

二维超声、剪切波弹性成像联合肾功能指标诊断 2 型糖尿病合并肌少症的临床价值

单思维, 林媛, 吴俊峰, 韩韬

摘要 **目的** 探讨二维超声、剪切波弹性成像(SWE)联合肾功能指标诊断 2 型糖尿病(T2DM)合并肌少症的临床价值。**方法** 选取于我院就诊的 T2DM 患者 112 例, 根据是否合并肌少症将其分为 T2DM 未合并肌少症组 88 例和 T2DM 合并肌少症组 24 例; 另选同期健康老年人 75 例为健康对照组。应用二维超声测量右侧腓肠肌内侧头肌肉厚度、羽状角及肌束长度; SWE 测量腓肠肌剪切波速度(SWV); 收集临床资料, 包括血压、体质量指数、空腹血糖、糖化血红蛋白(HbA1c)及肾功能指标[肌酐、尿酸、尿素氮、24 h 尿蛋白和估算肾小球滤过率(eGFR)]。比较各组上述参数的差异; 采用多因素 Logistic 回归分析筛选预测 T2DM 合并肌少症的影响因素; 绘制受试者工作特征(ROC)曲线评估各影响因素联合应用对 T2DM 合并肌少症的诊断效能。**结果** 各组空腹血糖、HbA1c、肌酐、24 h 尿蛋白、eGFR、肌肉厚度、肌束长度及 SWV 比较差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。多因素 Logistic 回归分析显示, 以健康对照组为参照, 肌肉厚度、SWV 及 eGFR 均为预测 T2DM 合并肌少症的独立影响因素(均 $P < 0.05$), 由此建立回归方程: $\text{Logit}(P) = -4.178 + 3.607 \times \text{eGFR} - 0.262 \times \text{肌肉厚度} + 1.148 \times \text{SWV}$; 以 T2DM 未合并肌少症组为参照, 肌肉厚度、SWV 及 eGFR 均为预测 T2DM 合并肌少症的独立影响因素(均 $P < 0.05$), 由此建立回归方程: $\text{Logit}(P) = 2.293 - 0.213 \times \text{eGFR} - 2.639 \times \text{肌肉厚度} - 2.144 \times \text{SWV}$ 。ROC 曲线分析显示, 以健康对照组为参照, 肌肉厚度、SWV 联合 eGFR 诊断 T2DM 合并肌少症的曲线下面积为 0.936, 灵敏度为 83.3%, 特异度为 90.9%; 以 T2DM 未合并肌少症组为参照, 肌肉厚度、SWV 联合 eGFR 诊断 T2DM 合并肌少症的曲线下面积为 0.905, 灵敏度为 91.7%, 特异度为 79.8%。**结论** 二维超声、SWE 联合肾功能指标在诊断 2 型糖尿病合并肌少症中具有较好的临床价值, 可为临床早期识别提供参考。

关键词 超声检查, 二维; 剪切波弹性成像; 2 型糖尿病; 肌少症; 腓肠肌

[中图法分类号] R445.1; 587.1

[文献标识码] A

Clinical value of two-dimensional ultrasound and shear wave elastography combined with renal functional indexes in the diagnosis of type 2 diabetes mellitus complicated with sarcopenia

SHAN Siwei, LIN Yuan, WU Junfeng, HAN Tao

Department of Ultrasound Medicine, Suqian Zhongwu Hospital, Suqian 223800, China

ABSTRACT **Objective** To explore the clinical value of two-dimensional ultrasound and shear wave elastography (SWE) combined with renal functional indexes in the diagnosis of type 2 diabetes mellitus (T2DM) complicated with sarcopenia. **Methods** A total of 112 patients with T2DM were selected from our hospital. According to whether complicated with sarcopenia, the patients were divided into 88 cases of T2DM without sarcopenia group and 24 cases of T2DM complicated with sarcopenia group. Meanwhile, 75 healthy elderly participants were selected as the healthy control group. The muscle thickness, feathery angle and muscle bundle length of the medial head of the right gastrocnemius were measured by two-dimensional ultrasound. Shear wave velocity (SWV) of gastrocnemius muscle was measured by SWE. Clinical data including blood pressure, body mass index, fasting blood glucose, hemoglobin A1c (HbA1c), and renal functional indexes [serum creatinine, uric acid, urea nitrogen, 24 h urinary protein and estimated glomerular filtration rate (eGFR)] were collected. The differences of the above parameters among

基金项目: 宿迁市 2023 年度市级指导性科技计划项目 (Z202367)

作者单位: 宿迁市钟吾医院超声医学科, 江苏 宿迁 223800

通讯作者: 韩韬, Email: hantaosq@126.com

the groups were compared. Multivariate Logistic regression was used to analyze the influencing factors for predicting T2DM complicated with sarcopenia. Receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to evaluate the diagnostic efficacy of the combined application of various influencing factors in T2DM complicated with sarcopenia. **Results** There were significant differences in fasting blood glucose, HbA1c, serum creatinine, 24 h urinary protein, eGFR, muscle thickness, muscle bundle length and SWV among groups (all $P < 0.05$). Multivariate Logistic regression analysis showed that taking the healthy control group as a reference, the muscle thickness, SWV of gastrocnemius and eGFR were independent influencing factors for predicting T2DM complicated with sarcopenia, the regression equation was as follows: $\text{Logit}(P) = -4.178 + 3.607 \times \text{eGFR} - 0.262 \times \text{muscle thickness} + 1.148 \times \text{SWV}$. Taking T2DM without sarcopenia group as a reference, the muscle thickness, SWV of gastrocnemius and the eGFR were independent influencing factors for predicting T2DM complicated with sarcopenia, the regression equation was as follows: $\text{Logit}(P) = 2.293 - 0.213 \times \text{eGFR} - 2.639 \times \text{muscle thickness} - 2.144 \times \text{SWV}$. Taking the healthy control group as a reference, ROC curve analysis showed that the area under the curve (AUC) of muscle thickness and SWV of gastrocnemius combined with eGFR in the diagnosis of T2DM complicated with sarcopenia was 0.936, sensitivity was 83.3%, specificity was 90.9%. Taking the T2DM without sarcopenia group as a reference, the AUC of muscle thickness and SWV of gastrocnemius combined with eGFR in the diagnosis of T2DM complicated with sarcopenia was 0.905, the sensitivity was 91.70%, and the specificity was 79.80%. **Conclusion** Two-dimensional ultrasound and SWE combined with renal functional indexes have good clinical value in the diagnosis of T2DM complicated with sarcopenia, and can provide auxiliary information for early clinical recognition.

KEY WORDS Ultrasonography, two-dimensional; Shear wave elastography; Type 2 diabetes mellitus; Sarcopenia; Gastrocnemius

糖尿病是常见的慢性代谢性疾病,临床以 2 型糖尿病(type 2 diabetes mellitus, T2DM)最为多见,占所有糖尿病的 90% 以上,受长期高血糖的影响,20%~40% 的 T2DM 患者并发糖尿病肾病^[1]。肌少症是一组随着年龄增长的进行性全身性肌肉减少和/或肌力下降综合征,主要临床特征为骨骼肌肌力减退、肌肉质量下降。骨骼肌为糖脂代谢的主要器官之一,研究^[2]显示 T2DM 患者合并肌少症的概率是正常人群的 2~3 倍,患病率高达 70%。此外,与 T2DM 未合并肌少症患者相比,T2DM 合并肌少症患者发生糖尿病并发症、骨质疏松、骨折等风险显著增加^[3-6]。而糖尿病肾病作为 T2DM 最常见的并发症之一,不仅是糖尿病患者发生肌少症的独立风险因素,更是导致终末期肾病的最主要原因^[5]。反之,T2DM 合并肌少症患者发生蛋白尿、肾功能减退及终末期肾病的风险也显著增加^[6]。因此,在老年 T2DM 患者中早期鉴别合并肌少症的患者并进行预防和干预,对改善患者预后具有重要的临床意义。目前 MRI、CT 及超声均为评价肌肉质量的有效手段,其中 MRI 和 CT 均为诊断肌少症的金标准^[7],但二者存在费用高、耗时长或辐射暴露等缺点。超声可实时、可控、安全地评价骨骼肌厚度、面积、弹性等特征,从而反映骨骼肌含量。本研究应用二维超声、剪切波弹性成像(shear wave elastography, SWE)评价骨骼肌形态学和生物力学变化以明确其相关组织学特征,并探讨其联合肾功能指标早期诊断 T2DM 合并肌少症的临床价值。

资料与方法

一、研究对象

选取 2020 年 1 月至 2024 年 1 月于我院就诊的 T2DM 患者 112 例,男 56 例,女 56 例,年龄 59~87 岁,平均(68.66±11.35)岁。根据亚洲肌肉减少症工作组制定的肌少症诊断标准^[7]判断是否合并肌少症,并据此分为 T2DM 未合并肌少症组 88 例,其中男 46 例,女 42 例,年龄 59~85 岁,平均(68.23±11.25)岁;T2DM 合并肌少症组 24 例,其中男 10 例,女 14 例,年龄 60~87 岁,平均(70.12±11.92)岁。纳入标准:①均符合 2013 年美国糖尿病学会制定的 T2DM 诊断标准^[8];②均行优势小腿腓肠肌常规超声和 SWE 检查,临床资料完整。排除标准:①1 型糖尿病、特殊类型糖尿病;②伴有 T2DM 急性并发症、感染等相关疾病;③近 3 个月内发生肾功能急性升高或不稳定者;④影响骨骼肌的疾病如甲状腺功能亢进症、甲状腺功能减退、肌无力、帕金森病、脑卒中等或其他基础代谢疾病和恶性肿瘤;⑤严重系统性或全身性疾病。另选同期健康老年人 75 例为健康对照组,男 47 例,女 28 例,年龄 60~75 岁,平均(67.83±12.35)岁。纳入标准:①无肌酐、尿蛋白等肾功能指标异常,无血糖及糖化血红蛋白(HbA1c)异常;②无肿瘤、代谢性疾病、严重系统性或全身性疾病等病史。本研究经我院医学伦理委员会批准,为回顾性研究故免除患者知情同意。

二、仪器与方法

1. 超声检查:使用法国声科 Aixplorer 彩色多普勒

超声诊断仪, L15-4 线阵探头, 频率 4 ~ 15 MHz。受检者取俯卧位, 双足置于检查床外, 采取踝关节中立位并使其呈放松状态。首先将探头置于右侧小腿腓肠肌内侧头最厚的区域, 平行于肌肉长轴测量肌肉厚度(肌肉浅肌膜至深肌膜间的距离)、羽状角(肌束插入深肌膜的角度)和肌束长度(浅肌膜和深肌膜间束径长度)^[9]。选取测量腓肠肌最大厚度的最佳切面, 然后启动 SWE 模式, 将取样框置于肌肉内部, 待取样框内颜色充填完整后冻结图像, 设置圆形感兴趣区直径为 4 mm, 测量腓肠肌剪切波速度(SWV)。以上操作均由两名具有 5 年以上工作经验的超声医师完成, 所有参数均重复测量 3 次取平均值。

2. 临床资料获取: 收集受检者血压(收缩压和舒张压)、体质量指数(BMI)、空腹血糖、HbA1c 及肾功能指标[肌酐、尿酸、尿素氮、24 h 尿蛋白和估算肾小球滤过率(eGFR)]。使用北京东华 DBA-550 多频生物电阻抗人体成分分析仪测定四肢骨骼肌质量指数(skeletal muscle mass index, SMI), 男性 SMI < 7.0 kg/m²、女性 SMI < 5.7 kg/m² 为肌肉质量减少。使用 Saehan SH5001 液压握力计测量优势手握力(hand grip strength, HGS)评估肌肉力量, 患者于自然端坐位下应用优势手抓握力计, 测量 3 次后取最大值作为 HGS, 男性 HGS < 28 kg、女性 HGS < 18 kg 为肌肉力量下降。利用日常步数评估法评估肌肉功能, 记录受检者按照日常方式行走 12 m 后所需时间并计算 4 m 步行速度, 4 m 步行速度 < 0.8 m/s 为肌肉功能下降。

3. 肌少症诊断标准: 依据 2019 年亚洲肌肉减少症

工作组最新共识^[7], 满足以下任意一条即可判为肌少症: ①肌肉质量减少; ②肌肉力量下降; ③肌肉功能下降。其中满足①为肌肉减少症前期; 满足①②或①③为肌肉减少症期, 满足①②③为严重肌肉减少症期, 本研究无严重肌肉减少期患者。

三、统计学处理

应用 SPSS 22.0 统计软件, 计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 多组比较采用方差分析, 两组比较采用 LSD 法; 计数资料以例或率表示, 组间比较采用 χ^2 检验。采用多因素 Logistic 回归分析筛选预测 T2DM 合并肌少症的影响因素。绘制受试者工作特征(ROC)曲线评估各影响因素联合应用对 T2DM 合并肌少症的诊断效能。P < 0.05 为差异有统计学意义。

结 果

一、两组临床资料及腓肠肌超声参数比较

1. 临床资料比较: 各组空腹血糖、HbA1c、血肌酐、24 h 尿蛋白、eGFR、SMI、HGS 及 4 m 步行速度比较差异均有统计学意义(均 P < 0.05); 各组年龄、性别、BMI、收缩压、舒张压、尿酸及尿素氮比较差异均无统计学意义。空腹血糖、血肌酐及 eGFR 在组间两两比较差异均有统计学意义(均 P < 0.05)。见表 1。

2. 腓肠肌超声参数比较: 各组肌肉厚度、肌束长度、SWV 比较差异均有统计学意义(均 P < 0.05); 各组羽状角比较差异无统计学意义。肌肉厚度和 SWV 在组间两两比较差异均有统计学意义(均 P < 0.05)。见表 2 和图 1 ~ 3。

表 1 各组临床资料比较

组别	年龄(岁)	性别(例)		BMI(kg/m ²)	收缩压(mmHg)	舒张压(mmHg)	HbA1c(%)	空腹血糖(mmol/L)
		男	女					
健康对照组(75)	67.83±12.35	47	28	26.34±11.33	138.64±14.33	87.63±13.76	5.55±0.52	4.71±0.73
T2DM 未合并肌少症组(88)	68.23±11.25	46	42	26.79±11.36	138.37±16.72	85.41±12.63	6.48±0.68	5.76±0.99*
T2DM 合并肌少症组(24)	70.12±11.92	10	14	24.74±11.42	133.16±21.18	86.04±11.26	6.55±0.76	6.15±0.76 [#]
F 值	-0.741	3.770		2.768	1.693	0.574	49.902	28.422
P 值	0.460	0.152		0.175	0.187	0.564	<0.001	<0.001
肾功能指标								
组别	肌酐(mg/dl)	尿酸(μmol/L)	尿素氮(mg/dl)	24 h 尿蛋白(mg/24 h)	eGFR(ml·min ⁻¹ ·1.73 m ⁻²)	SMI(kg/m ²)	HGS(kg)	4 m 步行速度(m/s)
健康对照组(75)	1.44±0.62	409.04±125.56	36.31±22.21	91.59±61.24	101.61±7.74	8.48±1.32	23.63±3.85	1.26±0.32
T2DM 未合并肌少症组(88)	1.97±1.15*	436.58±165.76	38.16±28.68	128.48±88.31	89.18±12.25*	6.75±1.78	22.31±4.82	0.95±0.24
T2DM 合并肌少症组(24)	2.57±1.01 [#]	392.96±102.84	37.71±30.14	133.29±117.39	81.18±12.23 [#]	5.24±0.78	19.35±3.07	0.83±0.94
F 值	14.374	1.228	0.101	4.701	44.856	51.248	9.407	47.546
P 值	<0.001	0.295	0.904	0.010	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

与健康对照组比较, *P < 0.05; 与 T2DM 未合并肌少症组比较, [#]P < 0.05。BMI: 体质量指数; HbA1c: 糖化血红蛋白; eGFR: 估算肾小球滤过率; SMI: 四肢骨骼肌质量指数; HGS: 优势手握力。1 mmHg = 0.133 kPa

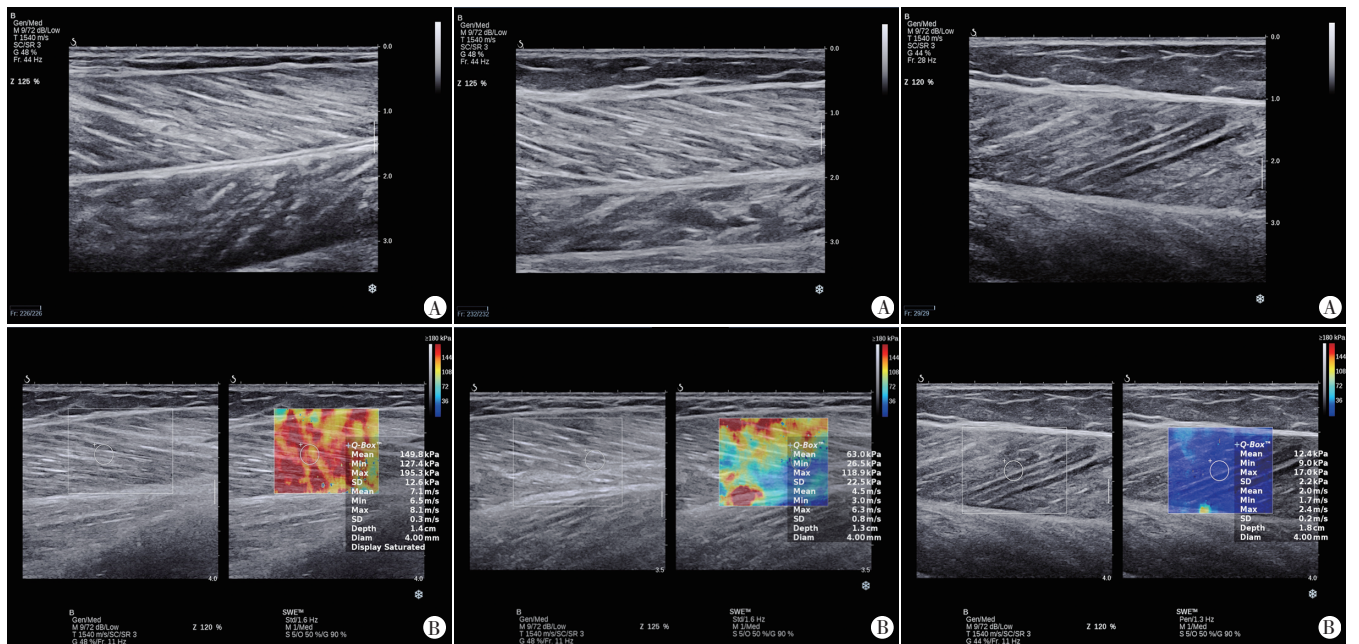
表2 各组腓肠肌超声参数比较(̄x±s)

组别	肌肉厚度 (mm)	羽状角 (°)	肌束长度 (mm)	SWV (m/s)
健康对照组(75)	19.71±3.10	16.22±2.11	41.32±4.93	11.35±3.42
T2DM未合并肌少症组(88)	18.67±2.52*	16.04±2.08	40.95±2.85	8.31±2.03*
T2DM合并肌少症组(24)	15.25±2.48*#	15.54±2.53	37.57±3.63	6.54±1.43*#
F值	23.702	0.903	8.814	42.288
P值	<0.001	0.407	<0.001	<0.001

与健康对照组比较,*P<0.05;与T2DM未合并肌少症组比较,#P<0.05。
SWV:剪切波速度

二、多因素 Logistic 回归分析

由于患者空腹血糖、HbA1c存在共线性故排除,将上述单因素分析中差异有统计学意义的变量(肌酐、24 h尿蛋白、eGFR、肌肉厚度、肌束长度、SWV)纳入多因素 Logistic 回归分析(赋值见表3),结果显示,以健康对照组为参照,肌肉厚度、SWV及eGFR均为预测T2DM合并肌少症的独立影响因素(表4),由此建立回归方程: $\text{Logit}(P) = -4.178 + 3.607 \times \text{eGFR} - 0.262 \times \text{肌肉厚度} + 1.148 \times \text{SWV}$; 以T2DM未合并肌少症组为参照,



A: 二维超声示右侧腓肠肌内侧头肌肉厚度为16.6 mm,肌束长度为38.8 mm;B: SWE示右侧腓肠肌内侧头SWV为7.1 m/s

A: 二维超声示右侧腓肠肌内侧头肌肉厚度为11.8 mm,肌束长度为35.4 mm;B: SWE示右侧腓肠肌内侧头SWV为4.5 m/s

A: 二维超声示右侧腓肠肌内侧头肌肉厚度为25.8 mm,肌束长度为41.5 mm;B: SWE示右侧腓肠肌内侧头SWV为2.0 m/s

图1 T2DM未合并肌少症组(男,65岁)超声图

图2 T2DM合并肌少症组(男,72岁)超声图

图3 健康对照组(女,62岁)超声图

表3 多因素 Logistic 回归分析赋值

变量	赋值
肌酐	
男性	<1.5 mg/dl=0; ≥1.5 mg/dl=1
女性	<1.2 mg/dl=0; ≥1.2 mg/dl=1
24 h尿蛋白	<141 mg/24 h=0; ≥141 mg/24 h=1
eGFR	≤90 ml·min ⁻¹ ·1.73 m ⁻² =0; >90 ml·min ⁻¹ ·1.73 m ⁻² =1
肌肉厚度	>18 mm=0; ≤18 mm=1
肌束长度	>40 mm=0; ≤40 mm=1
羽状角	>15°=0; ≤15°=1
SWV	>8 m/s=0; ≤8 m/s=1

肌肉厚度、SWV及eGFR均为预测T2DM合并肌少症的独立影响因素(表5),由此建立回归方程: $\text{Logit}(P) = 2.293 - 0.213 \times \text{eGFR} - 2.639 \times \text{肌肉厚度} - 2.144 \times \text{SWV}$ 。

三、ROC 曲线分析

ROC曲线分析显示,以健康对照组为参照,肌肉

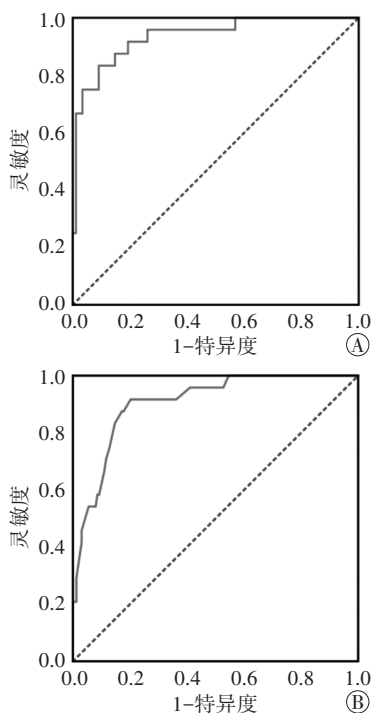
表4 多因素 Logistic 回归分析预测T2DM合并肌少症的影响因素(以健康对照组为参照)

变量	回归系数	标准误	Waldχ ² 值	P值	OR值(95%可信区间)
常数项	-4.178	1.070	15.245	<0.001	-
肌酐	0.362	0.390	0.862	0.056	1.152(1.029 ~ 2.794)
24 h尿蛋白	0.468	0.439	1.136	0.946	0.955(0.247 ~ 3.687)
eGFR	3.607	0.756	22.752	<0.001	0.220(0.040 ~ 0.998)
肌肉厚度	-0.262	0.578	0.205	0.003	0.193(0.119 ~ 0.948)
肌束长度	-0.157	0.420	0.140	0.176	0.413(0.092 ~ 1.487)
SWV	1.148	0.486	5.582	<0.001	0.137(0.108 ~ 0.771)

厚度、SWV联合eGFR诊断T2DM合并肌少症的曲线下面积(AUC)为0.936(95%可信区间:0.881 ~ 0.991),灵敏度为83.3%,特异度为90.9%;以T2DM未合并肌少症组为参照,肌肉厚度、SWV联合eGFR诊断T2DM合并肌少症的AUC为0.905(95%可信区间:0.848 ~ 0.962),灵敏度为91.7%,特异度为79.8%。见图4。

表 5 多因素 Logistic 回归分析预测 T2DM 合并肌少症的影响因素(以 T2DM 未合并肌少症组为参照)

变量	回归系数	标准误	Wald χ^2 值	P 值	OR 值(95%可信区间)
常数项	2.293	0.821	7.804	0.005	-
肌酐	-1.532	0.820	3.489	0.062	1.216(1.043 ~ 2.078)
24 h 尿蛋白	0.422	0.601	0.493	0.483	1.524(0.470 ~ 4.949)
eGFR	-0.213	0.603	0.125	0.042	0.808(0.248 ~ 2.638)
肌束长度	-1.041	0.576	3.258	0.071	0.353(0.114 ~ 1.093)
肌肉厚度	-2.639	0.706	13.960	<0.001	0.171(0.118 ~ 0.985)
SWV	-2.144	0.681	9.914	0.002	0.117(0.103 ~ 0.445)



A:以健康对照组为参照;B:以 T2DM 未合并肌少症组为参照

图 4 肌肉厚度、SWV 联合 eGFR 诊断 T2DM 合并肌少症的 ROC 曲线图

讨 论

T2DM 并发的肌少症为继发性肌少症的类型之一,其病因和发病机制复杂,与营养摄入不足、维生素 D 缺乏、性激素减少、炎症因子增加等均有关。随着 T2DM 合并肌少症的病情进展,患者可发生骨骼肌收缩力减低、肌肉细胞凋亡、肌肉萎缩等一系列病理改变^[10]。因此,通过评价骨骼肌的生物组织学特征可早期发现并诊断肌少症。超声具有安全、实时、操作便捷等优点,SWE 还可实时、定量、准确地评价病变组织的弹性特征,从而反映其生理状态。因此,本研究应用二维超声和 SWE 分别评价骨骼肌形态学和生物力学变化,并探讨其联合肾功能指标在早期诊断 T2DM 合并肌少症中的临床价值,旨在为临床早期识别和干预提供参考依据。

既往研究^[11-12]显示,由于下肢肌肉负重,肌肉较粗壮发达,较前臂肌肉在四肢肌肉中占比更大,故小腿肌肉尤其是腓肠肌能较好地反映四肢骨骼肌肌肉质量。此外,一项纳入了 17 项研究共 2143 例健康老年人或具有慢性疾病(包括心脏、关节、肾脏等慢性炎症等)患者的 Meta 分析^[13]显示,应用常规超声测量腓肠肌形态参数对肌少症具有良好的诊断效能(AUC 最高达 0.90),可作为评价肌少症患者全身骨骼肌状态的参考指标之一。因此,本研究将右侧小腿腓肠肌作为测量对象,结果显示,与 T2DM 未合并肌少症组及健康对照组比较,T2DM 合并肌少症组肌肉厚度、肌束长度减小,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$),但多因素 Logistic 回归分析显示仅肌肉厚度为预测 T2DM 合并肌少症的独立危险因素,与既往研究^[14-15]结果一致,提示腓肠肌肌肉厚度可作为诊断 T2DM 合并肌少症的重要参数。随着 T2DM 病情进展,患者长期慢性高血糖可促进骨骼肌中晚期糖基化终末产物的积累,引起四肢感觉和运动神经功能障碍,导致四肢骨骼肌肌力下降、活动能力降低,会出现肌肉萎缩,超声表现为肌肉厚度、肌纤维长度减小。但本研究多因素 Logistic 回归分析显示腓肠肌肌束长度和羽状角均非预测 T2DM 合并肌少症的影响因素,究其原因可能为发生肌少症时首先表现为肌肉萎缩从而导致肌肉厚度减小,随之形成增生性间质纤维脂肪组织向肌束内深入,肌纤维排列疏松,进而导致肌束长度减小^[16],故其反映肌少症的敏感性低于肌肉厚度;而羽状角为羽状肌束与深层肌腱膜间的夹角,反映了筋膜轴向的力矩及其子力矩,但其并不会随着年龄的增长发生显著变化^[11]。

本研究结果显示,与健康对照组和 T2DM 未合并肌少症组比较,T2DM 合并肌少症组 SWV 均降低,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$),且多因素 Logistic 回归分析显示随着 SWV 降低,患者发生肌少症的风险增加,与既往研究^[17-18]结果一致。分析其原因:①随着 T2DM 病情进展,与 T2DM 相关的炎症、氧化应激、代谢性酸中毒等状态使骨骼肌蛋白质分解系统被过度激活,导致肌肉质量减少,即肌纤维的数量和体积均减小,而脂肪含量相对增加,故肌肉弹性下降^[10,16];②随着骨骼肌间脂肪含量的增加,脂肪细胞发生肥大、增生和活化,形成肌间脂肪组织的慢性低度炎症,大量炎细胞浸润、组织水肿,从而导致骨骼肌弹性、功能下降;③肌少症患者肌肉细胞外基质中的弹性纤维系统抵抗性降低,也可能是导致肌肉弹性下降的重要原因^[17]。

eGFR 作为反映肾功能的常用指标,其敏感性远高于肌酐和 24 h 尿蛋白。本研究肾功能指标的单因素分析显示,与 T2DM 未合并肌少症组和健康对照组比较,T2DM 合并肌少症组肌酐和 24 h 尿蛋白均升高、eGFR 降低,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。但多因素 Logistic 回归分析显示仅 eGFR 为 T2DM 合并肌少症的独立影响因素,与研究^[19]结果一致,提示 T2DM 可加速肌少症的进展,而肌少症患病率的增加又与肾功能的恶化程度及 T2DM 的严重程度显著相关。

本研究 ROC 曲线分析显示,以健康对照组为参照,肌肉厚度、SWV 联合 eGFR 诊断 T2DM 合并肌少症的 AUC 为 0.936(95% 可信区间:0.881 ~ 0.991),灵敏度为 83.3%,特异度为 90.9%;以 T2DM 未合并肌少症组为参照,肌肉厚度、SWVS 联合 eGFR 诊断 T2DM 合并肌少症的 AUC 为 0.905(95% 可信区间:0.848 ~ 0.962),灵敏度为 91.7%,特异度为 79.8%,与既往研究^[4-6]结果相似,表明应用二维超声和 SWE 可评估腓肠肌形态学和生物力学变化,联合肾功能指标可准确预测 T2DM 患者是否合并肌少症,有助于指导临床对患者的后续治疗。

本研究的局限性:①为单中心研究,入选样本的代表性存在一定局限;②为横断面研究,难以确定明确的因果关系;③样本量较小,今后仍需扩大样本,进一步行多中心的研究深入探讨。

综上所述,T2DM 合并肌少症患者腓肠肌肌肉厚度减小、SWV 降低,同时伴有 eGFR 下降;二维超声、SWE 联合肾功能指标在诊断 2 型糖尿病合并肌少症中具有良好的临床价值,可为临床早期识别提供参考。

参考文献

[1] 崔娇娇,雷根平,董盛.早期诊断糖尿病肾病生化指标的研究进展[J].中华实用诊断与治疗杂志,2021,35(5):538-540.

[2] Qiao YS, Chai YH, Gong HJ, et al. The association between diabetes mellitus and risk of sarcopenia: accumulated evidences from observational studies [J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2021, 12: 782391.

[3] Anagnostis P, Gkekas NK, Achilla C, et al. Type 2 diabetes mellitus is associated with increased risk of sarcopenia: a systematic review and Meta-analysis [J]. *Calcif Tissue Int*, 2020, 107(5):453-463.

[4] Mesinovic J, Zengin A, De Courten B, et al. Sarcopenia and type 2 diabetes mellitus: a bidirectional relationship [J]. *Diabetes Metab Syndr Obes*, 2019, 12:1057-1072.

[5] Fung FY, Koh YLE, Malhotra R, et al. Prevalence of and factors

associated with sarcopenia among multi-ethnic ambulatory older Asians with type 2 diabetes mellitus in a primary care setting [J]. *BMC Geriatr*, 2019, 19(1):122.

[6] Chung HS, Hwang SY, Choi JH, et al. Effects of low muscle mass on albuminuria and chronic kidney disease in patients with type 2 diabetes: the Korean sarcopenic obesity study (KSOS) [J]. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2018, 73(3):386-392.

[7] Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis [J]. *Age Ageing*, 2019, 48(1):16-31.

[8] No authors listed. Executive summary: standards of medical care in diabetes—2013 [J]. *Diabetes Care*, 2013, 36(Suppl 1):4-10.

[9] Kuyumcu ME, Halil M, Kara Ö, et al. Ultrasonographic evaluation of the calf muscle mass and architecture in elderly patients with and without sarcopenia [J]. *Arch Gerontol Geriatr*, 2016, 65:218-224.

[10] 杨艳辉,高琪.糖尿病肾脏疾病与肌少症关系的研究进展[J].青岛大学学报(医学版),2022,58(6):941-944.

[11] 朱思平,林蔚,刘晋,等.超声评估肌肉厚度和羽状角对老年女性人群肌少症的诊断价值[J].南京医科大学学报(自然科学版),2022,42(7):1025-1029.

[12] Yao Q, Zhang Y, Wu J, et al. Quantitative evaluation of gastrocnemius medialis mass in patients with chronic heart failure by gray-scale ultrasound and shear wave elastography [J]. *Front Cardiovasc Med*, 2023, 10:1132519.

[13] Fu H, Wang L, Zhang W, et al. Diagnostic test accuracy of ultrasound for sarcopenia diagnosis: a systematic review and Meta-analysis [J]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2023, 14(1):57-70.

[14] 周长江,吴桂花,赵浩,等.超声造影与高频超声评估 2 型糖尿病患者腓肠肌肌病的应用比较[J].国际内分泌代谢杂志,2021,41(6):612-616.

[15] 钟文霞,杨娜,赵浩.高频超声在糖尿病足部肌及小腿腓肠肌早期病变诊断中的应用[J].影像研究与医学应用,2021,5(20):201-202.

[16] Larsson L, Degens H, Li M, et al. Sarcopenia: aging-related loss of muscle mass and function [J]. *Physiol Rev*, 2019, 99(1):427-511.

[17] Alfuraih AM, Tan AL, O'Connor P, et al. The effect of ageing on shear wave elastography muscle stiffness in adults [J]. *Aging Clin Exp Res*, 2019, 31(12):1755-1763.

[18] 胡建棣,孙芳,刘菲菲,等.实时剪切波弹性成像评估肌肉减少症患者骨骼肌弹性的价值[J].临床超声医学杂志,2020,22(10):747-750.

[19] Moreno-Gonzalez R, Corbella X, Mattace-Raso F, et al. Prevalence of sarcopenia in community-dwelling older adults using the updated EWGSOP2 definition according to kidney function and albuminuria: The Screening for CKD among Older People across Europe (SCOPE) study [J]. *BMC Geriatr*, 2020, 20(Suppl 1):327.

(收稿日期:2024-05-21)