

基于神经 F 波参数构建 2 型糖尿病周围神经病变的风险预测模型

庄丽 何帆 聂瑶瑶

江苏省中医院功能检查科, 江苏南京 210029

[摘要] 目的 探究基于神经 F 波参数构建 2 型糖尿病(T2DM)患者并发糖尿病周围神经病变(DPN)的风险预测模型的临床价值。方法 回顾性分析 2023 年 1 月至 2024 年 12 月江苏省中医院收治的 186 例 T2DM 患者的临床资料,根据是否并发 DPN 将患者分为 T2DM 组(71 例)和 DPN 组(115 例)。收集两组患者临床资料,采用多因素 logistic 回归模型分析影响 T2DM 并发 DPN 的因素。基于影响因素构建预测 T2DM 并发 DPN 的风险预测模型,受试者工作特征曲线(ROC)及校准曲线对该模型进行验证。结果 DPN 组年龄 ≥ 60 岁的占比高于 T2DM 组,糖尿病病程长于 T2DM 组,糖化血红蛋白(HbA_{1c})水平高于 T2DM 组($P < 0.05$)。DPN 组正中神经、胫神经 F 波传导速度小于 T2DM 组,正中神经、胫神经 F 波潜伏期长于 T2DM 组($P < 0.05$)。多因素 logistic 回归分析显示,年龄 ≥ 60 岁、糖尿病病程长、HbA_{1c}高水平、正中神经 F 波潜伏期延长是 T2DM 患者并发 DPN 的危险因素($P < 0.05$),正中神经 F 波传导速度快是 T2DM 患者并发 DPN 的保护因素($P < 0.05$)。基于影响因素构建列线图模型,ROC 结果显示,该模型预测 T2DM 患者并发 DPN 的曲线下面积为 0.893 (95%CI:0.839~0.934),灵敏度为 83.48%、特异度为 91.55%、约登指数为 0.750;Bootstrap 校准曲线显示,该预测模型的校准曲线与实际曲线接近重合, Hosmer-Lemeshow $\chi^2=0.749, P=0.527$ 。结论 基于神经 F 波参数构建的风险预测模型对于 T2DM 患者并发 DPN 具有较高的预测效能,可有效识别 DPN 早期进展的高风险人群,为临床实施神经保护性干预提供时间窗。

[关键词] F 波; 2 型糖尿病; 糖尿病周围神经病变; 预测模型

[中图分类号] R587.1

[文献标识码] A

[文章编号] 1673-7210(2025)11(c)-0085-06

DOI: 10.20047/j.issn1673-7210.2025.33.16

A risk prediction model for diabetic peripheral neuropathy with type 2 diabetic meuitus was constructed based on neural F-wave parameters

ZHUANG Li HE Fan NIE Yaoyao

Department of Functional Examination, Jiangsu Provincial Hospital of Traditional Chinese Medicine, Jiangsu Province, Nanjing 210029, China

[Abstract] Objective To explore the clinical value of constructing a risk prediction model for diabetic peripheral neuropathy (DPN) in patients with type 2 diabetes mellitus (T2DM) based on neural F-wave parameters. **Methods** A retrospective analysis was conducted on the clinical data of 186 patients with T2DM admitted to Jiangsu Provincial Hospital of traditional Chinese medicine from January 2023 to December 2024. The patients were divided into the T2DM group (71 cases) and the DPN group (115 cases) based on whether they were complicated with DPN. The clinical data of patients in the two groups were collected, and the factors influencing T2DM complicated with DPN were analyzed using the multivariate logistic regression model. A risk prediction model for predicting T2DM complicated with DPN was constructed based on influencing factors, and the receiver operating characteristic (ROC) curve and calibration curve were used to verify the model. **Results** The proportion of patients aged ≥ 60 years in the DPN group was higher than that in the T2DM group, the course of diabetes was longer than that in the T2DM group, and the level of glycosylated hemoglobin (HbA_{1c}) was higher than that in the T2DM group ($P < 0.05$). The conduction velocity of F-waves in the median nerve and tibial nerve in the DPN group was lower than that in the T2DM group, and the latency of F-waves in the median nerve and tibial nerve was longer than that in the T2DM group ($P < 0.05$). Multivariate logistic regression analysis showed that age ≥ 60 years old, long course of diabetes, high level of HbA_{1c}, and prolonged latency of median nerve F-wave were risk factors for concurrent DPN in patients with T2DM ($P < 0.05$), fast F-wave conduction velocity of the median nerve was protective factor for concurrent DPN in patient with T2DM ($P < 0.05$). Based on the influencing factors, a nomogram model was constructed. The ROC results showed that the area under the curve of this model for predicting DPN in patients with T2DM was 0.893 (95%CI: 0.839-0.934), with a sensitivity of 83.48%, a specificity of 91.55%, and a Youden index of 0.750. The Bootstrap calibration

[通讯作者] 聂瑶瑶(1991.9-),女,硕士;研究方向:神经电生理。

curve showed that the calibration curve of this prediction model was nearly coincident with the actual curve.

Hosmer-Lemeshow $\chi^2=0.749$, $P=0.527$. **Conclusion** The risk prediction model constructed based on neural F-wave parameters has a high predictive efficiency for patients with T2DM complicated with DPN. It can effectively identify the high-risk population with early progression of DPN and provide a time window for the clinical implementation of neuroprotective intervention.

[Key words] F-wave; Type 2 diabetes mellitus; Diabetic peripheral neuropathy; Prediction model

2 型糖尿病(type 2 diabetes mellitus, T2DM)作为全球范围内最常见的慢性代谢性疾病之一,其并发症的防控已成为临床研究的重点^[1]。糖尿病周围神经病变(diabetic peripheral neuropathy, DPN)是 T2DM 常见并发症,患病率随病程延长而增加,病程超过 10 年的患者中有超过 50%受累,且 DPN 早期症状隐匿,多数患者确诊时已进展至不可逆阶段^[2-3]。DPN 不仅导致肢体疼痛、感觉异常及运动功能障碍,还与糖尿病足溃疡、截肢风险及心血管事件密切相关,严重影响患者生存质量^[4]。因此,临床亟须一种客观有效的早期预测方法。F 波作为运动神经逆向传导的敏感指标,其潜伏期延长、出现率下降等参数可反映近端神经纤维脱髓鞘病变。近期研究显示,无临床症状的 T2DM 患者中可检测到 F 波潜伏期延长、时限增宽及出现率降低等参数异常,且与病程及血糖控制水平显著相关,提示 F 波参数作为 DPN 预测标志物具有潜在价值^[5-6]。然而,现有 DPN 风险评估多依赖单一指标,当前 DPN 风险评估大多依赖单一指标,缺乏将多维度 F 波参数与临床特征相结合的预测模型。故本研究基于神经 F 波参数的多维度风险预测模型,结合 T2DM 患者的临床特征及代谢指标,探索其在 DPN 早期预警中的应用价值,以期临床 DPN 的发生提供更精确风险评估工具。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2023 年 1 月至 2024 年 12 月江苏省中医院收治的 186 例 T2DM 患者的临床资料,根据是否并发 DPN 将患者分为 T2DM 组(71 例)和 DPN 组(115 例)。纳入标准:①符合文献[7]中 T2DM 的诊断标准;②符合文献[8]中 DPN 的诊断标准;③年龄 > 18 岁;④患者行肌电图检查;⑤患者知情并同意参与研究。排除标准:①1 型糖尿病;②其他原因所致 DPN;③存在严重心、肝、肾功能不全;④患有恶性肿瘤;⑤合并糖尿病酮症、代谢性酸中毒等急性并发症;⑥合并急性脑出血、急性脑梗死、中枢神经系统感染等中枢性神经病变;⑦合并心脏起搏器植入。

1.2 研究方法

1.2.1 临床资料收集 收集所有患者的临床资料,包括性别、年龄、糖尿病病程、体重指数(body mass index, BMI)、合并疾病(高血压病、冠心病)、空腹血糖(fasting blood glucose, FBG)、餐后 2 小时血糖(2-hour

postprandial blood glucose, 2hPG)、空腹胰岛素、糖化血红蛋白(glycated hemoglobin A_{1c}, HbA_{1c})、血脂[甘油三酯(triglyceride, TG)、总胆固醇(total cholesterol, TC)、高密度脂蛋白胆固醇(high-density lipoprotein cholesterol, HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(low-density lipoprotein cholesterol, LDL-C)]、肝肾功能[天冬氨酸转氨酶(aspartate aminotransferase, AST)、丙氨酸转氨酶(alanine aminotransferase, ALT)、肌酐(serum creatinine, Scr)、尿酸(uric acid, UA)]等情况。

1.2.2 F 波参数检测 研究按 AANEM-IFCN 标准^[9]入院后对所有患者进行肌电图检查,选择患者自觉症状较重的一侧肢体,没有症状的患者统一行右侧检查。嘱患者保持自然坐位,使用表面双极电极刺激(正中神经:腕横纹近端 2 cm 掌长肌腱与桡侧腕屈肌腱间;胫神经:内踝后缘与跟腱连线中点近端 1 cm),表面记录电极分别置于拇短展肌、踇展肌肌腹处。本研究采用日本光电肌电诱发电位仪 MEB-2306C 完成检测操作,检查全程确保室内温度维持在 18 ~ 25℃,且处于安静无干扰的环境。同时,需保证受检者皮肤温度 > 20℃,对于体温 < 20℃ 患者需要给予升温干预,所有肌电图检查均由同一名专业培训人员执行。

检查参数设定如下:低频滤波 10 Hz,高频滤波 3k Hz。灵敏度设置为 0.5 mV/cm,扫描速度处于 5 ~ 10 ms/cm 区间,采用频率 1 Hz、时限 0.2 ms 的方波脉冲实施刺激,刺激强度为运动阈值的 120% ~ 150%,即刺激量增加至引出最大 CMSP 波幅后在增 20% ~ 50%,每次连续刺激 20 次。检查过程中,详细记录 F 波传导速度、F 波最短潜伏期等关键参数。依据公式计算 F 波传导速度 = $D \times 2 / (F - M - 1)$ ms, D 表示距离,上肢为刺激点经锁骨中点到颈 7 棘突的距离,下肢为刺激点经胫骨大转子到胸 12 棘突的距离, F 及 M 均为波的潜伏期(剔除变异 > 10% 波形后取 20 次刺激的 F 波最短潜伏期及 M 波单次诱发的清晰波形潜伏期)。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 26.0 统计学软件进行数据分析。符合正态分布的计量资料采用均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,比较采用独立样本 *t* 检验;计数资料采用例数和百分率表示,比较采用 χ^2 检验;多因素 logistic 回归分析 T2DM 患者并发 DPN 的影响因素,以方差膨胀因子(variance inflation factor, VIF)评价模型是否存在多重

共线性；采用 R4.0 软件构建 T2DM 患者并发 DPN 的风险预测模型，采用受试者操作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线及 Hosmer-Lemeshow 法对该模型进行验证，并采用决策曲线分析(decision curve analysis, DCA)评估联合模型的临床优势情况。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组临床资料比较

DPN 组年龄 ≥ 60 岁者占比高于 T2DM 组，糖尿病病程长于 T2DM 组，HbA_{1c} 水平高于 T2DM 组 ($P < 0.05$)。两组性别、BMI、合并疾病等比较，差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。见表 1。

2.2 两组神经 F 波参数比较

DPN 组正中神经、胫神经 F 波传导速度低于 T2DM 组，正中神经、胫神经 F 波潜伏期长于 T2DM 组 ($P < 0.05$)。见表 2。

2.3 T2DM 患者并发 DPN 的影响因素

将年龄、糖尿病病程、HbA_{1c}、正中神经 F 波传导速度、正中神经 F 波潜伏期、胫神经 F 波传导速度、胫神经 F 波潜伏期，T2DM 患者是否并发 DPN (并发=1, 未并发=0)纳入 logistic 回归模型，多重共线性检验显示，各自变量的 VIF 均 < 5 ，不存在多重共线性；logistic 回归分析结果显示，年龄 ≥ 60 岁、糖尿病病程长、HbA_{1c} 高水平、正中神经 F 波传导速度偏慢、正中神经 F 波潜伏期延长是 T2DM 患者并发 DPN 的危险因素 ($OR > 1, P < 0.05$)。见表 3。

2.4 T2DM 患者并发 DPN 的风险预测模型建立及验证

采用 R 4.0 软件根据 logistic 回归分析结果，构建 T2DM 患者并发 DPN 风险预测模型， $\text{Logit}(P) = 0.096 + 1.173 \times \text{年龄} + 0.614 \times \text{糖尿病病程} + 1.376 \times \text{HbA}_{1c} + 1.076 \times \text{正中神经 F 波传导速度} + 1.428 \times \text{正中神经 F 波潜伏期}$ 。

根据 T2DM 患者并发 DPN 的风险列线图结果绘制 ROC 曲线，结果显示，该模型预测 T2DM 患者并发 DPN 的曲线下面积 (area under curve, AUC) 为 0.893 (95%CI: 0.839 ~ 0.934)，灵敏度为 83.48%、特异度为 91.55%、约登指数为 0.750；Bootstrap 校准曲线显示，

表 1 两组临床资料比较

项目	T2DM 组 (71 例)	DPN 组 (115 例)	χ^2/t 值	P 值
性别[例(%)]			0.006	0.937
男	36(50.70)	59(51.30)		
女	35(49.30)	56(48.70)		
年龄[例(%)]			6.964	0.008
≥ 60 岁	35(49.30)	79(68.70)		
< 60 岁	36(50.70)	36(68.70)		
糖尿病病程(年, $\bar{x} \pm s$)	8.79 \pm 1.67	10.14 \pm 0.83	7.333	< 0.001
BMI(kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	25.64 \pm 3.53	25.72 \pm 3.71	0.146	0.884
合并疾病[例(%)]				
高血压病	32(45.07)	47(40.87)	0.317	0.573
冠心病	23(32.39)	44(38.26)	0.656	0.418
FBG(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	7.66 \pm 3.29	7.81 \pm 3.44	0.294	0.769
2hPG(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	14.38 \pm 4.28	15.27 \pm 4.33	1.368	0.173
HbA _{1c} (%, $\bar{x} \pm s$)	8.49 \pm 2.28	9.51 \pm 2.15	3.071	0.002
空腹胰岛素(mU/L, $\bar{x} \pm s$)	7.97 \pm 1.81	7.64 \pm 1.67	1.268	0.206
TG(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	1.62 \pm 0.49	1.69 \pm 0.61	0.817	0.415
TC(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	4.29 \pm 1.05	4.25 \pm 1.07	0.249	0.803
HDL-C(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	0.94 \pm 0.23	0.96 \pm 0.20	0.625	0.533
LDL-C(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	2.86 \pm 0.83	2.84 \pm 0.85	0.157	0.875
AST(U/L, $\bar{x} \pm s$)	33.61 \pm 2.44	35.03 \pm 2.53	1.115	0.266
ALT(U/L, $\bar{x} \pm s$)	36.28 \pm 2.29	36.91 \pm 2.36	1.789	0.075
Scr(μ mol/L, $\bar{x} \pm s$)	60.31 \pm 12.64	61.57 \pm 11.93	0.684	0.495
UA(μ mol/L, $\bar{x} \pm s$)	270.28 \pm 73.49	275.60 \pm 75.42	0.472	0.638

注 BMI: 体重指数; FBG: 空腹血糖; 2hPG: 餐后 2 小时血糖; HbA_{1c}: 糖化血红蛋白; TG: 甘油三酯; TC: 总胆固醇; HDL-C: 高密度脂蛋白胆固醇; LDL-C: 低密度脂蛋白胆固醇; AST: 天冬氨酸转氨酶; ALT: 丙氨酸转氨酶; Scr: 血肌酐; UA: 尿酸; T2DM: 2 型糖尿病; DPN: 糖尿病周围神经病变。

表 2 两组神经 F 波参数比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	F 波传导速度(m/s)		F 波潜伏期(ms)	
		正中神经	胫神经	正中神经	胫神经
T2DM 组	71	65.04 \pm 2.37	55.17 \pm 1.86	25.19 \pm 2.83	45.42 \pm 6.71
DPN 组	115	55.46 \pm 1.70	45.28 \pm 1.17	35.80 \pm 3.29	55.61 \pm 7.09
t 值		32.028	44.541	22.509	9.717
P 值		< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001

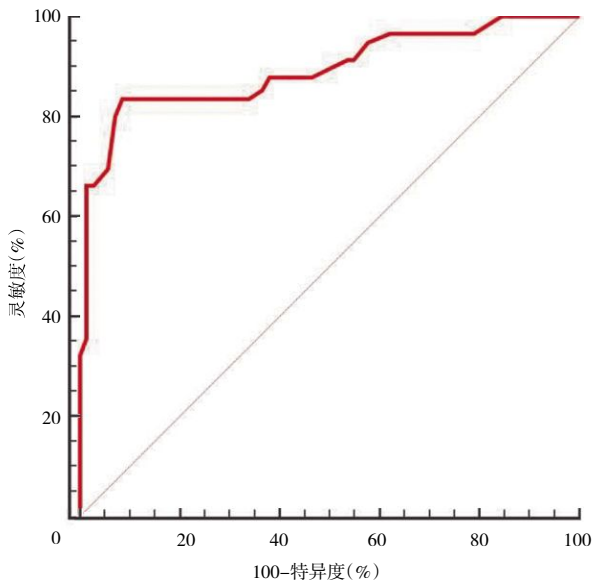
注 T2DM: 2 型糖尿病; DPN: 糖尿病周围神经病变。

该预测模型的校准曲线与实际曲线接近重合，Hosmer-Lemeshow $\chi^2 = 0.749, P = 0.527$; DCA 曲线显示当阈值为 10% ~ 80% 时，该联合预测模型具有较好的临床优势。见图 1 ~ 3。

表 3 logistic 回归分析 T2DM 患者并发 DPN 的影响因素

项目	赋值	β	S.E.	Wald χ^2	OR 值(95% CI)	P 值	VIF
年龄	(≥ 60 岁 = 1, < 60 岁 = 0)	1.173	0.549	4.565	3.232(1.102 ~ 9.479)	0.033	4.164
糖尿病病程	实测值	0.614	0.275	4.985	1.848(1.078 ~ 3.168)	0.026	3.182
HbA _{1c}	实测值	1.376	0.642	4.594	3.959(1.125 ~ 13.934)	0.032	4.207
正中神经 F 波传导速度	实测值	-1.076	0.483	4.963	0.341(1.138 ~ 7.559)	0.026	2.682
胫神经 F 波传导速度	实测值	-1.264	0.731	2.990	0.283(0.845 ~ 14.832)	0.084	3.119
正中神经 F 波潜伏期	实测值	1.428	0.642	4.948	4.170(1.185 ~ 14.678)	0.026	3.517
胫神经 F 波潜伏期	实测值	0.938	0.516	3.305	2.555(0.929 ~ 7.024)	0.069	3.226
常数项		0.096	0.058	2.740			

注 T2DM: 2 型糖尿病; DPN: 糖尿病周围神经病变; HbA_{1c}: 糖化血红蛋白; VIF: 方差膨胀因子。

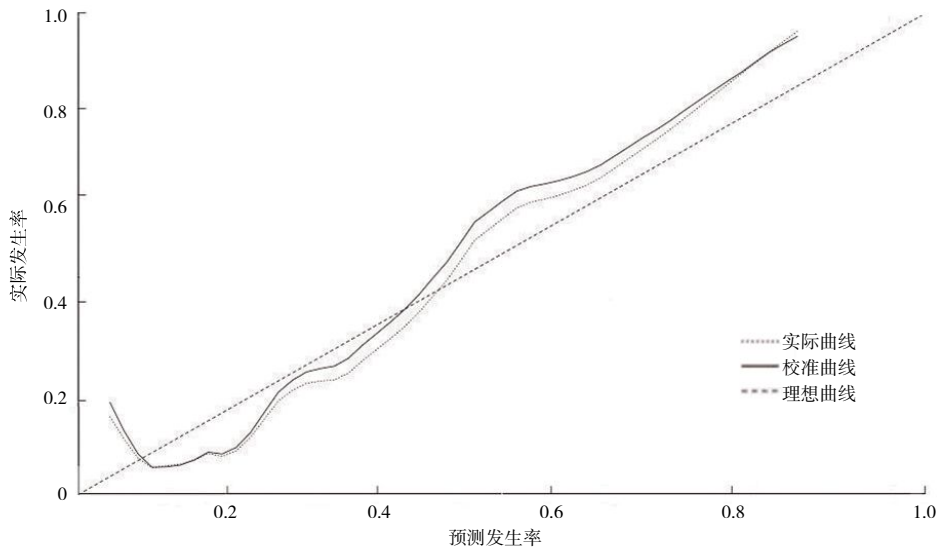


T2DM: 2 型糖尿病; DPN: 糖尿病周围神经病变; ROC: 受试者操作特征。

图 1 T2DM 患者并发 DPN 风险预测模型的 ROC 曲线

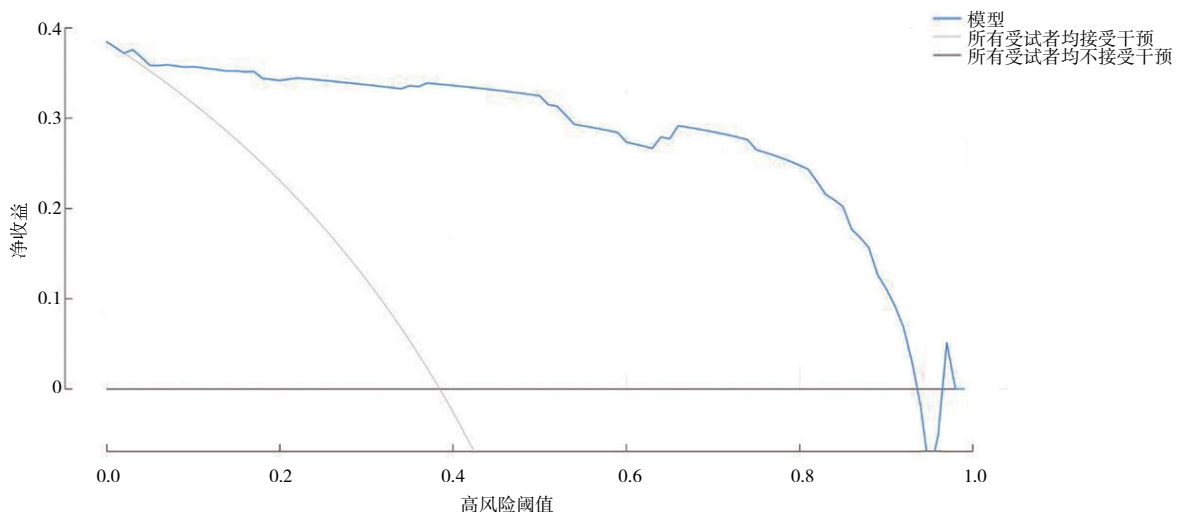
3 讨论

DPN 是 T2DM 患者致残的主要病因,其发病机制主要归因于多元代谢紊乱与微血管损伤的交互影响^[10]。持续的高血糖状态,借助多元醇通路活化、氧化应激加剧等病理过程,引发神经纤维的不可逆损害,形成 DPN,临床常表现为对称性感觉障碍、运动功能衰退及自主神经功能失调,严重影响患者的生存质量^[11]。值得警惕的是,超过一半的 DPN 患者在确诊时已出现难以逆转的神经结构损害,这进一步凸显了早期风险预测在临床实践中的重要意义。作为评估近端神经传导功能的可靠指标,F 波相关参数,如最短潜伏期、出现频率等,能够敏锐捕捉早期神经功能异常^[12]。已有研究证实,联合应用 F 波检测与神经传导速度测定,可显著提升 DPN 早期诊断的准确性^[13]。因此,本研究拟基于神经 F 波参数构建 T2DM 并发 DPN 风险预测模型,通过系统整合多维电生理特征,旨在优化现有筛查工具敏感性低、操作复杂等问题,为临床早期



T2DM: 2 型糖尿病; DPN: 糖尿病周围神经病变。

图 2 T2DM 患者并发 DPN 的列线图校准曲线



DCA: 决策曲线分析。

图 3 DCA 曲线分析联合预测模型的临床优势曲线

干预提供量化依据。

本研究结果显示,DPN 组患者较 T2DM 组正中神经、胫神经 F 波传导速度减慢,F 波潜伏期延长。既往研究表明,DPN 组患者正中神经、胫神经及腓总神经的 F 波潜伏期均显著高于对照组,提示 F 波潜伏期可作为临床诊断 DPN 的关键指标,这与本研究结果高度一致^[14]。多因素 logistic 回归分析结果显示,正中神经 F 波传导速度偏慢、正中神经 F 波潜伏期延长亦是 T2DM 患者并发 DPN 的危险因素。F 波潜伏期延长通常意味着 α 运动神经元兴奋性降低,以及突触后膜去极化过程延迟。从电生理机制来看,F 波是远端运动纤维在接受超强刺激后,神经冲动沿近端运动纤维逆向传导,兴奋脊髓前角细胞后折返形成的电位信号,其主要用于评估运动神经近端的功能状态。在神经病变早期,损伤通常均匀累及神经纤维,而 F 波能够全面反映神经全长的传导信息,因而在早期 DPN 的临床检测中具有独特优势^[15]。现有研究证实,F 波潜伏期延长可敏感反映神经根脱髓鞘病变;这种改变与糖尿病微血管病变导致的近端神经节段缺血性损伤密切相关,是评估 DPN 患者近端传导功能障碍的关键指标^[16]。DPN 患者常伴随血糖代谢紊乱,长期高血糖环境会激活多元醇代谢通路,致使山梨醇大量蓄积,同时加剧氧化应激反应。雪旺细胞在神经组织中承担着维系髓鞘结构稳定,推动神经修复的关键功能,血糖代谢紊乱会对雪旺细胞的正常生理活动造成直接破坏,这不仅严重阻碍髓鞘的合成与修复进程,还会导致神经纤维的传导速率大幅下降,尤其是运动神经纤维受累更为突出^[17-18]。此外,本研究中正中神经 F 波属于 T2DM 患者并发 DPN 的影响因素,而胫神经 F 波参数则不构成其影响因素,推测这一差异或许归因于正中神经 F 波受肢体温度及检测技术的干扰较小,其参数变异度低于胫神经;而胫神经 F 波异常多在 DPN 中晚期出现,且常与下肢血管病变、局部水肿等因素相互混杂,难以准确鉴别特异性神经损伤。因此,这可能是胫神经 F 波参数未成为 T2DM 患者并发 DPN 危险因素的原因。

经多因素 logistic 回归分析,年龄 ≥ 60 岁、糖尿病病程长、HbA_{1c} 高水平是 T2DM 患者并发 DPN 的危险因素。随着年龄增长,神经滋养血管的内皮细胞功能逐渐衰退,基底膜增厚加剧神经组织缺血性损伤;与此同时,雪旺细胞的再生修复能力显著下降,导致髓鞘修复功能障碍加剧^[19]。长期高血糖环境持续造成线粒体 DNA 氧化损伤,相关研究表明,糖尿病病程每延长 5 年,轴突密度呈倍数级下降,进而导致神经传导速度明显降低^[20]。HbA_{1c} 水平能够有效反映患者近 3 个月的平均血糖控制情况,高水平的 HbA_{1c} 意味着机体长期处于高血糖状态,这会显著降低 Na⁺/K⁺-ATP 酶活性,最终导致动作电位传导延迟^[21]。因此,临床诊疗中在关注正中神经 F 波传导速度与潜伏期的同时,还

需重点关注 T2DM 患者年龄、病程及 HbA_{1c} 等指标,以此有效防范 DPN 的发生与进展。

本研究基于用上述影响因素构建 T2DM 患者并发 DPN 风险预测模型,并通过列线图将 T2DM 患者并发 DPN 预测指标的预测效能可视化,同时本研究对该模型进行验证,ROC 结果显示,该模型预测 T2DM 患者并发 DPN 的 AUC 为 0.893,灵敏度为 83.48%、特异度为 91.55%,同时 Bootstrap 校准曲线显示,该预测模型的校准曲线与实际曲线接近重合,提示 T2DM 患者并发 DPN 风险列线图模型区分度、拟合度好,可用于 T2DM 患者并发 DPN 的风险评估,有助于临床早期识别 T2DM 患者并发 DPN 的高风险人群,及时调整血糖管理方案,从而延缓神经病变进展、改善神经传导功能,减轻周围神经损伤程度,降低足部溃疡及截肢的发生风险。

综上所述,DPN 患者的 F 波传导速度减慢、F 波潜伏期延长,年龄 ≥ 60 岁、糖尿病病程长、HbA_{1c} 高水平、正中神经 F 波传导速度偏慢、正中神经 F 波潜伏期延长是 T2DM 患者并发 DPN 的危险因素,基于此构建的风险预测模型对于 T2DM 患者并发 DPN 具有较高的预测效能。

利益冲突声明: 本文所有作者均声明不存在利益冲突。

[参考文献]

- [1] MLYNARSKA E, CZARNIK W, DZIEZA N, *et al.* Type 2 diabetes mellitus: new pathogenetic mechanisms, treatment and the most important complications [J]. *Int J Mol Sci*, 2025, 26 (3): 1094.
- [2] ZHU J, HU Z, LUO Y, *et al.* Diabetic peripheral neuropathy: pathogenetic mechanisms and treatment [J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2024, 14: 1265372.
- [3] LI C, WANG W, JI Q, *et al.* Prevalence of painful diabetic peripheral neuropathy in type 2 diabetes mellitus and diabetic peripheral neuropathy: A nationwide cross-sectional study in mainland China [J]. *Diabetes Res Clin Pract*, 2023, 198 (5): 110602.
- [4] ROIKJER J, EJSKJAER N. Diabetic peripheral neuropathy [J]. *Handb Exp Pharmacol*, 2022, 274 (9): 309-328.
- [5] 赵阳, 文珂, 沈全明. 2 型糖尿病周围神经病变高频超声声像图特征与神经电生理参数的相关性 [J]. *临床与病理杂志*, 2021, 41 (12): 2923-2929.
- [6] 尤如芹, 徐竞, 李美英. 神经 F 波传导速度联合空腹 C 肽检测对糖尿病周围神经病变的早期诊断价值 [J]. *中国临床研究*, 2023, 36 (12): 1821-1825.
- [7] 中华医学会, 中华医学杂志社, 中华医学会全科医学分会, 等. 2 型糖尿病基层诊疗指南 (实践版·2019) [J]. *中华全科医师杂志*, 2019, 18 (9): 810-818.
- [8] 中华医学会糖尿病学分会神经并发症学组. 糖尿病神经病变诊治专家共识 (2021 年版) [J]. *中华糖尿病杂志*, 2021, 13 (6): 540-557.

(下转第 95 页)

- [12] 倪平,陈京立,刘娜. 护理研究中量性研究的样本量估计[J]. 中华护理杂志,2010,45(4):378-380.
- [13] 武晓艳,曾红,马绍斌,等. 习得性无助量表研制及其与人格相关研究[J]. 中山大学学报(医学科学版),2009,30(3):357-361.
- [14] 李新民. 大学生成人依恋、自我表露与抑郁状态的关系研究[D]. 石家庄:河北师范大学,2009.
- [15] 张阔,张赛,董颖红. 积极心理资本:测量及其与心理健康的关系[J]. 心理与行为研究,2010,8(1):58-64.
- [16] 徐锐云,杨雪花,邢艳飞. 癌症患者术后癌症进展恐惧现状及影响因素分析[J]. 医学理论与实践,2024,37(6):1046-1048.
- [17] 洪丽,赵梅,李海群,等. 食管癌患者照顾者真实体验质性研究的 Meta 整合[J]. 现代临床护理,2022,21(10):71-78.
- [18] SONG Y, LIU H, WANG S, *et al.* Dyadic effects of rumination and self-disclosure on posttraumatic growth in newly diagnosed gynecological cancer couples: an actor-partner interdependence modeling approach [J]. *Support Care Cancer*, 2022, 30(6):5167-5174.
- [19] HORNE R M, JOHNSON M D. Gender role attitudes, relationship efficacy, and self-disclosure in intimate relationships [J]. *J Soc Psychol*, 2018, 158(1):37-50.
- [20] 刘英,甄倩,王晓庄,等. 乳腺癌患者和配偶的创伤后成长及与积极心理资本的关系[J]. 中华护理杂志,2023,58(7):794-799.
- [21] 麻超,汪雪,王瑞,等. 心理资本对大学生压力知觉的影响:认知重评的中介效应和表达抑制的遮掩效应[J]. 中国健康心理学杂志,2024,32(1):131-138.
- [22] 齐佳红,张翀旒,叶立卉,等. 老年脑卒中患者自我调节疲劳的体验[J]. 中国护理管理,2025,25(5):706-711.
- [23] CHIRACU A, COSMA G, STEPAN A R, *et al.* Psychological capital, quality of life, and well-being in mother caregivers of individuals with down syndrome [J]. *Front Psychol*, 2023, 14:1145104.
- [24] 郭玉清,赵蓓,徐艳. 心理资本在脑卒中主要照顾者感知压力与焦虑症状的中介效应研究[J]. 中国慢性病预防与控制,2024,32(2):111-114.
- [25] CHUNG M L, MILLER J L, LEE S J, *et al.* Linkage of Optimism With Depressive Symptoms Among the Stroke Survivor and Caregiver Dyads at 2 Years Post Stroke: Dyadic Mediation Approach [J]. *J Cardiovasc Nurs*, 2022, 38(4):352-360.
- [26] 孙倩倩,梅永霞,宋王涛,等. 脑卒中患者及其配偶获得感与积极心理资本的二元关系研究[J]. 中华护理杂志,2024,59(17):2116-2122.
- [27] ZHANG M, CHEN J, ZHANG T, *et al.* Feasibility and effect of a guided self-disclosure intervention designed to facilitate benefit finding in breast cancer patients: A pilot study [J]. *Eur J Oncol Nurs*, 2021, 50:101879.
- [28] 周楠. 原发性肝癌术后患者及其配偶自我表露与复发恐惧的主客体互倚模型构建与验证[D]. 北京:中国医科大学,2024.
- [29] ZHOU L, HONG J, QIN R, *et al.* Post-traumatic growth and its influencing factors among Chinese women diagnosed with gynecological cancer: A cross-sectional study [J]. *Eur J Oncol Nurs*, 2021, 51:101903.

(收稿日期:2025-06-29)

(修回日期:2025-09-15)

(上接第 89 页)

- [9] DENGLER R, DE CARVALHO M, SHAHRIZAILA N, *et al.* AANEM-IFCN glossary of terms in neuromuscular electrodiagnostic medicine and ultrasound [J]. *Clin Neurophysiol*, 2020, 131(7):1662-1663.
- [10] GALIERO R, CATURANO A, VETRANO E, *et al.* Peripheral neuropathy in diabetes mellitus: pathogenetic mechanisms and diagnostic options [J]. *Int J Mol Sci*, 2023, 24(4):3554.
- [11] MIZUKAMI H. Pathological evaluation of the pathogenesis of diabetes mellitus and diabetic peripheral neuropathy [J]. *Pathol Int*, 2024, 74(8):438-453.
- [12] ÖZYURT M G, NASCIMENTO F, BROWNSTONE R M, *et al.* On the origin of F-wave: involvement of central synaptic mechanisms [J]. *Brain*, 2024, 147(2):406-413.
- [13] 马桂娟,王丽,张灿,等. 肌电图多参数检测对 2 型糖尿病患者无症状性周围神经病变的诊断价值分析[J]. 现代生物医学进展,2023,23(15):2960-2963,2989.
- [14] 肖天祯,李延峰,沈忱,等. 标准化 F 波潜伏期对糖尿病周围神经病的诊断价值[J]. 中国神经免疫学和神经病学杂志,2022,29(1):11-16.
- [15] 刘小璇,张朔,马妍,等. 腓骨肌萎缩症 1A 型患者和慢性炎性脱髓鞘性多发性神经病患者 F 波改变的比较[J]. 北京大学学报(医学版),2023,55(1):160-166.
- [16] 高妍,崔芳,鲍海萍,等. F 波各参数对糖尿病周围神经病的诊断敏感性[J]. 武警医学,2019,30(6):493-495.
- [17] 张长龙,李阳,田源,等. 针灸基于高血糖引发代谢通路治疗糖尿病周围神经病变研究进展[J]. 辽宁中医药大学学报,2024,26(9):157-163.
- [18] GUPTA J K. The role of aldose reductase in polyol pathway: an emerging pharmacological target in diabetic complications and associated morbidities [J]. *Curr Pharm Biotechnol*, 2024, 25(9):1073-1081.
- [19] 李永生,张学良,李丞,等. 2 型糖尿病周围神经病变风险的列线图预测模型研究[J]. 中国全科医学,2022,25(6):675-681.
- [20] GAO L, QIN J, CHEN Y, *et al.* Risk factors for subclinical diabetic peripheral neuropathy in type 2 diabetes mellitus [J]. *Diabetes Metab Syndr Obes*, 2024, 17(5):417-426.
- [21] 王云霞,陈杰,薛天娇,等. 糖尿病患者 HbA_{1c} 动态变异性与周围神经病变风险的相关性研究 [J]. 现代医学,2022,50(5):568-573.

(收稿日期:2025-07-04)

(修回日期:2025-09-02)