrolled. All patients received standardized treatment and eye care. Clinical characteristics were assessed before treatment. Electroneurography

中国知网 https://www.cnki.net

(ENoG), blink reflex (BR), and surface electromyography (sEMG) were performed to obtain key neuroelectrophysiological indicators, including compound muscle action potential (CMAP) amplitude and latency, R1 wave latency and amplitude, F-wave latency and occurrence rate, resting root mean square (RMS) value, and integrated electromyography (iEMG) during voluntary contraction. At six months after treatment, the House-Brackmann (HB) grading system was used to evaluate prognosis. Pearson or Spearman correlation analysis was applied to examine the correlations between neuroelectrophysiological indicators and baseline HB grade Ⅳ - Ⅵ as well as baseline Sunnybrook score. Multivariate logistic regression analysis was used to identify risk factors for poor prognosis. Based on the regression results, a nomogram prediction model was constructed. Internal validation was performed using the bootstrap method (resampling times = 1,000). The discrimination, calibration, and clinical utility of the model were assessed by calibration curve, receiver operating characteristic (ROC) curve, and decision curve analysis (DCA). **Results** At 6 months after onset, 116 patients (79.45%) had a good prognosis and 30 (20.55%) had a poor prognosis. Compared with the good prognosis group, the poor prognosis group had significantly longer CMAP latency, R1 wave latency, and F-wave latency, higher resting RMS, and significantly lower CMAP amplitude, R1 wave amplitude, F-wave occurrence rate, and iEMG during contraction (t/P = 13.539/<0.001, 13.464/<0.001, 4.659/<0.001, 14.476/<0.001, 12.431/<0.001, 9.604/<0.001, 14.931/<0.001, 7.567/<0.001). CMAP amplitude, R1 wave amplitude, F-wave occurrence rate, and iEMG during contraction were significantly negatively correlated with baseline HB grade (r_s = −0.860 to −0.675, all P <0.001) and significantly positively correlated with baseline Sunnybrook score (r = 0.643 to 0.832, all P <0.001). CMAP latency, R1 wave latency, F-wave latency, and resting RMS were significantly positively correlated with baseline HB grade (r_s = 0.516 to 0.847, all P <0.001) and significantly negatively correlated with baseline Sunnybrook score (r = −0.815 to −0.478, all P <0.001). Logistic regression analysis showed that CMAP latency, R1 wave latency, and resting RMS were independent risk factors for poor prognosis in patients with facial nerve injury (all P <0.05). **Conclusion** The nomogram prediction model based on CMAP latency, R1 wave latency, and resting RMS demonstrates excellent predictive performance and strong clinical utility for prognostic assessment in patients with facial nerve injury. It provides a scientific basis for early identification of high-risk patients and optimization of treatment strategies.

【Key words】 Facial nerve injury; Prognosis; Neuroelectrophysiology; Surface electromyography; Blink reflex; Electroneurography; Nomogram

面神经损伤是临床常见问题，表现为面部肌肉瘫痪、感觉异常等，影响患者生活质量[1-3]。部分患者可遗留永久性功能障碍，故早期精准评估预后具有重要意义[3]。目前临床评估多依赖量表工具，主观性较强，难以客观量化神经恢复程度，然而神经电生理技术可提供量化指标[4]。面神经电图（electroneurography，ENoG）通过记录复合肌肉动作电位（compound muscle action potential，CMAP）的波幅和潜伏期，反映轴索损伤及脱髓鞘病变程度，其中 CMAP 潜伏期延长是预后不良的预测因素[5-6]。瞬目反射（blink reflex，BR）用于评估三叉神经-面神经反射弧功能，其 R1 波潜伏期恢复是早期功能改善的信号[7]；F 波可反映近端神经传导功能[8]。表面肌电图（surface electromyography，sEMG）则可评估肌肉失神经支配及异常再支配情况[9]。然而，单一指标的预测效能有限，目前尚缺乏综合多指标的预测模型。本研究拟纳入多项神经电生理数据，联合构建并验证预后预测模型，以期为早期识别面神经损伤高危患者及实施分层治疗提供依据，报道如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料 回顾性选取 2022 年 1 月—2024 年 11 月大连理工大学附属中心医院/大连市中心医院收治的面神经损伤患者 146 例为研究对象，患者均在治疗后 6 个月采用 House-Brackmann（HB）面神经功能分级系统进行预后评估，HB 分级Ⅰ~Ⅱ级定义为预后良好组（116 例），Ⅲ~Ⅵ级定义为预后不良组（30 例）[10]。与预后良好组比较，预后不良组患者年龄大、基线 HB 分级Ⅳ~Ⅵ级比例高、基线 Sunnybrook 评分低（P<0.01）；2 组其他临床资料比较，差异均无统计学意义（P>0.05），见表 1。本研究已经获得医院伦理委员会批准（YN2024-135-02），患者和家属均知情同意并签署知情同意书。

1.2 病例选择标准 （1）纳入标准：①经临床症状、体格检查结合 ENoG 或 BR 神经电生理检查明确诊断为面神经损伤（病因包括特发性面神经炎、外伤、感染等）；②典型单侧面瘫症状，病史 2 周以内；③年龄18~75 岁，性别不限，具备基本沟通能力与随访条件。（2）排除标准：①存在神经电生理检查禁忌证，如植入心脏起搏器、体内有金属异物等；②患有严重基础疾病，如重度心力衰竭、肝硬化失代偿期、肾功能衰竭尿毒症期、造血系统恶性肿瘤等；③面瘫病史、面部手术史或

中国知网 https://www.cnki.net

双侧面瘫；④合并其他神经系统疾病；⑤入组前已接受糖皮质激素冲击、手术减压等治疗。

表 1　预后良好组与预后不良组面神经损伤患者临床资料比较

Tab.1　Comparison of clinical data between the poor prognosis group and the good prognosis group

项　目	预后良好组（n=116）	预后不良组（n=30）	t/χ^2 值	P 值
性别［例(%)］			0.025	0.875
男	60(51.72)	16(53.33)		
女	56(48.28)	14(46.67)		
年龄($\bar{x}\pm s$，岁)	45.21±9.43	52.36±8.75	3.755	<0.001
体质量指数($\bar{x}\pm s$，kg/m^2)	23.12±3.05	23.85±2.91	1.179	0.240
吸烟史［例(%)］	35(30.17)	8(26.67)	0.141	0.707
饮酒史［例(%)］	25(21.55)	7(23.33)	0.044	0.833
基础病［例(%)］				
糖尿病	31(26.72)	12(40.00)	2.022	0.155
高血压	45(38.79)	16(53.33)	2.072	0.150
高脂血症	29(25.00)	11(36.67)	1.631	0.202
病程($\bar{x}\pm s$，d)	9.65±2.47	10.16±3.26	0.940	0.349
受伤原因［例(%)］			0.502	0.973
特发性面神经炎	75(64.66)	18(60.00)		
外伤	20(17.24)	6(20.00)		
感染	12(10.34)	3(10.00)		
手术相关损伤	7(6.03)	2(6.67)		
其他	2(1.72)	1(3.33)		
基线 HB 分级［例(%)］			37.492	<0.001
Ⅱ～Ⅲ级	89(76.72)	5(16.67)		
Ⅳ～Ⅵ级	27(23.28)	25(83.33)		
基线 Sunnybrook 评分($\bar{x}\pm s$，分)	48.32±9.64	38.52±8.45	5.083	<0.001

注：Sunnybrook 面神经功能评分包括面部静止状态（20 分）、自主运动（60 分）、联带运动/挛缩/半面痉挛（20 分）三个维度，满分 0～100 分，得分越高提示功能越好[11]。

1.3　治疗方法　患者均采用标准化综合治疗方案，并同时配合针对性眼部护理。（1）药物治疗：急性期（病程≤2 周）给予糖皮质激素抗炎消肿，口服泼尼松（或泼尼松龙）30～60 mg/d，连续 5 d，之后于 5 d 内逐步减量至停用（总疗程 10 d）；合并病毒感染者联合抗病毒药物，口服阿昔洛韦 0.2～0.4 g/次，每日 3～5 次，或口服伐昔洛韦 0.5～1.0 g/次，每日 2～3 次，疗程 7～10 d；全程给予营养神经药物（甲钴胺注射液）促进神经髓鞘修复，0.5 mg 肌内注射或静脉注射，每日 1 次，每周 3 次，持续给药至神经功能明显恢复。（2）病程≥2 周的患者开展面部康复训练，并联合物理因子治疗，以改善局部血液循环与神经肌肉功能。面部康复训练（如抬眉、闭眼、示齿、鼓腮、努嘴等动作）具体方法：抬眉训练，双眉尽力上抬保持 1～2 s，重复 30 次；闭眼训练，用力完全闭合眼睑保持 1～2 s 后睁开，重复 30 次；鼓腮训练，双侧颊部尽力鼓气保持 5～6 s，重复 30 次；示齿训练，口角向两侧尽力牵开露出牙齿保持 5～6 s，重复 30 次。每日训练 2～3 次。物理因子治疗方法：急性期在茎乳孔附近给予超短波无热量治疗，每次 10 min，每日 1 次。（3）眼部护理：眼睑闭合不全者白天使用玻璃酸钠滴眼液（浓度 0.1%），每次 1 滴，每日 4～6 次；夜间睡前将红霉素眼膏涂于下眼睑结膜囊内，闭眼 3～5 min 使药膏均匀分布，以保护角膜。必要时佩戴眼罩或眼贴遮盖患眼，预防暴露性角膜炎。

1.4　神经电生理检查

1.4.1　ENoG 检查：采用 Keypoint.Net 肌电图诱发电位仪（丹麦丹迪公司）检测患侧 CMAP 波幅、CMAP 潜伏期。电极位置：刺激电极采用表面电极，置于患侧茎乳孔下方面神经主干体表投影处，记录电极采用表面电极，置于患侧眼轮匝肌中点（记录眼支功能）及口轮匝肌口角处（记录颊支功能）；参考电极分别置于眼外眦旁 1 cm 处（对应眼轮匝肌记录）、下颌缘中点旁 1 cm 处（对应口轮匝肌记录）；接地电极置于同侧肩部三角肌区。刺激参数：刺激波宽 0.1 ms，刺激频率 1 Hz，刺激强度从 5 mA 开始逐步递增至最大反应波幅不再增加（超强刺激，通常为 10～25 mA），双侧对称刺激。记录参数：灵敏度 200 μV/DIV，扫描速度 2 ms/DIV，滤波范围 20～2 000 Hz。

1.4.2　BR 检查：检测仪器同上。电极位置：刺激电极置于一侧眶上切迹（眶上神经体表投影处），采用表面电极；记录电极采用表面电极，放置于双侧眼轮匝肌下缘中点处；参考电极置于同侧眼外眦旁 0.5 cm 处；接地电极置于上肢前臂内侧。刺激参数：刺激波宽 0.1 ms，刺激频率 1 Hz，刺激强度 10～20 mA，依次对称刺激左右两侧眶上神经。记录参数：灵敏度 500 μV/DIV，扫描速度 5 ms/DIV，滤波范围 20～1 000 Hz。观察指标：患侧 R1 波潜伏期，R1 波波幅。

1.4.3　F 波检查：检测仪器同上。电极位置：记录电极采用同心圆针电极，与皮肤表面呈 30°角插入患侧颏肌（下颌正中下方颏肌肌腹处），用医用胶带固定于下颌；刺激电极置于面神经下颌缘支体表投影处（下颌角前下方 1.5 cm 处），阴极与记录点距离保持 2.0～2.5 cm；参考电极置于记录电极旁开 1 cm 处的皮肤表面；接地电极置于同侧上肢肘部内侧。刺激参数：刺激时程 0.1 ms，采用超强刺激强度（通常为 15～30 mA），连续刺激 20 次，刺激频率 1 Hz。记录参数：灵敏度 200 μV/DIV，扫描速度 5 ms/DIV，滤波范围 30～10 kHz，将离开基线且波幅>40 μV 的晚电位判定为 F 波。观察指标：F 波出现率（20 次刺激中可识别 F 波

中国知网　https://www.cnki.net

的次数占比）、F 波潜伏期。

1.4.4　sEMG 检查：采用 Nihon Kohden 肌电诱发电位系统（日本光电公司）。电极位置：采用一次性银-氯化银表面电极，分别粘贴于患侧眼轮匝肌（额部、眶周）、颧肌、口轮匝肌、颏肌的肌腹中心位置；参考电极粘贴于各记录电极旁开 2 cm 处的无肌肉附着区皮肤；接地电极粘贴于胸前正中皮肤。记录参数：采样频率 1 000 Hz，滤波范围 20～500 Hz，灵敏度 100 μV/DIV，扫描速度 100 ms/DIV。检测流程：患者在安静状态下完成标准动作（闭眼、皱眉、示齿、鼓腮、吹口哨），每个动作维持 5 s，休息 10 s，重复 3 次，同步记录肌肉收缩时的肌电信号。观察指标：静息态均方根值（root mean square，RMS）、收缩态积分肌电值（integrated electromyography，iEMG）。

1.5　统计学方法　采用 SPSS 25.0 软件对数据进行统计分析。计数资料以频数或构成比（%）表示，组间比较采用 χ^2 检验；符合正态分布的计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示，2 组间比较采用独立样本 t 检验；采用 Spearman 或 Pearson 法分析神经电生理指标与基线 HB 分级、基线 Sunnybrook 评分的相关性；多因素 Logistic 回归分析面神经损伤患者预后不良的影响因素；结合回归结果绘制列线图预测模型，通过 Bootstrap 自抽样法（抽样次数=1 000）进行内部验证，采用校准曲线、受试者工作特征（ROC）曲线、决策曲线（DCA）分析评估模型的区分度、校准度及临床实用性。P<0.05 为差异有统计学意义。

2　结　果

2.1　2 组神经电生理指标比较　预后不良组 CMAP 潜伏期、R1 波潜伏期、F 波潜伏期长于预后良好组，静息态 RMS 高于预后良好组，CMAP 波幅、R1 波波幅、F 波出现率、收缩态 iEMG 低于预后良好组（P<0.01），见表 2。

2.2　神经电生理指标与基线 HB 分级、基线 Sunnybrook 评分的相关性分析　面神经损伤患者 CMAP 波幅、R1 波波幅、F 波出现率、收缩态 iEMG 与基线 HB 分级呈负相关，与基线 Sunnybrook 评分呈正相关（P<0.01）；CMAP 潜伏期、R1 波潜伏期、F 波潜伏期、静息态 RMS 与基线 HB 分级呈正相关，与基线 Sunnybrook 评分呈负相关（P<0.01），见表 3。

2.3　多因素 Logistic 回归分析面神经损伤患者预后不良的影响因素　以面神经损伤患者预后不良为因变量（赋值：是为“1”；否为“0”），以年龄、基线 HB 分级（赋值：Ⅳ～Ⅵ级为“1”；Ⅱ～Ⅲ级为“0”）、基线 Sunnybrook 评分、CMAP 波幅、CMAP 潜伏期、R1 波潜伏期、R1 波波幅、F 波出现率、F 波潜伏期、静息态 RMS、收缩态 iEMG（连续变量，原值代入）为自变量，进行多因素 Logistic 回归分析，结果显示：CMAP 潜伏期长、R1 潜伏期长、静息态 RMS 高是面神经损伤患者预后不良的独立危险因素（P<0.05 或 0.01），见表 4。

表 2　预后良好组与预后不良组面神经损伤患者神经电生理指标比较　（$\bar{x}\pm s$）

Tab.2　Comparison of neuroelectrophysiological indicators between the poor prognosis group and the good prognosis group

项　目	预后良好组（n=116）	预后不良组（n=30）	t 值	P 值
CMAP 波幅（mV）	1.82±0.63	0.38±0.12	12.431	<0.001
CMAP 潜伏期（ms）	3.26±0.53	4.85±0.72	13.539	<0.001
R1 波潜伏期（ms）	11.05±1.34	15.26±2.11	13.464	<0.001
R1 波波幅（mV）	359.67±96.42	185.52±45.23	9.604	<0.001
F 波出现率（%）	38.19±5.03	23.08±4.57	14.931	<0.001
F 波潜伏期（ms）	15.53±4.09	19.65±5.12	4.659	<0.001
静息态 RMS（μV）	7.52±1.07	11.51±2.11	14.476	<0.001
收缩态 iEMG（μV·s）	132.53±35.49	81.32±20.65	7.567	<0.001

表 3　神经电生理指标与基线 HB 分级、基线 Sunnybrook 评分的相关性分析

Tab. 3　Correlation of neuroelectrophysiological indicators with baseline HB grade and baseline Sunnybrook score

指　标	基线 HB 分级		基线 Sunnybrook 评分	
	r_s 值	P 值	r 值	P 值
CMAP 波幅	−0.829	<0.001	0.791	<0.001
CMAP 潜伏期	0.847	<0.001	−0.815	<0.001
R1 波潜伏期	0.842	<0.001	−0.808	<0.001
R1 波波幅	−0.728	<0.001	0.696	<0.001
F 波出现率	−0.860	<0.001	0.832	<0.001
F 波潜伏期	0.516	<0.001	−0.478	<0.001
静息态 RMS	0.812	<0.001	−0.776	<0.001
收缩态 iEMG	−0.675	<0.001	0.643	<0.001

2.4　面神经损伤患者预后不良的预测模型构建　基于多因素 Logistic 回归分析结果构建列线图预后预测模型，根据各危险因素的回归系数（β 值）赋予相应赋分权重，所有指标赋分总和范围设定为 0～100 分，见图 1。

2.5　面神经损伤患者预后不良预测模型验证　内部验证显示，模型预测值与实际预测值的一致性高，拟合度良好（C-index=0.856，Hosmer-Lemeshow χ^2=5.236，P=0.703），见图 2；ROC 曲线显示，模型预测面神经损伤患者预后不良的曲线下面积为 0.856（95%CI 0.820～0.892），敏感度 0.800、特异度 0.781，见图 3；DCA 曲线显示，在 0～0.9 高风险阈值范围内，列线图模型临床

中国知网　https://www.cnki.net

净收益高于“全干预”与“无干预”策略，见图 4。

表 4　多因素 Logistic 回归分析面神经损伤患者预后不良的影响因素

Tab.4　Multivariate Logistic regression analysis of factors influencing poor prognosis in patients with facial nerve injury

变　量	β 值	SE 值	Wald 值	P 值	OR 值	95%CI
年龄大	0.069	0.051	1.830	0.176	1.071	0.970～1.184
CMAP 潜伏期长	0.352	0.124	8.058	0.005	1.421	1.115～1.813
R1 波潜伏期长	0.409	0.185	4.887	0.027	1.505	1.047～2.163
静息态 RMS 高	0.085	0.034	6.250	0.012	1.088	1.018～1.164
基线 HB 分级Ⅳ～Ⅵ级	0.518	0.382	1.839	0.175	1.679	0.794～3.551
基线 Sunnybrook 评分高	−0.021	0.019	1.238	0.266	0.979	0.943～1.016
F 波潜伏期长	0.063	0.051	1.529	0.216	1.065	0.964～1.177
CMAP 波幅大	−0.478	0.421	1.289	0.256	0.620	0.272～1.415
R1 波波幅大	−0.002	0.002	0.896	0.344	0.998	0.994～1.002
F 波出现率高	−0.042	0.044	0.911	0.340	0.959	0.880～1.045
收缩态 iEMG 高	−0.006	0.008	0.563	0.453	0.994	0.978～1.010

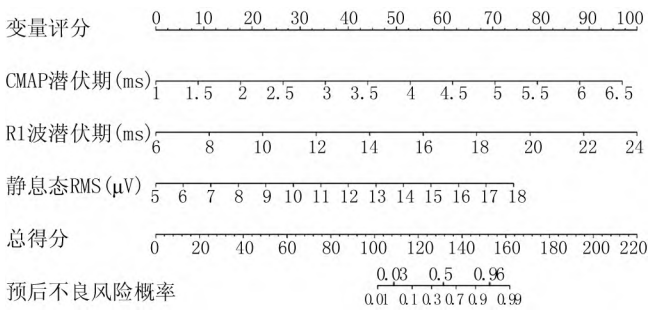

图 1　面神经损伤患者预后不良的列线图预测模型

Fig.1　Nomogram prediction model for poor prognosis in patients with facial nerve injury

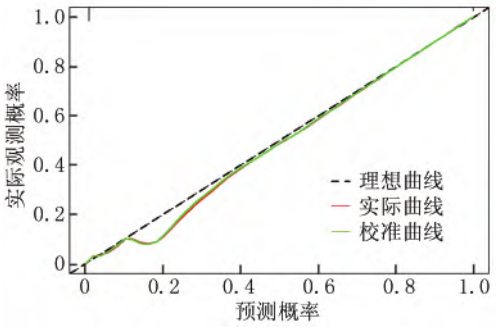

图 2　列线图预测模型的校准曲线

Fig.2　Calibration curve of the Nomogram prediction model

3　讨　论

面神经损伤病因复杂，其功能恢复过程存在显著的个体差异，部分患者可遗留面部不对称、联带运动及社会心理障碍等长期后遗症，严重影响生活质量。因

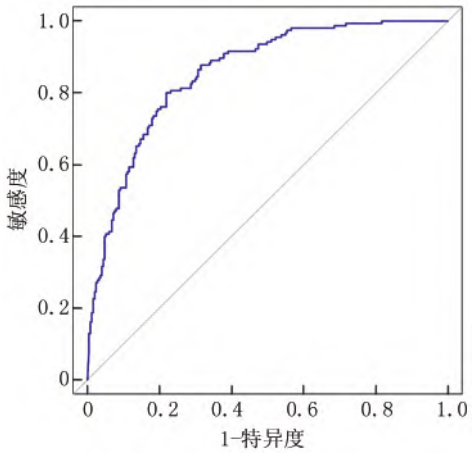

图 3　列线图模型预测面神经损伤患者预后不良的 ROC 曲线

Fig.3　ROC curve of the Nomogram model for predicting prognosis in patients with facial nerve injury

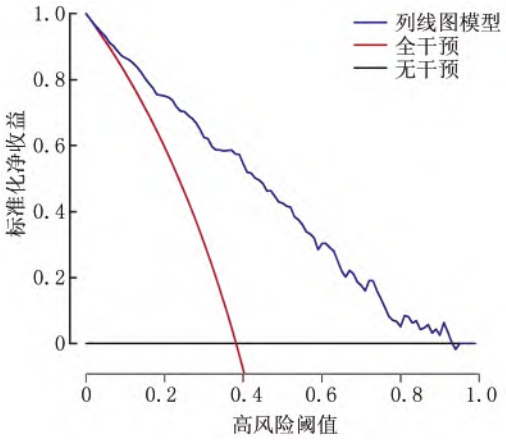

图 4　列线图模型的 DCA 曲线

Fig.4　Decision curve analysis of the Nomogram model

此，对面神经损伤后功能恢复的评估与预后预测是临床诊疗的核心需求，精准识别预后相关的关键因素并构建高效的预测工具，对优化治疗方案、改善患者预后具有重要意义[12-14]。神经电生理检测能够客观量化神经损伤程度及功能状态，相较于传统临床评分具有更高的敏感性与客观性[15-16]。本研究围绕神经电生理指标，系统探讨了面神经损伤患者预后的影响因素。结果显示：CMAP 潜伏期长、R1 波潜伏期长及静息态 RMS 高是预后不良的独立危险因素。这三项指标分别从不同生理层面揭示了神经损伤的病理机制，共同构成面神经功能状态的综合评价体系。基于上述关键预测因素构建的列线图预后预测模型，经验证具有较高的预测效能与临床实用性，可为临床医生早期识别预后不良高风险患者、制定个体化治疗策略提供客观、

中国知网　https://www.cnki.net

量化的参考依据。

CMAP 潜伏期作为评估面神经运动支传导功能的核心电生理指标，其延长直接反映神经纤维因脱髓鞘病变或轴索损伤导致的冲动传导延迟。正常生理状态下，髓鞘的绝缘作用可保障神经冲动以跳跃式快速传导，而面神经损伤后，髓鞘脱失或轴索连续性破坏会直接干扰这一过程，使 CMAP 潜伏期呈现特征性延长，且延长程度与神经损伤的严重程度呈正相关[17-18]。R1 波潜伏期的临床意义更具特异性，其延长不仅提示面神经本身的传导功能障碍，更关键的是，该指标涵盖了从三叉神经传入纤维、脑干反射中枢到面神经传出纤维的完整通路，因此其延长意味着整个脑干反射弧的结构完整性受损，由于 R1 波主要反映面神经近端的传导功能，对神经近端损伤的检出敏感性显著高于其他外周指标，尤其在早期损伤或隐匿性损伤中具有独特诊断价值[19-20]。静息态 RMS 的升高是评估肌肉失神经支配的客观量化标志，其升高的核心机制在于轴索损伤后肌纤维膜稳定性丧失，导致大量自发性纤颤电位和正锐波发放，RMS 值越高，提示受损轴索支配的肌纤维数量越多，肌肉组织的结构与功能破坏越严重，后续神经-肌肉接头再生修复的难度也越大[21-22]。本研究中预后不良组 CMAP 潜伏期、R1 波潜伏期、静息态 RMS 值显著高于预后良好组，并经 Logistic 回归证实为面神经损伤患者预后不良的核心影响因素。分析潜在的原因为：面神经损伤后的功能恢复依赖神经传导通路完整性与神经-肌肉再生修复潜力，CMAP 与 R1 波潜伏期的延长证实神经纤维存在严重的脱髓鞘改变，髓鞘是保证神经冲动跳跃式高效传导的基础，其脱失不仅导致传导速度减慢，更会使动作电位振幅衰减、同步化丧失，使中枢下达的运动指令无法被精准、及时地传递至靶肌肉，进而导致面神经功能性恢复不佳[23-24]。与此同时，轴索损伤引发的远端轴变性会使肌纤维失去神经支配，导致肌纤维膜离子通道功能紊乱，静息状态下自发性电活动增强，引起静息态 RMS 值升高，若损伤持续进展，受累肌纤维逐渐萎缩并被纤维组织替代，即使后续神经再生，也难以恢复正常的肌肉收缩功能，最终导致预后不良[25-26]。以上 3 项神经电生理指标全面反映面神经损伤的病理状态，成为构建预后预测模型的核心变量。

基于 CMAP 潜伏期、R1 波潜伏期、静息态 RMS 构建的列线图预测模型，经 Bootstrap 法进行内部验证显示，该模型 C-index 达 0.856，表明模型区分预后良好与不良患者的能力良好；校准曲线显示预测概率与实际观察概率之间具有较高一致性；DCA 进一步证实该模型在较宽阈值范围内具有显著的临床净收益。以上结果提示本列线图模型具有良好的预测效能与临床应用潜力，可作为面神经损伤患者个体化预后评估的辅助工具。

4　结　论

综上所述，本研究系统评估了神经电生理指标在面神经损伤预后评估中的价值，明确识别出 CMAP 潜伏期长、R1 波潜伏期长及静息态 RMS 高为预后不良的独立危险因素，并基于上述指标构建了列线图预测模型。该模型具备良好的区分度与校准度，有助于临床医生在早期阶段准确识别高风险患者，进而制定个体化治疗策略，改善患者功能结局。然而，本研究存在若干局限性。第一，本研究为单中心回顾性研究，样本量相对有限，模型的泛化能力尚需通过多中心、前瞻性、大样本研究进一步验证。第二，研究主要聚焦于神经电生理参数，未能纳入神经影像学特征、血清生物标志物等可能影响预后的变量，导致预测信息的遗漏。第三，本研究缺乏外部验证集，模型的稳定性和临床应用价值仍需在独立人群中加以检验。未来研究应致力于整合多模态数据，融合电生理、影像学及分子生物学指标，借助机器学习算法构建更为全面、精准的预测体系，以推动面神经损伤预后评估向精准化、智能化方向发展。

利益冲突：所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明

姜家奇：设计研究方案，实施研究过程，论文撰写；王晓虹：提出研究思路，分析试验数据，论文审核；殷宏宇：实施研究过程，资料搜集整理，论文修改；梁杨：进行统计学分析；吴美美：实施研究过程，资料搜集整理

参考文献

[1] 张玮洵，高震，马梦叶，等.跨颅内外面神经桥接吻合术治疗面神经损伤的临床分析[J].临床耳鼻咽喉头颈外科杂志，2024，38(5)：376-379.DOI：10.13201/j.issn.2096-7993.2024.05.005.

[2] Yoo MC，Kim JH，Kim YJ，et al. Effects of electrical stimulation on facial paralysis recovery after facial nerve injury：A review on preclinical and clinical studies[J]. J Clin Med，2023，12(12)：4133. DOI：10.3390/jcm12124133.

[3] Sun J，Wang R，Chen X，et al.Surgical management and the prognosis of iatrogenic facial nerve injury in middle ear surgery：A 20-year experience[J].Head Face Med，2023，19(1)：31.DOI：10.1186/s13005-023-00377-y.

[4] 张婧，宋启民，程彦昊，等.多模式神经电生理监测在面肌痉挛MVD中的应用[J].中国临床神经外科杂志，2024，29(1)：19-21.DOI：10.13798/j.issn.1009-153X.2024.01.006.

[5] 桑亚茹，张李娜，方莹，等.聚焦式低强度脉冲超声联合富血小板血浆局部注射修复大鼠面神经损伤效果观察[J].山东医药，2024，64(11)：52-56. DOI：10.3969/j.issn.1002-266X.2024.

中国知网　https://www.cnki.net

11.011.

[6] Heo MY，Choi S，Shim GY，et al. Integration of five electrophysiological test results for predicting outcome of patients with Bell´s Palsy [J]. Eur Arch Otorhinolaryngol，2025，282(10)：5039-5048. DOI：10.1007/s00405-025-09419-4.

[7] Zheng L. Clinical and electrophysiological prognostic factors in predicting poor outcomes in patients with idiopathic facial nerve paralysis [J]. J Clin Neurosci，2024，128：110776. DOI：10.1016/j.jocn.2024.110776.

[8] Bjerring B，Maarbjerg S，Heinskou T，et al. Comparison of the blink reflex in classical and idiopathic trigeminal neuralgia [J]. Cephalalgia，2023，43(7)：3331024231191136. DOI：10.1177/03331024231191136.

[9] Franz L，Marioni G，Daloiso A，et al. Facial surface electromyography：A novel approach to facial nerve functional evaluation after vestibular schwannoma surgery [J]. J Clin Med，2024，13(2)：590. DOI：10.3390/jcm13020590.

[10] Vrabec JT，Backous DD，Djalilian HR，et al. Facial nerve grading system 2.0 [J]. Otolaryngology Head and Neck Surgery，2009，140(4)：445-450. DOI：10.1016/j.otohns.2008.12.031.

[11] Di Pietro A，Cameron M，Campana V，et al. Efficacy of adding selective electrical muscle stimulation to usual physical therapy for Bell´s palsy：Immediate and six-month outcomes [J]. Eur J Transl Myol，2023，33(4)：11630. DOI：10.4081/ejtm.2023.11630.

[12] Kenny HL，Jonas RH，Oyer SL. Postoperative radiotherapy and facial nerve outcomes following nerve repair：A systematic review [J]. Otolaryngol Head Neck Surg，2023，168(6)：1346-1352. DOI：10.1002/ohn.224.

[13] Frutos-Reoyo EJ，López-Izquierdo R，Luque-Linero P，et al. Analysis of predictive factors for the poor prognosis of peripheral facial paralysis [J]. Am J Phys Med Rehabil，2024，103(3)：245-250. DOI：10.1097/PHM.0000000000002328.

[14] Heman-Ackah SM，Blue R，Quimby AE，et al. A multi-institutional machine learning algorithm for prognosticating facial nerve injury following microsurgical resection of vestibular schwannoma [J]. Sci Rep，2024，14(1)：12963. DOI：10.1038/s41598-024-63161-1.

[15] 季骋远，刘浩，倪红斌，等. 神经电生理监测在健侧颈 7 神经移位手术治疗上肢痉挛性偏瘫中的应用价值 [J]. 中华神经外科杂志，2025，41(7)：704-710. DOI：10.3760/cma.j.cn112050-20241106-00347.

[16] 胡高，显杨，赵建武. 神经电生理监测技术在脊柱骨折脱位手术中的应用 [J]. 中国实验诊断学，2023，27(4)：402-405. DOI：10.3969/j.issn.1007-4287.2023.04.005.

[17] 康丽，秦星，靳娇婷，等. 肌萎缩侧索硬化症患者巴氏征的影响因素分析 [J]. 西安交通大学学报：医学版，2023，44(2)：257-262. DOI：10.7652/jdyxb202302016.

[18] Di Pietro G，Falco P，D´Elia C，et al. Predicting value for incomplete recovery in Bell´s palsy of facial nerve ultrasound versus nerve conduction study [J]. Clin Neurophysiol，2024，158：35-42. DOI：10.1016/j.clinph.2023.11.020.

[19] 蒋玲玲，田永攀，刘莉莉，等. 柴芍葛根汤联合泼尼松治疗小儿面神经炎的疗效及对血清 TGF-β1，IL-17 的影响 [J]. 安徽医药，2025，29(5)：1036-1040. DOI：10.3969/j.issn.1009-6469.2025.05.035.

[20] Gunduz A，Valls-Solé J，Serranová T，et al. The blink reflex and its modulation-Part 2：Pathophysiology and clinical utility [J]. Clin Neurophysiol，2024，160：75-94. DOI：10.1016/j.clinph.2024.02.006.

[21] 李肖伟，陈嘉杰，舒玉铃，等. 基于表面肌电图观察针刺对急性期贝尔氏面瘫患者的影响 [J]. 针刺研究，2025，50(3)：327-333. DOI：10.13702/j.1000-0607.20240016.

[22] Bueno CRS，Buchaim DV，Barraviera B，et al. Delayed repair of the facial nerve and its negative impacts on nerve and muscle regeneration [J]. J Venom Anim Toxins Incl Trop Dis，2024，30：e20230093. DOI：10.1590/1678-9199-JVATITD-2023-0093.

[23] 陈梨花，梁海，黄翔，等. 心理干预联合低频脉冲电刺激在大学生周围性面瘫患者中的应用效果 [J]. 中国当代医药，2025，32(24)：51-55. DOI：10.3969/j.issn.1674-4721.2025.24.10.

[24] 朱婷鸽，陈芬英，孙世辉，等. 重症吉兰-巴雷综合征电生理特征以及预后不良相关因素分析 [J]. 中风与神经疾病杂志，2023，40(4)：310-316. DOI：10.19845/j.cnki.zfysjjbzz.2023.0076.

[25] 胡霞，王刚，邹怡. Mendelsohn 手法联合低频脉冲电刺激在缺血性脑卒中后吞咽障碍患者中的应用效果 [J]. 实用心脑肺血管病杂志，2025，33(6)：114-118. DOI：10.12114/j.issn.1008-5971.2025.00.101.

[26] 魏静然，杜文军，芦慧雅，等. 高频重复经颅磁刺激联合舌压抗阻反馈训练促进脑梗死后吞咽障碍康复的效果评价 [J]. 河北医药，2022，44(22)：3393-3396. DOI：10.3969/j.issn.1002-7386.2022.22.007.

[27] 史皓威，郭文昌，王银占，等. 原发性三叉神经痛患者经皮穿刺三叉神经半月节球囊压迫术围手术期瞬目反射变化特点及其与患者术后长期疗效的关系 [J]. 中国医药，2024，19(8)：1173-1177. DOI：10.3760/j.issn.1673-4777.2024.08.012.

[28] 李新洲. 放散式冲击波循经取穴对慢性颈部疼痛表面肌电图及疼痛递质的影响 [J]. 安徽医药，2024，28(2)：299-303. DOI：10.3969/j.issn.1009-6469.2024.02.019.

（收稿日期：2026-01-07）

中国知网 https://www.cnki.net