

## 2

徐 雨<sup>1</sup>, 朱耀峰<sup>1</sup>, 李 萍<sup>2</sup>

(1. 吉首大学医学院, 湖南 吉首 416000;

2. 湘西土家族苗族自治州民族中医院教科, 湖南 吉首 416000)

**摘要:**目的 探讨 2 型糖尿病(T2DM)患者震动感觉阈值(VPT)与糖化血红蛋白的相关性, 分析 T2DM 周围神经病变的病理生理机制。方法 回顾性分析 2022 年 1 月-2024 年 1 月在湘西土家族苗族自治州民族中医院诊治的 T2DM 患者的临床资料。采用数字震动感觉阈值检测仪对纳入患者进行 VPT 检测, 将患者分为糖尿病组( $n=111$ )、VPT 减退组( $n=160$ )和 VPT 缺失组( $n=142$ )。收集患者基线资料, 检测空腹血糖、餐后 2 h 血糖、谷丙转氨酶(ALT)、谷草转氨酶(AST)、尿素氮(BUN)、血肌酐(Cr)和糖化血红蛋白(HbA1c)。随后进行统计学分析和相关性矩阵图绘制, 使用 Spearman 相关性分析探讨 HbA1c 及相关指标与 VPT 的相关性。结果 单因素分析显示血 Cr、HbA1c 是影响 T2DM 周围神经病变的危险因素( $P<0.05$ ), 年龄、T2DM 病程、BMI、空腹血糖、餐后 2 h 血糖、ALT、AST、BUN 比较, 差异无统计学意义( $P>0.05$ )。Spearman 相关性分析表明, BMI、空腹血糖、AST、ALT 以及 HbA1c 与 VPT 呈正相关, 而年龄、糖尿病病程、餐后 2 h 血糖、BUN 和血 Cr 与 VPT 呈负相关( $P<0.05$ )。回归分析进一步证实了 HbA1c 与 VPT 呈显著正相关关系( $P<0.01$ )。结论 糖尿病周围神经病变受 BMI、空腹血糖、AST、ALT 影响, 且 HbA1c 与 VPT 存在相关性。

**关键词:** 2 型糖尿病; 周围神经病变; 糖化血红蛋白; 震动感觉阈值; 相关性分析

中图分类号: R587.2

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-1959.2025.03.021

文章编号: 1006-1959(2025)03-0113-05

### Study on the Correlation Between Vibration Perception Threshold and Glycosylated Hemoglobin in Patients with Type 2 Diabetic Peripheral Neuropathy

XU Yu<sup>1</sup>, ZHU Yaofeng<sup>1</sup>, LI Ping<sup>2</sup>

(1. Jishou University School of Medicine, Jishou 416000, Hunan, China;

2. Science and Education Department of Xiangxi Tujia and Miao Autonomous Prefecture Minzu Traditional  
Chinese Medicine Hospital, Jishou 416000, Hunan, China)

**Abstract: Objective** To investigate the correlation between vibration perception threshold (VPT) and glycosylated hemoglobin in patients with type 2 diabetes mellitus (T2DM), and to analyze the pathophysiological mechanism of peripheral neuropathy in T2DM. **Methods** The clinical data of patients with T2DM diagnosed and treated in the Xiangxi Tujia and Miao Autonomous Prefecture Minzu Traditional Chinese Medicine Hospital from January 2022 to January 2024 were retrospectively analyzed. The patients were divided into diabetes group ( $n=111$ ), VPT decrease group ( $n=160$ ) and VPT deficiency group ( $n=142$ ). The baseline data of patients were collected, and fasting blood glucose, 2 h postprandial blood glucose, alanine aminotransferase (ALT), aspartate aminotransferase (AST), urea nitrogen (BUN), serum creatinine (Cr) and glycosylated hemoglobin (HbA1c) were detected. Subsequently, statistical analysis and correlation matrix mapping were performed, and Spearman correlation analysis was used to explore the correlation between HbA1c and related indicators and VPT. **Results** Univariate analysis showed that blood Cr and HbA1c were risk factors for peripheral neuropathy in T2DM ( $P<0.05$ ), while there was no significant difference in age, course of T2DM, BMI, fasting blood glucose, 2 h postprandial blood glucose, ALT, AST and BUN ( $P>0.05$ ). Spearman correlation analysis showed that BMI, fasting blood glucose, AST, ALT and HbA1c were positively correlated with VPT, while age, duration of diabetes, postprandial 2 h blood glucose, BUN and blood Cr were negatively correlated with VPT ( $P<0.05$ ). Regression analysis further confirmed that there was a significant positive correlation between HbA1c and VPT ( $P<0.01$ ). **Conclusion** Diabetic peripheral neuropathy is affected by BMI, fasting blood glucose, AST and ALT, and there is a correlation between HbA1c and VPT.

**Key words:** Type 2 diabetes mellitus; Peripheral neuropathy; Glycosylated hemoglobin; Vibration perception threshold; Correlation analysis

基金项目: 湖南省教育厅重点项目(编号: 23A0397)

作者简介: 徐雨(1997.11-), 女, 湖南益阳人, 硕士研究生, 护士, 主要从事临床护理研究

通讯作者: 朱耀峰(1982.5-), 男, 湖南城步苗族自治县人, 博士, 副教授, 主要从事人体解剖与组织胚胎学研究

近年随居民生活水平提高,2型糖尿病(type 2 diabetes mellitus, T2DM)患病率逐年上升,严重威胁人类健康<sup>[1]</sup>。据2022年《中国糖尿病预防与治疗指南》公布统计数据显示,至2020年底,该病患病率在成年人口中占12.2%<sup>[2]</sup>。其中,一半以上患者随疾病发展并发了周围神经病变(diabetic peripheral neuropathy, DPN)<sup>[3]</sup>,出现肌肉萎缩、关节活动度受限等,影响步态稳定性,并提高了跌倒风险<sup>[4]</sup>。虽早期配合胰岛素强化降糖治疗<sup>[5]</sup>有潜在益处,但大多实践指南建议,除非新诊断糖尿病患者存在重度高血糖,否则只增加糖尿病药物<sup>[6,7]</sup>,间接延缓DPN进展。另外,多数患者早期确诊率低,无法尽早开展针对性治疗。因此,早期筛查诊断并及时干预,能更好控制患者血糖水平及改善预后<sup>[8]</sup>。糖化血红蛋白(glycosylated hemoglobin, HbA1c)是早期观测指标之一,反映过去8~12周血糖水平,且实现HbA1c靶点<sup>[9]</sup>。该指标可预测T2DM患者的临床结果,通过多种机制尽早干预,改善神经功能损伤。震动感觉阈值(vibration perception threshold, VPT)是早期发现DPN的重要检测手段<sup>[10,11]</sup>,通过检测患者在不同频率震动刺激下的感觉阈值来评估周围神经功能。目前,VPT测定对T2DM合并DPN的评价指标还研究较少,结合HbA1c对于DPN的影响,本研究收集2022年1月-2024年1月于湘西土家族苗族自治州民族中医院诊治的413例T2DM患者临床资料,旨在分析T2DM患者中HbA1c与VPT的相关性,现报道如下。

## 1 资料与方法

1.1 一般资料 选取湘西土家族苗族自治州民族中医院2022年1月-2024年1月接收的413例T2DM患者为研究对象。根据VPT将患者分为3组:VPT≤15 V为糖尿病组( $n=111$ ),16 V<VPT≤25 V为减退组( $n=160$ ),VPT>25 V为缺失组( $n=142$ )。本研究获得吉首大学生物医学研究伦理审查委员会批准,患者及家属对本研究知情,签署知情同意书。

1.2 纳入与排除标准 纳入标准:①符合美国糖尿病学会(ADA)诊断新标准<sup>[12]</sup>;②认知、交流功能正常,无精神类疾病史;③无其他代谢功能性疾病及消化系统疾病。排除标准:①存在先天性疾病;②合并心脑血管类疾病;③肝肾功能不全或者其他脏器功能

障碍;④合并其他内分泌性疾病。

## 1.3 方法

1.3.1 资料收集 根据VPT分级诊断标准(双足VPT 1~15 V为正常,16~24 V为震动感觉减弱,25 V以上为震动感觉消失)采集研究对象基线数据。记录患者入院时的年龄、性别、年龄、疾病史、T2DM病程、身高、体重,计算体质量指数(body mass index, BMI)。次日晨查空腹血糖,当天的餐后2 h血糖。实验室指标检查:两组禁食8~10 h,于次日晨6:00在患者空腹状态下抽取肘部静脉血5 ml做生化检测,查谷丙转氨酶(ALT)、谷草转氨酶(AST)、尿素氮(BUN)、血肌酐(Cr)、HbA1c。

1.3.2 VPT检测方法 在开始检查前告知受检者VPT测定的目的和注意事项<sup>[13]</sup>,打开美迪信达(北京)医疗器械有限公司数字震动感觉阈值检查仪A100,同时双击打开电脑震动感觉阈值检测系统。在进行评估之前,首先在测试者自身的手腕处进行预测试,以确保仪器的有效性。在向患者解释操作目的后,指示其取仰卧位,并将震动刺激器放置于患者双侧足背和双侧第一足趾前端,然后逐步增加电流强度和振幅,直至受试者能感知到刺激时按下停止按钮,记录下VPT值。每个部位进行连续3次检测,最终取平均值作为结果。

1.4 统计学方法 采用SPSS 26.0进行统计学分析,符合正态分布的计量资料以( $\bar{x}\pm s$ )表示,非正态分布的计量资料用中位数和四分位数表示,3组间比较采用非参数检验,两两组间比较通过Kruskal-Wallis  $H$ 检验,针对多项检验通过Bonferroni校正法调整显著性值。采用Python绘制了研究对象之间的相关性矩阵图,Spearman相关性分析探讨HbA1c及相关指标与VPT的相关性,颜色的深浅反映了相关性的强弱,越深表示相关性越强。横纵坐标代表了研究的各个变量,包括HbA1c、VPT等。在制图前对数据进行了去除缺失值和归一化处理,以确保结果的可靠性。 $P<0.05$ 表示差异有统计学意义, $P<0.01$ 表示统计学意义显著。

## 2 结果

2.1 三组一般资料比较 减退组患者年龄、BUN、血Cr和HbA1c指标高于糖尿病组,差异有统计学意义( $P<0.05$ )。3组间年龄、BUN、血Cr和HbA1c比

较,差异有统计学意义( $P<0.05$ ),3 组 T2DM 病程、BMI、空腹血糖、餐后 2 h 血糖、ALT、AST 比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ ),见表 1。

2.2 HbA1c 及相关指标与 VPT 的相关性分析 Spearman 相关性分析显示,BMI、空腹血糖、AST、ALT 以及 HbA1c 与 VPT 呈正相关( $P<0.05$ ),年龄、糖尿病病程、餐后 2 h 血糖、BUN、血 Cr 与 VPT 呈负

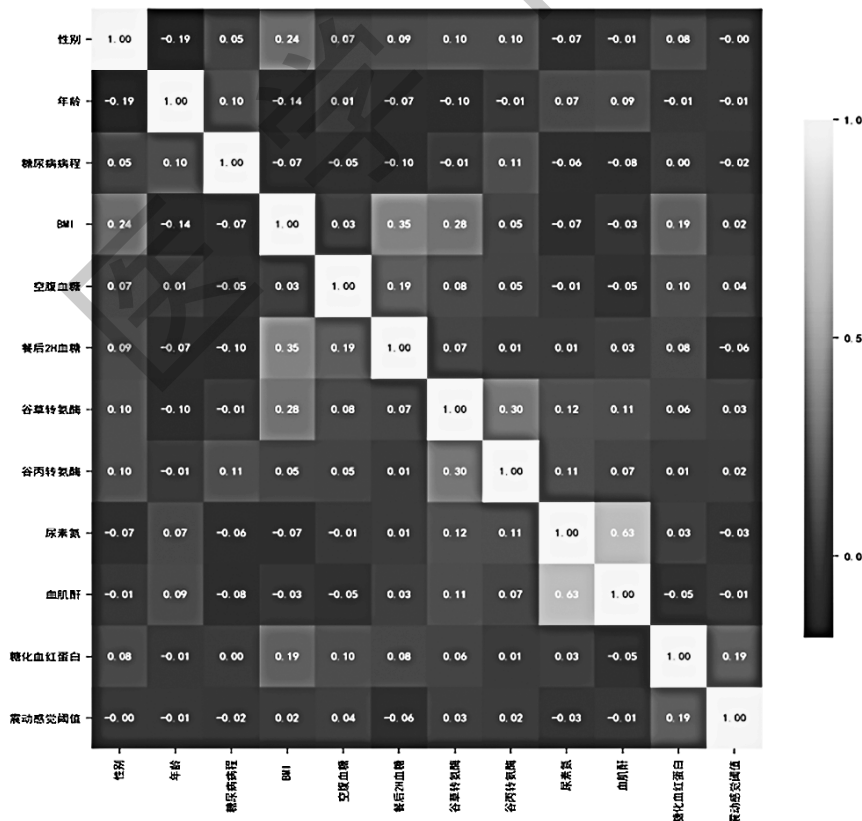
相关( $P=0.002$ )。VPT 和 HbA1c 之间存在显著的正相关性,与性别之间的相关性较弱,与餐后 2 h 血糖存在负相关关系,见图 1。

2.3 回归分析说明 VPT 与 HbA1c 的关系 在 T2DM 周围神经病变患者中,HbA1c 与 VPT 呈现显著正相关关系,具体体现在 Spearman 相关系数 ( $\rho$ )为 0.21( $P<0.01$ ),见图 2。

表 1 三组一般资料比较[ $\bar{x}\pm s, M(P_{25}, P_{75})$ ]

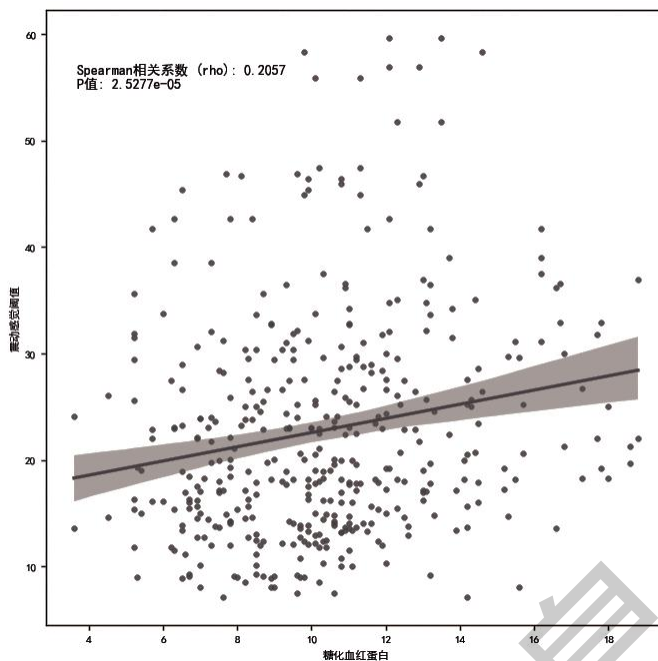
项目	糖尿病组( $n=111$ )	减退组( $n=160$ )	缺失组( $n=142$ )
年龄(岁)	56.48±15.81	60.74±15.16*	58.69±12.97
T2DM 病程(年)	7.91±6.25	8.51±5.60	8.74±5.55
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	27.44±4.73	28.20±4.45	27.03±4.76
空腹血糖(mmol/L)	9.76±1.89	10.06±1.78	9.59±1.99
餐后 2 h 血糖(mmol/L)	18.41±5.02	18.93±5.25	18.07±5.44
ALT(U/L)	21.80(14.30,33.30)	22.45(14.13,34.30)	22.70(15.33,36.28)
AST(U/L)	23.10(17.00,30.30)	23.85(17.90,30.55)	23.75(17.83,31.48)
BUN(mmol/L)	6.89±2.15	7.45±2.07*	7.18±1.74
血 Cr( $\mu$ mol/L)	106.47±25.30	113.15±24.61*	109.90±20.62 <sup>#</sup>
HbA1c(%)	9.70(7.80,10.80)	10.15(7.80,12.08)**	11.00(8.90,13.00) <sup>##</sup>

注:与糖尿病组比较,\* $P<0.05$ ,\*\* $P<0.01$ ;与减退组比较,<sup>#</sup> $P<0.05$ ,<sup>##</sup> $P<0.01$ 。



注:横纵坐标代表纳入的各个变量,图中数字大小代表两变量之间的相关性大小,正负代表两变量之间的正负相关性。

图 1 相关矩形图



注:横坐标代表 HbA1c,纵坐标代表 VPT, $\rho=0.21$ , $P<0.01$ 。

图 2 回归关系图

### 3 讨论

DPN 作为 T2DM 中最常见的一种并发症,在早期容易漏诊<sup>[14]</sup>,出现典型症状时才会被诊断出,且神经病变不可逆转,寻找早期的预测诊断指标对于预防 DPN 来说刻不容缓<sup>[15]</sup>。当患者的血糖控制不佳时,尿酸、BUN 及尿微量蛋白水平升高时,需要警惕 DPN 发生的可能。DPN 的发生与多种因素有关,高血糖、高血压、高血脂等均与 DPN 有密切关系。

本研究结果表明,3 组间 T2DM 病程、BMI、空腹血糖、餐后 2 h 血糖、ALT、AST 比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ ),年龄、BUN、血 Cr 和 HbA1c 比较,差异有统计学意义( $P<0.05$ ),提示 VPT 异常的 T2DM 患者确实存在高龄、血糖高等基础病变。并且随着患者周围神经病变的病情进展,患者的肾脏负担加重,导致肾功能严重受损,使得 BUN、血 Cr 开始升高,这与梁玲霞等<sup>[16]</sup>的研究结论是一致的。也可能是因为本研究的样本量有限,导致结果有偏倚。本研究中减退组年龄、BUN、血 Cr 和 HbA1c 均高于糖尿病组,尤其是 HbA1c( $P<0.01$ )。VPT 值越大,说明神经病变越严重,提示 HbA1c 在 T2DM 患者神经病变中有重要作用。Spearman 相关性分析结果显示,AST、ALT 以及 HbA1c 与 VPT 呈正相关,BUN、血 Cr 与 VPT 呈负相关。分析原因为:有相关研究中发现,经肝脏瞬时弹性成像检测的显著肝纤维化与 T2DM

患者的大/微血管并发症密切相关,表明肝功能有受损的情况,本研究与既往研究<sup>[17]</sup>结果一致。此外,糖尿病作为一种代谢性疾病,长期高血糖状态会导致神经细胞和神经纤维损伤,且还会使得肾脏出现高灌注状态<sup>[18]</sup>,出现排泄增加的表现,即 VPT 与 BUN 和血 Cr 等指标出现负相关等表现,提示早期肾小球已经出现了形态学结构的改变。

随着 DPN 病程的进展,机体在糖、脂质代谢紊乱<sup>[19]</sup>的基础上产生血管的内皮细胞肿胀、血管内膜增生,促使神经毛细血管基底膜增厚、糖蛋白沉积、管壁狭窄和微循环障碍,导致神经细胞功能损伤不断加重。目前,对于 DPN 的诊断方面,有研究<sup>[20]</sup>进一步分析发现,与电生理方法相比,VPT 的测定在机体各种神经纤维方面表现出更高的适应性。HbA1c 作为长期血糖控制的指标,当 HbA1c 水平降低 7%,周围神经病变发生率会随着降低 60%<sup>[21]</sup>,但 HbA1c 水平一旦升高,血红蛋白氧合能力逐渐下降或丧失,红细胞将出现携氧能力减弱致微血管灌注不足,此时并发症的发生率会明显增加,且伴随神经功能受损等一系列不良预后<sup>[22-24]</sup>,说明 HbA1c 的高水平不仅反映了糖尿病患者长期处于高血糖环境中,而且还对 DPN 辅助诊断具有积极的影响<sup>[25]</sup>,因此可作为糖尿病患者周围性神经病变严重程度(HbA1c>6.5%)的指标。本次回顾性研究即采用了 VPT 进行分组来

探究其与 HbA1c 之间的关系,回归关系图结果显示,随着 VPT 增加,HbA1c 的指数逐渐升高,这表明 HbA1c 的高水平可能与糖尿病患者震动感觉的敏感性有关,两者相辅相成,这与肖正勤等<sup>[26]</sup>的研究结果一致。

综上所述,DPN 的发病机制复杂,T2DM 患者的 VPT 显著增加时,HbA1c 也随之增高。HbA1c 可作为预判 DPN 的一个潜在因素,同时也提示临床医务工作者在 T2DM 患者 HbA1c 指数增加时,应及时识别是否存在 DPN,并采取相应的治疗措施。

#### 参考文献:

- [1]李子悦,方珈文,林凯程.1990-2019 年中国归因于高体质指数的 2 型糖尿病疾病负担分析与预测研究[J].中国全科医学,2024,27(9):1126-1133,1148.
- [2]《中国老年型糖尿病防治临床指南》编写组.中国老年 2 型糖尿病防治临床指南(2022 年版)[J].中国糖尿病杂志,2022,30(1):2-51.
- [3]卢丙艳,董静莲.C 肽质量浓度与 2 型糖尿病神经病变的相关性研究[J].首都医科大学学报,2018,39(1):133-137.
- [4]石磊,白姣姣,王峥,等.柔韧性训练对老年糖尿病周围神经病变患者平衡功能的影响[J].护理学杂志,2023,38(23):80-83.
- [5]史丽,胡婷婷,任卫东.糖尿病周围神经病变患者使用胰岛素的临床观察——评《糖尿病周围神经病变的中西医结合治疗》[J].中国实验方剂学杂志,2022,28(12):95.
- [6]罗开莲,田洋,孙娜,等.糖尿病药物那格列奈促进嗜酸乳杆菌生长的作用[J].中国微生态学杂志,2023,35(3):275-283,290.
- [7]Abdul-Ghani M,Puckett C,Adams J,et al.Durability of triple combination therapy versus stepwise addition therapy in patients with new-onset T2DM:3-year follow-up of EDICT[J].Diabetes Care,2021,44(2):433-439.
- [8]李梦圆,马学娅,张小玉,等.2 型糖尿病患者周围神经病变预测模型的构建[J].护理学杂志,2023,38(18):44-48.
- [9]Kim KJ,Choi J,Bae JH,et al.Time to reach target glycosylated hemoglobin is associated with longterm durable glycemic control and risk of diabetic complications in patients with newly diagnosed type 2 diabetes mellitus:a 6-year observational study[J].Diabetes Metab J,2021,45(3):368-378.
- [10]高达,赵逸菲,孙宇轩,等.桑皮饮对糖尿病周围神经病变(阴虚燥热证)患者神经震动感觉阈值,血清 IGF-1、TNF- $\alpha$  表达的影响[J].中医学报,2022,37(9):1971-1976.
- [11]Liu M,Gao Y,Chen DW,et al.Quantitative vibration perception threshold in assessing diabetic polyneuropathy:Should the cut-off value be adjusted for Chinese individuals with type2 diabetes[J].J Diabetes Investig,2021,12(9):1663-1670.
- [12]王兵,严同,王涵,等.《美国糖尿病学会 2024 年糖尿病诊疗

标准》更新要点解读[J].中国普外基础与临床杂志,2024,31(4):421-426.

[13]张彬彬,纪锴,王艳,等.内脏脂肪面积与 2 型糖尿病患者周围神经病变的相关性分析[J].中国糖尿病杂志,2022,30(10):741-745.

[14]杨飞,谢传庆,马卫国,等.2 型糖尿病患者心外膜脂肪厚度与糖尿病周围神经病变的相关性研究[J].临床内科杂志,2024,41(5):326-329.

[15]曹洁琼,裴晓艳,胡红艳,等.血清纤维蛋白胶凝素-3 水平与 2 型糖尿病并发周围神经病变关系的研究[J].中华全科医学,2022,20(4):570-573.

[16]梁玲霞,李树法,张梅,等.2 型糖尿病患者周围神经传导速度异常的相关因素分析[J].临床内科杂志,2022,39(7):475-478.

[17]Mikolasevic I,Rahelic D,Turk-Wensween T,et al.Significant liver fibrosis,as assessed by fibroscan,is independently associated with chronic vascular complications of type 2 diabetes:A multi-center study[J].Diabetes Res Clin Pract,2021,177:108884.

[18]Kidney Disease:Improving Global Outcomes (KDIGO) Glomerular Diseases Work Group.KDIGO 2021 Clinical Practice Guideline for the Management of Glomerular Diseases [J].Kidney Int,2021,100(4S):S1-S276.

[19]蒋飞霞,黄炫赓,黄济华,等.2 型糖尿病合并 DPN 与糖尿病肾病、下肢动脉粥样硬化症的相关性[J].现代医药卫生,2024,40(2):181-184.

[20]赵喜梅,罗磊,牛建华,等.震动感觉阈值测定及双下肢血管彩超检查对 2 型糖尿病周围神经病变的诊断价值研究 [J].贵州医药,2023,47(8):1292-1293.

[21]Nathan DM,DCCT/EDIC Research Group.The diabetes control and complications trial/epidemiology of diabetes interventions and complications study at 30 years:overview [J].Diabetes Care,2014,37(1):9-16.

[22]李艳娟,胡金榜.糖化血红蛋白在急性缺血性脑卒中的应用价值[J].湖南师范大学学报(医学版),2019,16(5):32-35.

[23]孔勇,王莹,刘海超,等.糖化血红蛋白在急性缺血性脑卒中神经功能评定中的价值[J].神经损伤与功能重建,2019,14(8):386-388.

[24]张振岭,唐淑俊,孙燕,等.cTnT、HbA1c 与急性缺血性脑卒中早期神经功能缺损严重程度的关系[J].解放军医药杂志,2022,34(5):106-108.

[25]杨庆玲.血清 C 肽与糖化血红蛋白联合检验对糖尿病患者病情辅助诊断的价值[J].医学信息,2024,37(2):146-148,152.

[26]肖正勤,李江.糖化血红蛋白和 25-羟维生素 D<sub>3</sub> 与 2 型糖尿病周围神经病变的相关性分析[J].中国处方药,2021,19(5):172-173.

收稿日期:2024-05-29;修回日期:2024-06-19

编辑/肖婷婷