

本文引用: 李爽, 房国伟, 王竹梅. 2型糖尿病周围神经病变患者标准化F波潜伏期与颈动脉内膜中膜厚度的相关性[J]. 中国动脉硬化杂志, 2025, 33(12): 1060-1066. DOI: 10.20039/j.cnki.1007-3949.2025.12.008.

· 临床研究 ·

[文章编号] 1007-3949(2025)33-12-1060-07

## 2型糖尿病周围神经病变患者标准化F波潜伏期与颈动脉内膜中膜厚度的相关性

李爽<sup>1</sup>, 房国伟<sup>2</sup>, 王竹梅<sup>1</sup>

山东中医药大学附属医院 1. 特检科肌电图室, 2. 内分泌科, 山东省济南市 250014

**[摘要]** **[目的]** 探究2型糖尿病(T2DM)周围神经病变(DPN)患者标准化F波潜伏期与颈动脉内膜中膜厚度(CIMT)的相关性。**[方法]** 选择2022年3月—2023年5月在本院就诊的DPN患者120例为研究对象,按CIMT分为增厚组( $n=57$ )与未增厚组( $n=63$ )。比较两组患者的一般资料及标准化F波潜伏期,采用多元线性回归分析标准化F波潜伏期与CIMT的关系。采用限制性立方样条模型分析标准化F波潜伏期与CIMT增厚风险的剂量-反应关系,采用ROC曲线分析标准化F波潜伏期对CIMT增厚的预测价值。依据DPN程度分为重度组( $n=42$ )和非重度组( $n=78$ ),采用多因素Logistic回归分析重度DPN的危险因素,对不同CIMT重度DPN情况进行亚组分析。**[结果]** 增厚组的标准化F波潜伏期的最小值、平均值和最大值均高于未增厚组,两组间差异有统计学意义( $P<0.05$ )。标准化F波潜伏期的最小值、平均值和最大值与CIMT增厚风险存在非线性剂量-反应关系( $P<0.05$ ),随着标准化F波潜伏期的最小值、平均值和最大值升高,CIMT增厚风险增加,呈正相关( $P<0.05$ )。T2DM病程长、标准化F波潜伏期延长是重度DPN的潜在危险因素( $P<0.05$ )。增厚组的总体DPN程度更重,重度DPN更多发生在标准化F波潜伏期最小值 $\geq 13.12$  ms者、平均值 $\geq 17.04$  ms者、最大值 $\geq 19.35$  ms者。标准化F波潜伏期的最小值、平均值、最大值升高对CIMT增厚具有良好的预测价值。**[结论]** DPN患者的标准化F波潜伏期与CIMT密切相关,随着标准化F波潜伏期的最小值、平均值和最大值升高,CIMT增厚风险增加,且共同影响DPN的病情程度。

**[关键词]** 2型糖尿病; 周围神经病变; 标准化F波潜伏期; 颈动脉; 内膜中膜厚度

**[中图分类号]** R5

**[文献标识码]** A

### Correlation between standardized F-wave latency and carotid intima-media thickness in type 2 diabetes mellitus patients with peripheral neuropathy

LI Shuang<sup>1</sup>, FANG Guowei<sup>2</sup>, WANG Zhumei<sup>1</sup>

1. Electromyography Room of Special Examination Department, 2. Department of Endocrinology, Affiliated Hospital of Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan, Shandong 250014, China

**[ABSTRACT]** **Aim** To explore the correlation between the standardized F wave latency and the carotid intima-media thickness (CIMT) in patients with type 2 diabetes mellitus (T2DM) peripheral neuropathy (DPN). **Methods** 120 DPN patients who visited our hospital from March 2022 to May 2023 were selected as the study subjects, and were divided into thickened group ( $n=57$ ) and non-thickened group ( $n=63$ ) based on CIMT. The general information and standardized F-wave latency of two groups of patients were compared, and multivariate linear regression analysis was used to investigate the relationship between standardized F-wave latency and CIMT. Restricted cubic spline model was used to analyze the dose-response relationship between standardized F-wave latency and CIMT thickening risk, and ROC curve was used to analyze the predictive value of standardized F-wave latency for CIMT thickening. According to the degree of DPN, the patients were divided into severe group ( $n=42$ ) and non severe group ( $n=78$ ). Multivariate Logistic regression was used to analyze the risk factors of severe DPN, and subgroup analysis was conducted on severe DPN in different CIMT.

**Results** The minimum, average, and maximum values of standardized F-wave latency were higher in the thickened group

[收稿日期] 2025-02-21

[修回日期] 2025-07-04

[基金项目] 山东省中医药科技项目(M20241802)

[作者简介] 李爽, 硕士, 主治医师, 研究方向为神经电生理, E-mail: 1923387148@qq.com。

than those in the non-thickened group, and the difference between the two groups was statistically significant ( $P < 0.05$ ). There was a non-linear dose-response relationship between the minimum, average, and maximum values of standardized F-wave latency and the risk of CIMT thickening ( $P < 0.05$ ). As the minimum, average, and maximum values of standardized F-wave latency increased, the risk of CIMT thickening increased. The minimum, average, and maximum values of standardized F-wave latency were positively correlated with CIMT ( $P < 0.05$ ). Long duration of T2DM and elevated standardized F-wave latency were independent risk factors for severe DPN ( $P < 0.05$ ). The overall DPN severity was more severe in the thickened group, and severe DPN occurred more frequently in individuals with a minimum standardized F-wave latency  $\geq 13.12$  ms, a mean standardized F-wave latency  $\geq 17.04$  ms, or a maximum standardized F-wave latency  $\geq 19.35$  ms. The minimum, average, and maximum values of standardized F-wave latency had good predictive value for CIMT thickening. **Conclusion** The standardized F-wave latency of DPN is closely related to CIMT. As the minimum, average, and maximum values of standardized F-wave latency increase, the risk of CIMT thickening increases, and together they affect the severity of DPN.

[KEY WORDS] type 2 diabetes mellitus; peripheral neuropathy; standardized F-wave latency; carotid artery; intima-media thickness

2 型糖尿病 (type 2 diabetes mellitus, T2DM) 是一种慢性代谢性疾病,其特征是胰岛素抵抗和分泌不足,鉴于全球人口结构老龄化趋势加剧及生活方式的变迁,T2DM 的患病率不断上升,已成为全球范围内的公共卫生问题<sup>[1-2]</sup>。糖尿病周围神经病变 (diabetic peripheral neuropathy, DPN) 是 T2DM 的常见并发症,尤为影响患者的生活质量。DPN 的早期诊断和治疗对于预防病情进展至关重要<sup>[3]</sup>。然而 DPN 临床表现多样,且起病隐匿,使得早期识别具有挑战性<sup>[4]</sup>。目前,临床上尚未完全明确 DPN 的所有危险因素,限制了其预防和早期干预策略的制定<sup>[5]</sup>。

颈动脉内膜中膜厚度 (carotid intima-media thickness, CIMT) 是评估动脉粥样硬化的有效指标,用以反映动脉壁的病理变化<sup>[6]</sup>。临床上对 CIMT 的测量作为评估 T2DM 患者血管病变风险的一个窗口,其厚度与 DPN 的发生呈正相关<sup>[7]</sup>。相关研究证实<sup>[8]</sup>,CIMT 增厚情况反映了动脉粥样硬化的程度,与 DPN 中的微血管并发症有关。同时,T2DM 患者出现的高血糖和血脂等代谢因素异常,将会影响神经细胞的代谢和功能,间接影响 F 波潜伏期水平。F 波被用以反应运动神经的近端功能,属于电生理检查中的指标,与神经长度有关,在 T2DM 患者中,F 波的异常变化可能是周围神经病变的早期表现<sup>[9]</sup>。但传统的 F 波潜伏期-身高函数在临床应用中存在复杂性和不便性,关于 DPN 患者 F 波潜伏期与 CIMT 之间的相关性研究尚显不足。对此,本研究通过观察 DPN 患者的 CIMT 和 F 波潜伏期,并综合考虑身高因素对 F 波潜伏期进行标准化处理,旨在探讨二者与 DPN 之间的相关性,以提升 DPN 诊断的准确性,为临床早期诊断提供有利参考。

## 1 资料和方法

### 1.1 研究对象

选择 2022 年 3 月—2023 年 5 月在本院就诊的 DPN 患者 120 例为研究对象,年龄 18~75 岁。

### 1.2 纳排标准

纳入标准:(1)符合《中国 2 型糖尿病防治指南 (2020 年版)》中 DPN 诊断标准<sup>[10]</sup>;(2)认知正常,可正常交流;(3)依从性良好。

排除标准:(1)神经功能缺损或异常,无法进行 F 波测量;(2)有卒中病史或其他脑部疾病;(3)患有由烟酒、药物引发的其他周围神经病者;(4)有严重器官功能不全,或严重器官衰竭;(5)使用维生素 B2、甲钴胺等神经病治疗药物者;(6)中途退出或随访脱落者。

本研究中所涉及的所有患者或其家属均已充分知情,并表示签署相应的知情同意书。同时,本研究中所采用的治疗方案也已经得到了医院伦理委员会的正式批准(20210425)。

### 1.3 一般资料收集

收集患者年龄、性别、体质指数、高血压史、心脏病史、家族史、饮酒史、吸烟史、心率、T2DM 患病病程和胰岛素使用比例等资料。高血压史:在未使用降压类药物的状态下,非同日 3 次测量血压,收缩压  $\geq 140$  mmHg 和 (或)舒张压  $\geq 90$  mmHg;既往已确诊高血压,目前正在服用降压类药物,虽血压  $< 140/90$  mmHg 的患者,也视为有高血压史<sup>[11]</sup>。心脏病史指曾经患有或正在患有某种心脏疾病,包括但不限于冠状动脉粥样硬化性心脏病、心肌病、心律失常等。糖尿病家族史指直系亲属(父母、兄弟姐妹、子女)或旁系亲属(祖父母、外祖父母、叔伯、姑

姑和姨妈等)中有糖尿病患者。饮酒史<sup>[12]</sup>指有大于5年的饮酒史(男性 $\geq 240$  g/d,女性 $\geq 220$  g/d)。吸烟史<sup>[13]</sup>参考《中国临床戒烟指南(2015年版)》进行判定。体质指数(body mass index, BMI)=体重(kg)/身高(m)<sup>2</sup>。患者禁食8 h后采集静脉血2 mL,检测空腹血糖(fasting blood glucose, FBG)和糖化血红蛋白(hemoglobin A1c, HbA1c),通过口服葡萄糖耐量试验测定餐后2 h血糖。

#### 1.4 标准化F波潜伏期

确保环境条件适宜,环境安静,避免外部噪声干扰。被检查者保持皮温在30℃以上,自然平卧,进行F波检测。通过在腕部处给予尺神经强刺激,并在小指展肌处记录F波的最小值、平均值和最大值,随后进行标准化F波潜伏期计算,即为身高标准化F波潜伏期=F波潜伏期/身高(m)。测量时,精度应达到1 mm,以确保数据的准确性。

#### 1.5 CIMT检测

患者在入院24 h内,采用飞利浦EPIQ7C型彩色多普勒超声诊断设备(探头频率范围5~12 MHz),实施颈动脉超声检测。检测CIMT、是否有椎动脉狭窄及斑块数量,并计算颈动脉狭窄率。CIMT $\geq 0.9$  mm为CIMT增厚;CIMT $< 0.9$  mm为正常范围。根据CIMT值将患者分为增厚组( $n=57$ )和未增厚组( $n=63$ )。

#### 1.6 DPN病情程度评估方法

采用多伦多临床评分系统评估DPN病情程度<sup>[14]</sup>。从三个部分进行评价,分别为感觉功能、神经反射和神经症状。感觉功能中对异常的位置觉、振动觉、触觉、温度觉、痛觉分别记1分,正常则不计分;神经反射中对消失的踝反射或膝反射记2分,减弱则各记1分,正常不记分;神经症状中对出现步态不稳、乏力、针刺样、疼痛、下肢麻木的症状各记1分。病情程度越严重的患者总分越高,其中I级总分为6~8分,II级总分为9~11分,III级总分为12~14分,IV级总分为15~19分,I、II级为轻中度,III、IV级为重度。

#### 1.7 统计学处理方法

采用SPSS 23.0软件进行数据统计。数据符合正态分布者采用 $\bar{x}\pm s$ 表示,组间比较采用独立样本 $t$ 检验(两组比较)或单因素方差分析(多组比较);非正态分布资料以中位数和四分位数表示,组间比较采用Mann-Whitney  $U$ 检验;计数资料以频数和百分比表示,组间比较采用 $\chi^2$ 检验。运用多变量Logistic回归模型探究标准化F波潜伏期与CIMT之间的关联性。利用限制性立方样条模型评估标准化F波潜伏期与CIMT增厚风险之间的剂量-效

应关系。通过ROC曲线分析标准化F波潜伏期预测CIMT增厚的能力。以 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 CIMT增厚组与未增厚组一般临床资料比较

增厚组的T2DM病程较未增厚组增加,FBG、餐后2 h血糖和HbA1c升高( $P<0.05$ ;表1)。

表1. CIMT增厚组与未增厚组一般临床资料比较

Table 1. Comparison of general clinical data between CIMT-thickened group and non-thickened group

项目	未增厚组 ( $n=63$ )	增厚组 ( $n=57$ )	$P$
年龄/岁	47.55 $\pm$ 2.67	47.73 $\pm$ 2.64	0.711
男性/[例(%)]	35(55.56)	32(56.15)	0.949
高血压史/[例(%)]	14(22.22)	12(21.05)	0.877
心脏病史/[例(%)]	13(20.63)	11(19.29)	0.855
家族史/[例(%)]	23(36.50)	21(36.84)	0.970
饮酒史/[例(%)]	24(38.09)	29(50.87)	0.159
吸烟史/[例(%)]	27(42.86)	32(56.14)	0.146
收缩压/mmHg	101.93 $\pm$ 1.27	101.72 $\pm$ 1.96	0.482
舒张压/mmHg	68.72 $\pm$ 1.74	68.39 $\pm$ 1.59	0.282
平均动脉压/mmHg	76.17 $\pm$ 2.33	76.29 $\pm$ 2.38	0.781
BMI/(kg/m <sup>2</sup> )	23.22 $\pm$ 1.89	23.27 $\pm$ 1.87	0.885
心率/(次/分)	87.96 $\pm$ 0.41	87.89 $\pm$ 0.35	0.319
餐后2 h血糖/(mmol/L)	11.45 $\pm$ 0.96	12.53 $\pm$ 0.55	<0.001
FBG/(mmol/L)	7.98 $\pm$ 0.32	8.60 $\pm$ 0.22	<0.001
HbA1c/%	7.72 $\pm$ 0.42	8.02 $\pm$ 0.56	0.001
胰岛素使用比例/[例(%)]	32(50.79)	37(64.91)	0.118
T2DM病程/年	13.82 $\pm$ 0.51	14.24 $\pm$ 0.55	<0.001

### 2.2 CIMT增厚组与未增厚组患者标准化F波潜伏期情况比较

增厚组的标准化F波潜伏期最小值较未增厚组升高19.5%,平均值升高30.0%,最大值升高25.2%( $P<0.001$ ;表2)。

表2. CIMT增厚组与未增厚组标准化F波潜伏期情况比较

Table 2. Comparison of standardized F-wave latency between CIMT-thickened group and non-thickened group  
单位:ms

项目	未增厚组 ( $n=63$ )	增厚组 ( $n=57$ )	$P$
标准化F波潜伏期最小值	13.15 $\pm$ 0.91	15.71 $\pm$ 1.83	<0.001
标准化F波潜伏期平均值	14.16 $\pm$ 1.65	18.40 $\pm$ 1.63	<0.001
标准化F波潜伏期最大值	16.69 $\pm$ 1.37	20.89 $\pm$ 1.58	<0.001

### 2.3 CIMT 与标准化 F 波潜伏期的关系

在未调整模型中,标准化 F 波潜伏期最小值每增加 1 ms, CIMT 厚度增加 4.881 mm ( $P < 0.001$ ); 调整混杂因素后, 标准化 F 波潜伏期最小值仍与 CIMT 呈显著正相关 ( $\beta > 0, P < 0.05$ )。同样, 标准化 F 波潜伏期平均值和最大值在调整后仍与 CIMT 显著相关 ( $P < 0.05$ ; 表 3)。

### 2.4 标准化 F 波潜伏期对 CIMT 增厚情况的预测价值

ROC 曲线分析显示, 标准化 F 波潜伏期最小值、平均值和最大值预测 CIMT 增厚的曲线下面积 (area under the curve, AUC) 分别为 0.848、0.845 和 0.829, 均具有较高的预测价值 ( $P < 0.001$ ; 表 4)。

### 2.5 CIMT 增厚风险与标准化 F 波潜伏期的剂量-反应关系

限制性立方样条模型显示, 标准化 F 波潜伏期的最小值、平均值和最大值与 CIMT 增厚风险均存在非线性剂量反应关系 ( $P < 0.05$ ), 当标准化 F 波潜伏期的最小值  $\geq 13.12$  ms、平均值  $\geq 17.04$  ms、最大值  $\geq 19.35$  ms 时, 随着标准化 F 波潜伏期的最小值、平均值和最大值升高, CIMT 增厚风险增加, 呈

正相关 ( $P < 0.05$ ; 图 1)。

表 3. CIMT 与标准化 F 波潜伏期的多元线性回归分析  
Table 3. Multiple linear regression analysis of CIMT and standardized F-wave latency

项目	CIMT	
	$\beta$ (95% CI)	P
标准化 F 波潜伏期最小值		
未调整模型	4.881 (2.806 ~ 6.404)	<0.001
模型 1	4.593 (2.171 ~ 6.389)	<0.001
模型 2	4.322 (2.623 ~ 6.691)	0.019
标准化 F 波潜伏期平均值		
未调整模型	6.712 (3.782 ~ 9.866)	0.013
模型 1	6.628 (3.381 ~ 9.898)	0.002
模型 2	6.206 (3.021 ~ 9.752)	<0.001
标准化 F 波潜伏期最大值		
未调整模型	3.226 (1.537 ~ 5.158)	<0.001
模型 1	3.544 (1.703 ~ 5.602)	0.012
模型 2	3.168 (1.205 ~ 5.682)	0.007

注: 模型 1: 调整年龄、性别、既往史和烟酒史等一般临床资料的影响; 模型 2: 在模型 1 的基础上调整 T2DM 病程、FBG、餐后 2 h 血糖、胰岛素使用比例和 CIMT 的影响。

表 4. 标准化 F 波潜伏期预测 CIMT 增厚的 ROC 曲线结果

Table 4. ROC curve results of standardized F-wave latency in predicting CIMT thickening

因素	AUC	95% CI	P	特异度	灵敏度	约登指数
标准化 F 波潜伏期最小值	0.848	0.182 ~ 0.975	<0.001	0.715	0.886	0.591
标准化 F 波潜伏期平均值	0.845	0.461 ~ 0.923	<0.001	0.694	0.892	0.605
标准化 F 波潜伏期最大值	0.829	0.514 ~ 0.901	<0.001	0.719	0.896	0.597

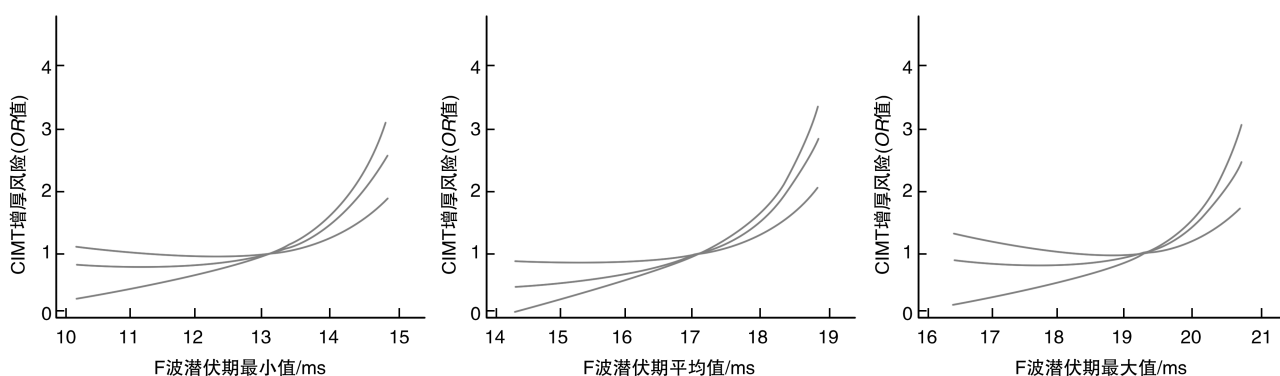


图 1. CIMT 增厚风险与标准化 F 波潜伏期的剂量-反应关系

Figure 1. Dose-response relationship between CIMT thickening risk and standardized F-wave latency

### 2.6 不同 DPN 程度患者的临床资料比较

T2DM 病程是重度 DPN 的潜在危险因素 ( $P < 0.05$ )。重度组标准化 F 波潜伏期最小值较非重度

组升高 21.1%, 平均值升高 31.4%, 最大值升高 27.8% ( $P < 0.001$ ; 表 5)。

表 5. 不同 DPN 程度患者的临床资料比较

Table 5. Clinical data comparison of patients with different degrees of DPN

项目	非重度组 (n=78)	重度组 (n=42)	P
年龄/岁	47.90±2.23	47.62±3.02	0.258
男性/[例(%)]	38(48.72)	29(69.05)	0.493
高血压史/[例(%)]	14(17.95)	12(28.57)	0.751
心脏病史/[例(%)]	14(17.95)	10(23.81)	0.851
糖尿病家族史/[例(%)]	25(32.05)	19(45.24)	0.756
饮酒史/[例(%)]	30(38.46)	23(54.76)	0.933
吸烟史/[例(%)]	33(42.31)	26(61.90)	0.966
收缩压/mmHg	101.86±1.33	101.80±1.67	0.509
舒张压/mmHg	68.63±1.82	68.54±1.46	0.967
平均动脉压/mmHg	76.19±2.45	76.22±2.21	0.996
BMI/(kg/m <sup>2</sup> )	23.23±1.29	23.25±1.78	0.241
心率/(次/分)	87.95±0.42	87.92±0.37	0.232
餐后 2 h 血糖/(mmol/L)	11.39±0.38	12.63±0.42	0.029
FBG/(mmol/L)	7.92±0.36	8.67±0.27	0.045
HbA1c/%	7.67±0.39	8.09±0.48	0.023
胰岛素使用比例/%	46(58.97)	23(54.76)	0.994
T2DM 病程/年	13.89±0.52	14.31±0.52	0.017
标准化 F 波潜伏期最小值/ms	13.08±1.21	15.84±1.76	<0.001
标准化 F 波潜伏期平均值/ms	14.13±1.78	18.57±1.64	<0.001
标准化 F 波潜伏期最大值/ms	16.45±1.23	21.03±1.89	<0.001

### 2.7 影响 DPN 程度的多因素 Logistic 回归分析

多因素 Logistic 回归分析显示, T2DM 病程每增加 1 年, 重度 DPN 风险增加 38.1% ( $P<0.05$ ), 标准化 F 波潜伏期最小值每增加 1 ms, 风险增加

62.2% ( $P<0.001$ ), 标准化 F 波潜伏期平均值每增加 1 ms, 风险增加 51.6% ( $P<0.001$ ), 标准化 F 波潜伏期最大值每增加 1 ms, 风险增加 0.576 倍 ( $P<0.05$ ; 表 6)。

表 6. 影响 DPN 程度的危险因素回归分析

Table 6. Regression analysis of risk factors affecting the degree of DPN

项目	$\beta$	SE	Wald $\chi^2$	OR	95% CI	P
餐后 2 h 血糖	0.305	0.391	0.609	1.357	0.136 ~ 1.906	0.062
FBG	0.491	0.739	0.442	1.635	0.079 ~ 2.425	0.088
HbA1c	0.547	0.685	0.638	1.729	0.037 ~ 2.591	0.076
T2DM 病程	0.322	0.248	1.694	1.381	1.105 ~ 1.922	0.003
标准化 F 波潜伏期最小值	0.483	0.283	2.920	1.622	1.316 ~ 1.757	<0.001
标准化 F 波潜伏期平均值	0.416	0.322	1.669	1.516	1.279 ~ 1.842	<0.001
标准化 F 波潜伏期最大值	0.454	0.609	0.557	1.576	1.163 ~ 1.967	0.013

### 2.8 不同 CIMT 重度 DPN 的亚组分析

以限制性立方样条模型得到的节点为分组依据, 分析在不同标准化 F 波潜伏期亚组下, 不同 CIMT 重度 DPN 的发生差异。结果显示, 增厚组的总体 DPN 程度较重, 重度 DPN 更多发生在标准化 F 波潜伏期最小值  $\geq 13.12$  ms 者、平均值  $\geq 17.04$  ms 者、最大值  $\geq 19.35$  ms 者(表 7)。

## 3 讨论

T2DM 作为一种全球性的慢性疾病, 其并发症的广泛性和严重性已成为公共卫生领域的重要挑战<sup>[11-12]</sup>。DPN 是 T2DM 常见的并发症之一, 对患者的生活质量和预后产生显著不利影响。DPN 的发病进程与血糖代谢异常具有高度的关联性, 还涉及

表 7. 不同 CIMT 重度 DPN 的亚组分析

Table 7. Subgroup analysis of severe DPN with different CIMT

标准化 F 波潜伏期		未增厚组 (n=63)		增厚组 (n=57)		P
		例数	重度 DPN/[例(%)]	例数	重度 DPN/[例(%)]	
标准化 F 波潜伏期最小值	<13.12 ms	47	4(8.51)	22	2(9.09)	<0.001
	≥13.12 ms	16	8(50.00)	35	28(80.00)	<0.001
标准化 F 波潜伏期平均值	<17.04 ms	49	3(6.12)	25	4(16.00)	<0.001
	≥17.04 ms	14	9(64.29)	32	26(81.25)	<0.001
标准化 F 波潜伏期最大值	<19.35 ms	52	6(11.54)	31	10(32.26)	<0.001
	≥19.35 ms	11	6(54.55)	26	20(76.92)	<0.001

复杂的病理生理过程,包括血管病变和神经纤维损伤,患者将出现感觉异常、疼痛、运动功能障碍等症状,严重影响患者的生活质量。近年来,随着医学研究的不断深入,DPN 的发病机制、诊断及治疗策略均取得了显著进展。最新的多项研究为 DPN 的临床管理提供了新的视角和工具<sup>[15]</sup>。

CIMT 可反映血管壁的病理变化情况,是临床评估动脉粥样硬化的重要指标,其增厚现象通常指示心脑血管疾病风险的提升。近年来,研究表明<sup>[16]</sup>,糖尿病患者的 CIMT 增厚与多种代谢异常及血管并发症存在紧密联系,其测量不仅可以帮助评估患者的大血管并发症风险,还可以间接推断患者发生 DPN 的可能性。F 波为肌电图检测中的特定波形,源于远端运动神经逆向传导至近端后再经脊髓细胞折返至远端的过程,其异常可以反映近端神经及周围神经的损伤情况。肌电图检测是评估 DPN 的关键方法之一,在 DPN 患者中,F 波的潜伏期延长、出现率降低等参数异常,可能是神经病变的早期信号。既往研究表明<sup>[17]</sup>,DPN 患者的神经传导速度减慢及 F 波潜伏期延长,这种神经功能的损伤往往与血管病变,特别是动脉粥样硬化的进展密切相关。F 波潜伏期最小值通常反映神经传导的最佳状态,其延长提示神经纤维的早期功能受损。而传统研究多聚焦于 F 波潜伏期平均值或单一阈值的诊断价值,本研究同时考察了标准化 F 波潜伏期的最小值、平均值和最大值,为 DPN 的评估提供了更全面的视角。既往研究表明<sup>[18]</sup>,F 波潜伏期最小值对 DPN 的早期诊断具有较高的敏感性,尤其是在亚临床神经病变阶段,其异常可能早于临床症状的出现。F 波潜伏期平均值是临床常用的神经传导功能评估指标,其延长通常与神经脱髓鞘和轴索损伤相关。本研究结果显示,DPN 患者的标准化 F 波潜伏期(最小值、平均值和最大值)与 CIMT 呈显著正相关,且三者对 CIMT 增厚均具有较高的预测价

值。限制性立方样条模型显示,标准化 F 波潜伏期的最小值、平均值和最大值与 CIMT 增厚风险之间呈非线性剂量-反应关系,随着标准化 F 波潜伏期的延长,CIMT 增厚风险逐渐上升。研究表明,高血糖和血脂异常可导致神经内膜微血管病变,进而引发神经缺血和脱髓鞘,导致 F 波潜伏期延长。另外动脉粥样硬化引起的血管壁增厚可减少神经血供或释放炎症因子加剧神经损伤。因此,标准化 F 波潜伏期与 CIMT 增厚之间的正相关关系反映了神经与血管系统之间存在相互影响的复杂网络。这种相互影响加速了 DPN 和动脉粥样硬化的进展,形成了一种恶性循环。此外,亚组分析显示,增厚组的总体 DPN 程度更重,重度 DPN 更多发生在标准化 F 波潜伏期较长者。在 DPN 的病理过程中,神经病变可能通过影响神经-血管偶联、调节血管张力和促进炎症反应等途径来加速动脉粥样硬化的进展。同时,动脉粥样硬化的发生也可能通过影响血管壁的神经支配和神经递质的释放来进一步加剧神经病变。提示神经病变与血管病变之间存在紧密联系。

本研究存在一定的局限性,纳入样本相对单一,限制了结果的普遍性。为了增强研究的普适性和精确度,建议进行更广泛的样本研究,以更好地理解不同生理状态下 DPN 患者的反应,从而提供更定制化和高效的治疗选项。

综上所述,DPN 患者的标准化 F 波潜伏期与 CIMT 密切相关。随着标准化 F 波潜伏期的最小值、平均值和最大值升高,CIMT 增厚风险增加,且共同影响 DPN 的发生。

#### [参考文献]

- [1] 姬劲锐, 薛斌, 陈文山, 等. 血浆残粒脂蛋白胆固醇水平对 2 型糖尿病患者外周动脉疾病发生及严重程度的相关性分析[J]. 中国动脉硬化杂志, 2024, 32(8): 683-689.

- JI J R, XUE B, CHEN W S, et al. Predictive value of residual lipoprotein cholesterol in the occurrence and severity of peripheral arterial disease in patients with type 2 diabetes mellitus[J]. *Chin J Arterioscler*, 2024, 32(8): 683-689.
- [2] 荐志洁, 乔香瑞, 李海波, 等. 纤维蛋白原对2型糖尿病患者冠状动脉斑块狭窄率进展的影响[J]. *中国动脉硬化杂志*, 2024, 32(5): 410-414.
- JIAN Z J, QIAO X R, LI H B, et al. Effect of fibrinogen on the progression of coronary plaque stenosis rate in patients with type 2 diabetes mellitus[J]. *Chin J Arterioscler*, 2024, 32(5): 410-414.
- [3] ZHANG L, LI X, LYU Q, et al. Imaging diagnosis and research progress of carotid plaque vulnerability[J]. *J Clin Ultrasound*, 2022, 50(7): 905-912.
- [4] YU M G, GORDIN D, FU J, et al. Protective factors and the pathogenesis of complications in diabetes[J]. *Endocr Rev*, 2024, 45(2): 227-252.
- [5] HASSAN A B, AHMED AL-DOSKY A H. Association between vitamin D status and malondialdehyde in T2DM patients with painful diabetic peripheral neuropathy[J]. *Cell Mol Biol (Noisy-le-grand)*, 2023, 69(13): 70-77.
- [6] CHEN X, LIU Q, CHEN N, et al. Diagnostic biomarker for type 2 diabetic peripheral neuropathy via comprehensive bioinformatics analysis[J]. *J Diabetes*, 2024, 16(3): e13506.
- [7] TSAO C W, ADAY A W, ALMARZOOQ Z I, et al. Heart disease and stroke statistics-2022 update: a report from the American heart association [J]. *Circulation*, 2022, 145(8): e153-e639.
- [8] KOPCZAK A, SCHINDLER A, SEPP D, et al. Complicated carotid artery plaques and risk of recurrent ischemic stroke or TIA [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2022, 79(22): 2189-2199.
- [9] JANG H N, OH T J. Pharmacological and nonpharmacological treatments for painful diabetic peripheral neuropathy [J]. *Diabetes Metab J*, 2023, 47(6): 743-756.
- [10] 中华医学会糖尿病学分会. 中国2型糖尿病防治指南(2020年版)[J]. *中华糖尿病杂志*, 2021, 13(4): 315-409.
- Diabetes Branch of Chinese Medical Association. Guideline for the prevention and treatment of type 2 diabetes mellitus in China (2020 edition)[J]. *Chin J diabetes*, 2021, 13(4): 315-409.
- [11] 中国高血压防治指南修订委员会, 高血压联盟(中国), 中国医疗保健国际交流促进会高血压分会, 等. 中国高血压防治指南(2024年修订版)[J]. *中华高血压杂志*, 2024, 32(7): 603-700.
- Chinese Hypertension Prevention and Treatment Guidelines Revision Committee, Hypertension Alliance (China), Hypertension Branch of China Association for International Exchange and Promotion of Healthcare, et al. Chinese guidelines for the prevention and treatment of hypertension (revised 2024 edition)[J]. *Chin J Hypertens*, 2024, 32(7): 603-700.
- [12] 中华医学会肝病学会脂肪肝和酒精性肝病学组, 中国医师协会脂肪性肝病专家委员会. 酒精性肝病防治指南(2018年更新版)[J]. *实用肝脏病杂志*, 2018, 21(2): 170-176.
- Fatty Liver and Alcoholic Liver Disease Group of the Hepatology Branch of the Chinese Medical Association, Fatty Liver Disease Expert Committee of the Chinese Medical Association. Guidelines of prevention and treatment for alcoholic liver disease (a 2018 update) [J]. *J Pract Hepatol*, 2018, 21(2): 170-176.
- [13] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 中国临床戒烟指南(2015年版)[J]. *中华健康管理学杂志*, 2016, 10(2): 88-95.
- National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. Guideline on China clinical smoking cessation (2015) [J]. *Chin J Health Manag*, 2016, 10(2): 88-95.
- [14] LI K, CHEN Y, XIE J, et al. How vitamins act as novel agents for ameliorating diabetic peripheral neuropathy: a comprehensive overview [J]. *Ageing Res Rev*, 2023, 91: 102064.
- [15] FAN S, QIU Y, LIU J, et al. Effect of the glucagon-like peptide-1 receptor agonists on diabetic peripheral neuropathy: a Meta-analysis[J]. *J Neurochem*, 2025, 169(2): e16242.
- [16] 刘露晴, 王美肖, 刘士贺, 等. 累积非高密度脂蛋白胆固醇/高密度脂蛋白胆固醇暴露对动脉粥样硬化性心血管疾病的影响[J]. *中国动脉硬化杂志*, 2025, 33(1): 58-67.
- LIU L Q, WANG M X, LIU S H, et al. The effect of cumulative non-high density lipoprotein cholesterol/high density lipoprotein cholesterol exposure on atherosclerotic cardiovascular disease[J]. *Chin J Arterioscler*, 2025, 33(1): 58-67.
- [17] THANOMPONG S, SIRINOOT P, KITTYOT Y, et al. Expert consensus guidelines for community pharmacists in the management of diabetic peripheral neuropathy with a combination of neurotropic B vitamins[J]. *J Pharm Policy Pract*, 2024, 17(1): 2306866.
- [18] 肖天祎, 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.
- XIAO T Y, LI Y F, SHEN C, et al. Diagnostic value of standardized F-wave latency in diabetic peripheral neuropathy[J]. *Chin J Neuroimmunol Neurol*, 2022, 29(1): 11-16.

(此文编辑 许雪梅)